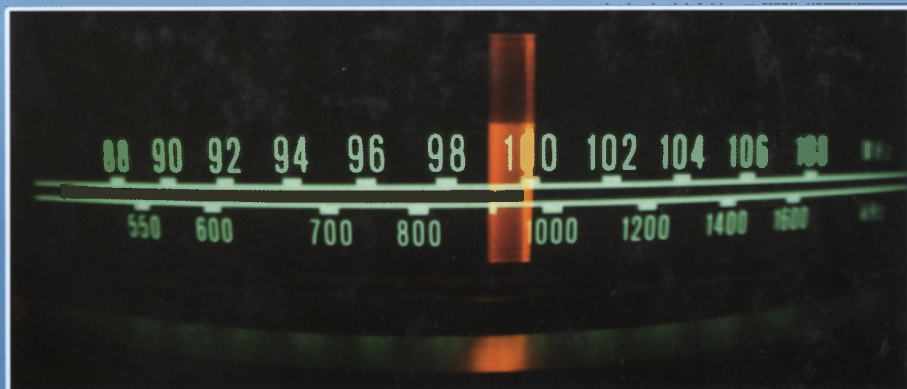


A.M.NAZAROV, A.A.TADJIYEV

RADIOALOQA QURILMALARI



**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIIY VA O‘RTA MAXSUS TA’LIM VAZIRLIGI**

A.M.Nazarov, A.A.Tadjiyev

RADIOALOQA QURILMALARI

Darslik

*5350700 – “Radioelektron qurilmalar va tizimlar” bakalavriat ta’lim
yo‘nalishi talabalari uchun tavsiya etilgan.*

«O‘zbekiston xalqaro islom akademiyasi»
nashriyot-matbaa birlashmasi
Toshkent – 2020

UO‘K: 621.396(075.8)

KBK: 32.848ya73

N 18

A.M.Nazarov, A.A.Tadjiyev

Radioaloqa qurilmalari [Matn]: darslik / A.M.Nazarov, A.A.Tadjiyev. - Toshkent: «O‘zbekiston xalqaro islom akademiyasi» nashriyot-matbaa birlashmasi, 2020. – 372 b.

UO‘K: 621.396(075.8)

KBK: 32.848ya73

Taqrizchilar:

Pulatov Sh.U. – *Toshkent axborot texnologiyalari universiteti “Mobil aloqa texnologiyalari” kafedrası mudiri, t.f.n., dotsent;*

Yarmuxamedov A.A. – *Toshkent davlat texnika universiteti “Radiotexnik qurilmalar va tizimlar” kafedrası mudiri, t.f.n., dotsent.*

Ushbu darslikda radiouzatuvchi va radioqabul qiluvchi qurilmalarning turlari va asosiy xarakteristikolari; radiochastota, oraliq chastota va quvvat kuchaytirgichlar, ulardagi aktiv elementlarning xarakteristikolari va ish rejimlari, quvvat kuchaytirgichlarda quvvatlarni qo‘shish usullari, quvvat kuchaytirgichlarda ta‘minot, siljitish va moslashuv zanjirlari, chastota ko‘paytirgichlar va o‘zgartirgichlari, keng polosali kuchaytirgichlar, avtogeneratorlar, geterodinlar, modulyatorlar, radiouzatuvchi qurilmalarning tashuvchi signal generatorlari va chastota sintezatorlari, raqamli chastota sintezatorlari, turli maqsadlarga mo‘ljallangan radiouzatuvchi va radioqabul qiluvchi qurilmalar, radioqabul qiluvchi qurilmalardagi sozlashlar, optik aloqa liniyalari, radiouzatuvchi qurilmalarda elektromagnit moslashuv muammolari kabi masalalar yetarli darajada keng yoritilgan.

Darslik oliy o‘quv yurtlarining 5350700 – “Radioelektron qurilmalar va tizimlar” bakalavriat ta‘lim yo‘nalishi talabalari, radioaloqa qurilmalari sohasiga qiziquvchilar uchun mo‘ljallangan.

O‘quv qo‘llanma O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta‘lim vazirligining 2020-yil 30-iyundagi 359-sonli buyrug‘iga asosan nashr etishga ruxsat berilgan.

ISBN 978-9943-6712-7-0

© A.M.Nazarov, A.A.Tadjiyev, 2020.

© «O‘zbekiston xalqaro islom akademiyasi»
nashriyot-matbaa birlashmasi, 2020.

KIRISH

Qo'lingizdagi ushbu kitob radioaloqa qurilmalarining nazariy asoslariga bag'ishlangan bo'lib, unda asosiy e'tibor alohida radiosignallarni qabul qiluvchi va radiosignallarni uzatuvchi qurilmalar tarkibiy qismlarining ishlash prinsipiga, tuzilishi hamda namunaviy struktura va elektrik sxemalariga qaratilgan. O'quv qo'llanma ushbu fanning o'quv dasturi negizida yozilgan bo'lib, 22 ta bobdan iborat.

Birinchi bobda radioaloqa qurilmalarining umumiy xarakteristikalarini keltirilgan, jumladan, radioaloqa usullari va aloqa kanallari, radioto'lqinlar nurlanishi hamda ularning to'lqin diapazonlariga bo'linishi to'g'risida ma'lumotlar berilgan.

Qo'llanmaning ikkinchi bobi radiouzatuvchi qurilmalarning umumiy xarakteristikalariga bag'ishlangan bo'lib, unda ularning turlari, struktura sxemalari va ularga qo'yiladigan asosiy talablar keltirilgan.

Uchinchi bobda radiouzatuvchi qurilmalarda tashqi ta'sir ostida ishlovchi generatorlar haqida umumiy ma'lumotlar, ulardagi quvvat muvozanati va bu turdagi generatorlarning foydali ish koeffitsiyentini oshirish usullari berilgan.

To'rtinchi bobda radiouzatuvchi qurilmalarda ishlatiladigan aktiv elementlarning statik xarakteristikalarini, ish holatini aniqlash usullari va aynan quvvat kuchaytirgichlarida ishlatiladigan aktiv elementlarni tanlash hamda ulanish sxemalari ko'rsatilgan.

Qo'llanmaning beshinchi, oltinchi va yettinchi boblarida quvvat kuchaytirgichlarining sxemalari, ta'minot va siljitish zanjirlari, ularning antenna bilan moslashish zanjirlari hamda quvvat kuchaytirgichlarida aktiv elementlarni parallel, ikki taktli va ko'priksimon ulanish usullari ko'rsatilgan.

Sakkizinchi, to'qqizinchi, o'ninchi va o'n birinchi boblardagi nazariy ma'lumotlar keng polosali kuchaytirgichlar, chastota ko'paytirgichlari va avtogeneratedorlarning turlari, jumladan, kvarts rezonatorli avtogeneratedorlar sxemalari bilan keltirilgan.

O'n ikkinchi bob radiosignallarni uzatishda qo'llaniladigan modulyatsiya turlariga bag'ishlangan.

O'n uchinchi va o'n to'rtinchi boblarda tashuvchi signal generatorlari va chastota sintezatorlari to'g'risidagi asosiy ma'lumotlardan tashqari raqamli chastota sintezatorlariga alohida to'xtab o'tilgan.

O'n beshinchi bobda radiouzatuvchi qurilmalarda vujudga keladigan parazit to'lqinlarning turlari, kelib chiqish sabablari va ularni bartaraf etish usullariga o'rin berilgan.

Qo'llanmaning o'n oltinchi bobidan boshlab yigirma ikkinchi bobigacha radiosignallarni qabul qiluvchi qurilmalar haqida asosiy ma'lumotlar keltirilgan. Bunda kirish zanjirlari turlari, antenna bilan ulanish sxemalari va radiochastota kuchaytirgichlari bilan o'zaro ta'siri yoritilgan. Geterodinli radiosignallarni qabul qiluvchi qurilmalar ishlash prinsipiga tayangan holda chastota o'zgartkichlari to'g'risidagi ma'lumotlar diodli va tranzistorli chastota o'zgartkichlari bilan boyitilgan. Chastota o'zgartkichidan keyin joylashgan oraliq chastota kuchaytirgichlari va detektorlar haqidagi ma'lumotlar yigirmanchi va yigirma birinchi boblarda keltirilgan.

Kitobning yigirma ikkinchi bobida radiosignallarni qabul qiluvchi qurilmalarda qo'llaniladigan radiotrakt kuchaytirish koeffitsiyentini avtomatik boshqarish va geterodin chastotasini avtomatik sozlash zanjirlari o'rganilgan.

Darslik texnika fanlari doktori, professor A.Nazarovning umumiy tahriri ostida yozilgan bo'lib, kirish, 17-23 boblar A.Nazarov; 1-16 boblar dotsent A.Tojiyev tomonidan yozilgan.

Mualliflar ushbu o'quv adabiyotining yaxshilanishi yo'lida bildirgan fikr-mulohaza va takliflari uchun Toshkent davlat texnika universiteti professor-o'qituvchilari Ya.T. Yusupov va M.X. Arifovaga minnatdorliklarini izhor etishadi.

1. RADIOALOQA QURILMALARINING UMUMIY XARAKTERISTIKALARI

1.1. Axborot, xabar, signal

Uzatish, qabul qilish va qayta ishlash, o'zgartirish hamda ishlatish uchun mo'ljallangan biron voqea, hodisa, predmetlar to'g'risidagi ma'lumotlar axborot deyiladi. Axborotni saqlash, qayta ishlash va o'zgartirish uchun turli shartli belgilar (harflar, matematik belgilar, rasmlar, tebranishlar shakli, so'zlar) ishlatilib, ular axborotni u yoki bu shaklda ifodalaydi. Ma'lum bir shaklda ifodalanagan va uzatish uchun mo'ljallangan axborot xabar deyiladi. Masalan, telegrafli uzatishda axborot harf va raqam shaklida ifodalanishi mumkin. Bu holda xabar belgilar ketma-ketligidan tuzilgan telegramma matnidani iborat bo'ladi. Telefonli uzatishdagi xabar nutq, ya'ni tovush bosimining uzluksiz o'zgarishi bo'ladi. Amalda axborot ko'p hollarda ikkilik shaklda, ya'ni ikkita shartli belgilar (1 yoki 0) bilan ifodalanadi. Shunga asosan xabar ikkilik belgilar (simvol) ketma-ketligidan iborat bo'ladi.

Ba'zi bir xabarlar (nutq, harorat, bosim) vaqtga bog'liq, boshqalari esa (telegramma matni) bog'liq bo'lmaydi. Xabarlar tabiati jihatidan elektrik yoki noelektrik bo'lishi mumkin. Xabarni xabar manbaidan iste'molchiga uzatish uchun fizik jarayonlar ishlatiladi (tovush va elektromagnit to'lqinlar, tok). Xabarni ifodalovchi fizik jarayon signal deb ataladi. Signallar elektrik, yorug'lik va tovush turlarida bo'lishi mumkin. Radioaloqa qurilmalarida elektr signallari ishlatiladi. Shuning uchun elektrik bo'lmagan xabarlarni uzatish uchun, ular avval o'zgartirgich qurilmalarda elektr to'lqinlariga aylantiriladi. O'zgartirgich qurilmalari sifatida mikrofon, uzatuvchi televizion trubka, harorat va bosim datchiklari bo'lishi mumkin. Odatda, bunday o'zgartirilgan elektr to'lqinlarini birlamchi signallar deb atashadi va ular vaqtga bog'liq bo'ladi.

Radioaloqa traktida ishlatiladigan signallarning quyidagi parametrlari bor: signalning davomiyligi T_s , signal spektrining kengligi F_s va dinamik diapazoni D_s .

T_s – signal mavjud bo‘lgan vaqt oralig‘i;

F_s – signal mavjud bo‘lgan oraliqda, uning tezligi o‘zgarishini ifodalaydi.

Signal spektrining kengligi – bu tashkil etuvchilardan iborat bo‘lgan chastota oralig‘i.

Radioaloqa qurilmalarida signal spektrining kengligini kamaytirishga harakat qilinadi, chunki aloqa tizimini o‘tkazish oralig‘i cheklangan. Signalning spektr kengligi mumkin bo‘lgan buzuqlik darajasidan kelib chiqqan holda toraytiriladi. Telefonli aloqada tovush signali spektri 0,3-3,4 kHz chastotali oraliqda uzatiladi. Bu chastota oralig‘ida tovush signali aniq anglanadi. Bu chastota oralig‘i radio va telefon xalqaro konsultativ qo‘mita (MKKR va T) tomonidan qabul qilingan va qonunlashtirilgan. Televizion signallar spektri kengligi tasvirning talab qilingan aniqligi bilan belgilanadi va standart 625 qatorli bo‘lganda 6 MHz ni tashkil etadi.

D_s – dinamik diapazon, bu uzatilayotgan signalning eng katta qiymatining kichik qiymatiga nisbati. Odatda, bu parametr logarifmik kattalik, ya’ni detsibel (dB) bilan ifodalanadi.

$$D_s = 20 \lg \frac{U_{smaks}}{U_{smin}}, \quad (1.1)$$

Signalning minimal qiymati aloqa qurilmasining xususiy shovqinlari bilan, maksimal qiymati esa uzatishdagi mumkin bo‘lgan nochiziqli buzuqliklar darajasi bilan aniqlanadi. Nutqning dinamik diapazoni 20...30 dB, simfonik orkestrniki 75...100 dB tashkil etadi.

Aloqa signalining umumiy xarakteristikasi sifatida – signal hajmi (V_c) degan parametr kiritilgan.

$$V_s = T_s \cdot F_s \cdot D_s \quad (1.2)$$

Signal hajmi qancha katta bo‘lsa, shuncha ko‘p axborotni bu hajmga joylash mumkin va uni talab qilingan sifat bilan uzatish shuncha qiyin bo‘ladi. Shuning uchun aloqa qurilmalari uzatish hajmi (V) bilan ham xarakterlanadi.

$$V_{aq} = T_{aq} \cdot F_{aq} \cdot D_{aq}. \quad (1.3)$$

1.2. Aloqa tizimlari

Xabarni xabar manbasidan iste'molchiga uzatuvchi texnik vositalar majmuasi aloqa tizimi deyiladi.

Har qanday aloqa tizimi uzatuvchi va qabul qiluvchi qurilmalar hamda elektr signallar tarqaladigan fizik muhitdan iborat bo'ladi. Signallar tarqaladigan fizik muhit simli yoki radioto'lqinlar tarqaladigan fazoli bo'lishi mumkin.

Uzatilayotgan xabar turiga qarab uzatgichlar quyidagicha bo'lishi mumkin: tovushni uzatish (telefonli), matnni uzatish (telegrafli), tinch holatdagi tasvirni uzatish (fototelegrafli), harakatdagi tasvirni uzatish (teleeshittirish, teleo'lchash, teleboshqarish va ma'lumotlarni uzatish).

Vazifasiga ko'ra radioaloqa qurilmalari radioeshittiruvchi va professional bo'lishi mumkin. O'z navbatida professional radiotizimlar *simpleksli* va *dupleksli* bo'lishi mumkin.

Simpleks radioaloqa bitta tashuvchi signal vositasida amalga oshiriladi, ya'ni bir taraflama bo'ladi.

Dupleks radioaloqa ikki taraflama bo'lib, ikkita chastotada olib boriladi.

Ishlatilayotgan kanallar soniga qarab, radioaloqa qurilmalari bir kanalli va ko'p kanalli bo'lishi mumkin. Ko'p kanalli tizimlarda aloqa traktining katta hajmli uzatish vaqti T , signal spektri F va dinamik diapazonga D larga bo'linadi. Ko'p kanalli radioaloqa tizimlari (qurilmalari) quyidagicha bo'lishi mumkin:

- vaqt bo'yicha ajratilgan kanalli;
- chastota bo'yicha ajratilgan kanalli;
- signal darajasi (signal shakli) bo'yicha ajratilgan kanalli.

1.3. Radioaloqa usullari

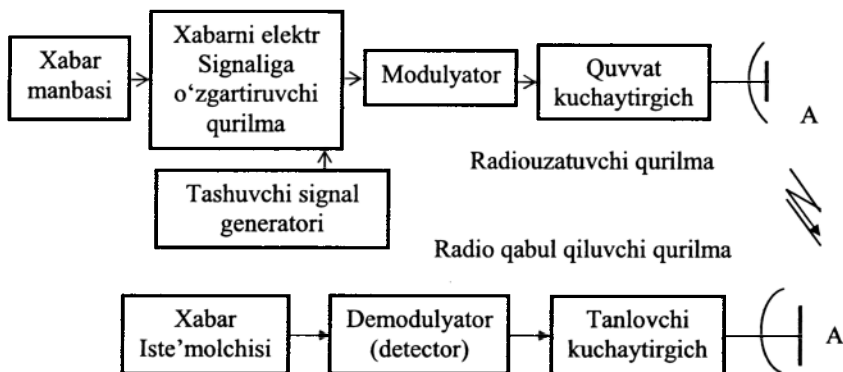
Ma'lumki, xabarni ifodalovchi elektr signallari past chastotali bo'lib, fazoda tarqalish xususiyatiga ega emas. Past chastotalarda sanoat shovqinlarini (sanoat tarmog'ining 50 Hz li foni, avtoullovlar va elektr motorlarining uchqunli xalaqitlari) darajasi katta bo'ladi. Shuning uchun past chastotali signallarni elektr simi yoki kabel tarmoqlari orqali uzatish mumkin.

Axborotni simsiz uzatish uchun maxsus yuqori chastotali to'liqlar ishlatiladi. Bu to'liqlar axborotni tashuvchi signallar deyiladi.

Tashuvchi to'liqlarda axborot bo'lmaydi, lekin ular antenna orqali yaxshi nurlantiriladi va fazoda yaxshi tarqalish xususiyatiga ega. Shu tufayli ular yordamida axborotni fazoda uzatish mumkin.

Buning uchun axborot tashuvchi to'liqlarning birorta parametriga (amplituda, chastota, faza) $U(t) = U_m \cos(\omega t + \varphi)$ ko'rinishidagi modulyatsiya orqali kiritiladi. Buning natijasida tashuvchi amplitudasi U_m , chastotasi ω yoki fazasi φ uzatilishi kerak bo'lgan axborotni ifodalovchi birlamchi signal ta'sirida o'zgaradi.

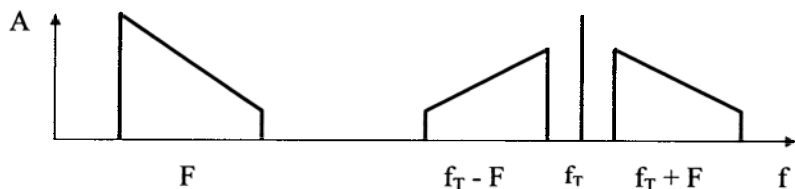
Radioaloqa tizimining strukturaviy sxemasi 1.1-rasmda keltirilgan.



1.1-rasm. Radioaloqa tizimini strukturaviy sxemasi

Struktura sxemadagi har bir kaskadning o'z vazifasi bor. Uning birontasi bo'lmasa, radioaloqa ham bo'lmaydi.

Modullashtirilgan yuqori chastotali to'liqlar ikkilamchi signallar deb ataladi. Yuqori chastotali tashuvchi signallarni past chastotali signallar bilan modulyatsiya qilish, bu uzatilayotgan xabarni ifodalovchi birlamchi signallar spektrini radiochastota sohasiga o'tkazishdir (1.2-rasm).



1.2-rasm. Birlamchi va modullashtirilgan signallar spektri

Bu yerda F – xabar, ya’ni birlamchi signal chastotasi, f_t – tashuvchi signal chastotasi.

Eng oddiy holda xabar elektr signaliga mikrofon orqali o’zgartiriladi.

Radioaloqa talab qilingan masofada bajarilishi uchun, uzatuvchi qurilmada quvvat kuchaytirgichi mavjud bo’lishi kerak. Uzatuvchi va qabul qiluvchi qurilmalarda antenna bo’ladi.

Qabul qiluvchi qurilmaning kirish qismida, tanlovchi kuchaytirgich bo’lib, u antenna qabul qilgan barcha signallar qatoridan keraklisini tanlab kuchaytiradi.

Demodulyator (detektor) qabul qilingan va modullashtirilgan signaldan xabarni ifodalovchi birlamchi signalni ajratadi.

1.4. Radioto’lqinlar diapazonining sinflanishi

1.1-jadvalda radioto’lqinlar diapazonining umumlashtirilgan xalqaro sinflanishi keltirilgan.

1.1-jadval

Radioto’lqinlar diapazonining sinflanishi

To’lqinlar nomi	Radioto’lqinlar diapazoni	Chastotalar diapazoni	Eski nomi
Dekamegаметrli	$10^3 - 10^4$ km	3 – 30 Hz	O’ta uzun Uzun (UT) O’rta (O’T) Qisqa (QT)
Megаметrli	$10^4 - 10^3$ km	30 -300 Hz	
Gektokilometrli	$10^3 - 10^2$ km	300 -3000 Hz	
Miriametrli	$10^2 - 10^1$ km	3 -30 kHz	
Kilometrli	10 – 1 km	30 – 300 kHz	
Gektometrli	1000 – 100 m	300 – 3000 kHz	
Dekametrli	100 – 10 m	3 -30 MHz	

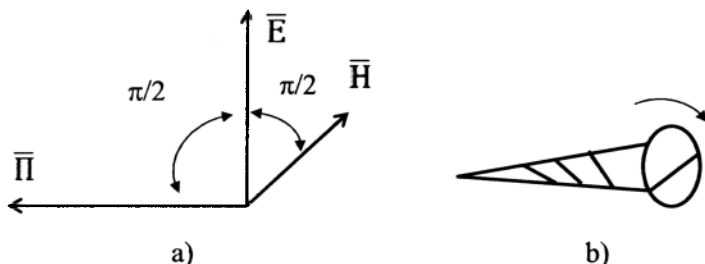
Metrl	10 – 1 m	30 – 300 MHz	Ultra qisqa (UKV)
Detsimetrli	100 – 10sm	300 – 3000 MHz	
Santimetrli	10 – 1sm	3 -30 GHz	
Millimetrli	10 – 1mm	30 – 300 GHz	
Detsimillimetrli	1 – 0.1mm	300 – 3000 GHz	

Ma'lum bir uzatish tizimi uchun radioto'lqinlar diapazonini tanlashda quyidagilarga e'tibor beriladi: elektromagnit to'lqinlarining nurlanish va tarqalish xususiyatlariga; berilgan diapazondagi xalaqitlar xarakteriga; xabar parametrlariga; uzatish va qabul qilish antennalari xarakteristikallari va o'lchamlariga.

1.5. Elektromagnit to'lqinlarning nurlanishi to'g'risida umumiy tushunchalar

Ma'lumki, elektr va magnit maydonlari ularni yaratgan manbalarsiz mavjud bo'lmaydi, ya'ni zaryad va toklarsiz. Qandaydir o'zgaruvchan tok manbasi yaratgan elektromagnit maydon, mustaqil va manbadan ajralgan holda mavjud bo'lishi mumkin. Bunday elektromagnit maydon nurlantirilganda fazoda ma'lum yo'nalish bilan va elektr ($\vec{E}$) hamda magnit ($\vec{H}$) maydon vektorlarini o'zaro ma'lum joylanishi bilan tarqaladi.

Agar burama vintning bosh qismi $\vec{E}$ vektorda $\vec{H}$ vektor tomon buralsa, uning uch tomoni elektromagnit maydon yo'nalishini ko'rsatadi, ya'ni uning Poynting vektori ($\vec{\Pi}$) bilan xarakterlanadigan energiyasini ifodalaydi (1.3-rasm).



1.3-rasm. a) – Poynting vektori va b) – burama vint qoidasi

Poynting vektorini $\vec{E}$ va $\vec{H}$ vektorlarning ko'paytmasi deb qarash mumkin.

$$\vec{\Pi} = \vec{E} \cdot \vec{H}. \quad (1.4)$$

O'zgaruvchan tok orqali fazoda elektromagnit to'lqinlarni yaratish jarayoni elektromagnit nurlantirish deyiladi. Elektromagnit to'lqinlarni yaratish va tarqalishining fizik asosini D. Maksvell ikkita fundamental traktat ko'rinishida isbotlab bergan:

– magnit maydonining vaqt oralig'ida har qanday o'zgarishi, o'ramali (qisqa tutashuvli) elektr maydonining paydo bo'lishiga olib keladi.

– elektr maydonining vaqt oralig'ida har qanday o'zgarishi o'ramali magnit maydoni paydo bo'lishiga olib keladi.

Boshqacha qilib aytganda, tabiatda faqat o'zgaruvchan elektromagnit maydon mavjud bo'ladi.

Elektromagnit maydon nazariyasi asosini D. Maksvell elektrodinamikaning to'rtta o'zaro bog'langan tenglamalari bilan ifodalab bergan (1.5).

$$\begin{aligned} 1. \text{ rot } H &= \delta; \\ 2. \text{ rot } E &= -\frac{dB}{dt}; \quad \delta = \gamma \cdot E + \frac{dD}{dt}; \quad D = \epsilon \cdot E; \quad V = \mu \cdot H; \\ 3. \text{ div } D &= \rho; \\ 4. \text{ div } B &= 0. \end{aligned} \quad (1.5)$$

Quvvat oqiminining zichligi, ya'ni sfera birlik yuzasining maydonidan oqayotgan quvvat, W/m^2 quyidagicha aniqlanadi:

$$\Pi = \frac{P_n}{4\pi R^2}. \quad (1.6)$$

P_n – nurlantirish quvvati; R – sfera radiusi.

Elektr kuchlanganligi E_n orqali quvvat oqimining zichligi quyidagicha ifodadan topiladi:

$$\Pi = \frac{E_n^2}{120 \cdot \pi}. \quad (1.7)$$

(1.6) va (1.7) ifodalardan manbadan R masofada joylashgan nuqtadagi elektr maydonining kuchlanganligini aniqlash mumkin.

$$E_n = \frac{\sqrt{30P_n}}{R}. \quad (1.8)$$

Nazorat savollari

1. Axborot, xabar va signal haqida ma'lumotlar keltiring.
2. Radioaloqa traktida ishlatiladigan signallarning qanday parametrlari bor?
3. Radioaloqa tizimining strukturaviy sxemasini tushuntiring.
4. Tashuvchi signallar qanday vazifani bajaradi?
5. Elektromagnit to'lqinlarning nurlanishini tushuntiring.
6. D. Maksvellning ikkita fundamental traktati nimani anglatadi?
7. Birlamchi va modullashtirilgan signallar spektrini nimalar tashkil etadi?
8. Radioaloqa talab qilingan masofada bajarilishi uchun uzatuvchi qurilmada qanday qurilma mavjud bo'lishi kerak?

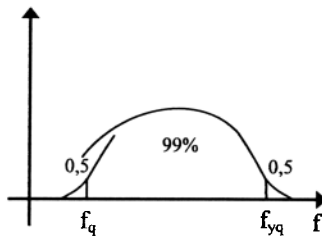
2. RADIOSIGNALLARNI UZATUVCHI QURILMALAR

2.1. Radiosignallarni uzatuvchi qurilmalar to'g'risida umumiy tushunchalar

Radiosignallarni uzatuvchi qurilma (RSUQ) deb, tarkibida uzatilishi kerak xabar bo'lgan yuqori chastotali radioto'lqinlarni ishlab beruvchi qurilmalarga aytiladi. Qurilmaning asosiy vazifasi radiosignalni yuzaga keltirib, shakllantirib va kerakli miqdorgacha kuchaytirib, uni antennaga uzatishdir. Radiosignal bu yuqori chastotali to'lqin bo'lib, uning biror parametri uzatilayotgan xabar ta'sirida o'zgarib turadi. Radiosignal quvvati P_{chiq} radioqurilmani loyihalayotgan paytda aniqlanadi.

Radiosignal spektri ish chastotasi f , chastota turg'unligi $\Delta f/f$, band qilingan chastota kengligi va parazit to'lqinlar, ya'ni kerakmas bo'lgan to'lqinlar miqdori bilan xarakterlanadi (2.1-rasm). Band qilingan chastota kengligi bu yuqori f_{yu} va quyi f_{q} chastotalar oralig'i bo'lib, bu oraliqda signalning 99% quvvati yig'ilgan bo'ladi. $f_{\text{yu}} - f_{\text{q}}$ oraliqdan tashqarida bo'lgan to'lqinlar kerak emas parazit to'lqinlar hisoblanadi. Ular boshqa chastotadagi signallarni qabul qilishga xalaqit berishadi va shu tufayli ularning miqdorini iloji boricha kamaytirish kerak.

Ish chastotasi f_s vaqt davomida o'zgarishi chastota turg'unligi bilan aniqlanadi ($\Delta f/f$). Chastota turg'unligi iloji boricha kichik bo'lishi kerak va shu ish chastotasiga va qurilmaning quvvatiga bog'liq bo'ladi.



2.1-rasm. Radiosignalning tarkibi

Masalan: (4 - 29,7) MHz chastota oralig'ida ishlovchi va quvvati $P = 500 \text{ Vt}$ bo'lgan qurilmalarda $\Delta f_s < 50 \cdot 10^{-6}$ bo'lishi kerak.

2.2. Radiosignallarni uzatuvchi qurilmalarning turlari

Radiouzatuvchi qurilmalar quyidagi turga bo'linadilar:

- *Vazifasi bo'yicha qurilma* - radioaloqa bog'lovchi, radio va telesignallarni uzatuvchi, professional aloqa bog'lovchi, telemetrik, radiolokatsion va radionavigatsiyali bo'lishi mumkin.

- *Ish diapazoni bo'yicha qurilmalar* past chastotali, o'ta yuqori chastotali va optik diapazonda ishlovchi bo'lishi mumkin.

Qurilmaning ish diapazoni aktiv element (AE) va tebranish konturining turi bilan aniqlanadi. Yuqori chastotali lard radiosignallarni uzatuvchi qurilmada aktiv element (AE) sifatida tranzistor, radiolampa va mikrosxemalar, tebranish konturi sifatida esa oddiy sig'im va induktivliklar ishlatiladi. O'ta yuqori chastotali RSUQ da AE element sifatida magnetron, klistron, LOV (qaytgan to'lqin lampasi), LBV (yuguruvchi to'lqin lampasi)lar, tebranish konturi sifatida esa volnovodlar va rezonatorlar ishlatiladi. Optik diapazonda esa lazer generatorlari va svetovodlar ishlatiladi.

- *Quvvat bo'yicha* RSUQlar juda kichik quvvatli, ($P_n < 3 \text{ Vt}$), kichik quvvatli (3-100 Vt), o'rta quvvatli (0,1-3KVt), kuchli quvvatli (3-100 KVt) va o'ta kuchli quvvatli ($P > 100 \text{ KVt}$) bo'lishi mumkin.

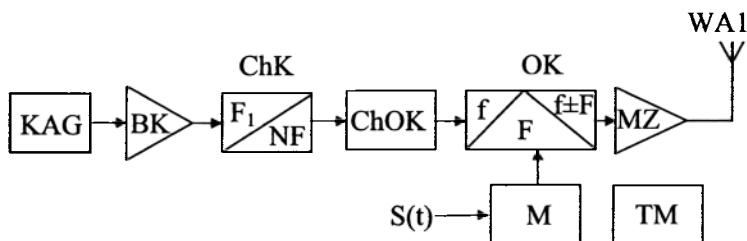
- *Modulyatsiya turi bo'yicha* RSUQlar amplituda bo'yicha modullashtirilgan (AM), chastota bo'yicha modullashtirilgan (ChM) va faza bo'yicha modullashtirilgan (FM) bo'lishi mumkin. AM RSUQlar radioaloqa bog'lashda, radio – telesignallarni uzatishda, radiolokatsiyada ishlatiladi. ChM RSUQ radioaloqa bog'lashda,

sifatli radiosignallarni uzatishda, radio relelyli sistemada, radiolokatsiyada ishlatilishi mumkin. FM RSUQ radioaloqa qilishda ishlatiladi.

- *Ish sharoiti bo'yicha* RSUQ statsional va harakatdagi (mobil) bo'lishi mumkin.

2.3. Radiosignallarni uzatuvchi qurilmalarning strukturaviy sxemalari

Endi radiosignallarni uzatuvchi qurilmaning struktura sxemasi bilan tanishib chiqamiz. 10-2000 m to'liq oralig'ida radiosignallarni uzatuvchi qurilmalarda amplitudali modulyatsiya (AM) ishlatiladi. Ishlab berilayotgan signal sifatiga va uning chastotasi turg'unligiga katta talab qo'yiladi. Odatda, tashuvchi signallar ishlab beruvchi avtogenerator kvars tebrantirgichli bo'lib, kichik quvvatli bo'ladi. Shuning uchun strukturaviy sxema ko'p kaskadli qilib quriladi. Qurilmaning strukturaviy sxemasi 2.2-rasmda keltirilgan. Qurilma quyidagi qismlardan iborat: KAG - kvars tebrantirgichli avtogenerator, BK - bufer kaskadi, ChK - chastota ko'paytirgich, ChOK - chiqish oldi kaskadi, QK - quvvat kuchaytirgich, M – modulyator, TM - ta'minlovchi manba.



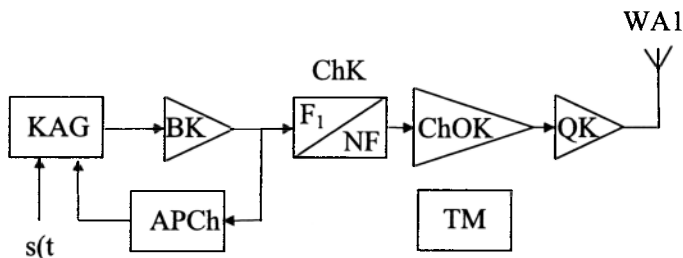
2.2-rasm. Amplitudali modulyatsiyali radiosignallarni uzatuvchi qurilmaning strukturaviy sxemasi

KAG - yuqori chastotali tashuvchi signallarni ishlab beradi. BK - avtogenerator ishlab bergan tashuvchi signallarni qisman kuchaytiradi va chastota ko'paytirgichning avtogeneratorga bo'lgan ta'sirini kamaytiradi. Chiqish oldi kaskadi – yuqori chastotali

tashuvchi radiosignallarni kerakli tarzda shakllantiradi va quvvat bo'yicha kuchaytirib beradi. Quvvat kuchaytirgich – radiosignallar quvvatini kerakli bo'lgan miqdorgacha oshirib, antennaga uzatadi. M – uzatilishi kerak bo'lgan axborotni va yuqori chastotali tashuvchi signallarni bir-biriga qo'shib, ya'ni amplitudali modulyatsiyani amalga oshiradi.

Metrlı diapazonda ishlovchi va radiolokatsion RSUQlarda chastotali modulyatsiya radiosignallarni uzatuvchi qurilmaning avtogeneratorida amalga oshiriladi. Bunday qurilmalar yuqori sifatli radioeshittirishda, ko'p kanalli radioreleyli liniyalarda va radioaloqa qilishda qo'llaniladi.

Chastotali RSUQning struktura sxemasi 2.3 – rasmda keltirilgan.



2.3-rasm. Chastotali modulyatsiyali radiosignallarni uzatuvchi qurilmaning strukturaviy sxemasi

Bu yerda APCh – chastotani avtomatik ravishda boshqarib turuvchi qurilma. U tashuvchi signallar chastotasining turg'un holatda bo'lishini ta'minlaydi. Uzatilishi kerak bo'lgan xabar avtogenerator ishlab berayotgan tashuvchi signal chastotasiga ta'sir qilib chastota bo'yicha modullashtiradi.

2.4. Radiosignallarni uzatuvchi qurilmalarga qo'yiladigan

talablar

RUQlarga qo'yiladigan talablar quyidagilar:

Professional RSUQlarda ish chastota f_{ish} bitta yoki bir nechta bo'lishi mumkin (ba'zi hollarda $10^4 - 10^9$ ga teng bo'lishi mumkin), bu esa turli vaqtlarda aloqa qilishni ta'minlaydi. Bundan tashqari bir ish diapazonidan ikkinchi ish diapazoniga o'tish vaqti juda qisqa bo'lishi kerak. Bunday hollarda avtogenerator o'rniga chastota sintezatorlari ishlatiladi.

Talab bo'yicha kerak bo'lmagan to'liqlar quvvati $25 \cdot 10^{-6} - 1 \cdot 10^{-3}$ Vt dan oshishi kerak emas. RSUQlar ishlatish uchun qulay, manbadan energiyani kam sarflashi va foydali ish koeffitsiyenti iloji boricha ko'p bo'lishi kerak.

Radiouzatuvchi qurilmalarga konstruktiv va elektr jihatdan bo'lgan talablar radiotizimga qo'yilgan texnik shartlardan kelib chiqadi.

Nazorat savollari

1. Radiosignallarni uzatuvchi qurilmalar qanday vazifani bajaradi?
2. Radiosignallarni uzatuvchi qurilmalar qanday turlarga bo'linadi?
3. AM radiosignallarni uzatuvchi qurilmalarning strukturaviy sxemasi qanday tarkibiy qismlardan iborat?
4. ChM radiosignallarni uzatuvchi qurilmalar strukturaviy sxemasi qanday tarkibiy qismlardan iborat?
5. Radiosignallarni uzatuvchi qurilmalarga bo'lgan talablarni tushuntiring.

3. TASHQI TA'SIR OSTIDA ISHLOVCHI GENERATORLAR

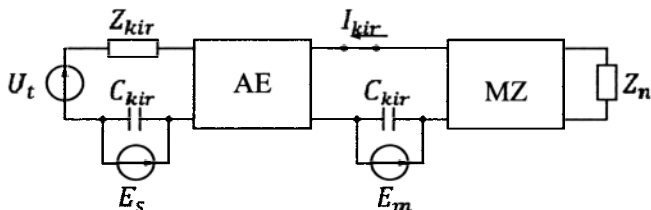
3.1. Tashqi ta'sir ostida ishlovchi generatorlar to'g'risida umumiy tushuncha

Tashqi ta'sir ostida ishlovchi generatorlar radiosignallarni uzatuvchi qurilmalarning asosiy qismlaridan biri bo'lib, bu qurilma manbadan olayotgan energiyani davriy tashqi ta'sir ostida yuqori chastotali energiyaga aylantirib beradi. Boshqacha qilib aytganda, bu qurilmalarning chiqishidagi yuqori chastotali radioto'lqinlar kirish signali ta'sirida yuzaga keladi. Odatda, bunday generatorlarning kirish va chiqish qismidagi radioto'lqinlarning chastotasi bir xil bo'ladi, ya'ni $f_{kir} = f_{chiq}$. Bu holda ular quvvat kuchaytirgichlari deyiladi.

Agar ushbu chastotalar farq qilsa, ya'ni $f_{kir} < f_{chiq}$ bo'lsa, qurilma chastota ko'paytirgich; $f_{kir} > f_{chiq}$ bo'lsa, chastota bo'lgich deb ataladi.

Ta'minlovchi manbadan doimiy energiya olib, uni yuqori chastotali o'zgaruvchan energiyaga aylantirib beruvchi element aktiv element (AE) deyiladi. Tashqi ta'sir ostida ishlovchi generatorlarda aktiv element (AE) sifatida tranzistor, tiristor, Gann diodi va mikrosxemalar ishlatilishi mumkin.

Har qanday tashqi ta'sir ostida ishlovchi generator tarkibida AE, ta'sir qiluvchi zanjir, iste'molchi (yuklama) asosiy manba, siljish manbasi va moslovchi zanjir bo'ladi (3.1-rasm).



3.1-rasm. Tashqi ta'sir ostida ishlovchi generatorning funksional sxemasi

Davriy ta'sir etuvchi to'liqin manbasi $u_t(t)$ va siljish manbasi E_s AE ning kirish qismida $u_{kir}(t)$ ko'rinishidagi kirish kuchlanishini yuzaga keltiradi.

$$u_{kir}(t) = E_s + u_t(t). \quad (3.1)$$

Ushbu kuchlanish ta'sirida va asosiy E_m manba ulangan paytda AEning chiqish qismida davriy chiqish toki ($i_{chiq}(t)$) oqib o'tadi va bu tok moslovchi zanjirda $u_n(t)$ ko'rinishdagi kuchlanish pasayishini vujudga keltiradi. Natijada AEning chiqish qismida quyidagi ko'rinishdagi chiqish kuchlanishi paydo bo'ladi:

$$u_{chiq}(t) = E_m - u_n(t) = E_m - Z_n(j\omega)i_{chiq}(t), \quad (3.2)$$

bunda: $u_n(t)$ – yuklamadagi kuchlanish, $Z_n(j\omega)$ – AE chiqish qismining qarshiligi (yuklamasi). $Z_n(j\omega)$ moslovchi zanjirni chiqishiga ulangan real iste'molchi qarshiligidan ancha farq qilishi mumkin.

Moslovchi zanjirning asosiy vazifasi iste'molchi qarshiligini (Z_n) AE ning chiqish qarshiligiga aylantirib berishdir, bu holda quvvat generatorning kirish qismidan chiqish qismiga deyarli to'liq uzatiladi.

Strukturaviy sxemadagi C_{chiq} va C_{kir} sig'implar asosiy va siljish manbalarini yuqori chastotali toklardan saqlaydi. Moslovchi zanjir tanlash xususiyatiga ega va shu tufayli uning qarshiligi $Z_{mz}(\omega)$ yuqori garmonikali to'liqlar uchun kam, ish chastotasidagi to'liq, ya'ni asosiy garmonika uchun katta bo'ladi

$$Z_{mz}(N\omega_{kir}) \gg Z_n(n\omega_{kir}), \quad n \neq N.$$

Shuning uchun chiqishdagi kuchlanish $u_{chiq}(\tau)$ davriy garmonikali bo'ladi.

$$(\tau) = E_m - u_{nN} \cos(N\tau + \varphi_{chiq} + \varphi_{nN}). \quad (3.3)$$

3.2. Tashqi ta'sir ostida ishlovchi generatorlarda quvvat muvozanati

Manbadan olinayotgan energiyani yuqori chastotali to'liqin energiyasiga aylantirish A'ning chiqish qismida amalga oshiriladi. Bunday generatorlarning asosiy energetik ko'rsatkichlariga quyidagilarni kiritish mumkin: manbadan olinayotgan quvvat – P_0 , N -chi garmonika uchun foydali chiqish quvvati – P_{chiqN} , foydali ish koeffitsiyenti – η , quvvat bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyenti – K_P .

Manbadan olinayotgan quvvat qanday va nimalarga sarf bo'lishini ko'rib chiqamiz. Bu quvvat manba kuchlanishi E_m bilan chiqish tokining o'zgarmas tashkil etuvchisi I_{0chiq} ning ko'paytmasiga teng

$$P_0 = E_m I_{0chiq}. \quad (3.4)$$

Yuqorida qayd qilingandek, asosiy manba kuchlanishi iste'molchidagi kuchlanish $u_n(\tau)$ va A'ning chiqish qismidagi kuchlanishlar yig'indisidan iborat

$$E_m = u_n(\tau) + u_{chiq}(\tau). \quad (3.5)$$

(3.5) ifodaning chap va o'ng qismini chiqish $i_{chiq}(\tau)$ ga ko'paytiramiz va davr bo'yicha integrallaymiz. Natijida A'ning chiqish qismi uchun quvvat muvozanati tenglamasini keltirib chiqaramiz

$$\frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} E_m i_{chiq}(\tau) d\tau = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} u_n(\tau) i_{chiq}(\tau) d\tau + \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} u_{chiq}(\tau) i_{chiq}(\tau) d\tau. \quad (3.6)$$

(3.6) tenglamaning chap qismi manbadan olinayotgan quvvatni tashkil etadi, ya'ni:

$$P_0 = E_m I_{0chiq} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} E_m i_{chiq}(\tau) d\tau. \quad (3.7)$$

(3.6) tenglamaning o'ng qismidagi birinchi tashkil etuvchi o'zgaruvchan yuqori chastotali quvvat $P_{chiqN} = u_n(\tau) i_{chiq}(\tau)$ bo'lib hisoblanadi.

$$P_{chiqN} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} u_n(\tau) i_{chiq}(\tau) d\tau.$$

Ikkinchi tashkil etuvchi esa AEning chiqish qismida bo'layotgan tranzistor kollektorining qizishiga ketayotgan quvvat hisoblanadi va iloji boricha bu quvvatni kamaytirishga harakat qilish kerak.

$$P_{sarf} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} u_{chiq}(\tau) i_{chiq}(\tau) d\tau.$$

Shunday qilib, quvvat muvozanati tenglamasini soddaroq qilib yozsak, quyidagi ifodani olamiz:

$$P_0 = P_{chiqN} + P_{sarf}. \quad (3.8)$$

Demak, manbadan olinayotgan quvvatning bir qismi yuqori chastotali foydali quvvatga va AEning chiqish elektrodi qizishiga sarf bo'lar ekan. RUQda ish chastotasi bo'lib, ko'p holda birinchi garmonika hisoblanadi u holda quvvat muvozanati tenglamasini yanada soddaroq yozish mumkin.

$$P_0 = P_{chiq1} + P_{sarf}. \quad (3.9)$$

Yuqorida qayd qilingan quvvat muvozanati A'ning chiqish qismi uchun keltirib chiqarildi.

Endi A'ning kirish qismi uchun quvvat muvozanati ifodasini yozamiz. A'ning kirish qismida siljish kuchlanishi E_s va ta'sir qiluvchi signal $u_t(\tau)$ quvvat muvozanatiga sabab bo'ladi. Yuqorida A'ning chiqish qismi uchun qilingan o'zgartirishlarning kirish qismi uchun qo'llab quvvat muvozanatining tenglamasini keltirib chiqaramiz.

$$P_{kir1} + P_{s0} = P_{kir\ sarf}, \quad (3.10)$$

bunda: $P_{kir1} = 0,5U_{kir1}I_{kir1} \cos \varphi_{kir1}$ – ta'sir qiluvchi manbaning quvvati, $P_{kir\ sarf}$ A'ning kirish qismida sarf bo'layotgan quvvat, $P_{s0} = E_s I_{kir0}$ – siljish kuchlanishi manbaining quvvati.

Quvvat kuchaytirish koeffitsiyenti yuqori chastotali quvvatning kirish quvvatiga bo'lgan nisbati bilan aniqlanadi:

$$K_p = \frac{P_{chiq}}{P_{kir}}. \quad (3.11)$$

Foydali ish koeffitsiyenti (FIK) esa yuqori chastotali quvvatning manbadan olinayotgan quvvatga nisbati orqali aniqlanadi:

$$\eta = \frac{P_{chiq}}{P_0}. \quad (3.12)$$

Sarf qilinayotgan quvvatni hisobga olganda foydali ish koeffitsiyentini quyidagicha yozish mumkin:

$$\eta = 1 - \frac{P_{sarf}}{P_0}.$$

3.3. Quvvat kuchaytirgichning foydali ish koeffitsiyentini oshirish usullari

Ma'lumki, foydali ish koeffitsiyenti (FIK) yuqori bo'lishi uchun foydali chiqish quvvati P_{chiq} iloji boricha katta bo'lishi kerak. FIKni oshirish yo'llarini ko'rib chiqamiz, buning uchun FIK ifodasini quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$\eta = \frac{1}{2} \frac{I_{chiqN} U_{nN}}{I_{chiq0} E_m} \cos \varphi_{nN}. \quad (3.13)$$

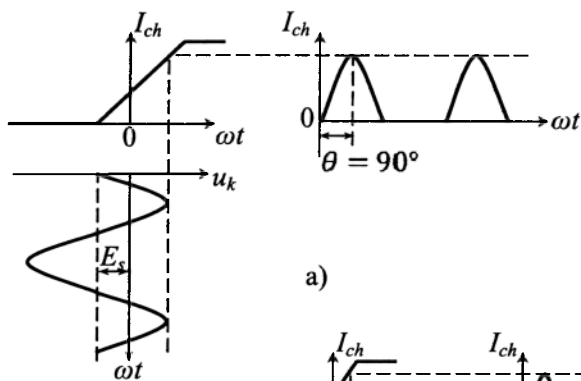
Chiqish toklari nisbatini g_N bilan, kuchlanishlar nisbatini ξ bilan belgilaymiz. U holda $g_N = I_{chiqN}/I_{chiq0}$ – tok N-chi garmonikasining shakl koeffitsiyenti, $\xi = U_{nN}/E_m$ esa manba kuchlanishining qancha qismi ishlatilayotganini ko'rsatuvchi koeffitsiyent deb ataladi. U holda FIKni quyidagicha yozish mumkin:

$$\eta = 0,5 g_N \xi \cos \varphi_{nN}. \quad (3.14)$$

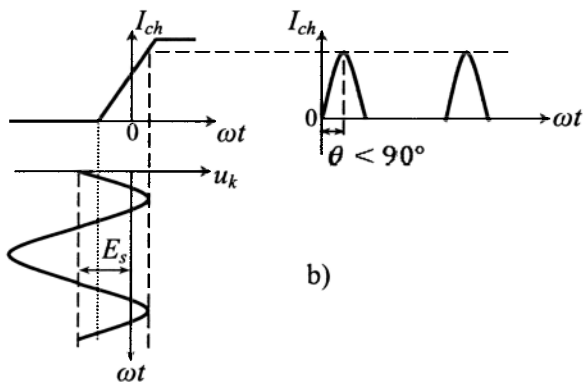
Generator sozlangan yuklamaga ishlayapti deb qabul qilamiz, u holda $N = 1$ bo'ladi. Bundan tashqari $\xi = const$ deb faraz qilamiz va bu holda FIK faqat tokning shakl koeffitsiyentiga bog'liq bo'ladi. $g_N = I_{chiqN}/I_{chiq0}$ ni esa siljish kuchlanishi E_s ni va ta'sir qiluvchi kuchlanish qiymatini o'zgartirib, ko'paytirish va kamaytirish mumkin. AE chiziqli holatda ishlaganda, tok butun davr davomida oqib o'tadi.

Bu tokning o'zgaruvchan yuqori chastotali tashkil etuvchisi (I_{chiq1}), o'zgarmas tashkil etuvchidan (I_{chiq0}) kichik bo'ladi. Natijada $g < 1$ va FIK kichik bo'ladi. AEning bu ish holati A sinfidagi ish holati deb ataladi va bu E_s ning kichik qiymatlarida vujudga keladi. Bu ish holatining grafik ko'rinishi 3.2d-rasmda

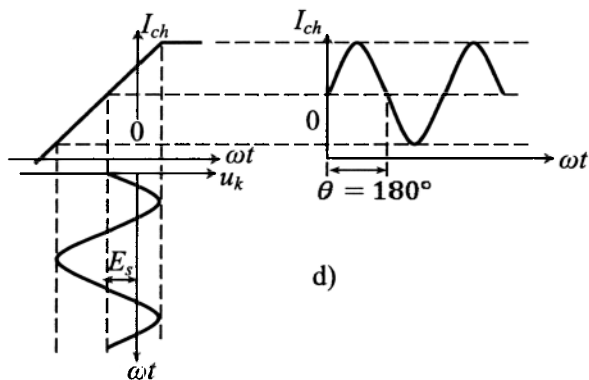
keltirilgan. Endi E_s qiymatini shunday ko'paytiraylikki, natijada tok AEdan



a)



b)



d)

3.2-rasm. Aktiv elementning chiziqli hamda nochiziqli kesish ish holatlarining diagrammalari: a) – B sinfi; b) – C sinfi; d) – A sinfi.

Nazorat savollari

1. Tashqi ta'sir ostida ishlovchi generator deb qanday qurilmaga aytiladi?
2. Tashqi ta'sir ostida ishlovchi generatorda qanday aktiv elementlar ishlatiladi?
3. Tashqi ta'sir ostida ishlovchi generatorning strukturaviy sxemasi nimalardan tashkil topgan?
4. Quvvat muvozanati deganda nimani tushunasiz?
5. Nima uchun RUQlarda AE nochiziqli kesish ish holatida ishlatiladi?
6. Ish holatining qanday turlarini bilasiz?
7. Tashqi ta'sir ostida ishlovchi generatorning sxemalari qanday tuziladi?
8. Blokirovka qiluvchi elementlar qanday vazifani bajaradi?

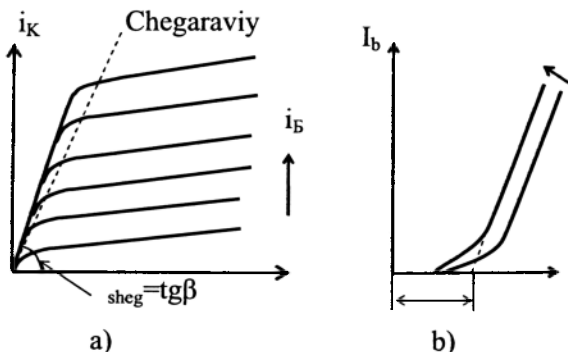
4. RADIOSIGNALLARNI UZATUVCHI QURILMALARDA AKTIV ELEMENTLARNING STATIK XARAKTERISTIKALARI

4.1. Aktiv elementlarning statik xarakteristikolari va ularning approksimatsiyasi

Quvvat kuchaytirgichlarda AEning ish holatini aniqlash uchun berilgan $u_{kir}(t)$, $u_{chiq}(t)$ kuchlanishlarga qarab, AEni $i_{kir}(t)$, $i_{chiq}(t)$ toklarini va ularning I_{kim} , I_{chiqn} garmonik tashkil etuvchilarini topish kerak. Agar quvvat kuchaytirgich ish chastotasi nisbatan kichik bo'lsa, toklarning kuchlanishlarga bog'liqligi algebraik bo'ladi, AE esa inersiyasiz hisoblanadi. Aktiv element toklarining kuchlanishga bog'liqligi uning statik xarakteristikolari deyiladi. Bu tavsifnomalar ikki xil bo'ladi:

1. Chiqish xarakteristikolari, chiqish tokining kirish toki va chiqish kuchlanishiga bog'liqligini $I_{chiq} = f(i_{kir}, U_{chiq})$ (4.1a-rasm);

2. Kirish xarakteristikolari - kirish tokining kirish va chiqish kuchlanishlariga bog'liqligi $i_{kir} = (u_{kir}, U_{kir})$ (4.1b-rasm);



4.1-rasm. Aktiv elementning volt-ampere xarakteristikasi:
a) – chiqish; b) – kirish.

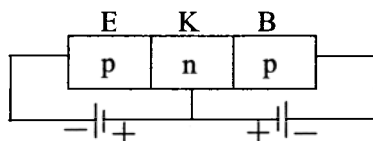
Inersiyasiz hisoblangan aktiv elementlarning toklarini hisoblash uchun mana shu ikkita statik tavsifnomadan foydalanish kifoya.

Aktiv elementning chegaralangan chastotasi $\omega_{\text{cheg}} \geq \omega_0$ bo'lgan holda AE inersiyasiz hisoblanadi. Ish chastota oshib borishi tufayli, ya'ni $\omega_0 > \omega_{\text{cheg}}$ bo'lgan holda AE inersiyali hisoblanadi. Bu holda RSUQni loyihalashda kirish va chiqish tok hamda kuchlanishlarini bog'lovchi murakkab integral va differensial ifodalarni ishlatishga to'g'ri keladi.

Lampa va maydonli tranzistorlarni, ularning ish chastota oralig'ining ko'p qismida inersiyasiz deb hisoblash mumkin. Bipolyar tranzistorlarni esa ish chastota oralig'ining atigi 30% da inersiyasiz deb hisoblash mumkin.

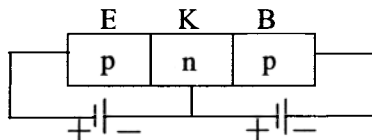
Chiqish xarakteristikalarini ba'zi hollarda AEni volt-amper xarakteristikalarini (VAX) ham deb ataladi. Bu xarakteristikalar orqali tokning uzatish koeffitsiyentini aniqlash mumkin. Volt-amper xarakteristikasi yuzasida to'rtta soha joylashgan.

1. Kesilish sohasi – bu sohada emitter va kollektor o'tish zonalari teskari siljigan bo'ladi. Chiqish kuchlanishi chiqish tokiga kam ta'sir ko'rsatadi (4.2-rasm).



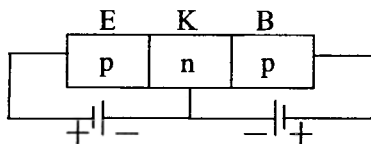
4.2-rasm. Emitter va kollektor o'tish zonalari teskari siljiganligi

2. Aktiv soha – bu sohada emitter o'tish zonasi to'g'ri, kollektor o'tish zonasi esa teskari siljigan. Bu sohada AE ni kuchaytirish va doimiy tok energiyasini o'zgaruvchan tok energiyasiga o'zgartirish xususiyatlari namoyon bo'ladi (4.3-rasm).



4.3-rasm. Emitter o'tish zonasi to'g'ri, kollektor o'tish zonasi esa teskari siljiganligi

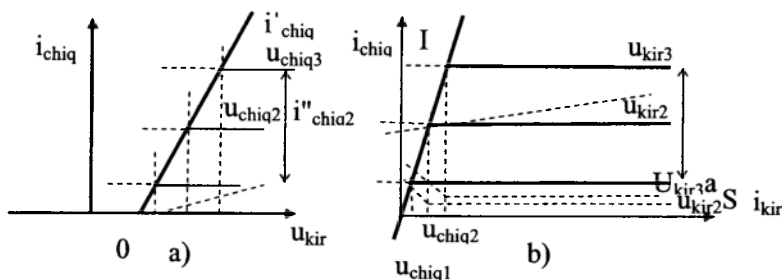
3. To'yinish sohasi – emitter va kollektor o'tish zonalar to'g'ri siljigan. Bu sohada chiqish kuchlanishi chiqish tokiga kuchli ta'sir ko'rsatadi (4.4-rasm).



4.4-rasm. Emitter va kollektor o'tish zonalar to'g'ri siljiganligi

4. Teshilish sohasi – tok tashuvchi zarrachalarning elektr maydoni ta'sirida keskin oshib ketish sohasi. Bu sohada chiqish toki katta bo'lganligi sababli aktiv element bu sohada ishlatilmaydi, chunki u ishdan chiqishi mumkin.

Volt-amper xarakteristikalarini approksimatsiyalash – bu egri chiziqli bo'laklarni qisman to'g'ri chiziqli bo'laklar bilan almashtirishdir (4.5-rasm).



4.5-rasm. Statik xarakteristikalar approksimatsiyasi:

a) – kirish; b) – chiqish xarakteristikalari.

Ko'p hollarda AEning statik xarakteristikalari uchta to'g'ri chiziq bo'laklari bilan approksimatsiya qilinadi. Bunday approksimatsiya poligonal yoki qisman-chiziqli deb ataladi. Bu qisman-chiziqli approksimatsiya AE toklarini nisbatan qo'pol (15 - 20%) hisoblash imkonini beradi, lekin shunga qaramay muhandisli hisoblash uchun u yetarli deb aytish mumkin.

4.2. Chiqish toklarini garmonik tahlil qilish

Kritik ish holatida ishlayotgan inersiyasiz AEning chiqish toklari garmonikalarini ko'rib chiqamiz. AEni kirish qismida $u_{kir}(\tau)$ ko'rinishidagi garmonik kuchlanish ta'sir qilayapti, deb faraz qilamiz. Chiqish toki ($I_{chiq}(\tau)$) va kirish kuchlanishi ($u_{kir}(\tau)$) orasida fazoviy siljish yo'q. Bu holatda AEning chiqish qismidagi tok ham garmonik ko'rinishda bo'ladi va uni Furre qatoriga yoyib yozish mumkin. Furre qatori – bu har qanday davriy signalni cheksiz sinusoidal va kosinusoidal argumenti karrali tashkil etuvchilar va doimiy tashkil etuvchi yig'indi ko'rinishida ifodalashdir:

$$i_{chiq}(t) = I_0 + \sum_{n=1}^{\infty} I_{chiqn} \cos(n\Omega t + \varphi_n) \quad (4.1)$$

yoki uni boshqacha ko'rinishda yozish mumkin:

$$i_{chiq}(t) = I_0 + I_1 \cos(\Omega t) + I_2 \cos(\Omega t) + \dots + I_n \cos(n\Omega t), \quad (4.2)$$

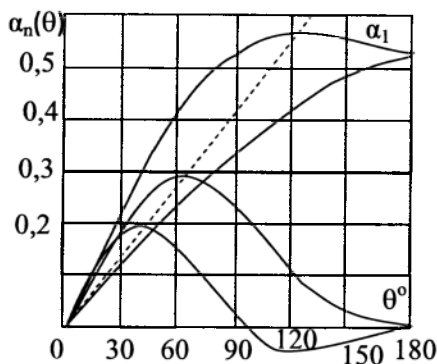
bu yerda I_0 – chiqish tokining doimiy tashkil etuvchisi, I_1 – chiqish tokining o'zgaruvchan asosiy tashkil etuvchisi yoki birinchi garmonikasi deyiladi. Uning davri umumiy chiqish tokining davriga teng, qolgan tashkil etuvchilar yuqori garmonikalar deyiladi. AEni chiqish tokining amplitudasi qancha katta bo'lsa, uning doimiy va asosiy hamda yuqori tashkil etuvchilari ham shuncha katta qiymatga ega bo'ladi va ular chiqish tokining maksimal amplitudasi bilan proporsionallik koeffitsiyentlari orqali bog'langan.

$$\begin{aligned} I_{chiq0} &= \alpha_0 I_{chiqmax}; \quad I_{chiq1} = \alpha_1 I_{chiqmax}; \\ I_{chiq2} &= (\alpha_2 I_{chiqmax}); \quad I_{chiqn} = \alpha_n I_{chiqmax}; \end{aligned} \quad (4.3)$$

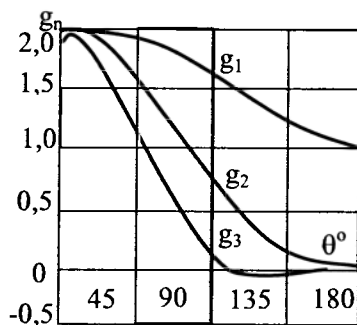
$\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ – proporsionallik koeffitsiyentlari yoki yoyilish koeffitsiyentlari deyiladi. Ba'zi hollarda ularni Berg koeffitsiyenti deb ham atashadi. Bu koeffitsiyentlar kesish burchagi θ ga bog'liq bo'ladi va ularning qiymati jadvalda yoki grafik holda beriladi (4.3).

4.6-rasmdan ko‘rinib turibdiki, $\alpha_n(\theta_n)$ funksiyaning eng katta qiymati ($n \geq 1$) $\alpha_n(\theta_n) = \frac{\alpha_1(120^\circ)}{N}$ da bo‘ladi. Tokning shakl koeffitsiyentini Berg koeffitsiyenti orqali yozish mumkin, u holda:

$$g_n(\theta) = I_{\text{chiqn}} / I_{\text{chiq0}} = \alpha_n(\theta) / \alpha_0(\theta)$$



4.6-rasm. Yoyilish koeffitsiyentining kesish burchagiga bog‘liqligi

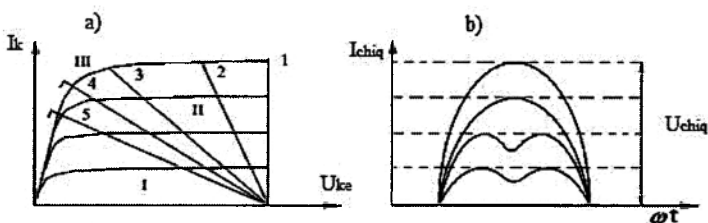


4.7-rasm. Tokning shakl koeffitsiyentining kesish burchagiga bog‘liqligi.

Kesish burchagi θ 0 dan 180° gacha o‘zgarganda tokning shakl koeffitsiyenti $g(\theta)$ ni qiymati 2 dan 1 gacha kamayadi, kesish burchagi $\theta=90^\circ$ bo‘lganda $g_1 = \pi/2$ bo‘ladi.

4.3. Tashqi ta'sir ostida ishlovchi generatorlarda aktiv elementning ish holatlari

Tashqi ta'sir ostida ishlovchi generatorlardagi aktiv elementning kirish va chiqish qismiga bir vaqtning o'zida katta o'zgaruvchan kuchlanish ta'sir etadi. AE chiqish kuchlanishi o'zgarishining toklarga ta'siriga qarab, ish holati ikki turda bo'lishi mumkin: chiqish kuchlanishi u_{chiq} tokka kam ta'sir etuvchi holat, chiqish kuchlanishi tokka kuchli ta'sir etuvchi holat. Umuman olganda, mana shu ta'sirga qarab generatordagi AEning ish holati to'rt turda bo'lishi mumkin. Generatorning bu ish holatlarini aktiv elementning volt-amper xarakteristikasi (VAX) yuzasida joylashtiriladigan dinamik xarakteristika, ya'ni butun bir davr davomida tok va kuchlanish nuqtalarini birlashtiruvchi to'g'ri chiziqqa qarab aniqlash mumkin. Bu ish holatlari kamkuchlanganlik (KKH), kritik (KH), o'takuchlanganlik (O'KH) va kalitli ish holatlari bo'lishi mumkin (4.8-rasm).



4.8-rasm. Volt-amper xarakteristika sohasida dinamik xarakteristikaning joylashishi: a – dinamik xarakteristikaning ish holatlari; b – chiqish tokining shakli AEning ish holatiga bog'liqligi.

Agar dinamik xarakteristika aktiv (II) va kesish (I) sohalarida joylashgan bo'lsa, generatorning ish holati kamkuchlanishli (KKH) deb ataladi. Agar dinamik xarakteristika (3) qisman to'yingan (III) sohaga o'tsa, u holda ish holati o'takuchlanishli (O'KH) deb ataladi. Bu ikki ish holatini kritik ish holati (KH) ajratib turadi. Bu holatga 2-dinamik xarakteristika to'g'ri keladi. To'rtinchi ish holat kalitli deyiladi. Bu ish holatida aktiv element ish nuqtasi davrining birinchi

yarmida to'yinish sohasida (AE ochiq holatda), davrning ikkinchi yarmida esa kesish sohasida (AE yopiq holatda) joylashadi.

4.4. Quvvat kuchaytirgichlardagi aktiv elementlarning ish holatini aniqlash

Aktiv element va manba kuchlanishi E_m berilgan bo'lsin. AEning ish holatini va yuklama Z_{yu} ni shunday tanlash kerakki, AEning energetik ko'rsatkichlari: foydali chiqish quvvati P_1 , foydali ish koeffitsiyenti (FIK) η , quvvatni kuchaytirish koeffitsiyenti K_p maksimal qiymatga ega bo'lsin. Bizga ma'lumki, chiqish quvvati P_{chiq1} eng katta qiymatga $Z_{yu} = R_{yu}$ da, ya'ni yuklama aktiv bo'lgan holda erishadi. Bu holda $\cos \varphi = 1$, $\varphi = 90^\circ$ bo'ladi va foydali chiqish quvvati quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$P_1 = 0,5 U_{yu} I_{chiq1}. \quad (4.4)$$

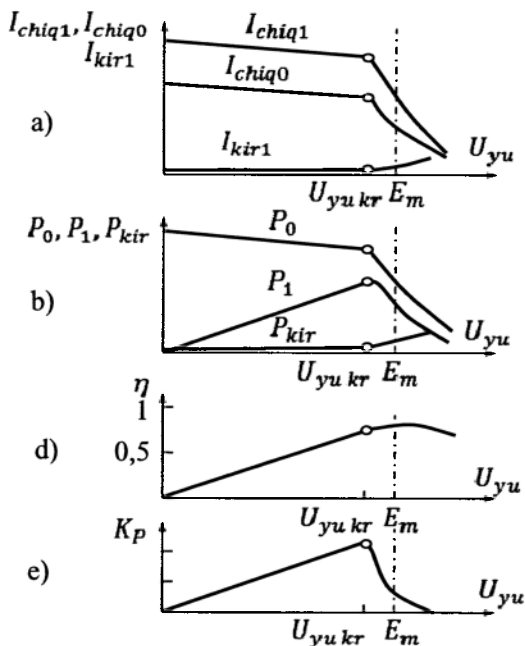
Kirishdagi ta'sir qiluvchi signalning amplitudasi U_{ktr} va siljish kuchlanishi E_s berilgan, uni doimiy deb hisoblaymiz. Yuklamadagi kuchlanish U_{yu} ni o'zgartirib, AEning energetik ko'rsatkichlari qanday o'zgarishini ko'rib chiqamiz. Yuklamadagi kuchlanish U_{yu} ning kichik qiymatlarida AEning ish holati kam kuchlanishli bo'ladi. Bu ish holatda $U_{yu} < U_{yukr}$ bo'lib, kuchlanish ta'sirida chiqish tokining impulsi amplitudasi deyarli o'zgarmaydi (biroz kamayadi), impuls shakli kosinusoidal ko'rinishda bo'ladi. Kam kuchlanishli ish holatida chiqish toklari I_{chiq0} , I_{chiq1} qiymati biroz kamayadi. Manba kuchlanishi E_m doimiy va I_{chiq0} toki kam o'zgargani uchun manbadan olinayotgan quvvat P_0 ham $U_{yu} < U_{yukr}$ bo'lganda kam o'zgaradi (4.9-rasm).

$$P_0 = E_m I_{chiq0}. \quad (4.5)$$

Foydali chiqish quvvati $P_1 U_{yu} < U_{yukr}$ bo'lganda, yuklamadagi kuchlanish U_{yu} oshishi bilan (4.4) ifodaga binoan ko'payib boradi.

Kam kuchlanganlik ish holatida kirishdagi quvvat ham deyarli o'zgarmaydi. Bu ish holatida foydali ish koeffitsiyenti va quvvatni kuchaytirish koeffitsiyenti kuchlanish oshishi bilan kattalashib boradi, chunki P_1 ning qiymati oshib boradi. Manbadan olinayotgan quvvat $P_0 = const$ bo'ladi.

Foydali chiqish quvvati, foydali ish va quvvatni kuchaytirish koeffitsiyentlari $U_{yu} = U_{yukr}$ nuqtada o'zining eng katta qiymatlariga erishadilar, chunki P_1 ko'payadi, $P_{kir} = const$. Bu holat kritik ish holatida ro'y beradi (4.9-rasm). $U_n > U_{nkr}$ bo'lganda AEning ish holati o'takuchlanishli bo'ladi. Chiqish toki impulsi amplitudasida pasayishlar sodir bo'ladi va bu pasayishlar U_{yu} oshib borishi bilan ko'payadi. 4.9-rasmda energetik ko'rsatkichlarning yuklamadagi kuchlanishga bog'liqligi ko'rsatilgan.



4.9-rasm. Energetik ko'rsatkichlarning yuklamadagi kuchlanishga bog'liqligi: a) – chiqish va kirish toklari; b) – chiqish va kirish quvvatlari; d) – FIK; e) – quvvat bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyenti.

Bu esa chiqish I_{chiq1}, I_{chiq0} toklarining kamayishiga olib keladi. Bu toklar keskin kamayadi, kirish toki esa keskin ko'payadi. Bu toklar kamayishi hisobiga $U_n > U_{nkr}$ bo'lganda P_1 va P_0 lar ham keskin kamayishni boshlaydi. P_{kir} esa oshib boradi, 4.9-rasmdagi grafiklardan ko'rinib turibdiki, foydali ish ko'effitsiyenti va quvvatni kuchaytirish ko'effitsiyentlari ham pasayib boradi. P_1, P_0, K_p lar o'zining maksimal qiymatiga kritik ish holatida, ya'ni $U_n = U_{nkr}$ bo'lganda erishadi.

Energetik ko'rsatkichlarni tahlil qilish shuni ko'rsatadiki, kritik ish holati AE uchun eng qulay ish holati bo'lib hisoblanadi va amalda ko'p qo'llaniladi, chunki foydali chiqish quvvati P_1 , foydali ish ko'effitsiyenti η va quvvatni kuchaytirish ko'effitsiyenti K_p lar eng katta qiymatlarga erishadi.

4.5. Quvvat kuchaytirgichi uchun aktiv elementni tanlash

Tashqi ta'sir ostida ishlovchi generatorlar uchun AE berilgan ish chastota f_0 va antenna-fider quvvati P_f ga qarab tanlanadi. Odatda, AEning parametrlari ko'rsatilgan adabiyotlarda AEning kollektor-emitteriga qo'yilgan kuchlanishning maksimal qiymati $U_{KE\ max}$, chiqish tokining maksimal qiymati $I_{K\ max}$, kollektordagi issiqlik sifatida ajralayotgan sochilish quvvati $P_{K\ max}$, baza-emitter kuchlanishining eng katta qiymatlari $U_{BE\ max}$ va yuqori chegaraviy chastota f_{cheg} ko'rsatiladi. Chastota oshishi bilan AEning quvvat kuchaytirish ko'effitsiyenti keskin kamaya boshlaydi. Shuning uchun tanlangan AEning quvvat kuchaytirish ko'effitsiyenti $K_p = 2 \dots 3$ dan kam bo'lishi kerak emas.

Yuqorida qayd qilinganidek, maksimal chiqish quvvati yuklamaga kritik ish holatida uzatiladi va tok impulsining maksimal qiymati I_{Km} bo'ladi. Agar manba kuchlanishi E_m berilgan bo'lsa, yuklamadagi kritik kuchlanish quyidagiga teng bo'ladi:

$$U_{yu\ kr} = E_m - U_{KE\ min\ kr} = E_m - I_{Km}/S_{kr}. \quad (4.6)$$

Kollektor tokining birinchi garmonikasi I_{K1} ni tokning maksimal qiymati I_{Km} orqali ifodalaymiz:

$$I_{chiq1} = \alpha_1(\theta)I_{chiqmax} = \alpha_1(\theta)I_{Km}. \quad (4.7)$$

(4.4), (4.6) va (4.7) ifodalardan nominal chiqish quvvatini topamiz:

$$P_{chiq1} = 0,5\alpha_1(\theta)I_{Km}E_m(1 - I_{Km}/S_{kr}E_m). \quad (4.8)$$

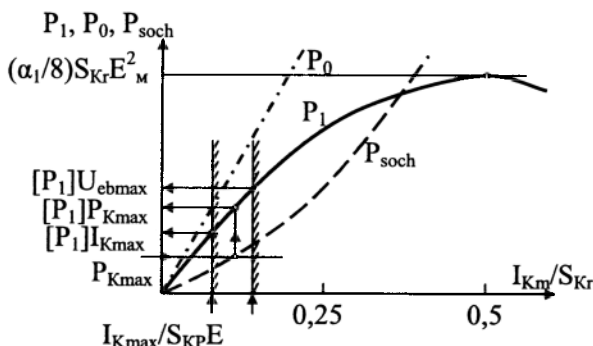
Nominal quvvat kesish burchagi $\theta = 90^\circ$ va yoyilish koeffitsiyenti $\alpha_1(\theta) = 0,5$ bo'lgan hol uchun topilgan. $P_{chiq1}(\theta)$ funksiya parabola ko'rinishiga ega (4.10-rasm).

Bu rasmdagi A nuqtada tokning maksimal qiymati $I_{Km} = 0,5S_{kr}E_m$ ga teng bo'ladi. Real AE bunday quvvatni ishlab berolmaydi ($P_{chiq1} = 0,125\alpha_1(\theta)S_{kr}E_m^2$), chunki kollektor toki I_{Kmax} ning mumkin bo'lgan qiymati $0,5S_{kr}E_m$ dan ancha kichik. (3.8) ifodadagi I_{Km} o'rniga I_{Kmax} ni qo'yib, cheklangan va mumkin bo'lgan chiqish quvvatini tok bo'yicha to'liq ishlatilgan AE uchun topamiz $(1 - I_{Kmax}/S_{kr}E_m)$. Bundan tashqari AEning chiqish quvvati kollektordagi mumkin bo'lgan sochilish quvvati bilan ham chegaralangan bo'lishi mumkin. Quvvat muvozanatidan ma'lumki, sochilish quvvati $P_{soch} = P_0 - P_{chiq1} \leq P_{K\ max}$ ga teng. P_0 va P_{chiq1} quvvatlarni I_{Km} orqali ifodalaymiz:

$$P_{soch} = \alpha_0(\theta)I_{Km}E_m - 0,5\alpha_1(\theta)I_{Km}E_m(1 - I_{Kmax}/S_{kr}E_m). \quad (4.9)$$

4.10-rasmda mumkin bo'lgan $P_{K\ max}$ quvvatdan sochilish quvvatining cheklangan qiymatini topish ko'rsatilgan.

$$P_{soch} = (1/\eta - 1)P_1 = 0,5P_{chiq1}. \quad (4.10)$$



4.10-rasm. Maksimal foydali quvvatni mumkin bo'lgan parametrlar yordamida aniqlash

Ba'zi hollarda $P_{K \max}$ adabiyotlarda ko'rsatilmasligi mumkin, u holda ko'rsatilgan harorat qarshiligini R_t (grad/W), kollektor o'tish zonasining haroratining (t_{nmax}^0) va berilgan muhit haroratining (t_{muh}^0) qiymatidan foydalanib $P_{K \max}$ ni topish mumkin.

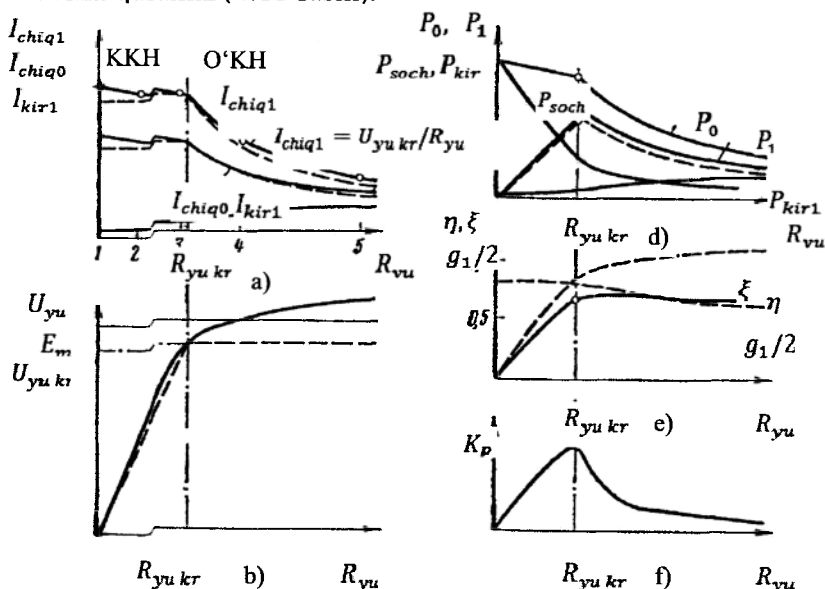
$$P_{K \max} = (t_{nmax}^0 - t_{muh}^0) / R_t, \quad (4.11)$$

bunda t_{muh}^0 – atrof-muhitning harorati.

Tranzistorning ish holati uning kirish qismidagi quvvatga ham bog'liq bo'ladi ($P_{kir soch}$). Ammo bu quvvat kollektordagi quvvatga nisbatan juda kichkina va uni hisobga olmasa ham bo'ladi. Tranzistorda $E_m + U_{yu} = U_{KE \max}$ shart bajarilishi kerak. Agar $\xi = U_{yu} / E_m$ birga yaqin bo'lsa, kollektor kuchlanishini $E_k = U_{KE \max} / 2$ qilib olib, tranzistorning nominal quvvatini to'g'ri tanlash mumkin va kollektorda kuchlanish bo'yicha $U_{KE \min}$ ga teng bo'lgan qiymatni saqlash mumkin. Bunday ehtiyot shart juda foydalidir, chunki texnik shartga asosan tranzistorni bir vaqtda tok va kuchlanishni maksimal qiymatida ishlatib bo'lmaydi.

4.6. Quvvat kuchaytirgichning yuklama xarakteristikalar

Quvvat kuchaytirgichning energetik ko'rsatkichlari hamda AE toklarining yuklama qarshiligiga (R_{yu}) bog'liqligi uning yuklama xarakteristikalar deb ataladi. Bu xarakteristikalar quvvat kuchaytirgichni kerakli ish holatiga sozlashda ishlatiladi. Yuklama aktiv bo'lgan holatdagi, ya'ni $Z_{yu} = R_{yu}$ ish holatlarini ko'rib chiqamiz. Quvvat kuchaytirgich umumiy emitterli bo'lib, tranzistorda qurilgan va uning yuklamasidagi kuchlanish garmonik tebranish $U_{yu}(\tau)$ bo'lsin. R_{yu} qiymati o'zgarganda yuklamadagi kuchlanish ham o'zgaradi $U_{yu} = R_{yu} I_{chiq1}$. Biz bilamizki, chiqish tokining amplitudasi U_{yu} ga bog'liqdir. Bu bog'liqlikning har bir nuqtasiga iste'molchi qarshiligining o'z qiymati $R_{yu} = U_{yu}/I_{chiq1}$ to'g'ri keladi. R_{yu} ni argument sifatida olib, $I_{chiq1} = f(R_{yu})$ va $U_{yu} = f(R_{yu})$ ko'rinishdagi bog'liqlikning yuklama xarakteristikalarini quramiz (4.11-rasm).

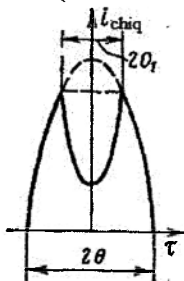


4.11-rasm. Quvvat kuchaytirgichning yuklama xarakteristikalar:

- a) – yuklama toklarining; b) – kuchlanishning; d) – quvvatlarning;
e) – tok shakl koeffitsiyentining; f) – FIKning yuklama qarshiligi R_n ga bog'liqligi

Yuklamadagi qarshilik oshishi bilan yuklama kuchlanishi U_{yu} ham keskin osha boshlaydi va tok I_{chiq1} asta-sekin biroz kamayadi. AE kam kuchlanganlik holatida (KKH) bo'ladi.

Chiqish toklari I_{chiq1} va I_{chiq0} ozgina kamayadi, kirish toki I_{kir} biroz ko'payadi. $R_{yu} = R_{yu\ kr}$ bo'lganda kritik holat vujudga keladi. R_{yu} ni yanada oshirsak $R_{yu} > R_{yu\ kr}$ bo'lganda $U_{yu} U_{yu\ kr}$ kuchlanishdan oshib ketadi va uning oshishi endi sekinlashadi. AE o'takuchlanganlik ish holatiga (O'KH) o'tadi va chiqish tokining impulsida chuqurlik paydo bo'ladi (4.12-rasm).



4.12-rasm. O'ta kuchlanish ish holatidagi chiqish tokini impulsining shakli

Shu sababli chiqish toklari keskin kamayadi, kirish toki ko'payadi. Shunday qilib, kamkuchlanganlik holatida chiqish toklari, o'takuchlanganlik holatida esa yuklamadagi kuchlanish U_n deyarli o'zgarmaydi. U holda quyidagilarni yozish mumkin.:

$$I_{chiq1} = \begin{cases} I_{chiq1\ kr}, & \text{agar } R_{yu} \leq R_{yu\ kr}, \\ U_{yu\ kr} / R_{yu}, & \text{agar } R_{yu} > R_{yu\ kr}. \end{cases} \quad (4.12)$$

$$U_{yu} = \begin{cases} I_{chiq1\ kr} R_{yu}, & \text{agar } R_{yu} \leq R_{yu\ kr}, \\ U_{yu\ kr}, & \text{agar } R_{yu} > R_{yu\ kr}. \end{cases} \quad (4.13)$$

Manba kuchlanishi $E_m = const$ bo'lgani uchun manbadan olinayotgan quvvat $P_0 = E_m I_{chiq0} = f(R_{yu})$ doimiy tok

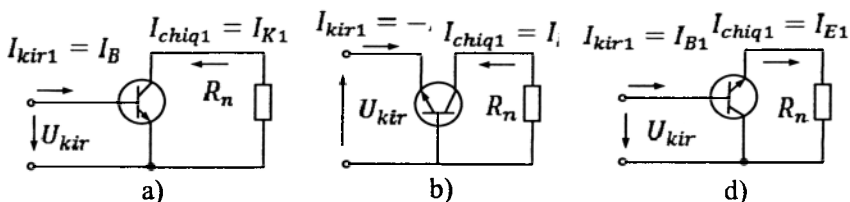
$I_{chiq0} = f(R_n)$ grafigini qaytaradi. Foydali quvvat P_1 kamkuchlanishli ish holatda ($R_{yu} < R_{yu\ kr}$) yuklama qarshiligi R_{yu} ga proporsional ravishda o'zgaradi. $R_{yu} = R_{yu\ kr}$, ya'ni kritik ish holatida o'zining maksimal qiymatiga erishadi va o'takuchlanganlik holatida ($R_{yu} > R_{yu\ kr}$) esa kamayadi. Aktiv elementning qizishiga sarf bo'layotgan sochilish quvvati $P_{soch} = P_0 - P_1$ bilan aniqlanadi. Yuklama qarshiligi $R_{yu} = 0$ bo'lganda manbadan olinayotgan quvvatning deyarli hammasi AEning chiqish qismida sarflanadi. R_{yu} oshishi bilan P_{soch} kamkuchlanganlik holatida keskin kamayadi, o'takuchlanganlik ish holatida sekinroq kamayadi. Sozlanmagan yuklamada $P_1 \approx 0$ bo'ladi va shu tufayli AE og'ir ish holatida ishlaydi. Shuning uchun quvvat kuchaytirgichni sozlash jarayoni kirish U_{kir} va manba kuchlanish E_m larning kichik qiymatlarida amalga oshiriladi. Ta'minot manbaining kuchlanishini ishlatish ko'effitsiyenti $\xi = f(R_{yu})$ ning grafigi $U_{yu} = f(R_{yu})$ chizig'ini takrorlaydi, chunki $\xi = U_{yu}/E_m$, $E_m = const$. Tokning shakl ko'effitsiyenti $g = I_{chiq1}/I_{chiq0}$ kamkuchlanganlik ish holatida deyarli o'zgarmaydi va o'takuchlanganlik holatida tok impulsida chuqurliklar paydo bo'lishi tufayli sekin ko'payishni boshlaydi. Shuning uchun FIK o'takuchlanganlik ish holatining boshlang'ich qismida maksimal qiymatga erishadi. 4.11-rasmdan ko'rinib turibdiki, quvvat kuchaytirish ko'effitsiyenti $K_p R_{yu} < R_{yu\ kr}$ bo'lganda yuklama qarshiligiga proporsional ravishda o'sadi, $R_{yu} > R_{yu\ kr}$ bo'lganda ta'sir qiluvchi quvvat oshgani uchun kamayadi.

Yuklama xarakteristikalarini tahlil qilish shuni ko'rsatadiki, kritik ish holati AE uchun eng qulay ish holati bo'lib hisoblanadi va amalda ko'p qo'llaniladi, chunki foydali chiqish quvvati P_1 , foydali ish ko'effitsiyenti η va quvvatni kuchaytirish ko'effitsiyenti K_p lar eng katta qiymatlarga erishadilar. Boshqa ish holatlari o'takuchlanishli va kamkuchlanishli ish holatlari esa alohida talablar qo'yilganda ishlatiladi. Bu talablar jumlasiga AM modulyatsiyani amalga

oshirish, modulyatsiya paytida nochiziqli buzilishlarni kamaytirish, modulyatsiyalangan signallarni kuchaytirishlar kiradi.

4.7. Quvvat kuchaytirgichdagi aktiv elementlarning umumiy ulanish elektrodini tanlash

Bir vaqtning o'zida ham chiqish qismiga, ham kirish qismiga tegishli bo'lgan elektrod umumiy elektrod deyiladi. Uch elektrodli aktiv elementlarni umumiy emitterli (istokli) (3.10 a-rasm), umumiy bazali (zatvorli) (3.10b-rasm), umumiy kollektorli (stokli) (3.10c-rasm) qilib ulash mumkin.



4.13-rasm. Aktiv elementni umumiy emitterli (a), umumiy bazali (b), va umumiy kollektorli d) qilib ulash sxemalari

Umumiy emitterli sxemada kirish tokining birinchi garmonikasi I_{kir1} baza toki I_{B1} ga teng bo'ladi, umumiy bazali sxemada kirish toki bo'lib emitter toki xizmat qiladi $I_{kir1} = -I_{E1}$, umumiy kollektorli sxemada esa emitter toki chiqish toki vazifasini bajaradi $I_{chiq1} = I_{E1}$.

Aktiv elementlarning bu ulanishiga qarab ularni kirish va chiqish parametrlari ham har xil bo'ladi. Bular qatoriga kirish o'tkazuvchanligi $Y_{kir} = 1/Z_{kir} = I_{kir1}/U_{kir}$, kuchlanish bo'yicha kuchaytirish ko'effitsiyenti $K_U = U_{yu}/U_{kir}$, tok bo'yicha kuchaytirish ko'effitsiyenti $K_I = I_{chiq1}/I_{kir1}$, quvvat bo'yicha kuchaytirish ko'effitsiyenti $K_P = P_1/P_{kir1}$ ni kiritish mumkin. Buning sababi kirish, chiqish va o'tish o'tkazuvchanliklar umumiy emitterli, bazali va kollektorli sxemalarda turli xil bo'lishidir. Ayniqsa, o'tish o'tkazuvchanligining ta'siri katta bo'ladi. Bu

o'tkazuvchanlik teskari reaksiya va to'g'ri o'tish kabi zararli hodisalarni keltirib chiqaradi.

Teskari reaksiya natijasida chiqish zanjirining xususiyatlari o'zgarganda kirish zanjirining ish holati va parametrlari o'zgaradi.

To'g'ri o'tish hodisasi bu – yuklamadagi manba kuchlanishi o'chirilganda ham tok paydo bo'lishidir.

Umumiy emitterli va umumiy bazali sxemalarning xarakteristikalarini ko'rib chiqamiz. Umumiy kollektorli sxemaning kuchaytirish koeffitsiyenti kam bo'lgani uchun radiosignallarni uzatuvchi qurilmalarda u kuchaytirgich sifatida deyarli ishlatilmaydi.

Umumiy emitterli sxemada $I_{kir1} = I_{B1} = S_{B1} U_{kir}$. Kirishdagi quvvat $P_{kir1} = 0,5 U_{kir} I_{B1}$, chiqishdagi sozlangan yuklamadagi quvvat ($R_{yu} = G_{yu}$) $P_{E1} = 0,5 U_{yu} I_{K1}$.

Quvvat bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyenti

$$K_p = P_{E1}/P_{kir1} = U_{nE} I_{K1}/U_{kir} I_{B1} = K_{UE} K_{IE}. \quad (4.14)$$

Bipolyar tranzistorlarda $K_{IE} = h_{21E} = 30 \dots 50$, $K_{UE} \approx 10 \dots 20$ ga teng, u holda quvvat kuchaytirish koeffitsiyenti ham katta bo'ladi va taxminan $K_p = 300 \dots 1000$ ni tashkil etadi.

Umumiy bazali sxemada $I_{kir1} = -(I_{B1} + I_{K1})$ va ta'sir qiluvchi quvvat P_{kir1B} kirishdagi quvvat P_{kir1E} ga nisbatan ancha katta bo'ladi:

$$P_{kir1} = 0,5 U_{kir} (I_{B1} + I_{K1}) = (1 + h_{21E}) P_{kir1E}. \quad (4.15)$$

Aktiv element kollektor tokini boshqarish uchun sarf bo'ladigan kirishdagi quvvat P_{kir1} ikkala sxemada bir xil bo'ladi.

Oldingi kaskaddan olinayotgan ortiqcha quvvat $h_{21E} P_{kir1E}$ umumiy bazali sxemada yuklamaga o'tkaziladi va kollektorda ishlab berilayotgan umumiy foydali quvvat bilan birgalikda ajraladi.

$$P_{1B} = P_{1E} + h_{21E}P_{kir1E} = \left(\frac{1}{K_{UE}} + 1\right)P_{1E}. \quad (4.16)$$

$K_{1E} = 10 \dots 20$ bo'lganda, umumiy bazali sxemadagi quvvat P_{1B} umumiy emitterli sxemadagi P_{1E} ga nisbatan 10-15% oshadi. Umumiy bazali sxemaning quvvat bo'yicha kuchaytirish ko'effitsiyenti umumiy emitterli sxemaga nisbatan h_{21} marta kam bo'ladi.

$$K_{PB} = \frac{P_{1B}}{P_{kir1B}} = \frac{\left(1 + 1/K_{UE}\right)P_{1E}}{(1 + h_{21E})P_{kir1E}} \approx K_{UE}. \quad (4.17)$$

Bu ifodadan ko'rinib turibdiki, umumiy bazali sxemada quvvat kuchaytirish ko'effitsiyenti kuchlanishni kuchaytirish ko'effitsiyentiga teng. Tokning kuchaytirish ko'effitsiyenti esa birga yaqin bo'ladi:

$$K_{PB} = K_{UB}, \quad K_{IB} = 1. \quad (4.18)$$

Umumiy emitterli va bazali sxemalarni kirish o'tkazuvchanliklarini ko'rib chiqamiz. Umumiy emitterli sxemada $Y_{kirE} = G_{kirE} = I_{B1}/U_{kir}$, umumiy bazalida esa $Y_{kirB} = 1 + h_{21E}$ marta oshadi:

$$Y_{kirB} = G_{kirB} = (I_{B1} + I_{K1})/U_{kir} = 1 + h_{21E}/G_{kir1}. \quad (4.19)$$

Shunday qilib, past chastotalarda umumiy bazali sxemani quvvat bo'yicha kuchaytirish ko'effitsiyenti K_{PB} va kirish o'tkazuvchanligi $Y_{kirB} = 1/G_{kirB}$ kichik bo'lgani uchun, umumiy bazali sxema umumiy emitterli sxemaga nisbatan yomon ko'rsatkichlarga ega. Lekin chastota oshishi bilan umumiy bazali sxemaning afzalligi yaqqol namoyon bo'ladi.

Umumiy elektrodni tanlashda quyidagi tavsiyalarga rioya qilish kerak. Lampali sxemalarda setka-anod sig'imi katta bo'ladi, shuning

uchun sxemani umumiy katodli qilish mumkin. Bu sxema 1 MHz chastotada ancha yaxshi ishlaydi.

Quvvat 100-200 W bo'lganda tetrod va pentodlar ishlatiladi. Ularning S_{as} sig'imi 1-2 daraja past bo'ladi va yuqori chastotalarda (100 MHz gacha) ishlash imkonini beradi. Bundan yuqori quvvat olish kerak bo'lganda va chastota 10 MHz dan oshganda triodlar umumiy setkali qilib ishlatiladi.

Tranzistorli quvvat kuchaytirgichlarda umumiy emitterli yoki umumiy bazali sxemalar ulanish sharoitiga qarab tanlanadi. Odatda umumiy bazali sxema yuqori chastotalarda ishlatiladi, chunki bunday sxemaning kuchaytirish koeffitsiyenti ancha turg'un bo'ladi. Umumiy emitterli sxema yuqori chastotalarda nisbatan yomon ishlaydi. Ularni kuchaytirish koeffitsiyenti $K_{PE} < 1$ bo'ladi. Ular past chastotada yaxshi ishlaydilar va bu diapazonda ularni kuchaytirish koeffitsiyenti katta bo'ladi. Quvvat kuchaytirgichning turg'unligini oshirish uchun neytralizatsiya sxemalari qo'llaniladi. Bu sxemalar aktiv elementlarning o'tish o'tkazuvchanligini neytralizatsiya qiladi. Shuni ta'kidlash kerakki, hozirgi paytda ishlab chiqarilayotgan radiolampa va tranzistorlar neytralizatsiya sxemalariga muhtoj emas.

Nazorat savollari

1. Aktiv elementning statik xarakteristikalarini deganda nimani tushunasiz?
2. Aktiv element qanday hollarda inersiyasiz va inersiyali hisoblanadi?
3. Aktiv elementning statik xarakteristikalarini approksimatsiyalash deganda nimani tushunasiz?
4. Berg koeffitsiyentlari haqida ma'lumot keltiring.
5. Berg koeffitsiyentlari kesish burchagi va tokning shakl koeffitsiyentiga qanday bog'langan?
6. Aktiv elementlar ish holatining necha turini bilasiz va ularni qanday aniqlash mumkin?

7. Quvvat kuchaytirgichning qanday energetik ko'rsatkichlarini bilasiz?

8. Kamkuchlanganlik va o'takuchlanganlik ish holati qachon ishlatiladi?

9. Quvvat kuchaytirgich uchun aktiv element qanday tanlanadi?

10. Qanday elektrod umumiy deb hisoblanadi? Aktiv elementning umumiy elektrodi qanday tanlanadi?

11. Teskari reaksiya deb nimaga aytiladi? O'tish o'tkazuvchanligi nima?

12. Umumiy emitterli sxema qachon ishlatiladi?

13. Umumiy bazali sxema qanday afzallikga ega?

14. Umumiy kollektorli sxemaning qanday kamchiliklari bor?

15. Yuklama xarakteristikasi deganda nimani tushunasiz?

16. Kuchaytirgichni sozlash jarayoni qanday bajariladi?

17. Nima uchun foydali chiqish quvvati o'takuchlanganlik ish holatida kamayadi?

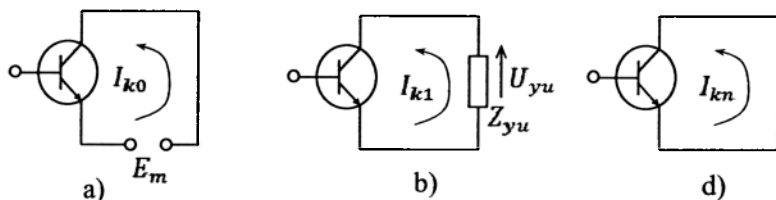
5. QUVVAT KUCHAYTIRGICHLARNING SXEMALARI, TA'MINOT VA SILJITISH ZANJIRLARI

5.1. Tashqi ta'sir ostida ishlovchi generator sxemasini tuzish

Yuqorida tashqi ta'sir ostida ishlovchi generatorning struktura va ekvivalent sxemalarini ko'rib chiqqan edik. Endi bunday generator (quvvat kuchaytirgich) sxemalarini tuzishning umumiy qoidalarini ko'rib chiqamiz.

Aktiv elementning kirish va chiqish qismidagi davriy tok cheksiz yuqori garmonikalari toki yig'indisidan iboratdir. Tashqi ta'sir ostida ishlovchi generator sxemalarini shunday tuzish kerakki, unda tokning barcha tashkil etuvchilari uchun berk kontur bo'lishi kerak va yuklamada kerakli garmonika tokining quvvati ajralib chiqishi kerak. U holda real quvvat kuchaytirgich sxemasi uchta ekvivalent sxemaning xususiyatlarini mujassamlashtirishi kerak.

Tokning doimiy tashkil etuvchisi uchun tuzilgan sxema (5.1a-rasm) tarkibida ta'minlovchi manba E_m va aktiv element (AE) bo'ladi. Bu ikki elementdan tuzilgan berk zanjirdan doimiy tok oqib o'tadi.



5.1-rasm. Quvvat kuchaytirgichining ideallashtirilgan ekvivalent sxemasi: a) – tokning doimiy tashkil etuvchisi uchun; b) – birinchi garmonika uchun; d) – yuqori garmonikalar uchun.

Tokning birinchi garmonikasi uchun tuzilgan sxema tarkibida aktiv element (AE) va yuklama Z_{yu} bo'ladi (5.1b-rasm). Bu

zanjirdan faqat yuqori chastotali asosiy garmonika toki oqib o'tadi. Yuqori garmonikalar uchun qarshilik deyarli nolga teng bo'ladi (5.1d-rasm) va quvvat ajralmaydi, berk zanjirdan yuqori garmonikalar toki oqib o'tadi. Real sxemalarda bu toklarning oqib o'tadigan yo'llari blokirovka qiluvchi elementlar orqali bir-biridan ajratiladi. Bunday elementlarga sig'im va induktivlikni kiritish mumkin. Blokirovka qiluvchi kondensator yuqori chastotali toklarga deyarli qarshilik ko'rsatmaydi, doimiy tok uchun esa katta qarshilik ko'rsatadi. Blokirovka qiluvchi induktivlik – drossel doimiy toklarni o'tkazadi, lekin o'zgaruvchan tok uchun katta qarshilik ko'rsatadi. Quvvat kuchaytirgichda ishlatiladigan aktiv elementlarning ko'pchiligi uch qutbli bo'ladi (tranzistor, lampali triod). Ularning bir elektrodi, albatta, umumiy bo'ladi, ya'ni u ham kirish, ham chiqish qismiga tegishli bo'ladi. Odatda umumiy elektrod shunday tanlanadiki, bunda energetik ko'rsatkichlar yuqori bo'lishi kerak. Ko'p hollarda umumiy elektrod "yerga" yoki shassiga ulanadi. Bu esa aktiv element elektrodleri orasidagi va montaj parazit sig'imlarini kamaytirishga imkon beradi.

Quvvat kuchaytirgich tarkibiga aktiv element, tok bilan ta'minlash, siljitish va moslashuv zanjirlari kiradi. Tashqi zanjirlar elementlarini hisoblash uchun aktiv element rejimini hisoblash natijasida olingan quyidagi elektr kattaliklar xizmat qiladi:

- ta'minot manbai kuchlanishi E_m va siljitish kuchlanishi E_s ;
- aktiv element yuklamasining optimal qarshiligi R_k (tranzistor ekvivalent sxemasidagi tok generatori chiqishlariga qayta hisoblangan qiymati);
- aktiv element kirish qarshiligi $Z_{kir} = R_{kir} + jX_{kir}$ (yoki kirish o'tkazuvchanligi $Y_{kir} = G_{kir} + jB_{kir}$).

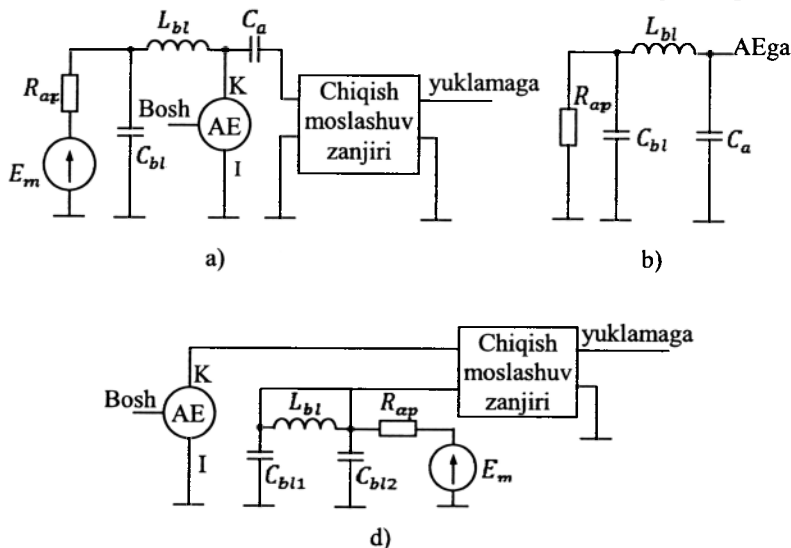
5.2. Ta'minot zanjirlari

Ta'minot zanjirlari (TZ) o'zgarmas tok kuchlanishi E_m , blokirovka va ajratish elementlaridan iborat (5.2-rasm). Ta'minot zanjirlarining ikki turi mavjud:

1) parallel – bunda ta'minot manbai E_m , aktiv element va moslashuv zanjiri bir-biriga parallel ulangan (5.2a-rasm);

2) ketma-ket – bunda ta'minot zanjirining hamma elementlari ketma-ket ulangan va moslashuv zanjiri tok o'tkazadi deb olinadi (5.2d-rasm).

Blokirovka elementlari C_{bl} va L_{bl} lar ta'minot manbaida ro'y beradigan yuqori chastotali quvvat yo'qotishlarini bartaraf qilish uchun va uzatkich kaskadlari orasida ta'minot manbai orqali vujudga keladigan noxush aloqaning oldini olish uchun mo'ljallangan.



5.2-rasm. QKda AE ta'minot zanjirining sxemalari:

a) – parallel; b) – PCh uchun ekvivalent; d) – ketma-ket.

Ajratuvchi elementlar C_a parallel ta'minot zanjirlari ishlatilganda berilgan va keyingi kaskadlar aktiv elementlarini

o'zgaras tok bo'yicha bir-biridan ajratishga xizmat qiladi. Blokirovka va ajratish elementlari aktiv elementning o'zgaruvchan tok bo'yicha ish rejimiga ta'sir etmasligi kerak.

Ta'minlashning parallel sxemasi uchun

$$1/(\omega_{min}C_a) \ll R_k; \quad \omega_{min}L_{bl} \gg R_k$$

ifodalari o'rinlidir, bunda ω_{min} – ishchi diapazon minimal chastotasi.

Blokirovka sig'imi $C_{bl}L_{bl}$ va C_a bilan birgalikda kuchaytirgichning ishchi chastotasidan ancha kichik bo'lgan chastotaga sozlangan tebranish konturini hosil qiladi. Konturning rezonans chastotasida yuqori chastotali tebranishlar borligida aktiv element manfiy qarshilik xususiyatiga ega bo'ladi, bu esa parazit tebranishlarning yuzaga kelishiga sabab bo'ladi. Ularni yo'qotish uchun antiparazit qarshilik R_{ap} qo'llaniladi va maksimal tekis so'nish xarakteristikasiga ega bo'lgan past chastota filtri kabi tok manbai zanjiri kiritiladi. Bu holda $C_{bl} \approx C_a$; $R_{ap} = \sqrt{L_{bl}/(2C_{bl})}$ bo'ladi. Bunda elementlar qiymatini hisoblash ketma-ketligi quyidagicha bo'ladi:

$$\begin{aligned} 1) & \omega_{min}L_{bl} \gg R_k; \\ 2) & R_{ap} \leq 0,1R_k; \\ 3) & C_{bl} = L_{bl}/(2R_{ap}^2) \approx C_a. \end{aligned} \tag{5.1}$$

Ketma-ket ta'minlash zanjiri uchun shunga o'xshash ravishda

$$\begin{aligned} 1) & 1/(\omega_{min}C_{bl1}) \leq 0,1R_k; \\ 2) & R_{ap} \leq 0,1R_k; \\ 3) & L_{bl} = C_{bl1}R_{ap}^2. \end{aligned} \tag{5.2}$$

Ketma-ket ta'minlash zanjirida ikkinchi blokirovka sig'imi C_{bl2} ishtirok etganda (5.2d-rasm) elementlarni hisoblash formulalari parallel zanjirnikidagidek o'zgarasdan qoladi, ammo hisoblash tartibi boshqacha bo'ladi, ya'ni

- 1) $1/(\omega_{min}C_{bl1}) \leq 0,1R_k$;
- 2) $R_{ap} \leq 0,1R_k$;
- 3) $C_{bl2} \approx C_{bl1}$;
- 4) $L_{bl} = 2C_{bl1}R_{ap}^2$.

(5.3)

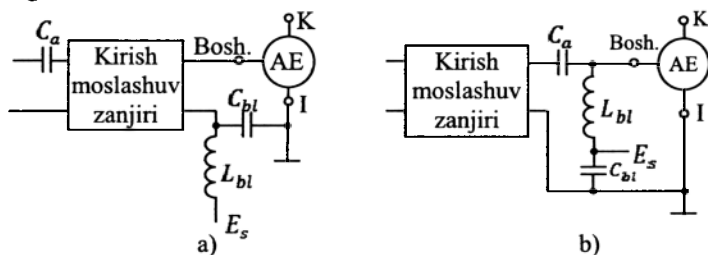
Ketma-ket sxemaning parallel sxemadan afzalligi shundaki, R_{ap} ning bir xil qiymatlarida C_{bl} va L_{bl} qiymatlari ancha kichik bo'ladi.

5.3. Siljitish zanjirlari

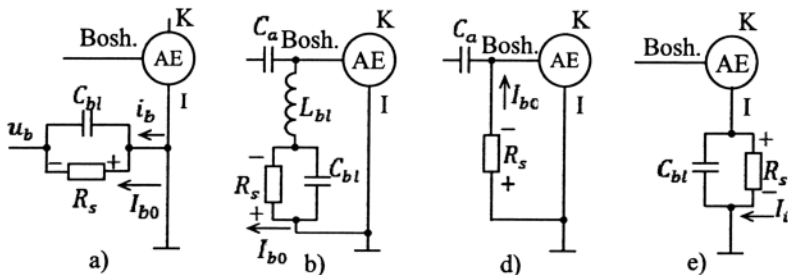
Siljitish zanjiri (SZ) o'zgarmas kuchlanish manbai E_s va blokirovka elementlaridan iborat bo'ladi. Siljitish zanjirlari ham ikki tur bo'ladi:

- ketma-ket yoki parallel qayd qilingan (o'zgarmas siljish kuchlanishi beruvchi);
- avtomatik siljitish zanjiri. Bunda avtosiljitish R_s – avtosiljish qarshiligida kirish tokining o'zgarmas tashkil etuvchisi oqayotgan paytda hosil bo'ladigan kuchlanish tushuvi natijasida paydo bo'ladi.

5.3- va 5.4-rasmlarda siljitish sxemalarining variantlari keltirilgan.



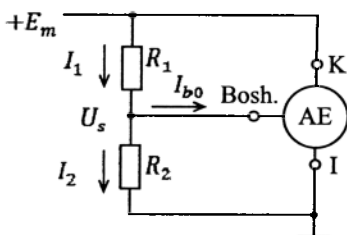
5.3-rasm. Qayd qilingan siljitish sxemalari: a) – ketma-ket; b) – parallel.



5.4-rasm. Avtosiljitiş sxemalari: a) – ketma-ket; b) – parallel; d) – soddalashtirilgan parallel; e) – avtosiljitiş.

Qayd qilingan (qo‘zg‘almas) siljitiş sxemalarida yoki alohida qayd qilingan tok manbai E_s yoki o‘zgarmas (doimiy) kuchlanish E_m manbai ishlatiladi, bu holda siljish kuchlanishi $R_1 - R_2$ rezistorli kuchlanish bo‘lgichidan beriladi (5.5-rasm). Bu sxemada $U_s = E_m - I_1 R_1$, $I_1 = I_{B0} + I_2$; $I_2 = U_s / R_2$. Bundan

$$U_s = E_m \frac{R_2}{R_1 + R_2} - I_{B0} \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}; \quad R_2 \gg |Z_{kir1}|.$$



5.5-rasm. Ta‘minot manbai siljitiş sxemasi

Siljish kuchlanishi manba kuchlanishi E_m kabi qutblarga ega bo‘lib, ikki tashkil etuvchidan iborat:

1) manba kuchlanishi va kuchlanish bo‘lgichidan ($R_1 - R_2$) keluvchi o‘zgarmas kuchlanish;

2) parallel ulangan R_1 va R_2 dan kirish toki I_{B0} oqishi natijasida vujudga keladigan avtosiljish.

Avtosiljitish zanjirlarida (5.4a-c-rasmlar) siljish kuchlanishi aktiv element boshqaruvchi elektrodi tokining doimiy tashkil etuvchisi hisobiga (I_{B0}) paydo bo'ladi, ya'ni aktiv elementning to'g'rilash xususiyatidan kelib chiqqan holda. Agar $R_s \gg |Z_{kir}|$ bo'lsa, avtosiljitish qarshiligidagi quvvat P_{kir} yo'qotishlarini hisobga olmasa ham bo'ladi, bunda $U_s = I_{B0}R_s$ va $R_s = U_s/I_{B0}$, $|Z_{kir}|$ – kirish qarshiligining moduli.

5.4-rasmda ko'rsatilgan sxemada R_s orqali I_{B0} istok toki oqadi. Bu yerda siljitish kuchlanishi R_s ning o'sha qiymatida bir qancha katta bo'lishi mumkin, chunki $U_s = I_{B0}R_s = (I_{B0} + I_{K0})R_s$, bunda I_{K0} – kollektordagi o'zgaras tok bo'lib, $I_{K0} \gg I_{B0}$. I_{K0} qiymati aktiv element ishchi rejimidan topiladi.

Bipolyar tranzistorlarda yig'ilgan sxemalarda I_{B0} – rekombinatsiya toki, $I_{B0} = I_{K0}/B$, B – tranzistorning kuchaytirish koeffitsiyenti.

Maydoniy tranzistorlarda I_{B0} – zatvorning boshlang'ich toki, u 1-2 milliamper atrofida bo'ladi. Shuning uchun maydoniy tranzistorlarda yig'ilgan quvvat kuchaytirgichlarida qayd qilingan (qo'zg'almas) siljish kuchlanishi yoki 5.4d-rasmda ko'rsatilgan sxema bo'yicha avtosiljitish qo'llaniladi. Bu sxemaning kamchiligi bo'lib R_s qarshiligida ortiqcha quvvatning ajralishi hisoblanadi.

Siljitish sxemalarini taqqoslashdan quyidagilar kelib chiqadi:

- istalgan qutblardagi istalgan siljitish kuchlanishlarini U_s hosil qilish mumkin;
- avtosiljitish uchun alohida o'zgaras kuchlanish manbai talab qilinadi;
- maxsus tok manbaiga ega bo'lish shart emas;
- faqat manfiy qutbli siljish kuchlanishi (mavjud bo'lganda) mumkin bo'lgan kesish burchaklari θ diapazonini chegaralab qo'yadi.

Bipolyar tranzistorning optimal ish holati uchun siljish kuchlanishi boshqaruvchi kuchlanishni (zaryadni) birinchi garmonikasining amplitudasi (Q_{B1}) ga bog'liq bo'ladi va shu sababli kirish quvvati P_{kir} ga ham bog'liq bo'ladi.

$$U_s = U_{kes} - \gamma_0(\pi - \theta)Q_{B1}/C_e,$$

bunda, γ_0 – Furye yoyish koeffitsiyenti; $\gamma_0 = f(\theta)$; θ – kesish burchagi; C_e – tranzistorning baryer sig'imi.

Qo'zg'armas (fiksatsiyalangan) siljitish zanjirlaridan foydalanish maqsadga muvofiq emas, chunki kirish quvvati P_{kir} ni o'zgarishi tranzistorning o'zgarmas tok bo'yicha ish holatini optimal qiymatidan o'zgarib ketishiga olib keladi. Bu holda kombinatsiyalashgan siljitish qo'llaniladi: tranzistor bazasiga $E_s = U_{kes}$ kuchlanishi beriladi va avtosiljitish bilan $U_{avt} = -\gamma_0(\pi - \theta)Q_{B1}/C_e$ ta'minlanadi.

R_s qiymatini aniqlaymiz. Avtosiljish baza toki $I_{B0} = I_{K0}/B$ bilan berilayotgan bo'lsin, u holda $-I_{B0}R_s = -\gamma_0(\pi - \theta)Q_{B1}/C_e$ bo'ladi, bundan $I_{K0} = \gamma_0(\theta)\omega_t Q_{B1}$ va $f_t = Bf$ ekanligini e'tiborga olib, siljish qarshiligi uchun quyidagini olamiz:

$$R_s = \frac{\gamma_0(\pi - \theta)\tau_\beta}{\gamma_0(\theta)C_e}, \quad (5.4)$$

bunda, τ_β – rekombinatsiya vaqti, ya'ni asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilarning yashash vaqti; f_t – aktiv elementning chegaraviy ishchi chastotasi.

Shunday qilib, talab etilayotgan siljitish kuchlanishi R_s qarshiligi va o'zgarmas U_{kes} kuchlanishlari bilan ta'minlanadi.

5.5-rasmdagi siljitish sxemasi uchun kerakli ish holati $E_m R_2 / (R_1 + R_2) = U_{kes}$; $R_1 R_2 / (R_1 + R_2) = R_s$ bo'lganda bajariladi.

Bipolyar tranzistorlardagi siljitish zanjirlari quyidagi xususiyatlarga ega:

1. Kesish burchagi $\theta = 90^\circ$ bo'lganda $R_s = \tau_\beta / C_e$ bo'ladi va bunda R_s sifatida korreksiyalovchi qarshilik – $R_{z\text{ kor}}$ ($R_{z\text{ kor}} = \tau_\beta / C_e$) ishlatilishi mumkin.

2. R_z qarshilikni keng harorat oralig'ida stabillash uchun bir xil materialdan tayyorlangan tranzistor va dioddan foydalaniladi. Bu diodni ochiq holatida U_{kes} kuchlanishining qiymati tashqi harorat o'zgarishining keng diapazonida o'zgarmaydi.

3. Blokirovka elementlaridan tashkil topgan konturlarni rezonans chastotalarida vujudga keladigan parazit tebranishlarni bartaraf qilish uchun siljitish zanjiriga antiparazit qarshilik $R'_{ap} = L'_{bl} / (2C_{bl})$ kiritiladi.

Nazorat savollari

1. Quvvat kuchaytirgich tarkibi qanday elementlar va zanjirlardan iborat?

2. Ta'minot zanjirlari deb nimaga aytiladi va ularning qanday turlari mavjud?

3. Quvvat kuchaytirgichlarda parazit tebranishlarning kelib chiqish sababini aytib bering.

4. Siljitish zanjirlari deb qanday zanjirlarga aytiladi va ularning qanday turlarini bilasiz?

5. Bipolyar tranzistorlardagi siljitish zanjirlari qanday xususiyatlarga ega?

6. Tashqi ta'sir ostida ishlovchi generatorning sxemalari qanday tuziladi?

7. Blokirovka qiluvchi elementlar qanday vazifani bajaradi?

8. Ketma-ket ta'minlash sxemasini chizing va tushuntiring?

9. Parallel ta'minlash sxemasini chizing va tushuntiring?

10. Ketma-ket ta'minlash sxemasining qanday kamchiligi bor?

11. Parallel ta'minlash sxemasining qanday kamchiligi bor?

6. MOSLASHUV ZANJIRLARI

6.1. Moslashuv zanjirlariga bo'lgan talablar

Ma'lumki, quvvat kuchaytirgichdagi AE uchun eng qulay rejim kiritik ish holatidir. AE kritik ish holatida ishlashi uchun uning chiqish qismiga $R_{chiq} = R_{nkr}$ qarshilikni ulash kerak. Lekin ko'p hollarda yuqori chastotali signallarni qabul qiluvchi qurilmalarning qarshiligi, xususan, antenaning Z_n qarshiligi o'zgaruvchan bo'lib, R_{nkr} qarshilikdan ancha farq qiladi va chastotaga bog'liq bo'ladi. Antennaning bu qarshiligi chiqish kaskadi uchun yuklama qarshiligi bo'lib xizmat qiladi. Oraliq kaskadlar uchun esa undan keyingi kaskadlarning kirish qarshiligining yuklamasi bo'ladi. Bundan shuni aytish mumkinki, moslashuv zanjiri (MZ)ning asosiy vazifasi yuklama qarshiligini AEning chiqish qarshiligiga moslab berishdir. MZning ikkinchi vazifasi – yuqori garmonika toklarini filtrlab berishidir. RSUQlarda parazit to'lqinlarni yo'qotishga katta talablar qo'yiladi. Chiqish kaskadining yuqori ishchi bo'lmagan garmonikalari yuklamada quvvat paydo qilishi kerak emas. Oraliq kaskadlarda ishlatilayotgan MZlarga bo'lgan talablar bir muncha pastroqdir, lekin shu bilan birga qarshiliklarni yaxshi moslashtirish uchun MZ elementlarini shunday tanlash kerakki, keyingi kaskadning kirish qismidagi tok garmonik ko'rinishga ega bo'lishi kerak. Odatda, lampali kaskadlar uchun kritik qarshilik $R_{nkr} = 1000 \dots 5000 \text{ Om}$ ni, tranzistorli kaskadlar uchun esa $R_{nkr} = 20 \dots 200 \text{ Om}$ ni tashkil etadi.

Moslashuv zanjirlari ikki xil bo'ladi:

1. Bitta ishchi chastotada moslaydigan zanjirlar. Bunday zanjirlarda f_{kir} chastota o'zgarganda moslashuv zanjirini qaytadan sozlash lozim bo'ladi. Ular *tor polosali moslashuv zanjirlari* deyiladi;

2. Berilgan ($f_{yu} - f_q$) chastotalar oralig'ida moslashuvchi zanjirlar. Bu holda qarshiliklarni moslash ($Z_n = R_{nkr}$) berilgan chastota oralig'ida amalga oshiriladi. Bunday moslashuv zanjirlarida kirishdagi chastota f_{kir} o'zgarishi bilan MZni qaytadan sozlash shart bo'lmaydi. Bu zanjirlar *keng polosali moslashuv zanjirlari* deyiladi. Ular tor polosali zanjirga nisbatan birmuncha qulaylikka egadir. Moslashuv zanjirlarida quvvat sarf bo'lishi kuzatilganligi tufayli, buni loyihalash vaqtida nazarda tutish kerak.

Moslovchi zanjirlarga quyidagi talablar qo'yiladi:

1. Asosiy ω chastotada yuklamaning $Z_n(\omega)$ kompleks qarshiligini umumiy holda $Z_{kir}(\omega)$ kompleks qarshiligiga o'zgartirib berishi kerak va u aktiv element (AE) uchun optimal (R_{ekv} qarshilikka yaqin yoki unga teng bo'lgan) hisoblanadi. Aks holda generator foydasiz ish holatida ishlaydi, bunda uning chiqish quvvati va foydali ish koeffitsiyenti kamayadi, shuningdek, uzatiladigan signalning buzilishi vujudga keladi. Xususan, agar ikkinchi kaskad uzatkichning oxirgi kaskadi bo'lsa, uning yuklamasi to'g'ridan-to'g'ri antenning $Z_A(\omega)$ kirish qarshiligi, yoki fiderning $Z_F(\omega)$, yoki antenadan oldin quyiladigan moslashtirish qurilmasining $Z_{MQ}(\omega)$ qarshiligi, yoki yuqori garmonikalarini so'ndirish uchun uzatkich chiqishiga qo'yiladigan chiqish tebranish tizimining kirish qarshiligi bo'lishi mumkin. Kaskadlararo zanjirlarda yuklama sifatida keyingi kaskaddagi AEning kirish qarshiligi xizmat qiladi, u oldingi kaskad AE uchun optimal $Z_{kir}(\omega)$ qarshilikka o'zgartirilishi kerak. Birinchi kuchaytirish kaskadning kirish qarshiligi avtogenerator yoki uning bufer kaskadi, yoki uzatkich qo'zg'atgichi yoki chastota sintezatori uchun optimal yuklamaga yaqin bo'lgan $Z_{kir}(\omega)$ qarshilikni ta'minlash kerak bo'ladi;

2. Chiqish va kaskadlararo aloqa zanjirlarining ma'lum kirish qarshiliklarini $Z_{kir}(n\omega)$ yuqori garmonikalar chastotalarida va shunga o'xshash, chiqish va kaskadlararo aloqa (moslovchi)

zanjirlarining ma'lum chiqish qarshiliklarini $Z_{chiq}(n\omega)$ ta'minlashi kerak. Bu shunga bog'liqki, katta quvvatli kaskadlarda AE nochiziqli ish holatida ishlaydi. Tashqi qo'zg'atishli generatorning ko'p sxemalarida bu qarshiliklarning qiymatlarini nisbatan kichik yoki ularning asosiy chastotadagi qiymatlariga solishtirilganda nisbatan yuqori bo'lishini ta'minlash yetarli. Masalan, rezonans yuklamali lampali tashqi qo'zg'atishli generatorlarda odatda $|Z_{ktr}(n\omega)| \ll |Z_{ekv}(\omega)|$, $|Z_{chiq}(n\omega)| \ll |Z_{ktr}(\omega)|$, shart bajariladi va shu bilan birga lampa anodida va kirishida kuchlanishning garmonik shaklga yaqin bo'lishi ta'minlanadi. Biroq bigarmonik ish holatida ishlaydigan generatorlarda va shakllantiruvchi konturli kalitli generatorlarda aloqa zanjirlari yuqori garmonikalar chastotalarida ma'lum kirish va chiqish qarshiliklariga ega bo'lishi kerak. Bundan tashqari, aloqa zanjirlari parazit tebranishlarning vujudga kelish xavfini minimumgacha kamaytirish, yoki umuman bo'lmasligiga erishishi uchun aloqa zanjirlari ko'proq pastroq va ish diapazonidan yuqori chastotalarda yetarlicha yuqori kirish va chiqish qarshiliklarini ta'minlashi kerak bo'ladi;

3. Parazit tebranishlarning quvvatlari ruxsat etilgan qiymatdan oshib ketmasligi uchun yuklamadagi yuqori garmonikalarni filtrlash kerak (keyingi kaskad kirishida, antennada yoki uning oxirgi kaskad uchun moslashtirish qurilmasida);

4. Sezilsiz quvvat yo'qotishlarini kiritish, ya'ni asosiy chastotada aloqa zanjirining yuqori foydali ish koeffitsiyentini ta'minlash;

5. Keng diapazonli generatorlarda ishchi chastotalar diapazonida berilgan xarakteristikalarini saqlab qolish. Xususan, ularni qurishda ishchi chastotaning ortishi bilan elektron asbob kirish va chiqish sig'implari o'tkazuvchanliklari va ularning chiqishlari induktiv qarshiliklarining ortishini hisobga olish zarur bo'ladi. Bundan tashqari keng diapazonli aloqa zanjirlarida elektron asbob quvvati bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyentining chastotaga bog'liqligi kamayishini kompensatsiyalash ko'zda tutilishi mumkin;

6. Berilgan tebranishlar quvvati, toklar va kuchlanishlarda ishlashni ko'zda tutadi.

Oxirgi kaskad chiqish moslashuv zanjirlarini qurishda berilgan o'tkazish oralig'ini (yoki ishchi chastotalar diapazonini), maksimal foydali ish koeffitsiyentini va tebranish quvvatining yuqori sathida ishlash imkoniyatini saqlagan holda yuklamada yuqori garmonikalarni filtrlashni yuqori darajada olishga tegishli qarama-qarshi talablar qo'shiladi. Shuning uchun bu yerda ko'pincha yuqori garmonikalarni filtrlash masalasi uzatgichning alohida o'rnatiladigan chiqishdagi tebranish tizimiga yuklanadi.

6.2. Tor polosali quvvat kuchaytirgichlari moslashuv zanjirlari

Tor polosali quvvat kuchaytirgichlari deb nisbiy ishchi chastota oralig'i bir foiz atrofida bo'lgan kuchaytirgichlarga aytiladi (maksimal chastota qiymatining minimal qiymatga nisbati 1,3...1,5 dan oshmaydi).

Kirishdagi moslashuv zanjiri quyidagilarni ta'minlaydi:

- qo'zg'atkichning yuklama qarshiligiga maksimal quvvat berishni ta'minlaydi, ya'ni aktiv elementning kirish qarshiligi Z_{kir} ni R_{qor} ga moslab o'zgartiradi;
- aktiv element kirishidagi kuchlanish U va tok I shakllari garmonik ko'rinishda bo'lishini ta'minlaydi, ya'ni filtr vazifasini bajaradi.

Chiqishdagi moslashuv zanjiri quyidagilarni ta'minlaydi:

- aktiv elementning optimal ish holati uchun kerak bo'lgan kollektor qarshiligi R_K ga quvvat kuchaytirgichi yuklama qarshiligini to'laligicha aylantirib beradi;
- aktiv elementning kollektor kuchlanishini filtrlaydi.

Kaskadlararo moslashuv zanjirlari quyidagilar uchun mo'ljallanadi:

Moslashuv zanjirlarini tanlashda quyidagi shartlarni e'tiborga olish zarur:

1. Moslashuv zanjiri soddaroq bo'lishi uchun uning tashkil etuvchilari (komponentlari) sifatida aktiv elementning ekvivalent sig'imi va induktivligidan foydalanish maqsadga muvofiq.

2. Yuklamaga ulangan moslashuv zanjirining aslligi katta bo'lishi ($Q > 3 \dots 5$) lozim, faqat shundagina zanjir filtrlash xususiyatlariga ega bo'ladi.

3. Yuklama qarshiligining haqiqiy qismi kichik bo'lsa (bir necha Om), u holda zanjirning filtrlash xususiyatlarini saqlab qolish uchun yuklamani konturga ketma-ket ulash, agar bu qarshilik nisbatan kattaroq bo'lsa (bir necha o'n va yuzlab Om) yuklamani konturga parallel ulash lozim. Bu narsa manbaning ichki qarshiligiga ham tegishli.

4. Kirish zanjirining quvvat bo'yicha uzatish koeffitsiyentini oshirish uchun uning xususiy aslligini oshirish kerak $Q = \sqrt{L/C}/r_{yoiqot}$. Har bir chastota diapazonida induktiv aslligi Q_L ning maksimal qiymatiga, natijada Q_0 ning maksimal qiymatiga mos keladigan induktivlik L ning optimal qiymatlari mavjud.

6.3. Keng polosali quvvat kuchaytirgichlari moslashuv zanjirlari

Keng polosali quvvat kuchaytirgichi deb ishchi diapazon chastotasining maksimal qiymatining uning minimal qiymatiga bo'lgan nisbati 1,5...2 dan oshmagan, ya'ni o'n va undan ortiq foizlarni tashkil etadigan kuchaytirgichlarga aytiladi.

Ideal moslashuv zanjirlari ishchi chastotaning hamma diapazonida o'zgarmas kirish qarshiligiga ega bo'lishi kerak. Bu shart hamma vaqt ham bajarilmaydi. Amalda kirish qarshiligining quyidagi ruxsat etilgan og'ishi beriladi: $\Delta Z_{kir} = \Delta R_{kir} + j\Delta X_{kir}$.

Keng polosali moslashuv zanjirlari, asosan, uch ko'rinishda bajariladi.

1. Past chastota filtri asosidagi moslashuv zanjiri, f_{max}/f_{min} nisbati 3...5 dan oshmagan taqdirda ishlatiladi. Moslashuv zanjirlari bunda ketma-ket ulangan Γ -simon zanjirlardan iborat bo'ladi. Bu zanjirlar uchun quyidagi xususiyatlar xarakterlidir:

- kirish qarshiligi yuklama qarshiligidan katta:
 $R_{kir\ MZ} > R_{yuk}$;
- G_1 sig'imi kirish kuchlanishi filtrlanishiga ko'maklashadi;
- L_3 induktivlik chiqish toki filtrlanishiga yordam beradi.

Afzalliklari – aktiv element elektrodleri orasidagi sig'imlar va induktivliklardan past chastota filtri sifatida foydalanish imkoniyati mavjudligidan iborat.

Past chastota filtri asosidagi moslashuv zanjirlarini hisoblash jarayoni bizga ma'lum bo'lgan filtrlarni loyihalash usullariga tayanadi. Eslatib o'tish lozim, f_{max} qiymati mujassamlashgan LC elementlarini yaratish imkoniyatini belgilab beradi, bu qiymat bir necha gigagersni tashkil etadi.

2. Magnit aloqali transformatorlar asosidagi moslashuv zanjirlari bitta funksiyani – $f_{max}/f_{min} < 50$; 10 MHz chastotalargacha bo'lgan oraliqda qarshiliklarni o'zgartirishni bajaradi.

Bunday moslovchi transformatorlar halqasimon ferritlarda yig'iladi. Bunda transformatorlash koefitsiyenti $N = R_{kir}/R_{yuk} = \omega_1/\omega_2$, bunda ω_1 va ω_2 – mos ravishda transformatorning birlamchi va ikkilamchi o'ramlarining soni.

3. "Transformator–liniya" (T–L) qurilmalari negizidagi moslashuv zanjirlari tebranish manbaidan yuklamaga qarab tarqalayotgan ikki o'tkazgichli uzatish liniyasini hosil qiluvchi ikki o'ramli toroidal yoki ferrit o'zagidan iborat. Bunday transformator o'ramlaridan oqayotgan toklar o'zaro teng bo'lib, qarama-qarshi yo'nalgani sababli, bu toklar o'zakda deyarli magnit oqimini hosil qilmaydi. "Transformator–liniya" qurilmalari negizidagi moslashuv zanjirlarida quvvat yo'qotish yig'indisi 0,05...0,1 dB dan oshmaydi.

Bitta "T–L" qurilmasini sodda ulanishida transformatsiya koeffitsiyenti $N = 1$ ga teng bo'ladi. Bu ko'rsatkichga erishish uchun bir nechta bir xil T–L qurilmalarini parallel va ketma-ket ulangan variantlaridan foydalaniladi. Agar 3 ta T–L qurilmasini shunday ulasak, bunda ularning kirishi parallel ulangan bo'lib, chiqishi ketma-ket ulangan bo'lsa, u holda $N = 9$ bo'ladi. Haqiqatan ham yuklamadagi tok amplitudasi $I_{yuk} = I_{kir}/3$, kuchlanish amplitudasi $U_{yuk} = 3U_{kir}$ bo'lsa, $R_{kir} = U_{kir}/I_{kir} = R_{yuk}/9$ bo'ladi, bunda $R_{yuk} = U_{yuk}/I_{yuk}$.

Boshqa sxemalardan foydalanib, butun va kasr qiymatli $N > 1$ transformatsiya koeffitsiyentli oshiruvchi transformatorlar hosil qilinadi.

Bunday moslashuv zanjirlarining chastota o'tkazish oralig'ini kengaytirish uchun T–L qurilmalarida rezonans vujudga kelishining oldini olish kerak bo'ladi. Buning uchun:

- T–L liniyaning to'liq qarshiligi ρ ga teng qarshilikli yuklamaga yuguruvchi to'liq ish holatini ta'minlagan holda ulanadi;

- liniya uzunligi l_i ni $l_i < \lambda/4$ shartidan tanlanadi, bunda λ – yuqori ishchi chastotaga mos keladigan liniya uzunligi.

Ko'rsatilgan shartlar bajarilganda T–L qurilmalari keng chastota (0,5...100 MHz) oralig'ida o'zgarmas transformatsiya koeffitsiyentiga ega bo'ladi.

Transformatorlardagi ikki simli liniyalar o'rniga ko'pincha egiluvchan lentali koaksial liniyalar qo'llaniladi.

T–L qurilmalari tanlovchanlik xususiyatlariga ega bo'lmagani sababli, quvvat kuchaytirgichning AB, B va C sinflarida aktiv elementning bir taktli ulanishida asosiy chastota garmonikalarida ham quvvat generatsiyasiga olib keladi. Bunday parazit generatsiyalarni yo'qotish uchun aktiv element ikki taktli qilib ulanadi va u B sinfida ishlaydi.

6.4. Moslashuv zanjirlarida quvvatning sarf bo'lishi va foydali ish koeffitsiyenti

Moslashuv zanjirlari real elementlarining reaktiv tashkil etuvchilari bilan birgalikda aktiv tashkil etuvchilari ham mavjud. Shu sababli aktiv element ishlab chiqarayotgan quvvatning ma'lum qismi moslovchi zanjirda sarf bo'ladi. Yuklama qabul qilayotgan foydali quvvatning (P_y) aktiv element chiqishidagi quvvatga nisbati moslovchi zanjirlarning foydali ish koeffitsiyenti deb ataladi.

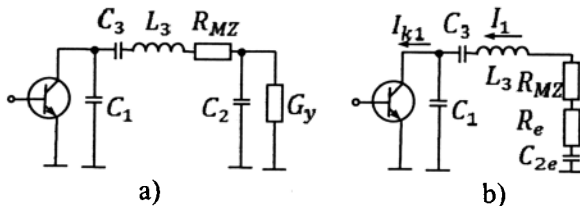
$$\eta_{MZ} = \frac{P_y}{P_{chiq1}} = 1 - \frac{P_{MZ}}{P_{chiq1}}, \quad (6.1)$$

bunda, P_{MZ} — moslovchi zanjirda sarf bo'layotgan quvvat. Chiqish kaskadlaridagi moslovchi zanjirlar foydali ish koeffitsiyentining iloji boricha katta bo'lishiga erishish kerak. Oraliq kaskadlarda moslovchi zanjir foydali ish koeffitsiyentini nisbatan kichikroq qilish mumkin, buning uchun chiqish kaskadining quvvat kuchaytirish koeffitsiyenti (K_p) katta bo'lishi kerak.

Moslovchi zanjirning foydali ish koeffitsiyentini aniqlash uchun aktiv element konturiga qisman ulangan va tranzistorli kaskaddagi sxemalarini ko'rib chiqamiz. Quvvatning sarf bo'lishi asosan induktivlikda bo'ladi, deb hisoblaymiz va moslovchi zanjirlar quvvatni sarf qilayotgan elementining aktiv tashkil etuvchisini R_{MZ} bilan belgilaymiz. U holda induktivlikning ishchi chastotasidagi aslligi $Q_L = \omega L / R_{MZ}$ bo'ladi.

Tranzistorli kaskadning moslovchi zanjirlarida (6.2-rasm) R_{MZ} va o'tkazuvchanlik G_{or} , zanjirning turli tarmoqlariga ulangan. Foydali ish koeffitsiyentini aniqlash uchun, avval G_{or} va jB_2 larni ketma-ket ekvivalent sxemadagi umumiy qarshiligini topamiz. $R_e = G_{or} / (G_{or}^2 + B_{or}^2)$.

Foydali ish koeffitsiyentini hisoblash uchun R_y ni R_{ega} almashtirish kerak.



6.2-rasm. Tranzistorli kaskaddagi moslovchi zanjir sxemasi:

- a) – induktivlikdagi sarfni hisobga olgan sxema;
b) – FIKni hisoblash uchun o‘zgartirilgan sxema.

$h = -X_{3C}/X_C$ ekanligini nazarda tutib quyidagi ifodani olamiz:

$$R_{MZ} = \frac{X_{3L}}{Q_L} = \frac{X_3 - X_{3C}}{Q_L} = \frac{(1 + h)|X_3|}{Q_L}. \quad (6.2)$$

Sxemaga $R_{MZ} \ll R_e$ bo‘lgan qarshilikni ulash konturning moslash xususiyatini deyarli o‘zgartirmaydi. $B_3^2 = G_y G_{ykr} = 1/X_3^2$ bo‘lgani uchun, moslovchi zanjirlarning qarshiligini quyidagi ko‘rinishda yozish mumkin:

$$R_{MZ} \approx \frac{1 + h}{Q_L \sqrt{G_y G_{ykr}}}; \quad R_e \approx \frac{1}{G_y + G_{ykr}};$$

$$\eta_{MZ} \approx 1 - \frac{R_{MZ}}{R_e} = 1 - \frac{1 + h}{Q_L} \left(\sqrt{\frac{G_y}{G_{ykr}}} + \sqrt{\frac{G_{ykr}}{G_y}} \right). \quad (6.3)$$

Bundan ko‘rinib turibdiki, 6.2a-rasmdagi sxemaning h parametrining (induktivlik) oshishi filtrlashni yaxshilaydi, shu bilan birga moslovchi zanjirlarning foydali ish koeffitsiyentini kamaytiradi. Shunday qilib, ko‘rib chiqilgan moslovchi zanjirlarning sxemalarida yuqori garmonikalarni filtrlashni yaxshilash hamma vaqt quvvatning sarf bo‘lishini ko‘paytiradi.

Nazorat savollari

1. Moslovchi zanjirlarning asosiy vazifalari nimalardan iborat?
2. Moslovchi zanjirlar necha xil turda bo'ladi?
3. Moslovchi zanjirning struktura sxemasi nimalardan iborat?
4. Moslovchi zanjirlarga qanday talablar qo'yiladi?
5. Sodda moslashuv zanjirlari sifatida qanday ko'rinishdagi reaktiv to'rtqutbliklardan foydalaniladi?
6. Keng polosali quvvat kuchaytirgichi deb qanday kuchaytirgichlarga aytiladi?
7. Keng polosali moslashuv zanjirlari qanday afzalliklarga ega?
8. Moslovchi zanjirlarga qanday talablar qo'yiladi?
9. Tranzistorli chiqish kaskadlarida yuklama va kritik qarshiliklar qanday munosabatda bo'ladi?
10. Γ -, T-, Π -ko'rinishdagi aloqa zanjirining sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.
11. Tranzistorli kaskaddagi moslovchi zanjirning FIK nimaga bog'liq?

7. QUVVAT KUCHAYTIRGICHLARDAGI AKTIV ELEMENTLARNING QUVVATLARINI QO'SHISH

Ma'lumki, ko'p hollarda radiosignallarni uzatuvchi qurilmalarning chiqish quvvati bitta aktiv element (AE) quvvatidan ancha katta bo'ladi. Bu holda kerakli foydali quvvatni olish uchun bir nechta aktiv elementni ishlatishga to'g'ri keladi. Buning uchun aktiv element quvvatlarini qo'shish masalasini yechishga to'g'ri keladi. Ayniqsa, tranzistorli qurilmalarda bu masala muhim o'rin tutadi, chunki ular ishlab berayotgan quvvat nisbatan kichik bo'ladi. Aktiv element quvvatlarini qo'yish usullari asosan uch xil bo'ladi. Aktiv elementlarni parallel ulash, ikki taktli qilib ulash va ko'prik orqali ulash mumkin.

7.1. Aktiv elementlarni parallel ulash

Aktiv elementlarni parallel ulash usuli asosan aktiv element birlamchi quvvatini ko'p emitterli yuqori chastota tranzistorlarida, shuningdek bir vattgacha chiqish quvvati bo'lgan kuchaytirgichlarda quvvatni kuchaytirish uchun ishlatiladi. Bunda chiqish quvvatining ko'payishi alohida aktiv elementlar chiqish toklarining yig'indisidan iborat bo'lgan umumiy tokning oshishi hisobiga bo'ladi. Bitta kristaldagi bir necha ming yarimo'tkazgichli elementlarni korpuslangan aktiv element ichidagi bir necha kristallarni parallel ulashdan ham foydalaniladi.

Parallel ulangan aktiv elementlar sonining cheklanishi:

- $R_e Z_{kir}$ va aktiv elementning optimal qarshiligining kamayishi bilan bog'liq. Bu esa moslash zanjirlarini qurishni qiyinlashtiradi;
- tarkibidagi elementlar bo'yicha tok va kuchlanish taqsimlanishining notekisligi natijasida quvvat qo'shish usullari samaradorligining pasayishi bilan bog'liq.

7.1-rasmda ko'rsatilgan sxemadagi quvvat kuchaytirgichi misolida aktiv elementning parallel ulanishida tok, kuchlanish va quvvat uchun asosiy ifodalarni va ulardan kelib chiquvchi xususiyatlarni ko'rib chiqamiz.

n ta parallel ulangan bir xil aktiv elementlarni yig'indi kollektor va baza toklarining o'zgarish tashkil etuvchisi va birinchi garmonikasi amplitudalari mos ravishda quyidagiga teng:

$$I_{k1} = nI'_{k1}, \quad I_{k0} = nI'_{k0}, \quad I_{b1} = nI'_{b1}, \quad I_{b0} = nI'_{b0}.$$

Hamma parallel ulangan aktiv elementlarning kollektor kuchlanishlari va qo'zg'alish kuchlanishlari amplitudalari bir xil bo'ladi (7.1a-rasm): $U_k = U'_k$, $U_b = U'_b$.

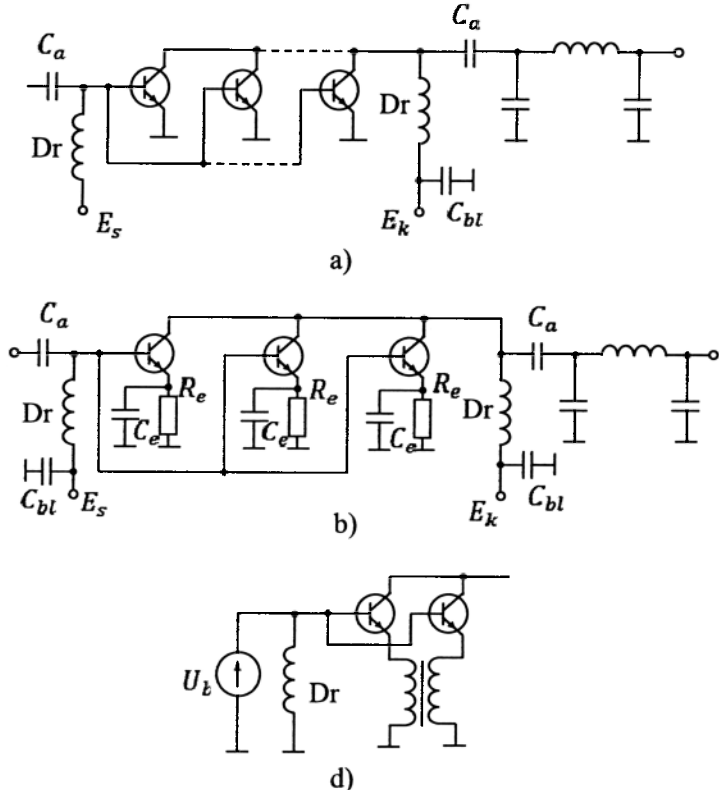
Har bir aktiv element $P'_1 = 0,5U_k I'_{k1}$ ga teng bo'lgan birinchi garmonika quvvatini beradi va manbadan $(E_m)P'_0 = E_m I'_{k0}$ ga teng quvvat oladi. n ta parallel ulangan AE lar esa birgalikda $P_1 = nP'_1$ foydali quvvatni ishlab beradi. Buning uchun AElar manbadan $P_0 = nP'_0$ ga teng quvvat olib sarflaydilar. Bunda optimal ish holatiga erishish uchun kerak bo'lgan umumiy yuklama qarshiligi $R_k = U_k/I_{k1} = U_k/nI'_{k1} = R'_k/n$ ga teng bo'ladi.

Bu yerda $-R'_k = U_k/I'_{k1} - P'_1$ quvvatga ega bo'lgan bir aktiv elementli kuchaytirgich uchun kerak bo'lgan yuklama qarshiligi.

n ta aktiv elementni qo'zg'atish uchun zarur kirish quvvati $P_{kir} = nP'_{kir1}$ ga, kirish qarshiligi esa $Z_{kir} = \frac{U_b}{I_{b1}} = \frac{U_b}{nI'_{b1}} = \frac{Z'_{kir1}}{n}$ ga teng bo'lishi kerak. Bu yerda Z'_{kir1} – bitta AEning kirish qarshiligi.

Tabiiyki, $R_k = R'_k/n$ qarshilikka yuklangan n ta bir xil AE parallel ulansa tok, kuchlanish va quvvat bo'yicha uzatish koeffitsiyenti, shuningdek foydali ish koeffitsiyenti R_k ga ulangan AEnikiga o'xshash bo'ladi.

Amalda esa, toklari bir-biridan farq qilishida ko'proq namoyon bo'ladigan, texnologik parametrlarning turlichaligi bilan bog'langan AElarining bir xil emasligini e'tiborga olishga to'g'ri keladi.



7.1-rasm. Parallel ulangan AElardagi quvvat kuchaytirgich sxemasi:
a) – bevosita parallel; b) – avtosiljitishli; d) – simmetriyalovchi transformatorli.

AElarning ish holatlarining nosimmetrikligi o'lchovi sifatida kollektor toklarining birinchi garmonikalari va toklarni doimiy tashkil etuvchilarining o'zaro nisbati xizmat qilishi mumkin. Shu ravishda, ikki tranzistor uchun U_k va I_b parametrlari teng bo'lganda Y -parametrlar sistemasidan foydalanib, quyidagini olamiz:

$$I'_{k1}/I'_{k1} = (S'_1 - \Delta R_k)/(S'_1 + \Delta R_k),$$

bunda, $\Delta = S_1'/R_{chiq}'' - S_1''/R_{chiq}'$; S_1 – birinchi garmonika bo'yicha AE o'tish xarakteristikasi tikligi; R_{chiq} – AEning garmonik kuchlanish generatoridan qo'zg'algandagi chiqish qarshiligi.

Bu nisbatning mumkin bo'lgan qiymatlari sxemaning turi va vazifasiga bog'liq va loyihalash jarayonida texnik topshiriqdan aniqlanadi. Amalda AE ish holatlarini simmetrik ko'rinishga olib kelish uchun emitterli avtosiljitish va reaktiv simmetriklovchi zanjirlar (simmetriklovchi transformatorlar) qo'llaniladi.

Emitterli avtosiljishdan foydalanilganda (7.1b-rasm) qiyaligi va emitter toki katta bo'lgan AE mos ravishda katta kuchlanishli avtosiljitish hosil qiladi, bu esa kesish burchagining kamayishiga, demak tokni doimiy tashkil etuvchini va kollektor tokining birinchi garmonikasining kamayishiga olib keladi.

Garmonik tebranishlar generatoridan qo'zg'atiladigan kam quvvatli generatorlarda moslovchi zanjirlardan foydalanish ko'proq samara beradi.

Katta quvvatli AEni kirish zanjirida, odatda tok generatoridan qo'zg'alish ish holatiga yaqin ish holati hosil qilinadi. Bu holda kesish burchagi θ siljish kuchlanishiga kam bog'liq bo'ladi, shuning uchun avtosiljitish samarasi keskin pasayadi. Bundan tashqari, emitter zanjirida qarshilikdan foydalanish, bu qarshilikda katta quvvat tarqalishi sababli kaskadning energetik ko'rsatkichining yomonlashishiga olib keladi.

Katta quvvatli kaskadlarda reaktiv simmetriklovchi zanjirlardan foydalanish samarasi ko'proqdir. Uzun va o'rta to'lqin diapazonlarida reaktiv zanjir sifatida kuchli magnit bog'lanishga va kichik induktiv sochilishiga ega bo'lgan simmetriklovchi transformator bo'lishi mumkin. Bunday kaskad sxemasi 7.1d-rasmda ko'rsatilgan. Agar transformatoridagi magnit bog'lanish 100% ga yaqin bo'lsa, ya'ni ($M = L$), sxemaga simmetriklovchi transformatorni kiritish orqali qo'zg'atish kuchlanishini oshirmaslik mumkin. Natijada sxemada emitter toklari tenglashadi va oqibatda

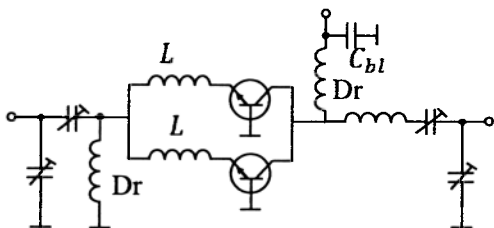
kollektor toklari ham deyarli bir-biriga yaqinlashadi. Bunda kollektor toklarini kesishli va kesmaslik ish holatlari samarali simmetriklanadi. Bu sxemaning kamchiligi unda ikki o‘ramli transformatorning qo‘llanishi bo‘lib, ultra qisqa va o‘ta yuqori chastota diapazonlarida undan foydalanish qiyinchiliklar tug‘diradi.

O‘ta yuqori chastota va ultra qisqa to‘lqin diapazonlarida AE ish holatlarini simmetriklashtirish masalasi emittter toklarini tenglashtiruvchi reaktiv zanjirlar yordamida yechilishi mumkin. Misol qilib, 7.2-rasmda keltirilgan sxemani ko‘rsatish mumkin. Bu sxemada induktivlik $LL \gg Z_{kir1b}$ shartidan topiladi. Bunda $I'_e = I''_e$ bo‘ladi.

Umumiy bazali ulanish sxemasi uchun tok bo‘yicha uzatish koeffitsiyenti

$$K_{lb} = \frac{1}{1 + jf/f_{cheg}}.$$

$I_{k1} = K_{lb}I_e$ bo‘lgani uchun toklardagi tafovut f_{cheg} va undan katta chastotalarda sezilishi mumkin.



7.2-rasm. Reaktiv simmetriklovchi zanjirlar asosidagi quvvat kuchaytirgich sxemasi

AEni parallel ulanish sxemasining asosiy kamchiliklari:

- moslovchi zanjirni hosil qilish qiyinchiligi. Bu o‘z navbatida $R_e Z_{kir}$ qarshilikning haqiqiy qismi va R_k yuklama optimal qarshiligining kamayishi bilan bog‘liq;
- tarkibidagi elementlar bo‘yicha tok va kuchlanish taqsimotining notekisligi tufayli quvvatlarni qo‘shish samarasi pasayishi.

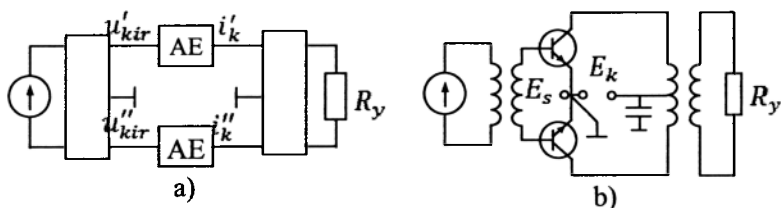
- AElar bir-biri bilan o'zaro bog'langan, bitta AE ishdan chiqsa, qolganlari zo'riqib ishlaydi. Natijada quvvat kuchaytirgich ham ishdan chiqishi mumkin.

7.2. Aktiv elementlarning ikki taktli ulanishi

Ikki bir xil aktiv elementdan iborat ikki taktli quvvat kuchaytirgich sxemasi AElarni parallel ulash sxemasi kabi ikki marta ko'p foydali quvvat beradi, ta'minot manbaidan ikki marta ko'p quvvat oladi va bitta AEl sxemaga nisbatan ikki marta ortiq qo'zg'atish quvvati talab qiladi. Bunday quvvat kuchaytirgichining funksional sxemasi 7.3a-rasmda, prinsipial sxemasi 7.3b-rasmda keltirilgan.

Ideal holatda AE kirishidagi kuchlanishlar fazasi bo'yicha ishchi chastotaning yarim davriga siljigan bo'ladi, ya'ni

$$u''_{kir}(t) = u'_{kir}(t + T/2)$$



7.3-rasm. AElar ikki taktli ulanishli quvvat kuchaytirgich funksional (a) va prinsipial (b) sxemasi

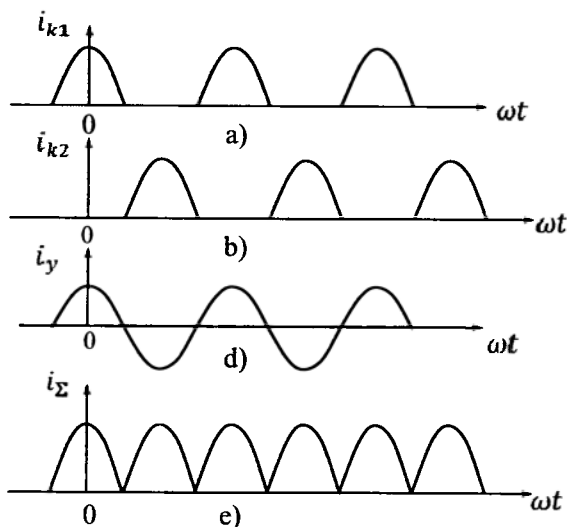
AElar umumiy yuklamaga faza siljituvchi zanjir

Bunday siljish kirish kuchlanishidan bir-biriga qarama-qarshi fazali ikkita kuchlanish hosil qiluvchi faza siljituvchi zanjir bilan amalga oshiriladi. Bir xil parametrli tranzistorlardagi kuchaytirgich uchun chiqish (kollektor) toklarining fazasi ham bunday kirish kuchlanishlariga o'xshash asosiy garmonika davrining yarmiga siljigan bo'ladi (7.4-rasm):

$$i_k''(t) = i_k'(t + T/2).$$

Aktiv element umumiy yuklamaga ikkinchi faza siljituvchi zanjir orqali ulanadi, bu zanjir yordamida yuklamada birinchi va ikkinchi aktiv element toklari farqiga proporsional tok ajraladi:

$$i_{yuk}(t) = i_k''(t) - i_k'(t).$$



7.4-rasm. Ikki taktli quvvat kuchaytirgich sxemasida toklarning vaqtga bog'liqligi, $\theta = 90^\circ$

$i_k''(t)$ va $i_k'(t)$ toklarni Furiye qatoriga yoyib, ularning farqi faqat toq garmonikalardan iborat ekanligini topamiz:

$$i_{yuk}(t) = 2[I_{k1} \cos(\omega t + \varphi_1) + I_{k3} \cos(3\omega t + \varphi_3) + \dots],$$

bu esa chiqish kuchlanishini filtrlashni osonlashtiradi.

AEni kesish burchagi 180° va 90° li kosinus shaklidagi impulsar bilan ishlash rejimida chiqish tok spektrida asosiy garmonikadan tashqari hamma toq garmonikalar bo'lmaydi. Shunday qilib, $\theta = 90^\circ$ va AEning chiziqli-bo'lakli

xarakteristikalarida sxemaning umumiy kuchlanish zanjirida (7.4e-rasm) quyidagi toklar yig'indisi oqadi

$$i_k'' + i_k' = 2[I_{k0} + I_{k2} \cos(2\omega t + \varphi_2) + I_{k4} \cos(4\omega t + \varphi_4) + \dots],$$

uning tarkibida doimiy tashkil etuvchilar va juft garmonikalar qatnashadi.

Bunday holat ta'minot manbai blokirovkasi masalasini yengillashtiradi, radiouzatkichning kaskadlari o'rtasida ta'minlash manbai orqali vujudga keladigan noxush aloqani kamaytiradi.

Shunday qilib, quvvat kuchaytirgichlarining ikki taktli sxemalari 90° li kesish burchagi ish holatida ishlaganda, deyarli yuqori foydali ish koeffitsiyentini saqlagan holda yuqori garmonikalardan qutulish imkonini beradi. Ikki taktli sxemaning bunday xususiyati undan yuqori garmonikalarni boshqa usullar bilan filtrlashning imkoni bo'lmagan yoki murakkab bo'lganda, masalan, ko'p oktavali keng polosali kuchaytirgichlarda foydalanishga imkon beradi.

Ba'zi hollarda AEni ikki taktli ulanishini qo'llash quvvat kuchaytirgichi chiqishidagi filtrga bo'lgan talabni yengillashtirishga va undan voz kechishga imkon beradi. Bundan tashqari ikki taktli sxema o'zining yerga ulanish nuqtasining simmetrikligi tufayli qulayroqdir, qachonki yuklamaning ham yerga ulanishi simmetrik bo'lsa.

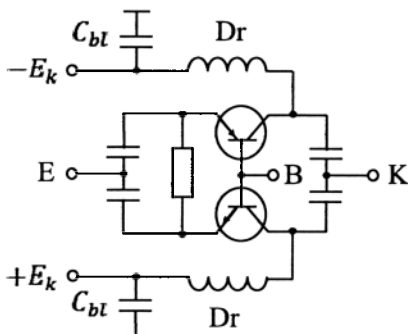
AE ish holatlari simmetriyasining buzilishini bartaraf qilishning bir necha yo'llari mavjud:

1. Ish holatlarni qo'lda sozlash, ayniqsa, lampali sxemalarda. Bunday sozlash yetarli darajada murakkab va ko'p vaqt talab qiladi;

2. Manfiy teskari bog'lanishni qo'llash. Umumiy bazali quvvat kuchaytirgichlarida tok bo'yicha 100% li manfiy teskari bog'lanish, umumiy emitterli ulanishda esa kuchlanish bo'yicha 100% teskari bog'lanish bo'ladi;

3. Ikki tur o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan aktiv elementlar asosida ikki taktli sxemalarni qo'llash (bipolyar tranzistorlar uchun

$p-n-p$ va $n-p-n$; maydoniy tranzistorlar uchun esa p -kanalli va n -kanalli), ya'ni komplementar asboblari asosidagi quvvat kuchaytirgichlari (7.5-rasm), bunda aloqa zanjirlari murakkabligi pasayadi. Bunday AElar asosida ikki aktiv elementdan tashqari kuchlanish berish uchun drossel, ajratuvchi kondensatorlar va avtosiljitish qarshiligidan iborat bo'lgan komplementar modullar ishlab chiqilgan.



7.5-rasm. Ikki taktli quvvat kuchaytirgichlar uchun komplementar modul sxemasi

Bunda kirish zanjiri atigi ikki elementdan (L_{kir} va C_{kir}) iborat bo'lib, bir qator vazifalarni bajaradi:

- modullarni qarama-qarshi fazadagi garmonik tok bilan qo'zg'atadi; rezonans sharoitida qo'zg'atish toklari amplitudalari tengligi hisobiga kuchaytirgichning alohida qismlarining ish holatlarini simmetriyalaydi;

- umumiy bazali ulangan modullar kichik qarshiligini oldingi kaskad tranzistorining optimal kollektor qarshiligiga ($R_{k opt}$) transformatsiyalaydi;

- agar oldingi kaskad kuchaytirish holatida ishlayotgan bo'lsa, qo'zg'alish tokini stabillaydi, natijada chiqish quvvati ham turg'unlashadi;

4. Metrli va detsimetrli to'lqin diapazonida ikki taktli quvvat kuchaytirgichlari (100 Vt)da ishlatish uchun mo'ljallangan maxsus

tranzistorlarning paydo bo'lishi: KT991AC va KT901AC (350...700 MHz, 55 Vt; 220...400 MHz, 125 Vt).

Ikki taktli quvvat kuchaytirgichlarining *afzalliklari*:

- tebranish quvvatining bir taktli sxemaga nisbatan ikki marta ortishi;
- tanlovchi zanjirlarsiz (filtrlarsiz) garmonik shakldagi chiqish kuchlanishini olish imkoniyati va kuchaytirgichning bu bilan bog'langan keng polosaliligi ($\theta = 90^\circ$ da);
- bir taktli quvvat kuchaytirgichlariga qaraganda ta'minot manbaini blokirovka qiluvchi zanjirlarga bo'lgan talablarning unchalik qat'iy emasligi.

Ikki taktli quvvat kuchaytirgichlarining *kamchiligi* ularda aktiv elementlar ish holatining simmetriyasini ta'minlash uchun bir xil parametrlil tranzistorlarni tanlash zarurligi hisoblanadi.

Aktiv elementlarni ikki taktli va parallel ulanish sxemalar kombinatsiyasi radiouzatkich chiqish quvvatini oshirish uchun ishlatiladi. Bunda sxema quyidagicha quriladi. Kirish signali transformator yordamida $2n$ ta kanalga bo'linadi, bunda, n – ikki taktli sxemaning har bir yelkasidagi kanallar soni. Har bir yelkadagi aktiv element chiqishlari parallel ulangan bo'ladi. Magnit o'tkazgich parametri bo'ylab transformator o'ramlarining tekis taqsimlanishi aktiv element rejimlarining tekislanishiga va kuchaytirgich ishonchliligining ortishiga olib keladi.

7.3. Aktiv elementlarni ko'priksimon qilib ulash sxemalari

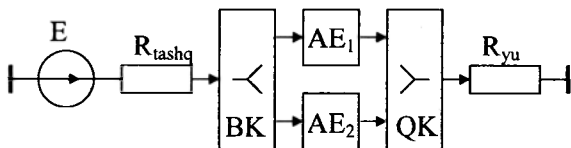
Yuqorida aktiv elementlar quvvatini qo'shish usullari, ya'ni parallel va ikki taktli ulash sxemalarini ko'rib chiqqan edik. Bu sxemalarda iste'molchi (yuklama) qarshiligi umumiy bo'ladi. Mana shu umumiy iste'molchi qarshiligi va ta'minlovchi manbaning ichki qarshiligi orqali aktiv elementlar bir-biri bilan o'zaro bog'langan bo'ladi. Bu o'zaro bog'liqlik tufayli parallel va ikki taktli sxemalarning bir qancha kamchiliklari bor. Ularning asosiylari quyidagilar:

- aktiv elementlardan birining ishdan chiqishi, umumiy quvvatning kamayishiga olib keladi va boshqa aktiv elementlar og'ir ish holatida bo'lishadi. Bu esa ularning ishdan chiqishiga olib keladi; aktiv elementlarni chiqish va kirish zanjirdagi qisqa tutashuv qurilmani butunlay ishdan chiqarishi mumkin;

- aktiv elementlarning xususiyatlari bir xil bo'lmagani uchun, ulardan o'tayotgan toklar ham bir tekisda taqsimlanmaydi. Bu esa aktiv elementlar orasidagi o'zaro bog'liqlikni yanada kuchaytiradi. Ba'zi hollarda aktiv elementlar quvvatni ishlab berish holatidan quvvatni sarf qilish ish holatiga o'tadilar;

- parallel va ikki taktli sxemalarda ularning murakkabligi va parazit reaktiv elementlar ko'p bo'lganligi tufayli parazit to'qlinlarning kelib chiqish ehtimoli ancha kattadir.

Bu kamchiliklarni yo'qotish uchun aktiv elementlar orasidagi o'zaro bog'liqlikni yo'qotish kerak. Buning uchun aktiv elementlarni sxemaga ko'priksimon qilib ulash kerak (7.6-rasm).



7.6-rasm. Ko'priksimon ulangan kuchaytirgichning strukturaviy sxemasi

Bu sxemada BK – quvvatni bo'luvchi ko'priklar, QK – qo'shuvchi ko'priklar. Normal ish holatda ko'priksimon kuchaytirgichlarda aktiv elementlar xususiyatlari va ish holatlari bir xil bo'ladi. BK ko'priklar quvvatni aktiv elementlarga teng qilib bo'lib beradi, QK ko'priklar esa aktiv elementlar ishlab chiqarayotgan quvvatlarini umumiy qarshilik R_{yu} da qo'shib beradi. Bu ish holatda quvvatni qo'shish va bo'lish sarf bo'lmasdan amalga oshiriladi. Aktiv elementlarning o'zaro bog'liqligi BK va QK ko'priklar orqali yo'qotiladi. Normal ish holat buzilganda ham aktiv elementlar orasidagi o'zaro bog'liqlik ko'priklar yordamida saqlanib turadi. Bo'luvchi ko'priklar BK aktiv

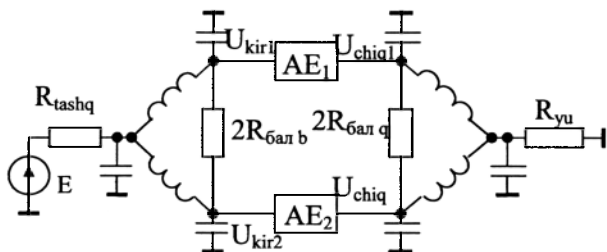
elementlarning kirish qismidagi ta'sir etuvchi kuchlanishni doimiy qilib turadi. Qo'shuvchi ko'prik QK esa AE_2 ni ish holati o'zgarganda, AE_1 uchun iste'molchi qarshiligi R_{yu} ni bir xil qilib turadi.

Agar ko'prik faqat reaktiv elementlardan iborat bo'lsa, u holda sxemadagi R_n qarshilik mavhum qiymatga ega bo'ladi va ko'prikning asosiy xususiyati – aktiv elementlarni o'zaro bog'liqligini yo'qotish bajarilmaydi. Buning uchun ko'prikning, albatta, aktiv qarshiligi bo'lishi kerak. Bu qarshilik ballast qarshilik deb ataladi. Nominal ish holatida ballast qarshilikda (R_{bal}) quvvat sarf bo'lishi kuzatilmaydi, chunki u ekvipotensial nuqtalar orasiga ulangan bo'ladi.

Amalda sinfazli va kvadraturali ko'priklar ko'p ishlatiladi. Sinfazli ko'priklar sinxron generatorlar quvvatini qo'shish va bir xil fazali kuchlanishlarni olish uchun qo'llaniladi (7.7-rasm).

Aktiv elementlar orasidagi umumiy qarshilik R_n orqali bo'ladigan orasidagi o'zaro bog'liqlik qo'shuvchi ko'prikni ballast qarshiligi $2R_{bal}$ orqali bo'ladigan qo'shimcha aloqa yordamida kompensatsiya qilinadi. $2R_{bal}$ qarshilik orqali aktiv elementlar qo'shimcha bog'langan bo'lishadi. Bu holda o'zaro bog'liqlikni yo'qotishning fazali sharti bajariladi. Chunki AE_2 chiqish qismiga umumiy qarshilik R_n orqali kelayotgan kuchlanish, ballast qarshilikdan kelayotgan kuchlanishga nisbatan 180° ga kechikib keladi. Buning asosiy sababi umumiy qarshilikdan o'tayotgan kuchlanishlar ikkita Π - ko'rinishdagi reaktiv zanjirlardan o'tib keladi. Π -zanjirni har biri kuchlanishni faza bo'yicha 90° ga siljitadi. Shunday qilib sinfaz ko'prikning reaktiv qismi 180° li faza aylantirgich hisoblanadi. Faza aylantirgich elementlari sifatida LC – zanjirlar, liniyalar bo'lagi, ferrit asosida yig'ilgan transformatorlar ishlatilishi mumkin. O'zaro bog'liqlikni yo'qotishning amplituda sharti bajarilishi uchun $2R_{bal}$, R_n qarshiliklar va ko'prikning reaktiv elementlari orasida ma'lum bir nisbat bo'lishi kerak. Bu ta'kidlangan elementlarning birortasini shu nisbatdan o'zgarishi aktiv elementlar orasidagi o'zaro bog'liqlikni kuchaytiradi. Quvvat

bo'luvchi BK ko'prikning kirish qismidagi o'zaro bog'liqlik ham shu usulda yo'qotiladi.



7.7-rasm. Sinfaz ko'priqli kuchaytirgich sxemasi

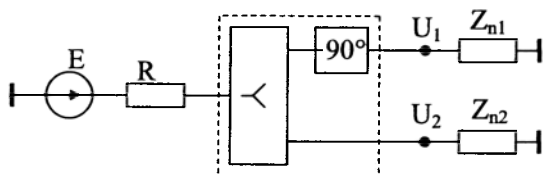
Bu yerda ham R_{tashq} , $2R_{bal b}$ va reaktiv elementlari orasida ma'lum nisbat bajarilishi kerak. Ularning birortasining o'zgarishi o'zaro aloqani kuchaytiradi. Nominal ish holatida ballast qarshiliklarda quvvat sarf bo'lmaslikning sababi, kuchaytirgich aktiv elementlarning kirish va chiqish qismidagi kuchlanishlarning teng bo'lishidir. Chunki kuchaytirgich simmetrik holatda bo'ladi.

$$U_{chiq1} = U_{chiq2}, \quad U_{kir1} = U_{kir2}$$

Kuchaytirgichning kirish va chiqish qarshiliklari uning muhim parametrlari bo'lib, ular AE ning ish holati va xususiyatlariga bog'liq bo'ladi. Aktiv elementlarning eskirishi, almashtirilishi, tashqi muhit haroratining o'zgarishi uning kirish va chiqish qarshiliklarini o'zgartiradi. Bu esa o'z navbatida kuchaytirgichning kirish va chiqish qarshiliklarini o'zgarishiga olib keladi. Ko'p kaskadli kuchaytirgichlarda bu hodisa oldingi kaskadlarning ish holati o'zgarishiga va noqulay vaziyatga olib keladi. Bu holda sinfaz ko'priqli kuchaytirgichlar oddiy kuchaytirgichlardan farq qilmaydi va ko'priklar reaktiv transformator vazifasini o'taydi, xolos. Ballast qarshiliklardan simmetrik ish holatda tok o'tmaydi. Bu sinfaz sxemalarining asosiy kamchiliklaridir.

Ko'priqli kuchaytirgich sxemalarida aktiv elementlarning o'zaro bog'liqligini yo'qotish bilan birga, ularning yana bir muhim

xususiyati bor. Bunday sxemalarning kirish va chiqish qarshiliklari aktiv elementlarning parametrlariga bog‘liq bo‘lmaydi. Buning uchun aktiv elementlar bir xil bo‘lishi kerak. Bunday kuchaytirgichlar kvadraturali ko‘prik deyiladi. Kvadraturali ko‘prikni sinfaz ko‘prik asosida qurish mumkin. Buning uchun uni birorta chiqish qismiga Π - yoki T- ko‘rinishdagi inverter ulash kerak (7.7, 7.8-rasmlar). Ular fazani 90° ga siljitadi, lekin ko‘prikning kirish o‘tkazuvchanligini o‘zgartirmaydi.

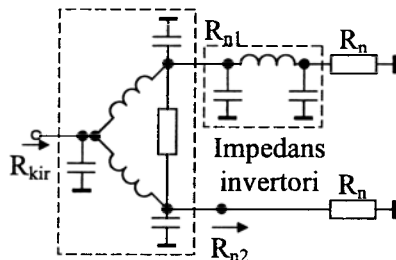


7.8-rasm. Sinfaz ko‘prik asosida qurilgan kvadraturali ko‘prik

Quvvatni qo‘shuvchi kvadraturali ko‘priklarni chiqish qismidagi kuchlanishlar amplituda bo‘yicha o‘zaro teng, lekin faza bo‘yicha bir-biridan 90° ga siljigan, ya‘ni bu kuchlanishlar kvadraturali bo‘lishi kerak: $U_1 = \pm U_2$.

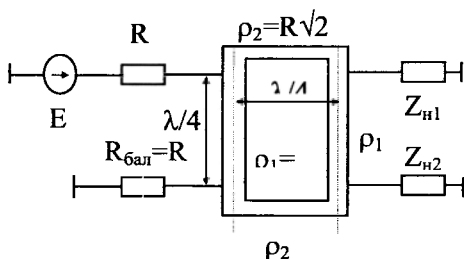
Bu holda iste‘molchi(yuklama) qarshiliklari $Z_{n1} = Z_{n2}$ o‘zgarganda, uning kirish qarshiligi doimiy saqlanib qoladi.

Inverterli kvadraturali ko‘prik sxemadagi (6.8-rasm) R_n iste‘molchi qarshiligining oshishi R_{n1} qarshilikning kamayishiga, R_{n2} ning esa ortishiga olib keladi. Buning natijasida kirish qarshiligi R_{kir} doimiy qilib turiladi.



7.9-rasm. Inverterli kvadraturali ko‘prik sxemasi

Kvadraturali ko‘prikning yana bir turi, “kvadrat” ko‘prik sxemasi bo‘lib, unda fazani 90° ga siljitish to‘lqinlarni turli yo‘l bilan iste’molchiga (yuklamaga) yetib kelishidir (7.9 rasm).



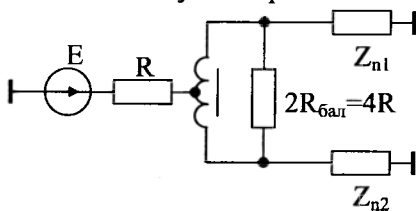
7.10-rasm. “Kvadrat” ko‘prik sxemasi

Bunday sxemalarning kirish qarshiligi hamma vaqt aktiv bo‘ladi va aktiv elementlarga deyarli bog‘liq bo‘lmaydi, hatto aktiv elementlar kirish qarshiligini aktiv tashkil etuvchisi manfiy bo‘lganda ham. Manfiy kirish qarshiligi o‘ta yuqori diapazonda aktiv elementlarni umumiy bazali qilib ulashda vujudga kelishi mumkin va tranzistor potensial turg‘un emas holatda bo‘lishi mumkin. Bunday hollarda kvadratik ko‘priklarni qo‘llash o‘ta yuqori diapazonda kuchaytirgichlarning turg‘unligini oshiradi. Buning uchun MD ko‘prikning elementlarini shunday tanlash kerakki, uning chiqish qarshiliklari yig‘indisi va AEning kirish qarshiligining aktiv qismi hamma vaqt musbat bo‘lishi kerak. Kvadraturali sxemalar asosan kichik quvvatli kuchaytirgichlarda ishlatiladi.

Keng polosali kuchaytirgichlardagi ko‘priklarda faza aylantirgich sifatida ferrit asosida tayyorlangan avtotransformatorlar ishlatiladi (7.10-rasm). Bu turdagi ko‘priklar, asosan, ko‘p oktavli va UKV diapazonda ishlovchi kuchaytirgichlarda ishlatiladi.

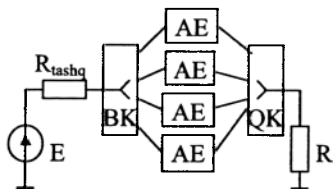
Umumiy yuklamaga ishlayotgan generatorlarning o‘zaro bog‘liqligini ko‘prik sxemalari orqali yo‘qotishning asosiy kamchiligi shundan iboratki, ko‘prikning kirish qismidagi kuchlanishlar, nominal ish holatdagi kuchlanishlardan farq qilsa,

sxemaning foydali ish koeffitsiyenti kamayadi. Bu holda ballast qarshiliklarda tok o'ta boshlaydi va quvvat sarf bo'lishi kuzatiladi.

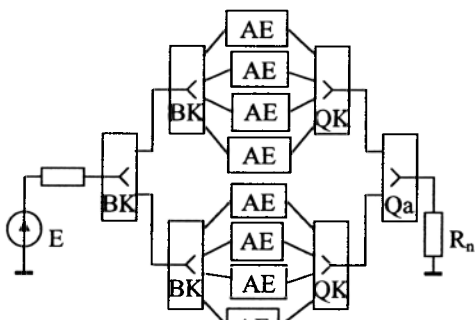


7.11-rasm. Ferrit transformatorli sinfaz ko'prik sxemasi.

Agar quvvatni qo'shishda ko'p aktiv elementlar ishlatish kerak bo'lsa, u holda ko'p qutbli ko'priklar va ularning kombinatsiyasi ishlatiladi. Ko'p qutbli ko'priklar sxemasi (7.11-rasm) 16 tagacha aktiv elementlar quvvatlarini qo'shish imkonini beradi. Aktiv elementlar soni 16 dan oshganda ko'priklar kombinatsiyasi ishlatiladi (7.12-rasm). Amalda bu sxemalarda aktiv elementlarning toklari biroz bo'lsa-da, bir-biridan farq qilishadi. Chunki aktiv elementlarning o'zi bir xil xususiyatga ega bo'lmaydi. Demak, quvvatning bir qismi, albatta, ballast qarshilikda sarf bo'ladi va $f.i.k\eta < 1$ bo'ladi.



7.12-rasm. Ko'p qutbli



7.13-rasm. Ko'priklar kombinatsiyasi

Demak, xulosa qilib, shuni aytish mumkinki, ko'priklari sxemalarda, avariya holatida bir necha aktiv elementlar ishdan chiqsa ham, umumiy iste'molchida (nagruzkada) quvvat doimiy ravishda saqlanib turadi, albatta, biroz kamaygan holda. Aktiv elementlar qisqa tutashuv, elektrodlarining uzilishi, eskirishi tufayli ishdan chiqishi mumkin. Parallel va ikki taktli sxemalarda esa avariya holatida kuchaytirgich butunlay ishdan chiqadi, quvvat umuman ishlab chiqilmaydi.

Nazorat savollari

1. Nima uchun aktiv elementlarni parallel ulash sxemasida aktiv elementlar va ularning ish holatlari bir xil bo'lishi kerak?

2. Aktiv elementlar ish holatlarini simmetrik qilish qanday amalga oshiriladi?

3. Ikki taktli ulanish sxemasida faraz qilingan nagruzka qarshiligi nimaga teng?

4. Ikki taktli ulanish sxemasining qanday afzalliklari bor?

5. Parallel va ikki taktli sxemalarning qanaqa kamchiliklari bor?

6. AElar nima uchun ko'priksimon qilib ulanadi?

7. Sinfaz ko'priklarning asosiy kamchiliklari nimadan iborat?

8. Kvadraturali ko'prik nima asosida quriladi?

9. Qaysi hollarda ko'pqtubli va kombinatsiyali ko'priklar ishlatiladi?

10. Quvvat kuchaytirgichning chiqish quvvatini oshirish qanday usullar orqali amalga oshiriladi?

11. Reaktiv simmetriklovchi zanjirlar asosidagi quvvat kuchaytirgich sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.

12. AElar ikki taktli ulanishli quvvat kuchaytirgich funksional va prinsipial sxemasini chizing.

13. QK ikki taktli ulanishi qanday afzalliklarga ega?

14. Ko'priksimon qurilma deb qanday qurilmaga aytiladi?

15. Ko'priksimon quvvat kuchaytirgichning funksional sxemasini chizing.

16. Quvvat kuchaytirgichlarida aktiv elementlarni ulash ko'priklari qanday ko'rinishlarda bo'lishi mumkin?

17. Ko'priklarni kaskadli ulash, ko'p qutbli va kombinatsiyali ko'p qutbli ulash quvvat kuchaytirgichlarining funksional sxemalarini chizib bering.

8. KENG POLOSALI KUCHAYTIRGICHLAR

8.1. Keng polosali kuchaytirgichlar to'g'risida umumiy ma'lumot

Keng polosali kuchaytirgichlar, asosan, spektri keng bo'lgan radioto'lqinlarni kuchaytirishda va uzatishda ishlatiladi. Lekin tor spektrli radioto'lqinlarni uzatishda ham ular bir qancha afzalliklarga ega. Tor polosada ishlovchi RSUQlarda bir ishchi chastotadan ikkinchisiga o'tganda konturlarning ishchi diapazonini o'zgartirish kerak bo'ladi. Bundan tashqari, qayta sozlanuvchi konturlardan foydalanish RSUQlarning murakkablashishiga va ishonchligining kamayishiga olib keladi. Keng polosali kuchaytirgichlarni (KPK) ishlatish bu muammoni ancha yengillashtiradi. Keng polosali kuchaytirgichlar universal bo'lib, ulardan bittasining asosida turli xil diapazonda ishlovchi RSUQlarni qurish mumkin. Bu esa RSUQlarni loyihalashni ancha osonlashtiradi. Kuchaytirgichlarda ishlatiladigan keng polosali moslovchi zanjirlar ferrit transformatorlarida, quyi chastota filtrlarida, LC polosali filtrlarda, koaksial kabel bo'laklarida yasalishi mumkin.

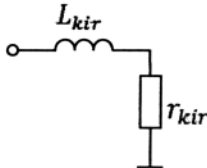
Ferritli transformatorlar, asosan, kengligi bir necha oktavadan iborat bo'lgan kuchaytirgichlarda ishlatiladi va oraliq kaskadlardagi barcha o'zgaruvchan rezonans zanjirlardan qutilish imkonini beradi.

Polosa kengligi bir oktavadan oshgan RSUQlarda yuqori garmonikalarni filtrlash uchun jilgichlar orqali ulanadigan kengligi bir oktavadan kichik bo'lgan bir nechta filtrlar ishlatiladi. Buning natijasida keng polosali RSUQlarning ish diapazoni bir necha kichik diapazonlarga bo'linadi. Ko'p oktavali RSUQlarda alohida polosali bir nechta (odatda uchta) kuchaytirgichlarni ishlatish, jilgichlar orqali ulanadigan o'zgaruvchan filtrlarni yo'qotish imkonini beradi. Keng polosali kuchaytirgichning moslovchi zanjirlariga alohida talablar qo'yiladi. Chiqish kaskadlardagi moslovchi zanjirlar aktiv

elementlarni chiqish va yuklama qarshiliklarini butun ish diapazonida moslab berishi hamda filtrlashi kerak. Oraliq kaskadlardagi moslovchi zanjirlar qarshilikni moslashdan tashqari, kuchaytirgichni amplituda-chastota xarakteristikasini korreksiya qilib berishi va oldingi kaskad uchun yuklamani moslab berishi kerak.

8.2. Kengligi bir oktavadan kichik bo'lgan kuchaytirgichlar

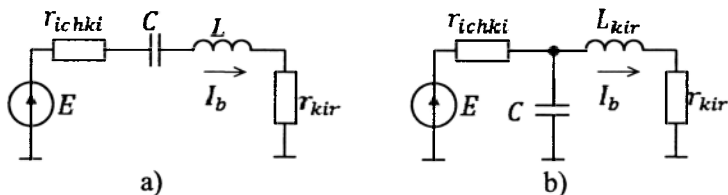
Metrli va detsimetrli to'liq diapazonlarida, asosan, kengligi bir oktavadan oshmagan kuchaytirgichlar ishlatiladi. Bunday quvvat kuchaytirgichlarning moslovchi zanjirlarini oddiy induktivlik, sig'im yoki koaksial kabel bo'laklarida qurish mumkin. Umumiy emitterli tranzistorli keng polosali kuchaytirgich sxemalarini ko'rib chiqamiz. Bunday tranzistorli kuchaytirgichlar $3f_{cheg}/h_{21e}$ dan yuqori chastotalarda ishlatilganda uning tokni uzatish koeffitsiyenti h_{21e} ish chastotasiga teskari proporsional bo'ladi. Demak, kollektor tokining amplitudasini butun ish diapazonida bir xil qilib turishi uchun chastota oshishi bilan baza tokini ham oshirish kerak bo'ladi. Chunki ish diapazonining quyi chastotalarida kuchaytirgichning tokni uzatish koeffitsiyenti katta bo'ladi, yuqori chastotalarda esa kamayadi. Shuning uchun kuchaytirgichning kirish qismidagi moslovchi zanjirni loyihalayotganda tranzistor kirish qarshiligining parametrlarini hisobga olish kerak. Chastota $f > 3f_{cheg}/h_{21e}$ va kollektor yuklamasi aktiv bo'lganda, umumiy emitterli qilib ulangan tranzistorning kirish qarshiligi Z_{kir} induktiv xarakterga ega bo'lgan reaktiv $X_{kir} = \omega L_{kir}$ va chastotaga bog'liq bo'lmagan aktiv r_{kir} tashkil etuvchilardan iborat bo'ladi (8.1-rasm). Tranzistorning chastotaga bog'liq bo'lgan tok bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyentini butun ish diapazonida bir xil qilish uchun parallel yoki ketma-ket tebranish konturidan iborat bo'lgan sodda moslovchi zanjirlarni ishlatish mumkin (8.2- rasm).



8.1-rasm. Tranzistor kirish qarshiligining ekvivalent sxemasi

Bunday moslovchi zanjirlar tranzistor kirish qarshiligining ekvivalent sxemasi elementlaridan va yakka konturdan iborat bo'ladi.

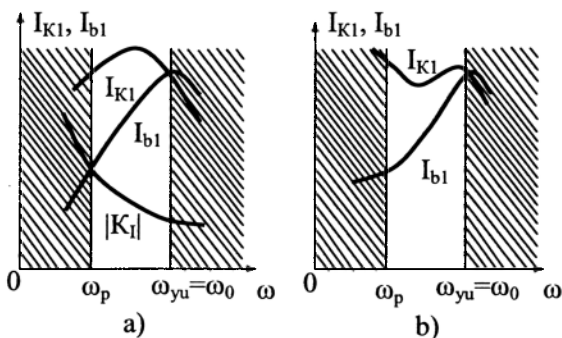
Ketma-ket va parallel moslovchi zanjirlar ishlatilgan kuchaytirgichlarda tokni uzatish koeffitsiyentining chastota bo'yicha korreksiyasi, ya'ni baza va kollektor toklarining chastotaga bog'liqligi 8.3a-b-rasmlarda keltirilgan. Bu rasmlardan ko'rinib turibdiki, moslovchi zanjirning rezonans chastotasi ω_0 ning ish diapazoni yuqori chastotasi ω_{yu} ga tenglashtirish ($\omega_0 = \omega_{yu}$) chastota ortishi bilan tranzistor baza toki amplitudasining oshishiga olib keladi. Bu holda kollektor tokining notekisligi $\omega_p \dots \omega_{yu}$ chastotalar oralig'ida (taxminan bir oktavada) atigi 8-10% tashkil etadi. Buning uchun ketma-ket moslovchi zanjir sxemasidagi (8.2a-rasm) kontur induktivligining aslligi $Q = \omega_{yu}L/r_{kir} \approx 2,3$, parallel sxemadagi (8.2b-rasm) kontur induktivligining aslligi $Q = 4,5$ bo'lishi va moslovchi zanjir oldingi kaskad (generator) bilan rezonans chastotada moslashgan bo'lishi kerak.



8.2-rasm. Tokni kuchaytirish koeffitsiyentini korreksiya qiluvchi zanjir:
a) – ketma-ket konturli; b) – parallel konturli.

Umuman olganda, oldingi kaskadning ichki qarshiligi R_{ichki} ni hisobga olgan holda kirish zanjirining aslligi ikki marta kichik bo'lishi kerak, ya'ni a) sxema uchun 1,15 ga teng, b) sxema uchun 2,25 ga teng. Demak, moslovchi zanjirning rezonans chastotasini $\omega_0 = \omega_{yu}$ ga tenglashtirish maqsadga muvofiq bo'ladi, chunki $\omega_0 < \omega_{yu}$ bo'lganda I_{k1} keskin kamayadi, $\omega_0 > \omega_{yu}$ da esa $\omega_p \dots \omega_{yu}$ chastota oralig'ida kollektor tokining notekisligi ortadi.

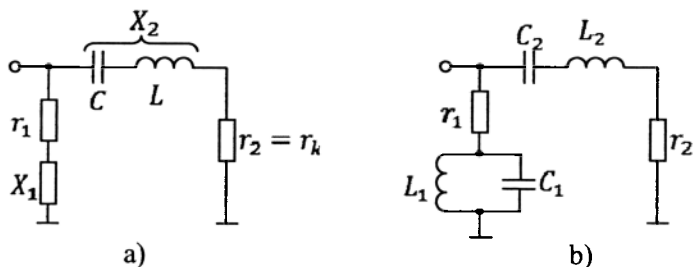
Ketma-ket moslovchi zanjirning kirish qarshiligi $\omega_0 = \omega_{yu}$ chastotada tranzistor qarshiligining aktiv tashkil etuvchisi r_{kir} ga teng bo'ladi. Bu zanjir qarshilikni transformatsiya qilish xususiyatiga ega emas. Bu uning asosiy kamchiligidir. Bunday moslovchi zanjirni kam quvvatli kuchaytirgichlarda ishlatish tavsiya qilinadi, ularda $r_{kir} \approx 50 \text{ Om}$ ni tashkil etadi. Parallel moslovchi zanjir qarshilikni transformatsiyalash qobiliyatiga ega va $\omega_0 = \omega_{yu}$ bo'lganda transformatsiyalash koeffitsiyenti $K \approx Q^2 \approx 20$ ga teng. Bu moslovchi zanjirni katta quvvatli keng polosali tranzistorli kuchaytirgichlarda ishlatish tavsiya etiladi, ularda $r_{kir} \approx 1 \text{ Om}$ ni tashkil etadi.



8.3-rasm. Baza (I_{b1}) va (I_{k1}) kollektor toklarining chastotaga bog'liqligi:
a) – ketma-ket kontur uchun; b) – parallel kontur uchun.

Ko'rib o'tilgan amplituda-chastota xarakteristika (AChX) ni korreksiya qiluvchi sxemalar «ortiqcha» quvvatni qaytaruvchi sxemalar turkumiga kiradi. Yuqori chastotalarda moslovchi zanjir

kirish qarshiligining aktiv tashkil etuvchisi r_{kir} ish diapazonining quyi chastota yaqinida moslanmagan kompleks qarshilikka aylanadi va oldingi kaskad berayotgan quvvatni pasaytiradi. Buning asosiy sababi bu kaskad uchun yuklama endi kompleks bo'lib, moslanmagan bo'ladi va quvvatning ko'p qismi aktiv elementning qizishi uchun sarf bo'ladi. Bu kamchiliklarni yo'qotish uchun moslovchi zanjir sxemasiga qo'shimcha zanjir ulanadi va undagi qarshilik ballast qarshilik deyiladi (8.4-rasm). Bunday sxemalar yuqorida qayd qilingan xususiyatlarni saqlagan holda kirishdagi qarshilikni doimiy qilib turadi.

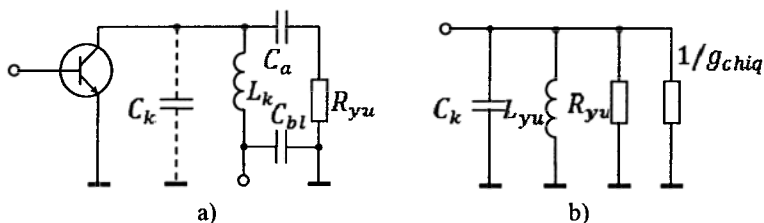


8.4-rasm. Keng polosali kuchaytirgichning qo'shimcha zanjir ulangan korreksiya qiluvchi kirish qismi: a) – doimiy qarshilik zanjiri; b) – parallel kontur zanjiri.

Keng polosali kuchaytirgichlarni kvadraturali ko'prik sxemalari asosida qurish mumkin. Ularning kirish qarshiligi yuklama o'zgarganda doimiy bo'lib turadi.

8.3. Kuchaytirgichning chiqish qismi uchun korreksiya qiluvchi zanjirlar

Tranzistorli keng polosali kuchaytirgichlarni chiqishdagi chastota oralig'ining kengligiga asosan tranzistor kollektori tarmog'ining sig'imi C_k va induktivligi L_k ta'sir qiladi (8.5-rasm).



8.5-rasm. a) – keng polosali kuchaytirgich chiqish qismining sxemasi;
b) – ekvivalent sxemasi.

Nisbatan uncha yuqori bo‘lmagan chastotalarda va $\omega L_k \ll 1/\omega C_k$ bo‘lganda L_k ning chastota oralig‘i kengligiga ta‘sirini hisobga olmasa bo‘ladi. U holda ωC_k sig‘imli o‘tkazuvchanlikni chastota oralig‘iga ta‘sirini kamaytirish uchun tranzistorni chiqish qismiga parallel qilib L_{yu} induktivlikni ulash kerak (8.6-rasm). C_k sig‘im va L_{yu} induktivlik parallel konturni tashkil etadi va ishchi chastotaning o‘rta qiymatiga mos qilib sozlanadi. C_a – ajratuvchi sig‘im bo‘lib yuklama R_{yu} ni va manbani bir-biridan ajratadi. Sxema berilgan chastota oralig‘ida to‘g‘ri ishlashi uchun C_k , L_{yu} , R_{yu} va tranzistor chiqish o‘tkazuvchanligini aktiv tashkil etuvchisi g_{chiq} dan iborat bo‘lgan konturning aslligi nisbatan kichik bo‘lishi kerak.

Parallel kontur qarshiligini quyidagi ifoda orqali yozish mumkin:

$$Z_n = R/(1 + j\xi), \quad (8.1)$$

bunda, $\xi = (\omega/\omega_0 - \omega_0/\omega)Q$ – kontur nosozligi,
 $R = R_{yu}/(1 + R_{yu}g_{chiq})$ – rezonans chastotadagi kontur qarshiligi,
 $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L_{yu}C_k}}$ – kontur rezonans chastotasi, $Q = R/\omega_0 L_{yu}$ – kontur aslligi. Agar ω_0 , ω_p , ω_{yu} chastotalar o‘zaro quyidagicha

$$\omega_0 = \sqrt{\omega_p \omega_{yu}} \quad (8.2)$$

bog'langan bo'lsa, past chastotadagi (ω_p) kontur nosozligi (ξ_p) va yuqori chastotadagi (ω_{yu}) kontur nosozligi (ξ_{yu}) modul jihatdan teng bo'ladi.

$\xi_p = \xi_{yu} = 0,3$ bo'lganda kontur o'tkazuvchanligining reaktiv tashkil etuvchisi aktiv tashkil etuvchidan 3,3 marta kichik bo'ladi. O'tkazuvchanlikning aktiv tashkil etuvchisi berilgan chastota oralig'ida atigi 10% o'zgaradi. Demak, bunday kontur nosozligini hisobga olmasa bo'ladi.

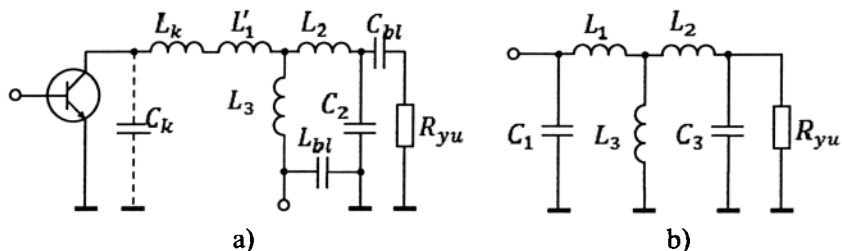
(8.1) va (8.2) ifodalardan foydalanib ξ orqali kontur aslligini yozamiz:

$$Q_0 = \frac{|\xi|}{\left(\sqrt{\frac{\omega_{yu}}{\omega_p}} - \sqrt{\frac{\omega_p}{\omega_{yu}}}\right)}. \quad (8.3)$$

Kuchaytirgich chiqish zanjirining amaldagi aslligi quyidagicha bo'ladi:

$$Q_{chiq} = \omega_0 C_k R_{yu} / (1 + g_{chiq} R_{yu}) \quad (8.4)$$

Demak, $\xi = 0,3$ bo'lganda, 7.5-rasmda sxema amalda qo'llanilishi uchun $Q_{chiq} < Q_0$ bo'lishi kerak. Bir oktavali kuchaytirgichlar uchun $Q_0 = 0,424$ bo'ladi. Bir konturli sxema chiqish qarshiligini transformatsiya qilolmaydi va yuqori garmonikalarni filtrlash xususiyati ham past bo'ladi. Chiqish qarshiligini transformatsiya qilish kerak bo'lganda va $\omega L_k \ll 1/\omega C_k$, ya'ni L_k hisobga olish kerak bo'lgan hollarda, murakkab chiqish zanjirlarini ishlatishga to'g'ri keladi. Bu turga o'zaro bog'langan ikki konturli sxemani misol keltirish mumkin (8.6-rasm).



8.6-rasm. a) – ikki konturli chiqish zanjiri elektr sxemasi;
b) – ekvivalent sxemasi.

Bu sxemada C_k va L_k birinchi kontur tarkibiga kiradi, $C_1 = C_k$, $L_1 = L_k + L'_1$. Bunday chiqish zanjirlari yuqori garmonikalarni yaxshi filtrlaydilar.

Nazorat savollari

1. Keng polosali kuchaytirgich deganda nimani tushunasiz?
2. Keng polosali kuchaytirgichlar qanday afzalliklarga ega?
3. Parallel konturli korreksiya qiluvchi zanjirni transformatsiyalash koeffitsiyenti qanchaga teng?
4. Kuchaytirgichning chiqish qismi uchun korreksiya qiluvchi zanjirlarning ish usulini tushuntiring.
5. Kuchaytirgichni chiqish qismi uchun korreksiya qiluvchi zanjirlarning qaysi elementlari polosa kengligiga ta'sir qilad?

9. CHASTOTA KO'PAYTIRGICHLAR

9.1. Chastota ko'paytirgichlarning qo'llanilishi, klassifikatsiyasi va asosiy xarakteristikalar

Chiqishidagi chastota qiymati kirishidagi chastota qiymatidan karrali marotaba katta bo'lgan qurilma *chastota ko'paytirgich* deb ataladi.

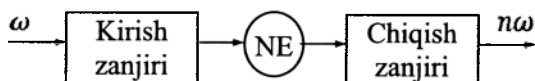
Kvars yordamida barqarorlashtirilgan past chastotali tebranishlar spektrini nisbatan yuqori chastotalar diapazoniga ko'chirish uchun RSUQlarida chastota ko'paytirgich (ChK)lardan foydalaniladi. Bundan tashqari chastota ko'paytirgichlar:

- chastota va faza modulyatsiyasini chuqurlashtirish (kengaytirish);
- katta kuchaytirish koeffitsiyentli radiochastota traktlari o'z-o'zidan qo'zg'atilishiga yo'l qo'ymaslik;
- avtogeneratorning chastota barqarorligiga keyingi kaskadlar ta'sirini kamaytirish;
- yuqori quvvatli tranzistorlar bo'lmaganda zaruriy ishchi chastotaga mo'ljallangan yuqori chastotadagi katta quvvatli (kuchli) tebranishlarni olish (talab qilinadigan katta quvvat past chastotada olinib, keyin esa ChK yordamida yuqori chastotalarga o'tkaziladi) maqsadida ishlatiladi.

Ma'lumki, chastota, butun son n marta ko'paytiriladi, n – ko'paytirish koeffitsiyenti (darajasi) deb ataladi. Chastota ko'paytirish – bu noxiziqli jarayon bo'lib, ChK tarkibida noxiziqli element bo'ladi. ChK funksional sxemasi 9.1-rasmda keltirilgan. Kirishiga ω chastotali tebranish berilganda, chiqishida $n\omega$ chastotali tebranish hosil bo'ladi.

Kirish zanjiri quvvatni noxiziqli element (NE)ga nisbatan to'liq uzatish uchun, chiqish zanjiri esa yuklama qarshiligini optimal rejimni ta'minlovchi NE elektrodlaridagi qarshilikka moslashtirish

uchun xizmat qiladi. Bundan tashqari, kirish va chiqish zanjirlari tanlovchanlik xususiyatiga ega: kirish zanjiri ω chastotali tebranishlarni, chiqish zanjiri esa $n\omega$ chastotali tebranishlarni o'tkazadi.



9.1-rasm. Chastota ko'paytirgich funksional sxemasi

Kirish zanjiri quvvatni nochoziqli element (NE)ga nisbatan to'liq uzatish uchun, chiqish zanjiri esa yuklama qarshiligini optimal rejimni ta'minlovchi NE elektrodlaridagi qarshilikka moslashtirish uchun xizmat qiladi. Bundan tashqari, kirish va chiqish zanjirlari tanlovchanlik xususiyatiga ega: kirish zanjiri ω chastotali tebranishlarni, chiqish zanjiri esa $n\omega$ chastotali tebranishlarni o'tkazadi.

Tranzistorli ChKlar namunaviy sxemalarining chiqish zanjiri sifatida bog'langan konturlar asosidagi filtrlardan, uch konturli filtrlardan va rejektorli filtrlardan foydalaniladi. ChKlardagi NE sifatida bipolyar va maydoniy tranzistorlari, yarimo'tkazgich diodlar ishlatiladi.

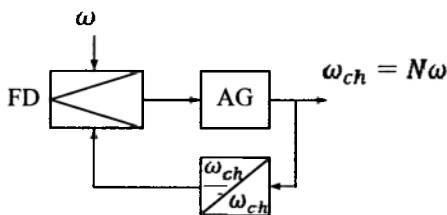
ChKlar ishlash prinsipi bo'yicha uchta guruhga bo'linadi. Birinchi guruh ChKlarda NEga asosiy chastotali davriy tebranish berilishi natijasida kerakli N garmonikaga ega bo'lgan tok spektri hosil bo'ladi va ushbu N -garmonika filtr yordamida ajratib olinadi. Ushbu guruhga bipolyar tranzistor, maydoniy tranzistor, lampa, diod, varaktor va boshqa NElardan iborat chastota ko'paytirgichlar kiradi.

Ikkinchi guruh chastota ko'paytirgichlarga $N\omega$ chastotaga yaqin chastotada ishlovchi va ω chastotali turg'un tebranish bilan sinxronizatsiyalanuvchi avtogenerator asosida chastota ko'paytirgichlar kiradi.

Uchinchi guruh chastota ko'paytirgichlariga $N\omega$ chastotaga yaqin chastotada ishlovchi, chiqish kuchlanishi faza detektoriga

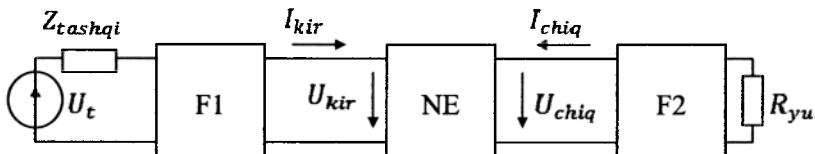
beriladigan bo'luvchi (N ga) qurilmali avtogenerator asosidagi chastota ko'paytirgichlar kiradi. Faza detektorining ikkinchi kirishiga chastotasi ko'paytirilishi kerak bo'lgan tebranish manbadan beriladi. Faza detektori chiqishidagi signal avtogenerator fazasini shunday sozlaydiki (to'g'rilaydiki), bunda uning chastota $N\omega$ ga teng bo'ladi (9.2-rasm).

Chastota ko'paytirgichning asosiy parametrlari quyidagilar: chastotani ko'paytirish koeffitsiyenti N , chiqish quvvati P_{chiq} , quvvat kuchaytirish koeffitsiyenti K_P , foydali ish koeffitsiyenti (FIK) η . Bundan tashqari ba'zi hollarda chastota ko'paytirgichni amplituda va chastota xarakteristikalari, chiqish kuchlanishi fazasining turg'unligi, harorat o'zgarganda chiqish quvvatining o'zgarishi alohida ahamiyatga ega bo'ladi.



9.2-rasm. Chiqish chastotasini bo'lishga va chastota fazasini avtomatik sozlashga asoslangan chastota ko'paytirgich funksional sxemasi

Chastota ko'paytirgichni aktiv elementi kesish ish holatida bo'lgan quvvat kuchaytirgich asosida ishlab chiqish mumkin. Uning strukturaviy sxemasi 9.3-rasmda keltirilgan.



9.3-rasm. Chastota ko'paytirgichning strukturaviy sxemasi

Sxemadagi kirish filtri $F_1 \omega_{kir}$ chastotaga sozlangan bo'lib, ta'sir qiluvchi manbaning chiqish qarshiligini nochiziqli elementning (NE) kirish qarshiligiga moslab beradi. Chiqish filtri F_2 esa nochiziqli element uchun yuklama qarshiligi R_{yu} ni optimal qilib beradi. Bundan tashqari u yuklamaga faqat $N\omega_{kir}$ signalni o'tkazadi, qolganlarini so'ndiradi. Nochiziqli element sifatida elektron lamp, tranzistor, varaktor va klitronlar ishlatilishi mumkin.

Chastotani ko'paytirish jarayonida generatorning chiqish konturi kerak bo'lgan garmonikaga sozlanadi va konturda ushbu ko'paygan chastotali to'lqinning quvvati ajralib chiqadi. Bunda $u_k = E_s + U_n \cos \omega t$ ko'rinishdagi ta'sir qiluvchi to'lqin berilganda, chiqish kuchlanishi $u_{ch} = E_s - U_{nN} \cos N\omega t$ ko'rinishda bo'ladi. Chastota ko'paytirish jarayonida kesish burchagi θ ni to'g'ri tanlash muhim, chunki foydali quvvat P_N , foydali ish koeffitsiyenti η va garmonika toklarining amplitudasi I_{k0} uning qiymatiga bog'liq bo'ladi.

9.2. Inersiyasiz to'rt qutbli chastota ko'paytirgichlar

Chastota ko'paytirgichi bo'lgan RSUQLarni loyihalashda, chastota ko'paytirishni qanday amalga oshirish masalasini hal etishga to'g'ri keladi. Bularga chastotani bitta yoki bir nechta kaskadda amalga oshirish, chastota ko'paytirgichni chiqish yoki oraliq kaskadlarda amalga oshirish, qanday nochiziqli element tanlash kabilarni kiritish mumkin. Bu masalalarni hal etish quvvat kuchaytirgich va chastota ko'paytirgich energetik ko'rsatkichlarining o'zaro munosabatiga bog'liq bo'ladi. Ko'paytirgich va kuchaytirgich energetik ko'rsatkichlari bir xil bo'lganda, chastota ko'paytirishni barcha kaskadlarda, yomon bo'lganda oraliq kaskadlarda, yaxshi bo'lganda chiqish kaskadida amalga oshirish kerak bo'ladi.

Quvvat kuchaytirgich va chastota ko'paytirgichning energetik ko'rsatkichlarini bir-biri bilan taqqoslaymiz. Aniqlik kiritish uchun

nochiziqli element sifatida, umumiy emitterli qilib ulangan va past chastotalarda ($\omega_{kir} < \omega_{cheg}$) ishlayotgan tranzistorni olamiz. Bu holda tranzistor inersiyasiz hisoblanadi. Kollektor kuchlanishi kollektor va baza toklariga ta'sir qilmaydi deb qabul qilamiz.

Energetik ko'rsatkichlarini bir-biri bilan taqqoslash natijasi, nochiziqli element (NE)ning qaysi parametri uni foydali quvvatini chegaralashiga bog'liq bo'ladi.

Misol tariqasida chegaralovchi parametr sifatida kollektor tokining amplitudasi I_{kmax} ni qabul qilamiz. U holda NEning kirishiga $u_{kir} = E_s + U_{be1} \cos \omega t$ ko'rinishidagi kuchlanish ta'sir qilganda garmonikalar toki quyidagi formula orqali topiladi:

$$I_{k0} = I_{kmax} \alpha_0(\theta); I_{kN} = I_{kmax} \alpha_N(\theta). \quad (9.1)$$

Yoyish koeffitsiyenti α_N kesish burchagi $\theta_N = \theta_{opt} = 120^\circ/N$ bo'lganda eng katta qiymatiga ega bo'ladi.

$$\alpha_N(\theta_N) = \alpha_1(120^\circ)/N = 0,536/N. \quad (9.2)$$

F_2 filtrning kirish qarshiligini $N\omega_{kir}$ chastotada R_n ga teng, boshqa chastotalarda kichik deb hisoblaymiz va kollektordagi kuchlanishning oniy qiymatini topamiz:

$$u_{KE}(t) = E_m - U_{nN} \cos N\omega, \quad (9.3)$$

bunda E_m – manba kuchlanishi; $U_{nN} = U_{KN}R_n$.

Chastota ko'paytirgichning energetik ko'rsatkichlarini quyidagi ifodalar orqali yozamiz.

Kollektor zanjiridagi N -garmonika quvvati

$$P_N = 0,5 U_{nN} I_{KN}. \quad (9.4)$$

Manbadan olinayotgan quvvat

$$P_0 = E_m I_{K0}. \quad (9.5)$$

Foydali ish ko'effitsiyenti

$$\eta = P_N/P_0. \quad (8.6)$$

Quvvatni ko'paytirish ko'effitsiyenti

$$K_{PN} = P_N/P_{kirN}, \quad (9.7)$$

bunda $P_{kirN} = 0,5U_{BE}I_{B1} - \text{ChK}$ kirishidagi quvvat.

Endi quvvat kuchaytirgich va chastota ko'paytirgich ko'rsatkichlarini bir xil sharoitda taqqoslaymiz, ya'ni ikkala qurilmada ham tranzistor kritik ish holatida ishlayapti va E_m, I_{K0} va ξ parametrlari bir xil deb hisoblaymiz. Bundan tashqari kesish burchagini $\theta_1 = 90^\circ$, $\theta_N = \theta_{opt} = 120^\circ/N$ deb qabul qilamiz va quvvat kuchaytirgich va chastota ko'paytirgichning energetik ko'rsatkichlarini taqqoslash natijasida quyidagi ifodalarni olamiz:

$$\frac{P_N}{P_1} = \frac{\alpha_N(\theta_{opt})}{\alpha_1(90^\circ)} \approx \frac{1}{N}; \quad (9.8)$$

$$\frac{\eta_{eN}}{\eta_{e1}} = \frac{g_N(\theta_{opt})}{g_1(90^\circ)}. \quad (9.9)$$

Ko'paytirish ko'effitsiyenti $N = 2, 3, 4$ bo'lganda $g_N(\theta_{opt})$ ning qiymati 1,27; 1,26; 1,25 bo'ladi va deyarli o'zgarmaydi. Demak, foydali ish ko'effitsiyenti uchun quyidagi ifodani yozishimiz mumkin:

$$\eta_{eN}/\eta_{e1} \approx 1,25/1,27 \approx 0,8; g_1(90^\circ) = 1,57. \quad (9.10)$$

Bundan shunday xulosa qilish mumkinki, chastota ko'paytirgich foydali ish ko'effitsiyenti chastotani ko'paytirish ko'effitsiyentiga bog'liq emas, kuchaytirgichniki $\eta_{e1} = 65 - 70\%$ bo'lganda, ko'paytirgichniki $\eta_{eN} = 50 - 55\%$ bo'ladi. Foydali quvvat esa N marta kamayadi.

Shuni ta'kidlash kerakki, ChKlarda generatorning kritik holati yuklama qarshiligining katta qiymatida ro'y beradi.

$$\frac{R_{nN}}{R_n} = \frac{I_{K1}}{I_{KN}} \frac{U_{Kkr}}{U_{Kkr}} = \frac{\alpha_1(\theta_1)}{\alpha_N(\theta_{opt})} \approx N; \quad (9.11)$$

$$\frac{U_{BEN}}{U_{BE1}} = \frac{SI_{Km}}{1 - \cos \theta_{opt}} \frac{1 - \cos \theta_1}{SI_{Km}} = \frac{1}{1 - \cos \theta_{opt}} \approx 0,46N^2, \quad (9.12)$$

bunda, $\cos \theta_{opt} \approx 1 - \theta_{opt}^2/2$; $\theta_{opt} = 2\pi/3N$.

Chastota ko'paytirish koeffitsiyentini quvvat kuchaytirgich koeffitsiyentiga nisbati quyidagicha bo'ladi:

$$\frac{K_{PN}}{K_{P1}} = \frac{P_N}{P_{kirN}} \frac{P_{kir1}}{P_1} = \frac{1}{N} \frac{U_{BE1}^2}{U_{BEN}^2} \frac{\gamma_1(\theta_1)}{\gamma_1(\theta_{opt})} \approx \frac{1,23}{N^2}. \quad (9.13)$$

Bunda

$$\gamma_1(\theta_{opt}) \approx 0,6(1 - \cos \theta_{opt})^{3/2} + \dots. \quad (9.14)$$

Taqqoslash shuni ko'rsatadiki, chastota ko'paytirgichning energetik ko'rsatkichlari quvvat ko'rsatkichnikidan ancha kichik ekan va ular N oshishi bilan keskin kamayadi. Shuning uchun chastota ko'paytirgichni amalda ishlatishda uning chastota ko'paytirish koeffitsiyentini N ni 3, 4 dan oshirish kerak emas, chunki u holda energetik ko'rsatkichlar juda kamayib ketadi. Agar kollektor kuchlanishining baza va kollektor toklariga ta'siri bo'lsa, bu ko'rsatkichlar yanada kamayadi.

9.3. Tranzistorli chastota ko'paytirgichlar

Tranzistorli chastota ko'paytirgich sifatida bipolyar tranzistor (BT) va maydoniy tranzistor (MT) li chiqish zanjiri $n\omega$ chastotaga sozlangan quvvat kuchaytirgich (QK)lardan foydalanish mumkin. Bunday chastota ko'paytirgichlarda chastotani ko'paytirish

tranzistor volt-amper xarakteristika (VAX)sining nochiziqliligi hisobiga amalga oshadi.

Agar quvvat kuchaytirgich AB, B yoki C sinfida ishlasa, u holda tranzistor chiqish toki $i_k(t)$ spektri tarkibida asosiy chastota bilan birgalikda yuqori chastotalari ham mavjud bo'lgan kosinusoidal impulslar shaklida bo'ladi. Chiqish zanjirida $i_k(t)$ muayyan $u_k(t)$ kuchlanishni hosil qiladi. Chiqish zanjirining yetarlicha yuqori aslligida $u_k(t)$ kuchlanish $n\omega$ chastotali garmonik tebranish shaklida bo'ladi. Natijada yuklamaga n - garmonika quvvati $P_n = I_{kn}U_{kn}/2$ uzatiladi, bunda I_{kn}, U_{kn} – chiqish toki va kuchlanishining n – garmonikasi amplitudalari.

Chastota ko'paytirgichlarda aktiv elementning ish rejimi bir qator xususiyatlarga ega:

1. Tranzistorlar yordamida chastota ko'paytirish kichik quvvatlarda amalga oshiriladi, chunki $QK\ FIK \gg ChK\ FIK$.

2. Aktiv element (NE)ning boshqaruvchi elektrodidagi kuchlanish shakli garmonik bo'ladi: $u_b = E_s + U_{b1} \cos \omega t$, bunda E_s – siljish doimiy kuchlanishi; U_{b1} – boshqaruvchi kuchlanish 1-garmonikasining amplitudasi.

3. Agar NE sifatida BT ishlatilsa, u holda energetik xarakteristikaning chastotaga bog'liqligini kamaytirish uchun korrektirlovchi zanjir ishlatiladi. Asosan emitter korreksiyasi qo'llaniladi.

4. Chiqish toki n - garmonikasining amplitudasi $I_{kn} = \alpha_n(\theta)i_{k\ max}$ yoki $I_{kn} = \gamma_n(\theta)SU_{b1}$ ga teng bo'ladi, bunda $\alpha_n(\theta)$ va $\gamma_n(\theta)$ – kosinusoidal impulsni garmonik tashkil etuvchilarga ajratish koeffitsiyentlari yoki Berg koeffitsiyentlari deb ataladi. Chiqish quvvati P_{ch} ni oshirish uchun kesish burchagi θ ni shunday tanlash kerakki, natijada amplituda I_{kn} ning qiymati eng katta bo'lishi lozim. $\alpha_n(\theta)$ va $\gamma_n(\theta)$ Berg koeffitsiyentlarining grafiklari 3.4- va 3.5-rasmlarda keltirilgan.

5. Tokning eng katta amplitudasi $\alpha_n(\theta)$, $\gamma_n(\theta)$ funksiyalarining ekstremum qiymatlariga mos keladi. I_{kn} ni hisoblash uchun $\alpha_n(\theta)$

koeffitsiyentidan foydalanilsa, optimal kesish burchagi $\theta_{opt} = 120^\circ$ /nga mos keluvchi $\alpha_n(\theta)$ ning birinchi ekstremumini tanlash maqsadga muvofiq. $\gamma_n(\theta)$ koeffitsiyentlaridan foydalanilganda esa $\theta_{opt} = 180^\circ/n$.

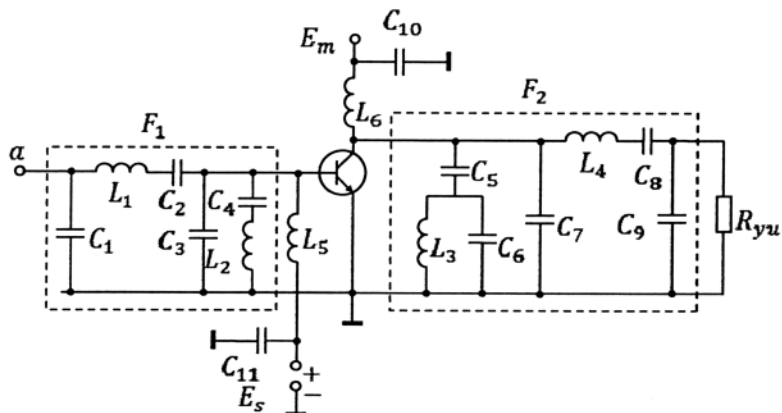
I_{kn} ni hisoblash uchun α yoki γ koeffitsiyentlaridan qaysi birini tanlashda quyidagiga asoslaniladi:

- P_{ch} ning maksimal qiymati talab etilsa, unda α koeffitsiyentlaridan foydalaniladi;
- K_f ning maksimal qiymati talab etilsa, unda γ koeffitsiyentlaridan foydalaniladi.

Tranzistorli chastota ko'paytirgichning prinsipial sxemasi 6.4-rasmda keltirilgan.

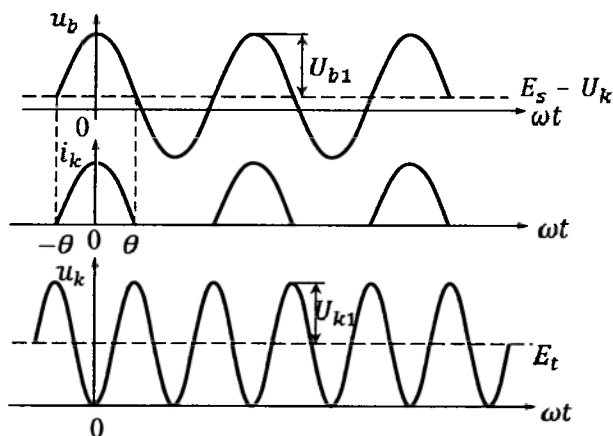
F_1 va F_2 filtrlar tranzistorning baza va kollektorida garmonik shakldagi kuchlanishlarni hosil qiladi. Bunda filtrlarning qarshiligi F_1 uchun ω_{kir} va F_2 uchun $n\omega_{kir}$ chastotalardan tashqari qolgan barcha chastotalar uchun kichik bo'lishi talab etiladi. Kaskadning kirishi va chiqishiga Π -simon filtrlar (C_1, L_1, C_2, C_3 va C_7, L_4, C_8, C_9) dan tashqari qo'shimcha elementlar: L_2, C_4 va C_5, C_6, L_3 ulangan. Ularning parametrlari shunday tanlanadiki, bunda L_2, C_4 va L_3, C_6 konturlarning rezonans chastotasi $n\omega_{kir}$ bilan bir xil bo'lishi, ω_{kir} chastotada C_5 sig'imning qarshiligi L_3, C_6 konturning induktiv qarshiligiga teng bo'lishi kerak. Π -simon kirish filtri yordamida α nuqtada ω_{kir} chastotasida oldingi kaskad uchun optimal qarshilik ta'minlanadi. Π -simon chiqish filtri $n\omega_{kir}$ chastotasida tranzistor uchun optimal yuklama vazifasini bajaradi.

Tranzistorli chastota ko'paytirgich aktiv elementining ish rejimini hisoblashda (ya'ni I_{kn} , P_n va $\eta_n = P_n/P_0$ qiymatlarni hisoblash uchun) tranzistorli quvvat kuchaytirgich aktiv elementining ish rejimini hisoblash uchun olingan ifodalardan foydalanish mumkin, ya'ni I_{k1} , P_1 va η_1 qiymatlari o'rniga I_{kn} , P_n va $\eta_n = P_n/P_0$ qiymatlari hisoblanadi.



9.4-rasm. Tranzistorli chastota ko'paytirgichning prinsipial sxemasi

9.5-rasmda $n = 2$ ga ko'paytirishda chastota ko'paytirgichdagi tranzistor ish holatini aniqlovchi asosiy elektrik kattaliklarning vaqt diagrammalari keltirilgan.



9.5-rasm. Chastotani ikkiga ko'paytirishda u_b , i_k va u_k larning vaqtga bog'liqligi

Tranzistorli chastota ko'paytirgichlarning afzalligi shundaki, chastota ko'paytirilganda kirish quvvati ham kuchayadi. Kirish quvvatining kuchayishi ta'minot manbai quvvati E_t ning $n\omega$

chastotali tebranish quvvatiga o'zgartirilishi natijasida yuzaga keladi.

Tranzistorli chastota ko'paytirgichning kamchiligi shundan iboratki, tebranish chastotasi ω ning va ko'paytirish darajasi (koeffitsiyenti) n ning kattalashishi bilan chiqish quvvati, FIK va kuchaytirish koeffitsiyenti K_p ning kamayishidir. Amaliyotda tranzistorli chastota ko'paytirgichlar O'YuCh diapazonigacha bo'lgan chastotalarda qo'llaniladi va uchdan katta bo'lmagan ($n \leq 3$) ko'paytirish darajasiga ega bo'ladi.

Nazorat savollari

1. Chastota ko'paytirgich deb qanday qurilmaga aytiladi?
2. Chastota ko'paytirgich qanday maqsadlarda ishlatiladi?
3. Chastota ko'paytirgichlar nechta guruhga bo'linadi?
4. Chastota ko'paytirgichlarning asosiy parametrlari qaysilar?
5. Chastota ko'paytirgichning strukturaviy sxemasini chizing va ishlash usulini tushuntiring.
6. Tranzistorli chastota ko'paytirgichlarning afzalligi nimada?
7. Varaktorli chastota ko'paytirgichning funksional sxemasi va uning ekvivalent sxemasini chizing, tushuncha bering.
8. Chastota ko'paytirgichning qanday energetik ko'rsatkichlarini bilasiz?
9. Nima uchun ko'paytirish koeffitsiyentini 4 dan katta qilib tanlab bo'lmaydi?

10. AVTOGENERATORLAR

10.1. Avtogeneratedorlar to'g'risida umumiy tushunchalar

Avtogeneratedor – ta'minot manbai energiyasini tashqi ta'sirsiz yuqori chastotali energiyaga aylantiruvchi qurilma bo'lib, radioaloqa qurilmalarining (RAQ) asosiy qismlaridan biri hisoblanadi. Avtogeneratedor radiosignallarning birlamchi manbasi bo'lib, u shakllantirayotgan to'lqinlarning chastotasi va amplitudasi faqat sxema elementlariga bog'liq bo'ladi. Avtogeneratedor (AG) tarkibida, albatta, aktiv element va tebranish konturi bo'ladi. Aktiv element manba energiyasining tebranish konturiga kelib tushishini boshqarib, to'lqin amplitudasini doimiy qilib turadi. Tebranish konturi esa shakllantirayotgan to'lqin energiyasining chastotasini belgilab beradi. Avtogeneratedorlar radiosignallarni uzatuvchi qurilmalarda (RSUQ) yuqori chastotali tashuvchi signallar ishlab berish uchun, radioqabul qiluvchi qurilmalarda geterodin sifatida va nazorat-o'lchov asboblari hamda televizorlarda ishlatiladi. Bir kaskadli RUQLarda avtogeneratedorlarning quvvati uzatuvchi qurilmaning quvvatiga teng bo'lishi kerak, ko'p kaskadli radiouzatuvchi qurilmalarda AG chastotasining turg'unligiga katta e'tibor beriladi. Chastota turg'unligini oshirish uchun AGni tashqi muhit ta'siridan himoya qilish kerak: bular qatoriga ta'minot manbai kuchlanishini, muhit haroratini, silkinishlar, elektromagnit va yadro nurlanishini kiritish mumkin. Tebranish konturi induktivlik va sig'imdand yoki kvars rezonatori konturidan tuzilgan bo'lishi mumkin. Zamonaviy avtogeneratedorlarda, keyingi paytlarda o'tkazuvchanlik xususiyatiga ega bo'lgan rezonatorlar (tebrantirgichlar) ishlatilmoqda.

Avtogeneratedorning chastota turg'unligiga bo'lgan talabdan tashqari parazit amplituda modulyatsiyasi va ikkilamchi nurlanishlar sathiga ham qat'iy talablar qo'yiladi.

Avtogeneratorning vazifasi yuqori (YuCh) va o'ta yuqori chastotalarda (O'YuCh) tebranishlarni generatsiyalashdan (ishlab chiqishdan) iborat. Avtogeneratorda o'zgarmas tok manbaining energiyasi YuCh yoki O'YuCh tebranishlar energiyasiga aylantirish amalga oshiriladi. AG radiouzatuvchi va radioqabul qiluvchi qurilmalarining tarkibida yuqori chastotali tashuvchi signallar ishlab beruvchi kaskad hisoblanadi.

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

Avtotebranishlar chastotasini *stabillash ushlari* quyidagilar bo'lishi mumkin:

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

10 GHz dan yuqori diapazonda ishlaydigan molekulyar generatorlar, asosan, chastota etaloni sifatida foydalaniladi.

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

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

Radiosignallarni uzatuvchi qurilmaning boshqa qismlari bilan *o'zaro ta'siriga ko'ra* avtogeneratolar avtonom rejimda ishlaydigan, tashqi signal orqali chastotani sinxronlash rejimida

ishlaydigan va qurilma tarkibida chastotani avtomatik sozlaydigan turlarga ajratiladi.

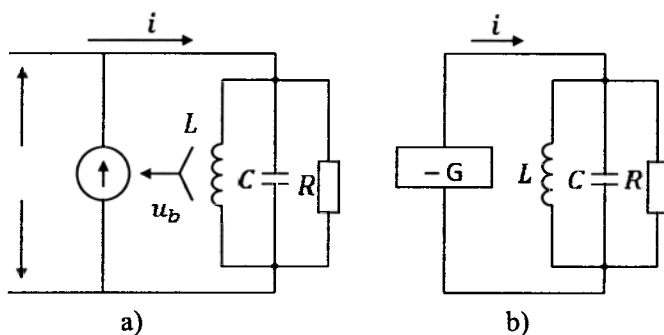
Radioaloqa qurilmalari tarkibida *foydalanishi bo'yicha* avtogeneratorlarni quyidagicha ajratish mumkin:

- qurilmaning barcha kaskadlari va qismlari ishini sinxronlaydigan chastotaviy stabiligi oshirilgan tayanch yoki etalon avtogeneratorlar;

- chastota bo'yicha qayta sozlanadigan (shu jumladan, chastota sintezatori tarkibida) diapazonli avtogeneratorlar.

Avtogenerator ishini quyidagi *asosiy parametrlar* xarakterlaydi: chastotalar diapazoni yoki qayd qilingan chastota qiymati, yuklamadagi avtotebranishlar quvvati, chastota turg'unligi (uzoq vaqtli va qisqa vaqtli).

Tebranish tizimli avtogenerator yig'ilishining ikki asosiy prinsipi bo'lishi mumkin. Birinchi turdagi avtogeneratorlarda noxiziqli tok generatori $i(u_b)$ ko'rinishda tasavvur qilinadigan elektron asbob qo'llaniladi (bu yerda u_b – boshqaruvchi kuchlanish (9.1a-rasm). Teskari aloqa zanjiri hisobiga tebranish tizimlaridan signal quvvatining bir qismi elektron asbob kirishiga beriladi. Kuchaytirishdan so'ng berilgan tebranishlar yo'qotishlarni kompensatsiyalash va avtotebranishlarning barqaror ish holatini ushlab turish uchun tebranish tizimiga teskari zanjir orqali qaytadi. Bunda tebranish tizimidan olinadigan va yana unga qaytadigan tebranishlar fazalari tengligidan iborat bo'lgan sinxronlash sharti bajarilishi zarur.



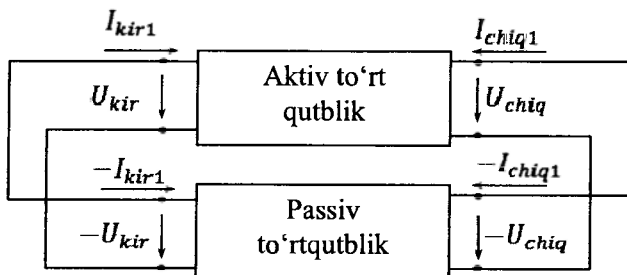
10.1-rasm. a) – nohiziqli tok generatori ishlatilgan avtogenerator;
b) – diodli generator ishlatilgan avtogenerator.

Avtogeneratorlar ikkinchi turining asosini maxsus generator diodlari tashkil qiladi. Ularning ekvivalent sxemasi manfiy aktiv o'tkazuvchanlikka ega bo'ladi (masalan, volt-amper xarakteristikaga tushuvchi oraliq yoki asbobda signalning kech qolishi). Bunday asbob tebranish tizimiga ulanganida undagi yo'qotishlarni kompensatsiyalaydi va buning natijasida avtotebranishlarning barqaror ish holati ta'minlanadi. Ikkinchi turdagi AGlarning ekvivalent sxemasi 10.1b-rasmda keltirilgan.

10.2. Avtogenerator tenglamalari

Avtogenerator sxemasini quvvat kuchaytirgich asosida qurish mumkin. Buning uchun quvvatning bir qismini MZ chiqish qismidan AEning kirish qismiga teskari aloqa zanjiri orqali uzatish kerak. Umuman olganda AG sxemasi berk tutash zanjirga ulangan aktiv va passiv to'rtqutblikdan iborat bo'ladi (10.2-rasm).

AG sxemasi bundan tashqari aktiv ikkiquitblik, uchqutblik va to'rtqutblikdan tuzilishi mumkin. Aktiv to'rtqutblik sifatida elektron lampa, tranzistor, klistronlar bo'lishi mumkin. Passiv to'rtqutblik tarkibida tebranish konturi, yuklama, teskari aloqa zanjiri mavjud bo'ladi. Yuklama qarshiligida (Z_y) AG shakllantirayotgan foydali quvvat ajratiladi.



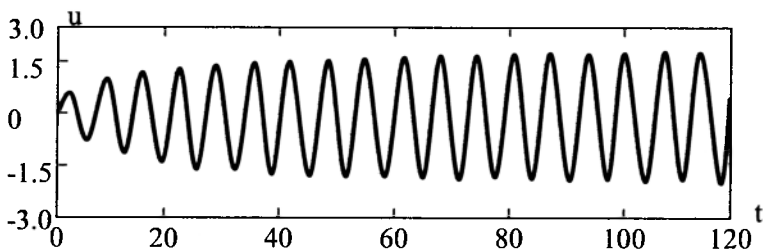
10.2-rasm. Avtogeneratorning umumlashtirilgan sxemasi

AGda to'qlinlarni ishlab chiqish jarayonini ko'rib chiqamiz. AG qurilmasiga ta'minot manbai ulangandan keyin, unda noturg'un ish holati vujudga keladi. AE va konturning fluktuatsiya toklari natijasida tebranish konturida yuzaga kelgan to'qlinlar avval tebranish rezonans chastotasida ajratib olinadi so'ng aktiv to'rt qutblik yordamida kuchaytiriladi. Tebranish konturi yuzaga kelgan to'qlinlarning chastotasini belgilab beradi:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Bu to'qlinlar AG ning kirish qismiga teskari aloqa zanjiri orqali uzatilib, aktiv element orqali kuchaytirilib, yana konturga kelib tushadi va jarayon yana qaytariladi. Natijada to'qlinlar amplitudasi borgan sari oshib boradi (10.3-rasm).

Avtogeneratorlarning amaliy sxemalarini umumlashtirilgan uch nuqtali sxema orqali ifodalash mumkin (10.4-rasm).

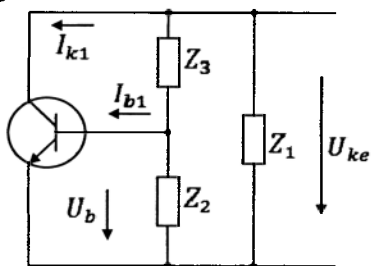


10.3-rasm. Avtogeneratorning qo'zg'atish sharti bajarilayotgan vaqtdagi to'qlinlar amplitudasining oshib borishi

AGning asosiy tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$(1 - S_1 k Z_y) u_{kir} = 0, \quad (10.1)$$

bunda, S_1 – qiyalik; k – teskari aloqa koeffitsiyenti; Z_y – AG yuklamasining qarshiligi.



10.4-rasm. Avtogeneratorning umumlashtirilgan uch nuqtali sxemasi

AGning statsionar ish holatini quyidagi ifoda orqali aniqlash mumkin:

$$\dot{S}_1 \dot{k} \dot{Z}_y = 1. \quad (10.2)$$

$\dot{S}_1$ – AEning kompleks qiyaligi bo‘lib, u kollektor toki $\dot{I}_{k1}$ ni ta’sir etuvchi kuchlanish amplitudasi bilan bog‘laydi:

$$\dot{I}_{k1} = \dot{S}_1 \dot{U}_T. \quad (10.3)$$

Teskari aloqa koeffitsiyentini quyidagicha yozish mumkin:

$$\dot{k} = -\frac{\dot{Z}_2}{\dot{Z}_2 + \dot{Z}_3}. \quad (10.4)$$

Aktiv elementning yuklama qarshiligi:

$$\dot{Z}_y = \frac{\dot{Z}_1(\dot{Z}_2 + \dot{Z}_3)}{\dot{Z}_1 + \dot{Z}_2 + \dot{Z}_3}. \quad (10.5)$$

Teskari aloqa koeffitsiyenti ($\dot{k}$) ning yuklama qarshiligiga ko'paytmasi boshqaruvchi qarshilik deb ataladi.

$$\dot{Z}_b = \dot{k}\dot{Z}_y = \frac{\dot{Z}_1\dot{Z}_2}{\dot{Z}_1 + \dot{Z}_2 + \dot{Z}_3}. \quad (10.6)$$

U holda AGning statsionar ish holatini boshqacha yozish mumkin:

$$\dot{S}_1\dot{Z}_b = 1. \quad (10.7)$$

$\dot{k}, \dot{Z}_y, \dot{Z}_b$ lar AGning umumlashtirilgan parametrlari bo'lib xizmat qilishadi. $\dot{Z}_1, \dot{Z}_2, \dot{Z}_3$ qarshiliklar tarkibiga tebranish konturining qarshiligidan tashqari aktiv elementning parazit xususiyatlari ham kiradi. Bular aktiv elementning kirish, chiqish va o'tkazuvchanlik qarshiliklaridir (10.2). Tenglamadagi $\dot{S}_1, \dot{k}, \dot{Z}_y$ qiymatlarini modul va faza ko'paytirgichlari tarzida yozamiz.

$$\dot{S}_1 = S_1 e^{j\varphi_s}, \quad \dot{k} = k e^{j\varphi_k}, \quad \dot{Z}_y = |Z_y| e^{j\varphi_y},$$

$\varphi_s, \varphi_k, \varphi_y$ – aktiv elementning qiyaligini, teskari aloqa koeffitsiyentini va yuklama qarshiligining fazalari. U holda (10.2) tenglama ikkita tenglamadan iborat bo'ladi:

Amplituda balansi tenglamasi

$$S_1 k |\dot{Z}_y| = 1. \quad (10.8)$$

Fazalar balansi tenglamasi

$$\varphi_s + \varphi_k + \varphi_y = 0. \quad (10.9)$$

Yuqorida aytib o'tildiki, ta'minot manbai avtogenerator sxemasiga ulanganda ishlab chiqarilayotgan to'lqinlarning

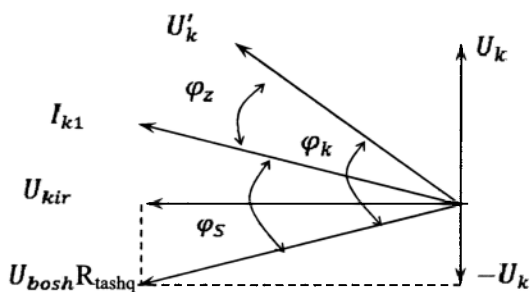
amplitudasi borgan sari oshib boradi, ya'ni avtogeneratorning *qo'zg'atish sharti* bajariladi.

$$|\dot{S}_1| |\dot{k}| |\dot{Z}_y| > 1. \quad (10.10)$$

Chunki kollektor tokining birinchi garmonikasi I_{k1} tebranish konturidan o'tib, unda quyidagi ko'rinishdagi kuchlanish pasayishini hosil qiladi:

$$U_k = I_{k1} Z_y = S_1 Z_y U_y. \quad (10.11)$$

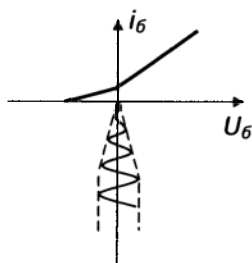
Bu “ikkilamchi” kuchlanishning (U''_k) amplitudasi birlamchi kuchlanishning (U'_k) amplitudasidan katta bo'ladi (10.5-rasm). AG nochiziqli xarakterga ega, ya'ni to'liqlar chastotasi oshishi bilan, aktiv elementning qiyaligi noziqli ravishda kamayib boradi (10.6-rasm). Natijada to'liqlar amplitudasi kamayib “ikkilamchi” va “birlamchi” kuchlanish tenglashadi va AG statsionar ish holatining amplitudalar balansi sharti (10.8) bajariladi.



10.5-rasm. Avtogeneratorning ishlashiga oid vektor diagramma

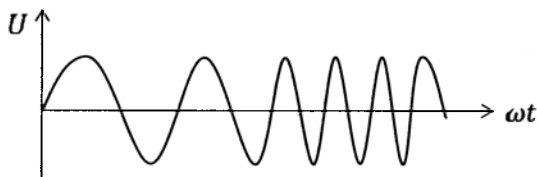
Ikkilamchi kuchlanishni (U''_k) vektori “birlamchi” kuchlanish (U'_k) vektoridan faza bo'yicha oldinda boradi. Demak, AG ishlab berayotgan to'liq amplitudasining maksimal qiymati oldingi

holatga qaraganda tezroq erishiladi, boshqacha qilib aytganda, ishlab chiqarilayotgan to‘lqin siqiluvchi sinusoidani eslatadi, ya’ni to‘lqin chastotasi borgan sari oshib boradi (10.7-rasm).



10.6-rasm. Aktiv element qiyaligining noziqli ravishda kamayib borishi

Chastota o‘zgarishi bilan tebranish konturining ekvivalent qarshiligi Z_k ham o‘zgaradi. Konturdagi kuchlanish va zanjirdan oqib o‘tayotgan tok orasidagi faza siljishi (φ_z), chastota o‘zgarishi $\Delta\omega$ xususiy chastota ω_0 dan qancha farq qilsa, shuncha oshadi. Chastotaning oshishi vektorlar orasidagi φ_z burchagining oshishiga olib keladi va vektor U'_k “birlamchi” vektor U_k yaqinlashadi (10.5-rasm).



10.7-rasm. Siqiluvchi sinusoida

“Ikkilamchi” va “birlamchi” vektorlarning fazalari bir-biriga mos tushganda chastotalarning oshish jarayoni to‘xtaydi. Demak, $\varphi_s + \varphi_k + \varphi_y = 0$ shart bajariladi va bu tenglama AG chastotasini belgilab beradi. $\varphi_s + \varphi_k + \varphi_y > 0$ bo‘lganda chastota oshadi, $\varphi_s + \varphi_k + \varphi_y < 0$ bo‘lganda esa kamayadi.

Agar tebranish konturining va AEning parametrlari ma'lum bo'lsa, (10.8) va (10.9) tenglamalardan to'liq amplitudasini aniqlash mumkin. AGlarni loyihalashda odatda to'liq chastotasi va amplitudasi berilgan bo'ladi, u holda (10.8) va (10.9) tenglamalardan sxemaning parametri va strukturasini aniqlash mumkin. Tenglama ikkita, parametrlar esa ko'p bo'lganligi uchun, ba'zi parametrlarni oldindan qabul qilishga to'g'ri keladi.

10.3. Avtogenerator sxemalari

Avtogeneratorlarning chastota turg'unligi yuqori bo'lishi uchun tebranish konturida quvvat sarf bo'lishi iloji boricha kam bo'lishi kerak. Demak, $\dot{Z}_1 = r_1 + jX_1$, $\dot{Z}_2 = r_2 + jX_2$ va $\dot{Z}_3 = r_3 + jX_3$ kompleks qarshiliklarning aktiv tashkil etuvchilarining salmog'i kichik bo'lishi kerak: $r_1/X_1 \ll 1$, $r_2/X_2 \ll 1$, $r_3/X_3 \ll 1$. U holda boshqaruvchi qarshilik uchun ifoda ancha soddalashadi:

$$\dot{Z}_b = \frac{\dot{Z}_1 \dot{Z}_2}{\dot{Z}_1 + \dot{Z}_2 + \dot{Z}_3} = \frac{(r_1 + jX_1)(r_2 + jX_2)}{r_1 + r_2 + r_3 + j(X_1 + X_2 + X_3)} \approx \frac{X_1 X_2}{r + jX}, \quad (10.12)$$

bunda, $r = r_1 + r_2 + r_3$; $X = X_1 + X_2 + X_3$.

Aktiv to'rtqutblikni inersiyasiz va uning qiyaligi S_1 faqat haqiqiy qismdan iborat deb hisoblaymiz, u holda boshqaruvchi qarshilik $Z_b = R_b + jX$ aktiv qarshilik R_y ga teng bo'ladi va AGning stasionar ish holatini quyidagicha yozish mumkin $S_1 R_b = 1$
 $X=1$

$\dot{Z}_b = R_b$ bo'lishi uchun reaktiv qarshiliklar yig'indisi nolga teng bo'lishi kerak:

$$X = X_1 + X_2 + X_3 = 0. \quad (10.13)$$

(10.12) tenglamaning surati haqiqiy bo'lgani uchun boshqaruvchi qarshilikni aktiv qarshilik orqali yozish mumkin.

$$R_b = X_1 X_2 / r. \quad (10.14)$$

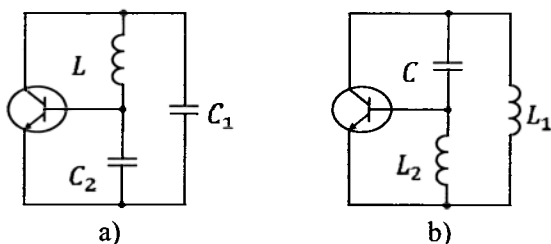
X_1, X_2 va X_3 reaktiv qarshiliklar AG chastotasiga kuchli bog‘liq bo‘ladi va amplitudasiga esa deyarli bog‘liq bo‘lmaydi. (10.13) tenglama AG ishlab berayotgan to‘lqin chastotasini belgilab beradi. Aktiv element qiyaligi $S_1 > 0$ bo‘lgani uchun boshqaruvchi qarshilik R_b ham musbat ishorali va haqiqiy bo‘lishi kerak. Shuning uchun $r > 0$ bo‘lganda X_1 va X_2 reaktiv qarshiliklar ishorasi bir xil, X_3 niki esa qarama-qarshi bo‘lishi kerak. Shunday qilib uch nuqtali avtogenerator sxemalari ikki turli bo‘lishi mumkin:

a) uch nuqtali sig‘imli sxema (10.8a-rasm)

$$X_1 < 0, X_2 < 0, X_3 > 0. \quad (10.15)$$

b) uch nuqtali induktivli sxema (10.8b-rasm)

$$X_1 > 0, X_2 > 0, X_3 < 0. \quad (10.16)$$



10.8-rasm. Avtogeneratorning uch nuqtali sxemasi: a) – sig‘imli, b) – induktivli.

Quvvat sarf bo‘lishi kam bo‘lgan holda, teskari aloqa koeffitsiyenti va yuklama qarshiligini aniqlovchi formulani yozamiz.

$$\dot{K} = -\frac{r_2 + jX_2}{r_1 + r_2 + j(X_2 + X_3)} \approx -\frac{jX_2}{rX_2 + jX_3} \quad (10.17)$$

(10.13) tenglamadan ko‘rinib turibdiki, $X_2 + X_3 = -X_1$ va teskari aloqa koeffitsiyenti haqiqiy bo‘lib, X_2 va X_1 qarshiliklar nisbatiga teng bo‘ladi

$$\dot{k} \approx X_2/X_1. \quad (10.18)$$

Yuklama qarshiligi ham haqiqiy bo'lib, quyidagicha ifodalanadi:

$$\dot{Z}_y \approx R_y \approx X_1^2/r. \quad (10.19)$$

Agar $\dot{Z}_1, \dot{Z}_2$ va $\dot{Z}_3$ kompleks qarshiliklarning har biri ketma-ket ulangan sig'im va induktivlikdan iborat bo'lsa, tebranish tizimi bir konturli bo'lib, bitta xususiy chastotaga ega bo'ladi. $\dot{Z}_1, \dot{Z}_2$ va $\dot{Z}_3$ qarshiliklar tarkibiga tarmoqlangan zanjir – parallel konturlar kirs, tebranish tizimi ikki konturli, uch konturli va h.k., mos ravishda ikkita yoki uchta xususiy chastotaga ega bo'ladi. Bunday avtogeneratorlar ish holatini tahlil qilish ancha murakkab bo'ladi. Real hollarda AG sxemalari ko'p konturli bo'lib, ulardagi har bir $\dot{Z}_1, \dot{Z}_2$ va $\dot{Z}_3$ qarshiliklar parallel ulangan aktiv hamda passiv elementlardan va blokirovka qiluvchi elementlardan iborat bo'ladi.

AG ishlab berayotgan chastotaning turg'unligi tebranish konturining aslligiga, aktiv elementning parametrlariga va ish holatiga bog'liq bo'ladi. Chastotaning o'zgarishiga asosan tranzistor ish holati va uning sig'implari hamda qiyaligining faza burchagi φ_s sababchi bo'ladi. φ_s qancha katta bo'lsa, chastotaga ta'sir qiluvchi omillar ham shuncha ko'p bo'ladi. Shuning uchun AGlarda, chegaraviy chastotasi f_{cheg} yuqori bo'lgan tranzistorlar ishlatiladi. AG ishlab berayotgan chastotada ular uchun inersion hodisa kuzatilmaydi va $f_0 < (0,1...0,3) f_{cheg}$ bo'ladi. Bu shart bajarilmasa, aktiv element qiyaligining kompleks xarakterini va tranzistorning boshqa o'tkazuvchanliklarini hisobga olish kerak bo'ladi.

10.4. Avtogeneratordagi aktiv elementning ish holati

Chastota turg'unligi yuqori bo'lgan avtogeneratorlarda tranzistorning ish holati ancha yengil bo'lishi kerak. Shuning uchun manba kuchlanishini va kollektor toki impulsining amplitudasini quyidagi shartga qarab tanlash kerak:

$$i_{km} < (0,2...0,4)i_{kmax}; \quad E_k < (0,3...0,5)U_{kmax}.$$

i_{kmax} va U_{kmax} lar tranzistor hujjatida ko'rsatilgan mumkin bo'lgan eng katta kollektor toki va kuchlanishining qiymati.

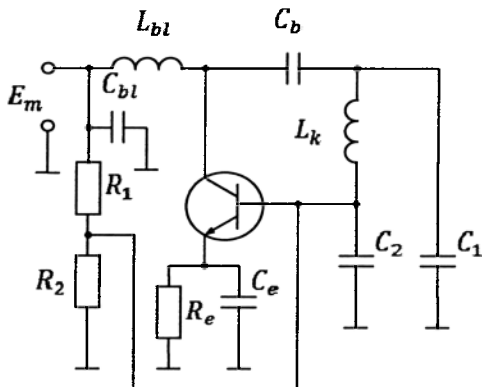
Kollektor toki qiymati $i_{km} < 2...3mA$ bo'lganda tranzistorning parametrlari haroratga kuchli bog'liq bo'ladi. Bundan tashqari i_{km} kamayishi bilan AGning chiqishida shovqin signal ko'payish ehtimoli bor, bu parazit amplituda va faza modulyatsiyasini vujudga keltiradi va chastota turg'unligini kamaytiradi. Kollektor tokining katta qiymatlarida VAX qiyaligining moduli $|S|$ ko'paya boshlaydi, shu bilan birga unga proporsional ravishda kirish zanjirining vaqt doimiysi $\tau_s = 1/\omega_s$ va faza burchagining qiyaligi $\varphi_s = -\arctg\omega_{cheg}\tau_s$ ham oshadi. Shuning uchun fazalar balansi sharti bajarilishi uchun kontur sozlanganligini f_{cheg} chastotaga nisbatan buzib, faza xarakteristikasini kichik qiymatlarida ishlashga to'g'ri keladi, bu esa chastota turg'unligini yanada pasaytiradi. AG yaxshi ishlashi uchun kollektor tokining qiymati $i_{km} = 5...20mA$ atrofida bo'lishi kerak. AG ish holati kam kuchlanganlik qilib tanlanadi va manbani ishlatish koeffitsiyenti $\xi = (0,2...0,3)\xi_{cheg}$ atrofida olinadi. O'ta kuchlanganlik ish holatida esa ishlab chiqarilayotgan chastotaga manba kuchlanishining ta'siri kuzatiladi, bundan tashqari tranzistorning chiqish o'tkazuvchanligi ham ko'payadi. Natijada tebranish konturining aslligi kamayadi.

Yuqori turg'unli to'lqinlar olish uchun kesish burchagini $60^\circ < \theta < 120^\circ$ atrofida olish kerak. Siljish kuchlanishini baza zanjiridagi rezistorli bo'lgichlar va emitter zanjiriga qarshilik ulash

orqali olish tavsiya etiladi. Bu qarshilik qiymati $R_e = (25...50)/S_0$ atrofida bo'ladi. AGning FIK $\eta_k = r_{vn}/(r_{vn} + r_{kon})$ ga teng bo'ladi. r_{vn} – kiritilgan qarshilik, r_{kon} – konturning xususiy qarshiligi. Ularning qiymati 0,1 ... 0,3 Om ni tashkil etadi. AG va undan keyingi kaskad orasiga emitterli qaytargich qo'yib r_{vn} ning qiymatini kamaytirish mumkin. Buning natijasida yuklama parametrlarining to'liq chastotasiga ta'siri kamayadi.

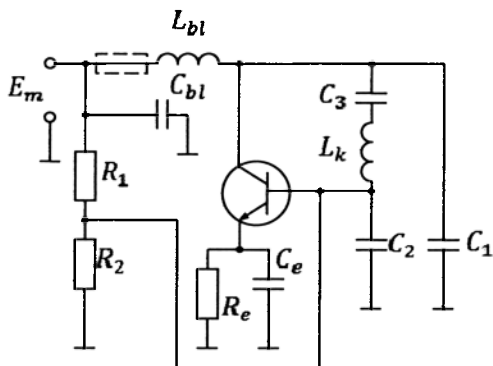
10.5. Tranzistorli avtogenerator sxemalari

Tranzistorli AGlar ko'p holda sig'imli yoki induktivli uch nuqtali qilib olinadi. Sig'imli uchta nuqtali sxema nisbatan yuqori chastota turg'unligiga ega (10.9-rasm). Bu sxemada C_1 va C_2 sig'imlarning mavjudligi tranzistor kirish C_{kir} va chiqish C_{chiq} sig'imlarining chastota turg'unligiga ta'sirini kamaytiradi. Bu sxemaning qulayligi yana shundan iboratki, ultra yuqori chastota diapazonida (tranzistorning inersion ($f_{cheg} > 0,3f_s$) xususiyati namoyon bo'lgan vaqtda) teskari aloqa koeffitsiyentining fazasi φ_{ta} va qiyalikning o'rtacha fazasi φ_s bir-birini o'zaro kompensatsiya qilishadi ($\varphi_{ta} + \varphi_s = 0$). Demak, tranzistor sozlangan yuklamaga ishlaydi va nisbatan katta quvvatni beradi. Ishlab berilayotgan chastota tebranish konturining xususiy chastotasi bilan ustma-ust tushadi.



10.9-rasm. Avtogenertorning sig'imli uchta nuqtali sxemasi

Amalda sig'imli uchta nuqtali sxemaga qaraganda, Klapp sxemasi (10.10-rasm) ko'proq ishlatiladi. Bu sxemada kontur induktivligiga ketma-ket qilib, qo'shimcha C_3 sig'im ulangan. Bu tebranish konturining kollektor zanjiriga ulanish koeffitsiyentini kamaytiradi va yuqori xarakteristik qarshilikka (ρ) hamda yuqori asllikka (Q) ega bo'lgan konturni ishlatish imkonini beradi. Bundan tashqari teskari aloqa koeffitsiyentini va ulanish koeffitsiyentini bir-biriga bog'liq bo'lmagan holda alohida o'zgartirish mumkin bo'ladi.



10.10-rasm. Avtogenertorning Klapp sxemasi

Tashqari teskari aloqa koeffitsiyentini va ulanish koeffitsiyentini bir-biriga bog'liq bo'lmagan holda alohida o'zgartirish mumkin bo'ladi.

AGni loyihalashda tranzistor turi, uning ish holati, asosiy parametrlari I_{k1} , I_{k0} , S_1 lar tanlanadi. AGni hisoblashda tranzistorning xarakteristikasi qisman chiziqli approksimatsiya qilib olinadi.

Nazorat savollari

1. *Avtogenerator qanday qurilma va u qanday vazifani bajaradi?*

2. *Avtogeneratorning strukturaviy sxemasini chizib bering.*

3. *Avtogeneratorning asosiy tenglamasini yozib bering.*

4. *Avtogeneratorning qo'zg'atish sharti nima?*

5. *Amplitudalar balansi deganda nimani tushunasiz?*

6. *Fazalar balansi deganda nimani tushunasiz?*

7. *Avtogeneratorning qanday uch nuqtali sxemalarini bilasiz?*
Ushbu sxemalarni chizib ko'rsating.

8. *Avtogeneratorlarda qanday tranzistorlar ishlatilishi mumkin?*

9. *Avtogeneratorni loyihalashda nimalarga e'tibor berish kerak?*

11. AVTOGENERATORNING CHASTOTA TURG'UNLIGI

11.1. Avtogenetorning chastota turg'unligi

Atrof-muhit ko'rsatkichlari, ya'ni harorat, bosim, namlik hamda ta'minot manbaining noturg'unligi, bundan tashqari har xil mexanik ta'sirlar, aktiv element toklarining shovqinli tashkil etuvchilari va tebranish tizimlarining issiqlik shovqinlari avtogenetor tebranishining chastotasi va amplitudasiga ta'sir ko'rsatadi. Avtogenetor chastotasi o'zgarishini keyingi kaskadlarda to'g'rilab bo'lmaydi. Shuning uchun chastota turg'unligiga qo'yilgan talablarni faqat avtogenetorning o'zida bajarish talab etiladi. Ma'lumki, avtogenetorning chastota turg'unligi $\Delta f/f$ uning asosiy parametrlaridan biri bo'lib hisoblanadi va vaqt bo'yicha nisbiy o'zgarishi bilan xarakterlanadi $y(t) = \Delta\omega/\omega_0 = \Delta f/f$. Chastota turg'unligining o'zgarishi ikki xil bo'lishi mumkin: qisqa muddatli (< 1 s) va uzoq muddatli (> 1 s). Uzoq muddatli chastota o'zgarishi avtogenetor chastotasining sekin o'zgarishiga bog'liq. Bunga asosan tashqi muhit harorati, bosimi, namligi va ta'minot manbai kuchlanishining o'zgarishi ta'sir qiladi. Qisqa muddatli chastota o'zgarishi avtogenetor chastotasining keskin fluktuatsion o'zgarishi bilan aniqlanadi va ular AE toklarining shovqinli tashkil etuvchilari hamda tebranish konturining issiqlik shovqini ta'sirida vujudga keladi.

Avtogenetorning kirish qismiga ta'sir qiluvchi kuchlanishni quyidagicha yozish mumkin:

$$U_{kir}(t) = [U_{kiro} + U_f(t)] \cos[\omega_0 t + \varphi(t)], \quad (11.1)$$

bunda, $U_f(t) \ll U_{kiro}$ – amplitudaning kichik o'zgarishi, $\varphi(t)$ – faza siljishi, AG real chastotasining nominal qiymatidan

o'zgarishi orqali aniqladi. Chastotaning oniy qiymati $\omega(t)$, uning absolyut $\Delta\omega(t)$ va nisbiy $y(t)$ o'zgarishi quyidagicha yoziladi:

$$\omega(t) = \omega_0 + d\varphi(t)/dt;$$

$$\Delta\omega(t) = \omega(t) - \omega_0 = d\varphi(t)/dt;$$

$$y(t) = \Delta\omega(t)/\omega_0 = (1/\omega_0) d\varphi(t)/dt.$$

Chastota o'zgarishining absolyut va nisbiy qiymati ma'lum qiymatdan katta bo'lishi mumkin emas:

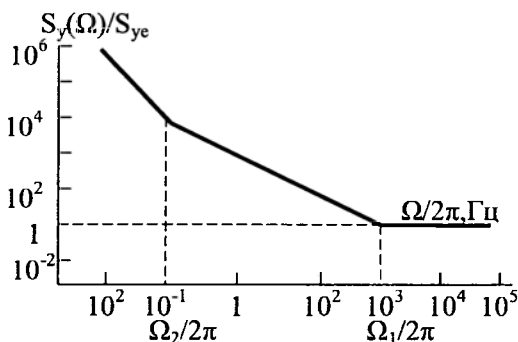
$$|\Delta\omega(t)| < \Delta\omega_{max}, \quad |y(t)| < y_{max}.$$

U holda $\Delta\omega_{max}$ – chastota o'zgarishining maksimal absolyut turg'unligi, y_{max} – chastota o'zgarishining maksimal nisbiy turg'unligi deyiladi. Zamonaviy radiouzatuvchi qurilmalarda nisbiy chastota o'zgarishi $y_{max} 10^{-5} \dots 10^{-7}$ atrofida bo'ladi. Chastotaning nisbiy o'zgarishi $y(t)$ radiouzatuvchi qurilmada shakllantirilayotgan radiosignal va xalaqit signallarining asosiy xususiyatlarini aniqlaydi, shuning uchun uni tasodifiy jarayon deb qarash kerak. Unga shunday xarakteristikalar kiritish kerakki, bu xarakteristikalar yordamida (10.19) tenglama orqali ifodalanadigan to'liqinni to'la aniqlash imkoni bo'lsin. Izlanishlar shuni ko'rsatadiki, $y(t)$ ni statsionar tasodifiy jarayon deb qarash mumkin emas va oddiy statistik xarakteristikalarini (dispersiya, korrelyatsiya funksiyasi) bu holda qo'llash mumkin emas.

11.2. Tasodifiy funksiyaning energetik spektri

Yuqoridagi bayon mulohazalarni tushunish uchun tasodifiy funksiya $y(t)$ ning energetik spektrini $S_u(\Omega)$ ko'rib chiqamiz (11.1-rasm). Bu spektrni uch sohaga bo'lish mumkin. Bu sohalar Ω_1 va Ω_2 chastotalar bilan chegaralangan va har xil sohadagi spektr zichligini chastotaga bog'liqligi $S_u=f(\Omega)$ turli xarakterga ega. Yuqori chastotali sohalarda ($\Omega > \Omega_1$) asosiy rolni AE va tebranish konturini tabiiy shovqinlarni natijasida vujudga kelgan spektrni tashkil

etuvchilari o'ynaydi. Ular chastota oshishi bilan o'zgarmaydi. O'rta chastotalarda ($\Omega_2 < \Omega < \Omega_1$) AEni past chastotali shovqinlari va tebranish konturining reaktiv parametrlarini fluktatsiyalarini ta'siri katta bo'ladi. Bu sohada spektr zichligi chastotaga teskari proporsional bo'lib bog'langan. Uchinchi past chastotali soha ($\Omega < \Omega_2$) avtogenerator parametrlarining tashqi muhit ta'sirida sekin o'zgarishi bilan xarakterlanadi. Spektr zichligi $S_u(\Omega)$ bu sohada chastota kvadratiga teskari proporsional bo'ladi.



11.1-rasm. Tasodifiy funksiyaning energetik spektri

Shunday qilib energetik spektrni quyidagi ko'rinishda approksimatsiya qilish mumkin:

$$S_y(\Omega) = S_{ye} \left[1 + \frac{\Omega_1}{\Omega} + \frac{\Omega_1 \Omega_2}{\Omega^2} \right], \quad (11.2)$$

bu yerda $S_u(\Omega)$ – tabiiy shovqinlar ta'sirida vujudga kelgan tasodifiy funksiya $y(t)$ ning spektr zichligi. Odatda $\Omega_1 / 2\pi$ chastota 1-100 kHz orasida, $\Omega_2 / 2\pi$ esa 0,1 Hz dan kichkina bo'ladi. Bundan tashqari energetik spektr tarkibida, yana ma'lum xarakterli chastotalarda vujudga keladigan alohida xalaqit signallari ham bo'lishi mumkin. Masalan; 50 va 100 Hz da ta'minlovchi manbani "foni", 1/86400 Hz da esa tashqi muhitning klimatik sutkali o'zgarishi signali bo'lishi mumkin.

Yuqorida qayd qilinganidek, chastota o'zgarishi qisqa muddatli ($t_n < 1s$) va uzoq muddatli ($t_n > 1s$) bo'lishi mumkin. Chastota o'zgarishi xarakterik uzatilish vaqti t_n ga bog'liq bo'ladi. Kuzatilish vaqti $t_n < 2\pi/\Omega_1$ bo'lganda energetik spektr $S_u(\Omega)$ da tabiiy shovqinlar, $2\pi/\Omega_1 < t_n < 2\pi/\Omega_2$ bo'lganda ortiqcha shovqinlar, $t_n > 2\pi/\Omega_1$ bo'lganda tashqi muhitga bog'liq bo'lgan chastotaning tasodifiy o'zgarishi asosiy rolni o'ynaydi. Uzoq muddatli chastota o'zgarishi tashqi muhitga bog'liq bo'ladi. Uni tajriba yo'li bilan o'lchash yoki hisoblab topish mumkin. Buning uchun u_t tashqi muhit haroratini nominal qiymatiga nisbatan o'zgarishini Δt^0 darajali qatoriga yoyish kerak.

$$y_{t1} = \alpha_t \Delta t^0 + \alpha_{t2} (\Delta t^0)^2 + \alpha_{t3} (\Delta t^0)^3 + \dots \quad (11.3)$$

Odatda, bunday funksiyalar tekis bo'lib, chastotaning haroratga bog'liqligini Δt^0 bir necha gradusdan oshmagan holda birinchi tashkil etuvchiga qarab aniqlash mumkin.

$$y_t \approx \alpha_t \Delta t^0. \quad (11.4)$$

α_t avtogenerator chastotasining harorat koeffitsiyenti (ChXK) deb ataladi (11.3) va (11.4) o'xshash tenglamalarni boshqa ta'sir etuvchilar uchun ham yozish mumkin: Masalan, kuchlanish o'zgarishiga ΔE , bosim o'zgarishiga Δp va x.k.. Bunday darajali chiziqli qatorlardagi tashkil etuvchilar α_t , α_E , α_p va boshqalar nostabillik yoki ta'sir qilish koeffitsiyenti deb ataladi. Ular qanchalik kichik bo'lsa, avtogeneratorlar chastotasi shunchalik turg'un bo'ladi. Bu koeffitsiyentlar avtogenerator sxemasiga va elementlariga bog'liq bo'ladi. Chastota o'zgarishini kamaytirish uchun haroratni termostat, kuchlanishni stabilizator orqali turg'unlashtirish kerak.

11.3. Avtogeneratorning chastota turg'unligiga ta'sir qiluvchi omillar

Avtogeneratorning chastota turg'unligiga ta'sir qiluvchi omillar quyidagilardir.

Mexanik ta'sir. Silkinish, davriy mexanik tebranishlar, kuchli zarba harakatdagi RUQlarda sodir bo'ladi. Bunday ta'sirlar avtogeneratorlarga, albatta, salbiy ta'sir ko'rsatadi. Odatda, texnik hujjatda silkinish tebranishining amplitudasi va chastotasi ko'rsatiladi. RUQlar mana shunday ko'rsatilgan mexanik silkinish va tebranishlarga bardosh berib, o'z parametrlarini o'zgartirmasdan ishlashi kerak. Mexanik silkinishlar avtogenerator va boshqa bloklardagi radioelementlarni siljitib, ular orasidagi masofani o'zgartiradi. Bu esa elementlar va montaj simlari orasidagi sig'imning o'zgarishiga olib keladi. Sig'imning o'zgarishi esa avtogenerator chastotasiga ta'sir etadi. Bunday mexanik ta'sirlarni yo'qotish uchun aktiv element simlarini va uning o'zini mahkamlash, bosma montaj usulini ishlatish, alohida bloklarni maxsus silkinishlarga bardosh beruvchi smolalar bilan quyish kerak. Ba'zi hollarda alohida bloklar va aktiv elementlar amortizator hamda prujinalar yordamida mahkamlanadi. Mexanik ta'sirni oldindan hisoblab bo'lmaydi. Uni tekshirish uchun maxsus tebranish stendlarida RUQlar va alohida bloklar sinab ko'riladi. Bu stendlardagi tebranishlarning amplitudasi va chastotasi keng ko'lamda o'zgarishi mumkin.

Ta'minot manbai E_t va siljish kuchlanishi E_s chiziqli passiv elementlarga va tebranish konturiga ta'sir qilmaydi. Lekin ular aktiv element ish holatiga kuchli ta'sir ko'rsatadi. Kuchlanishning o'zgarishi o'tish hududining sig'imini va kollektor tokini o'zgartiradi, bu esa o'z navbatida AE VAXsi qiyaligi S ni hamda vaqt doimiysi T_s ni o'zgartiradi. Bu parametrlarning kuchlanish va tokka bog'liqligi quyidagi 11.2 va 11.3-rasmlarda ko'rsatilgan. Bir xil AENing xususiyatlari bir-biridan farq qiladi va shuning uchun ularni AG chastotasiga ta'sirini aniq qilib hisoblash juda murakkab.

Har bir aniq (konkret) AE uchun alohida hisob ishlarini bajarish kerak.

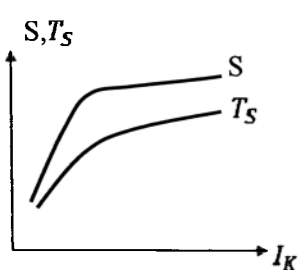
AG chastotasiga siljish kuchlanishining ta'sirini ko'rib chiqamiz, bularga quyidagilarni kiritish mumkin:

1. Kollektor toki I_k ning kattalashishi T_s ning o'sishiga olib keladi. Buning natijasida faza φ_s modul bo'yicha o'sadi ($\Delta\varphi_s < 0$), va chastota kamayadi;

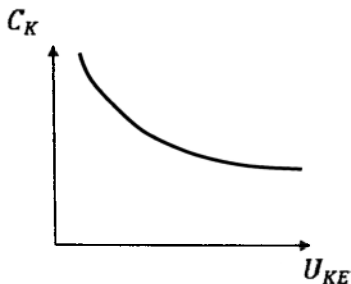
2. VAX qiyaligi S ning oshishiga kesish burchagi ϵ va o'tkazuvchanliklar B_{a1}, B_{a2}, B_{a3} kamayishi sabab bo'ladi;

3. Baza toki I_b ning oshishi tranzistor kirish o'tkazuvchanligini o'zgartiradi, shu bilan birga teskari aloqa koeffitsiyenti fazasi φ_k ni ham o'zgartiradi. φ_k sxema turiga va o'tkazuvchanliklar yig'indisining ishorasiga bog'liq bo'ladi. Sig'imli uch nuqtali sxema uchun $B_{a2} + B_{a3} > 0$, $\varphi_k > 0$ va induktivli sxema uchun $B_{a2} + B_{a3} < 0$, $\varphi_k < 0$.

Ta'minot manbai kuchlanishi E_t o'zgarishining chastotaga ta'sirini ham yuqorida qayd qilingan mulohazalar bilan tushuntirish mumkin. Ammo bu holda E_t ning kollektor sig'imi C_k ga bevosita ta'sirini hisobga olish kerak. Chastotaning E_t va E_s ta'sirida o'zgarishi bir lahzada sodir bo'ladi. Lekin E_t va E_s oshishi natijasida quvvat oshadi, AE qiziydi, buning natijasida chastota kamayadi. AEning bu qizishi bir lahzada emas, balki bir necha sekund davomida sodir bo'ladi. Shuning uchun chastota avval E_t oshishi ta'sirida keskin o'zgaradi va tranzistor qizishi natijasida asta-sekin o'zgaradi.



11.2-rasm. AE qiyligi va vaqt doimiysining kollektor tokiga bog‘liqligi



11.3-rasm. Kollektor sig‘imining ta‘minot manbai kuchlanishiga bog‘liqligi

Atrof-muhitning harorati RSUQlarning hamma elementlariga ta’sir etadi. Harorat o‘zgarganda ham AEning, ham tebranish konturlarining xususiyatlari o‘zgaradi. Haroratning tebranish konturiga ta’sirini ko‘rib chiqamiz. Tebranish konturidagi sig‘im va induktivlikka haroratning ta’siri sig‘im harorat koeffitsiyenti (SHK) α_C va induktivlik tebranish koeffitsiyentlari (ITK) α_L bilan xarakterlanadi, ya’ni

$$\Delta C/C = \alpha_C \Delta t^0; \quad \Delta L/L = \alpha_L \Delta t^0.$$

Yassi kondensator turidagi kondensator uchun quyidagi ifodani yozishimiz mumkin:

$$S = \varepsilon S_p / 4\pi d,$$

bunda, S_p – plastinalar yuzasi, d – plastinalar orasidagi masofa, ε – dielektrik singdiruvchanlik.

Bundan α_C ning harorat koeffitsiyentlarining chiziqli o‘lchami (α_l) ga hamda dielektrik singdiruvchanlik (α_ε)ka bog‘liqligini topish mumkin $\alpha_C = 2\alpha_{ls} - \alpha_{ld} + \alpha_\varepsilon$.

Alyuminiy, latun kabi materiallar uchun $\alpha_l = 20 \cdot 10^{-6}$, havo uchun namlik 0 % bo‘lganda $\alpha_\varepsilon \approx 1 \cdot 10^{-6}$ va namlik 100 %

bo'lganda $\alpha_{\varepsilon} \approx 20 \cdot 10^{-6}$. Demak, havoli kondensatorlar uchun $\alpha_c \approx 50 \cdot 10^{-6}$, keramik kondensatorlar uchun $\alpha_c \approx \alpha_{\varepsilon} \approx (100 \dots 200) \cdot 10^{-6}$ ga teng. Titan-keramika asosida tayyorlangan kondensatorlar uchun α_c manfiy bo'ladi, ya'ni sig'im harorat oshishi bilan kamayadi $\alpha_{\varepsilon} \approx (-100 \dots -700) \cdot 10^{-6}$.

Bunday kondensatorlarni ishlatib kontur o'zgarishini kompensatsiya qilish mumkin. Induktivlarni harorat koeffitsiyenti (α_L) g'altak simini va karkas xususiyatiga bog'liq va g'altak konstruksiyasiga juda kuchli bog'liq bo'ladi. AG larda karkasni keramika yoki kvarsli materiallardan ishlatish kerak. ($\alpha_{\varepsilon}=0,5 \cdot 10^{-6}$, $\alpha_{\varepsilon}=20 \cdot 10^{-6}$). G'altak bu karkaslarga kumush qatlami surtish bilan tayyorlanadi. Ularni $\alpha_L \approx (10-20) \cdot 10^{-6}$ ga teng.

Manba ulanganda AE qizishi tufayli chastota kamayadi. 20-30 minutdan keyin chastota o'zgarishi to'xtaydi. Chastota o'zgarishi $10^{-4} \dots 10^{-5}$ ni tashkil etadi. Harorat o'zgarishidan himoya qilish uchun AGni termostatda saqlash kerak. AG va keyingi kaskadlar orasida, albatta, kirish qarshiligi katta bo'lgan bufer kaskadi bo'lishi kerak. Lampali kaskadlarda bufer kaskad vazifasi umumiy turli kaskad, tranzistorli kaskadlarda esa buni emitter qaytargichlari bajaradi.

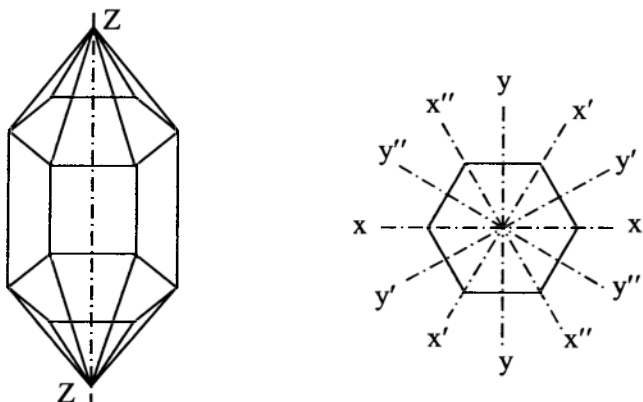
Nazorat savollari

1. Avtogeneratorlarning chastota turg'unligi deganda nimani tushunasiz?
2. Tasodifiy funktsiyaning energetik spektri deganda nimani tushunasiz?
3. Tasodifiy funktsiyaning energetik spektrini nechta sohaga ajratish mumkin?
4. Chastota turg'unligiga ta'sir qiluvchi omillarni sanab bering.
5. Atrof-muhit harorati avtogeneratorga qanday ta'sir ko'rsatadi?

12. KVARS REZONATORI ASOSIDA ISHLAYDIGAN AVTOGENERATORLAR

12.1. Kvars rezonatorlarining xususiyatlari

Avtogeneratorming chastota turg'unligi yuqori bo'lishi uchun tebranish konturining aslligi Q katta bo'lishi kerak. Oddiy tebranish konturlari (LC)ning aslligi 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'lqinlarni olish mumkin. Bundan yuqoriroq $\Delta f/f$ qiymatini olish uchun kvars rezonatorlari asosida ishlaydigan tebranish konturidan foydalanish kerak. Kvars rezonatorlari tabiiy yoki sun'iy kristallardan tayyorlanadi. Bunday kristallar pezoelektrik xususiyatga ega, masalan, kvars shular jumlasiga kiradi. Uning kimyoviy formulasi SiO_2 . Bu kristallar olti qirrali prizmani eslatadi (12.1-rasm).



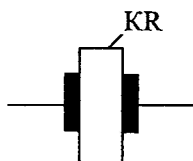
12.1-rasm. a) – kvars kristallining shakli; b) – ko'ndalang kesimi.

Kvars anizotropik xususiyatga ega. Uning asosiy parametrlari kristallografik o'qlari yo'nalishiga bog'liqdir. Kvarsning bitta optik ZZ (12.1a-rasm), uchta mexanik o'qlari YY (12.1b-rasm), uchta elektrik o'qlari XX (12.1b-rasm) mavjud. Kvars kristallaridan

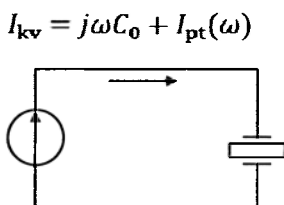
rezonator tayyorlash uchun to'g'ri to'rtburchak yoki doira shaklida plastina qirqib olinadi.

Kvars rezonatorining tuzilishi. Qirqib olingan plastinalar simmetriya o'qi bo'yicha yo'nalgan bo'ladi. Kristallografik o'qlar yo'nalishi rezonatorning xarakteristikalariga katta ta'sir ko'rsatadi, ayniqsa, chastotaning harorat koeffitsiyentiga (ChHK). Kristallografik o'qlari yo'nalishi bo'yicha o'tgan chiziqli kesish chizig'i deyiladi.

Kvars rezonatorining tuzilishi yassi kondensatomikiga o'xshaydi. Kvars rezonatori kvars plastinasidan va unga biriktirilgan, kontur elektrodleri vazifasini bajaruvchi ikkita metall kontakdan iborat. Kontakt sifatida kumush yoki mis surilgan qatlamdan foydalaniladi (12.2-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 plastinalarning o'lchami o'zgaradi. Bu esa uning kontaktlarida elektr zaryadlarining paydo bo'lishiga olib keladi. Plastina deformatsiyalanishi va uning natijasida zaryad paydo bo'lishi to'g'ri va teskari pezo hodisasidir. Agar rezonatorga o'zgaruvchan kuchlanish ulansa, uning elektrodleridagi zaryad o'zgarishi zanjirda qo'shimcha tok hosil qiladi.



12.2-rasm. Kvars rezonatorining tuzilishi



12.3-rasm. Garmonik kuchlanish ta'sirida ishlaydigan kvars rezonatorining sxemasi

Bu qo'shimcha tokdan tashqari asosiy tok kvars plastinasidan xuddi sig'imdan o'tayotgan tok kabi oqib o'tadi (12.3-rasm), ya'ni tok ikki qismdan iborat bo'ladi:

$$I_{kv} = j\omega C_0 + I_{pt}(\omega). \quad (12.1)$$

O'zgaruvchan kuchlanish chastotasi plastina tebranishi bilan mos tushganda «pezotok» $I_{pt}(\omega)$ keskin oshib ketadi. Plastina deformatsiyasi turlicha bo'lishi mumkin: siqilishi yoki cho'zilishi, siljishi, burilishi va egilishi. Bu deformatsiya natijasida kvars rezonatorida to'lqinlar paydo bo'ladi. To'lqin chastotasi asosiy garmonika chastotasiga va unga karrali bo'lgan mexanik yuqori garmonikalar chastotasiga teng bo'lishi mumkin. Tebranish chastotalari deformatsiya turiga va plastina qalinligiga bog'liq bo'lib, quyidagicha aniqlanadi:

$$F_{kv} = k_f/d, \quad (12.2)$$

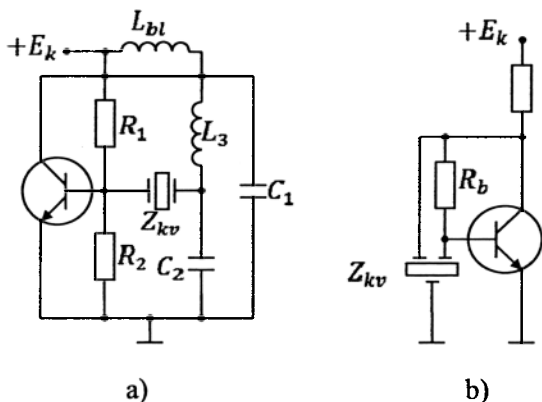
bunda, d – plastina qalinligi, [mm]; k_f – chastota koeffitsiyenti, $k_f = 1,7 \dots 3,5 \text{ MHz} \cdot \text{mm}$.

Chastotani oshirish uchun plastina qalinligini kamaytirish kerak. Sanoatda ishlab chiqarilayotgan rezonatorlar plastinasining qalinligi $d = 0,2 - 0,3 \text{ mm}$ ni tashkil etadi. Bunday rezonatorlarning asosiy garmonikasida chastota $f = 15 - 30 \text{ MHz}$ dan oshmaydi. Bundan yuqori chastotalar olish uchun yuqori garmonikalarda ishlash kerak bo'ladi.

12.2. Kvars rezonatorining parametrlari

Kvars rezonatorlarining aslligi (Q) juda yuqori bo'lib, $10^5 - 10^6$ ni tashkil etadi. 3- va 5-garmonikalarida ishlaganda kvars rezonatorining aslligi deyarli o'zgarmaydi va 7-garmonikadan boshlab asllik biroz kamayadi.

Chastotaning harorat koeffitsiyenti (ChHK) muhit haroratiga bog'liq bo'ladi va $-60^{\circ} \dots +100^{\circ}\text{C}$ harorat oralig'ida $\pm(100 \dots 200) \cdot 10^{-6} 1/^{\circ}\text{C}$ qiymatlarga ega bo'ladi. Agar muhit harorati keng ko'lamda o'zgarib tursa, yuqori turg'unlikli chastotalar olish uchun kvarts rezonatori maxsus termostatga solinadi va bu termostatning harorati avtomatik ravishda $10^{-2} \dots 10^{-3} ^{\circ}\text{C}$ aniqlik bilan doimiy qilib turiladi. Kvarts rezonatorlari eskirish xususiyatiga ega, ya'ni bir necha oy ishlagandan keyin uning chastotasi o'zgaradi, odatda kamayadi. Kvarts plastinasiga qo'yilgan quvvatning oshishi eskirish hodisasini tezlashtiradi. Ammo kvarts rezonatori AG sxemasiga ulanganda, unga qo'yilgan quvvat plastina hujjatida ko'rsatilgan, ruxsat etilgan $P_{kv \max}$ quvvatdan oshishi kerak emas, aks holda kvarts rezonatori ishdan chiqishi mumkin (elektrodlari ko'chib ketishi mumkin, plastina elektr jihatdan izolyatsiyasini yo'qotishi mumkin). Kvarts rezonatorining geometrik o'lchamlari, tebranish turi va plastinaning kesish turi bo'yicha uning asosiy parametrlari: ketma-ket rezonans chastotasi ω_{kv} , asllik Q , sig'irlar nisbati C_k/C_0 , chastotaviy harorat koeffitsiyenti ChHK_{kv} va ruxsat etiladigan quvvat tarqalishi aniqlanadi.

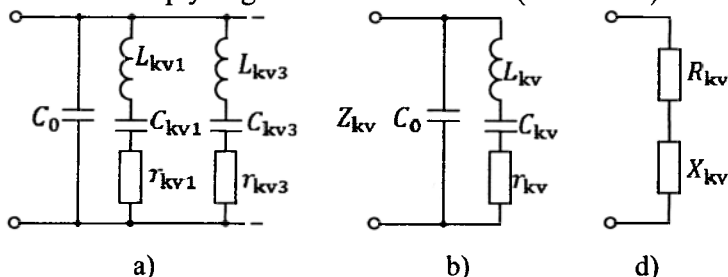


12.4-rasm. Kvarts rezonatorli avtogenerator sxemalari: a) – kvarts rezonatori teskari aloqa zanjiriga kiritilgan sxema; b) – integral turidagi kvartsli avtogenerator sxemasi.

Kvars 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 kvars rezonatori teskari aloqa zanjiriga kiritilgan sxema keng qo'llaniladi. Kvarsli avtogeneratomning bunday sxemasi 12.4a-rasmda keltirilgan. 12.4b-rasmda esa integral turidagi kvarsli avtogenerator sxemasi keltirilgan.

12.3. Kvars rezonatorlarining ekvivalent sxemalari

Kvars rezonatorining elektr zanjiridagi ishlash usuli ekvivalent sxema yordamida tushuntiriladi. Rezonatorning ekvivalent sxemasi parallel ulangan statik sig'im C_0 va ketma-ket ulangan cheksiz konturlardan iborat. Ketma-ket kontur ba'zi hollarda rezonatorning dinamik tarmoqlari deb ham ataladi. Bular tarkibiga kvars plastinasining elementlari $L_{kv n}$, $C_{kv n}$, $Z_{kv n}$ ($n = 1, 3, 5, \dots$) lar kiradi. Dinamik tarmoqning asosiy vazifasi rezonator pezo tokining chastotaga bog'liqligini rezonans chastota yaqinida modellash tirishdir. Statik sig'im C_0 tarkibiga kvars plastinasining va unga ulangan kontakt simlarning sig'imi kiradi. Kvars rezonatorining ekvivalent sxemasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi (12.5-rasm).



12.5-rasm. Kvars rezonatorining ekvivalent sxemasi: a) – to'liq; b) – bitta rezonans chastota uchun; d) – ketma-ket almashtirish sxemasi.

Statik sig'im qiymati ko'p hollarda $C_0 \approx 3 \dots 10 \text{ pF}$ bo'ladi. Dinamik tarmoqdagi induktivlik $L_{kv n}$ va sig'im $C_{kv n}$ kvars

plastinasining elastik va inersion xususiyatlarini belgilab beradi. Plastinaning aktiv qarshiligi $r_{kv\kern}$ esa energiya sarflanishini belgilaydi.

Dinamik tarmoqdagi induktivlik $L_{kv\kern}$ sig'im $C_{kv\kern}$ va qarshilik $r_{kv\kern}$ oddiy konturdagi induktivlik, sig'im va qarshiliklardan keskin farq qiladi. Plastinaning induktivligi $L_{kv\kern}$ oddiy induktivlikdan bir necha marta katta, sig'im $C_{kv\kern}$ oddiy sig'imdan bir necha marta kichik bo'ladi. Konturning qarshiligi $r_{kv\kern}$ chastotaga bog'liq bo'lib, bir Om dan bir necha ming Om gacha bo'lishi mumkin. Kvars konturining xarakteristik qarshiligi $\rho_{kv\kern} = (L_{kv\kern}/C_{kv\kern})^{1/2} = 10^5 \dots 10^8$ ni tashkil etadi. Kvars rezonatori konturining aslligi juda katta bo'ladi.

$$Q_{kv\kern} = \frac{\rho_{kv\kern}}{r_{kv\kern}} = 10^4 \dots 10^7.$$

12.4. Kvars rezonatorining ketma-ket va parallel rezonans chastotalari

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

$$\omega_{kv} = 1/\sqrt{L_{kv}C_{kv}}. \quad (12.3)$$

Dinamik tarmoqdagi konturlarning aslligi juda katta bo'lganligi uchun, ularning bir-biriga ta'siri sust bo'ladi. Shuning uchun kvars rezonatori faqat bitta garmonikada ishlaganda ekvivalent sxemaning ancha soddalashtirilgan ko'rinishidan foydalanish mumkin. Masalan, birinchi asosiy garmonika uchun ekvivalent sxema quyidagicha bo'ladi (12.5b-rasm).

Qolgan yuqori garmonikalarning dinamik konturlari hisobga olinmaydi. Hamma turdagi tebranishlar uchun kontur sig'imi C_{kv}

statik sig'im C_0 dan ancha kichkina bo'ladi, ya'ni $C_{kv}/C_0 = 10^{-3} \dots 10^{-4}$ ga teng. Konturning parallel rezonans chastotasini quyidagi formuladan aniqlash mumkin:

$$\omega_p = 1 / \sqrt{L_{kv} \frac{C_{kv} C_0}{C_{kv} + C_0}} = \omega_{kv} \sqrt{1 + \frac{C_{kv}}{C_0}} \approx \omega_{kv} \left(1 + \frac{C_{kv}}{2C_0}\right). \quad 12.4$$

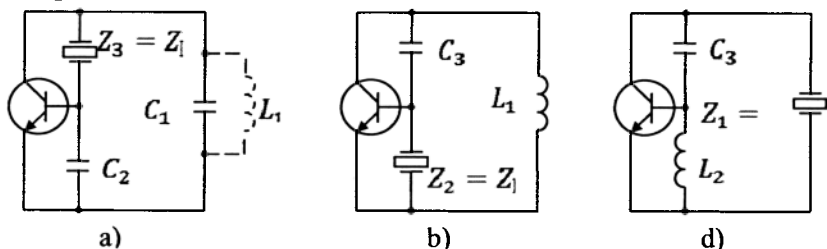
Kvars rezonatorining ulanish koeffitsiyenti juda kichkina bo'lib, $P \approx C_{kv}/C_0 \approx 10^{-3}$ ni tashkil etadi. Shuning uchun tashqi sxema parametrlarining o'zgarishi ketma-ket va parallel chastota rezonanslariga deyarli ta'sir ko'rsatmaydi. Birinchi garmonika uchun tuzilgan ekvivalent sxema ketma-ket ulangan L_{kv} , C_{kv} , r_{kv} va parallel ulangan statik sig'im C_0 lardan iborat bo'ladi (12.5b-rasm).

Avtogeneratorlarda kvars rezonatori *induktiv qarshilik yoki ketma-ket kontur* sifatida ishlatilishi mumkin. Agar ν ning qiymati $0 < \nu < \nu_p$ oraliqda bo'lsa, kvars rezonatorining reaktiv qarshiligi induktiv xarakterga, undan katta bo'lsa $\nu > \nu_p$ sig'im xarakteriga ega bo'ladi. Rezonatorning bu xususiyati AG sxemalarini qurishda faqat ma'lum bir chastotada radioto'lqinlar olish uchun qo'llaniladi. Yuqorida qayd qilingan xususiyatlar turli sxemada avtogeneratorlarni yig'ishga imkon beradi. Ularning chastota turg'unligi hozirgi zamon talablariga to'la javob beradi.

12.5. Kvars tebrantirgichlari induktiv qarshilik va ketma-ket induktivlik konturi sifatida ishlatiladigan avtogenerator sxemalari

Kvars tebrantirgichlari induktiv qarshilik sifatida ishlatilgan avtogenerator sxemalari. Bunday avtogeneratorlar (AG) sxemasi uch nuqtali bo'lib, ularda induktiv kontur o'rniga kvars

tebrantirgichi ishlatiladi. Bu AG larni sxemasi 12.6-rasmda keltirilgan.



12.6-rasm. Avtogeneratorning uch nuqtali sxemalari: a) – sig‘imli AG; b) – induktiv AG; d) – induktiv AG.

Sig‘imli uch nuqtali sxemaning chastota turg‘unligi nisbatan yuqori bo‘ladi va uni kichik hajmda konstruksiya qilish mumkin. Bunday avtogeneratorlar uchun statsionar ish holati $S_1 Z_u = 1$ ifoda orqali aniqlanadi. Bu yerda Z_u boshqaruvchi qarshilik:

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

$\omega_{kv} < \omega < \omega_p$ chastota oralig‘ida kvars tebrantirgichining reaktiv qarshiligi X_{kv} induktiv xarakterga ega bo‘ladi. C_1 va C_2 sig‘imlar qarshiligi va AE VAXni qiyaligi $S_1 = S_{1V} + jS_{1M}$ deyarli o‘zgarmaydi va ularni chastotaga bog‘liq bo‘lmaydi deb hisoblash mumkin. Bu holda AG chastotasi $\omega = \omega_{kv}$ ga teng bo‘ladi deyish mumkin. Z_1, Z_2, Z_3 tarkibiga kiruvchi AE o‘tkazuvchanligi Y_1, Y_2, Y_3 AG ning ishiga deyarli ta’sir ko‘rsatmaydi. Buning uchun AE ish holati va parametri to‘g‘ri tanlangan bo‘lishi kerak. Chastota turg‘unligi yuqori bo‘lgan AG larda yuklama bilan bog‘liqlik sust bo‘ladi va shuning uchun AE energiyasi, asosan, kvars tebrantirgichida sarf bo‘ladi. 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

$$Z_y = X_1 X_2 / [R_{kv} + j(X_1 + X_2 + X_3)] \text{ ga teng bo'ladi.} \quad (12.5)$$

Buni AG statsionar holatini aniqlaydigan tenglamaga qo'yib va AE 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:

$$S_B \gamma_1(Q) R_u = 1; \quad (12.6)$$

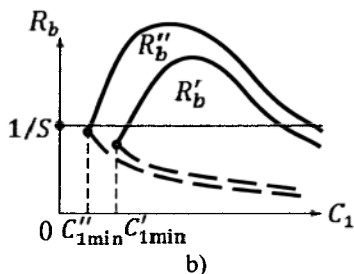
$$X_1 + X_2 + X_{kv} - S_M \gamma(Q) R_{kv} R_u = 0, \quad (12.7)$$

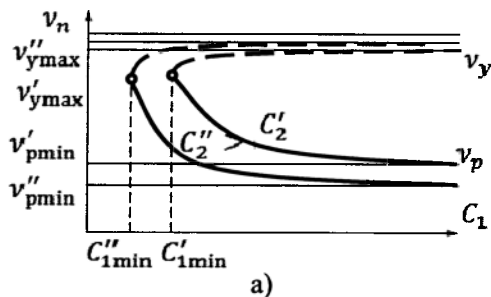
bu yerda $R_u = X_1 X_2 / R_{kv}$, ν - chastotaning nosozlik koeffitsiyenti.

(12.6), (12.7) tenglamalarni birgalikda yechib nosozlik koeffitsiyenti ν ni va $\gamma_1(Q)$ yoyilish koeffitsiyentini topish mumkin. (ν ga R_{kv} va X_{kv} bog'liq bo'ladi) nosozlik koeffitsiyenti ν AG chastotasini, $\gamma_1(Q)$ esa to'lqinlar amplitudasini aniqlaydi. Agar AE VAX qiyaligining fazasi kichik bo'lsa va $S_M \approx S_x$ teng bo'lsa (12.6) 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 AG larda, $\omega_{kv} \approx 0,5\omega_s$, ya'ni inersiyasiz bo'lgan holda amalga oshishi mumkin. AG ni boshqaruvchi xarakteristikalar C_1 va C_2 sig'imning chastotaga va ish holatiga ta'sirini aniqlab beradi. Bunda E_p va $E_s = \text{const}$ deb hisoblanadi. Chastota va boshqaruvchi qarshilikning C_1 sig'imga bog'liqligini quyidagi 12.7-rasmdagi grafik ko'rsatib beradi. Bu grafikdan ko'rinib turibdiki, kvars tebrantirgichini AE ni kollektori va baza orasiga ulanganda AG, C_1 sig'im keng ko'lamda o'zgarganda ham to'lqinlar ishlab berishi mumkin.





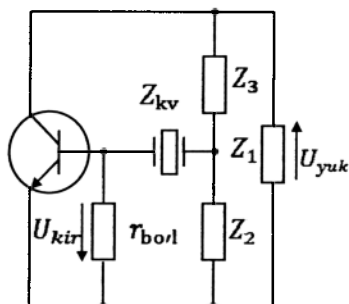
12.7-rasm. Chastota va boshqaruvchi qarshilikning C_1 sig'imga bog'liqligi

Boshqaruvchi qarshilik R_u va AG ish holati keskin o'zgarishi mumkin, lekin chastota ω

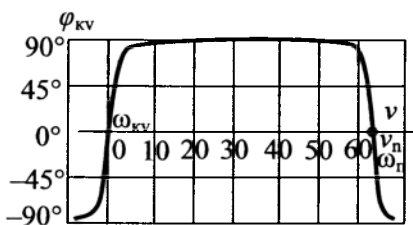
kam o'zgaradi. Demak, bunday sxemada yuqori chastota turg'unligi saqlanib turadi. Haroratga, ta'minlash manbaiga va vaqtga bog'liq bo'lgan tranzistorning reaktiv parametrlari keskin o'zgarishi mumkin, lekin bu holat chastota o'zgarishiga kam ta'sir ko'rsatadi. C_1 va C_2 sig'imlar oshishi, bu parametrlarning chastotaga ta'sirini kamaytiradi. Lekin ularni cheksiz oshirish mumkin emas. Ma'lum qiymatga yetganda R_u kuchayib ketadi va radioto'lqinlar ishlab chiqilmaydi. AG yaxshi ishlashi uchun $SR_u = 4 - 7$ atrofida bo'lishi kerak. AE ga berilgan tok va kuchlanish nominal qiymatdan past bo'lishi kerak. AG ni yuqori garmonikalarda ishlatish uchun, S_1 sig'imga parallel qilib L_1 induktivlik ulanadi. L_1C_1 kontur parametri shunday tanlanadiki, uning qarshiligi past garmonikalarda induktiv xarakterga, tanlangan ish chastotasida sig'im xarakterga ega bo'lishi kerak. Bu holda past chastotalarda AG qo'zg'atish sharti $S_{1k}R_u > 1$ bajarilmaydi. Tanlangan ω chastotadan yuqori chastotalarda AE ning qiyaligi (VAX qiyaligi) S va boshqaruvchi qarshilik kamaygani uchun AG to'lqin ishlab bermaydi. Demak, L_1 induktivlik ulanganda faqat tanlangan chastotali to'lqin ishlab beriladi.

Kvars tebrantirgichlari ketma-ket induktivlik konturi sifatida ishlatilgan avtogenerator sxemalari. Bunday sxemalarda kvars tebrantirgichining kompleks absolyut qarshiligi (Z_{kv}) ketma-ket chastota rezonansida ω_{kv} eng kichik qiymatga ega bo'ladi va ω_{kv} chastotadan boshqa chastotalarda keskin oshib ketadi.

Tranzistorli avtogenerator sxemasini ko'rib chiqamiz. Bu sxema uch nuqtali sxema bo'lib, teskari aloqa zanjiriga kvars tebrantirgichi Z_{kv} va qo'shimcha qarshilik r_{del} ulangan. Avtogeneratorning tebranish sistemasi ikki konturdan iborat. Birinchisi kollektor yuklamasi (Z_1 Z_2 Z_3) va ikkinchisi, teskari aloqa konturi (r_{del} , Z_{kv} , Z_2). Ikkinchi kontur parametrlari to'g'ri tanlanganda, saxiyligi Q kvars tebrantirgichini saxiyligiga teng bo'ladi va kollektor konturining saxiyligidan 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_{del} , Z_{kv} iborat bo'lgan zanjimning uzatish koeffitsiyenti eng katta qiymatga ega bo'ladi. Kollektor konturi o'zgartirilganda, unda faza siljishi φ_n kuzatiladi. Bu siljish kvars fazasi φ_{kv} bilan kompensatsiya qilinadi. Kvars (φ_{kv}) fazasi juda katta qiyalikka ega, buni faza-chastota xarakteristikadan ko'rish mumkin. Fazalar balansini amalga oshishi uchun ($\varphi_k + \varphi_{t.a.} + \varphi_s = 0$) chastotaning ozgina o'zgarishi kifoya qiladi, ya'ni avtogenerator oldingi ish holatiga qaytib keladi.



12.8-rasm. Tranzistorli avtogenerator sxemasi



12.9-rasm. Kvars tebrantirgichning faza chastotali xarakteristikasi

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

$$S\gamma_1(\theta)R_u = 1; \quad \alpha_k + \alpha_n = 0; \quad \text{bu yerda } \alpha_n = X_n/r_n; \quad \alpha_k = (X_{kv} + X_r)/r$$

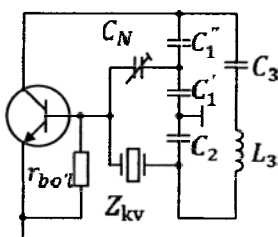
Aktiv boshqaruvchi qarshilik $R_u = k_{del} R_{u0} / (1 + m^2 + \alpha_n^2)$ ga teng. $S_{Y1}(\theta) R_Y = 1$ avtogeneratorning signallari amplitudasini, $\alpha_k + \alpha_n = 0$ esa chastotasini belgilab beradi. $\alpha_k + \alpha_n = 0$ ni tenglamaga $\alpha_n = X_n / r_n = 2Q(\varphi_0 - \omega_n) / \omega_n$ va $\alpha_k = 2Q_{kv}(\omega_0 - \omega_{kv}) / \omega_{kv}$ ni qo'yib quyidagi ifodalarni olamiz:

$2Q_{kv}(\omega_0 - \omega_{kv}) / \omega_{kv} = -2Q_n(\omega_0 - \omega_n) / \omega_n \omega_0 \approx \omega_{kv}$ avtogenerator chastotasi ketma-ket chastota rezonansiga teng deb hisoblab, quyidagi ifodani olamiz:

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

Bu holda kontur sozlanishi o'zgarganda avtogeneratorni chastotasi $\omega_0 \omega_{kv}$ dan $(\omega_n - \omega_{kv}) / (Q_n / Q_{kv})$ ga proporsional ravishda o'zgaradi.

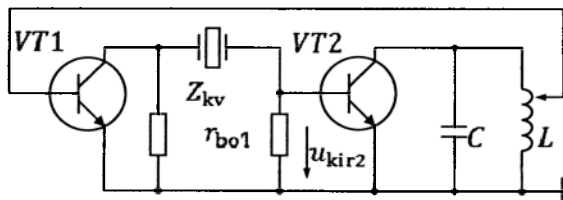
Agar $Q_n \approx 10^2$, $Q_{kv} \approx 10^5$ u holda $Q_n / Q_{kv} \approx 10^{-3}$ ga teng bo'ladi. Bunday avtogeneratorlarda kvars tebrantirgichida ajralayotgan quvvat P_{kv} , AE da ajralayotgan quvvatdan kichkina bo'ladi $P_{kv} < P_1$. Bu bunday avtogeneratorlarning yaxshi tomonidir. Boshqa afzalliklardan yana biri shuki, kollektor konturini o'zgartirib kerakli mexanik garmonikani olish mumkin. C_0 statik sig'imni neytralizatsiya qilib 15, 17 garmonikagacha to'lqinlar olish mumkin. C_0 sig'im neytralizatsiya qilish parazit to'lqinlarni yo'qotish imkonini beradi. Beshinchi garmonikagacha bo'lgan to'lqinlarni olishda C_0 sig'im r_{del} miqdorini ratsional tanlash yo'li bilan kompensatsiya qilinadi. Undan yuqori garmonikalarda C_0 sig'imga parallel qilib induktivlik ulanadi. Ba'zi hollarda neytralizatsiya qilish uchun maxsus neytrodin sig'im C_N ishlatiladi (12.10-rasm).



12.10-rasm. Kvars rezonatorining statik sig'imini neytralizatsiya qilish sxemasi

Ba'zi hollarda kvars rezonatorli avtogeneratorlarning boshqa sxemalari ham ishlatilishi mumkin. Bunga misol qilib ikki konturli avtogenerator sxemasini (12.11-rasm) keltirish mumkin.

Bu sxemada VT2 tranzistorning bazasiga u_{kir2} kuchlanish r_{bo1} qarshilik orqali uzatiladi. Bu kuchlanishning amplitudasi kvars rezonatori qarshiligining absolyut qiymatini va r_{bo1} qarshilikka nisbatiga bog'liq bo'ladi. Avtogeneratorning ish holati va uning parametrlari to'g'ri tanlanganda, qo'zg'atish sharti ketma-ket chastota yaqinida bajariladi. Bu holda kvars rezonatorining qarshiligi Z_{kv} kichik r_{bo1} qarshilikning uzatish koeffitsiyenti katta bo'ladi.



12.11-rasm. Ikki kaskadli, kvars rezonatorli avtogeneratorning sxemasi

Bu va shunga o'xshash sxemalarni kvars rezonatorli avtogeneratorning umumiy tenglamalari orqali tahlil qilish mumkin. Har bir ko'rib chiqilgan avtogeneratorlarning o'ziga xos afzalliklari va kamchiliklari bor. Lekin ularning haroratga bog'liq bo'lgan chastota turg'unligi deyarli bir xil bo'ladi.

Nazorat savollari

1. Kvars rezonatori qanday vazifani bajaradi? Kvars rezonatorining nechta kristallografik o'qi bor?
2. Kvars rezonatorining tebranish chastotasi qanday ifoda bilan aniqlanadi?

3. Kvars rezonatorining ekvivalet sxemasini chizing.
4. Kvars rezonatorining ketma-ket chastota rezonansi qanday aniqlanadi?
5. Uch nuqtali avtogenerator sxemalarini chizing?
6. Uch nuqtali sig'imli avtogeneratorning afzalligi nimadan iborat?
7. Kvars rezonatorning kompleks qarshiligi ketma-ket chastota rezonansida qanday qiymatlarga ega bo'ladi?
8. Kvars rezonatorlari ketma-ket induktivlik konturi sifatida ishlatilgan avtogeneratorning qanday afzalligi va kamchiligi bor?
9. Ikki kaskadli, kvars rezonatorli avtogenerator sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.
10. Integral turidagi kvarsli AG sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.
11. Kollektor va baza orasiga kvars qo'yilgan avtogenerator sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.

13. MODULYATORLAR

13.1. Modulyatsiya turlari

Modulyatsiya deb yuqori chastotali tashuvchi tebranishning bir yoki bir nechta parametrini modulyatsiyalovchi past chastotali signal orqali boshqarishga aytiladi. Yuqori chastotali tebranish umumiy holda quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi:

$$u(t) = U \cos(\omega t + \varphi) = U \cos \Psi, \quad (13.1)$$

bunda, U – amplituda; ω – chastota; φ – boshlang‘ich faza; Ψ – tebranish oniy fazasi.

Modulyatsiyalangan yuqori chastotali tebranish axborot tashuvchi signal hisoblanadi, shuning uchun yuqori chastotali (YuCh) tebranish chastotasini tashuvchi chastota deyiladi. Yuqori chastotali tebranish amplitudasi U yoki fazasi Ψ ni boshqaruvchi past chastotali signal yordamida o‘zgartirib, modulyatsiyaning ikkita asosiy turini hosil qilamiz: *amplituda modulyatsiyasi (AM)* va *burchak modulyatsiya (BM)*. Modulyatsiyalovchi signal AM, ChM va FM uchun

$$u_m(t) = U_m \cos(\Omega_m t + \varphi_m), \quad (13.2)$$

shaklida yoki impulsli modulyatsiyada impulslar ketma-ketligi shaklida bo‘lishi mumkin.

Ω_m yagona chastota emas, balki chastota polosasini ifodalaydi. Masalan, radioeshittirishda AM jarayonida modulyatsiyalovchi signal tovush chastotalar polosasidan (20...16000 Hz) tashkil topadi.

Amplituda modulyatsiyasini hosil qilish usullaridan bir polosali va impulsli amplituda modulyatsiyalari ko‘proq ishlatiladi. Burchak modulyatsiyasi chastota va faza modulyatsiyalariga ajratiladi. Turli modulyatsiya sxemalari ushbu ikkita usulni yoki ularni boshqa

usullar bilan birlashtiradi. Masalan, televideniya turli axborotni uzatish uchun AM ham ChM ham ishlatiladi. Impulsli modulyatsiya amplituda modulyatsiyasi bilan birgalikda impulsli-amplituda modulyatsiyasini (IAM) hosil qiladi.

Amplituda modulyatsiyasi uzun, o'rta, qisqa to'lqin diapazonlarida (500 kHz dan 30 MHz gacha) qo'llaniladi. Chastota modulyatsiyasi esa 30 MHz dan yuqori chastotalar diapazonlarida qo'llaniladi. Faza modulyatsiyasi uzatish traktidagi murakkab sxemasi sababli ChMga qaraganda kamroq ishlatiladi. Faza modulyatsiyasi guruhli xabarlarini uzatishda qo'llaniladi.

Impulsli modulyatsiya (IM) quyidagi turlarga ega: impulsli amplituda modulyatsiyasi (IAM); impulsli chastota modulyatsiyasi (IChM); impulsli faza modulyatsiyasi (IFM); impulsli kenglik modulyatsiyasi (IKM).

Modulyatsiya turi signal egallaydigan polosa kengligiga, axborot uzatish sifatiga, uzatilayotgan axborot miqdoriga yoki tezligiga, qabullash qurilmasi ta'sirlanuvchanligiga va tizim radiouzatkich quvvatiga ta'sir ko'rsatadi.

Modulyatsiya radiouzatkichning qaysi qismida (joyida) va qanday amalga oshirilishiga bog'liq ravishda modulyatsiya usullari sinflarga bo'linadi. Modulyatsiyani amalga oshiruvchi hamma usullarni qamrab oluvchi *ikki juft modulyatsiya usuli* farqlanadi: *ichki va tashqi hamda bevosita va bilvosita*.

Ichki modulyatsiya usuli generator ichki jarayoniga, tebranishni shakllantirish mexanizmiga boshqaruvchi signal orqali ta'sir etish yo'li bilan amalga oshiriladi. Shuning uchun yuqori chastotali tebranish generatoriga bevosita (to'g'ridan-to'g'ri) boshqaruvchi signal bilan ta'sir etish orqali amalga oshiriladigan modulyatsiya usullari ichki modulyatsiya deb ataladi.

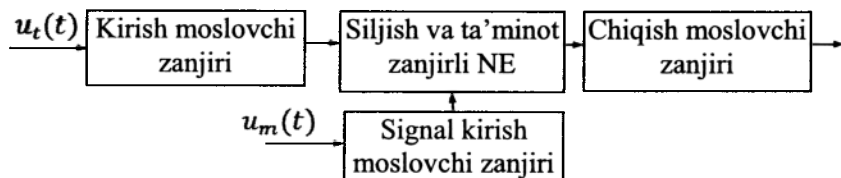
Tashqi modulyatsiya usulida tebranishlarni shakllantirish mexanizmiga ta'sir etmasdan, uzatkich YuCh trakti generatoridan tashqaridagi boshqa qurilma orqali tashuvchi tebranish parametrlari boshqariladi. Bu holda uzatkich YuCh traktiga qo'shimcha ravishda

passiv to'rtqutbliklar ulanadi. Tashqi modulyatsiya passiv qurilmalar yordamida amalga oshiriladi, bunday qurilmalarning tashuvchi tebranish quvvatini uzatish koeffitsiyenti 1 dan katta emas.

RSUQlarda ichki modulyatsiya tashqi modulyatsiyaga qaraganda ko'proq ishlatiladi, chunki ichki modulyatsiya energetik samarador va YuCh traktiga qo'shimcha qurilmalar ulash talab etilmaydi. Tashqi modulyatsiyaning qo'llanilishi cheklangan: generatorda modulyatsiyalashning umuman iloji bo'lmaganda yoki u yoki bu sabablarga ko'ra maqsadga muvofiq bo'lmagandagina qo'llaniladi. Tashqi modulyatsiya usuli lazerli radiouzatkichlarda va ba'zi O'YuCh radiouzatkichlarida ishlatiladi.

Radiouzatkichlarda modulyatsiyaning amalga oshirilishiga qarab, bevosita va bilvosita modulyatsiya usullari bir-biridan farqlanadi. Tashuvchi tebranishning modulyatsiyalanuvchi parametriga bevosita (to'g'ridan-to'g'ri) boshqaruvchi signal bilan ta'sir etish natijasida amalga oshiriladigan modulyatsiya usullari bevosita modulyatsiya usullari deb ataladi. Bevosita modulyatsiyada boshqaruvchi signalda turli o'zgartirishlar amalga oshiriladi yoki dastlabki modulyatsiya amalga oshirilib, kerakli modulyatsiya turiga o'zgartiriladi. RUQlarda nisbatan amplituda va chastota modulyatsiyasidan ko'proq foydalaniladi.

Modulyator – bu RSUQning kaskadi bo'lib, unda modulyatsiya amalga oshiriladi. 13.1-rasmda modulyatorning funksional sxemasi keltirilgan. Sxemaning asosiy elementi bu kirish signalining spektrini o'zgartiruvchi nochiziqli element (NE) hisoblanadi.



13.1-rasm. Modulyatorning funksional sxemasi

NE sifatida diod va tranzistorlardan foydalaniladi. Kirish va chiqish moslovchi zanjirlari NE optimal ish rejimini va manbadan NEga quvvatning nisbatan to'liq uzatilishini hamda chiqish quvvatining yuklamaga uzatilishini ta'minlaydi.

13.2. Amplituda modulyatsiyasining xarakteristikalarini va ko'rsatkichlari

Amplituda modulyatsiyasida tashuvchi tebranish amplitudasi modulyatsiyalovchi signalning o'zgarish qonuniga mos ravishda o'zgaradi. Odatda, signal murakkab spektrga ega bo'lib, sodda bo'lishi uchun modulyatsiyalovchi signal sifatida oddiy garmonik tebranishni olamiz.

$$u_{\Omega}(t) = U_{\Omega} \cos \Omega t, \quad (13.3)$$

bunda, U_{Ω} – modulyatsiyalovchi signal amplitudasi; Ω – chastota.

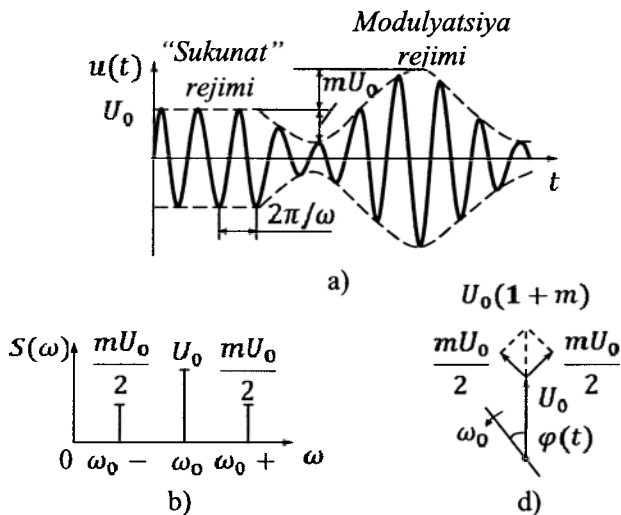
U holda amplituda bo'yicha modulyatsiyalangan tashuvchi tebranish quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$u_{AM}(t) = U_0(1 + m \cos \Omega t) \cos \omega_0 t, \quad (13.4)$$

bunda, U_0 – tashuvchi tebranish amplitudasi; $m = U_{\Omega}/U_0$ – modulyatsiya koeffitsiyenti, $0 < m \leq 1$.

13.2a-rasmda AM signalning vaqt diagrammasi keltirilgan, bunda $U_{max} = U_0(1 + m)$; $U_{min} = U_0(1 - m)$ bo'lib, bundan $m = (U_{max} - U_{min})/(U_{max} + U_{min})$ ekanligini ko'rish mumkin.

13.2b-rasmda AM signalning spektr diagrammasi keltirilgan bo'lib, uning spektr tashkil etuvchilari quyidagicha aniqlanadi:



13.2-rasm. Garmonik AM signalning vaqt (a), spektr (b) va vektor (c) diagrammalari

$$u_{AM}(t) = U_0 \cos \omega_0 t + \frac{mU_0}{2} \cos(\omega_0 + \Omega)t + \frac{mU_0}{2} \cos(\omega_0 - \Omega)t. \quad (13.5)$$

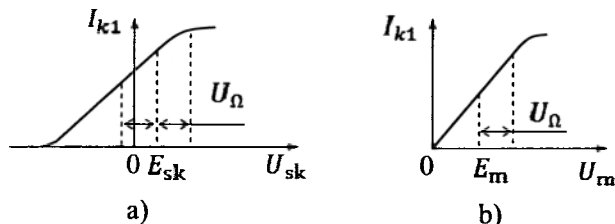
Chastotalar polosasi $\Omega_{min} - \Omega_{max}$ bo'lgan murakkab modulyatsiyalovchi signal uchun AM signal spektrining kengligi $2\Omega_{max}$ ga teng bo'ladi.

Amplituda modulyatsiyaning statik va dinamik modulyatsion xarakteristikalar mavjud.

Statik modulyatsion xarakteristika (SMX) deb modulyator chiqishidagi YuChli tebranish amplitudasini past chastotali signal ta'sirida o'zgaruvchi elektrik kattalikning modulyatsiyalovchi faktoriga (masalan, U_m – manba kuchlanishi; U_{sk} – siljish kuchlanishi) bog'liqligiga aytiladi. 13.3-rasmda statik modulyatsion xarakteristikalariga namunalar ko'rsatilgan. SMXlar asosida garmonikalar koeffitsiyenti minimal bo'lganda maksimal modulyatsiya koeffitsiyentini olish uchun NENing ish rejimi tanlanadi.

$$k_g = \frac{1}{I_{\Omega 1}} \sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_{\Omega n}^2}. \quad (13.6)$$

Nochiziqli buzilishlar bo'lmashligi uchun $E_{sk}(t)$ va $U_m(t)$ lar xarakteristikaning chiziqli qismi sohasida o'zgarishi, E_{sk} va E_m esa chiziqli qismining o'rtasiga mos kelishi kerak.



13.3-rasm. Statik modulyatsion xarakteristikalarga namunalar

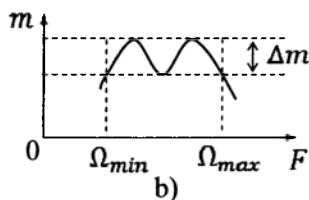
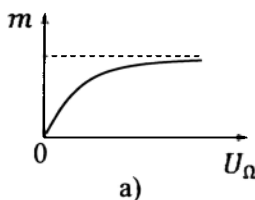
Dinamik modulyatsion xarakteristika (DMX) amplitudaviy va chastotaviy (13.4-rasm) bo'lishi mumkin. *Amplitudaviy DMX* – bu modulyatsiya koeffitsiyenti m ning modulyatsiyalovchi signal amplitudasi U_{Ω} ga bog'liqligidir. U orqali modulyatsiya koeffitsiyenti m ning kerakli qiymatini olish uchun zarur bo'lgan past chastotali signal amplitudasi aniqlanadi.

Chastotaviy DMX – bu modulyatsiya koeffitsiyenti m ning modulyatsiyalovchi signal chastotasi Ω ga bog'liqligidir. U orqali modulyatsiyalovchi signalning chastota polosasi $\Omega_{min} \dots \Omega_{max}$ da $\Delta m/m$ parametr aniqlanadi.

Amplituda modulyatsiyasida YuChli tebranish amplitudasi vaqt bo'yicha modulyatsiyalovchi signal qonuniga mos o'zgaradi, ya'ni

$$u(t) = U_0(1 + m \cos \Omega t)$$

va mos ravishda AE ishlash sharti ham o'zgaradi, natijada esa chiqish quvvati, FIK va boshqa energetik ko'rsatkichlari o'zgaradi.



13.4-rasm. Amplitudaviy (a) va chastotaviy (b) dinamik modulyatsion xarakteristikalar

Amplituda modulyatorlarida uchta energetik ish holati bilan farqlanadi:

1. “Sukunat” ish holati yoki tashuvchi tebranish ish holati: bu holat modulyatsiyalovchi signal bo‘lmagan holatga mos keladi, ya’ni $m = 0$. Modulyator chiqish quvvati $P_0 = 0,5 U_0^2 / R_{yu}$, R_{yu} – yuklama ekvivalent qarshiligi;

2. Maksimal ish holati: $\cos \Omega t = 1$ va YuCh tebranish amplitudasi maksimal bo‘lgan holatga mos keladi; $U_{max} = U_0(1 + m)$. Bunda

$$P_0 = 0,5 U_{max}^2 / R_{yu} = (1 + m)^2 P_0, m = 1 \quad \text{bo‘lganda} \\ P_{0 \max} = 4 P_0 \text{ bo‘ladi.}$$

3. Minimal ish holati: $\cos \Omega t = -1$ va YuCh tebranish amplitudasi minimal bo‘lgan holatga mos keladi; $U_{min} = U_0(1 - m)$. Bunda $P_0 = 0,5 U_{min}^2 / R_{yu} = (1 - m)^2 P_0$, $m = 1$ bo‘lganda $P_{0 \min} = 0$ bo‘ladi.

Shunday qilib, AMda modulyator chiqish quvvati vaqt bo‘yicha asta-sekin o‘zgaradi:

$$P_m(t) = P_0(1 + m \cos \Omega t)^2; P_{orr} = \frac{1}{T\Omega} \int P_0 dt = P_0(1 + m^2/2), T = \frac{2\pi}{\omega}, m = 1$$

bo‘lganda $P_{orr} = 1,5 P_0$, ya’ni AM signal spektrida yon tomon tashkil etuvchilarining paydo bo‘lishi hisobiga YuChli tebranishning chiqish quvvati $0,5 P_0$ ga oshishiga olib keladi.

AM ham ichki, ham tashqi usul bilan amalga oshirilishi mumkin. Tashqi AM o‘z navbatida bevosita va bilvosita yo‘l bilan amalga oshirilishi mumkin. Ammo barcha tashqi AM yuqori chastotali tebranish quvvatini yo‘qotishga olib keladi, shuning uchun ham energetik jihatdan samarasiz hisoblanadi.

Ichki AM esa ushbu kamchiliklardan holi, shuning uchun zamonaviy radiouzatkichlarda keng qo'llaniladi. Odatda, ichki AM ko'proq tashqi qo'zg'atishli generatorlarda amalga oshiriladi (misol uchun, chiqish quvvat kuchaytirgichlarda). Ushbu generatorlarda AE elektrodlariga beriladigan manba va siljish kuchlanishlarini o'zgartirish yo'li orqali elektrik ish holati o'zgarishiga erishiladi. AE chiqish elektrodidagi (kollektor) manba kuchlanishini o'zgartirish hisobiga amalga oshiriladigan amplituda modulyatsiyasi chiqish elektrodida modulyatsiya yoki generator chiqish zanjirida modulyatsiya deb ataladi. AE turli boshqaruvchi elektrodida siljish kuchlanishini o'zgartirish bilan bog'liq amplituda modulyatsiyasi boshqaruvchi elektrod (baza) siljishli modulyatsiya, baza modulyatsiyasi, kirish elektrodida modulyatsiya deb ataladi.

Zamonaviy radiouzatkichlarda nisbatan ko'proq manba kuchlanishini o'zgartirish orqali AM hosil qilinadi. Ma'lumki, modulyatsiyalovchi tebranish RSUQning ikkita (yoki undan ko'p) kaskadiga ta'sir etadi. Bu holda oxirgi kaskad kombinatsiyalangan modulyatsiya rejimida ishlaydi, chunki modulyatsiyalanuvchi ikkita faktor: YuChli tebranish amplitudasi va AE manba kuchlanishi modulyatsiyalovchi signal qonuni bo'yicha o'zgaradi.

13.3. Kollektor kuchlanishini o'zgartirib amplitudasi modulyatsiyalangan signallarni shakllantirish (kollektor modulyatsiyasi)

AM signalni shakllantirishning bu usulida past chastotali modulyatsiyalovchi signal AEning kollektoriga kuchlanish beruvchi zanjirga beriladi (13.5-rasm). Natijada kollektordagi kuchlanish quyidagiga teng bo'ladi:

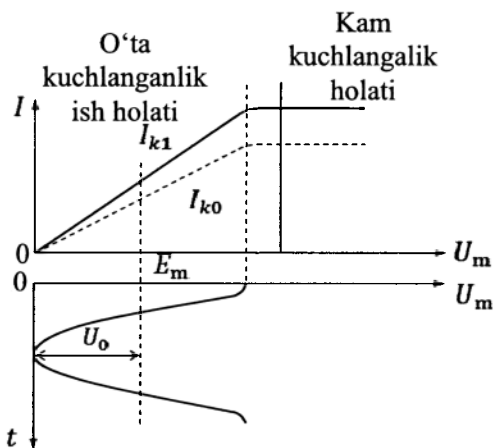
$$u_k(t) = E_m + U_{\Omega} \cos \Omega t, \quad (13.7)$$

bunda, E_m — elektr manba kuchlanishi; U_{Ω} — past chastotali modulyatsiyalovchi signal amplitudasi.

AEning ish nuqtasi va optimal ish holati uning dinamik xarakteristikasi asosida olingan statik modulyatsion xarakteristikasi orqali aniqlanadi.

Amplituda modulyatorining statik modulyatsion xarakteristikasi, ya'ni uning energetik ko'rsatkichlarining manba kuchlanishiga bog'liqligi 13.5-rasmda keltirilgan.

Bu rasmdan ko'rinadiki, AE o'ta kuchlanganlik (zo'riqish) ish holatida bo'lsa, uning kollektor toki impulslarining shakli o'zgarmaydi. Bu ish holatida (E_m kichiklashishi natijasida) kollektor toki impulsida chuqurlik hosil bo'ladi va kuchlanish amplitudasi kichiklashadi. Natijada o'ta kuchlanganlik ish holatida kollektor toki birinchi garmonikasi I_{k1} qiymati o'zgarmaydi va o'ta kuchlanganlik ish holatida (E_m kattalashishi natijasida) I_{k1} qiymati kichiklashadi.



13.5-rasm. Kollektor kuchlanishini boshqarish orqali modulyatsiyada statik modulyatsion xarakteristika

Ushbu xarakteristikaning chiziqli qismi o'ta kuchlanganlik ish holati sohasiga to'g'ri keladi. Manba kuchlanishi E_m chiziqli qismining o'rtasiga mos qilib tanlanadi va $m = 1$ bo'lganda maksimal ish holati (rejimi) kuchlanish bo'yicha chegaraviy holatga mos keladi.

AE ish holatini hisoblashni maksimal ish holatidan boshlaymiz, bunda $P_{max} = (1 + m)^2 P_0$ ekanligini e'tiborga olamiz. Maydoniy tranzistor uchun boshqaruvchi kuchlanish shakli garmonik, katta quvvatli bipolyar tranzistor uchun boshqaruvchi zaryad garmonik deb hisoblaymiz. Kollektor toki impulsi kesish burchagi $60^\circ \dots 120^\circ$ oralig'ida tanlanadi. Shunday qilib, SMXning ishchi qismi uchun $U_n = k I_{k1}$ o'rinli va modulyatsiyalashda $I_{k1}(t) = I_{k1}(1 + m \cos \Omega t)$ ekanligini e'tiborga olsak, unda $U_\Omega(t) = E_m(1 + m \cos \Omega t)$, bunda $E_m = k I_{k1}$ bo'lib, bundan esa $m = U_\Omega / E_m$ kelib chiqadi.

Kollektor manbai kuchlanishi $U_{mmax} < u_{kre}/2$ munosabatga ko'ra tanlanadi, bunda u_{kre} – ruxsat etilgan maksimal kirish kuchlanishi. AE maksimal ish holati hisobidan so'ng:

$$E_m = U_{mmax} / (1 + m), \quad (13.8)$$

hisoblanadi va kollektorga keluvchi modulyatsiyalovchi signal amplitudasini aniqlaymiz: $U_\Omega = E_m m$.

Modulyatsiya jarayonida kollektor toki U_m ga proporsional ravishda 0 dan I_{k0max} gacha o'zgaradi. Demak, $I_{k0max} = I_{k0}(1 + m)$ bo'lsa, u holda kollektor toki PChli tebranish amplitudasi $I_\Omega = m I_{k0}$ bo'ladi. U holda kuchaytirgichdan talab etiladigan quvvat $P_\Omega = 0,5 I_\Omega U_\Omega = 0,5 m^2 I_{k0} E_m$. $m = 1$ bo'lganda PChli kuchaytirgich quvvati "sukunat" ish holatidagi modulyator tebranish quvvatiga teng.

Tranzistor kollektori modulyatsiyali quvvat kuchaytirgich sxemasi 10.9-rasmda keltirilgan.

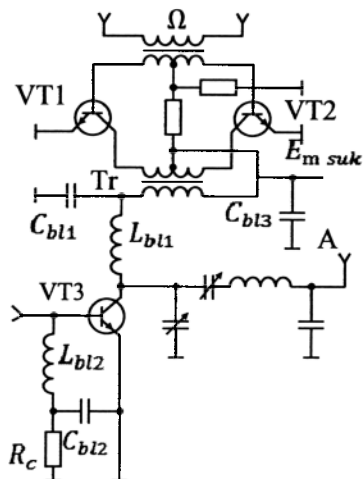
Kollektor kuchlanishini o'zgartirib amalga oshiriladigan amplituda modulyatsiyasining *afzalliklari*:

- modulyatordagi AE energetik samarali, ya'ni o'ta kuchlanganlik ish holatida ishlaydi, natijada modulyatsiyani RU chiqish kaskadida amalga oshirish mumkin bo'ladi;
- RUning modulyatordan oldingi kaskadlari nisbatan samarali chegaraviy rejimda ishlatiladi.

Kamchiliklari:

- yuqori chastotali chiqish kaskadining quvvatiga teng bo'lgan quvvatli PChK qo'llanilishining zarurligi;

- m ning 1 ga teng qiymatini olish uchun AE zo'riqish ish holatining zarurligi, bu esa quvvat kuchaytirish ko'effitsiyentining kamayishiga va noxiziqli buzilishlarning kattalashishiga olib keladi;
- tranzistorli modulyatorlar uchun manba kichik doimiy kuchlanishining (QKga nisbatan ikki marta kichik) zarurligi.



13.9-rasm. Kollektor modulyatsiyasili tranzistorli quvvat kuchaytirgich sxemasi

13.4. Siljish kuchlanishini o'zgartirib amplitudasi modulyatsiyalangan signallarni shakllantirish

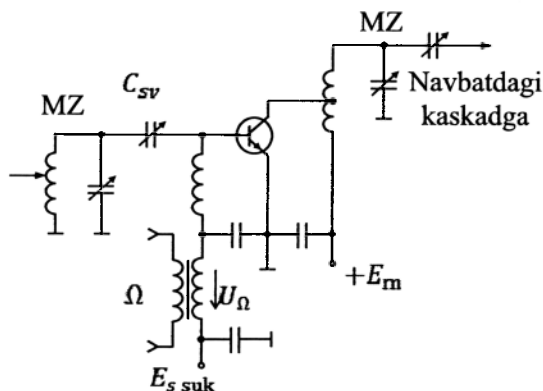
Modulyatsiyalovchi kaskadda (13.11-rasm) AE kirishidagi siljish kuchlanishi E_s axborot signaliga mos ravishda o'zgaradi:

$$E_s = E_{sk} + U_{\Omega} \cos \Omega t. \quad (13.9)$$

Modulyatsiyalovchi QK sxemasi kuchlanish manbai E_{sk} bilan U_{Ω} amplitudali modulyatsiyalovchi kuchlanish manbaini ketma-ket ulash orqali amalga oshiriladi.

E_s kuchlanish kollektor toki tashkil etuvchilari I_{k0} va I_{k1} larga ta'sir etib, kam kuchlanganlik ish holatida ushbu tashkil etuvchilar $\gamma_0(\theta)$ va $\gamma_1(\theta)$ ko'effitsiyentlarga proporsional bo'ladi. Ushbu

bog‘liqliklar nochiqli bo‘lganligi sababli baza siljishining o‘zgarishi hisobiga $m = 1$ uchun kollektor tokining buzilishsiz modulyatsiyasini olish imkoni yo‘q. Baza siljishli modulyatsiyadan kichik nochiqli buzilishlar ish holatida $m = 0,6 \dots 0,7$ bo‘lganda foydalaniladi.



13.11-rasm. Siljish kuchlanishini o‘zgartirib modulyatsiyalash quvvat kuchaytirgich sxemasi

Kam kuchlanganlik ish holatida toklarning bekilish kuchlanishi ($E_{s \min} = U_{kes} - U_b$) ga bog‘liqligi $I_{k1}(E_s), I_{k0}(E_s)$ ni chiziqli deb hisoblaymiz, bunda $I_{k1} = I_{k0} = 0$ – kritik (chegaraviy) ish holatigacha, doimiy – zo‘riqish ish holatida. U holda

- kollektor zanjirida E_m dan iste‘mol qilinuvchi quvvat $P_0 = I_{k0}(E_s)E_m$ tok shakli $I_{k0}(E_s)$ kabi o‘zgaradi;

- $P_1 = 0,5 I_{k1}^2(E_s) R_k$ quvvat $I_{k1}^2(E_s)$ ga proporsional va parabola shaklida bo‘ladi;

- FIK $\eta = P_1/P_0 = 0,5 \xi g_1(\theta)$ bo‘lib, g_1 – tokning shakl koeffitsiyenti:

$$g_1(\theta) = I_{k1}(E_s)/I_{k0}(E_s) = \text{const}, \quad (13.14)$$

shuning uchun $\eta(E_s)$ tok $I_{k1}(E_s)$ ga proporsional bo‘ladi.

Modulyatsiyalovchi kaskadda buzilishlar minimal bo'lishi uchun AEning nominal quvvati uning maksimal ish holatidagi quvvatidan kichik bo'lmashligi lozim:

$$P_{1\text{ nom}} \geq P_{1\text{ max}} = P_{1\text{ n}}(1+m)^2. \quad (13.15)$$

Kaskadni hisoblash kritik ish holatini tanlash orqali maksimal ish nuqtasini tanlashdan boshlanadi, bunda nochiziqli buzilishlarni kamaytirish uchun kollektor tokining kesish burchagi θ_{max} ni $110^\circ \dots 120^\circ$ qilib tanlaymiz. Hisoblashlar natijasida: tok, kuchlanish, quvvat, FIK, R_k qarshilik va boshqalar aniqlanadi:

- “sukunat” ish holatida E_{sk} va E_m aniqlanadi;
- axborot signali kuchlanishi $U_\Omega = E_{sk\text{ max}} - E_{sk}$;
- modulyator quvvati $P_\Omega = 0,5 I_\Omega U_\Omega$, I_Ω – kirish toki birinchi garmonikasining amplitudasi.

Siljish kuchlanishi orqali bo'ladigan modulyatsiyaning FIK kichik bo'ladi, bu esa uni professional radiouzatuvchi qurilmalarda qo'llash imkoniyatini kamaytiradi. Bunday modulyatsiya tasvir uzatishda, ya'ni keng polosali signalni (6 MHz) modulyatsiya qilishda ishlatiladi.

13.5. Bir polosali amplitudali modulyatsiya

Amplitudasi modulyatsiyalangan signalda foydali axborot ushbu signal spektrining yon tashkil etuvchilar tarkibida ham bo'ladi. Ushbu yon tashkil etuvchilar va tashuvchi signal bir xil axborot tashiydilar. Agar ushbu yon tashkil etuvchilar birini va tashuvchini bartaraf qilsak, quyidagi *afzalliklarga* ega bo'lamiz:

- radioaloqa uzoqligini saqlab qolgan holda radiouzatkich quvvatini kamaytirish;
- uzatilayotgan signal polosasini ikki marta qisqartirish, buning natijasida esa radioqabullagich o'tkazish polosasini (oralig'ini) qisqartirish (toraytirish) hamda bitta aloqa liniyasida kanallar sonini ko'paytirish imkoniyati paydo bo'ladi;
- radioqabullagichda signal/showqin nisbatini oshirish.

Bir polosali modulyatsiya AM signal spektridagi tashuvchi va bitta yon polosani bostirish orqali hosil qilinadi. Bunda spektrda faqatgina bitta yon polosa qoladi, shuning uchun antennadagi tok I_a garmonik qonun bo'yicha o'zgaradi:

$$I_a = I_{a\ yon} \cos(\omega + \Omega)t. \quad (13.16)$$

Tok amplitudasi $I_{a\ yon}$ modulyatsiya koeffitsiyenti m ga bog'liq bo'lib, modulyatsiya davrida o'zgarmaydi. Bu esa uni AE maksimal quvvatini saqlab qolgan holda antennadagi tokning maksimal qiymatigacha yetkazish imkonini beradi:

$$I_{a\ yon\ max} = mI_{a\ max} = m(1 + m)I_a. \quad (13.17)$$

Qabullagich chiqishidagi AM tebranishning foydali effekti signal o'rovchisi amplitudasi mI_a orqali aniqlanadi, chiziqli detektor chiqishidagi signal esa ushbu amplitudaga proporsional bo'ladi:

$$U_{AM\ QQ} = kmI_a. \quad (13.18)$$

Bir polosali modulyatsiyalangan kuchlanish qabullagich chiqishida $U_{BPM} = km(1 + m)I_a$ bo'lib, kuchlanish bo'yicha $B_1 = U_{BPM}/U_{AM} = 1 + m$ marotaba, quvvat bo'yicha esa $B_2 = (1 + m)^2$ marotaba samaradorlikni ta'minlaydi. $m = 1$ bo'lganda samaradorlik kuchlanish bo'yicha $B_1 = 2$, quvvat bo'yicha $B_2 = 4$ ga teng bo'ladi.

Bundan tashqari bir polosali modulyatsiya (BPM)da signal spektri kengligi AMga nisbatan 2 marta qisqaradi, natijada esa radioqabullagich o'tkazish oraliq'ini qisqartirish imkoniyati yuzaga keladi. Faqat shuning hisobiga signal/shovqin nisbati kuchlanish bo'yicha $\sqrt{2}$ marotaba va quvvat bo'yicha 2 marotaba kattalashadi. BPM signalni uzatishdagi umumiy samaradorlik AMga nisbatan 16 marotaba ko'proq.

Qisqa to'liqin radiouzatkichlarida radioto'liqlar tarqalishining xususiyatlarini inobatga olgan holda, qabullagich kirishida tashuvchi va yon chastotalar orasida faza siljishi hosil qilinadi, bu esa chiqishda foydali effektning kamayishiga olib keladi. Tajribalar shuni ko'rsatadiki, BPM jarayonida bunday effekt bo'lmaganda quvvat bo'yicha samaradorlik yana 2 marotaba oshgan bo'lar edi. Shunday qilib, AMdan BPMga o'tishdagi quvvat bo'yicha samaradorlik 8...16 marotabani tashkil etadi.

Bir polosali RSUQlar ko'p kanalli stansiyalarda va radioeshittirishda qo'llaniladi. Aloqa bog'lovchi RSUQlarda uzatiluvchi chastotalar diapazoni 250...3000 Hz, radioeshittirish RSUQlarida 100...6000 Hz ni tashkil qiladi. Tashuvchi chastotaning tipik qiymati 1,5 va 30 MHz, chiqish quvvati 1,5 va 100 kW bo'lishi mumkin.

BPM kichik quvvatli kaskadlarda amalga oshiriladi va navbatdagi kaskadda hosil bo'lgan bir polosali signal kuchaytiriladi.

Bir polosali signallarni ishlab chiqishning quyidagi usullari mavjud:

1. *Qayta balansli modulyatsiya usuli.* Bu usulning asosiy kamchiligi shundan iboratki, unda balans modulyator va filtrlar soning ko'p va ancha murakkab bo'ladi. Bundan tashqari kerak bo'lmagan chastotalar paydo bo'lishiga olib keladi va uning ishiga salbiy ta'sir ko'rsatadi;

2. *Faza kompensatsiyali usul.* Bu usulda avtogeneratorda $N \geq 3$ ta kanal bo'lib, ularda yuklamaga ishlaydigan oddiy AM kaskadlar bo'ladi. Agar ularning ta'sir qiluvchi signal fazasi $\varphi = 2\pi / N$ burchagi farqi qilsa, umumiy yuklamada tashuvchi signallar o'zaro kompensatsiya qilinadi va chiqishda tashuvchi signal bo'lmaydi. Signallar fazasi maxsus fazalantirgichlarda φ burchakka suriladi. Bundan tashqari modulyatsiya qiluvchi kuchlanishlar ham bir-biriga nisbatan φ burchakka siljigan bo'lsa, umumiy yuklamada bitta yon tashkil etuvchisi kompensatsiya qilinadi, ikkinchisi esa arifmetik tarzida qo'shiladi. Qaysi yon chastota yo'q bo'lishi φ burchakning

ishorasiga bog'liq bo'ladi. Amalda odatda uch va to'rt fazali sxemalar qo'llaniladi.

Bu usul bilan ishlaydigan BPM qurilmada nochiziqli buzuvchiliklar nisbatan kam bo'ladi, chunki nochiziqli o'zgartirgichlar son kam. Kamchiligi sifatida tashuvchi va kerak bo'lmagan yon tashkil etuvchi signallarni pasaytirish 40 db dan oshmaydi.

Shunday qilib BPM 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 ning avtogeneratorini modulyatsiya umumiy signalga aylantiriladi. Bunda chastota bo'yicha ajratilgan kanallari bo'lgan sistemalar bir necha yuz telefon xabarlarini uzatishi mumkin.

13.6. Burchak modulyatsiyasi. Burchak modulyatsiyasining turlari va asosiy xarakteristikalar

Burchak modulyatsiyasida tashuvchi tebranishning amplitudasi doimiy saqlanadi, axborot esa chastota $\omega(t)$ o'zgarishida yoki boshlang'ich faza $\varphi(t)$ o'zgarishida aks etadi. Agar modulyatsiyalovchi signal ta'sirida tashuvchi tebranishning chastotasi o'zgarsa, bunday modulyatsiya chastota modulyatsiyasi (ChM), agar tashuvchi tebranishning boshlang'ich fazasi o'zgarsa, bunday modulyatsiya faza modulyatsiyasi (FM) deb ataladi.

Chastota yoki faza modulyatsiyasida o'zgaruvchi kuchlanish quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$u(t) = U \cos \Psi(t), \quad (13.19)$$

bunda, U – amplituda, $\Psi(t)$ – oniy faza.

FMda ham ChMdagi kabi tebranishning oniy chastotasi vaqt funksiyasi hisoblanadi, ya'ni $\omega(t) = d\Psi/dt$.

Chastota modulyatsiyasi bitta garmonik tebranish bilan amalga oshirilsa, u holda tashuvchi tebranishning oniy chastotasi

$$\omega(t) = \omega_0 + \Delta\omega_d \cos \Omega t \quad (13.20)$$

ga teng bo'ladi, bunda, ω_0 – tashuvchi tebranish chastotasi; $\Delta\omega_d$ – chastota deviatsiyasi; Ω – modulyatsiyalovchi tebranish chastotasi.

Oniy faza $\Psi(t) = \int_0^t \omega(t) dt$ bo'lib, undan

$$\Psi(t) = \omega_0 t + M \sin \Omega t \quad (13.21)$$

kelib chiqadi, bu yerda $M = \Delta\omega_d / \Omega$ – chastota modulyatsiyasi indeksi.

ChMda oniy kuchlanish

$$u(t) = U \cos(\omega_0 t + M \sin \Omega t). \quad (13.22)$$

FMda tebranish oniy fazasi

$$\Psi(t) = \omega_0 t + \Phi \sin \Omega t, \quad (13.23)$$

bunda, $\omega_0 t$ – modulyatsiyalanmagan tebranish oniy fazasi; Φ – faza modulyatsiyasi indeksi.

Oniy chastota $\omega(t) = d\Psi/dt = \omega_0 + \Omega \Phi \sin \Omega t$, bunda $\Omega \Phi = \Delta\omega_d$ – chastota deviatsiyasi.

FMda oniy kuchlanish $u(t) = U \cos(\omega_0 t + \Phi \sin \Omega t)$.

ChM va FM uchun $\Psi(t), \omega(t), u(t)$ ifodalarni solishtirib, garmonik modulyatsiyalovchi signal uchun ushbu ikkita modulyatsiya turi orasida deyarli farq bo'lmashligini kuzatamiz.

Burchak modulyatsiyasili tebranishning spektri

ChM yoki FMda oniy kuchlanish quyidagi ko'rinishga ega:

$$\begin{aligned} u(t) &= U \cos(\omega_0 t + M \sin \Omega t) = \\ &= U \cos \omega_0 t \cos(M \sin \Omega t) - U \sin \omega_0 t \sin(M \sin \Omega t). \end{aligned} \quad (13.24)$$

Tebranish spektrini aniqlash uchun $\cos(M \sin \Omega t)$ va $\sin(M \sin \Omega t)$ funksiyalarni Furiye qatoriga yoyish kerak. Bunda

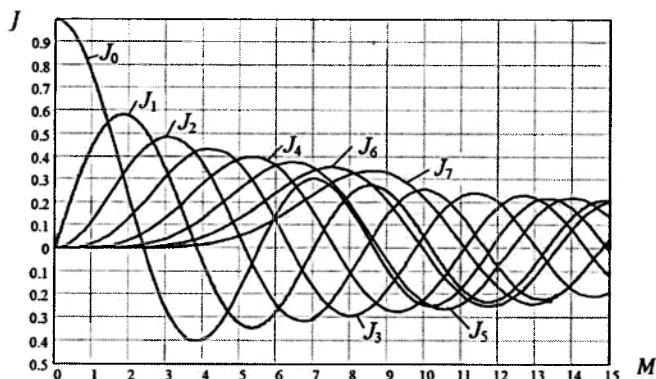
$\cos(M \sin \Omega t)$ funksiya juft, $\sin(M \sin \Omega t)$ funksiya esa toq bo'lgani uchun ularning Furye qatoridagi yoyilmasi kosinusoidal va sinusoidal tashkil etuvchilardan iborat bo'ladi. Bu tashkil etuvchilarning ifodalari [5] adabiyotda keltirilgan. Ularni (13.24) ifodaga qo'yib, kuchlanishning oniy qiymatini aniqlovchi ifodaga ega bo'lamiz:

$$u(t) = UJ_0(M) \cos \omega_0 t + UJ_1(M) \cos(\omega_0 + \Omega)t - UJ_1(M) \cos(\omega_0 - \Omega)t + UJ_2(M) \cos(\omega_0 + 2\Omega)t - UJ_2(M) \cos(\omega_0 - 2\Omega)t + \dots \quad (13.25)$$

Ushbu ifodani tahlil qilish shuni ko'rsatadiki:

- burchak modulyatsiyalangan tebranishning spektri bir-biridan Ω chastotada joylashgan cheksiz tashkil etuvchilardan iborat;
- spektr tashkil etuvchilarining amplitudalari Bessel funksiyasi $J_k(M)$ orqali aniqlanadi;
- spektr tashkil etuvchilarining fazalari 0 yoki π ga teng bo'lishi mumkin.

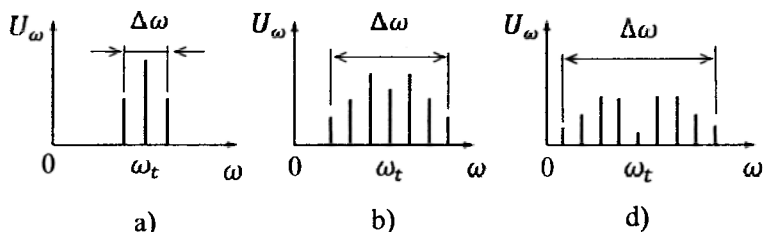
Modulyatsiyalangan tebranish spektrini aniqlovchi Bessel funksiyasining (13.12-rasm) xususiyati, shundan iboratki, uning ishorasi o'zgaruvchan va M va k larning kattalashishi bilan funksiyaning maksimal qiymati kamayadi ($k > 2$ va $M < 0,5$ bo'lganda funksiya qiymati nihoyatda kichik bo'ladi).



13.12-rasm. Bessel funksiyasi grafiği

Shunday qilib, burchakli modulyatsiyalangan signalning spektri modulyatsiya indeksi M ga bog'liq. Burchakli modulyatsiyalangan signalning spektri namunalari 13.13-rasmda keltirilgan.

Burchak modulyatsiyalangan signal spektri nazariy jihatdan cheksiz. Amaliyotda moduli $0,1U$ qiymatdan katta bo'lgan tashkil etuvchilar inobatga olinadi. Demak, $M > 1$ bo'lganda $\Delta\omega_{0,1} = 2\Delta\omega_d$, agar $M < 0,5$ bo'lsa, u holda $\Delta\omega_{0,1} = 2\Omega$, ya'ni modulyatsiya indeksining kichik qiymatlarida ChM va FM signallarning spektri AM signalning spektriga teng.



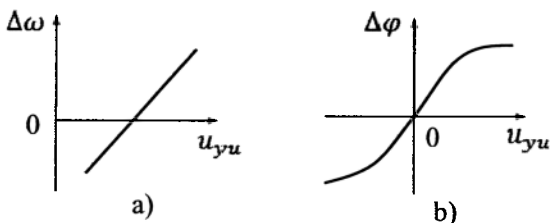
13.13-rasm. Burchak modulyatsiyalangan signal spektri:
a) – $M = 0,5$; b) – $M = 1,5$; d) – $M = 2,5$.

Modulyatsion xarakteristikalar. Burchak modulyatsiyasini statik va dinamik modulyatsion xarakteristikalar mavjud.

Statik modulyatsion xarakteristika (SMX) – bu modulyatsiyalovchi faktorga bog'liq ravishda chastotaning (ChMda) yoki fazaning (FMda) o'rta qiymatidan og'ish o'zgarishi. SMXga namunalar 13.14-rasmda keltirilgan. Xarakteristikaning nochiqli bo'lishi modulyatorlarda nochiqli buzilishlar paydo bo'lishiga olib keladi.

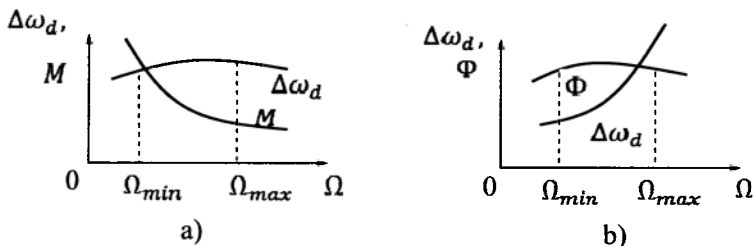
Dinamik modulyatsion xarakteristika (DMX) deb chastota deviasiyasining (ChMda) yoki modulyatsiya indeksining (FMda) modulyatsiyalovchi tebranish chastotasiga bog'liqligiga aytiladi. ChM va FM orasidagi farq modulyatsiyalovchi signal $\Omega_{min} - \Omega_{max}$ chastota spektriga ega bo'lganda namoyon bo'ladi. ChMda foydali axborot tebranish chastotasining o'zgarishida namoyon bo'ladi, shuning uchun chastota modulyatorlarini

yaratishda (qurishda) modulyatsiyalovchi chastotalar polosasida chastota deviatsiyasi $\Delta\omega_d$ ning doimiy qiymatini ta'minlash talab etiladi (13.15a-rasm). Faza modulyatorlarida esa modulyatsiyalovchi chastotalar polosasida $\Omega_{min} - \Omega_{max}$ da faza modulyatsiyasining to'liq indeksi Φ ni ta'minlash (ya'ni fazaning modulyatsiyalanmagan qiymatidan maksimal og'ishini ta'minlash) talab etiladi (13.15b-rasm). Bunda chastota deviatsiyasi $\Delta\omega_d = \Omega\Phi$ ga bog'liq holda o'zgaradi.



13.14-rasm. Chastota (a) va faza (b) modulyatorining statik modulyatsion xarakteristikalar

DMX belgilangan aniqlikdagi Φ yoki $\Delta\omega_d$ doimiylik oraliq'ida modulyatsiyalovchi chastota polosasini baholash imkonini beradi.



13.15-rasm. Chastota (a) va faza (b) modulyatorining dinamik modulyatsion xarakteristikalar

13.7. Chastotali modulyatsiya

ChM radiouzatkichlar radioeshittirishda, televideniye tovush signallarini uzatishda, radioreleyli aloqada, troposfera va kosmik aloqada, radiolokatsiyada ishlatiladi.

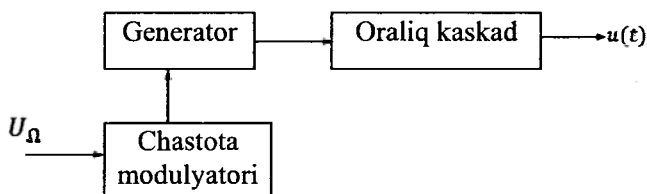
ChM radiouzatkich sxemasini tanlashda quyidagi ikki bir-biriga qarama-qarshi talablarni qanoatlantirish kerak: tashuvchi tebranish chastotasining yuqori stabilligini saqlash va modulyatsion xarakteristikaning chiziqliligini ta'minlash.

ChM signalni ikki usulda shakllantirish mumkin: **bevosita** va **bilvosita**. ChM signalni *bevosita* shakllantirish usulida generator chastotasi chastota boshqaruvchi (ChB) orqali modulyatsiyalanadi va RUning keyingi kaskadida chastota ko'paytirish amalga oshirilishi mumkin. Kontur reaktivligi $\Delta L, \Delta C$ ning kichik o'zgarishi uning xususiy chastotasi ω_0 ning chiziqli o'zgarishiga olib keladi:

$$\Delta\omega_0 = -\frac{1}{2}\omega_0\left(\frac{\Delta L}{L} + \frac{\Delta C}{C}\right). \quad (13.26)$$

13.16-rasmda bevosita usulda chastota modulyatsiyasini amalga oshiruvchi modulyatorning funksional sxemasi keltirilgan.

Generatorning chastota boshqaruvchisi reaktiv boshqariluvchi qarshilikli qurilma bo'lib, u avtogenerator tebranish konturiga ulanadi. Bunday chastota boshqaruvchi sifatida varikapdan foydalanish mumkin.



13.16-rasm. Bevosita ChM modulyatorining funksional sxemasi

Radiouzatkich sxemasida o'rtacha chastota ω_0 ni stabilizatsiyalash uchun chastotani avtomatik sozlash (ChAS) tizimi qo'llaniladi (13.17a-rasm), BK – bufer kaskad. ChAS foydali modulyatsiyani kuchsizlantirmasligi uchun ChAS tizimida

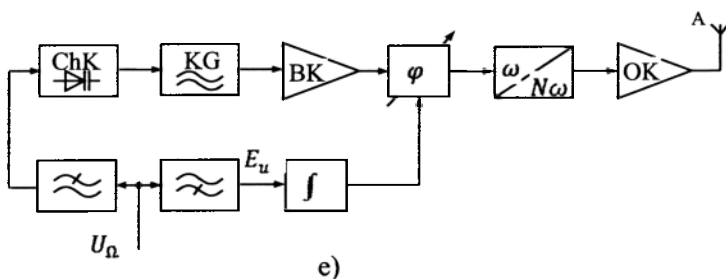
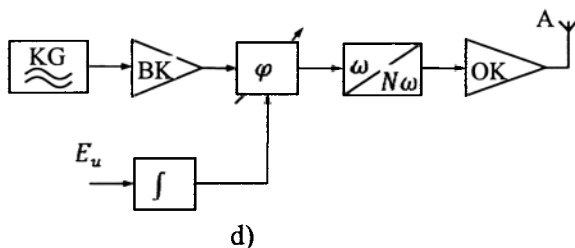
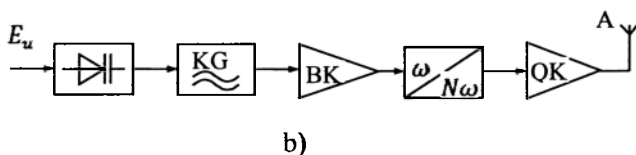
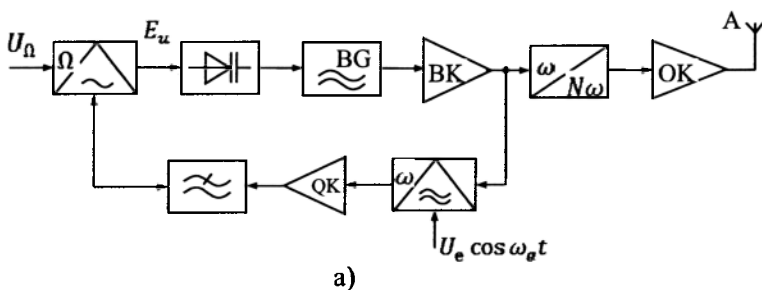
$\Omega_{min} < \Omega < \Omega_{max}$ modulyatsiya chastotasi bo'yicha teskari aloqa Ω_{min} dan kichik o'tkazish polosasili PChF yordamida yo'q qilinadi.

Agar uzoq muddatli nobarqarorlik ($10^{-5} \dots 10^{-6}$) ka ega tebranish hosil qiluvchi kvarsli avtogeneratorning chastotasini boshqarish mumkin bo'lsa, u holda ChAS tizimisiz ham modulyatsiya amalga oshirilishi mumkin (13.17b-rasm). Ammo chastotani boshqarish nisbiy diapazoni uncha katta emas, ya'ni $10^{-3} \dots 10^{-4}$ ni tashkil qiladi.

Bilvosita usul FMni ChMga o'zgartirishga asoslangan. Modulyatsiyalovchi kuchlanish integrallovchi to'rtqutblik orqali faza modulyatoriga beriladi (13.17c-rasm). Kvarsli generator (KG) yuqori barqarorlikli chastota olishni ta'minlaydi. Usulning kamchiligi – keyingi kaskadlarda katta darajali marta ($N = 10^2 \dots 10^3$) ko'paytirilishi kerak bo'lgan modulyatsiyalovchi signalning past chastotasidagi kichik devitsiyasi. Tashuvchi chastota N marta ko'paytirilganda chastota devitsiyasi ham N marta kattalashadi. Chastota ko'paytirgich chastota modulyatsiyasida modulyatsiyani kengaytirib (chuqurlashtirib) generator chastotasini sezilarli darajada pasaytiradi, bu esa barqarorlikni ta'minlashni yengillashtiradi.

Keng polosali signallarni shakllantirishda bevosita va bilvosita usullari birgalikdagi *kombinatsiyalashgan* (aralash) usuldan foydalaniladi (13.17e-rasm). Kvarsli AG chastotasini o'zgartirish hisobiga PCh sohasida modulyatsiya amalga oshiriladi. Faza modulyatori integrator bilan birgalikda YuCh sohasida FMni ChMga aylantiradi.

Modulyatsiyalovchi signalni chastota bo'yicha ajratish PChF va YuChFlari orqali amalga oshiriladi.



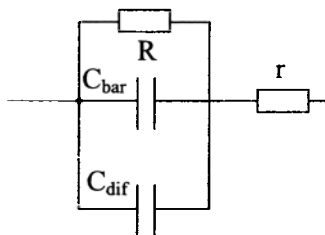
13.17-rasm. Bevosita (a) va (b) bilvosita (d) va kombinatsiyalashgan (e) chastota modulyatsiyasili RUning funksional sxemalari

13.8. Chastotani boshqaruvchi qurilmalar

Chastota bo'yicha modullashtirilgan (ChM) to'liqlar olish uchun avtogenerator konturiga reaktiv ikki qutblik ulash kerak, uning parametrlari modulyatsiya qiluvchi (axborot)signaliga bog'liq bo'ladi. Bunday reaktiv ikki qutbliklar chastotani boshqaruvchi qurilmalar deyiladi. Ularning qatoriga varikap, varikond, reaktiv lampa, tranzistor va boshqalarni kiritish mumkin.

Hozirgi paytda chastota boshqaruvchilari sifatida varikap keng qo'llanilmoqda. Ular ancha sodda, kichik hajmli, boshqaruvchi kuchlanish quvvatining nihoyatda kichikligi bilan xarakterlanadi.

Varikap – yarim o'tkazgichli diod bo'lib, uning yopiq p–n o'tish sohasining baryer sig'imi qo'yilgan boshqaruvchi kuchlanishga bog'liq bo'ladi. Uning ekvivalent sxemasi 13.18-rasmda keltirilgan. U parallel ulangan baryer (C_{bar}) va diffuzion (C_{dif}) sig'imlar hamda shuntlovchi qarshilik $R = dU_{o'tish}/dt$ dan tashkil topgan. Bu zanjirga ketma-ket qilib r qarshilik ulangan.



13.18-rasm. Varikapning ekvivalent sxemasi

Varikapning ochiq holatida ($U_{o'tish} > 0$) R qarshilik p–n o'tishni diffuzion sig'imini kuchli shuntlaydi. Buning natijasida varikap orqali chastotani boshqarish qiyinlashadi. Yopiq holatda ($U_{o'tish} < 0$) teskari tok I juda kichik, qarshilik R esa katta bo'lib, varikap xarakteristikasiga deyarli ta'sir ko'rsatmaydi. Bu holda p–n o'tishning sig'imi bo'lib, boshqaruvchi kuchlanishga bog'liq bo'lgan baryer (C_{bar}) sig'im xizmat qiladi.

$$C_{\text{bar}} = C_{\text{bar}0} \left(\frac{\varphi - E}{\varphi - U_{o\text{'tish}}} \right)^m, \quad (13.27)$$

bu yerda $U_{o\text{'tish}}$ – p–n o‘tishni yopuvchi kuchlanishi, E – ixtiyoriy boshlang‘ich siljish kuchlanishi; $\varphi \approx 0,5$ B – kontakt potentsiallar ayirmasi; $C_{\text{bar}0} - U_{o\text{'tish}} = E$ bo‘lgandagi p–n o‘tishning sig‘imi, $m = 1/3$ ravon p–n o‘tish uchun, $m=1/2$ keskin o‘tish uchun, $m=1$ o‘ta keskin o‘tish uchun. Eng ko‘p tarqalgan varikaplar uchun $m=1/2$.

Varikaplarning asosiy kamchiligi – bu noxiziqli buzuvchiliklarning ko‘pligidir.

Varikap avtogenerator konturiga ulanganda, unda amplitudasi U ga teng bo‘lgan o‘zgaruvchan garmonik kuchlanish paydo bo‘ladi. Bundan tashqari varikapga chastotani boshqarish uchun boshqaruvchi kuchlanish beriladi. U doimiy siljish kuchlanishi U_0 va o‘zgaruvchan tashkil etuvchi u_b dan iborat. Demak, o‘tishdagi kuchlanish uchun quyidagi ifodani yozish mumkin:

$$U_{o\text{'tish}} = U_0 + u_b + U \cos \omega t,$$

bu yerda: $U_{o\text{'tish}}$ p–n o‘tishdagi kuchlanish. Bu kuchlanish $-|U_{o\text{'tish max}}| < U_{o\text{'tish}} < 0$ oralig‘ida bo‘lishi kerak. $U_{o\text{'tish max}}$ – p–n o‘tishdagi mumkin bo‘lgan maksimal teskari kuchlanish.

Chastotani boshqaruvchi varikapning effektiv sig‘imi (C_v) varikapdagi U kuchlanishga bog‘liq bo‘ladi va $u_b \approx 0,5|U_{o\text{'tish max}}|$ bo‘lganda baryer sig‘imidan (C_{bar}) taxminan 10% katta bo‘ladi. Ko‘p hollarda C_v sig‘imni (13.27) ifoda orqali aniqlash mumkin. Buning uchun ushbu ifodadagi $U_{o\text{'tish}}$ ni $U_0 + u_b$ ga almashtirish kerak.

Varikapning induktivligi va sig‘imidan iborat bo‘lgan konturda chastota bo‘yicha qoplash koeffitsiyenti $K_\omega = \omega_{\text{max}}/\omega_{\text{min}}$ katta qiymatga, amplituda esa kichik ega bo‘ladi. Odatda, $\varphi \approx 0,5$ V, $U_{o\text{'tish max}}$ bir necha o‘n volt tashkil etadi.

13.9. Faza modulyatorlari

Faza modulyatorlari UQT aloqasi, televizion radiouzatkichlari hamda RLS radiouzatkichlarida tashuvchi tebranish chastotasining barqarorligiga talablar yuqori bo'lganda ChM va FM radiosignallarni shakllantirishda keng qo'llaniladi. Bundan tashqari faza modulyatorlari fazalangan antenna panjarasi (FAP)ning yo'naltirilganlik diagrammasini boshqarish uchun ishlatiladi.

Ideal holda modulyator chiqishidagi FM tebranishning amplitudasi doimiy bo'lganda va parazit AM hosil bo'lmaganda faza modulyatori faza deviatsiyasining boshqaruvchi kuchlanishga chiziqli bog'liqligini ta'minlaydi. Faza modulyatori bu boshqariladigan faza aylantirgich. Sodda qilib aytganda, modulyatsiyalovchi tebranish manbai orqali boshqariladigan nochiziqli sig'imli tebranish konturi bo'lishi mumkin.

Ma'lumki, konturning kuchlanishi $u_k(t)$ va toki $i_k(t)$ orasidagi faza surilishi (o'zgarishi) uning sozlanganligiga bog'liq. Haqiqatan ham $I_k = U_k Y_k$, bunda Y_k – konturning to'la o'tkazuvchanligi

$$Y_k = G_k + j \frac{1}{\rho} \left(\frac{\omega}{\omega_r} - \frac{\omega_r}{\omega} \right) = |Y_k| e^{j\varphi_k}; \quad (13.28)$$

$$|Y_k| = \sqrt{G_k^2 + \frac{1}{\rho^2} \left(\frac{\omega}{\omega_r} - \frac{\omega_r}{\omega} \right)^2}; \quad \operatorname{tg} \varphi_k = Q \left(\frac{\omega}{\omega_r} - \frac{\omega_r}{\omega} \right).$$

Bu ifodalarda, G_k – rezonans o'tkazuvchanlik; ρ – xarakteristik qarshilik; ω_r – rezonans chastota; φ_k – to'la o'tkazuvchanlik fazasi, $\varphi_k \approx 2Q\Delta\omega/\omega_r$.

Chastota ω ning rezonans chastota ω_r dan chetlanishi kichik bo'lganda quya dagilar o'rinli:

$$\operatorname{tg} \varphi_k = \varphi_k; \quad \frac{\omega}{\omega_r} - \frac{\omega_r}{\omega} = \frac{2\Delta\omega}{\omega_r}; \quad \Delta\omega = \omega - \omega_r; \text{ shuning uchun}$$

$$\varphi_k = \frac{2Q\Delta\omega}{\omega_r}. \quad (13.29)$$

Agar konturning sig'imi sifatida varikap ishlatilsa va unga modulyatsiyalovchi PCh kuchlanish beriladigan bo'lsa, u holda konturning rezonans chastotasi $\omega_r = \omega_0$ (13.29) ifodaga muvofiq o'zgaradi.

(13.28) ni (13.29) ifodaga qo'yib $\varphi_k = -Q\Delta C_v k_v / C_{v0}$ ni olamiz. Agar $C_v(t)\Omega$ chastota bilan o'zgarsa, u holda $\varphi_k(t) = -\frac{4m}{m+1} Q k_v k_g \cos \Omega t$.

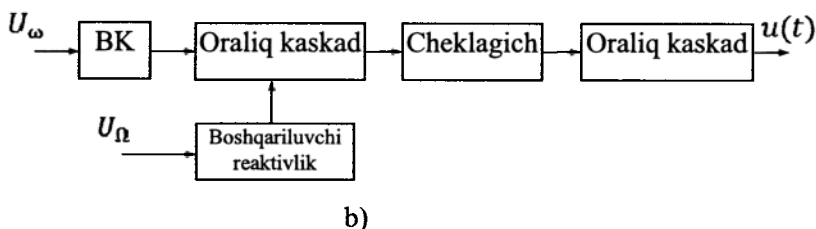
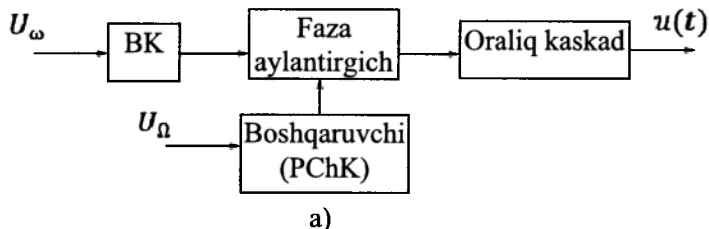
Faza modulyatsiyasining indeksi $\Phi = \frac{4m}{m+1} Q k_v k_g$, bundan

$$k_g = \frac{m+1}{4m} \frac{\Phi}{Q k_v}. \quad (13.30)$$

Tashqi FM kaskadlararo zanjirda boshqariluvchi (magnit maydoni boshqariladigan yoki YuTL asosidagi maxsus elektron to'liq o'tkazgichli) faza aylantirgich yordamida amalga oshiriladi. Ular O'YuCh va optik to'liq diapazonida qo'llaniladi (13.19a-rasm).

Ichki FM nisbatan past chastotalarda qo'llaniladi va tashqi qo'zg'atkichli generator tebranish konturining boshqariluvchi reaktivligi yordamida amalga oshiriladi (13.19b-rasm).

RSUQlarda ko'proq rezonans konturli faza aylantirgich ishlatiladi. Kontur tarkibida varikap bo'lib, uning sig'imi modulyatsiyalovchi kuchlanish ta'sirida boshqariladi va konturning sozlanganligini f_0 ga nisbatan o'zgartiradi, bu esa modulyator chiqishidagi tebranish fazasining o'zgarishiga, ya'ni fazali modulyatsiyaga (FM) olib keladi.



13.19-rasm. Ichki (a) va tashqi (b) faza modulyatorining funksional sxemasi

Faza modulyatorining amaliy sxemasi 13.20-rasmda keltirilgan. Ushbu modulyator O'YuCh diapazonining quyi qismi (yuzlab MHz) da qo'llaniladi.

FMda nochiziqli buzilishlarni kamaytirish uchun:

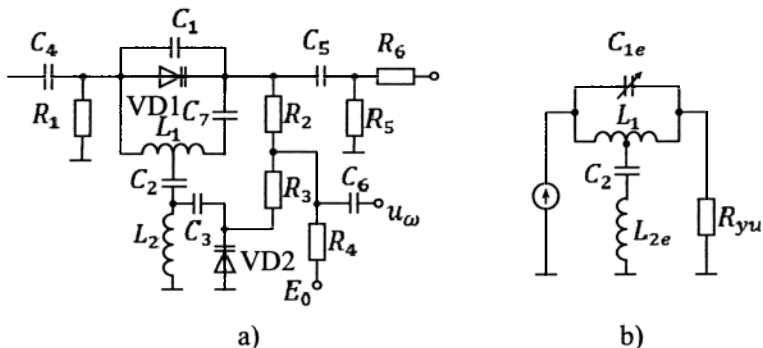
- m ning qiymati katta bo'lgan varikaplardan foydalanish (keskin va o'ta keskin $p-n$ o'tishli);
- yuqori asllikli konturlardan foydalanish (Q);
- modulyatsiya indeksi Φ ni kamaytirish;
- kontur yig'indi sig'imidagi varikapning hissa koeffitsiyenti k_v ni oshirish kerak.

Amaliyotda k_g ning kichik qiymatini olish uchun $k_v = 1$ qilib tanlanadi va bunda $\Phi = 15 \dots 20^\circ$ oraliqda bo'lishi kerak.

13.20a-rasmda keltirilgan faza modulyatori tarkibida T-simon sxema bo'yicha ulangan ikkita rezonans kontur mavjud. Ushbu konturlarda ekvivalent sig'im C_{1e} va induktivlik L_{2e} modulyatsiyalovchi signal ta'siridagi varikap yordamida o'zgaradi. 13.20a- va b-rasmlarni taqqoslash natijasida quyidagini olamiz:

$$C_{1e} = C_1; L_{2e} = 1/[L_2 - \omega^2 C_3/(1 + C_3/C_{V2})].$$

Bir necha o'nlab megagers chastotada ishlashda varikapning boshlang'ich sig'imi tomonidan beriladigan siljish kuchlanishi 1,5...2,5 V oraliqda, modulyatsiyalovchi kuchlanish amplitudasi esa 1 V atrofida tanlanadi. FM kirishidagi tashuvchi kuchlanish voltning o'ndan bir ulushida o'rnatiladi.



13.20-rasm. (a) Ikki konturli faza modulyatorining sxemasi va (b) uning ekvivalent sxemasi

Bu turdagi faza aylantirgich quyidagi xossalarga ega:

1) agar konturlar bir xil va ularning rezonans chastotasi kirish kuchlanishi chastotasi ω_0 ga sozlangan hamda $R_{yu} = \rho = \sqrt{L_{2e}/C_2} = \sqrt{L/C_e}$ bo'lsa, u holda chiqish kuchlanishining fazasi kirish kuchlanishiga nisbatan 180° ga siljigan va amplitudasi esa kirish kuchlanishi amplitudasiga teng bo'ladi;

2) C_{1e} va L_{2e} ning rezonans jarayonidagi qiymatini $\pm 50\%$ doirasida bir vaqtda proporsional o'zgartirsak, u holda chiqish signali fazasining o'zgarishi $\pm 90^\circ$ ni tashkil etadi;

3) C_{1e} va L_{2e} o'zgarishida faza surgichning kirish qarshiligi aktiv, doimiy va R_{yu} ga teng bo'ladi; kuchlanishni uzatish koeffitsiyenti birga teng bo'lib qolaveradi.

Faza aylantirgichni kirish qarshiligining va kuchlanish uzatish koeffitsiyentining doimiyligi, shovqin-xalaqitli AM hosil bo'lmasligini ta'minlaydi.

Nazorat savollari

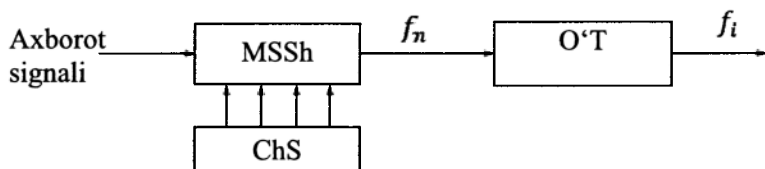
1. Modulyator qanday qurilma va uning asosiy elementi nima?
2. Amplituda modulyatsiyali radiouzatuvchi qurilmalar qaysi sohalarda ishlatiladi?
3. Statik va dinamik modulyatsion xarakteristikalar deb qanday xarakteristikalar aytiladi?
4. Amplituda modulyatorlarida nechta rejim farqlanadi?
5. Kollektor kuchlanishini o'zgartirib AM signalni shakllantirish qurilmasining funksional sxemasini chizing va tushuncha bering.
6. Kollektor modulyatsiyasining afzallik va kamchiliklari nimalardan iborat?
7. Siljish kuchlanishini o'zgartirib modulyatsiyalashni amalga oshirish sxemasini chizing va tushuncha bering.
8. Bir polosali amplituda modulyatsiyasining afzalliklari va kamchiliklari nimalardan iborat?
9. Qayta balansli modulyatsiya va filtrlash usulida BPM signal qanday hosil qilinadi?
10. Diodli ikki taktli balans amplituda modulyatorining sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.
11. Halqali balansli modulyatorning sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.
12. Fazakompensatsiya usulida BPM signalni shakllantiruvchi strukturaviy sxemani chizing va ishlash prinsipi tushuntiring.

14. RADIOUZATUVCHI QURILMALARNING TASHUVCHI SIGNAL GENERATORLARI VA CHASTOTA SINTEZATORLARI

14.1. Qo'zg'atgich haqida ma'lumotlar

Radiouzatkichlarning asosiy xarakteristikalari: chiqish quvvati, FIK, ishchi chastotalar diapazonining kengligi, tashuvchi chastota barqarorligiga bo'lgan talablar nihoyatda yuqori va bir-biriga zid. Shuning uchun radiouzatkichni loyihalashda RSUQ bajaradigan turli vazifalarni uning alohida kaskadlariga taqsimlashga harakat qilinadi. Yuqori chastotali tebranish chastota va fazasining barqarorligini ta'minlash masalasi RSUQning kaskadi hisoblanuvchi qo'zg'atkichga yuklanadi. Ba'zi hollarda qo'zg'atkichda modulyatsiyalangan signallarni shakllantirish ham amalga oshiriladi.

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 nechta kogerent tebranishlarni ishlab chiquvchi chastotalar sintezatoridan (ChS), belgilangan tashuvchi chastotalarda modulyatsiyalangan signallarni shakllantirgichdan (MSSh) va shakllangan tebranishlarni ishchi chastotalar diapazoniga o'tkazish traktidan (O'T) tashkil topadi (14.1-rasm).

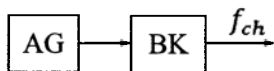


14.1-rasm. Radiouzatuvchi qurilmalar qo'zg'atgichining
strukturaviy sxemasi

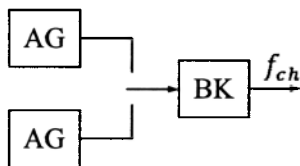
Bundan tashqari ko'pgina qo'zg'atgichlar tarkibida avtonom ta'minot manbai mavjud bo'ladi. Shuni ta'kidlash lozimki, cheklangan chastotalarda ishlovchi oddiy radiouzatgichlarda sintezator bo'lmasligi mumkin. Bu holatda qo'zg'atgich bir yoki bir nechta yuqori barqarorlikka ega kvarsli generatorlardan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

Eng oddiy hollarda, radiouzatuvchi qurilma bitta ishchi chastotada (f_i) ishlaganda qo'zg'atgich sifatida ketma-ket ulangan kvarsli avtogenerator va bufer kaskadi tushuniladi (14.2-rasm).

Avvaldan ma'lum bir yoki bir nechta chastotalarda foydalanishga mo'ljallangan RSUQda qo'zg'atgich o'rniga bir yoki bir nechta kvarsli avtogeneratorlardan foydalanish mumkin. Bunday qo'zg'atgichlar «Kvars-Volna» turidagi qo'zg'atgich deb ataladi (14.3-rasm). Bunday turdagi qo'zg'atgichlar ishchi chastotasining soni 10 dan oshmaydi.



14.2-rasm. Oddiy qo'zg'atgich

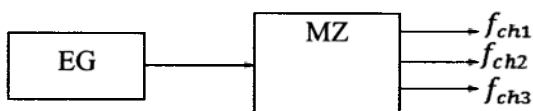


14.3-rasm. «Kvars-Volna» turidagi qo'zg'atgich

Radiouzatgich qo'zg'atgichlari quyidagi *asosiy ko'rsatkichlar* bilan xarakterlanadi: ishchi tebranishlarning chastotalar diapazoni, ishchi chastotalarning o'zgarish xarakteri (diskret yoki uzluksiz), chastotalarning umumiy soni (yoki chastota qadami), chastota va fazaning nobarqarorligi, yon tashkil etuvchilar darajasi, qo'zg'atgichni boshqarish xarakteristikasi (qo'l yordamida yoki masofadan turib), qayta sozlash inertligi, berilgan yuklama qarshiligida chiqish kuchlanishi, qo'zg'atgichda shakllanadigan modulyatsiyalangan signal turi, shakllangan signal turlarining sifat ko'rsatkichlari va foydalanish sharoitlari.

14.2. Chastota sintezatorlarining turlari va asosiy xarakteristikalar

Radiouzatuvchi qurilmalarning chastota barqarorligiga talab yuqori bo'lganda qo'zg'atgich sifatida chastota sintezatorlari ishlatiladi. Bitta yoki bir nechta chastota barqarorligi yuqori bo'lgan radioto'lqinlarni etalon generator (EG) signalidan shakllantiruvchi qurilma chastota sintezatori deb ataladi (14.4-rasm).



14.4-rasm. Chastota sintezatorining strukturaviy sxemasi

Odatda EG sifatida kvarsli avtogenerator (AG) ishlatiladi. Bunday avtogeneratorlarning chastota barqarorligi $\Delta f_e/f_e = 10^{-5} \dots 10^{-6}$ ni tashkil etadi. Yuqori sifatli radiouzatuvchi qurilmalarda qo'zg'atgich sifatida kvant standartlari (lazer generatori) ishlatiladi. Ularning chastota barqarorligi $\Delta f_e/f_e = 10^{-10} \dots 10^{-12}$ ni tashkil etadi. Chastota sintezatorlari (ChS) radiosignallarni qabul qiluvchi qurilmalarda geterodin sifatida, radiouzatuvchi qurilmalarda qo'zg'atgich sifatida va nazorat-o'lchov asboblari nazorat (test) signallari manbai sifatida ishlatiladi.

Chastota sintezatorlarining *asosiy parametrlariga* quyidagilar kiradi:

1. Ishchi chastotalar diapazoni $f_{min} \dots f_{max}$. 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 $k_f = f_{max}/f_{min} > 1$. Ikkinchi turdagi chastota sintezatorlari keng diapazonli deyiladi;

2. Chastota qadami F_c yoki ishchi chastotalar hajmi $N = 1 + (f_{max} - f_{min})/F_c$. Ishchi chastotalar hajmi turli vazifalarni bajaruvchi chastota sintezatorlarida turlicha, ya'ni $N = 10 \dots 10^5$

bo'ladi, chastota qadami esa 0,01 Hz dan 10 kHz gacha bo'lishi mumkin;

3. Nisbiy chastota barqarorligi $\Delta f_i / f_i$. Chastota barqarorligi qisqa va uzoq muddatli bo'lishi mumkin. Qisqa muddatli barqarorlik vaqti $t < 1$ sekund vaqtda kuzatiladi. Uzoq muddatli chastota barqarorlik esa $t > 1$ sekund vaqtda kuzatiladi;

4. Keraksiz (ortiqcha) to'liqlarni so'ndirish koeffitsiyenti $D = 10 \lg(P_i / P_{kz})$, odatda $D > 40$ dB, ayrim hollarda $D > 100$ dB. Bu koeffitsiyent ChS chiqishidagi ishchi tebranishning quvvati P_i ni keraksiz to'liq quvvati P_{kz} ga nisbatini ko'rsatadi;

5. Bir ishchi chastotadan ikkinchi ishchi chastotaga o'tish vaqti t_{ot} . Ushbu parametr tez ishlovchi qurilmalar uchun juda muhim;

6. Chastota sintezatorining chiqishidagi tebranish quvvati P_i . Odatda, bu quvvat 1...10 mW dan oshmaydi, chunki yuqorida bayon qilingan parametrlarni amalga oshirish kichik quvvatda osonroq bo'ladi. Zarur bo'lgan quvvatga esa keyingi kaskadlarda kerakli miqdorgacha kuchaytirish hisobiga erishiladi.

Chastota sintezatorlari *ikki turga* bo'linadi:

1. **Bevosita sintez usuli asosida ishlovchi chastota sintezatorlari.** Bunday qurilmada chiqish signali etalon generator signalidan to'g'ridan-to'g'ri sintez qilish yo'li bilan hosil qilinadi. Kerakli chastota tor polosada ishlovchi filtr orqali ajratib olinadi;

2. **Bilvosita sintez usuli asosida ishlovchi chastota sintezatorlari.** Bunday chastota sintezatorlarida chiqish signali yordamchi generator yordamida shakllantiriladi va uning chastotasi EG chastotasi bilan taqqoslanib turiladi. Bu chastotaning fazaviy avtomatik sozlash (ChFAS) tizimlari orqali amalga oshiriladi.

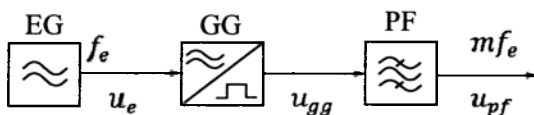
14.3. Bevosita sintez usuliga asoslangan chastota sintezatorlari

Bevosita sintez usuliga asoslangan chastota sintezatorlarida chiqish signali etalon generator signalidan to'g'ridan-to'g'ri sintez qilish yo'li bilan hosil qilinadi. Bevosita (to'g'ridan-to'g'ri) sintez usuli asosida ishlovchi chastota sintezatorlarida chiqish tebranishlari

tayanch etalon generator chastotasidan qo'shish, ayirish, ko'paytirish va bo'lish amallarini bajarish orqali hosil qilinadi.

Ko'paytirish amalini m marta, bo'lish amalini n marta bajarib (m va n butun sonlar) turli kombinatsiyali signallar: mf_e , f_e/n , mf_e/n , $(m_1/n_1 \pm m_2/n_2)f_e$ va boshqa kombinatsiyali signallarni olish mumkin. Agar m_i va n_i larni doimiy butun sonlar deb hisoblasak, ChSning chastota barqarorligi $\Delta f_i/f_i$ EG chastota barqarorligi $\Delta f_e/f_e$ ga teng bo'ladi.

Garmonikalar generatoridan foydalanilgan chastota sintezatorining strukturaviy sxemasi 14.5-rasmda keltirilgan. Ushbu sintezatorda chiqish signali chastotani ko'paytirish usuli asosida hosil qilinadi.



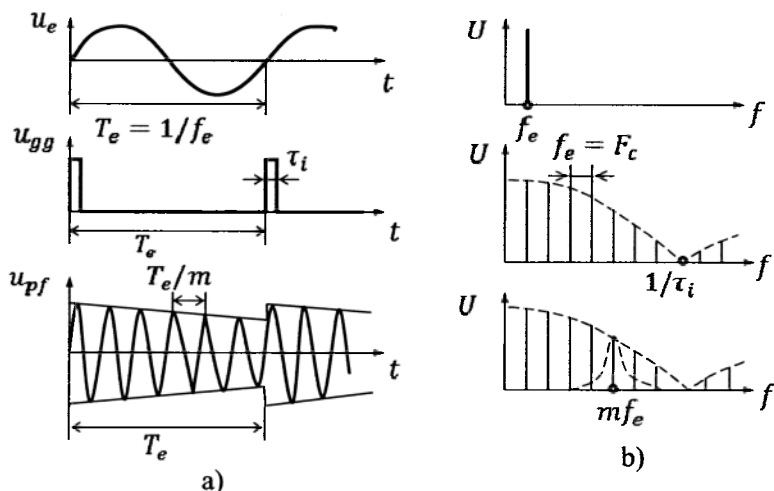
14.5-rasm. Garmonikalar generatoridan foydalanilgan chastotalar sintezatorining strukturaviy sxemasi

Chastota sintezatorining ish jarayonini tushuntirishga oid vaqt va spektr diagrammalar 14.6-rasmda keltirilgan.

Maxsus o'zgartirgich – garmonikalar generatori (GG) sinusoidal signalni qisqa to'rtburchakli $T_e = 1/f_e$ davr bilan takrorlanuvchi impulsar ketma-ketligi $u_{gg}(t)$ ga aylantirib beradi. Agar impulsurning davomiyligi $\tau_i \ll T_e = 1/f_e$ bo'lsa, u holda spektrda juda ko'p garmonikalar bo'ladi.

Polosa filtri (PF) yordamida kerakli garmonika ajratib olinadi. Bunday oddiy chastota sintezatorlarining asosiy kamchiligi shundaki, polosa filtrning (PF) chiqishidagi kuchlanish faqat asosiy garmonikaning toki bilan emas, balki qo'shni garmonikalar toki bilan ham aniqlanadi (14.6-rasm). Bu qo'shni garmonikalar polosa filtridan o'tib ketadi, chunki o'zgaruvchan filtrning polosa kengligi nisbatan keng bo'ladi. Bu qo'shni garmonikalar chiqish signalida $T_e = 1/f_e$ ko'rinishidagi davriy pulsatsiya paydo qiladi. Bir

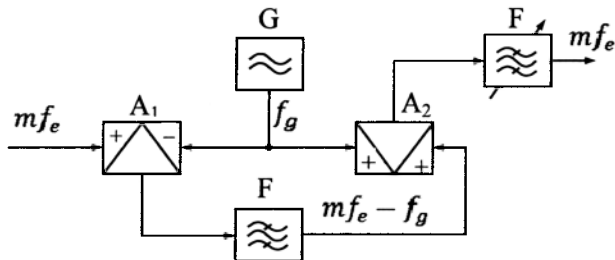
chastotadan ikkinchisiga o'tganda va kerakli garmonikani tanlashda PFning o'tkazuvchanlik kengligini iloji boricha tor qilib olish kerak, ammo bu ancha murakkabdir. Polosa filtriga bo'lgan talablarni yengillashtirish uchun chastotani ikki marta o'zgartirish usuli qo'llaniladi. Bu usul ba'zan xatolikni *ayirish usuli* deb ataladi.



14.6-rasm. Chastota sintezatorining ish jarayonini tushuntirishga oid:
a) – vaqt va b) – spektr diagrammalar.

Chastotani ikki marta almashtirishga asoslangan sintezatorlarda chastota ikki marta o'zgartiriladi. Birinchi A1 aralashtirgichda chastotalar ayirmasi hosil qilinadi. Tor polosali filtr o'zining kirishidagi signallardan birining chastotasi $m f_e - f_g$ ga sozlangan bo'ladi. Ikkinchi A2 aralashtirgichda chastotalar yig'indisi hosil qilinadi. Sintezatorning strukturaviy sxemasi 14.7-rasmda keltirilgan.

Birinchi chastota aralashtirgich A₁ da GG chiqishidagi hamma chastotalar qiymati yordamchi generator G yordamida f_g chastotaga kichiklashtiriladi. Tor polosali filtr o'zining kirishidagi signallardan birining chastotasi $m f_e - f_g$ ga sozlangan bo'ladi.

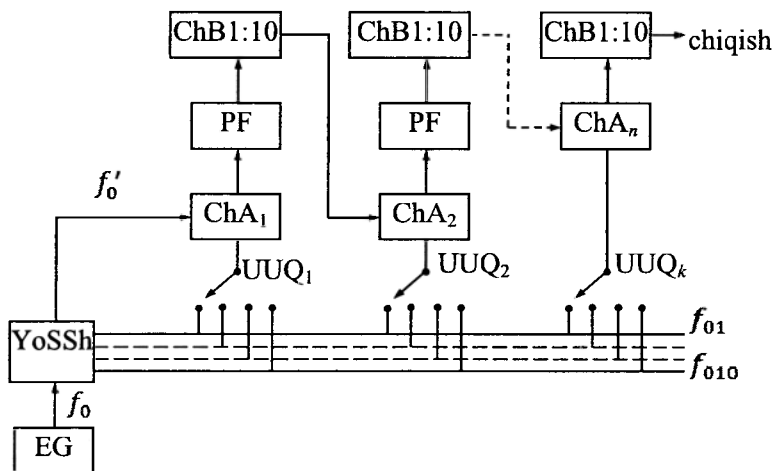


14.7-rasm. Chastotani ikki marta almashtirishga asoslangan sintezatorning strukturaviy sxemasi

Polosa filtri F kirish signallarining qolgan hamma spektr tashkil etuvchilarini o'tkazmaydi. Ikkinchi chastota aralashtirgich A_2 da chastotalar yig'indisi $mf_e - f_g + f_g$ hosil qilinadi va generator signallari kompensatsiyalanib, chiqishida mf_e chastotali signal hosil bo'ladi. Bunda A_2 chiqishidagi qo'shni garmonikalar (mf_e dan chap va o'ng tomondagi, 14.6b-rasm) tor polosali filtr F tomonidan filtrlanadi. Generator chastotasining o'zgarishi A_2 chiqishidagi signalga ta'sir qilmaydi, u faqat tor polosali filtrning o'tkazish polosasi kengligini belgilab beradi.

Yuqorida ko'rib chiqilgan chastotani ikki marta o'zgartirish usuli asosidagi sintezator yordamida juda katta hajmli ishchi signallarni olish qiyin. Bunday signallarni olishning eng oddiy usullaridan biri chastota sintezatorining signallarini ketma-ket qo'shish usulidir. Buning uchun chastota qadami ma'lum bo'lishi kerak.

Bunda bevosita (to'g'ridan-to'g'ri) sintez usuli asosida tuzilgan murakkab sintezatorlarda "identik dekadalar" prinsipi qo'llaniladi. Mana shunday usul asosida qurilgan chastotalar sintezatorining strukturaviy sxemasi 14.8-rasmda keltirilgan.



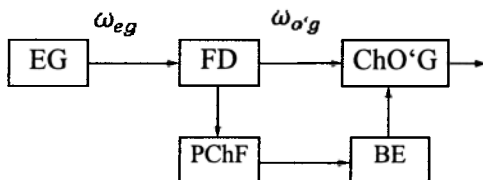
14.8-rasm. “Identik dekadalar”dan foydalanishga asoslangan chastotalar sintezatorining strukturaviy sxemasi

Shuni alohida ta’kidlash kerakki, bu usulda shakllantirilgan chastotalar orasidagi farq yordamchi tayanch chastotalari $f_{01}, \dots, f_{010}$ lar orasidagi farq Δf dan 10^{k-1} marotaba kichik bo’ladi. Dekadalar sonini oshirish hisobiga chiqish signali chastotalari orasidagi farqni kichiklashtirish mumkin. Bu usul amalga oshirilganda PF chastotalar polosasini o’zgartirish talab qilinmaydi.

Bu usulda qurilgan ChSning kamchiliklari, bu ko’p sonli chastota almashtirgich (ChA) va PF lardan foydalanish kerakligi, buning natijasida ChSdan talab qilinadigan chiqish signali tarkibidagi zararli (ikkilamchi) spektr tashkil etuvchilari sathini 60...80 dB ga kamaytirishga bo’lgan talabni amalga oshirishni qiyinlashtirishi hisoblanadi.

14.4. Bilvosita usul asosida qurilgan chastota sintezatorlari

Ko’p hollarda amalda bilvosita sintez usullari asosida qurilgan chastotalar sintezatoridan ham foydalaniladi. Bunday chastota sintezatorlari tarkibida chastotani fazaviy avtomatik sozlash (ChFAS) zanjiri orqali chastotasi o’zgartirilishi mumkin bo’lgan avtogenerator ham bo’ladi. ChFAS tizimining soddalashgan strukturaviy sxemasi 13.9-rasmda keltirilgan.

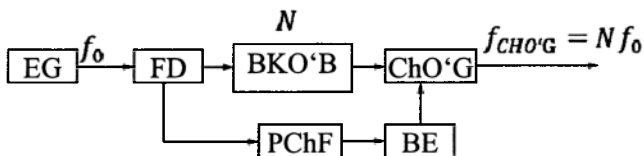


14.9-rasm. Chastotani fazaviy avtomatik sozlash qurilmasining strukturaviy sxemasi

Etalon generatori (EG) va chastotasi o'zgartiriladigan (sozlanadigan) generator (ChO'G) signallari faza detektori FD kirishiga beriladi, faza detektorining chiqishida ushbu ikki kuchlanish orasidagi farq hosil bo'ladi. FD chiqish kuchlanishi PChF orqali boshqaruvchi element BE ga ta'sir etib, unda boshqaruvchi kuchlanish paydo qiladi. Boshqaruvchi element sifatida varikap ishlatilishi mumkin. U sozlanuvchi generator ChO'G chastotasini o'zgartirib etalon generatori (EG) chastotasiga tenglashtiradi.

ChFAS tizimining ishlash asosini bilgan holda chastotani bilvosita sintezlashga asoslangan ChS ishlash asosini tushunish qiyin emas. Bu bilvosita sintez usuli asosidagi ChFAS tizimli chastota sintezatorining strukturaviy sxemasi 14.10-rasmda keltirilgan. Bo'lish ko'effitsiyenti o'zgaruvchi bo'luvchi (BKO'B) chiqish signali va EG shakllantirayotgan f_0 chastotali signal FD ga ta'sir qiladi. FD chiqish kuchlanishi xuddi avval tahlil qilinganidek, ChFAS tizimidagidek PChF orqali ChO'G ning boshqaruvchi element (BE)ga ta'sir qiladi va uning chastotasini mos ravishda o'zgartiradi.

Odatda ChO'G sifatida sig'imli uch nuqta sxema asosida qurilgan tebranish konturiga va rikap – chastotani boshqarish elementi (ChBE) parallel ulangan tranzistorli avtogeneratoridan foydalaniladi.



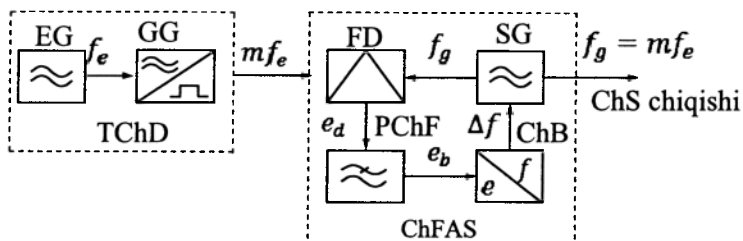
14.10-rasm. ChFAS tizimi asosida ishlaydigan chastota sintezatorining strukturaviy sxemasi

EG va ChO'G chiqish signali chastotalari bir-biriga teng va sinxron ish holatida FD chiqish kuchlanishi nolga teng va ChO'G chastotasining uzoq vaqt davomidagi qiymati EG chastotasiga teng bo'ladi ($f_0 = f_{ChO'G}/N$, bunda N – BKO'B sxemasining bo'lish koeffitsiyenti).

Tashqi boshqaruv qurilmasi orqali ChS chiqishida shakllantirilishi kerak bo'lgan chastotaning kodini terish orqali bo'lish koeffitsiyenti N ning qiymatini o'zgartirish mumkin, natijada ChS chiqish tebranishlari chastotasi $f_{ChO'G} = N f_0$ ga teng bo'lishiga erishiladi. Bunda ChS ning chiqish signali chastotalari orasidagi eng kichik farq f_0 ga teng bo'ladi. BKO'B sifatida o'rtacha va yuqori darajada integratsiyalashgan integral sxema asosida qurilgan impulslar hisoblagichidan foydalaniladi.

Ikkinchi turdagi bilvosita sintez usuli asosida ishlovchi ChSning funksional sxemasi 14.11-rasmda keltirilgan. Ushbu sxema etalon generator (EG) va garmonikalar generatori (GG)dan iborat tayanch chastotalar datchigi (TChD)dan hamda chastotasi o'zgartiriluvchi – sozlanuvchi generator (SG), faza detektori (FD), past chastotalar filtri (PChF) va chastotani boshqaruvchi (ChB)dan iborat chastotani fazaviy avtomatik sozlash (ChFAS) sxemasidan tashkil topgan.

Faza detektori FDda SG tebranishining xususiy fazasi $\varphi_g(t)$ etalon signali fazasi $\varphi_e(t)$ bilan taqqoslanadi va FDning chiqishida uning kirishidagi signallar fazalari farqiga proporsional bo'lgan kuchlanish $e_d(t)$ hosil bo'ladi. Ushbu $e_d(t)$ kuchlanish PChF orqali ChB ga ta'sir etib, SG chastotasini EG chastotasiga yaqinlashtiradi.



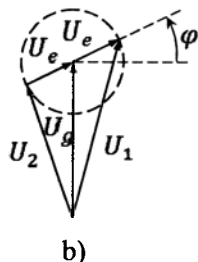
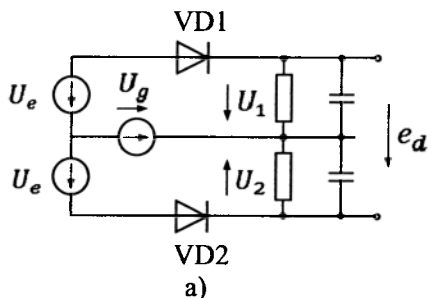
14.11-rasm. ChFAS tizimli ChSning funksional sxemasi

PChF parametrlarini tanlash orqali tizimning zaruriy filtrlovchi va dinamik xususiyatlariga erishish mumkin.

Boshqaruvchi signal $e_b(t)$ orqali korrektsiyalovchi chastota (rasstroyka) $\Delta f(t)$ kiritilishi mumkin. Ushbu korrektsiyalovchi chastota SGning xususiy chastotasiga qo'shilib, EG va SG larning fazalar farqi (muvofiqligi) $\Delta\varphi(t) = \varphi_g(t) - \varphi_e(t)$ ni kamaytiradi. Etalon generator signali monoxramatik bo'lganda sinxron statsionar ish holati yuzaga keladi, bu paytda FD da fazalar farqi $\Delta\varphi = const$ bo'ladi va EG hamda SG chastotalarning fazasi bir-biriga teng bo'ladi. ChFAS xususiyati ko'pincha FD sxemasi bilan aniqlanadi. Odatda, FDning balansli sxemasi ko'proq ishlatiladi (14.12a-rasm).

Balansli faza detektorining chiqish signali VD1 va VD2 diodlardan iborat amplituda detektorlarida to'g'rilangan kuchlanishlar ayirmasidan iborat. Bunda to'g'rilangan kuchlanishning doimiy tashkil etuvchilari o'zaro kompensatsiyalanadi. Amplituda detektorlarining uzatish koeffitsiyentlarini bir xil $K_{d1} = K_{d2} = K_d$ deb olamiz, EG va SG signallarining nisbatini $U_e/U_g = \alpha$ deb belgilaymiz va FD chiqish signalini quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$e_d(t) = K_d U_g \left(\sqrt{1 + \alpha^2 + 2\alpha \sin \varphi} - \sqrt{1 + \alpha^2 - 2\alpha \sin \varphi} \right). \quad (14.3)$$



14.12-rasm. Balansli faza detektori sxemasi (a) va vektor diagrammasi b)

(14.3) ifodani o'zgartirib quyidagicha yozamiz:

$$e_d = E(U_e, U_g) F(\varphi, U_e, U_g) \quad (14.4)$$

bunda, $E(U_e, U_g)$ — faza detektori (FD) chiqishidagi eng katta kuchlanish bo'lib, u EG hamda SGLarning amplitudasiga bog'liq; $F(\varphi, U_e, U_g)$ birgalikda normallashtirilgan xarakteristika, ya'ni o'lchovsiz funksiya bo'lib, chiqish kuchlanishining kirish kuchlanishi fazalari farqiga bog'liq bo'ladi. Agar $a \ll 1$ bo'lsa, u holda ildizni qatorga yoyib quyidagi ifodani olish mumkin

$$E(U_e, U_g) \approx E(U_e) = 2K_d U_e; F(\varphi, U_e, U_g) \approx F(\varphi) = \sin \varphi. \quad (14.5)$$

Bu shuni bildiradiki, etalon generatorining kichik signalida faza detektorining xarakteristikasi sinusoidal shaklga ega va uning amplitudasi etalon generator (EG) amplitudasining ikki barobariga teng bo'ladi.

Shunday qilib, chastotani fazaviy avtomatik sozlash tizimi qayta sozlanuvchi tor polosali filtr vazifasini ham bajaradi va garmonikalar generatori chiqishidagi $(m-1)f_e$ va $(m+1)f_e$ qo'shni garmonikalar hamda boshqa garmonikalardan kerak bo'lgan garmonika (mf_e)ni ajratib oladi. Qo'shni garmonika $(m-1)f_e$ va

$(m + 1)f_e$ lar faza detektorining chiqishidagi kuchlanishlarning to'qnashuvi natijasida yuzaga keladi.

Agar ushbu qo'shni garmonikalar chastotani boshqaruvchi qurilmaga kirib qolsa, sozlanuvchi generator SGning signali faza bo'yicha ana shu signal bilan modulyatsiya qilinadi va chiqish signalining 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. PChFning polosasini keraklicha tor qilib qo'shni garmonikalardan tozalash mumkin, ammo bu holda chastotani fazaviy avtomatik sozlash (ChFAS) tizimining dinamik xususiyati yomonlashadi va sinxron rejimga kirish qiyin bo'ladi. Yuqorida qayd qilingan sxemaning kamchiligi shundan iboratki, chiqish qismida diskret chastotalarning soni kamligidir.

Chastotalar sonini oshirish uchun murakkab sintezatorlardan foydalanish kerak bo'ladi.

Nazorat savollari

1. Chastota sintezatorlari qanday vazifani bajaradi?
2. Chastota sintezatorlarining asosiy parametrlarini sanab bering.
3. Chastota sintezatorlari nechta guruhga bo'linadi?
4. Garmonikalar generatoridan foydalanilgan chastota sintezatorining strukturaviy sxemasini chizing va ishlash prinsipini vaqt diagrammalari asosida tushuntiring.
5. Chastotani ikki marta almashtirishga asoslangan chastota sintezatorining strukturaviy sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.
6. Balansli faza detektor sxemasini va uning vektor diagrammasi tushuntiring.

15. RAQAMLI CHASTOTA SINTEZATORLARI

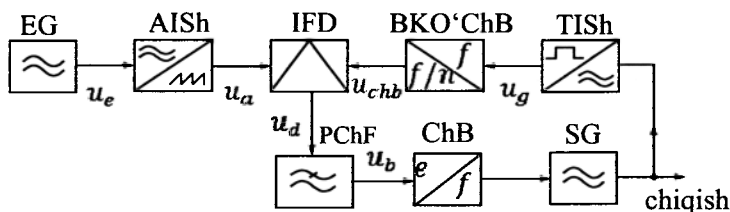
15.1. Raqamli chastota sintezatorlari

Raqamli chastota sintezatorlari deb berilgan chastota diskret setkasi (to'ri) diapazonida yuqori chastotali garmonik tebranish (to'liq)lar shakllantiruvchi va asosan raqamli sxemotexnika elementlari asosida qurilgan sintezatorlarga aytiladi. Raqamli chastota sintezatorlari ixchamlik, ishonchlilik va texnologik jihatdan bir qancha afzalliklarga ega bo'lib, nisbatan tejamkor hisoblanadi.

Raqamli chastota sintezatorlari chastotaning fazaviy avtomatik sozlash (ChFAS) tizimidan foydalanilgan holda bilvosita sintez usuli asosida quriladi. Bu holda chastotaning fazaviy avtomatik sozlash tizimi impulsli ish holati (rejimi)da ishlaydi, bunday tizim impulsli ChFAS (IChFAS) tizimi deb yuritiladi.

Oddiy ChFAS tizimidan farqli o'laroq IChFAS tizimi tarkibiga yangi elementlar kiritilgan bo'lib, bular arrasimon impulsni shakllantiruvchi qurilma (AISH), to'g'ri to'rtburchakli impulsni shakllantiruvchi qurilma (TISH) va FD o'rnida esa impulsli faza diskriminatori (IFD)dan foydalaniladi. Bundan tashqari sintezator tarkibida bo'lish koeffitsiyenti o'zgaruvchi chastota bo'lgich (BKO'ChB) mavjud.

Raqamli chastota sintezatorining funksional sxemasi 15.1-rasmda keltirilgan. Uning ishlash usuli quyidagicha:



15.1-rasm. Raqamli chastota sintezatorining funksional sxemasi

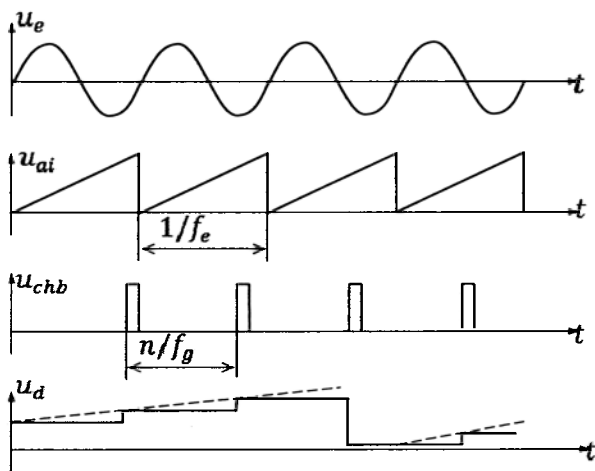
Dastavval BKO'ChB ya'ni bo'lish koeffitsiyenti o'zgaruvchan bo'lgan chastota bo'lgich hamma impuls larni impulsli faza detektor (IFD) ga o'tkazib beradi va raqamli chastota sintezator ishiga ta'sir ko'rsatmaydi. Impulsli faza detektoriga bir tarafd an to'g'ri to'rt burchakli impuls, ikkinchi tarafd an arrasimon impuls kelib tushadi. To'g'ri to'rt burchakli impulsni TISH qurilma, yordamchi generator SG signalidan ishlab beradi.

Arrasimon impulsni esa AISH qurilma etalon generator signalidan ishlab beradi. Arrasimon impulsning amplitudasini to'g'ri to'rtburchak impuls kelgan paytda maxsus kalitli sxema belgilab beradi. Eslab qoluvchi sxema amplitudaning bu qiymatini keyingi to'g'ri to'rtburchakli impuls kelguncha saqlab turadi. Buning natijasida IFD ning chiqish qismida zinapoyasimon 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 SG generator signali arrasimon impulsning hamma vaqt bitta joyiga kelib tushadi va bu yordamchi SG 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 (SG) chastotasini bir xil ushlab turib, sinxron ish holatini vujudga keltiradi (14.2-rasm). Odatda, kalitli sxema bir holatdan ikkinchi holatga o'tganda IFD chiqishidagi doimiy kuchlanishga qo'shimcha impuls signallar ta'sir qiladi. Bu qo'shimcha impuls lar chiqish signalini (f_{chiq}) spektriga ta'sir qiladi va shuning uchun ularni PCHF dan o'tayotganda iloji boricha yo'q qilish kerak bo'ladi. Yuqorida qayd qilingan ChFAS tizimi chastota sintezatori tarkibida muvaffaqiyatli ishlashi mumkin. Diskret chastotalar setkasini olish uchun yordamchi generatordan impuls lar BKO'ChB ga yuboriladi. BKO'ChB 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'ninchi impulsi kelib tushadi. Bu impulslar ketma-ketligi TISH qurilmada SG signalidan ishlab beriladi.

Bu holda yordamchi generator SG chastotasi etalon EG chastotasidan 10 marta katta bo'ladi va tizimda sozlovchi kuchlanish paydo bo'ladi. Bu kuchlanish SG va EG chastotalari orasida sinxron ish holatini vujudga keltiradi. $n_d=10+1=11$ deb va SG chastotasini 10% ga oshirib, BKO'ChB ni chiqish qismida ω_{ET} ga yaqin bo'lgan bo'lingan impulslar chastotasini olamiz va tizim yana sinxron ish holatiga keladi. Shunday qilib BKO'ChB ni bo'lish koeffitsiyentini va yordamchi SG generator chastotasini o'zgartirib, sintezatorning chiqish qismida diskret chastota setkasida bo'lgan har xil chastotalarni olish mumkin.



15.2-rasm. Raqamli chastota sintezatorining ishlash jarayonini tushuntiruvchi vaqt diagramma

Bu chastotalar turg'unligi ($\Delta f/f$) etalon generator chastotasining turg'unligiga teng bo'ladi.

Hozirgi paytda tarkibida bir nechta chastotani avtomatik sozlash ChFAS tizimi bo'lgan raqamli chastota sintezatorlari ishlatiladi. Bu hollarda har bir ChFASning chastotasi arifmetik usulda qo'shib, turli chastota qadamiga ega bo'lgan signallarni olish mumkin.

Raqamli chastota sintezatorlarining boshqa usulda ishlaydigan turlari ham bor, ammo ularning chiqish signali tarkibida qo'shni garmonikalar salmog'i ancha katta bo'ladi va ular faqat sodda holda ishlatiladi.

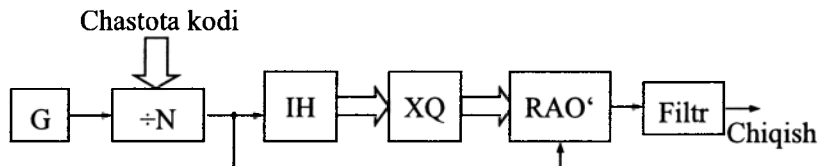
15.2. Maxsus DDS mikrosxema asosida to'g'ridan-to'g'ri sintez usuliga asoslangan raqamli chastota sintezatori

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. Hozirgi paytda nisbatan arzon va loyihalash uchun qulay bo'lgan maxsus DDS mikrosxemalar ishlab chiqarilmoqda va ular asosida yaratilgan sintezatorlarga ko'proq e'tibor berilmoqda. DDS mikrosxema asosidagi sintezator shakllantirayotgan signal raqamli tizimga xos bo'lgan aniqlik bilan sintez qilinadi. Ularning 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 uning chiqish signali tarkibini o'rganish dolzarb masala hisoblanadi.

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

- chiqish signalining chastotasi va fazasi raqamli ravishda boshqariladi;
- bir ishchi chastotadan ikkinchi ishchi chastotaga o'tish juda tez amalga oshadi;
- sintezatorni mikrokontroller yordamida boshqarish mumkin.

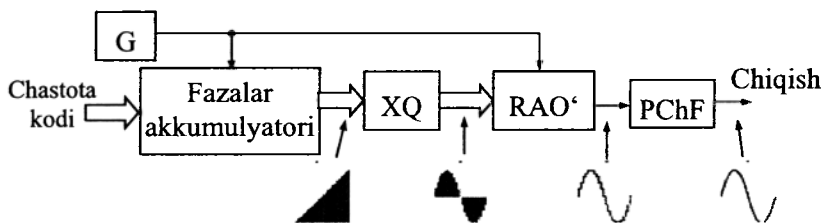
Eng oddiy raqamli chastota sintezatorining strukturaviy sxemasi 15.3-rasmda keltirilgan.



15.3-rasm. Raqamli chastota sintezatorining strukturaviy sxemasi

Rasmda: G – etalon generator, $\div N$ – bo‘lish koeffitsiyenti o‘zgaruvchi chastota bo‘lgich, IH – ikki razryadli hisoblagich, XQ – sinus funksiyaning bitta davri yozilgan xotira qurilmasi, RAO' – raqam-analog o‘zgartirgich, Filtr – chiqish signalini kerak bo‘lmagan signaldan tozalab beradi.

Bunday oddiy sintezatorning chastota qadami o‘zgaruvchan bo‘ladi. Bu kamchilikni yo‘qotish uchun xotira qurilmaga qo‘shimcha element yig‘uvchi summatoridan signal berish kerak. Summator registr bo‘lib, ba‘zi hollarda u fazalar akkumulyatori deb ham ataladi. Bunday raqamli DDS mikrosxemaning strukturaviy sxemasi 15.4-rasmda keltirilgan.



15.4-rasm. DDS mikrosxemaning strukturaviy sxemasi

Mikrosxema tarkibida fazalar akkumulyatori, doimiy xotira qurilmasi (XQ), raqam-analog o‘zgartirgich (RAO') va past chastotalar filtri (PChF) bor. Fazalar akkumulyatori yig‘uvchi registr bo‘lib, undagi axborot tashqi takt generatoridan kelayotgan har bir impuls hisobiga ma‘lum songa ko‘payib boradi. Bu son chastota kodi deyiladi. Akkumulyatorning sig‘imi 32 ikkilik razryaddan iborat. Registrda yig‘ilgan son sinus yoki kosinus

funksiyaning argumenti hisoblanadi. Bu argumentning hisobi doimiy xotira qurilma XQsida saqlanadi. Sintezatorning chiqishidagi signal sinusodal ko'rinishda bo'lishi kerak. Lekin DDS mikrosxema chastotani raqamli ravishda sintez qiladi. Shuning uchun uning tarkibiga raqam-analog o'zgartirgich (RAO') va past chastota filtri (PChF) kiritilgan. RAO' raqamli signalni analog sinusoidal signalga aylantirib beradi. Chiqishdagi signal chastotasi tashqi takt generatori chastotasiga bog'liq bo'ladi va quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$F_{chiq} = MF_{takt}/2N, \quad (15.1)$$

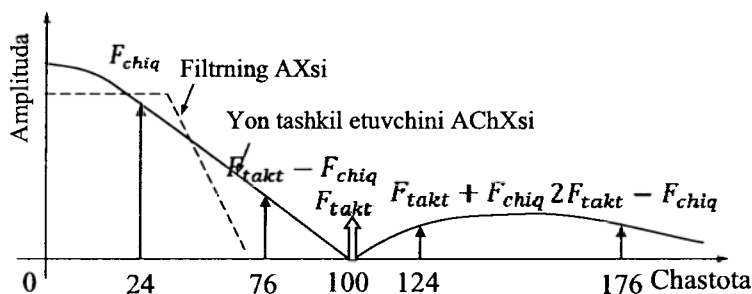
bunda, F_{chiq} – chiqishdagi chastota, F_{takt} – takt generatori chastotasi, M – chastota kodi, N – fazalar akkumulyatorining razryadi.

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

Amalda bunday impulslarni shakllantirib bo'lmaydi. Signalni real impulslar ketma-ketligi bilan ifodalash chiqish signali spektrini $\text{sinc}\left(\frac{F_{chiq}}{F_{takt}}\right)$ funksiya bilan modulyatsiya qilinishiga olib keladi. Natijada DDSning amplituda-chastota xarakteristikasi (AChX) $0 - 0,5F_{takt}$ chastota oralig'ida 3 dB ga pasayadi. Uning ko'rinishi va chiqish signalining spektri 15.5-rasmda keltirilgan.

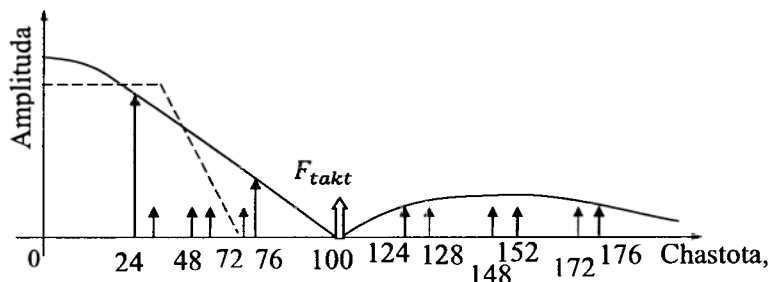
Diskretlash natijasida signal spektrida qo'shimcha kerak bo'lmagan tashkil etuvchilar paydo bo'ladi. Bu tashkil etuvchilarning amplitudasi ham $\text{sinc}\left(\frac{F_{takt}}{F_{chiq}}\right)$ funksiya bilan modulyatsiya qilinadi. Masalan, chiqish signali chastotasi $F_{chiq} = 0,33F_{takt}$, ya'ni takt chastotasining uchdan biriga teng bo'lganda 1-qo'shimcha kerak bo'lmagan tashkil etuvchining amplitudasi asosiy signal amplitudasidan atigi 3 dB ga kichik

bo‘ladi va buni DDS sintezatorni loyihalashda albatta inobatga olish kerak.



15.5-rasm. Chiqish signalining spektri

Bundan tashqari chiqish signalining spektrida yana boshqa qo‘shimcha tashkil etuvchilar bo‘lishi mumkin (15.6-rasm). Ular asosan raqam-analog o‘zgartirgichning mukammal emasligidan (integral va differensial nochiziqlar bo‘lishi sababli) kelib chiqadi. Odatda, bu tashkil etuvchilarning amplitudasi nisbatan kichik bo‘ladi. Ularni yo‘qotish uchun doimiy xotira qurilmasi (XQ) va raqam-analog o‘zgartirgich (RAO‘) orasiga past chastota filtri (PChF) qo‘yish kerak.



15.6-rasm. Raqam-analog o‘zgartirgichning nozikiligi tufayli paydo bo‘ladigan kerak bo‘lmagan tashkil etuvchilar

Raqamli chastota sintezatorlari uchun maxsuslashtirilgan mikrosxemalar qatoriga AD9832, AD9835larni kiritish mumkin. Ko'p hollarda mikrokontroller orqali boshqariladigan raqamli DDS chastota sintezatorlari AD9835 mikrosxema asosida yig'iladi. Uning tarkibiy qismlari va ishlash usuli [9] da keltirilgan.

Nazorat savollari

1. Raqamli chastota sintezatori deb qanday sintezatorga aytiladi?
2. Raqamli chastota sintezatorining funksional sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.
3. DDS raqamli chastota sintezatorlari qanday afzalliklarga ega?
4. Garmonikalar generatoridan foydalanilgan chastota sintezatorining strukturaviy sxemasini chizing va ishlash prinsipini vaqt diagrammalar asosida tushuntiring.
5. Raqamli chastota sintezatorlari uchun maxsuslashtirilgan qanday mikrosxemalarni bilasiz?

16. RADIOUZATUVCHI QURILMALARDA PARAZIT TO‘LQINLAR

16.1. Parazit to‘lqinlarning kelib chiqish sabablari

Radiouzatuvchi qurilmalar va ularning alohida kaskadlarini sozlash jarayonida ko‘p hollarda quyidagi hodisalar ro‘y berishi mumkin: quvvat kuchaytirgichlari va chastota ko‘paytirgichlarining chiqish qismida uning kirishiga signal berilmaganda ham kuchlanish paydo bo‘lishi; chiqish signalining tarkibida asosiy chastotadan farq qiluvchi chastotali signal paydo bo‘lishi; aktiv elementlardan keragidan ortiqcha katta tok oqishi; bir ish diapazonidan ikkinchi ish diapazoniga o‘tganda quvvatning keskin o‘zgarishi, chastota o‘zgarganda kuchlanish o‘zgarishi.

Yuqorida qayd qilingan hodisalar parazit hodisalar hisoblanib, ular radiouzatuvchi qurilmalarning ayrim kaskad va elementlarini ishdan chiqarishi mumkin. Bundan tashqari, bu hodisalar signallarda noxiziqli buzilishlar keltirib chiqarishi, radiouzatuvchi qurilmalarning quvvatini kamaytirishi mumkin. Bu hodisalar parazit to‘lqinlar paydo bo‘lishining sababchisi hisoblanadi. Bunday to‘lqinlarni montaj qilib bo‘lingan radiouzatuvchi qurilmalarda yo‘qotish ancha mushkul ish. Shuning uchun radiouzatuvchi qurilmalarni loyihalash vaqtida parazit to‘lqinlarni 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 kuchaytirgichning amplituda-chastota xarakteristikasini yaxshilash uchun va noxiziqli buzilishlarni kamaytirish uchun ishlatiladi. Musbat teskari aloqa esa avtogeneratorlarda so‘nmas to‘lqinlar olish

uchun kiritiladi. Bundan tashqari teskari aloqa fazani avtomatik sozlash (FAS) va chastotani avtomatik sozlash (ChAS) tizimlarida 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 radiouzatuvchi qurilmalarning chiqish hamda kirish qismlari bir-biridan yaxshi ekranlanmaganda yoki alohida kaskadlarning ta'minot zanjiri bir-biridan yaxshi ajratilmaganda ham parazit teskari aloqa bo'lishi mumkin. Bu parazit to'lqinlar, parametrik ravishda to'lqin ishlab chiqilganda ham vujudga kelishi mumkin. Bu mexanizm sxemadagi noxizizqli reaktiv elementlarga tashqaridan davriy maydon ta'sir qilganda kuchga kiradi. Tiristorlar volt-ampere xarakteristikasi (VAX)dagi manfiy differensial qarshilik bo'lishi, tranzistor qiziganda, uning parametrlarining o'zgarishi natijasida katta davrli to'lqinlar vujudga kelishi parazit to'lqinlar kelib chiqishiga sababchi bo'ladi. Oxirgi bayon qilingan parazit to'lqinlar kam uchraydi. Lekin shunga qaramasdan ular boshqa parazit hodisalarni keltirib chiqarishi mumkin.

16.2. Teskari aloqa hisobiga bo'ladigan parazit to'lqinlar

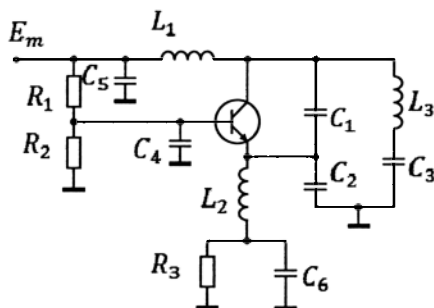
Tranzistorli avtogeneratorlarda parazit to'lqinlarning kelib chiqishini ko'rib chiqamiz. Bunday avtogeneratorlarda maxsus holda musbat teskari aloqa so'nmas to'lqinlar olish uchun kiritiladi.

Aktiv va passiv to'rtqutblikda paydo bo'lgan to'lqinlar energiyasining bir qismi teskari aloqa zanjiri (TAZ) orqali yana aktiv to'rtqutblikka kiritiladi. Bu zanjir ba'zi hollarda chastotasi asosiy ish chastotasidan farq qilgan parazit to'lqinlarni keltirib chiqarishi mumkin. Ma'lumki, avtogeneratorlarda qo'zg'atish sharti $SR_b > 1$ ifoda bilan belgilanadi. Tebranish konturi uchun regeneratsiya parametri $SR_b = SX_1X_2/r$ ga teng. X_1, X_2, X_3 – avtogeneratorning umumlashtirilgan ekvivalent sxemasidagi (8.4-rasm) reaktiv qarshiliklar, r – quvvatni sarf qilayotgan aktiv

qarshilik, S – aktiv element VAXsining statik qiyaligi. Reaktiv qarshiliklar yig'indisi $X_1 + X_2 + X_3 = 0$ ga teng bo'lganda, avtogenerator asosiy chastotali to'liqin ishlab beradi.

SR_b parametr aktiv element (AE)ning 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 ishchi chastotada emas, balki boshqa chastotalarda ham vujudga kelishi mumkin.

Klapp sxemasi (16.1-rasm) asosida ishlaydigan avtogeneratorni ko'rib chiqamiz, ya'ni qanday qo'shimcha konturlar, blokirovka qiluvchi elementlar hisobiga parazit to'liqlarning paydo bo'lishini bilib olamiz. Avtogenerator KT315 tranzistorda ishlaydi, tranzistor sxemaga umumiy bazali qilib ulangan. Avtogenerator chastotasi $f_0 = 10\text{MHz}$ ($\lambda = 30\text{m}$) bo'lgan to'liqin ishlab beradi.



16.1-rasm. Klapp sxemasi asosida ishlaydigan avtogenerator

Tranzistorning chegaraviy chastotasi 300 MHz bo'lgani uchun bu sxemada uni inersiyasiz deb hisoblash mumkin ($f_0 < f_{cheg}$). R_1 , R_2 va R_3 qarshiliklar tranzistorning ish holatini belgilaydi va VAX ish nuqtasida statik qiyalikni $S = 0,25 \text{ A/V}$ ga teng qilib beradi. Tebranish konturining aslligi $Q = 20$ bo'lganda regeneratsiya parametri $SR_b = 5$ ga teng bo'ladi. Demak, avtogeneratorning ishchi chastotasida qo'zg'atish sharti $SR_b > 1$ bajariladi. Blokirovka qiluvchi elementlarni hisoblash uchun C_1 va C_2

sig'imlarni va ishchi chastotada f_0 gi reaktiv qarshiliklarini bilish kerak.

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

$$X_{C2} = 530\lambda/C_2 = 530 \cdot 30/5000 = 3,2 \text{ Om}.$$

Klapp sxemasidagi (16.2-rasm) blokirovka qiluvchi drossel-larning qarshiligi:

$$X_{L1} = 1885L_1/\lambda = 1885 \cdot 16/30 = 1000 \text{ Om} \gg X_{C1};$$

$$X_{L2} = 1885L_2/\lambda = 1885 \cdot 1/30 = 64 \text{ Om} \gg X_{C2};$$

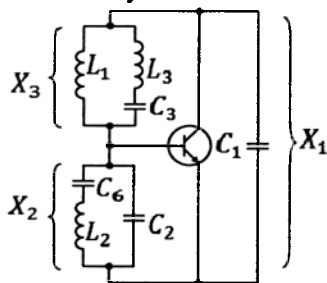
blokirovka qiluvchi kondensatorning sig'imi:

$$X_{C4} = 530\lambda/C_4 = 530 \cdot 30/5000 = 3,2 \text{ Om} \ll X_{L3};$$

$$X_{C5} = 530\lambda/C_5 = 530 \cdot 30/1000 = 16 \text{ Om} \ll X_{L1};$$

$$X_{C6} = 530\lambda/C_6 = 530 \cdot 30/3200 = 50 \text{ Om} \ll X_{L2}.$$

Bu avtogeneratorda qo'zg'atish sharti f_0 dan past chastotalarda ham bo'lishi mumkin. Buni bilish uchun avtogeneratorning ekvivalent sxemasini ko'rib chiqamiz (16.2-rasm). Ekvivalent sxemada C_4 va C_5 sig'imlar 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.



16.2-rasm. Blokirovka elementlarini hisobgaolgan holdagi avtogeneratorning ekvivalent sxemasi

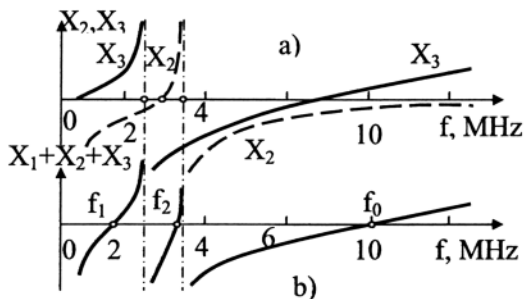
16.3-rasmdagi $X = F(f)$ grafikdan ko'rinib turibdiki, drossel induktivligini hisobga olganda 2,5 MHz chastotada X_3 konturida parallel rezonans sodir bo'ladi. X_2 konturdagi L_2C_6 zanjir tufayli

ketma-ket va parallel rezonans bo'ladi. Buning natijasida reaktiv qarshiliklar yig'indisi $X = X_1 + X_2 + X_3$, nol qiymatdan faqat $f_0 = 10$ MHz ishchi chastotada emas, balki $f_1 = 1,5$ MHz, $f_2 = 3,5$ MHz chastotalarda ham o'tadi. Bu chastotalarning qaysi birida qo'zg'atish sharti bajarilishini bilish uchun reaktiv qarshiliklar ishorasini taqqoslaymiz.

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

f_1 chastotada regeneratsiya parametri $SR_b \approx 15$ bo'ladi. Shunday qilib, f_0 va f_1 chastotalarda avtogenerator to'lqinlar ishlab berishi mumkin. Bulardan biri f_0 foydali ish chastota, f_1 esa parazit kerak bo'lmagan chastota. Avtogeneratorida birgalikda bunday ikkita chastotaning vujudga kelishi aktiv element o'rtacha qiylaligining (S_1) kirish kuchlanishi amplitudasi U_{kir} ga bog'liqligi bilan belgilanadi.

Avtogenerator sxemasiga avtomatik siljish kuchlanishini kiritish bu bog'liqlikni monoton ravishda pasaytiradi. Bu esa bir chastotaning ikkinchi chastota bilan yo'q qilinishiga olib keladi. Qaysi bir chastota uchun qo'zg'atish sharti katta bo'lsa, shu chastota yo'q bo'lmaydi. Ko'rib chiqilgan avtogenerator sxemasida parazit $f_1 = 1,5$ MHz 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.



16.3-rasm. a) – X_2, X_3 qarshiliklarning chastotaga bog‘liqligi;
b) – $X_1 + X_2 + X_3 = 0$ qarshiliklar yig‘indisining chastotaga bog‘liqligi.

Bundan tashqari, aktiv element simlarining induktivligi, elektrodlar orasidagi sig‘im, montaj simlarining induktivligi hisobiga ham parazit to‘lqinlar bo‘lishi mumkin. Lekin bu chastotalar ishchi chastotadan ancha yuqori bo‘ladi va aktiv element qiyaligi bu chastotalarda keskin kamayib ketadi, bu esa qo‘zg‘atish shartining bajarilishini qiyinlashtiradi.

16.3. Avtogenerator sxemasidagi parazit to‘lqinlarni yo‘qotish usullari

Avtogenerator sxemasida parazit to‘lqinlarni yo‘qotish usulini ko‘rib chiqamiz. Buning uchun, avvalambor, 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 qarshiliklarning ishorasi har xil bo‘lishiga intilish kerak. Masalan, C_6 sig‘imning miqdorini oshirish kerak. Agar bu ham yordam bermasa, regeneratsiya parametrini ishchi chastotadan boshqa chastotalarda kamaytirish kerak. SR_b ifodadagi aktiv elementning qiyaligi (S)ni 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 ning qiymatini kamaytirish uchun suratdagi $X_1 X_2$ qarshiliklar ko'paytmasini kamaytirish kerak va aktiv qarshilik r ning qiymatini ko'paytirish kerak. Agar boshqaruvchi qarshilik $R_b = k R_{yu}$ ga teng bo'lsa, parazit to'liqinni yo'qotish uchun teskari aloqa koeffitsiyenti (k)ni 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 drossellarning 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, tranzistorning baza va kollektoriga ketma-ket qilib antiparazit qarshilik ulash kerak.

Quvvat kuchaytirgich va chastota ko'paytirgich sxemalarda parazit to'liqlar ishchi chastotadan 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 induktivliklari 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 usullari yuqorida avtogenerator misolida qayd qilib o'tildi. Odatda, bitta kaskadda parazit to'liqlar bo'lmasligi ham mumkin, lekin bu kaskadlar ketma-ket ulanganda parazit to'liqlar paydo bo'lishi mumkin. Buning asosiy sababi ta'minot manba orqali bo'ladigan teskari aloqadir, chunki manba hamma kaskadlar uchun umumiy bo'ladi. Bularni yo'qotish uchun kaskadlarni umumiy manbadan ajratuvchi filtrlar yordamida ta'minlash kerak va kaskadning orasiga himoya ekranlarini qo'yish kerak.

Nazorat savollari

1. Parazit to'qlinlarning kelib chiqish sababini tushuntiring.
2. Teskari aloqa hisobiga bo'ladigan parazit to'qlinlar to'g'risida tushuncha bering.
3. Parametrik parazit to'qlinlar nima?
4. Klapp sxemasi asosida ishlaydigan avtogeneratorning ish usulini tushuntiring.
5. Musbat teskari aloqa nima?
6. Avtogeneratorning ekvivalent sxemasini chizing va undagi parazit to'qlinlarni yo'qotish usullarini keltiring.
7. Quvvat kuchaytirgichdagi parazit to'qlinlarni yo'qotish usullarini tushuntiring.
8. Chastota ko'paytirgichdagi parazit to'qlinlarni yo'qotish usullarini keltiring.
9. Regeneratsiya parametri nima?

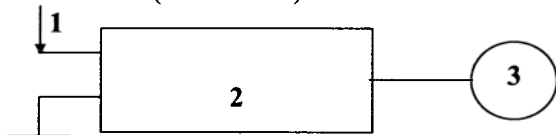
17. RADIOSIGNALLARNI QABUL QILUVCHI VA QAYTA ISHLOVCHI QURILMALAR HAQIDA UMUMIY TUSHUNCHALAR

17.1. Qabul qiluvchi qurilmaning vazifasi, ishlash usuli va turlari

Radiosignallarni qabul qiluvchi va qayta ishlovchi qurilma (RQQQ) antennadan kerakli radiosignallarni ajratib olish, kuchaytirish, o'zgartirish va axborot signallariga aylantirib chiqish qurilmasiga berish uchun mo'ljallangan.

«Radio» so'zi «radiatsiya» so'zidan olingan bo'lib, u «nurlanish» degan ma'noni anglatadi. Shu sabab, ushbu qo'llanmaning bu qismini «radiosignallarni qabul qiluvchi qurilmalar» deb atasa ham bo'ladi.

Radio qabul qiluvchi qurilmalar (RQQQ) elektromagnit to'lqinlarni qabul qilish, ularni o'zgartirish, kuchaytirish, tarkibidan foydali axborotlarni ajratib olish uchun xizmat qiladi. Bunday vazifalarni amalga oshiradigan qurilmalar, asosan, uchta tarkibiy qismdan iborat bo'ladi (16.1- rasm).



17.1-rasm. Radioqabul qiluvchi qurilmalarning tarkibiy qismlari:
1) – antenna; 2) – qabul qiluvchi qurilma; 3) – chiqish qurilmasi.

Antenna elektromagnit to'lqinlarni qabul qilish va ularni elektr signallariga aylantirib berish uchun xizmat qiladi. Qabul qiluvchi qurilma qabul qilgan signallarni boshqa turga aylantirib kuchaytiradi va ularni chiqish qurilmasiga uzatish uchun xizmat qiladi. Chiqish qurilmasi qabul qilgan signallarni qurilmaga qo'yilgan vazifaga mos ravishda ovozga, tasvirga yoki oldindan qo'yilgan biror shartli axborotga aylantirib beradi. Chiqish qurilmasi

qurilmalarning vazifasiga mos ravishda tanlanadi. Masalan, radioeshittirish, televizion eshittirish, radiotelefon, radiotelegraf va h.k. qurilmalarga chiqish qurilmasi sifatida telefon, radiokarnaylar ishlatiladi. Radiolokatsiya va televizion eshittirishlarda ishlatiladigan qabul qiluvchi qurilmalarda esa chiqish qurilmasi sifatida elektron-nur trubkalari ishlatiladi.

Qabul qiluvchi qurilmalar radioaloqa va radioeshittirish kabi turlarga bo'linib, yuqori sifatli radioqabul qiluvchi qurilmalar, radioaloqa, radiolokatsiya, radionavigatsiya va hokazolarda maxsus texnik vazifalarni bajarish uchun ishlatiladi. Radioeshittirish va televizion eshittirishlarida tovush va tasvir signallarini qabul qilishda ishlatiladi.

Qabul qiluvchi qurilmalarning belgi va sifatlariga qarab ularni quyidagi turlarga bo'lish mumkin:

- vazifasiga ko'ra maxsus (radioaloqa, radiolokatsiya, radionavigatsiya va boshqalar), televizion va radioeshittirish xillari;
- sxemasiga ko'ra to'g'ri kuchaytirgichli va supergeterodinli;
- tashkil etuvchi asboblari qarab, tranzistorli, lampali yoki integral mikrosxemali;
- signallarni qayta ishlash usuliga qarab amplituda, chastota, faza yoki impuls modulyatsiyali;
- tuzilishiga qarab, ular statsionar, ko'chma va mobil bo'lishi mumkin.

17.2. Qabul qiluvchi qurilmalarning asosiy tavsiflari

Qabul qiluvchi qurilmalarning u yoki bu funksiyalarining sifatli bajarilishi ularni tavsiflovchi ko'rsatgichlar orqali aniqlanadi. Bu ko'rsatgichlar priyomniklarning xarakteristikalarini deb ham ataladi. Quyida radiopriyomniklarning ayrim parametrlari bilan tanishiladi.

Qabul qiluvchi qurilmalarning sezgirliigi. Bunday qurilmalarning qanchalik zaif signallarni qabul qila olish qobiliyatiga ularning sezgirliigi deb ataladi. Bu ko'rsatkich, antenna

qabul qilgan signalning eng kichik qiymati bilan baholanadi va elektr yurituvchi kuchi (EYuK si) orqali aniqlanadi:

$$E_A = h_T E \quad (17.1)$$

bu yerda, h_t – antennaning ta'sir etuvchi balandligi,

E – elektromagnit maydon kuchlanganligi.

E_A – RQQQ sezgirligi.

Sezgirlik, qabul qiluvchi qurilmaning signalni kuchaytirish koeffitsiyenti va ichki shovqinlarga bog'liq bo'ladi. Kuchaytirish koeffitsiyenti qanchalik katta bo'lsa, sezgirlik shunchalik yuqori bo'ladi. Lekin foydali signal bilan bir vaqtda ichki shovqinlar ham kuchaytiriladi. Buning oqibatida shovqin signalining amplitudasi foydali signal amplitudasiga teng, ayrim paytlarda undan katta bo'lib ketishi ham mumkin. Bunday paytlarda sezgirlik haddan tashqari susayib ketadi. Chunki foydali signal o'rmini shovqin signallari qoplab oladi.

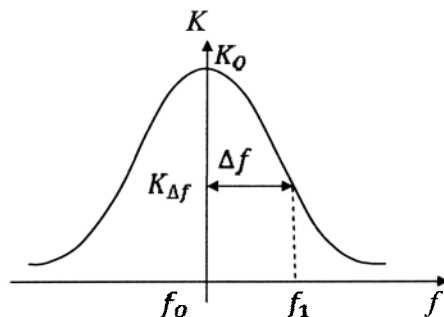
Zamonaviy qabul qiluvchi qurilmalarning sezgirligi mikrovolt va uning ulushlari doirasidadir. Bunday sezgirlikka ko'p pog'onali kuchaytiruvchidan foydalanish tufayli erishiladi.

Qabul qiluvchi qurilmalarning *tanlovchanligi*. Bunday qurilmalarning tanlovchanligi deb ularning elektromagnit to'lqinlari orasidan foydali to'lqinlarni ajratib olish qobiliyatiga aytiladi. Tanlovchanlik bir necha turlarga bo'linib, ular orasida eng muhimi va ko'proq amaliyotda qo'llaniladigani chastota bo'yicha tanlovchanlikdir.

Qabul qiluvchi qurilmalarning chastota bo'yicha tanlovchanligi deb, tashuvchi chastotali elektromagnit to'lqinlari orasidan kerakli chastota signallarini ajratib olish qobiliyatiga aytiladi.

Chastota bo'yicha tanlovchanlik amplituda – chastotaviy xarakteristika (AChX)sidan topiladigan tanlovchanlik koeffitsiyenti orqali baholanadi.

Qabul qiluvchi qurilmalarning AChXsi 17.2-rasmda ko'rsatilgan. Bu xarakteristika kuchaytirish koeffitsiyenti bilan kirish signalining chastotasi orasidagi bog'lanishni ko'rsatadi.



17.2-rasm. Qabul qiluvchi qurilmalarning AChXsi

Xarakteristikadan shu narsani ko‘rish mumkinki, kirish signalining turli chastotalarida kuchaytirish koeffitsiyenti turlichadir. Kuchaytirish koeffitsiyentining eng katta qiymati rezonans chastotasi f_0 ga to‘g‘ri keladi.

Demak, rezonans orqali kerakli signalni ajratib olish mumkin ekan. Qolgan chastotalarda kuchaytirish koeffitsiyenti kichik qiymatlidir. Bu kichik kuchaytirish koeffitsiyenti natijasida kuchaygan signallar shovqin signallari deb ataladi. Odatda, bu signallarning ta‘sirini yo‘qotishga harakat qilinadi. Bu shovqin signallari qanchalik ko‘p yo‘qotilsa, radiopriyomniklarning tanlovchaligi shunchalik ortadi.

Tanlovchanlik koeffitsiyenti quyidagicha ifoda etiladi:

$$\sigma_T = K_0 / K_{\Delta f}, \quad (17.2)$$

bu yerda, K_0 – rezonans paytidagi kuchaytirish koeffitsiyenti,

$K_{\Delta f} = K_0 / \sigma_T$ – shovqin signali chastotasi bo‘yicha kuchaytirish koeffitsiyenti.

Qabul qiluvchi qurilmalarning ishchi chastotalar diapazoni. Ishchi chastotalar diapazoni minimal f_{min} va maksimal f_{max} chastotalar oralig‘i bilan belgilanadi va qurilma shu oraliqdagi chastotalardan biriga sozlanadi. Radioeshittirish uchun qabul

qiluvchi qurilmalarning ishchi chastotalar diapazoni 17.1-jadvalda keltirilgan.

17.1-jadval

Radioeshittirish uchun qabul qiluvchi qurilmalarning ishchi chastotalar diapazoni

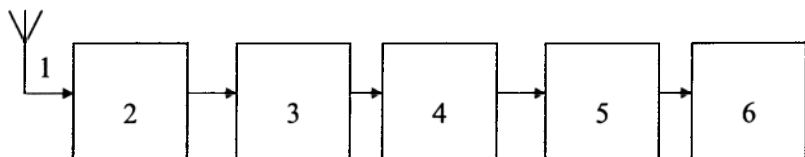
Chastotalar diapazoni	To'liq nomi
150 – 402 kHz	Uzun to'liqlar
525 – 1605 kHz	O'rta to'liqlar
3,2 – 26,1 MHz	Qisqa to'liqlar
65,8 – 73 MHz	I - Ultraqisqa to'liqlar
87,5 – 108 MHz	II - Ultraqisqa to'liqlar

Bu yerda alohida aytish kerakki, radioeshittirishda qisqa to'liqlar diapazonida chastotalar hammasi ishlatilmaydi. Faqatgina ba'zi bir chastotalar oralig'i ishlatiladi.

Qabul qiluvchi qurilmalarning xalaqitga bardoshlik koeffitsiyenti. Radiopriyomniklarning bu parametri ularning turli shovqinlar ta'siri ostida uzatilayotgan foydali axborotlarni aniq va ravon qabul qilishni ta'minlay oladigan qobiliyati bo'lib, u signallarni to'g'ri qabul qila olish ehtimoli bilan baholanadi. Bu xarakteristik ko'rsatkich maxsus radiopriyomniklarda katta ahamiyatga ega. Qabul qiluvchi qurilmalarning eshittirish sifati. Bu xarakteristik parametr radiopriyomniklar qabul qilayotgan signallarning buzilish darajasi bilan aniqlanadi.

17.3. Qabul qiluvchi qurilmalarning tarkibiy tuzilishi

Qabul qiluvchi qurilmalarning tarkibiy tuzilishi, asosan, ikki turga bo'linadi. Ulardan birinchi to'g'ri kuchaytirgichli, ikkinchisi esa supergeterodinli deb ataladi. 17.3-rasmda to'g'ri kuchaytirgichli priyomnikning tuzilish sxemasi keltirilgan.



17.3-rasm. To'g'ri kuchaytirgichli RQQQning tuzilish sxemasi:
 1 – antenna; 2 – kirish zanjiri; 3 – yuqori chastota kuchaytirgichi;
 4 – detektor (demodulyator); 5 – past chastota kuchaytirgichi;
 6 – chiqish qurilmasi.

Kirish zanjiri kerakli stansiya signalini ajratadi va yuqori chastota kuchaytirgichga (YuChK) uzatadi. YuChK da ajratilgan signal kerakli miqdorgacha kuchaytiriladi va detektorga (demodulyatorga) beriladi. Detektor (demodulyator) yuqori chastotali signal tarkibidagi axborot (ovoz, tasvir) signalini ajratib oladi va past chastota kuchaytirgichiga (PChK) uzatadi. PChK signalni kuchaytirib chiqish qurilmasiga uzatadi.

To'g'ri kuchaytirgichli qabul qiluvchi qurilmaning asosiy kamchiligi:

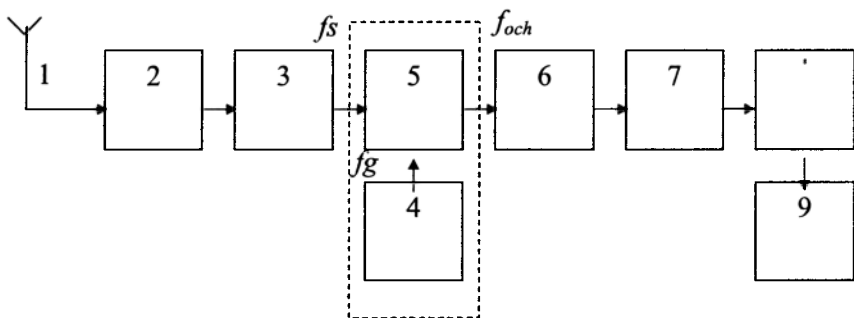
- 1) nisbatan past sezgirligi;
- 2) chastota oshgan sari kuchaytirish va tanlash xususiyati kamayishi.

Bu kamchiliklardan ozod bo'lgan qurilmalar – supergeterodin qabul qiluvchi qurilmalaridir. Supergeterodin qabul qiluvchi qurilmalari quyidagi tashkil etuvchilardan tashkil topgan (17.4-rasm):

1. Antenna. Fazodagi elektromagnit to'lqinlarini qabul qilib, ularni elektr signaliga aylantirib berish uchun xizmat qiladi.

2. Kirish zanjiri (KZ). KZ, antenna tomonidan qabul qilingan radiosignallar orasidan chastota bo'yicha foydalisini tanlash hamda kirish qurilmalarini o'zidan keyingi keladigan zanjirning kirishi bilan moslashtirish uchun xizmat qiladi.

3. Yuqori chastotali radiosignal kuchaytirgichi (YuChK). YuChK qabul qilingan radiosignallarni kuchaytirib berish uchun xizmat qiladi.



17.4-rasm. Supergeterodinli qabul qiluvchi qurilmaning strukturaviy sxemasi

4. Geterodin. Kam quvvatli generator bo‘lib, oraliq chastotani shakllantiruvchi yuqori chastotali garmonik signal avtogenatori.

5. Aralashtirgich. Aralashtirgich, radiosignal chastotasi va geterodin shakllantirgan chastotalarini o‘zaro aralashtirib ular orasidan oraliq chastota signallarini ajratib berish uchun xizmat qiladi. Bu har ikkala tashkil etuvchilar (geterodin va aralashtirgich) o‘zaro birgalikda chastota o‘zgartirgichi (ChO‘) deb ataladi.

6. Oraliq chastotasi kuchaytirgichi (OChK). Bu kuchaytirgich YuChK larga o‘xshash signallarni kuchaytirish uchun xizmat qiladi. Ammo YuChKlar istalgan chastotali radiosignallarni kuchaytiraversa, OChKlar esa, faqat bitta, ya’ni oldindan belgilab qo‘yilgan oraliq chastotali signallarni kuchaytiradi.

7. Detektor. Detektor, yuqori chastotali, modulyatsiyalangan radiosignallar orasidan ma’lumot signallarini ajratib berish uchun xizmat qiladi.

8. Past chastotali kuchaytirgich – PChK. PChK lar detektordan chiqqan signallarni kuchaytirib berish uchun xizmat qiladi.

9. Chiqish qurilmasi. Qabul qilingan signallarni ovozga, tasvirga yoki boshqa ma’lumot turiga aylantirib beradi.

Supergeterodinli qurilmaning ishlash prinsipi quyidagicha. Aralashtirgichning birinchi kirishiga YuChK dan ajralgan va kuchaytirilgan va tanlagan signal f_s keladi. Ikkinchi kirishiga esa geterodindan f_g chastotasi beriladi. Geterodin chastotasi tanlangan signal chastotasidan har doyim foch ga farq qiladi:

$$f_{och} = f_s \pm k f_g; f_g = f_s \pm f_{och}, \quad (17.3)$$

bu yerda f_{och} – oraliq chastota.

Natijada aralashtirgichda $f_s = k f_g$ ($k=1,2,3 \dots$) kombinatsion chastotalar paydo bo'ladi. Aralashtirgichning filtri (yuklamasi) faqat bitta chastotaga sozlagan, ya'ni f_{och} oraliq chastotasiga.

Qabul qiluvchi qurilmaning boshqa chastotalarga sozlangan paytda oraliq chastotasi doimiy bo'ladi, chunki f_s o'zgarganda f_g ham proporsional ravishda o'zgaradi va f_{och} o'zgarmay qoladi.

Supergeterodinli qabul qiluvchi qurilmaning afzalliklari:

1. Signal tanlash xususiyati yaxshilanadi. Buning sababi shundaki, oraliq chastota qabul qilingan chastotadan nisbatan pastroq va OChKlarning AChX si " P " shakliga yaqinroq bo'ladi;

2. Yuqori sezgirlikka ega. Supergeterodinli qabul qiluvchi qurilmada OChK lar faqat bitta va nisbatan past chastotani kuchaytiradi. OChK yuklamasidagi filtrlari ishlab chiqariladi, va OChK kuchaytirish koeffitsiyenti YuChK dan ancha katta bo'ladi. OChK kaskadlarini kerakli miqdorda ko'paytirish mumkin. Priyomnikning umumiy kuchaytirish koeffitsiyenti oshadi va sezgirligi ham oshadi;

3. Tanlash va sezgirlik chastota diapazoni bo'yicha kam o'zgaradi, chunki bu ko'rsatkichlarni, asosan, OChK ta'minlaydi.

Nazorat savollari

1. RQQQ qanday vazifa bajaradi?
2. RQQQning turlarini sanab chiqing.
3. RQQQning asosiy parametrlari va tavsiflarini aytib chiqing.
4. To'g'ridan – to'g'ri kuchaytirish RQQQning tuzilish sxemasini keltiring va uning ishlash prinsipini tushuntiring.
5. Supergeterodinli RQQQning tuzilish sxemasini keltiring va uning ishlash prinsipini tushuntiring.
6. Supergeterodinli RQQQning tanlovchanligi haqida ma'lumotlar keltiring.

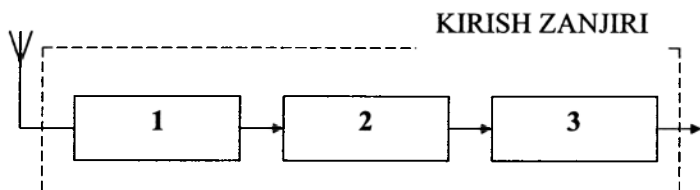
18. KIRISH ZANJIRLARI

18.1. Kirish zanjirlari haqida umumiy ma'lumotlar

Kirish zanjirlari sig'im C va induktivlik L dan tashkil topgan tebranma kontur bo'lib, antenna bilan o'zidan keyingi keladigan zanjirni o'zaro bog'lab, turadi. Kirish zanjiriga quyidagi talablar qo'yiladi:

- antennadan kelayotgan radiosignallar energiyasini o'zidan keyin keladigan zanjirga mumkin qadar isrofsiz uzatishga imkoniyat tug'dirib berish;
- antennadan kelayotgan turli chastotali radiosignallar orasidan foydali signallarni aniq va benuqson ajratib olish;
- ayrim sabablarga ko'ra tebranma konturda hosil bo'lgan ichki va tashqi xalaqit signallarini mumkin qadar yo'qotish.

18.1-rasmda kirish zanjirlarining tuzilishi ko'rsatilgan. 1- kirish zanjiri bilan antenna orasidagi aloqa elementi; 2 – tebranma kontur; 3 – tebranma kontur bilan undan keyin keladigan zanjir orasidagi aloqa elementi kirish zanjirining ishlash jarayoni quyidagichadir:



18.1 - rasm. Kirish zanjirining tuzilishi

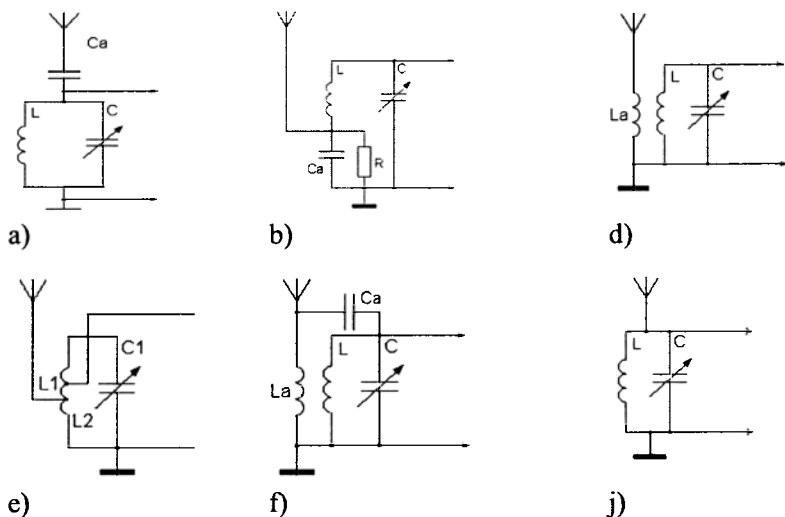
Antenna qabul qilgan radiosignal va shovqin signallari aloqa elementi 1 orqali o'tib tebranma kontur 2 ga kirib keladi. Tebranma kontur oldindan belgilab qo'yilgan foydali signal chastotasiga sozlangan bo'ladi. Shu sabab tebranma konturdan foydali signal o'tib, u signal o'zidan keyingi zanjirga uzatiladi. Shu yo'l bilan foydali signal shovqin signallaridan qisman tozalanadi. Aloqa elementi 1, antenna qarshiligi

bilan kirish zanjirining kirish qarshiligi, aloqa elementi 3 esa, tebranma kontur 2 ning chiqish qarshiligi bilan o'zidan keyingi keladigan zanjirning kirish qarshiligini moslab turadi. Demak, kirish zanjirini antenna qarshiligini o'zidan keyingi keladigan zanjirning kirish qarshiligi bilan o'zaro moslab beradigan moslovchi transformator ham ekan deb qarash mumkin.

Kirish zanjirlari tarkibidagi tebranma konturlarning soniga qarab bir, ikki yoki ko'p konturli bo'ladi. Antenna bilan o'zaro bog'lanishga qarab ular:

Tashqi va ichki sig'im aloqasi (18.2a,b-rasmlar);

- Induktiv aloqali (18.2d-rasm);
- Avtotransformator aloqali (18.2e-rasm);
- Sig'im va induktiv aloqali (18.2f-rasm);
- To'g'ri aloqa (18.2j-rasm) bo'ladilar.

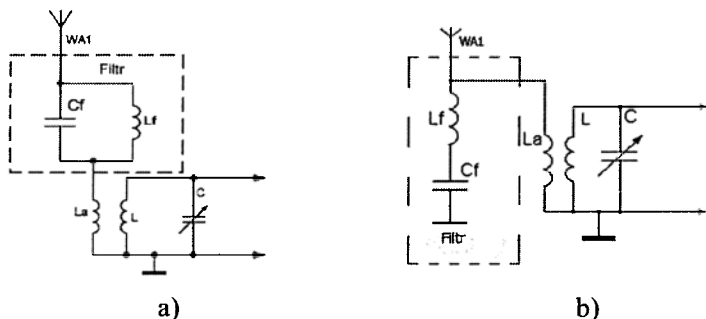


18.2-rasm. Kirish zanjirlarining turlari

To'g'ri aloqali kirish zanjirlariga antannaning ta'siri salbiy bo'ladi. Shu sabab bunday aloqali sxemalar qo'llanilmaydi.

Kirish zanjiriga kirib kelgan shovqin, signallarining ta'sirini yo'qotish uchun maxsus filtrlar ishlatiladi.

18.3-rasmda filtrlı kirish zanjirlarining sxemalari ko'rsatilgan. 18.3,a-rasmda filtr ketma-ket, 18.3,b-rasmda esa parallel ulangan.



18.3-rasm. Filtrlı kirish zanjirining sxemasi: a) – ketma-ket; b) – parallel.

18.2. Kirish zanjirlarining asosiy ko'rsatkichlari

Kirish zanjirlarining quyidagi asosiy ko'rsatkichlari bo'ladi:

Uzatish koeffitsiyenti. Kirish zanjirining chiqishidagi kuchlanishni antenaning elektr yurituvchi kuchiga bo'lgan nisbatiga kirish zanjirining kuchlanish bo'yicha uzatish koeffitsiyenti deb ataladi, ya'ni

$$K_u = U_{chiq}/E_A \quad (18.1)$$

Kirish zanjirining chiquvchi signal quvvatining antenna quvvatiga nisbatan bo'lgan nisbatiga kirish zanjirining quvvat bo'yicha uzatish koeffitsiyenti deb ataladi, ya'ni:

$$K_p = R_{chiq}/R_A \quad (18.2)$$

Uzatish koeffitsiyentlari tebranma konturning rezonans holatida o'zining eng katta qiymatiga erishadi. Shu sababdan bu uzatish koeffitsiyentlari kirish zanjirlarining rezonans uzatish koeffitsiyentlari deb ham ataladi. Bu koeffitsiyentlar qanchalik katta bo'lsa, qabul qiluvchi qurilmalarning sezgirligi shunchalik yuqori bo'ladi.

Tanlovchanlik ko'effitsiyenti. Kirish zanjirining tanlovchanlik ko'effitsiyenti, tebranma kontur rezonans chastotasiga sozlanganda uning uzatish ko'effitsiyentlari, kontur nosozlanib qolgan paytidagi uzatish ko'effitsiyentlaridan qanchalik katta ekanligini aniqlab beradi. Tanlovchanlik ko'effitsiyenti quyidagicha ifoda etiladi:

$$S_e = K_o / K_{df}. \quad (18.3)$$

bu yerda, $\Delta f = f_o - f$ ga tengdir.

Tanlovchanlik ko'effitsiyenti zanjirning rezonans xarakteristikasiga bog'liqdir. Shuning uchun ham tanlovchanlik ko'effitsiyentini yaxshilash maqsadida tegishli asllikka ega bo'lgan tebranma konturlar tanlanadi.

Chastota doirasini chegaralash yoki to'sish ko'effitsiyenti. Rezonans chastotasining eng katta – maksimal qiymatini uning eng kichik – minimal qiymati bo'lgan nisbati chastotasi doirasini chegaralash yoki to'sish ko'effitsiyenti deb ataladi, ya'ni:

$$K_{cheg} = f_{0max} / f_{0min} \quad (18.4)$$

Kirish zanjirining chastota o'tkazish pollosasi. Bu ko'effitsiyenti kirish zanjirining kuchlanish bo'yicha uzatish ko'effitsiyentini uning oldindan berilgan qiymatidan o'zgarmaydigan holatda saqlab turuvchi chastota oralig'idir. Bu ko'effitsiyent kuchlanish bo'yicha uzatish ko'effitsiyentining eng katta qiymatining 0,7 sathi bo'yicha aniqlanadi.

Kirish zanjiri parametrlarining nomutanosiblik ko'effitsiyenti. Kirish zanjirining bu ko'effitsiyenti radio to'lqinlarini qabul qiluvchi qurilmalar nosozlanib qolganda ularning asosiy xarakteristik parametrlari qanchalik o'zgarib qolganligini ko'rsatadi. Ularning ifodalari quyidagichadir:

a) uzatish ko'effitsiyenti bo'yicha

$$K = K_u / K_l; \quad (18.5)$$

b) tanlovchanlik koeffitsiyenti bo'yicha

$$K_{\delta} = S_{e2}/S_{e1}; \quad (18.6)$$

v) chastota o'tkazish yo'li bo'yicha

$$K_{chul} = P_2/P_1. \quad (18.7)$$

Bu koeffitsiyentlar mumkin qadar birga yaqinlashgani ma'qul. Chunki ular birga yaqinlashganida xarakteristik parametrlarning o'zgarishi sezilarli bo'lmaydi.

18.3. Kirish zanjirlarining tahlili

Kirish zanjirlarini tahlil qilish – bu ularning xarakteristik parametrlarini topish demakdir. Buning uchun avvaliga ularning ekvivalent sxemalari tuziladi. So'ngra esa ular mumkin qadar soddalashtiriladi.

Kirish zanjirlarining umumlashgan ekvivalent sxemasini tuzishda antenaning ekvivalent sxemasidan ham foydalaniladi. Chunki kirish zanjiri antenna bilan ma'lum elementlar orqali doimo bog'langan bo'ladi. Shu sababli, kirish zanjirining umumlashgan ekvivalent sxemasini tuzishdan oldin antenaning ekvivalent sxemasini tuzish va unga kerakli bo'lgan ifodalarni yozish kerak bo'ladi. 18.4-rasmda antenaning ekvivalent sxemasi ko'rsatilgan.

Sxemadagi (18.3-rasm) signal kuchlanganligi E_A quyidagicha topiladi:

$$E_A = h_t E, \quad (18.8)$$

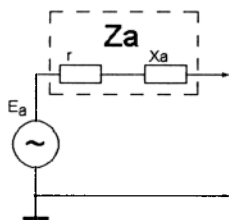
bu yerda, h_t – antenaning ishchi balandligi,

E – qabul qilinayotgan radiosignalning kuchlanganligi,

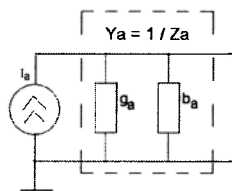
Z_A – antenna chiqishidagi to'la qarshilik,

I_A – antenna toki.

Odatda, kirish zanjiri bilan aloqador bo'lgan element qarshiligi ham antannaning ekvivalent qarshiligiga yuklatiladi.



a)



b)

18.4-rasm. Antannaning ekvivalent sxemasi:

a) – ketma-ket ekvivalent sxemasi; b) – parallel ekvivalent sxemasi.

Shu sababdan antenna uchun qarshilik quyidagicha topiladi:

$$Z_A' = Z_A + Z_a = r_A + r_a + j(X_A + X_a) = r_A' + jX_A', \quad (18.9)$$

bu yerda,

$$r_A' = r_A + r_a, \quad (18.10)$$

$$X_A' = X_A + X_a, \quad (18.11)$$

Antenna chiqishidagi to'la o'tkazuvchanlik

$$Y_A' = \frac{1}{Z_A'} = \frac{Y_A'}{Z_A'^2} - j \frac{X_A'}{Z_A'^2} = G_1 + jb_1, \quad (18.12)$$

ga teng bo'ladi.

Bu yerda,

$$G_1 = \frac{r_A'^2}{Z_A'^2}, \quad (18.13)$$

$$b_1 = \frac{-X_A'}{Z_A'^2}. \quad (18.14)$$

Kirish zanjirining umumlashgan ekvivalent sxemasi tuzilayotgan paytda, odatda antenaning parallel ekvivalent sxemasi (18.4,b-rasm)dan foydalaniladi va u sxemani kirish zanjirining ekvivalent sxemasiga qisman ulash koeffitsiyenti ko‘rinishida ulanadi. Ulash koeffitsiyenti quyidagicha topiladi.

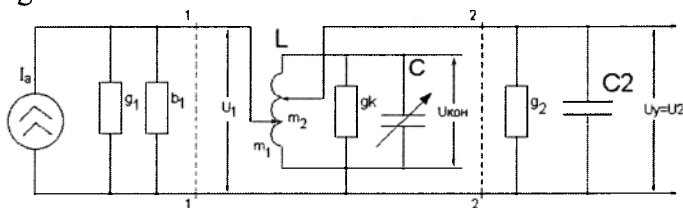
$$M = U_1/U_{kon}, \quad (18.15)$$

Bu yerda:

U_1 – signal manbasining kuchlanishi,

U_{kon} – tebranma konturning kuchlanishi. Bu koeffitsiyenti antenaning kirish zanjiri bilan aloqa darajasini ko‘rsatadi.

Yuqorida qayd etilganlar hisobga olinsa, kirish zanjirining umumlashgan ekvivalent sxemasi quyidagi 18.5-rasmda ko‘rsatilganidek bo‘ladi.



18.5- rasm. Kirish zanjirining umumlashgan ekvivalent sxemasi

Sxemada, kirish zanjirining o‘zidan keyingi kaskadning kirish o‘tkazuvchanligi quyidagiga teng bo‘ladi:

$$U_k = G_2 + j\omega G_2 \quad (18.16)$$

ga teng deb olindi.

$$m_2 = U_2/U_{kon}, \quad (18.17)$$

Bu yerda, U_2 – kirish zanjirining chiqishidagi kuchlanish bo‘lib, uni keyingi zanjirning kirish kuchlanishi deb ham qarash mumkin.

Faraz qilaylik, kirish zanjirining antenna bilan o‘zaro bog‘lanishi tashqi sig‘im orqali amalga oshayotgan bo‘lsin. Bu holda elektrik va radiotexnik zanjirlar nazariyasiga asosan

$$r_a = 0; X_a = 1/\omega Ca; m_1 = m_2 = 1 \quad (18.18)$$

bo'ladi. Ichki sig'im aloqali kirish zanjirlari uchun esa,

$$r_a = 1/\omega^2 Ca^2 R^2; X_a = \omega Ca R^2 / 1 + \omega^2 Ca^2 R^2$$

$$m_1 = C/C + Ca; m_2 = 1 \quad (18.19)$$

bo'ladi. Induktiv aloqali kirish zanjirlari uchun bu parametrlar

$$r_a = r_{ia}; X_a = \omega La; m_1 = M/L; m_2 = 1 \quad (18.20)$$

ga teng bo'ladi.

Bu yerda M – induktiv bog'lovchi elementi va tebranish konturidagi induktiv g'altaklari orasidagi o'zaro induktiv koeffitsiyentdir.

Nihoyat kirish zanjirining antenna bilan avtotrans formator orqali bog'langan bo'lsa, yuqorida qayd etilgan parametrlarni quyidagicha yozish mumkin, ya'ni:

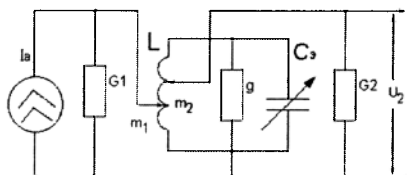
$$m_1 = \frac{L_1 + M_1}{L}$$

$$r_a = 0; X_a = 0 \quad (18.21)$$

$$m_2 = \frac{L_2 + M_2}{L}.$$

Bu yerda L1 va L2 lar tebranish kontur g'altagining hamda antenaning o'zidan keyingi keladigan zanjir bilan ulanishlariga tegishli bo'lgan qismlarining induktivligi. M1 va M2 lar esa tegishli o'zaro induktiv koeffitsiyentlardir.

Odatda, tebranma kontur sig'im yordamida sozlanadi. Lekin kontur sozlanayotgan paytida konturga o'z ta'sirini ko'rsatayotgan tashqi reaktiv o'tkazuvchanlik b va ωC_2 larni ham hisobga olish kerak bo'ladi. Bu aytilgan fikrni e'tiborga oladigan bo'lsak, kirish zanjirining umumlashgan ekvivalent sxemasi 15.6-rasmda ko'rsatilgan sxemadek soddalashib qoladi.

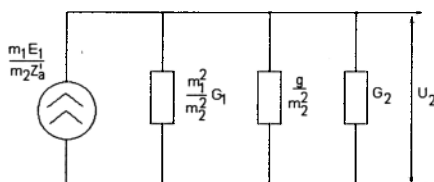


18.6-rasm. Kirish zanjirining soddalashtirilgan ekvivalent sxemasi

Sxemadagi tebranma konturning ekvivalent sig‘imi quyidagicha topiladi:

$$\omega S_e = m_1^2 b_1 + m_2^2 \omega G_2 + \omega S. \quad (18.22)$$

18.6-rasmda ko‘rsatilgan ekvivalent sxemani yanada soddalashtirish mumkin. Buning uchun yuklamaning o‘tkazuvchanligi G_2 ga teng deb faraz qilinib, sxemadagi elementlar bir-birlari bilan o‘zaro parallel ulanadi. Bu jarayon bajarilsa, sxemaning ko‘rinishi 18.7-rasmda ko‘rsatilgan sxema ko‘rinishiga kelib qoladi.



18.7-rasm. Kirish zanjirining yanada soddalashtirilgan ekvivalent sxemasi

Bu sxemaga asosan:

$$U_2 = U_{chiq} = \frac{m_1 E_A}{m_2 r_A} \cdot \frac{1}{\frac{m_1^2}{m_2^2} G_1 + \frac{1}{m_2^2} g + G_2} \quad (18.23)$$

ga teng bo‘ladi.

Tenglama (18.1) va (18.3)larga asosan kirish zanjirining kuchlanish bo‘yicha uzatish koeffitsiyenti quyidagiga teng bo‘ladi:

$$K_0 = \frac{m_1 m_2}{z_A'} \cdot \frac{1}{m_1^2 G_1 + g + m_2^2 G_2} = \frac{m_1 m_2}{z_A' G_e}, \quad (18.24)$$

bu yerda,

$$G_e = m_1^2 G_1 + g + m_2^2 G_2 \quad (18.25)$$

ifoda orqali topiladi. Bu ifodadagi G_e tashqi o'tkazuvchanlik G_1 va G_2 larning ta'sirini hisobga olingan paytdagi konturning ekvivalent o'tkazuvchanligi.

Kirish zanjirining tanlovchanlik xossasiga kelganda uni so'nish koeffitsiyenti δ -ga teng bo'lgan tebranma konturning rezonans xarakteristikasi orqali aniqlanadi deb so'z yuritgan edik. Konturning so'nish koeffitsiyenti uning xarakteristik qarshiligi bilan quyidagicha bog'langan bo'ladi.

$$\delta = \rho \cdot g. \quad (18.26)$$

Xuddi shunday konturning ekvivalent so'nishi uning ekvivalent o'tkazuvchanligi bilan quyidagicha bog'lanadi:

$$\delta_e = \delta(1 + m_1^2) \frac{G_1}{g} + m_2^2 \frac{G_2}{g} \quad (18.27)$$

Tenglama (18.27)ni yozishda tenglama (18.25) hisobga olindi.

Endi tenglama (18.27)ni tahlil qilamiz.

Agarda antenaning qarshiligi Z_A' , konturning o'tkazuvchanligi g va keyingi zanjirning kirish o'tkazuvchanligi G_2 lar berilgan bo'lsa, u holda kirish zanjirining uzatish koeffitsiyenti (18.24) bir vaqtning o'zida ulash koeffitsiyentlari m_1 , hamda m_2 larga bog'liq bo'lib qoladi. Ma'lumki, bu koeffitsiyentlar $0 \leq m_1 \leq 1$; $0 \leq m_2 \leq 1$ oralig'ida o'zgaradi. Shularni hisobga olib, uzatish koeffitsiyentining maksimal qiymatlari quyidagi ikki tenglamani birgalikda yechish natijasida topiladi:

$$\frac{\partial K_0}{\partial m_1} (m_2 = \text{const}) = \frac{1}{z'_A} \cdot \frac{m_2(m_1^2 G_1 + g + m_2^2 m_2) - 2m_1 m_2 G_1}{(m_1^2 G_1 + g + m_2^2 G_2)^2} = 0 \quad (18.28)$$

$$\frac{\partial K_0}{\partial m_1} (m_1 = \text{const}) = \frac{1}{z'_A} \cdot \frac{m_1(m_1^2 G_1 + g + m_2^2 m_2) - 2m_1 m_2 G_2}{(m_1^2 G_1 + g + m_2^2 G_2)^2} = 0 \quad (18.29)$$

Bu ikki tenglamaning maksimal qiymatlari cheksizlikka intilishi mumkin, shu vaqtdaki, agarda Z_A' , G_2 , g yoki G_2 lar o'zlarining eng katta qiymatlariga erishsa. Bu parametrlarning birortasi o'zining eng katta qiymatiga erishib qolguday bo'lsa, tenglama (18.24) ga asosan $K_0 = \text{const}$ bo'ladi. Demak, bu xususiy holda hech qanday amaliy ma'no chiqmaydi. Shu sababdan tenglama (18.28) va (18.29) larni quyidagi ko'rinishga keltirib, uni tahlil qilgan maqbuldir.

$$-m_1^2 G_1 + g + m_2^2 G_2 = 0; m_2 = \text{const bo'lganda} \quad (18.30)$$

$$m_1^2 G_1 + g + m_2^2 G_2 = 0; m_1 = \text{const bo'lganda} \quad (18.31)$$

Ma'lumki, konturning o'tkazuvchanligi hech qachon nolga teng bo'lmaydi. U hamma vaqt $g > 0$ bo'ladi. Shu sababdan tenglama (18.28) va (18.29) larning birgalikdagi yechimi bo'lmaydi. Shunday ekan, kerakli yechimni o'zgaruvchan parametrlarning chegaraviy qiymatlaridan axtarish kerak bo'ladi. U parametrlarning chegaraviy qiymatlari quyidagi amallar orqali topiladi.

Agarda $m_1=1$ deb faraz etilsa, tenglama (18.24)ga $K_0 = 0$ asosan bo'ladi. U holda tenglama (18.30) va (18.31) hamda m_1 va m_2 larning o'zgarish oraliqlari hisobga olinganda K_0 ni maksimum qiymatga erishish shartlarini topish mumkin bo'ladi. U shartlar quyidagicha ifodalanadi:

$$a) G_2 + g \leq 0 \text{ bo'lganda } m_2 = 1, m_{1opt} = \sqrt{\frac{G_2 + g}{G_1}}, \quad (18.32)$$

$$b) G_1 + g \leq 0 \text{ bo'lganda esa, } m_1 = 1, m_{2opt} = \sqrt{\frac{G_1 + g}{G_2}}, \quad (18.33)$$

bo'ladi.

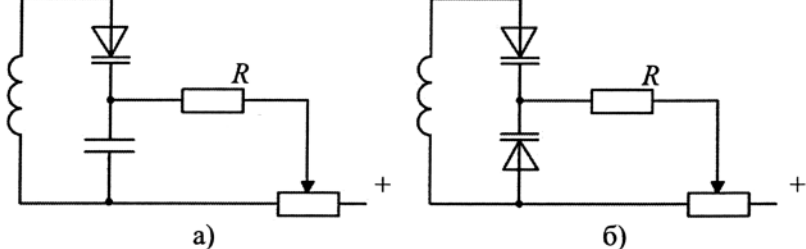
Odatda, yuqori chastotaga mo'ljallangan lampa va tranzistorlarda kirish o'tkazuvchanligi G_2 , antenning o'tkazuvchanligi G_1 dan bir muncha kichik bo'ladi. Shuni hisobga olinadigan bo'lsa, kirish zanjirining (KZ) uzatish koeffitsiyenti (18.32) shart bajarilganda o'zining maksimum qiymatiga erishadi. Uning maksimal qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$K_{0max} = \frac{1}{2} \sqrt{(g + G_2)r_A}. \quad (18.34)$$

Shunday qilib, kirish zanjirining uzatish koeffitsiyentining qiymati, ularning oralig'idagi o'zaro munosabatga bog'liq ekan.

18.4. Kirish zanjirlarni elektron sozlash

Ma'lumki, hozirgi paytda radioelementlar bazasining yangilanishi munosabati bilan radioaloqa qurilmalarini ixchamlashtirish va ular bilan ishlashni qulaylashtirish maqsadida ularning ba'zi tarkibiy qismlari, shu jumladan, kirish zanjirlari ham takomillashtirilmoqda. Bular qatoriga konturni elektron sozlash usulini kiritish mumkin. Bu usulda konturdagi katta hajmli mexanik o'zgaruvchan kondensatorlar (KPE) varikap bilan almashtiriladi. Varikap kichik o'lchamli, mexanik jihatdan ishonchli, baryer sig'imi tashqi kuchlanish ta'sirida o'zgaradigan yarim o'tkazgichli diod bo'lib, hozirgi paytda radioaloqa qurilmalarida konturni avtomatik tarzda va masofadan sozlash uchun keng ishlatiladi. Varikapning tebranish konturiga ulanish sxemalari 18.8a-rasmda keltirilgan.



18.8-rasm. Varikapning tebranish konturiga ulanish sxemasi

Bu sxemada boshqaruvchi kuchlanish varikapga o'zgaruvchan qarshilikdan beriladi. Sxemadagi R qarshilik konturni sozlash zanjiri tomonidan shuntlanishini kamaytiradi.

Bu sxemaning kamchiligi shundan iboratki, kirishdagi signal va shovqinlar katta bo'lganda, zanjirning noziqligi nisbatan ko'p bo'ladi. Nochiziqlikni kamaytirish uchun balansli (ikki taktli) sxema qo'llaniladi. Bunday sxemada ikkita varikap qarama-qarshi ketma-ket ulanadi (18.8b-rasm).

Konturni varikap orqali sozlashda ishonchligi kam bo'lgan mexanik o'zgaruvchan qarshilik o'rniga elektron o'zgarishli kuchlanish ishlatish maqsadga muvofiq bo'ladi. Elektron o'zgarishli kuchlanishni sintezator orqali olish mumkin. Bunday sintezator impulsar generatori va raqamli-analog (RAO') o'zgartirgichlardan iborat. RAO' tebranish konturini sozlaydigan zinapoyasimon kuchlanish ishlab beradi. Ko'p hollarda, sozlashni elektron boshqaruvchi qurilmani tarkibida mikroprotssessor, xotira va dasturlovchi qurilmasi va qo'l bilan sozlash murvatlari bo'ladi.

Radio qabullash qurilmalarida bir ish diapazonidan ikkinchi ish diapazoniga o'tish, mexanik jilgichlar va elektron kalitlar orqali bajarilishi mumkin. Mexanik jilgichlarning ishonchliligi kam bo'lib, sozlashni avtomatik va masofadan boshqarishni ancha qiyinlashtiradi. Diodlar asosidagi elektron kalitlar sodda va ishonchli bo'lib, ularda sozlashni avtomatik tarzda va masofadan boshqarishni elektron elementlarda amalga oshirish imkoniyatlari

katta. Ularning kamchiligi – kuchli xalaqitli signallarda diodli kalitlarni nohiziqligi ko‘p signalli tanlovchilikni kamaytiradi.

18.5. O‘ta yuqori chastotali diapazon qabul qiluvchi qurilmalarning kirish zanjirlari

300 MHz dan yuqori chastotalarda (O‘YuCh) radioaloqa tizimining qabul qiluvchi qurilmalarini kirish zanjirlari, ularga qo‘yiladigan vazifalardan tashqari, antenna-fider traktining kompleks qarshiligi o‘zgarishini birinchi kaskad xarakteristikalariga ta’sirini kamaytiradi, ya’ni antenna-fider traktini va radio chastota kuchaytirgichining o‘zaro bog‘liqligini susaytiradi. O‘YuCh energiyaning aks qaytishi bo‘lmasligi uchun kirish zanjirini chiqish qarshiligi radiochastota kuchaytirgichining kirishi bilan, kirish qarshiligi esa antenna-fider traktining chiqishi bilan moslashgan bo‘lishi kerak. Demak, ularning tuzilishi, sxemasi, nisbatan quyi chastotalardagi kirish zanjirlardan farqlanadi. 300-500 MHz li diapazonda aktiv elementlar (tranzistorlar) tarmoqlarining induktivligini va sig‘imini hamda montaj sig‘imlarini hisobga olish kerak. Shunday qilib 1m dan kam bo‘lgan to‘lqin uzunliklarida tebranish konturi o‘rnida tarqalgan parametrlil zanjirlardan foydalaniladi. Bunday kirish zanjirlari rezonans tizim va filtrlash xarakterlariga ega.

O‘YuCh kirish zanjirlari yassi va hajmiy turlarda bo‘ladi. Yassi (planar) rezonatorlar turli xil uzatish liniyalari asosida tayyorlanib, ular simmetrik va nosimmetrik mikropolosali (MPL), tirqishli, komplanar turlarida bo‘lishi mumkin. Konstruksiya jihatidan qisqa tutashuvli va oxirida (cheti) uzilgan bo‘ladi. To‘lqin uzunligi $\lambda < \lambda/4$ bo‘lganda, qisqa tutashuvli rezonator bo‘lagi induktivlikga, cheti uzilgan rezonator sig‘imga ekvivalent bo‘ladi. To‘lqin uzunligi $\lambda = n\lambda/4$ bo‘lganda, ($n = 1, 2 \dots$) bunday rezonatorlar rezonansli bo‘lib, parallel (qisqa tutashuvli) va ketma-ket (oxirida uzilgan) konturga ekvivalent bo‘lishadi. Qisqa tutashuvli mikropolosali rezonatorlar (kirish zanjirlari) kichik hajmli, aslligi nisbatan katta ($Q =$

200...300), lekin qisqa tutashtiruvchisi bo'lgani uchun, ularni tayyorlash texnologiyasi murakkab bo'ladi. Bu jihatdan tayyorlanishi oson bo'lgan cheti uzilgan rezonatorlarning aslligi ancha past bo'ladi ($Q \approx 100$). O'YuCh trakti sxemasiga ular ikki yoki to'rt qutbli ko'rinishida ulanadi. Bu rezonatorlar asosida qo'shma (tarkibiy) rezonatorlar tayyorlash mumkin. Ular parallel va ketma-ket ulangan elementar rezonatorlardan iborat bo'ladi. To'g'ri burchakli yassi rezonatorlardan tashqari, ular ellips va halqasimon ko'rinishda bo'lishi mumkin. Yassi rezonatorlarni sozlash mexanik (o'lchamlarini o'zgartirib) va elektrik tarzda (rezonatorga varikap ulash orqali) bo'ladi.

O'YuCh diapazonida qo'llaniladigan yuqori asllik (Q) hajmiy rezonatorlar ham ikki xil bo'ladi: qattiq jinsli va g'ovakli. Qattiq jinsli rezonatorlar kichik hajmli dielektrik ($\epsilon_r \gg 1$) yoki ferrit ($\mu_r \gg 1$) bo'lib, unda elektromagnit maydonning hajmiy rezonansi ro'y beradi. Dielektrik rezonatorlar (DR) doira, silindr, halqa, parallelopepit shaklida bo'lib, ularning shakli, o'lchami va dielektrik singdiruvchanligi shunday tanlanadiki, berilgan chastotada elektromagnit rezonansi, elektromagnit to'lqinning ichki to'liq qaytishi natijasida sodir bo'lishi kerak. DR geometrik o'lchamlari $\lambda / \sqrt{\epsilon_r \mu_r^3}$ ga proporsional bo'ladi. Bunda λ - havodagi to'lqin uzunligi. Shuning uchun dielektrik singdiruvchanlik $\epsilon_r \gg 1$ bo'lganda, ularning o'lchami to'lqin uzunligidan kichik bo'lib, ular ancha ixcham bo'ladi. Bu rezonatorlarning xususiy aslligi yuklanmagan holda quyidagicha aniqlanadi:

$$Q_0 \approx 1/tg \delta$$

Ko'p ishlatiladigan materiallarni dielektrik yo'qotishlari $tg \delta = 10^{-3} \dots 10^{-4}$ tashkil etadi, shu sababli DR larning xususiy aslligi santimetrli to'lqinlarda bir necha minggaacha bo'lishi mumkin. Ularni sovitish natijasida bundan ham oshishi mumkin. Rezonatorning haroratga turg'unligini oshirish uchun, ularni

dielektrik singdiruvchanligini harorat koeffitsiyenti kichik (10^{-6} $1/^{\circ}\text{C}$) bo'lgan keramik materiallardan tayorlashadi.

O'YuCh traktga DR ikki xil usul bilan ulanishi mumkin. Birinchi usulda rezonator ikkita bog'lanmagan liniyalar orasiga qo'yiladi (masalan, ortogonal joylashgan liniyalar yoki volnovodning bo'lingan qismlari orasiga). Rezonans chastotada DR qo'zg'atiladi va uning maydoni ta'sirida liniyalar o'zaro bog'lanishadi. Ikkinchi usulda DR asosiy traktidan tashqarida joylashadi va u bilan elektromagnit maydoni bilan bog'lanadi. Bu usulda ham DR rezonans chastotada qo'zg'otiladi va u nurlantirayotgan maydon, tushayotgan to'lqin maydonini kompensatsiya qiladi. Bu holda UYuCh traktida turg'un to'lqin vujudga keladi. Rezonans chastotadan boshqa chastotalarda DR qo'zg'otilmagan bo'ladi va traktidagi quvvat yuklamaga kelib tushadi. DR chastotasini qayta sozlash uchun, uning elektromagnit maydoniga metal yoki dielektrik material kiritilishi bilan amalga oshiriladi. DR larni santimetrli diapazonda ishlatish ancha samarali bo'ladi, detsimetrli diapazonlarda hajmi boshqa turdagi rezonatorlarga nisbatan katta bo'ladi. Millimetrli diapazonlarda esa ularning kichik o'lchamlari texnologik jihatdan bir muncha qiyinchilik keltiradi.

Ferrit rezonatori (FR) temir-ittri granatining monokristallidan tayyorlanadi. FR diametri 0,3...1 mmli sfera bo'lib, ikkita ortogonal joylashgan aloqa halqasining o'rtasiga o'rnatiladi. Aloqa halqasi yuzasi (tekisligi) doimiy magnitlovchi magnit maydon kuchlanganligining (N_0) yo'nalishi bir xil bo'ladi. Har bir aloqa halqasi bir uchi bilan energiya olib keluvchi liniya bilan ulanadi. Ikkinchi uchi yuqori chastota bo'yicha chorak to'lqinli bo'lak bilan umumiy simga (yerga) ulanadi. Tashqi magnit O'YuCh va maydonlarini ma'lum qiymatlarida, ferritning fizik xususiyatlari sababli ferromagnit rezonans ro'y beradi. $N_0 = 0$ bo'lgan holda va aloqa halqalarini ortogonal joylanishi sababli, FR ni kirish hamda chiqishi orasida aloqa bo'lmaydi. Rezonans paytida esa e O'YuCh energiya kirishdan chiqishga uzatiladi.

FR larning asosiy afzalligi shundan iboratki, ularning aslligi qiymati ($Q \approx 10^4$) millimetrli to'liqlarda ham yuqori bo'ladi. Ferrit rezonatorlarning rezonans chastotasi boshqa turdagi rezonatorlardan farqli o'laroq, o'lchamlariga bog'liq emas. Uning rezonans chastotasi faqat magnitlovchi doimiy magnit maydonining kuchlanganligi bilan aniqlanadi.

$$f_0 = \gamma_0 H_0 / 2\pi,$$

bu yerda $\gamma_0 = 0,22 \text{ MHz rad m A}^{-1}$ – giromagnit doimiysi, N_0 – maydon kuchlanganligi.

FRning yana bir afzalligi, bu magnit maydon kuchlanganligini (N_0) o'zgartirib, rezonans chastotani keng ko'lamda qayta sozlash mumkin. Kamchiligi esa, rezonans chastotaning haroratga kuchli bog'liqligidir.

G'ovakli hajmiy rezonatorlar hozirgi paytda radiosignallarni qabul qilish texnikasida deyarli ishlatilmaydi. Chunki ularni o'lchamlari katta va integral texnologiyalari asosida yaratilgan O'YuCh qurilmaning alohida qismlari bilan ulanishi konstruktiv jihatdan ancha murakkabdir. Shunga qaramay ular bir qancha afzalliklarga, ya'ni yuqori asllikka va tashqi elektromagnit maydonlaridan ishonchli ekranlashtirish xususiyatiga ega.

Hozirgi paytda koaksial va volnovodli uzatish liniyalar bo'lagi asosida ishlaydigan, oxirida qisqa tutashtirilgan doimiy hajmiy rezonatorlar mavjud. Bundan tashqari radial, spiralsimon rezonatorlar va yuguruvchi to'liqning halqasimon rezonatorlari ham bor. Turli xildagi uzatish liniyalari bo'lagini ulab va mujassamlangan parametrlil elementlar bilan qo'shib, ishlatib murakkab shakldagi rezonatorlarini olish mumkin bo'ladi.

O'YuCh diapazondagi kirish zanjirlarining eng ko'p tarqalgan qismlaridan biri bo'lib, turli xildagi filtrlar hisoblanadi. Ular polosali, rejektorli, quyi va yuqori chastota filtrlari bo'lib, elektr xususiyatlari va amplituda-chastota xarakteristikallari (AChX), ishlatilayotgan uzatish liniyalari va rezonatorlari bilan farqlanishadi.

Asosiy xarakteristika bo'lib amplituda-chastota xarakteristikasi (AChX), so'ndirish koeffitsiyenti, kirishdagi qaytarish koeffitsiyentlari hisoblanadi.

O'YuCh qabul qilgich qurilmalarida polosali filtrlar (PF) va mikropolosali liniyalardagi (MPL) rejektorli filtrlar keng ishlatiladi.

Nosimmetrik MPL dagi filtrlar o'tkazgichlarida quvvatni va oxiri uzilgan liniyada nurlanish sarflanishi katta bo'lishi tufayli, ularning xususiy aslligi nisbatan kichik bo'ladi. Simmetrik MPL dagi filtrlarni o'tkazish oralig'ida signalni so'ndirishi nisbatan kichik bo'ladi, to'sish oralig'ida esa katta bo'ladi. Lekin ulardagi liniya bo'laklarini qisqa tutashtirish texnologik jihatdan ancha qiyinligi sababli, kirish zanjirida ularni qo'llash muammo tug'diradi.

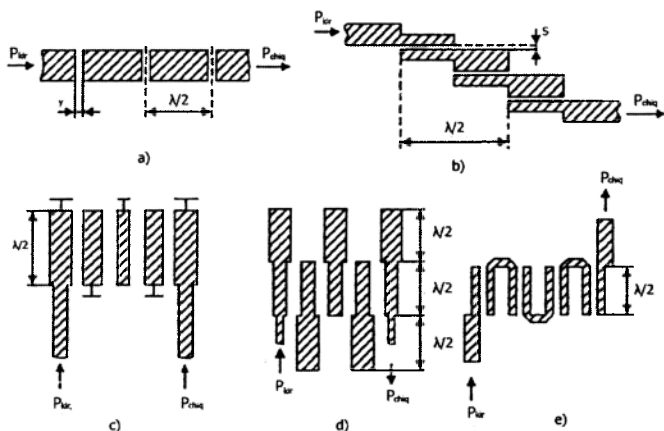
MPL asosidagi sodda polosali filtrlar sig'im orqali ketma-ket bog'langan yarim to'lqinli rezonator bo'lib, ularni o'tkazish oralig'i (P) rezonatorlar orasidagi tirqish (s) kengligi bilan aniqlanadi (18.22,a-rasm). Tirqish kengligi (s) qancha kichik bo'lsa, o'tkazish oralig'i shuncha katta bo'ladi va rezonatorlar orasidagi bog'liqlik shuncha kuchli bo'ladi.

Amalda yarim to'lqinli rezonatorlar induktiv bog'langan liniyalardagi PF ko'p qo'llaniladi. Bunday rezonatorlar qisqa tutashuvli va oxirida uzilgan bo'lishi mumkin. MPL dagi oxirida uzilgan rezonatorli PF ni ko'rinishi 18.22,b-rasmda keltirilgan.

Rezonatorlar orasidagi s tirqishni texnologik jihatdan juda kichik qilib bo'lmasligi sababli, o'tkazish oralig'ini signal chastotasiga nisbati (P/f_0) 5...20% dan oshmaydi. Bunday nisbatan uzun PF lar o'lchamlarini kamaytirish uchun, rezonatorlar og'dirib joylashtiriladi. Lekin bunday filtrlarni $2f_0$, $4f_0$, ... chastotalarda parazit o'tkazish oralig'i bo'ladi.

Keng qo'llaniladigan qarama-qarshi o'zakli PFlar o'lchami ancha kichik bo'lib, ular bog'langan chorak to'lqinli rezonatorlardan iborat. Bunda rezonatorlar bir tarafdin qisqa tutashuvli, ikkinchi tarafdin uzilgan bo'ladi (18.22c-rasm). Agar bunday filtrda kirish

va chiqish liniyalari to'liq qarshiliklar vazifasini bajarsa, filtni o'tkazish oralig'i tor yoki o'rtacha bo'lib, (P/f_0) 1...20% atrofida bo'ladi.



18.22-rasm. Polosali filtrlar ko'rinishi:

- a) sig'im orqali ketma-ket bog'langan yarim to'liqlik rezonatorli PF;
- b) cheti uzilgan rezonatorli PF;
- c) qarama-qarshi o'zakli, chorak to'liqlik bog'langan rezonatorli;
- d) qarama-qarshi o'zakli, modifikatsiyalangan bog'langan liniyalik filtrlar;
- e) yarim to'liqlik taqasimon rezonatorli PF.

O'tkazish oralig'ini yanada oshirish uchun (60% gacha) filtning hamma liniyalari rezonatorli bo'lishi kerak. Bunday polosali filtrlarni afzalliklari quyidagilardan iborat: to'sish oralig'ida so'ndirish koeffitsiyenti katta bo'lishi; parazit o'tkazish oralig'i yuqori chastotalarda ($3f_0, 5f_0, \dots$) joylanishi, rezonatorlar orasidagi tirqishning katta bo'lishiga imkon yaratadi. Kamchiligi rezonatorlar cheti (oxiri), albatta, qisqa tutashtirilgan bo'lishi kerak. Kichik o'lchamli va qarama-qarshi o'zakli texnologik jihatdan modifikatsiyalangan PF lar, bu kamchiliklardan holi bo'lib, uzunligi $3\lambda/4$ bo'lgan bog'langan liniyalardan tuziladi (18.22d-rasm).

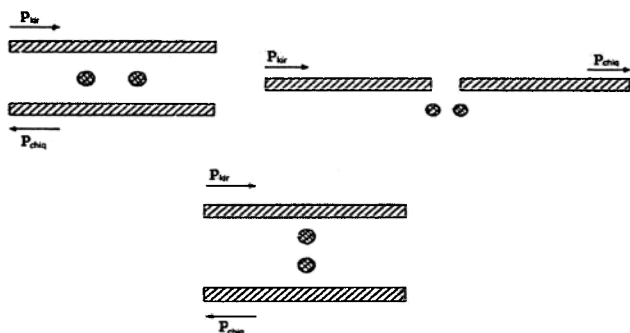
Yarim to'liqlik taqasimon, chetini tutashtirish shart bo'lmagan rezonatorli PF lar (18.22,e-rasm) ham kichik hajmli bo'lib, ularda

nurlanish orqali bo'ladigan quvvat sarf bo'lishi nisbatan kichik bo'ladi. Ularni o'tkazish oralig'i 25% gacha ko'p bo'ladi.

Yuqorida qayd qilingan filtrlardan tashqari taroqsimon (grebenchatiye) filtrlar ham kirish zanjirlarida qo'llaniladi. Ular chorak to'liqinni shleyflarda va ulanuvchi liniyalarda tayyorlanadi. Ta'kidlangan hamma turdagi filtrlar maksimal yassi va Chebishev xarakteristikali bo'lishi mumkin. Filtrning AChX si ellipsisli bo'lishi uchun qo'shimcha rezonatorlar ulanadi. Bu holda ularni to'sish oralig'ida so'ndirish amalga oshiriladi. Rejektorli filtrlar bog'langan liniyalarda yoki chorak to'liqinli invertorlar vositasida bog'langan bir xil rezonatorlarda amalga oshiriladi.

Dielektrik rezonatorlardagi filtrlar (DRF) 100 MHz dan 100 GHz chastotali diapazonda ishlaydi va ularni sozlash jarayoni ancha sodda bo'ladi. Lekin radio qabul qilish qurilmalarida dielektrik singdiruvchanligi $\epsilon_r = 40 \dots 1000$ bo'lgan, turg'un to'liqin filtrlari ko'proq ishlatiladi.

DRF larni UYuCh traktiga ulashning turli xillari mavjud. 18.23-rasmda polosali liniyalar orasiga ikkita sferali dielektrik rezonatorlarni ulashning turli xillari keltirilgan. DRF filtrlarning kamchiligi asosiy va parazit o'tkazish oralig'ining bir-biriga yaqinligidir.



18.23-rasm. Polosali liniyalar orasiga ikkita sferali dielektrik rezonatorlarni ulashning turlari

Ferritli rezonatorli filtrlarning (FRF) asosiy afzalligi chastotani keng diapazonda (bir necha oktavagacha) o'zgartirish mumkinligidir. Temir-ittriy granatali sferalaridagi FRF filtrlar 0,1...90 MHz chastota diapazonida ishlashi mumkin. Ularning o'tkazish oralig'i o'nlab megagersni tashkil etishi mumkin va ferrit rezonatorlar soniga, filtr xususiy aslliga, ishchi chastotaga hamda uzatish liniyasining bog'langanlik darajasiga bog'liq bo'ladi. Rezonatorlar soni oshishi bilan o'tkazish oralig'i ko'payadi. O'tkazish oralig'ida quvvat sarf bo'lishi bir rezonatorli filtrlarda 0,2 dB, ko'p rezonatorlilarda 6...8 dB ni tashkil etadi.

Antenna-fider traktining kompleks chiqish qarshiligi o'zgarishi, radiochastota kuchaytirgichining xarakteristikalariga ta'sir qilmasligi uchun, ularni orasiga kompleks kirish qarshiligi doimiy bo'lgan o'zaro o'xshash bo'lmagan ferrit qurilmalari – FS (Ferrit sirkulyatori) va FV (Ferrit ventili) qo'yiladi. Ko'p hollarda mikropolosali Y- aylantirgichlari (sirkulyatorlar) ishlatiladi. Ularning elektrik ko'rsatkichlari yaxshi bo'lib, o'lchamlari ancha kichkina bo'ladi. Bunday FS ning bitta chiqishiga moslashgan yuklama ulansa, u ferrit ventiliga aylanishi mumkin.

Nazorat savollari

1. Kirish zanjirlarining vazifasi va asosiy xarakteristikalarini tushuntiring.
2. Antenna bilan turlicha bog'langan kirish zanjiri sxemasini chizing va uning elementlari vazifasini tushuntiring.
3. Kirish zanjirini uzatish koeffitsiyenti qanday parametrlari bilan xarakterlanadi?
4. Kirish zanjirini uzatish koeffitsiyenti qachon maksimal bo'ladi?
5. Antennani kirish zanjiri bilan moslashtirish shartini tushuntiring.
6. Kirish zanjiri va sozlangan antenna orasidagi bog'langanlik nimalarga asoslanib tanlanadi?

7. Kirish zanjiri va sozlanmangan antenna orasidagi bog‘langanlik nimalarga asoslanib tanlanadi?
8. Kirish zanjirini o‘tkazish oralig‘i kengligi nimalarga bog‘liq?
9. Kirish zanjirining tanlovchiligi nimalarga bog‘liq?
10. UYuCh kirish zanjirlarining hajmiy rezonatorlari va filtrlari turlarini keltiring.
11. UYuCh kirish zanjirlari filtrlarining afzalliklari va kamchiliklarini tushuntiring.

19. RADIOCHASTOTA KUCHAYTIRGICHLARI

19.1. Radiochastota kuchaytirgichlari haqida umumiy tushunchalar

Yuqori chastotali signallarni kuchaytirish uchun xizmat qiladigan elektron qurilmalar radiochastota kuchaytirgichlari deb ataladi. Radiochastota kuchaytirgichlari (RChKlar), kuchaytirgich asboblari, aloqa zanjirlari va tanlovchi tizimlardan tashkil topgan bo'ladi. Kuchaytirgich asbobi sifatida tranzistor va integral mikrosxemalar qo'llaniladi. Tanlovchi tizim sifatida esa tebranish konturi ishlatiladi. Ayrim paytlarda bir-biri bilan o'zaro bog'liq bo'lgan tebranish konturlari ham qo'llaniladi.

Tanlovchi va aloqa zanjirlari o'zaro birgalikda kaskadlararo aloqa zanjirlarini tashkil etadi va bu zanjirlarga quyidagi vazifalar yuklatiladi:

- kuchaytirgich asboblarining chiqishidagi qarshilik bilan kelgusi kaskadning kirish qarshiligini o'zaro moslash;

- kuchaytirgich asboblari energiyasini yuklamaga uzatish;

- kerakli chastota uzatish yo'li va tanlovchanlikni ta'minlab berish. Ularga qo'yiladigan talablar esa quyidagilar:

- shaxsiy shovqinni kamaytirish va quvvat bo'yicha katta uzatish koeffitsiyentini ta'minlash;

- tanlovchanlik koeffitsiyentining sifatini, nafaqat asosiy kanal bo'yicha, balki signalini ham oraliq chastota kanallari bo'yicha ta'minlash;

- geterodin signalining antenna zanjiriga o'tib ketishiga yo'l qo'ymaslik va h.k.

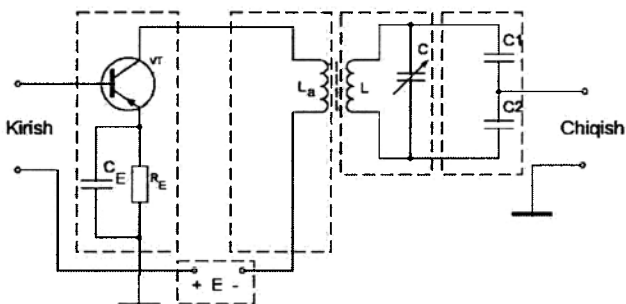
Kuchaytirgichlarni turlarga bo'lishda ularning o'ziga xos belgilaridan foydalaniladi. Ularning belgi va turlarini sanab o'tamiz:

- elektron asboblarning turlariga qarab lampali tranzistorli, parametrik va integral mikrosxemali;
- kuchaytirgich asboblarning ulanishiga qarab, ular umumiy emitterli, umumiy bazali va umumiy kollektorli;
- tanlovchi zanjirning turiga qarab, ular to‘g‘ridan-to‘g‘ri, transformatorli, avtotransformatorli yoki sig‘imli;
- tarkibidagi kaskadlarning soniga qarab, ular bir yoki ko‘p kaskadli;
- yuklama turiga qarab esa, ular rezonans yoki aperiodik yuklamali bo‘ladi.

Yuklamasi tebranma konturdan tashkil topgan kuchaytirgichlar rezonans kuchaytirgichlar deb ataladi. Bunday deyilishiga sabab tebranish konturi oldindan ma‘lum bo‘lgan foydali signal chastotasiga moslanadi va u o‘sha chastota bo‘yicha rezonans holatiga o‘tadi. Rezonans holatida esa tebranish konturi o‘zidan faqat o‘sha foydali signal chastotasini o‘tkazadi.

Yuklamasi rezistorlardan tashkil topgan kuchaytirgichlar esa aperiodik kuchaytirgichlar deb ataladi. Aperiodik kuchaytirgichlarning kuchaytirish koeffitsiyenti rezonans kuchaytirgichlarning kuchaytirish koeffitsiyentidan hamma vaqt kichik bo‘ladi.

Kuchaytirgichlar qanday bo‘lishidan qat’iy nazar ularning ishlash jarayoni barchasi uchun bir xildir. Shu sabab, ularning ishlash jarayonlarini tushuntirishda 19.1-rasm ko‘rsatilgan sxemadan foydalansa bo‘ladi.



19.1-rasm. Radiochastota kuchaytirgichning prinsipial sxemasi

Sxemada, kirish zanjiridan chiqayotgan signal kuchaytirgich asbobiga (AE) kelib tushadi. Elektr zanjirlar nazariyasiga asosan rezonans paytida kuchaytirish asbobining yuklamasi bo'lgan tebranma konturning qarshiligi aktiv va katta qiymatli bo'ladi. Shu sabab, kuchaytirish asbobiga kirib kelayotgan signal qanchalik kichik bo'lmasligidan, qat'iy nazar, katta qarshilikda katta kuchlanish tushuvini hosil qiladi. Shunday ekan, demak bu radiosignal kuchayadi. Undan tashqari, radiosignal kuchaytirgich asboblarining o'ziga xos xossalari asoslangan holda kuchayadi. Kuchaytirishning bu usulida kuchlanish manbaining ham ulushi bo'ladi. Odatda, kuchaytirishning bu xususiy holidagi signal, nafaqat kuchlanish bo'yicha, balki quvvat bo'yicha ham kuchayadi.

19.2. Radiochastota kuchaytirgichlarning asosiy parametrlari

Radiochastota kuchaytirgichlarining quyidagi asosiy parametrlari bor:

kuchaytirish ko'effitsiyenti. Kuchaytirish ko'effitsiyenti o'z navbatida kuchlanish va quvvat bo'yicha bo'ladi.

Kuchaytirgich chiqishidagi signal kuchlanishining uning kirishidagi signal kuchlanishiga bo'lgan nisbatiga kuchaytirgichning kuchlanish bo'yicha kuchaytirish ko'effitsiyenti deb ataladi va quyidagicha ifodalanadi:

$$K_u = U_{chiq}/U_{kir}; K_{u\text{ dB}} = 20 \lg K_u n. \quad (19.1)$$

Ko'p kaskadli kuchaytirgichlar uchun umumiy kuchaytirish ko'effitsiyenti quyidagicha aniqlanadi:

$$K_{um} = K_1 \cdot K_2 \dots K_n; K_{um\text{ dB}} = K_{1\text{ dB}} + K_{2\text{ dB}} + \dots + K_{n\text{ dB}}. \quad (19.2)$$

Yuklamadagi chiqish quvvatning kuchaytirgichning kirishidagi signal quvvatiga bo'lgan nisbatiga kuchaytirgichning quvvat bo'yicha kuchaytirish ko'effitsiyenti deb ataladi va u quyidagicha ifodalanadi:

$$K_r = R_{chiq}/R_{kir}; \quad K_{r\,dB} = 10 \lg K_r.$$

Ko'p kaskadli kuchaytirgichlar uchun bu koeffitsiyent quyidagicha aniqlanadi:

$$K_{r\,um} = K_{r1} \cdot K_{r2} \dots K_n; \quad K_{r\,um\,dB} = K_{r1\,dB} + K_{r2\,dB} + \dots + K_{r\,n\,dB}. \quad (19.3)$$

Kuchaytirgichning tanlovchanligi. Kuchaytirgichlarning bu parametri tanlovchi zanjirning turi va uning parametri hamda kuchaytirgich asbobining yuklamasiga bog'liq bo'ladi. U tanlovchanlik koeffitsiyenti $\sigma = K_0/K_{Af}$ bilan baholanadi. Bu koeffitsiyent rezonans paytidagi kuchaytirish koeffitsiyenti, tebranma kontur nosozlanib qolganda qanchalik kamayishni ko'rsatadi. Ko'p kaskadli kuchaytirgichlarda bu koeffitsiyent quyidagicha aniqlanadi:

$$\sigma_{um} = \sigma_1 \cdot \sigma_2 \dots \sigma_n; \quad \sigma_{um\,dB} = \sigma_{1\,dB} + \sigma_{2\,dB} + \dots + \sigma_{n\,dB}. \quad (19.4)$$

Kuchaytirgichning chastotani o'tkazish oraliq'i. Bu shunday oraliqki, bu oraliqning chegaralarida kuchaytirish koeffitsiyenti rezonans kuchaytirish koeffitsiyentiga nisbatan o'zgarishi sezilarli bo'lmaydi. Bu oraliq kengligi rezonans kuchaytirish koeffitsiyentining 0,707 ga teng bo'lgan sathi bilan aniqlanadi.

Kuchaytirgichning barqaror ishlashi. Kuchaytirgichning bu parametri uni ishlash jarayoni shartlari o'zgarib qolganda o'z parametrlari qiymatini saqlab qolish qobiliyatini ko'rsatadi.

19.3. Ichki teskari aloqaning kuchaytirgich xossalriga ta'siri

Kuchaytirgichlarda ichki teskari aloqa manba zanjiri, elementlarni o'zaro bog'laydigan zanjirlar hamda kuchaytirgich asboblarning o'zida sodir bo'ladigan ichki aloqa o'tkazuvchanliklari natijasida sodir bo'ladi. Biopolyar tranzistorlarda bu aloqa kompleks o'tkazuvchanlik orqali topiladi, ya'ni:

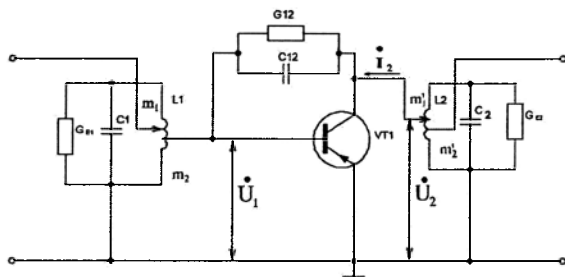
$$-Y_{21} = G_{12} + j\omega C_{12} = |Y_{12}| e^{j\varphi_{12}}, \quad (19.5)$$

bu yerda

$$|Y_{12}| = \sqrt{G_{12}^2 + (\omega C_{12})^2} \quad (19.6)$$

$$\varphi_{12} = \arctg\left(\frac{\omega G_{12}}{G_{12}}\right) = \arctg(\omega \tau_{1-2}) \quad (19.7)$$

Kuchaytirgichlarning xossalriga ichki teskari bog‘lanish ta‘sirini aniqlash uchun 19.2-rasmda ko‘rsatilgan sxemadan foydalaniladi.



19.2-rasm. Ichki teskari bog‘lanish ta‘sirini aniqlash uchun tuzilgan sxema

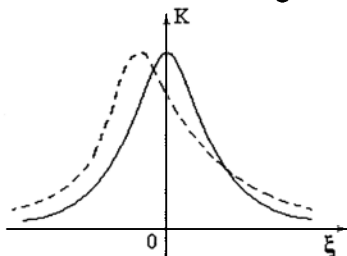
Faraz qilaylik, chiqish konturi, kirish konturi chastotasiga sozlangan bo‘lsin. Agarda kirishdagi dinamik o‘tkazuvchanlik chastotaga bog‘liq bo‘lmaganda, kirishdagi konturning amplituda – chastota xarakteristikasi AChX 19.3-rasmda ko‘rsatilgan qalin chiziqqa o‘xshagan bo‘lardi. Ammo o‘tkazuvchanlik G_{12} va S_{12} lar chastotaga bog‘liq bo‘lgani uchun rezonans chastotalardan kichik chastotalarga bu o‘tkazuvchanliklar manfiy qiymatga ega bo‘ladi. Bu kuchaytirish koeffitsiyentini ko‘paytirib yuboradi. 19.3-rasmda kuchaytirish koeffitsiyentining ortib borishi uzun-uzun chiziqlar bilan ko‘rsatilgan.

Rezonans chastotasidan katta chastotalarda G_{KTA2} musbat qiymatli bo‘ladi. Buning oqibatida konturda isrofgarchilik paydo bo‘ladi va kuchaytirish koeffitsiyentining kamayishi sodir bo‘ladi.

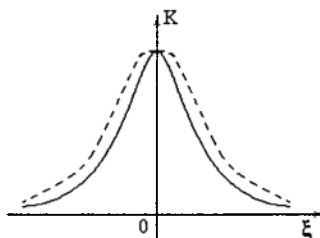
Bu esa zanjirda manfiy teskari bog‘lanish o‘z ishini ko‘rsatadi demakdir.

Agar chastota rezonans chastotasi atrofida o‘zgarib turadigan bo‘lsa, u holda o‘tkazuvchanlik G_{KTA1} kamayadi va konturning aslligi oshishi kuzatiladi. Kuchaytirish koefitsiyenti esa rezonans xarakteristikasining har ikki tomoni bo‘yicha ko‘payadi hamda rezonans xarakteristikasining cho‘qqisi kengayadi (19.4-rasm).

Agar chastota rezonans chastotasi atrofida o‘zgarib turadigan bo‘lsa, u holda o‘tkazuvchanlik G_{KTA1} kamayadi va konturning aslligi oshishi kuzatiladi. Kuchaytirish koefitsiyenti esa rezonans xarakteristikasining har ikki tomoni bo‘yicha ko‘payadi hamda rezonans xarakteristikasining cho‘qqisi kengayadi (19.4-rasm).



19.3-rasm. Kuchaytirish koefitsiyentining ortib borishi



19.4-rasm. Kuchaytirish koefitsiyenti rezonans xarakteristikasining har ikki tomoni bo‘yicha ko‘payishi

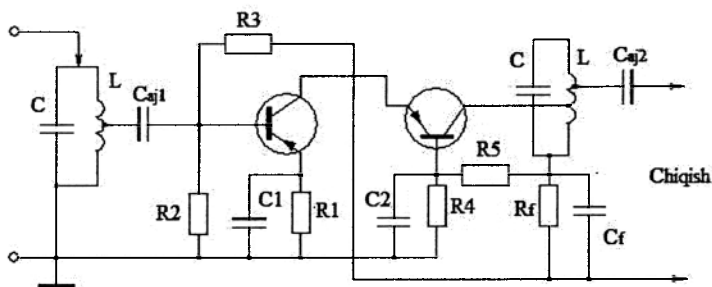
Shunday qilib, teskari bog‘lanish rezonans xarakteristikasini deformatsiyalashga olib kelar ekan. G_{KTA2} manfiy bo‘lganligi uchun, ayrim paytlarda kuchaytirgich o‘z-o‘zidan uyg‘onib ketishi ham mumkin.

19.4. Radiochastota kuchaytirgichlarning kaskadli sxemalari

Kuchaytirgich elementlarining ulanishiga qarab kuchaytirgichlar ham uch xil, ya'ni umumiy emitterli, umumiy bazali va umumiy kollektorli bo'ladi degan edik. Bu ulanishlarning turiga qarab, kuchaytirgichlarning xarakteristik parametrlari turlicha bo'lib, ular bir-birlaridan farq qiladi. Masalan, umumiy bazali kuchaytirgichlarda, umumiy emitterli kuchaytirgichlarga qaraganda qiymati jihatidan katta bo'lgan barqaror kuchaytirish ko'effitsiyentini olish mumkin. Umumiy emitterli kuchaytirgichlarda esa ularning kirish o'tkazuvchanligi kichik bo'ladi. Bu o'z navbatida kuchaytirgichning quvvat bo'yicha kuchaytirish ko'effitsiyentining miqdori katta bo'lishiga imkoniyat yaratadi.

Ayrim paytlarda, bir vaqtning o'zida ham kuchlanish, ham quvvat bo'yicha miqdorlari jihatidan katta bo'lgan kuchaytirish ko'effitsiyentini olish talab etilib qoladi. Odatda, bunday paytlarda, nomlari yuqorida zikr etilgan kuchaytirgichlarning har ikkalasidan bir vaqtda foydalanishga to'g'ri keladi. Shu maqsadda ular bir-birlari bilan ketma-ket ulanadi.

Kuchaytirgich sxemalarini bir-birlari bilan o'zaro ketma-ket yoki parallel ulash natijasida olingan yangi sxema kuchaytirgichlarning kaskadli sxemalari deb ataladi. Shunday sxemalardan biri 19.5-rasmda ko'rsatilgan.



19.5-rasm. Radiochastota kuchaytirgichning kaskadli sxemasi

Sxemada, manbaga nisbatan tranzistorlar bir-birlari bilan o'zaro ketma-ket ulangan. Rezistor, R_2 , R_3 , R_4 va R_5 lar tranzistorning ishchi nuqtasini tanlab berish va kollektor tokini bir me'yorda ushlab turish uchun xizmat qiladi. R_f va S_f lar esa filtr vazifasini o'taydi.

Kuchaytirgichning birinchi kaskadi uchun uning kuchaytirish koeffitsiyenti quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$K_{o_1} = \frac{Y_{21-1}}{G_{e_1}} \approx \frac{|Y_{21-1}|}{|Y_{21-2} + Y_{11-2}|} \quad (19.8)$$

Ikkinchi kaskad uchun esa,

$$K_{o_2} = \frac{|Y_{21-2}|}{G_{e_2}}, \quad (19.9)$$

ko'rinishga ega bo'ladi.

Bu yerda, $G_{e_1} \approx |Y_{21-2} + Y_{11-2}|$ birinchi kaskad uchun yuk vazifasini o'taydigan ikkinchi kaskadning kirishidagi o'tkazuvchanlik, G_{e_2} - esa, ikkinchi kaskad konturining ekvivalent o'tkazuvchanligidir.

Kaskad sxemali kuchaytirgichlarning umumiy kuchaytirish koeffitsiyenti quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$K_{o_{1,2}} \approx K_{o_1} \cdot K_{o_2} \approx \frac{|Y_{21-2}|}{G_{e_2}}.$$

Quvvat bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyenti esa,

$$K_{P_1} = \frac{|Y_{21-2}|}{G_e} \cdot K_{o_1}^2 = \frac{Y_{21-1}^2}{Y_{21-2} G_e} \quad (19.10)$$

ga teng bo'ladi. Bu yerda, G_e – birinchi kaskadning kirishidagi ekvivalent o'tkazuvchanlikdir.

Nazorat savollari

1. Radiochastota kuchaytirgichning vazifasi nimada?
2. Radiochastota kuchaytirgichning asosiy texnik parametrlari haqida aytib bering.
3. Ichki teskari aloqa radiochastota kuchaytirgichning parametrlariga qanaqa ta'sir qiladi?
4. Radiochastota kuchaytirgichning kaskadli sxemasini chizing va tushuntiring.
5. Kuchaytirish koeffitsiyenti va kuchaytirgichning tanlovchanligini tushuntiring.
6. Kuchaytirgichning chastotani o'tkazish oralig'i va kuchaytirgichning barqaror ishlashi deganda nima tushuniladi?

20. CHASTOTA O'ZGARTIRGICHLARI

20.1. Chastota o'zgartirish haqida umumiy tushunchalar

Odatda, chastota o'zgartirish jarayoni, o'zgartirgichlar sxemasiga kamida ikkita yuqori chastotali signal kuchlanishi ta'sir etganda, u kuchlanishlarning bir-birlari bilan o'zaro ta'siri natijasida sodir bo'ladi. Bu jarayonning analitik ifodasini topish amali quyidagicha bo'ladi.

Faraz qilaylik, o'zgartirgichga ta'sir etayotgan yuqori chastotali signal kuchlanishi quyidagicha ifoda bo'lsin:

$$U_s = U_{ms} \cos(\omega_s + \varphi_s) \quad (20.1)$$

Ikkinchi signal maxsus generatordan chiqayotgan bo'lsin. Bu generator geterodin deb ham ataladi. Geterodin signalining kuchlanishi quyidagicha bo'lsin:

$$U_\xi = U_{m\xi} (\omega_\xi t + \varphi_\xi). \quad (20.2)$$

Ma'lumki, ikkita funksiyaning o'zaro ko'paytmasi tarkibida ham chastotalarning yig'indisidan, ham ayirmasidan tashkil topgan chastota bo'ladi. Shu sabab, bizning xususiy holda ham xuddi shu jarayonni takrorlovchi kuchlanishlar sodir bo'lsa. Ya'ni:

$$U_1 = K_{sx} \cdot U_{mc} U_{mg} [(\omega + \omega_s)t + (\varphi_g + \varphi_s)]. \quad (20.3)$$

Ikkinchi tashkil etuvchi o'z navbatida ikki xil qiymatli bo'ladi. Agarda $\omega_g > \omega_s$ bo'lsa, bu geterodinning yuqori sozlanganligi deb ataladi. Bu holl uchun U_1^e quyidagiga teng bo'ladi:

$$U_1^e = K_{sx} \cdot U_{mg} \cos[(\omega - \omega_g)t + (\varphi_s - \varphi_g)]. \quad (20.4)$$

Agarda $\omega < \omega_s$ bo'lsa, bu geterodinning quyi sozlanganligi deb ataladi. Bu hol uchun U_1^e quyidagiga teng bo'ladi:

$$U_1^e = K_{sx} \cdot U_{mg} \cdot U_{ms} \cos[(\omega_s - \omega_g)t + (\varphi_s - \varphi_g)] \quad (20.5)$$

Bu kuchlanishlarning amplitudasi, kuchlanish U_{mg} va U_{sx} larning amplitudalariga, sxemaning uzatish koeffitsiyenti K_{sx} ning qiymatiga bog'liq bo'ladi.

Chastota o'zgartirish jarayonini ikki xil usul bilan sodir etish mumkin. Ulardan biri elementlarning egri chiziqli o'tkazuvchanliklarining xossalriga asoslangandir.

Elektr va radiotexnik zanjirlar nazariyasidan shu narsa ma'lumki, $i = i_0 + \alpha u + \beta u^2 + \gamma u^3 + \dots$ ko'rinishli voltamper xarakteristikasiga ega bo'lgan egri chiziqli elementlarga turli chastotaga ega bo'lgan ikkita kuchlanish ta'sir etsa. Shu elementlardan chiqayotgan chiqish tokining tarkibida ta'sir etayotgan kuchlanish chastotalarining turli kombinatsiyalari hosil bo'ladi. Chastotalarning bu kombinatsiyalari quyidagicha ekanligini ko'rsatish mumkin:

$$\omega = |r\omega_1 \pm g\omega_s|, \quad (20.6)$$

bu yerda r va g lar musbat butun sonlardir.

Chastota o'zgartirishning ikkinchi usuli o'zgaruvchan parametrli chiziqli elementlarning xossalriga asoslangandir. Agarda to'rt qutblik, kirish elementlariga nisbatan chiziqli bo'lsa, bunday to'rt qutbliklar davriy o'zgarib turuvchi uzatish koeffitsiyentiga ega bo'ladi. Bu koeffitsiyent quyidagicha ifoda etiladi:

$$K = K_0(1 + \cos\omega_g t).$$

Bunday to'rt qutblik kirishiga (20.1)ga o'xshash kuchlanish ta'sir etsa, uning chiqishida quyidagicha kuchlanish hosil bo'ladi:

$$U_2 = KU_0 = K_0(1 + \cos\omega_g t)U_{ms} \cos(\omega_s t + \varphi_s).$$

Chiziqli to'rt qutbliklarning ko'paytira olish xossasiga asosan ularning tarkibidan tenglama (20.3) va (20.5)larga o'xshash kuchlanishlarni ajratib olish mumkin. Farqi shuki, bu yerda asosiy chastotaga ω_0 dan tashqari uning yuqori garmonikalari ham sodir bo'ladi. Bunday holatda chiqishdagi kuchlanishni kichik chastotasining kombinatsion ko'rinishi quyidagicha bo'ladi:

$$\omega_k = |r\omega_1 \pm \omega_s|. \quad (20.7)$$

Shunday qilib, chiqishdagi kuchlanish uchun chastotalar kombinatsiyalari orasidan birortasini tanlab olish mumkin. U chastota oraliq chastota deyiladi. Shu chastotali kuchlanish esa, oraliq chastota kuchlanishi deb ataladi va u quyidagi ko'rinishga ega:

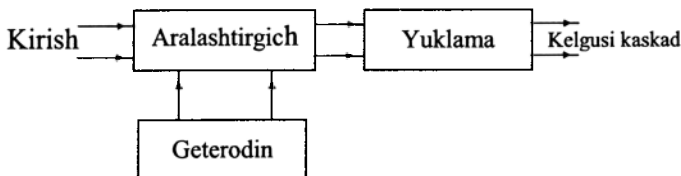
$$U_{och} = U_{moch} \cos(\omega_{och}t + \varphi_{op}). \quad (20.8)$$

Bu kuchlanishning amplitudasi, chastota va fazalarning o'zgarishi kirish signali kuchlanishining amplituda, chastota va fazalarning o'zgarish qonuniyatiga o'xshash bo'ladi.

Agarda oraliq chastota (ω_{och}) kirish signali va geterodindan kelayotgan signali chastotalarining birinchi garmoniklari natijasida hosil bo'lsa, bunday o'zgartirish sodda o'zgartirish deb ataladi. Boshqa xususiy hollarda esa, o'zgartirish murakkab o'zgartirish deb ataladi.

Chastota o'zgartirib beradigan qurilmalar chastota o'zgartirgichlari deb ataladi. Demak, chastota o'zgartirgichlarining tarkibida egri chiziqli elementlar yoki o'zgaruvchan parametrlilik chiziqli elementlar, geterodin va yuklama bo'lishi kerak ekan (20.1-rasm).

Chastotani aralashtirib beradigan, egri chiziqli elementlarda yoki o'zgaruvchan parametrlilik elementlardan tashkil topgan qurilmani – aralashtirgich deb ataladi. Demak, chastota o'zgartirgichi ikki qismdan aralashtirgich va geterodindan tashkil topgan bo'ladi.



20.1-rasm. Chastota o'zgartirgichning strukturaviy sxemasi

Aralashtirgich sifatida turli elementlar ishlatiladi, masalan, egri chiziqli sig'im, induktivlik, turli elektron yoki yarim o'tkazgichli asboblari ishlatiladi. Geterodin, odatda kichik quvvatli o'z-o'zidan ishlovchi (avtogenerator) generator bo'ladi.

20.2. Chastota o'zgartirgichlarning asosiy parametrlari

Chastota o'zgartirgichlarning sifatini baholash uchun ularning turli ko'rsatgichlaridan foydalaniladi:

– chastotani o'zgartirish ko'effitsiyenti. Chastota o'zgartirgichi chiqishidagi oraliq chastota kuchlanishining kirishdagi kuchlanishiga bo'lgan nisbatiga o'zgartirgichning kuchlanish bo'yicha chastota o'zgartirish ko'effitsiyenti deb ataladi va u quyidagicha ifodalanadi:

$$K_{orzg} = \frac{U_{och}}{U_k}.$$

Chastota o'zgartirgichi chiqishdagi oraliq chastota signalning quvvatini uning kirishdagi quvvatiga bo'lgan nisbati o'zgartirgichning quvvat bo'yicha chastota o'zgartirish ko'effitsiyenti deb ataladi va u quyidagicha ifodalanadi:

$$K_{qorzg} = \frac{P_{och}}{P_{kir}}.$$

– ishchi chastota oralig'i. O'zgartirgichning chastotalar oralig'i kirishdagi signalning chastota oralig'i bilan aniqlanadi. Bu ishchi chastotaviy oraliqni shakllantirishda geterodin chastotasini o'zgartirib, oraliq chastotaning oralig'i (polosasi) shakllantiradi.

– o‘zgartirgichning tanlovchanlik xossasi. O‘zgartirgichning bu parametri rezonans xarakteristikasining turiga – yuklamaga bog‘liq.

O‘zgartirgichda oraliq chastota bilan bir qatorda yondosh chastotalar ham paydo bo‘ladi. Ularning ta’sirida ham oraliq chastota kuchlanishi paydo bo‘lishi mumkin. Bu holat radiosignallarni qabul qiluvchi qurilmalarda qo‘shimcha kanal paydo bo‘lishi mumkin. Bu holat o‘zgartirgichning tanlovchanlik koeffitsiyentigi salbiy ta’sir ko‘rsatadi.

– o‘zgartirish tikligi. Chiqishdagi oraliq chastota tokining kirishdagi kuchlanish amplitudasiga bo‘lgan nisbatiga o‘zgartirish tikligi deb ataladi. U quyidagicha ifodalanadi:

$$S_{ocht} = \frac{I_{moch}}{U_{ms}} \Big|_{u=0} = \frac{1}{2} G_n R, \quad (20.9)$$

bu yerda I_{moch} – to‘g‘ri yo‘nalgan tok,

U_{ms} – to‘g‘ri yo‘nalgan kuchlanish,

G_n – to‘g‘ri o‘tkazuvchanlik.

Agar o‘zgartirgichning chiqishiga oraliq chastota kuchlanishi berilsa, shu kuchlanishga nisbatan kirish tokini olish mumkin, ya’ni har qanday chastota o‘zgartirgichning chiqishdagi kuchlanishi uning kirishdagi tokka o‘z ta’sirini ko‘rsatar ekan. Bunday ta’sir aralashtirgichning teskari o‘tkazuvchanligi tufayli sodir bo‘ladi.

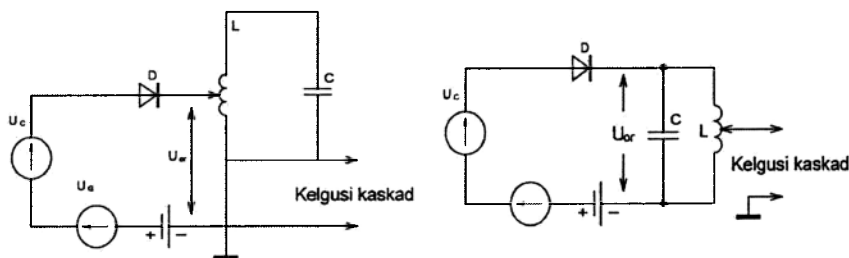
20.3. Chastota o‘zgartirgichlarning turlari

Yuqorida eslatib o‘tganimizdek o‘zgartirgichlarning asosiy elementlari: diod va tranzistorlardir. Bular orasidagi asosiy farq shuki, tranzistorli o‘zgartirgichlarda kirish kuchlanishining chiqishdagi tokka nisbatan ta’siri, chiqishdagi kuchlanishning kirishdagi tokka nisbatan ta’siridan farq qiladi. Diodli o‘zgartirgichlarda esa bunday emas. Bularda tokka kirishdagi kuchlanish ta’sir etar ekan, tok o‘z holatini o‘zgartirmay turaveradi. Demak, tokka kuchlanishlarning har ikki tomonidan ta’siri bir xilda bo‘laverar ekan.

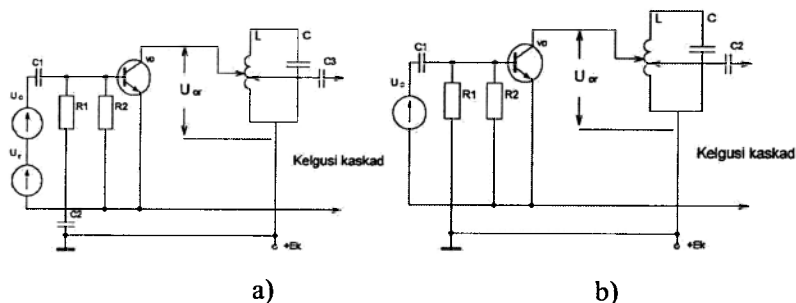
Odatda, tranzistorlar, sig'imli va tunneli diodlar signallarni kuchaytirish xossasiga ham egadirlar. Shu sabab, ulardan foydalanib bir vaqtning o'zida ham chastotani o'zgartiradigan, ham signallarni kuchaytiradigan aktiv o'zgartirgichlar ishlab chiqish mumkin. Lekin 50 Hz li tarmoq kuchlanishini doimiy kuchlanishga o'zgartiradigan va detektorli diodlar esa bundan mustasnodir. Ular signallarni kuchaytirish o'rniga ularni pasaytiradi. Bunday diodlar asosida qurilgan o'zgartirgichlar passiv o'zgartirgichlar deb ataladi.

Aktiv o'zgartirgichlarda, o'zgartirgich asbobi bir vaqtning o'zida ham chastota o'zgartiradi, ham geterodin vazifasini o'taydi. Bunday chastota o'zgartirgichlari avtodinli deb ataladi. Bunday o'zgartirgichlarda chastotani o'zgartirish va signal ishlab chiqarish (generatsiya) ish holatlari bir xilda bo'lmaydi. Signal ishlab chiqarish ish holatida, chastota turg'unligi nisbatan past bo'ladi. Shu tufayli bunday chastota o'zgartirgichlarining narxi qimmat bo'lmagan va sifat jihatdan past bo'lgan qabul qiluvchilarda ishlatgan ma'quldir. Keyingi paytlarda alohida geterodinli chastota o'zgartirgichlari keng qo'llanilmoqda.

20.2-rasmda diodli chastota o'zgartirgichning sxemasi ko'rsatilgan. Sxemada signal manbasi va geterodin diod zanjiriga ketma-ket ulangan. O'zgartiriladigan signal kuchlanishining manbai bo'lgan kirish zanjiri va radiosignal kuchaytirgichi rasmda ko'rsatilmagan.

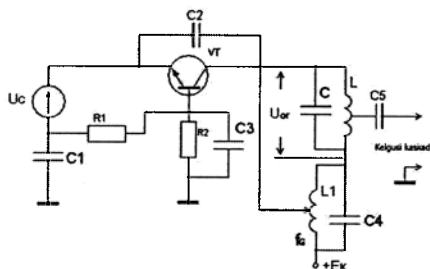


20.2-rasm. Diodli chastota o'zgartirgichning sxemasi



20.3-rasm. Tranzistorli chastota o'zgartirgichning sxemasi

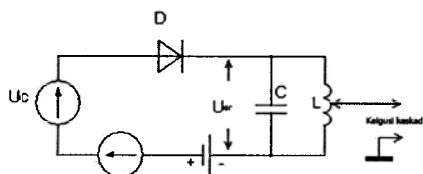
20.3-rasmda tranzistorli chastota o'zgartirgichining ikki turi ko'rsatilgan. 20.4-rasmda esa avtodinli sxemalari ko'rsatilgan.



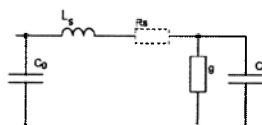
20.4-rasm. Avtodinli chastota o'zgartirgichining sxemalari

20.4. Diodli chastota o'zgartirgichlar

Diodli chastota o'zgartirgichning sxemasi 20.5-rasmda ko'rsatilgan. Uning ekvivalent sxemasi 20.6-rasmda ko'rsatilgan.



20.5-rasm. Diodli chastota o'zgartirgichning sxemasi



20.6-rasm. Diodli chastota o'zgartirgichning ekvivalent sxemasi

Sxemadagi g va C lar yarim o'tkazgichli diodning elektron p-n o'tish sohasidagi o'tkazuvchanlik va sig'imi. L_s va r_s lar esa o'tkazgich simlari ulanadigan joydagi induktivlik va qarshilik. C_0 diodni ushlab turuvchi unurning sig'imi. O'ta yuqori chastotada L_s va r_s larning qiymatlari deyarli kichikdir. Shu sabab o'ta yuqori chastotalarda ularni e'tiborga olmasa ham bo'ladi.

Chastota o'zgartirgichlari diod xarakteristikasining egri chiziqli qismida ishlashlari uchun geterodin kuchlanishi signal kuchlanishidan katta bo'lishi kerak. Shu sababli, o'tkazuvchanlik g va sig'im C lar signal kuchlanishiga emas, balki geterodinning kuchlanishiga nisbatan o'zgaradi. Agarda geterodinni kuchlanishini $U_g = U_{mg} \cos(\omega_g t)$ desak, o'tkazuvchanlik g (+) va sig'im C larning U_g kuchlanishiga nisbatan o'zgarishi quyidagicha bo'ladi:

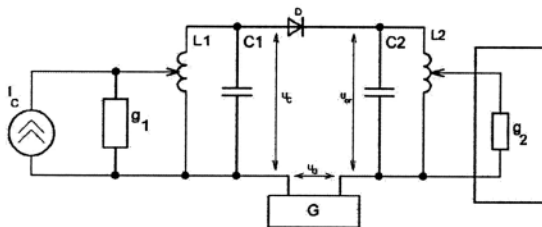
$$g(+) = g_0 + \sum_{i=1}^{\infty} \cos R \omega_g t \quad C(+) = C_0 + \sum_{i=1}^{\infty} \cos R \omega_g t.$$

Diodli chastota o'zgartirgichlarida diodlarning ishlash holati ikki ko'rinishda bo'ladi. Ular quyidagidir:

1. Geterodin kuchlanishi to'g'ri tokning chiziqli qismida o'zgaradi. Uning bir qismigina teskari tok qismiga o'tishi mumkin. Bunday holatlarda kichik sig'imli diodlar ishlatilsa bo'ladi. Asosiy vazifa shu egri chiziqli diod qarshiligiga yuklatilganligi uchun bunday o'zgartirgichlar qarshilikli (rezistiv) chastota o'zgartirgichlari deb ataladi.

2. Ikkinchi ish holatida diodning yopiq p-n o'tish sohasi ishlatiladi. B holda o'zgartirgichda noxiziqli sig'imi nisbatan katta bo'lgan diod, ya'ni varikap qo'llaniladi va diodning qarshiligi deyarli ta'sir ko'rsatmaydi. Bunday o'zgartirgichlar sig'imli o'zgartirgichlar deb ataladi.

20.7-rasmda rezistiv chastota o'zgartirgichning sxemasi ko'rsatilgan.



20.7-rasm. Rezistiv chastota o'zgartirgichning sxemasi

Sxemada L_1 , C_1 rezonans konturi. U kirish signal manbasi vazifasini bajaradi. L_2 , C_2 chiqish konturi, g_2 o'zidan keladigan zanjirning kirish o'tkazuvchanligi. Hozirgi paytda ishlatilayotgan rezistiv diodli o'zgartirgichlarning quvvat bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyenti $K_r = 0,2...0,4$ ni tashkil etadi. Tranzistorli o'zgartirgichlarda esa $K_r = 8...10$ dB ni tashkil etadi. Bundan tashqari intermodulyatsion buzuqliklar darajasi diodli o'zgartirgichda nisbatan ko'p bo'ladi. Lekin shunga qaramay ular O'YuCh diapazonida ham keng (sodda bo'lganligi tufayli) ishlatilmoqda.

Diodli o'zgartirgichlarda kichik kontaktli (tochechnoy), Shotki baryerli va tunnelli diodlar qo'llaniladi.

Manfiy o'tkazuvchanli tunel diodli o'zgartirgichlarning quvvatni uzatish koeffitsiyenti $K_r > 1$ katta bo'ladi, lekin ularning o'zgartirish xususiyatlari turg'unligi kichik bo'ladi.

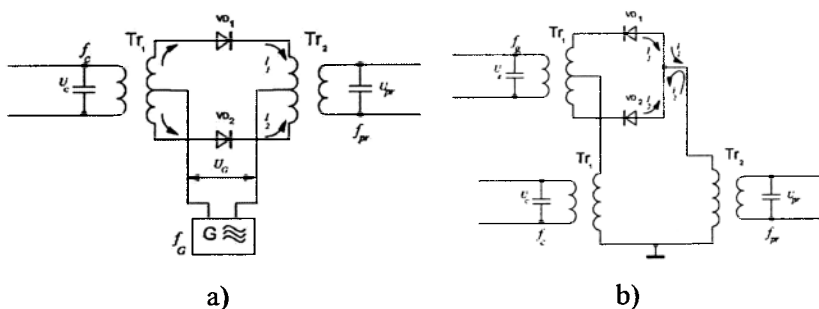
Santimetrli va millimetrli diapazonlarda ko'p hollarda balansli chastota o'zgartirgichlari ishlatiladi. Bunday balansli o'zgartirgichlar, geterodinning shovqinli signalini susaytirish xususiyatiga ega.

20.8-rasmda diodli balans chastota o'zgartirgichlarining sxemalari ko'rsatilgan.

20.8,a-rasmda diod D_1 va D_2 larga geterodin kuchlanishi bir xil faza bilan ta'sir etadi. Signal kuchlanishi esa transformator orqali qarama-qarshi fazada ta'sir etadi. Signal kuchlanishi har bir yelkalarga qarama-qarshi fazada ta'sir etayotganligi tufayli oraliq chastota toklari ham bir-birlaridan ma'lum fazaga siljigan bo'ladi.

transformator Tr_2 ning birlamchi chulg'amlaridagi toklar fazalari jihatidan qarama-qarshi bo'lganligi tufayli, chiqishdagi kuchlanish ham ularning ayirmasiga mutanosibdir. Tok va ularning o'zaro ayirmasi orqali chastota bo'yicha tarkibiy tashkil etuvchisi o'zaro mos tushadi. Chiqishdagi kuchlanish esa uni tashkil etuvchilarning yig'indisi orqali topiladi. Xuddi shu paytda geterodin kuchlanishi diodlarining yelkalariga bir xil fazalar orqali ta'sir etadi. Shunday ekan, geterodin kuchlanishi U_g va f_{or} chastotali signal kuchlanishlarining o'zaro qo'shilishi natijasida hosil bo'lgan tok I_1 va I_2 larning fazalari bir xil bo'ladi. Zanjir simmetrik bo'lganda ular o'zaro yeyishib ketadi. Natijada ularning ta'sirida hosil bo'ladigan kuchlanish chiqishda bo'lmaydi.

20.8,b-rasmda ko'rsatilgan sxemada kirish va geterodin kuchlanishlari diod D_1 va D_2 va transformatorning ikkilamchi chulg'amining yarmisidan tashkil topgan ko'prikaning diagonallariga ta'sir etadi. Tok i_1 va i_2 larning tashkil etuvchilari kirish va chiqish konturlari ulangan ko'prikaning diagonalidan o'tmaydi. Ular diodlar orqali oqib berak yo'l hosil qiladi. Shu sababdan geterodin kuchlanishi kirish va chiqish zanjirlariga o'z ta'sirini ko'rsata olmaydi. 20.8,b rasmdagi sxema kirishi uning chiqishi bilan almashtirilganda ham jarayon yuqoridagicha kechadi.



20.8-rasm. Diodli balans chastota o'zgartirgichlarining sxemalari ko'rsatilgan:

- a) oraliq chastota filtrining ikki taktli qilib ulanishi;
- b) filtrning bir taktli qilib ulanishi.

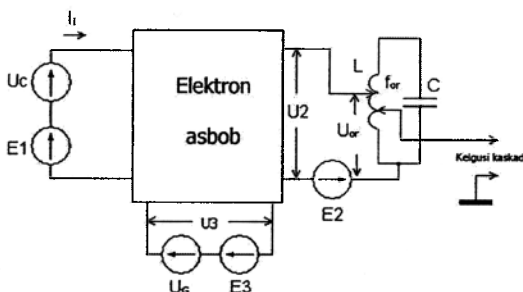
Chastotasi o'zgartiriladigan signal kuchlanishi diod D_1 va D_2 larga fazalari jihatidan bir xil ulanadi. Diodlar bir-birlari bilan qarama-qarshi ulanganliklari uchun kuchlanishlar, go'yo qarama-qarshi bo'ladi.

Tok I_1 va I_2 lar rasmda ko'rsatilganidek yo'naladi. Ular transformatorning birlamchi chulg'amlaridan oqib o'tib, u toklarning yig'indisiga mutanosib bo'lgan kuchlanish hosil qiladi.

20.5. Tranzistorli chastota o'zgartirgichlari

Bunday chastota o'zgartirgichlarida bipolyar va maydoniy tranzistorlar ishlatilishi mumkin. Ularda chastotani o'zgartirish VAX to'g'ri uzatish sohasining qiyaligini (krutizna) geterodin kuchlanishi ta'sirida o'zgartirish orqali amalga oshiriladi.

Tranzistorli chastota o'zgartirgichining umumlashtirilgan sxemasi 20.9-rasmda ko'rsatilgan.



20.9-rasm. Tranzistorli chastota o'zgartirgichining umumlashtirilgan sxemasi

O'zgartirgichda ikkita kirish bor. Ulardan biri chastotasi o'zgartiriladigan signal U_c uchun, ikkinchisi esa geterodin kuchlanishi uchundir. Bulardan tashqari oraliq chastota kuchlanishi, ya'ni chiqish kuchlanishi uchun ham maxsus qutb bor. Bunday chastota o'zgartirgichlarining o'ziga xos xususiyati shundaki, ularda kirish signalining kuchlanishi U_g dan ancha kichik bo'ladi.

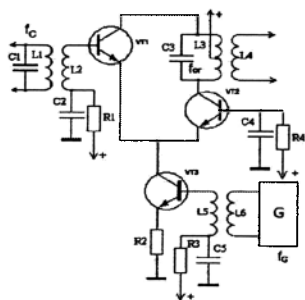
Shu sabab, bu signal kuchlanishi geterodin toki va quvvatiga o'z ta'sirini ko'rsata olmaydi. Shunday ekan, bu va shunga o'xshash

chastota o'zgartirgichlari tahlil qilinayotganda kirishdagi signal kuchlanishi va chiqishdagi oraliq chastota kuchlanishi, go'yo yo'q deb faraz qilinadi. Shuning uchun ham bunday o'zgartirgich zanjirlarini hisoblayotgan paytda oddiy egri chiziqli zanjirlar nazariyasidan foydalanish mumkin.

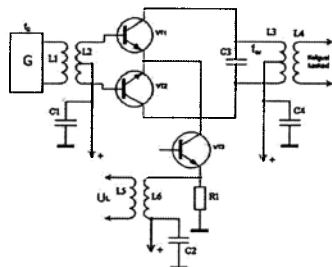
Umumiy holda o'zgartirgichning tahlili vaqtida elektron asboblarning ichki sig'imini e'tiborga olishga to'g'ri keladi. Chunki bu sig'im ozmi-ko'pmi kirish kuchlanishiga bog'liq bo'lib, chastota o'zgartirish jarayoniga o'z ta'sirini ko'rsatadi.

20.10-rasmda tranzistorli balans chastota o'zgartirgichlarining turli sxemalari ko'rsatilgan.

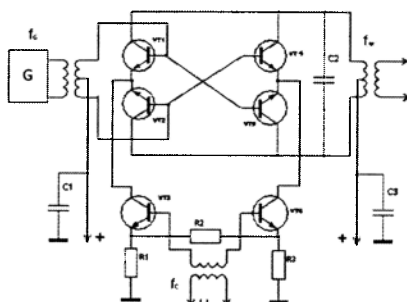
20.10,a-rasmda tranzistor VT_1 va VT_2 larga kollektor kuchlanishi oraliq chastota bo'yicha sozlangan konturning induktiv g'altagining o'rta nuqtasidan berilgan. O'zgartiriladigan signal chastotasi bo'yicha sozlangan kirish konturi tranzistorlarning bazalari orasiga ulangan. Shu bois, o'zgartiriladigan signallar tranzistorlarga nisbatan fazalari bo'yicha qarama-qarshidir. Tranzistor VT_3 ning bazasiga berilgan geterodin kuchlanishi U_g – tranzistor VT_1 va VT_2 ning bazalariga bir xilda faza ostida ta'sir etadi. Tranzistor VT_3 ning toki kamaysa yoki ko'paysa, tegishlicha VT_1 va VT_2 larning toki ham o'zgaradi. Bu o'zgarish ularning xarakteristikalarining tikligi geterodin chastotasiga mos ravishda o'zgarishiga olib keladi. Shu sababdan, garchi kuchlanish bir vaqtda ta'sir etsa-da, chastota o'zgarishiga olib keladi.



a)



b)



d)

20.10-rasm. Balans chastota o'zgartirgichlarining turli sxemalari:
a) kollektor kuchlanishi induktiv g'altagining o'rta nuqtasidan berilgan;
b) kirish joylari almashtirilgan sxema; d) ikkilangan balansli chastota o'zgartirgichining sxemasi.

Tranzistor VT_1 va VT_2 larga qo'yilgan kuchlanishlar bir-birlariga nisbatan fazalari jihatidan qarama-qarshi bo'lganliklari tufayli, oraliq chastota tokining tarkibiy qismlari ham fazalari jihatidan bir-birlariga qarama-qarshi bo'ladi. Shu sababdan ular o'zaro qo'shiladi. Geterodin chastotasiga mos toklar har ikki tranzistor VT_1 va VT_2 larda fazalari jihatidan bir xilda bo'lganliklari tufayli ular o'zaro yoyishib ketadi. Ularning chiqishda

bo'lmashliklari shu sababdan. Shu tariqa ishlaydigan o'zgartirgichlar balans chastota o'zgartirgichlari deb ataladi.

Yuqorida ko'rilgan balans chastota o'zgartirgichlaridan boshqa balans chastota o'zgartirgichlari ham bo'ladi. Lekin ular qanday bo'lishidan qat'iy nazar geterodin kuchlanishi yelkalarga qo'yilayotgan kuchlanishlarning biriga fazalari bo'yicha o'xshash, ikkinchisi bilan esa qarama-qarshi bo'ladi.

20.10,b-rasmda ko'rsatilgan sxemada chastotasi bo'yicha o'zgartiriladigan, signal va geterodin kuchlanishlari uchun mo'ljallangan kirish joylari almashtirilgandir. 20.10,v-rasmda ikkilangan balansli chastota o'zgartirgichning sxemasi ko'rsatilgan.

Nazorat savollari

1. Chastota o'zgartirgichning vazifasi nimadan iborat?
2. Chastota o'zgartirgichning asosiy parametrlari haqida aytib bering.
3. Transformatorli chastota o'zgartirgich sxemasini keltiring va uning ishlash prinsipini tushuntiring.
4. Diodli chastota o'zgartirgich sxemasini keltiring va uning ishlash prinsipini tushuntiring.

21. ORALIQ CHASTOTA KUCHAYTIRGICHLARI

21.1. Oraliq chastota to'g'risida umumiy ma'lumotlar

Supergeterodin qabul qilish qurilmalaridagi oraliq chastota kuchaytirgichlari faqat bitta chastotada ishlab, qabul qilingan signalni kerakli darajada, ya'ni detektor maromida (yaxshi) ishlashi uchun kuchaytirib beradi. Bundan tashqari OChK qo'shni kanallar bo'yicha tanlovchilikni aniqlaydigan, kuchaytirish traktining AChXsini shakllantiradi. Xalaqitbardoshlikni oshirish uchun, OChK chastotasining bir nechta xalqaro qiymatlari qabul qilingan. Bu chastotalarni tashuvchi signal sifatida ishlatish taqiqlanadi. Masalan, AM radioeshittirish qabul qilgichlarida oraliq chastota $f_{ochk} = 465$ kHz ni, ChM qabul qilgichlarida $f_{ochk} = 10,7$ MHz ni, radioreleyli va sun'iy yo'ldoshli aloqa tizimlarida $f_{ochk} = 70$ MHz ni tashkil etadi.

Nisbiy o'tkazish oralig'i bo'yicha, OChKlar tor polosali ($P/f_{ochk} < 0,05$) va keng polosali ($P/f_{ochk} > 0,05$) bo'ladi. Oraliq chastotada (f_{ochk}) OChKni kuchaytirish koeffitsiyentining moduli $K_0 = 10^2 \dots 10^6$ ga teng bo'lishi mumkin. Standart o'tkazish oralig'i AM qabul qilgich uchun 8...10 kHzni, ChM uchun 250 kHzni, radioreleyli va sun'iy yo'ldoshli aloqa tizimlarida $f_{ochk} = 12 \dots 34$ MHz ni tashkil etadi. UYuCh qabul qilgichlarining birinchi kaskadlarida diodli OChKlar ishlatilib, ularning shovqin ko'rsatkichlariga katta talablar qo'yiladi.

Qabul qiluvchi qurilmalardagi oraliq chastota kuchaytirgichlari (OChK) ikkita asosiy vazifani bajaradi:

- qabul qilgichning detektori maromida ishlashi uchun qabul qilingan signallarni kerakli darajagacha kuchaytirib beradi;
- qo'shni radiostansiya signallariga nisbatan asosiy tanlovchilikni bajarib beradi.

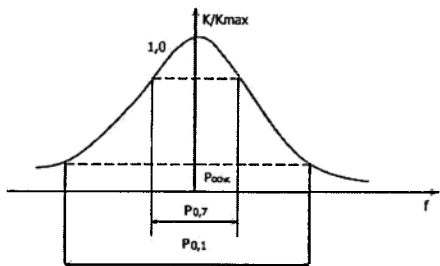
Oraliq chastota kuchaytirgichi (OChK) radiochastota kuchaytirgichidan farqli o'laroq, doimiy va nisbatan past chastotali signallarni kuchaytiradi. OChK qabul qilgichda asosiy

kuchaytirgich vazifasini bajargani uchun, uning kuchaytirish ko'effitsiyenti katta (60...120 dB) bo'ladi. Kaskadlar soni esa 10 tagacha bo'lishi mumkin. OChK doimiy bitta va past chastotali signalni kuchaytirgani uchun, uni loyihalash bir muncha osonroq bo'ladi.

Qo'shni kanallar bo'yicha yuqori tanlovchilikka ega bo'lish uchun, OChKning xarakteristikasi to'g'ri to'rtburchakka yaqin bo'lishi kerak. OChKning chastota bo'yicha tanlovchiligi, uning amplituda-chastota xarakteristikasi qiyaligi bilan aniqlanadi. Xarakteristika qiyaligi qancha katta bo'lsa, tanlovchilik ham shuncha yaxshi bo'ladi.

OChKning asosiy ko'rsatkichlariga quyidagilarni kiritish mumkin: kuchlanish bo'yicha kuchaytirish ko'effitsiyentini (K_0), o'tkazish oralig'ini ($P_{0,7}$) va u bilan bog'liq bo'lgan OChKni AChXsini to'g'ri to'rtburchakligini ko'rsatuvchi ko'effitsiyentini (k_t), qo'shni kanallar bo'yicha tanlovchilik S_e .

OChKni o'tkazish oralig'i $P_{0,7}$ – shunday oraliqki, unda kuchaytirish ko'effitsiyenti $\sqrt{2}$ marta kamayadi, ya'ni $0,707 K_{maks}$ (21.1-rasm).



21.1-rasm. OChKning amplituda-chastota xarakteristikasi

Tanlovchilik bo'yicha ideal xarakteristika bo'lib, to'g'ri to'rtburchakli xarakteristika hisoblanadi. Real AChXni ideal xarakteristikaga yaqinlashish darajasi, AChXning to'g'ri to'rtburchakligini ko'rsatuvchi ko'effitsiyent bilan xarakterlanadi.

$$K_p = \frac{P_{0,1}}{P_{0,7}}$$

Ideal AChXda $K_p = 1$ ga teng bo‘ladi. Real AChXda esa, $K_p > 1$ dan katta bo‘ladi. AChXni to‘g‘ri to‘rtburchakligini ko‘rsatuvchi koeffitsiyent K_p qanchalik birga yaqin bo‘lsa, OChK tanlovchanligi shuncha yaxshi bo‘ladi.

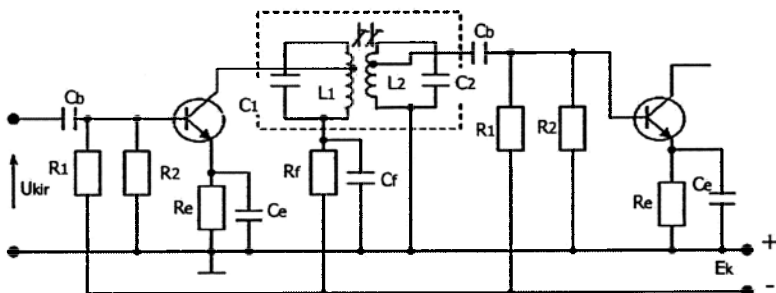
O‘tkazish oraliq‘i va tanlovchilikka qo‘yilgan talablarga qarab, OChK uch xil bo‘ladi: ikki konturli polosali (oraliq) filtrli, bir konturli, ya‘ni har bir kaskaddagi o‘zaro nosozlangan konturli va mujassamlangan elementlardagi filtrli (FSS).

21.2. Oraliq chastota kuchaytirgichlarining turlari.

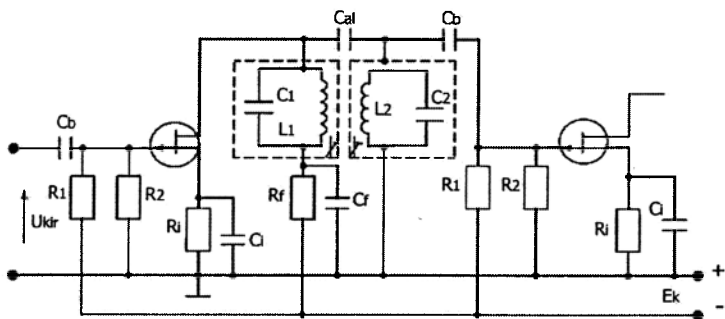
Ikki konturli polosali filtrli OChK

Bunday oraliq chastota kuchaytirgichlari bipolyar va maydon tranzistorlarida qurilishi mumkin. Ular radiochastota kuchaytirgichlaridan faqat tebranish konturi bilan farq qiladi. OChKning ikki konturli tebranish tizimidagi konturlar orasidagi aloqa induktivli (21.2-rasm), sig‘imli (21.3-rasm) va kombinatsiyalashgan bo‘lishi mumkin.

AChX shakli va OChK tanlovchiligi konturlar orasidagi aloqa darajasiga bog‘liq bo‘ladi.



21.2-rasm. Konturlar orasida induktivli aloqali OChK sxemasi



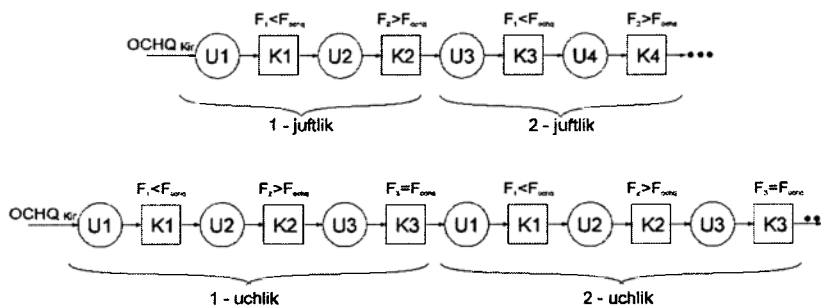
21.3-rasm. Konturlar orasida sig‘imli aloqali OChK sxemasi

Bir konturli, ya’ni har bir kaskadlardagi o‘zaro nosozlangan konturli oraliq chastota kuchaytirgichlari

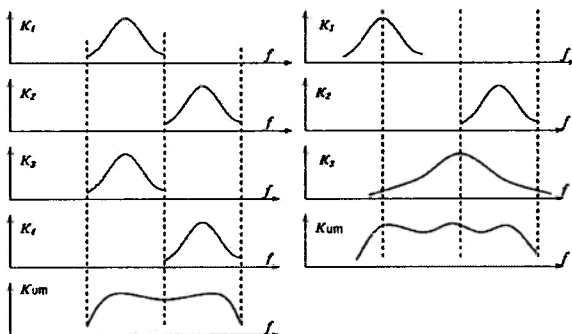
O‘YuCh diapazonda ishlovchi radiolokatsiyali, radioreleli va sun‘iy yo‘ldoshli aloqa tizimlarini qabul qiluvchi qurilmalarining oraliq chastota kuchaytirgichlarining o‘tkazish oralig‘i 10 MGH gacha bo‘lgan hollarda signalni 120 dB gacha kuchaytirish kerak bo‘ladi. Bunday keng o‘tkazish oralig‘ida signalni kuchaytirish uchun ko‘p kaskadli OChKlari ishlatiladi.

Bunda kaskadlar guruhlariga bo‘linib, har bir guruh 2...4 yoki undan ko‘p bir konturli kaskadlardan iborat bo‘ladi. Bu kaskadlar kuchaytirilishi kerak bo‘lgan signal spektrining turli chastotasiga sozlanadi. Guruhlardagi kuchaytirgichlar soni OChKni o‘tkazish oralig‘i bilan, guruhlar soni esa talab qilingan kuchaytirish koeffitsiyenti bilan aniqlanadi.

O‘zaro nosozlangan bir konturli kaskadlarning juftligi va uchligi (troyka) 21.4-rasmda, 21.5-rasmda ularga tegishli AChX shakllanishi keltirilgan.



21.4-rasm. O‘zaro nosozlangan bir konturli kaskadlar juftligi va uchligi



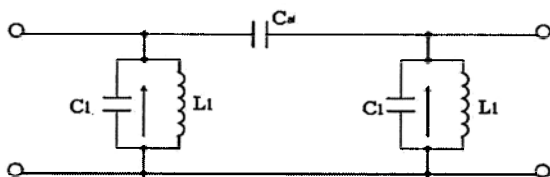
21.5-rasm. O‘zaro nosozlangan bir konturli kaskadlar juftligi va uchligi AChXsining shakllanishi.

Mujassamlangan tanlovchi filtrli oraliq chastota kuchaytirgichlari

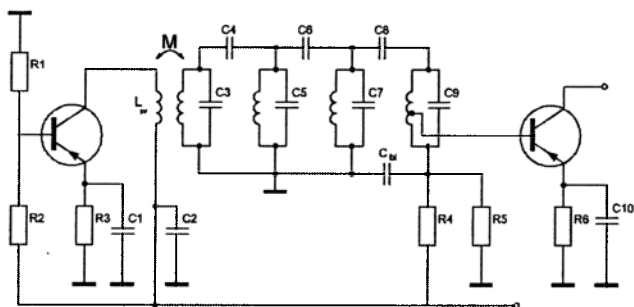
Qabul qiluvchi qurilmalar tanlovchiligi yuqori bo‘lishi uchun, OChKlarda murakkab va mujassamlangan tanlovchi filtrlardan tuzilgan tanlash tizimlari ishlatiladi. Ular chastota o‘zgartirgichlari va OChKning birinchi kaskadlari orasiga o‘rnatiladi. Bu holda OChKni qolgan kaskadlari keng polosali (oraliqli) yoki aperiodik (qarshilikli) kuchaytirgichlar bo‘ladi.

Mujassamlangan tanlovchi filtrlar P-ko‘rinishidagi LClardan iborat bo‘lgan bir necha guruh filtrlarning ketma-ket ulanishidan

hosil bo'lad (20.6-rasm). Bu konturlar bir-biri bilan xarakteristik qarshilik (ρ) bo'yicha moslashgan bo'lib, ular orasidagi aloqa sig'imli yoki induktivlikli bo'lad.



21.6-rasm. LC elementlardan iborat bo'lgan bir necha guruh filtrlarning ketma-ket ulanishi



21.7-rasm. Tranzistorli uch guruhli filtrdan iborat OChK sxemasi

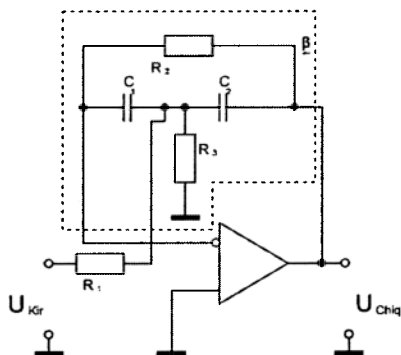
Tranzistorli OChKlardagi konturlarning xarakteristik qarshiligi $\rho = 1 \dots 50 \text{ kOm}$ ni tashkil etadi. Bu holda mujassamlangan filtrning signalni yo'qotishi $L^* \approx 4,34 \text{ nf}_{\text{ochk}} / P_{0,7} Q_0$ ni tashkil etadi. Bu yerda n – konturlar soni, Q_0 – konturning xususiy aslligi. Bunday mujassamlangan tanlovchi filtrlarni oldingi kaskadni chiqishi va keyingi kaskadni kirishi bilan moslash uchun transformatorli va avtotransformatorli ulanishlar qo'llaniladi (21.7-rasm). Bu rasmdagi sxemada birinchi va oxirgi konturlarga shunday ulanishlar qo'llangan.

50...1000 MHz chastotali diapazonda mujassamlangan parametrli elementlardagi konturlar o'rniga, spiralli rezonatorlar ishlatiladi. Ular chorak to'liqinli koaksial rezonator bo'lib, o'lchamini kamaytirish uchun ichki o'tkazgichi spiral qilib o'raladi.

Nisbatan o'rta yuqori chastotali va yuqori sifatli qabul qilgichlarning OChKsida mujassamlangan tanlovchi filtrlar sifatida aktiv RC filtrlar (ARCF) ishlatiladi. Ular kuchaytirgich va RC zanjirlar asosida tayyorlanadi. Passiv holda ular talab qilingan tanlovchilikni ta'minlashga qodir emas. Lekin ularning kuchaytirgich bilan birga ishlatilganda, filtrning aslligini $Q = f_{oChK}/P_{0,7}$ ko'paytirish bilan birga, bitta qurilmada tanlovchilik va kuchaytirishni amalga oshiradilar. Ko'p hollarda kuchaytirgich sifatida operatsion kuchaytirgichlar (OU) ishlatiladi.

21.3. Oraliq chastota kuchaytirgichlarining filtrlari

21.8-rasmda bitta operatsion kuchaytirgichli eng ko'p tarqalgan aktiv RC filtr (ARCF) sxemasi keltirilgan. ARCF polosali filtrning AChXsiga ega.



21.8-rasm. Bitta operatsion kuchaytirgichli aktiv RC filtrning sxemasi

Shtrix chiziq bilan Okni chiqishini invertirlovchi kirishi bilan bog'lovchi ko'priksimon T ko'rinishidagi manfiy teskari aloqa zanjiri ajratilgan. Oraliq chastota atrofida bu zanjirni uzatish koeffitsiyenti kamayadi, shu tufayli filtrning umumiy uzatish

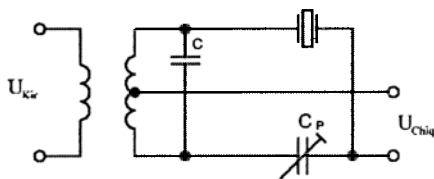
koeffitsiyenti K_f ko'payadi. U o'zini maksimal qiymatiga chastota f_{ochk} ga teng bo'lganda erishadi.

Hozirgi vaqtda yuqori sifatli qabul qilish qurilmalarining OchKlarida elektroakustik va pezokeramik filtrlar (rezonatorlar) keng qo'llanilmoqda. Ular LC filtrlarga nisbatan bir qator afzalliklarga ega. Bu filtrlarning tanlovchiligi juda yuqori, o'lchamlari ancha kichikdir. Bunday filtrlarda elektrsignallar energiyasi rezonatorning kirish qismidagi o'zgartirgich orqali akustik tizimni elastik to'lqinlar energiyasiga aylantiriladi. Bu o'zgartirish pezoelektrik yoki magnitostriksion hodisalar (effektlar) asosida sodir bo'ladi. Chiqish qismidagi o'zgartirgichda teskarisi, ya'ni elastik to'lqinlar energiyasi elektrsignallar energiyasiga aylantiriladi. Elektroakustik filtrning kirishi va chiqishidagi maxsus moslovchi zanjirlar oldingi qo'zg'atuvchining chiqishini va keyingi yuklama kaskadning kirishini filtr bilan moslaydi. Akustik filtrlarning aslligi yuqori bo'lgani uchun, ularni o'tkazish oralig'ida signal energiyasi sarf bo'lishi nisbatan kamroq, AchXning to'g'ri to'rt – burchakligini ko'rsatuvchi koeffitsiyent ham yaxshiroq bo'ladi.

Akustik filtrlar kvarts kristalli va titanat bariy asosidagi pezokeramika hamda sintetik kristallardan tayyorlanadi. Pezoelektrik filtrlarni (PEF) elektrik va eksplutatsion parametrlari, ularda bo'ladigan deformatsiya turiga (cho'zilish-siqilish, egilish, buralish) va qayerda bo'lishiga (hajmida va yuzasida) bog'liq bo'ladi. Deformatsiya PEF ni hajmida bo'lsa, hajmiy akustik to'lqinlar (XAT, OAV), yuzasida bo'lsa, yuzadagi akustik to'lqinlar (YuAT, PAV) deyiladi. Filtrlar texnikasi an'anasiga ko'ra, hajmiy akustik to'lqinlar PE ko'proq ishlatiladi. Ularning tanlovchiligi, xususiyl mexanik tebranishlarining turg'unligi yuqori bo'lganligi bilan aniqlanadi. Diskret kvartsl DK 100Hz...10-50 MHz li chastotalarda, mexanik garmonikalarda qo'zg'atilganda esa, 300...400 MHz chastotalarda ishlaydi va yuqori asllikka hamda turg'unlikka (chastota harorat koeffitsiyenti Ch_{XX} , $TKCh = 5 \cdot 10^{-7}$

1/°C) ega. Pezokeramit PE lar 0,1...10 MHz chastotalarda ishlatilib, ularning aslligi $Q=10^3$, chastotani harorat koeffitsiyenti esa 10^{-5} 1/°C ni tashkil etadi.

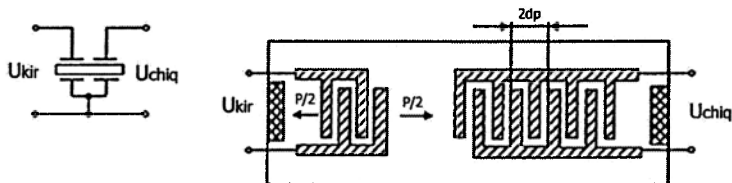
Diskret kvarsli filtr (DK) va pezokeramik rezonatorli filtr (PKR) differensial-ko‘priqli sxema yoki murakkab zinali tarkibda quriladi. 20.9-rasmda misol tariqasida differensial-ko‘priqli sxema keltirilgan. Sxemada pezorezonator va yarim-o‘zgaruvchan kondensator C_b ko‘prikning muallaqli yelkasiga ulangan. Fazoinversli zanjir sifatida differensial transformator ishlatilgani uchun ikki qutbliklar soni ikkitagacha kamaytirilgan.



21.9-rasm. Kvarsli filtrning differensial-ko‘priqli sxemasi

O‘tkazish sharti ketma-ket va parallel rezonans chastota oralig‘ida bajariladi va $P/f_{ochk} < 4 \cdot 10^{-3}$ ni tashkil etadi. S_p kondensator sig‘imini o‘zgartirib, rezonans chastotani f_r keng ko‘lamda ($f_r \approx f_{0,2}$ dan $f_r \gg f_{0,2}$ gacha) o‘zgartirish mumkin. F_r qancha katta bo‘lsa, nosozlik tufayli o‘tgan parazit signallar shuncha ko‘p yo‘qotiladi. Bunday filtrlar kaskadli ulanish, turli xil AchXlarni olish imkonini yaratadi.

Diskret DK tor o‘tkazish oralig‘ini olish uchun ishlatiladi. Ularning asosiy kamchiligi narxi qimmatligi, mexanik jihatdan mustahkam emasligi va o‘lchami nisbatan kattaligidir. Pezokeramik filtrlar esa nisbatan arzon, mustahkam, lekin tanlovchilik va turg‘unlik jihatidan DK ga qaraganda sifati ancha past.



21.10-rasm. Yuzadagi akustik to‘lqinli (PAV) filtrlar

Yuzadagi akustik to‘lqinli (YuAT, PAV) filtrlar odatda ikki fazali kirish ($VShP_1$) va chiqish ($VShP_2$) qarama-qarshi o‘zakli (shtirli) o‘zgartirgichlarga ega bo‘lib, bu shtirlar fotolitografiya usuli bilan taglikka joylashtiriladi. Bu shtirli elektrodlar qutblari almashinuvchi bo‘lib, taroqsimon strukturani tashkil qiladi (21.10-rasm). $VShP_1$ o‘zgartirgichga signal berilganda, PAV yuzasida elektr maydoni paydo bo‘ladi. Bu maydon pezoeffekt ta’sirida elastik deformatsiyani vujudga keltirib, o‘zgartirgichdan tarqaladigan yuzadagi akustik to‘lqinlarni (PAV) paydo qiladi. $VShP_1$ ikki tomonlama bo‘lgani uchun akustik to‘lqinlar energiyasining yarmisi $VShP_2$ chiqish o‘zgartirgichi tomon tarqaladi. Bu o‘zgartirgichda akustik to‘lqinlar qayta o‘zgartiriladi. Agar akustik to‘lqinlar uzunligi o‘zgartirgich panjarasi qadamining uzunligidan d_p ikki marta katta bo‘lsa, ya’ni $d_p = \lambda/2$ bo‘lsa, akustik to‘lqinlar sinfaz ravishda qo‘shilishadi va f_{ochk} chastotada rezonans bo‘ladi. Bu yerda v – akustik to‘lqinlarning tarqalish tezligi (kvars uchun $3,15 \cdot 10^3$ m/s, niobat litiy uchun $3,48 \cdot 10^3$ m/s). Signal energiyasining qolgan yarmi $VShP_2$ o‘zgargichdan teskari tomon tarqaladi va maxsus yutgichda (poglotitel) yo‘qotiladi.

Nazorat savollari

1. Oraliq chastota kuchaytirgichlarining vazifalarini tushuntiring va har bir diapazon qiymatlarini keltiring.
2. Oraliq chastota kuchaytirgichlarining turlarini sanab o'ting?
3. Mujassamlangan tanlovchi filtrli oraliq chastota kuchaytirgichlarining ishlash usulini tushuntiring?
4. Bir konturli, ya'ni har bir kaskaddagi o'zaro nosozlangan konturli OchK larning ishlash usulini tushuntiring?
5. Bitta operatsion kuchaytirgichli aktiv RC filtr sxemasini tushuntiring?
6. Kvarsli filtning differensial-ko'priqli sxemasining tushuntiring?
7. Yuzadagi akustik to'liqinli (PAV) filtrlar ko'rinishini chizing va ishlash usulini tushuntiring?

22. DETEKTORLAR VA AMPLITUDAVIY CHEKLAGICHLAR

22.1. Detektorlar haqida umumiy tushunchalar

Modulyatsiyalangan radiosignallar tarkibidan ularning modulyatsiyalashishiga sababchi bo'lgan past chastotali signallarni ajratib beradigan qurilmaga detektor deb ataladi.

Radiosignallar amplitudasi, chastotasi, fazasi va agarda signal impulsi bo'lsa, impulslari bo'yicha modulyatsiya qilish mumkin. Radiosignallarning shu ko'rsatkichlar modulyatsiyalashishiga qarab, detektorlar amplitudaviy, chastotaviy, fazaviy va impulsli deb ataladi. Lekin ular qaysi turga taalluqli bo'lmasin undan qat'iy nazar, ularning quyidagi asosiy parametrlari bo'ladi:

– uzatish koeffitsiyenti. Detektor chiqishidagi o'zgaruvchan kuchlanish amplitudasining detektor kirishidagi modulyatsiyalashgan signal kuchlanishiga bo'lgan nisbatiga uzatish koeffitsiyenti deb ataladi.

$$Kd = U_{m\Omega} / mU_{m0}.$$

– kirish qarshiligi. Detektor kirishiga berilayotgan yuqori chastotali signal kuchlanishining yuqori chastotali birinchi garmonikasi amplitudasiga bo'lgan nisbatiga detektorning kirish qarshiligi deb ataladi va u quyidagicha ifoda etiladi.

$$Z_k = Um/Im.$$

Bu parametrlardan tashqari detektorlarga xos bo'lgan parametrlardan radiosignallarni amplituda, chastota, faza va bularning o'zaro kombinatsiyalarining buzilishlaridir.

Detektorlar, asosan, xarakteristikasi egri chiziqli bo'lgan elementlardan tashkil topgan bo'ladi. Egri chiziqli elementlar sifatida diod va tranzistorlar ishlatiladi. Lekin ayrim paytlarda xarakteristikasi to'g'ri chiziqli bo'lgan elementlar ham ishlatiladi. Parametrik elementdan tashkil topgan detektorlar sinxron

detektorlari deb ataladi. Detektorlar sinxron bo'ladimi yo boshqa turda bo'ladimi undan qat'iy nazar ularning barchasiga o'ziga xos shartlar qo'yiladi, ya'ni detektorlar modelyatsiyalangan signallar orasidan modulyatsiyalovchi signallarni aniq va ravon ajratib olish va uni qayta ishlab dastlabki shakliga keltirib berishi kerak.

22.2. Detektorlarning ekvivalent sxemalari

Har qanday detektorni yuki to'g'ri chiziq xarakteristikali passiv ikki qutbli bo'lgan, egri chiziq xarakteristikali to'rt qutbli deb qarash mumkin.

Faraz qilaylik, to'rt qutbining kirishiga yuqori chastotali sinusida kuchlanish qo'yilgan bo'lsin. To'rt qutbli egri chiziq xarakteristikali bo'lganligi tufayli chiqishdagi tok nosinusidan bo'ladi. Bu tokning spektral tashkil etuvchisi kirishga kirib kelayotgan signalning turi orqali topiladi. Yukning qarshiligi deyarli kichik qilib olinadi. Shu sababdan kirimdagi yuqori chastotali sinusoidal kuchlanish tarkibida faqatgina kuchlanishning muttasil tashkil etuvchisi hosil bo'ladi. Bu bir bo'lsa, ikkinchidan chiqishdagi tokning muttasil tashkil etuvchisi ham sabab bo'ladi.

Kirishdagi tokning birinchi garmonikasini – I_m orqali ifoda etamiz. Bu holda to'rt qutbli uchun quyidagi tenglamalar tizimini yozish mumkin bo'ladi:

$$I_m = \varphi_1(U_n, U_d); I_t = \varphi_2(U_n, U_d), \quad (22.1)$$

bu yerda φ_1, φ_2 – to'rt qutblikning xossasiga bog'liq bo'lgan egri chiziqli funksiyalar.

U_n, I_t – detektor chiqishidagi to'g'rilangan kuchlanish va tok.

Birinchi tenglama orqali egri chiziq xarakteristikali elementlarning tebranma xarakteristikasi

$$I_m = \varphi_1(U_n) / U_n - \text{const.}$$

Ikkinchi tenglama orqali esa detektorlarning to'g'rilagich vazifasini o'taydigan xarakteristika oilasi topiladi.

$$I_t = \varphi_1(U_d)/U_n - const.$$

Faraz qilaylik, kirish kuchlanishi qandaydir sabab bilan o'zgina orttirma olgan bo'lsin. Chiqishdagi tokda hosil bo'ladigan orttirmani topish uchun ikkinchi tenglamadan to'la hosila olamiz:

$$dI = \frac{dI_1}{dU_1} dU_1 + \frac{dU_-}{dU_1} dU_- \quad (22.2)$$

Tenglamada, $\left. \frac{\partial I_-}{\partial U_n} \right|_{U_- - const}$ ni detektor xarakteristikasining tikligi deb ataladi va u quyidagi ifoda orqali yoziladi:

Tenglamadagi, $\left. \frac{\partial I_-}{\partial U_n} \right|_{U_- - const}$ detektorning ichki o'tkazuvchanligi deb ataladi. Bunga teskari bo'lgan qiymat esa detektorning ichki qarshiligi deb ataladi va u quyidagicha ifodalanadi:

$$R_{ichki} = \frac{1}{Y_1} = \frac{dU_-}{dI_-}, U_m - const.$$

Detektorlarning bu parametrlari kuchaytirgich lamplarining parametrlariga o'xshashdir. Shu bois detektorlarga uchinchi parametr-detektorning ichki kuchaytirish koeffitsiyenti degan parametрни kirgazamiz va uni quyidagicha ifoda etamiz:

$$\mu_d = S_d \cdot R_d.$$

Tok va kuchlanishlarning orttirmalari deyarli kichik bo'lganda tenglama (22.2) ning ko'rinishi quyidagicha bo'ladi:

$$\Delta I_- = S_d \cdot \Delta U_m + 1/R_{id} \cdot \Delta U_t. \quad (22.3)$$

Faraz qilaylik, kirish signalining chastotasi Ω ga teng bo'lsin bitta tok bilan modulyatsiyalangan bo'lsin. U holda kirish signali quyidagi qonuniyat bilan o'zgaradi:

$$U_m = U_{m0} (1 + m \cdot \sin \Omega t) = U_{m0} + \Delta U_m, \quad (22.4)$$

bu yerda, $\Delta U_m = m U_{m0} \cdot \sin \Omega t$.

Tenglama (22.3) ga asosan orttirma bir-birlari bilan o‘zaro bog‘lanish to‘g‘ri chiziqlidir. Shu sabab ΔU_m sinusoidal qonuniyat bilan o‘zgaradi. Shunday ekan ΔI_t va ΔU_t lar ham sinusoidal qonuniyat bilan o‘zgaradi.

O‘zgaruvchan orttirmalarning $I_{m\Omega}$, U_{m0} , va $U_{m\Omega}$ ifoda etamiz. Bu orttirmalarni (22.3)ga qo‘ysak, quyidagilar kelib chiqadi.

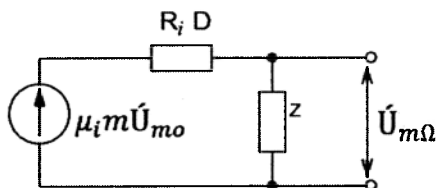
$$I_{m\Omega} = S_d \cdot U_{m0} + (1/R_{id}) U_{m\Omega}. \quad (22.5)$$

Om qonuniga asosan $U_{m\Omega} = -I_{m\Omega} Z$ bo‘ladi. Bu yerdagi manfiy ishora tok va kuchlanishlarning yo‘nalishlari bir-biriga nisbatan o‘zaro qarama-qarshi ekanligini ko‘rsatadi. Bu tenglamadagi $U_{m\Omega}$ ning qiymatini tenglama (20.5)ga qo‘ysak, tokning o‘zgaruvchan orttirmasi uchun yoziladigan ifoda kelib chiqadi, ya’ni:

$$I_{m\Omega} = \frac{\mu_d m U_{m0}}{R_{id} + Z}. \quad (22.6)$$

Tenglama (22.6)ni detektorlar uchun yozilgan Om qonuni deb ataladi. Detektorlarning ekvivalent sxemalari ham shu qonun asosida kelib chiqadi.

Detektorlarning ekvivalent sxemasi – 21.1-rasmda ko‘rsatilgan.



22.1-rasm. Detektorning ekvivalent sxemasi

22.1-rasmda ko'rsatilgan ekvivalent sxema yordamida detektorlarning uzatish koeffitsiyentiga ifoda yozish mumkin. U ifoda quyidagiga tengdir:

$$K_d = \frac{U_{m\Omega}}{mU_0} = \left| \frac{\mu_d \cdot r}{mU_0} \right|. \quad (22.7)$$

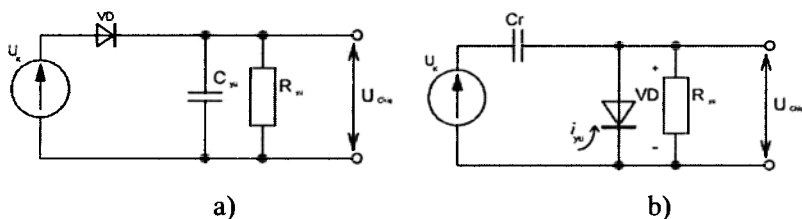
Tenglama (22.6) va (22.7)larni to'rt qutbliklarda ham ishlatish mumkin. Buning uchun μ_d , R_d , K_d larni kompleks deb qarash kerak bo'ladi.

22.3. Amplitudaviy detektorlarning turlari

Amplitudaviy detektorlar orasida asosiy elementi diod bo'lgan detektorlar ko'proq ishlatiladi. Chunki diodni detektorlar tuzilishi jihatdan sodda va signallarni teng doirada shakllarni buzmay detektorlaydi.

22.2,a-rasmda ketma-ket va 22.2,b-rasmda parallel detektorlarning sxemalari ko'rsatilgan. Bu detektorlar ketma-ket yoki parallel deb atalishi sxemaga ulangan diodlarning nagruzka nisbati ketma-ket yoki parallel ulanganligiga qarab olingandir.

Bu ikki xil ulangan detektorlarning ishlash jarayoni bir-biriga o'xshashdir. Bular orasida parallel ulangan detektorning ahamiyati ko'proqdir. Bunga sabab signal manbasi bilan diod orasida galvanik bog'lanishning yo'qligidir.



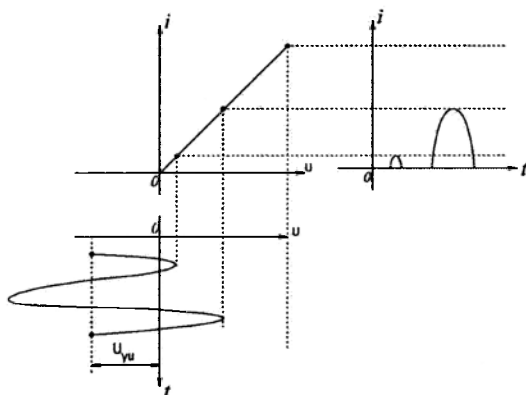
22.2-rasm. Parallel detektorlarning sxemalari:

- a) yuklamaga ketma-ket ulangan sxema;
- b) yuklamaga parallel ulangan sxema

Detektorlarning ishlash jarayonini ko'rib chiqamiz.

22.2a-rasmda ko'rsatilgan detektor diodiga kirishdagi signal kuchlanish ta'sir etganda undan tok impulsi o'ta boshlaydi (22.3-rasm).

Bu tokning tarkibida I_{yu} va chastotalari ω va 2ω teng bo'lgan toklar bo'ladi. Bu toklar asosiy tokning tashkil etuvchilari deb qaraladi. Tokning muttasil tashkil etuvchisi I_{yu} kuchlanish tushuvi $U_{yu} = -I_{yu}Z$ hosil qiladi. Tokning yuqori chastotali tashkil etuvchilari kondensator C_{yu} dan o'ta boshlaydi. Chunki kondensatorning reaktiv qarshiligi bu tok uchun deyarli kichik qiymatlidir.



22.3-rasm. Detektordagi diodning volt-ampere xarakteristikasi

Bu aytilgan fikr amalda bajarilishi uchun quyidagi tengsizlik amalga oshishi kerak, ya'ni:

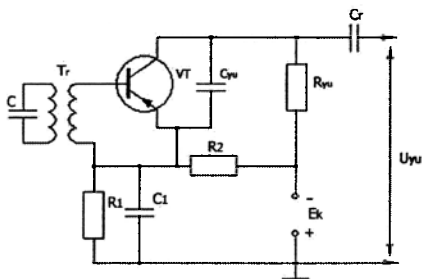
$$(\omega C_{yu})^{-1} \ll R_{yu} \ll (\Omega C_{yu})^{-1}, \quad (22.8)$$

bu yerda, Ω – modulyatsiyaning yuqori chastotasi

Parallel detektorlarda $Y_{uk}R_{yu}$ da to'g'rilangan kuchlanishdan tashqari kirishdagi U_k ning o'zgarishi tashkil etuvchisi ham bo'ladi. Bu kuchlanish kelgusi zanjirga ta'sir etmasligi uchun unga quyi chastotali filtrlar ulanadi yoki kondensator S_r dan u kuchlanish o'tmaydi.

Tranzistorlar detektorlarda modulyatsiyalangan signallarni detektorlash bilan bir qatorda ularni kuchaytirishi ham mumkin. Tranzistorli detektorlar, tranzistorlarning ulanishlariga qarab, ular umumiy bazali, kollektor va umumiy emitterli bo‘ladi.

22.4-rasmda tranzistor umumiy kollektorli qilib ulangan detektorning sxemasi ko‘rsatilgan. Bu sxemada detektorlashda tranzistorning o‘tish xarakteristikasidan ham foydalanish mumkin. Uning kirish xarakteristikasi quyidagicha ifodalanadi: $i_k = \varphi(U_{be})$



22.4-rasm. Tranzistor umumiy kollektorli qilib ulangan detektorning sxemasi

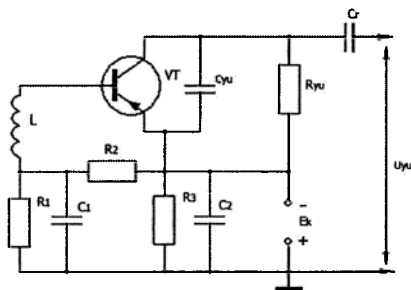
Detektorlash uchun tranzistorning kirish xarakteristikasidan ham foydalanish mumkin. Uning kirish xarakteristikasi quyidagicha ifodalanadi: $i_b = \varphi(U_{be})$

Bu holda R_1C_1 lar orqali topiladigan vaqt doimiyligi quyidagi shart bo‘yicha tanlanadi:

$$(\overline{\omega}C_1)^{-1} \ll R_1 \ll (\Omega C_1)^{-1}.$$

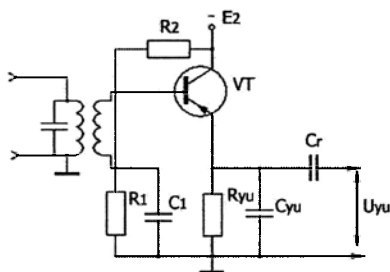
22.5-rasmda tranzistorning emitter zanjiriga teskari bog‘lanish vazifasini bajaradigan R_3C_2 zanjir ulangan detektorning sxemasi ko‘rsatiladi.

Bu R_3C_2 zanjir ulashdan maqsad detektor xarakteristikasini to‘g‘ri chiziqqa yaqinlashtirishdir. Undan tashqari vaqt doimiyligini tashuvchi chastota bo‘yicha tashkil etuvchi kondensator C_2 dan o‘tishini ta’minlab beradi.



22.5-rasm. Tranzistorning emitter zanjiriga R_3C_2 zanjir ulangan detektorning sxemasi.

22.6-rasmda tranzistor umumiy emitterli qilib ulangan detektorning sxemasi keltirilgan.



22.6-rasm. Tranzistor umumiy emitterli qilib ulangan detektorning sxemasi

Sxemada vaqt doimiyligi $R_{yu}C_{yu}$ (22.8) shartga asosan tanlanadi. Bunday detektorlarda detektorlash ularning o'tish xarakteristikasi $I_e = \varphi(U_{be})$ ning egri chiziqligi tufayli amalga oshiriladi. Umumiy emitterli detektorlarda teskari bog'lanish yuz foiz ishtirok etadi. Shu sabab bunday detektorlarda kirish qarshiligi katta bo'ladi va katta amplitudaga ega bo'lgan signallar ishtirok etmaydi. Bu, albatta, bunday detektorlarning afzalligi va yutug'i. Ammo ularning uzatish koeffitsiyenti birdan kichikdir.

22.4. Kuchsiz signallarni detektorlash nazariyasi

Agarda kirish signalining amplitudasi 0,25 V dan kichik bo'lsa, bunday signal diodli detektorlar uchun kuchsiz hisoblanadi. Tranzistorli detektorlar uchun esa kuchsiz signalning amplitudasi 25 mV dan kichik bo'lishi kerak. Bu shartlar bajarilganda detektorlarning detektorlash jarayoni diod yoki tranzistorni volt-ampere xarakteristikalarining egri chiziqli qismida amalga oshiriladi.

Faraz qilaylik,

$$i = \varphi(E + U) \quad (22.9)$$

bo'lsin. Bu yerda, E – siljish kuchlanishining boshlang'ich qismi. U (22.9) nolga teng bo'lishi ham mumkin.

Diodli detektorlarni tahlil qilamiz.

22.2-rasmda ko'rsatilgan diodli detektor sxemasi bo'yicha quyidagi tenglamani yozish mumkin:

$$U = U_m \cos \omega t - U_{yu},$$

bu yerda, $U_{yu} = I_{yu} R_{yu}$.

Signal kichik bo'lganligi tufayli detektorlash natijasi ham kichik bo'ladi. Shuning uchun ularni Teylor qatoriga yoyish mumkin:

$$I = \varphi(t) + \varphi'(E)^4 + 0,5 \varphi''(E) U^2 + \dots, \quad (22.10)$$

bu yerda, φ' – signal yo'qligi paytidagi tok $E = 0$ bo'lganda u nolga yaqin bo'ladi.

$$S = \varphi'(E); \quad S' = \varphi''(E) \quad (22.11)$$

deb belgilaymiz.

Ma'lum o'zgarishlardan keyin quyidagilarni olamiz:

$$i = (S + S' U_{yo}) U_m \cos \omega t + S U_{yo} + 0,5 S' U_{yo} + 0,25 S' U^2 m + 0,25 S' U m^2 \cos 2 \omega t + \dots \quad (22.12)$$

Bu tenglamadan tokning tashkil etuvchilari quyidagilarga teng bo'ladi:

$$I\omega = (S + S'U_{yu})Um, \quad (22.13)$$

$$I\omega = SU\omega + 0,25S'U^2m \left[1 + 2\frac{U\omega}{Um} \right]. \quad (22.14)$$

(22.14) ga $U_{yu} = -I_{yu}R_{yu}$ ni qo'ysak, uning ko'rinishi quyidagicha bo'ladi:

$$I_{yu} = [0,25S(c' + SR_{yu})]Um^2 = AU^2m \quad (22.15)$$

Bu tenglamadan shuni aytish mumkinki, ya'ni detektorlarning detektorlash xarakteristikasi kvadratli qonuniyati bilan o'zgarar ekan.

Agarda signal amplitudasi $U_m = U_{mo} (1 + m\cos\Omega t)$ qonuniyati bilan o'zgarsa (22.15) ga asosan I_{yu} quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$I_{yu} = AU^2m_0(1 + 2m\cos\Omega t + 0,5m^2 + 0,5m^2\cos 2\Omega t).$$

Bu tenglamadan shu narsa ko'rinadiki, ya'ni detektor toki tarkibida, nafaqat ularning birinchi garmonikasi, balki ikkinchi garmonikasi ham bo'lar ekan. U quyidagicha ifoda etiladi:

$$I_{2\Omega} = 0,5 Am^2 U_m^2.$$

Detektor chiqishidagi signal shakllarining buzilishiga asosan shu ikkinchi garmonikasi sababchi bo'ladi. Buzilish koeffitsiyenti quyidagicha topiladi:

$$Kg = I_{2\Omega}/I_{\Omega} = 0,25m.$$

Yuqorida keltirilgan formulalarni hisobga olsak, detektorlarning uzatish koeffitsiyenti quyidagicha yoziladi:

$$K_d = \frac{U_{\Omega}}{mU_{m0}} = \frac{I_{\Omega}R_{yu}}{mU_{m0}} = 2AR_{yu} m=0. \quad (22.16)$$

Bu tenglamadan ko'rinadiki, ya'ni detektorlarning uzatish koeffitsiyenti tashuvchi signalning amplitudasiga bog'liq ekan. Demak, kuchsiz signalli detektorlarning uzatish koeffitsiyenti ham kichik bo'lar ekan. Shu sabab, bunday detektorlar kamroq qo'llaniladi.

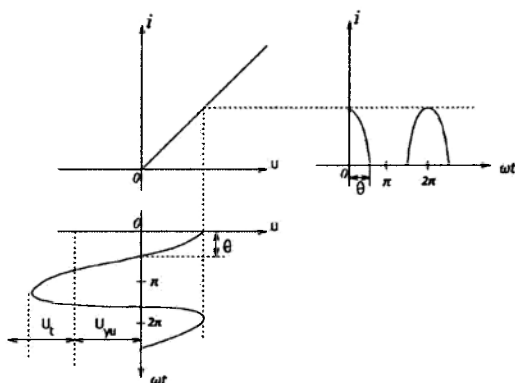
22.5. Kuchli signallarning detektorlar nazariyasi

22.2a-rasmda ko'rsatilgan detektorning kuchli signal ta'siriga ishlash jarayonini ko'rib chiqamiz. Odatda, kuchli signal ta'sirida ishlayotgan detektorlarning toki kesilib qoladi. 22.7-rasmga qarang.

Ma'lumki, diodlarga tokning to'g'ri va teskari yo'nalishi bo'ladi. Avvaliga teskari yo'nalishda tok yo'q deb faraz qilib, uni tahlil qilamiz. U holda diodlarning ideallashtirilgan xarakteristikasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$i = \begin{cases} SU \rightarrow U \geq 0; \\ 0 \rightarrow U \leq 0, \end{cases} \quad (22.17)$$

bu yerda, S – xarakteristikaning tikligi.



22.7-rasm. Detektor tokining kesilishini ko'rsatuvchi xarakteristika

Agarda diodga modulyatsiyalanmagan signal $U_K = U_m \cos \omega t$ ta'sir etsa, dioddagi kuchlanishning ko'rinishi quyidagicha bo'ladi:

$$U = U_m \cos \omega t - U_{yu}. \quad (22.18)$$

22.7-rasmdan ko'rinib turibdiki, tok Θ burchak asosida qirqlangan. Bu yerda Θ ni kesish burchagi deb ataladi. Bu burchak quyidagi munosabatdan topiladi:

$$U = U_m \cos \Theta - U_{yu} = 0, \quad \cos \Theta = U_{yu} / U_m. \quad (22.19)$$

Tenglama (19.19) ni hisobga olsak, tenglama (21.18) quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$U = U_m (\cos \omega t - \cos \Theta). \quad (22.20)$$

Tenglama (21.17) ga asosan

$$i = \begin{cases} SUM(\cos \omega t - \cos \Theta) \rightarrow \omega t < 0; \\ 0 \rightarrow \omega t > 0, \end{cases} \quad (22.21)$$

bo'ladi.

Bu tenglamadan detektorlarning detektorlash toki topiladi.

$$I_{yu} = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi i(\omega t) d(\omega t) = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi SUM(\cos \omega t - \cos \Theta) d\omega t = \frac{SUM}{\pi} (\sin \Theta - \Theta \cos \Theta). \quad (22.22)$$

Kesish burchagini topish uchun tenglamaning har ikki tomonini R_{yu} ga ko'paytiramiz.

$$U_{yuk} = \left(\frac{SR_{yuk}}{\pi} \right) U_m (S_m \Theta - \Theta \cos \Theta). \quad (22.23)$$

yoki tenglama (19.19) ni tenglama (19.23) ga qo'ysak,

$$tg \Theta - \Theta = \frac{\pi}{SR_{yuk}} \quad (22.24)$$

kelib chiqadi.

Bu tenglamalarga asosan shuni aytish mumkinki, ya'ni Θ o'zgarmasa muttasil qiymat bo'lib, S va R_{yuk} ga bog'liq. U, tok I_{yuk} ga nisbatan chiziqli bog'langandir. Boshqacha qilib aytganda, kuchli signal ostida ishlayotgan detektorlarning xarakteristikasi to'g'ri chiziqli bo'lar ekan. Shu bois bunday detektorlar chiziqli detektorlar deb ataladi.

Chiziqli detektorlarning uzatish koeffitsiyenti quyidagicha topiladi:

$$K_d = \frac{U_\Omega}{mU_{m0}} = \cos \Theta. \quad (22.25)$$

Agarda qirqish burchagi kichik bo'lsa, detektorlarning kirish o'tkazuvchanligi

$$G_\Omega \approx 2/R_{yuk} \quad (22.26)$$

ga teng bo'ladi. Parallel detektorlarda esa, u

$$G_{\Omega par} \approx G_\Omega + 1/R_{yuk} \approx 3/R_{yuk} \quad (22.27)$$

ga teng bo'ladi. Demak, parallel detektorlarning kirish o'tkazuvchanliklari ketma-ket detektorlarnikidan katta bo'lar ekan.

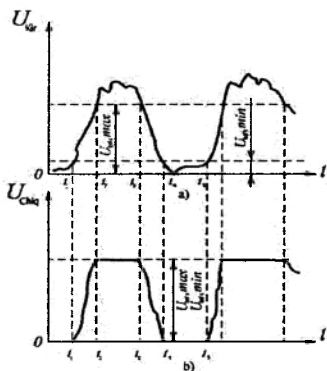
Ayrim detektorlarda tokning teskari yo'nalishligisini ham hisobga olishga to'g'ri keladi, masalan, germaniy elementidan yasalgan diodlarda. Bunday hollarda teskari tok teskari o'tkazuvchanlikni hosil qiladi. Bu, o'z navbatida ekvivalent qarshilikka ta'sir etib, uning qiymatini o'zgartirib yuboradi, bunday hollarda detektorning kirishidagi o'tkazuvchanlik quyidagicha topiladi:

$$G_\Omega = \frac{(3R_{yuk} + 2R_g)}{R_{yuk}R_{Tol}}. \quad (22.28)$$

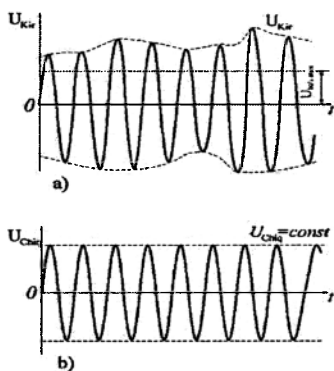
22.6. Amplitudaviy cheklagichlar. Cheklagichlar turlari

Cheklagich deb ma'lum chegaralarda kirish kuchlanish o'zgarganda chiqish kuchlanishining o'zgarmas bo'lishini ta'minlaydigan qurilmaga aytiladi.

Barcha cheklagichlarni oniy qiymatlar cheklagichlari va amplitudaviy cheklagichlarga bo'lish mumkin. Oniy qiymatlar cheklagichlarida chiqishdagi minimal va maksimal kuchlanishlar qiymatlarining o'zgarmas bo'lishi ta'minlanadi. 22.8,a-rasmda ikki $U_{bo's.maks}$ va $U_{bo's.min}$ bo'sag'aviy cheklanish maksimum va minimum bo'yicha cheklagich kirishidagi kuchlanishning bo'lishi mumkin bo'lgan shakllaridan biri keltirilgan. 22.8,b-rasmda cheklangan kuchlanishning shakli keltirilgan bo'lib unda: t_2 dan t_3 gacha bo'lgan vaqt intervalida U_{kir} kuchlanish $U_{bo's.maks}$ kuchlanishdan yuqori bo'ladi, t_4 dan t_5 gacha vaqt intervalida $U_{kir} < U_{bo's.min}$ bo'ladi, ya'ni cheklagich chiqishidagi kuchlanishning o'zgarmas (xususan, noli) bo'lishini ta'minlaydi. t_1 dan t_3 gacha va t_3 dan t_4 gacha bo'lgan vaqt intervallarida U_{chiq} kuchlanishi U_{kir} kuchlanishi shaklini takrorlaydi.



22.7-rasm. Cheklagich kirishida va chiqishidagi kuchlanishlar shakli



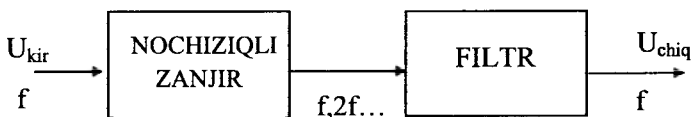
22.8-rasm. AM cheklagichlarning kirishida va chiqishidagi kuchlanishlar diagrammasi

Oniy qiymatli cheklagichlarining afzalligi quyidagicha: chiqish kuchlanishining shakli kirish kuchlanishdan farq qiladi; U_{chiq} kuchlanishi qoidaga ko'ra o'zgarmas kuchlanishli oraliqqa ega bo'ladi.

Amplitudaviy cheklagichlar (ACh) amplituda bo'yicha sekin o'zgaruvchi sinusoidal tebranishlarni cheklash uchun xizmat qiladi. AChni kirish va chiqishidagi kuchlanishlar diagrammalari 22.7, 22.8-rasmlarda keltirilgan. ACh chiqishdagi kuchlanish amplituda bo'yicha o'zgarmas, biroq uning fazasi va chastotasi cheklash paytida chiqishda deyarli o'zgarmaydi. Bunday cheklagichlar faqat parazit amplitudali modulyatsiyani yo'q qiladi va shu bilan birga fazali hamda chastotali modulyatsiyaga sezilarli buzqliklar kiritmaydi.

Mavjud bo'lgan chastotali detektorlar chiqishidagi kuchlanish bir vaqtning o'zida ham chastotaga, ham parazit amplitudali modulyatsiyaga bog'liq bo'ladi. Bunday amplitudali cheklagichlarsiz chastotali detektorlarda maqsadga muvofiq natijani olib bo'lmaydi. Shu sababli qabul qilgichlar detektorlarida cheklagichlar, albatta, qo'llaniladi.

Cheklash jarayoni – nochiziqli, shuning uchun bunda qator kuchlanishning garmonik tashkil etuvchilari vujudga keladi. ACh chiqishida garmonik kuchlanishni ta'minlash uchun U_{kir} kuchlanishni nochiziqli o'zgartirishdan keyin kirish tebranishining birinchi garmonikasini filtrlash zarur bo'ladi. U holda ACh ning tuzilish sxemasi (22.9-rasm) o'z ichiga nochiziqli zanjir va filtrni oladi. Bunda filtr zanjir chiqishida tokning birinchi garmonikasini ajratadi. Bu qurilmadan filtr olib tashlansa, u holda oniy qiymatlar cheklagichini olish mumkin. Nochiziqli zanjirning turiga qarab amplitudaviy cheklagichlar diodli va tranzistorli turlarga ajratiladi.

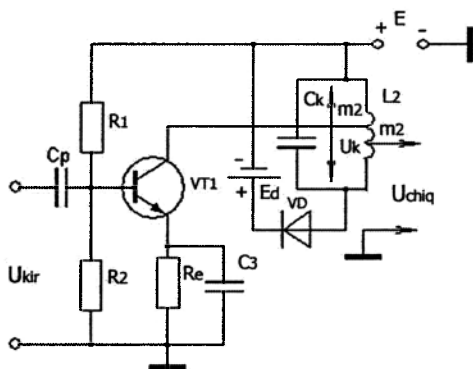


22.9- rasm. Amplitudali cheklagichning strukturaviy sxemasi

22.7. Diodli amplitudaviy cheklagichlar

Diodli ACh (22.10-rasm) keyingi kaskad kirishi va tranzistor chiqishi bilan konturning avtotransformatorli aloqa zanjirli bir konturli rezonans kuchaytirgich hisoblanadi. Bunda konturga E_d doimiy siljitishli manbali VD diod parallel ulanadi. E_d manba o'rniga RC-zanjirdan foydalanishi mumkin (avtomatik siljitishli sxema), E_d kuchlanish konturda kuchlanishni detektorlash natijasida olinadi. Vaqt bo'yicha doimiy $r = RC$ yetarlicha katta tanlanadi, u holda konturda kuchlanish o'zgarganida E_d kuchlanish deyarli o'zgarmaydi.

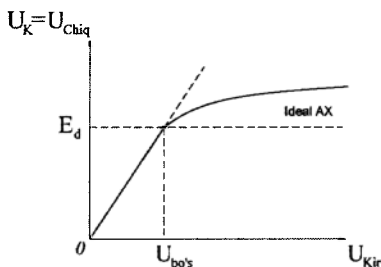
Diodli AChning ishlash usuli quyidagicha. Agar konturdagi kuchlanish $U_k < E_d$ bo'lsa, u holda VD diod yopiq va konturga ta'sir qilmaydi. Bu holda sxema oddiy kuchaytirgich sifatida ishlaydi va $U_k = K_0' U_{kir}$, bu yerda $K_0' = U_k / U_{kir}$. Agar $U_k > E_d$ bo'lsa, u holda diod ochiladi, uning kirish qarshiligi konturni shuntlay boshlaydi, konturdagi so'nish ortadi, konturning ekvivalent qarshiligi R_{ekv} rezonans paytida kamayadi, demak K_0' kuchaytirish koeffitsiyenti kamayadi, bu ACh chiqishidagi kuchlanishning deyarli o'zgaras bo'lishini ta'minlaydi.



22.10-rasm. Diodli amplitudali cheklagich sxemasi

Amplitudaviy cheklagichning asosiy bog'liqligi – amplitudaviy xarakteristika (AX) hisoblanadi. AX kirish kuchlanishi U_{kir}

o'zgarganda chiqish kuchlanishi $U_k = U_{chiq}$ ning qanday o'zgarishini ko'rsatadi (22.11-rasm).



22.11-rasm. Cheklagichning amplitudaviy xarakteristikasi

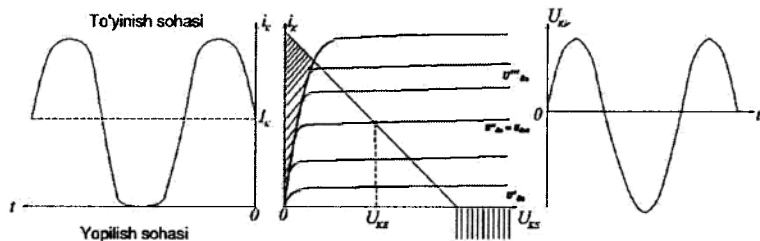
$U_{bo's}$ bo'sag'aviy kuchlanish qaysi kirish kuchlanishidan kuchaytirgich ACh sifatida ishlay boshlashini ta'minlaydi. AX idealga qanchalik yaqin bo'lsa, (22.11-rasmdagi gorizontaal chiziq). ACh amplitudaviy xarakteristikasining shakli $R_{ekv} \cdot d_d$ ko'paytmaga bog'liq, bu yerda d_d – diodning kirish o'tkazuvchanligi. $R_{ekv} \cdot d_d$ ko'paytma qanchalik katta bo'lsa, AX idealga shunchalik yaqin bo'ladi.

22.8. Tranzistorli amplitudaviy cheklagichlar

Tranzistorli AChlar bir necha turlarga ega: oddiy, ikki tranzistorli va umumiy R_e qarshilikli, o'zgaruvchan siljitishli.

Oddiy tranzistorli ACh

Bunday ACh oddiy tranzistorli kuchaytirgichga o'xshash. Kuchaytirgichdan farqli ravishda ACh noxiziqli rejimda ishlaydi, buning uchun E kollektor kuchlanishi oddiy kuchaytirgichdan kamroq tanlanadi, U_{kir} kuchlanishi yetarlicha katta amplitudaga ega bo'ladi. $I_k = F(U_{ke})$ tranzistorning chiqish xarakteristikalarida (22.12-rasm) o'zgaruvchan tok dinamik xarakteristikasi (yuklama chizig'i) chizilgan. U_{kir} ning katta amplitudasida yopilishi va to'yinishi sohalarining mavjudligi keltirib chiqaradigan kollektor tokining ikki yoqlama kesilishi vujudga keladi. Bunda I_k tok maksimum va minimum bo'yicha cheklangan bo'ladi.

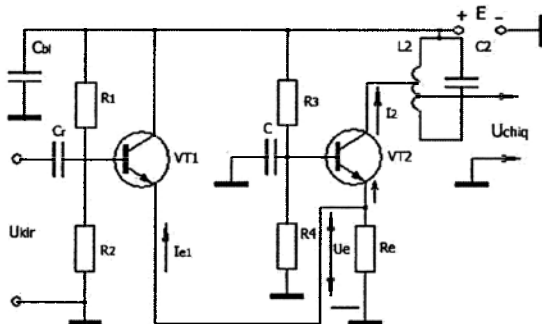


22.12-rasm. Tranzistorning chiqish xarakteristikasidagi dinamik xarakteristika

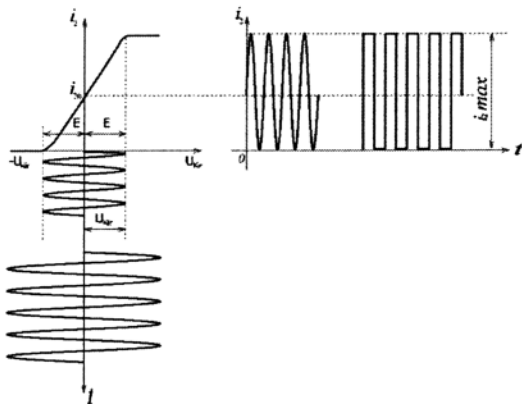
Rezonansli kontur kollektor tokining birinchi garmonikasini ajratadi. $U_{kir} < U_{bo's}$ (22.12-rasm) bo'lganida I_k tokning kesilishi vujudga keladi, U_{kir} kuchlanishining ortishi bilan kollektor toki birinchi garmonikasining ortishi sekinlashadi, bu ma'lum chegaralarda U_{chik} chiqish kuchlanishi o'zgarmas bo'lishini ta'minlaydi.

Ikki tranzistorli va umumiy R_e rezistorli ACh

Uning sxemasi 22.13-rasmda keltirilgan, AChning chiqish konturidagi kuchlanish VT2 tranzistor I_k chiqish toki birinchi garmonikasi orqali aniqlanadi. Kirish kuchlanishlarining (VT1 tranzistorning bazasidagi kuchlanish) turli sathlarida I_k tokning diagrammalari 22.14-rasmda keltirilgan.



22.13-rasm. Ikki tranzistorli va umumiy R_e rezistorli ACh sxemasi

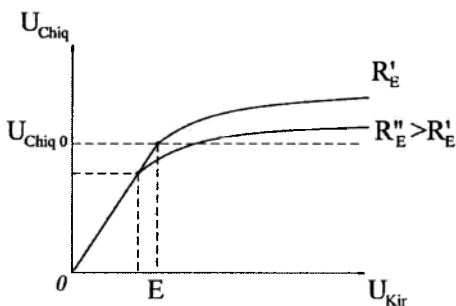


22.4-rasm. Kirish kuchlanishining turli sathlarida kollektor tokining diagrammasi

Agar $U_{kir}=0$ bo'lsa, u holda chiqish toki $i_2 = i_{20}$ bo'ladi. Odatda VT1 va VT2 tranzistorlar va ularning ish rejimlari bir xilda tanlanadi, shuning uchun $i_{20}=i_{10}$ bo'ladi. i_{20} tok tranzistorlarning boshlanishi rejimlariga bog'liq. U_{kir} kirish kuchlanishi ortib boradi deb olinsa, ya'ni VT1 tranzistor bazasidagi musbat potensial ortadi. Bu VT1 tranzistorining yopila boshlanishiga olib keladi, bunda uning i_{e1} emitter toki kamayadi. Bu kuchlanish VT1 va VT2 tranzistorlarni yopuvchi kuchlanishi bo'lganligi uchun, uning kamayishi VT2 tranzistorining yanada ochilishini vujudga keltiradi, demak i_{e2} va i_2 toklar ortadi. i_{e2} tok VT1 tranzistorini U_{kir} kuchlanishi yopgunga qadar ortadi, bunda $i_2 = i_{2max}$ bo'ladi. Keyin U_{kir} kuchlanishining va VT1 bazasidagi (VT1 tranzistor yopiq) musbat potensialning istalgan ortishida i_2 tok o'zgarmaydi, i_{2max} ga teng ushlab turiladi. Yopiq VT1 tranzistoridagi i_2 tok R_3 , R_4 va R_e rezistorlar qarshiliklari orqali aniqlanadi.

U_{kir} kuchlanishi nolga nisbatan kamaydi deb olsak, ya'ni VT1 tranzistor bazasiga manfiy potensial berildi deb hisoblaymiz. Bunda i_{e1} tok va U_e kuchlanish ortadi, VT2 tranzistor yopila boshlaydi i_{e2} tok kamayadi; VT1 tranzistor bazasidagi manfiy potensialning qandaydir qiymatida VT2 tranzistor to'liq yopiladi va i_2 tok

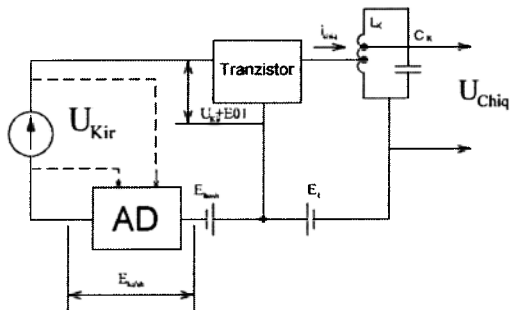
nolgacha kamayadi. Keyin VT1 tranzistor bazasidagi manfiy potensial qanchalik ortmasin VT1 tranzistor ochiq, VT2 tranzistor yopiq va i_2 tok nolga teng bo'ladi. Agar $U_{kir} < E$ bo'lsa (22.14-rasm), u holda i tok va U_{chiq} kuchlanish U_{kir} kuchlanishga chiziqli bog'liq bo'ladi. Agar $U_{kir} > E$ bo'lsa i_2 tokning ikki tomonlama kesimi paydo bo'ladi, i_2 tok birinchi garmonikasining amplitudasi U_{kir} kuchlanishining o'sishiga nisbatan sekinroq ortadi. Agar $U_{kir} \gg E$ bo'lsa, i_2 tokning birinchi garmonikasi deyarli o'zgarmas amplitudali to'g'ri burchakli impulslar shaklida bo'ladi. Bularning hammasi 22.15-rasmda ko'rsatilgan cheklagich amplitudaviy xarakteristikasining ko'rinishini belgilaydi.



22.15-rasm. Amplitudaviy cheklagichning amplitudaviy xarakteristikasining ko'rinishi

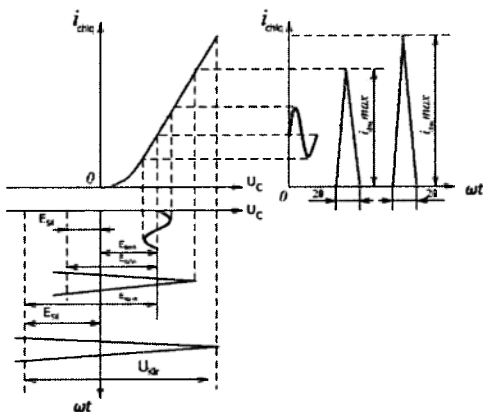
$U_{kir} = E$ bo'lganda cheklagich chiqishidagi $U_{chik0} = 0,5 i_{max} R_{ekv}$ bo'ladi. Bu yerda R_{ekv} chiqish konturining ekvivalent qarshiligi. R_e rezistorning qarshiligi o'zgartirib ishlash bo'sag'asini rostlash mumkin. $R_e' = R_e$ bo'lganida U_e kuchlanish U_{kir} kuchlanishining ortishiga nisbatan tezroq kamayadi, VT1 tranzistor U_{kir} kuchlanishning kichik qiymatlarida yopiladi va cheklash bo'sag'asi kamayadi.

O'zgaruvchan siljilishi amplitudaviy cheklagich 22.16-rasmda keltirilgan.



21.16-rasm. O'zgaruvchan siljililishi amplitudaviy cheklagich

Tranzistorning ishlash rejimi uchta $E_{ko'sh}$ ta'minot manbalari E_l , E_{bosh} va $E_{ko'sh}$ kuchlanishni AD ishlab chiqaradi. AD kirish U_{kir} kuchlanishini detektorlaydi. $E_{ko'sh}$ kuchlanish U_{kir} ga bog'liq bo'ladi. Kirish signali amplitudasi qanchalik katta bo'lsa, $E_{ko'sh}$ kuchlanish shunchalik katta bo'ladi. Dastlab kirish kuchlanishi amplitudasi kichik olinsa (22.17-rasm), bunda $E_{ko'sh} \approx 0$ va $E_{sil} = E_{bosh}$ bo'ladi. ACh bu holda oddiy kuchaytirgich rejimida ishlaydi.



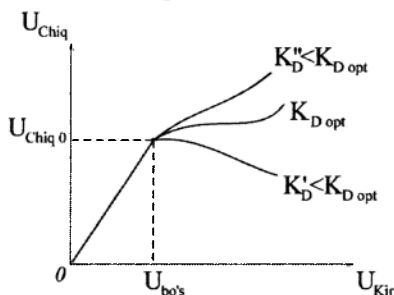
22.17-rasm. O'zgaruvchan siljililishi cheklagichning ishlash diagrammasi

U_{kir} kuchlanish ortganda $E_{ko'sh}$ kuchlanish ortadi va binobarin $E_{ko'sh}$ kuchlanishning qutbi E_{bosh} kuchlanishining qutbiga teskari, E_{sil}

kuchlanishi U_{kir} kuchlanishining katta qiymatlarida kamayadi, i_{chiq} chiqish tokining kesilishi boshlanadi. U_{kir} kuchlanishi qanchalik katta bo'lsa, tranzistor chiqish toki θ kesish burchagi shunchalik kichik bo'ladi.

Shunday qilib o'zgaruvchan siljishli amplitudaviy cheklagichlarda U_{kir} kuchlanish ortganda qandaydir $U_{kir} = U_{bo's}$ qiymatdan boshlab bir vaqtda $i_{chiq. maks}$ tokning ortishi va θ burchakning kamayishi bo'lib o'tadi.

ACHning chiqishiga chiqish toki I_{m1} birinchi garmonikasini ajratuvchi tebranish konturi qo'yiladi, chiqishdagi kuchlanish $U_{chiq} = I_{m1} R_{ekv}$ bo'ladi. $I_{m1} = i_{chiq. max} \cdot \alpha_1(\theta)$ bo'lganligi uchun U_{kir} kuchlanishining ortishi bilan chiqish toki birinchi garmonikasi $i_{chiq. max}$ tokning o'sish sababli ortadi va bir vaqtda θ burchakning kamayishi hisobiga kamayadi, ma'lum sharoitlarda tokning I_m birinchi garmonikasi amplitudasi deyarli o'zgarmaydi.



22.18-rasm. O'zgaruvchan siljitishli cheklagichning amplitudaviy xarakteristikasi

O'zgaruvchan siljitishli cheklagichning amplitudaviy xarakteristikasi 21.18-rasmda keltirilgan AD uzatish koeffitsiyenti $K_D = K_{D.ort}$ bo'lgan AX idealga yaqin bo'ladi $K_D' > K_{D.ort}$ bo'lganida va U_{kir} kuchlanish ortganida $E_{qo'sh}$ kuchlanish $K_{D.ort}$ dagiga nisbatan tezroq ortadi, bunda $i_{chiq. max}$ tok kam o'zgaradi, kesish burchagi esa tez kamayadi. Shuning uchun I_{2m} tok amplitudasi U_{kir} kuchlanish ortganda kamayadi va amplitudaviy xarakteristika kamayib boradigan oraliqqa ega bo'ladi.

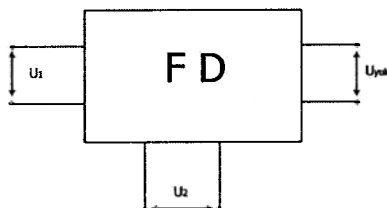
22.9. Fazaviy detektor va ularning turlari

Fazaviy detektorlar – FD, fazalari bo'yicha modulyatsiyalangan signallarning kuchlanishini modulyatsiyalashtirgan nisbatan past chastota signal kuchlanishining qonuniyati o'zgartib beradi.

Detektorlar qutblariga quyidagi signal,

$$U_1 = Um_1 \cos(\omega_1 t + \varphi_1); \quad U_2 = Um_2 \cos(\omega_2 t + \varphi_2) \quad (22.29)$$

berilayotgan olti qutbli deb qaraladi (22.19-rasm).



22.19-rasm. Fazali detektor

U kuchlanishlardan biri, masalan, U_1 detektorlanuvchi, ikkinchisi, ya'ni U_2 tayanch kuchlanishi bo'lib xizmat qiladi. Natijaviy kuchlanish U_1 va U_2 larning o'zaro qo'shiluvi natijasida hosil bo'ladi.

$$U_n = KUm_1Um_2 \cos[(\omega_1 - \omega_2)\tau + (\varphi_1 - \varphi_2)] = KUm_1 \cdot Um_2 \cos \varphi, \quad (22.30)$$

bu yerda, K – mutanosiblik koeffitsiyenti,

U – fazalar ayirmasining niy qiymati. Buni ikkita tarkibiy qismdan, ya'ni U_w ($\omega_1 - \omega_2$) va $U_0 = (U_1 - U_2)$ lardan tashkil topgan deb qarash mumkin. Bulardan birinchisi U_1 va U_2 larning fazalari ayirmasi, ikkinchisi esa ularning boshlang'ich fazalarining ayirmasi deb olinadi. Signallar fazalari bo'yicha modulyatsiyalashgan bo'lishligi uchun $\omega_1 = \omega_2$ shart bajarilishi kerak. Agarda kuchlanishlarning biri fazalari jihatidan $\pi/2$ ga siljigan bo'lsa, u holda chiqimdagi kuchlanish:

$$U_n = KU_m U_{m_2} \cdot \varphi$$

ga teng bo'ladi.

FD larning asosiy xarakteristikasi tenglama (21.30)dan topiladi.
U xarakteristika 19.20-rasmda ko'rsatilgan.

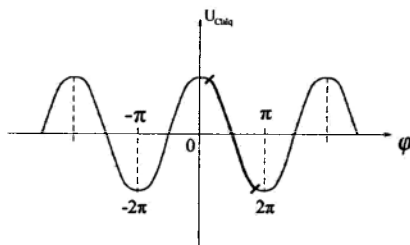
FD larning asosiy parametrlari quyidagilardir:

– xarakteristika tikligi

$$S_{FD} = \frac{dU_{\Omega}}{d\varphi} / \max, \quad (22.31)$$

– kuchlanish bo'yicha uzatish koeffitsiyenti

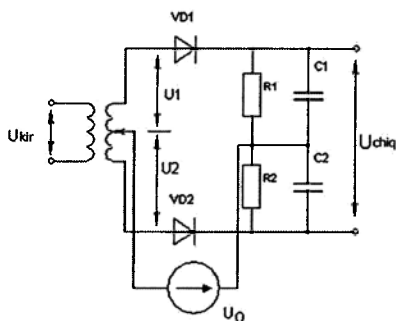
$$K_{FD} = U_{\Omega \max} / U_m. \quad (22.32)$$



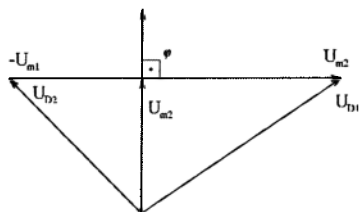
22.20-rasm. Fazali detektorning xarakteristikasi

FD lar orasida ko'proq ahamiyatga ega bo'lganlaridan biri balans FD laridir. Balans FD larning sxemasi 22.21-rasmda ko'rsatilgan.

Detektor kirimiga U_1 va U_2 kuchlanish berilgan bo'lib, ulardan U_1 qarama – qarshi fazali bo'lib, ikkinchisi U_2 sinfazlidir. Diodga tushayotgan kuchlanishning qiymati 22.22-rasmda ko'rsatilgan vektor diagrammasi orqali topiladi.



22.21-rasm. Fazali detektor sxemasi



22.22-rasm. Fazali detektorning vektor diagrammasi

Diod va uni qutblaridagi kuchlanish vektor diagrammasi bo'yicha quyidagilarga teng bo'ladi:

$$U_{D1} = \sqrt{U^2 m_1 + U^2 m_2 + 2U m_1 U m_2 \cos \varphi},$$

$$U_{D1} = \sqrt{U^2 m_1 + U^2 m_2 + 2U m_1 U m_2 \cos \varphi}.$$

Kuchlanish U_D va U_D lar yukda $U\varphi_1 = K_D \cdot U_D$ va $U\varphi_2 = K_D \cdot U_D$ larni hosil qiladi. Bu yerda K_D – amplitudaviy detektorni uzatish koeffitsiyentidir. Tenglama (22.33) ga asosan natijaviy kuchlanish quyidagicha ifodalanadi:

$$U_r = (U_{D1} - U_{D2}) R_n = K_D (\sqrt{U^2 m_1 + U^2 m_2 + 2U m_1 U m_2 \cos \varphi} - \sqrt{U^2 m_1 + U^2 m_2 - 2U m_1 U m_2 \cos \varphi}).$$

Agarda $U_{m2} > U_{m1}$ bo'lsa, tenglama (22.34) dagi U_{m2} ni qavsdan tashqari chiqarib, $(U_{m1} / U_{m2})^2 < 1$ biridan kichik bo'lganligi uchun uni hisobga olmasak, quyidagi tenglamani olamiz:

$$U\varphi = K_D U_{m2} \left[\left(1 + 2 \frac{U_{m1}}{U_{m2}} \cos \varphi \right)^{0.5} - \left(1 - 2 \frac{U_{m1}}{U_{m2}} \cos \varphi \right)^{0.5} \right]. \quad (22.35)$$

Bu tenglamadagi har bir kvadrat qavsdagi hadlarni Nyuton binomi formulasi bo'yicha qatorga yoyib, ularning birinchi hadi bilan chegaralansak, ma'lum o'zgarishlardan keyin detektorning xarakteristikasini aniqlab beruvchi tenglamani olamiz. U tenglama quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi.

Bu tenglamadan shuni aytish mumkinki, ularning xarakteristikalari sinusoidaga yaqin (22.21-rasm). Undan tashqari u signal kuchlanishiga bog'liq. Bu bog'liqlik chiziqlidir.

Chiqishdagi kuchlanish kirishdagi kuchlanishga chiziqli bog'liq bo'lganligi uchun bunday detektorlar amplitudasi bo'yicha modulyatsiyalashtiradigan detektor sifatida ishlatish mumkin. Odatda bunday vazifani o'taydigan detektorlar sinxron detektorlari deb ataladi.

22.10. Chastotaviy detektor va ularning turlari

Chastotaviy detektor – ChD lar ishlash jarayoniga qarab ular chastota-amplitudaviy – ChAD, chastota-fazaviy – ChFD, chastota-impulsli – ChID turlariga bo'linadi.

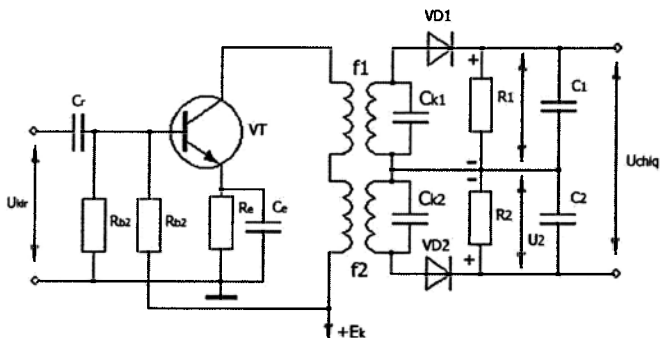
ChD larning asosiy parametri

$$S\varphi_{1D} = \frac{dU_r}{df} / f = f_0, \quad (22.37)$$

xarakteristika tikligidir.

Kirish kuchlanishi o'zgarmay qolganda chiqishdagi kuchlanishning chastotaga bog'liqligini ko'rsatadigan ko'rsatgich ChD larning asosiy xarakteristikasi bo'lib xizmat qiladi. Bu xarakteristikaning chiziqli qismi qanchalik katta bo'lsa, ChD larning ishlash sifati shunchalik yaxshi bo'ladi.

22.23-rasmda ko'proq qo'llaniladigan ChD larning sxemasi ko'rsatilgan.



22.23-rasm. Chastotali detektorning sxemasi

Sxemada konturlarning biri $f_1 = f_0 + \Delta f_0$, ikkinchisi esa $f_2 = f_0 - f_0$ chastotalarda rezonans saqlangan. Demak, har ikki kontur bir-biriga nisbatan garchi simmetrik bo'lsa-da, lekin chastotalari bo'yicha farq qiladi. Bu yerda f_1 qabul qilinayotgan signal chastotasidan bir muncha katta bo'lsa f_2 esa kichikdir. Signal chastotasi ortib borishi bilan u birinchi konturning rezonans chastotasiga yaqinlasha boradi va u ikkinchi konturning chastotasi f_2 dan bir muncha uzoqlashib ketadi. Bu jarayon birinchi konturning kuchlanishi ortib borishiga, ikkinchi konturning kuchlanishi esa kamayib ketishiga sababchi bo'ladi. Bu jarayonning aksi bo'lganda, aniqrog'i signal chastotasi kamaya boshlaganda u ikkinchi konturning chastotasi f_2 dan ga yaqinlasha boradi. Birinchi konturning chastotasi f_2 esa uzoqlashadi. Bu esa ikkinchi konturning kuchlanishi ortib borishiga, birinchi konturning kuchlanishi kamaya borishiga sababchi bo'ladi. Konturlarning kuchlanishi amplitudaviy diod detektoriga beriladi. Natijaviy kuchlanish konturlardagi ikki kuchlanishning o'zaro ayirmasi natijasida hosil bo'ladi. U quyidagicha ko'rsatiladi:

$$U_{\phi} = U_1 - U_2, \quad (22.38)$$

bu yerda, KL – diod detektorining uzatish koeffitsiyenti.

Tenglama (19.38)ni konturlar uchun yozsak, u quyidagilarga teng bo'ladi:

$$U_{\kappa\kappa_1} = U_0 / \sqrt{1 + (2\Delta f_1 / f_1 d\vartheta_1)^2} = U_0 / \sqrt{1 + (\xi_d - \xi_1)^2}, \quad (22.39)$$

$$U_{\kappa\kappa_2} = U_0 / \sqrt{1 + (2\Delta f_2 / f_2 d\vartheta_2)^2} = U_0 / \sqrt{1 + (\xi_{02} - f_1)^2}, \quad (22.40)$$

bu yerda, $\Delta f_1 = \Delta f_0 - \Delta f$; $\Delta f_2 = \Delta f_0 - \Delta f$ signal chastotasi Δf ga og'gan paytdagi konturlarning absolyut nosozlanganligini ko'rsatadi.

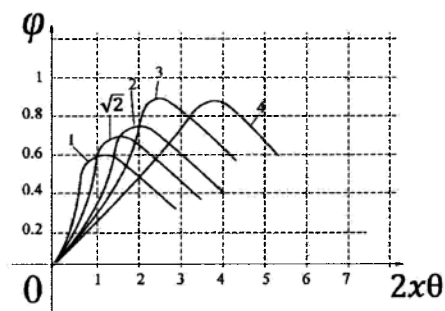
Yuqorida aytilgan fikrlar hisobga olinsa va tenglama (21.39), (21.40) larni (21.38) ga qo'ysak, detektorlarning chiqishidagi kuchlanish uchun ifoda kelib chiqadi:

$$U_\varphi = m_{1m} U_k / \left| Y_{21} \right| \cdot R_{\Sigma \Sigma} \varphi(\xi), \quad (22.41)$$

bu yerda,

$$\varphi(\xi) = 1 / \sqrt{1 + (\xi_0 - \xi)^2}, \quad (22.42)$$

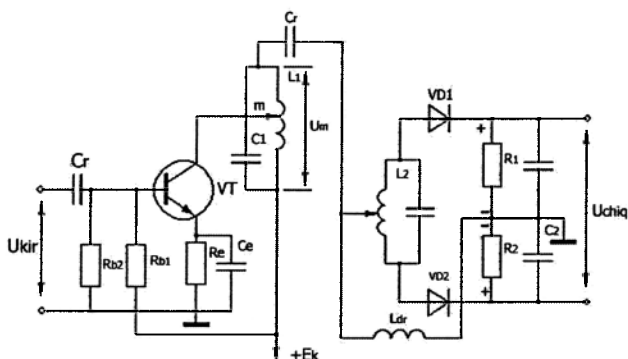
– detektorning normallashtirilgan xarakteristikasi. Bu xarakteristika 22.24-rasmda ko'rsatilgan.



22.24-rasm. Detektorning normallashtirilgan xarakteristikasi

Yuqorida biz ChAD lar bilan tanishdik. Endi ChFD lar bilan qisqacha tanishib chiqamiz.

Tarkibida o'zaro bog'liqli konturi bo'lgan ChD larni, ChFD lar deb ataladi. Bunday detektorlarning sxemasi 22.25-rasmda ko'rsatilgan.

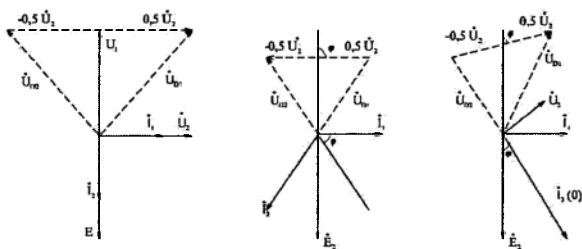


22.25-rasm. Chastota fazaviy-detektor sxemasi

Sxemadagi L_1C_1 va L_2C_2 konturlar signalning o'rtacha chastotasiga sozlangan bo'lib, ular modulyatsiya o'zgartirgichlari vazifasini o'taydi. Modulyatsiya bo'lmaganda ikkinchi konturning kuchlanishi U_2 , birinchi konturning kuchlanishi U_1 ga qaraganda 90° ga oldinga siljigan bo'ladi. Chastota bo'yicha modulyatsiya jarayoni boshlanganda U_1 va U_2 lar bir-birlaridan fazalar siljish burchagi U ga siljigan bo'ladi. Chastota bo'yicha modulyatsiya jarayoni boshlanganda U_1 va U_2 bir-birlaridan fazalar siljish burchagi U ga siljigan bo'ladi. Bu chastota o'zgarishiga mutanosib bo'ladi. Aytilgan bu gaplarni detektorlarning vektor diagrammalari orqali tahlil qilamiz. Vektor diagramma 21.26-rasmda ko'rsatilgan.

Bu diagrammalarni qurish uchun ish U_1 dan boshlanadi (22.26a-rasm). G'altak L_1 va L_2 fazalari bo'yicha U_1 dan 90° a qolib ketadi. Bu tok ikkinchi konturda elektromagnit induksiyasi qonuniga asosan elektr yurituvchi kuch $E = -j\omega MI_1$ ni hosil qiladi. bu E ning ta'sirida, ikkinchi konturda tok I_2 hosil bo'ladi. Rezonans chastotasida bu I_2 tok fazalari bo'yicha E ning fazasi bilan ustma-ust tushadi. I_2 toki, L_2 g'altagida kuchlanish U_2 ni hosil qiladi. Bu

kuchlanish U_2 fazalari bo'yicha I_2 tokidan 90° ga ilgarilab ketadi. Shu sabab rezonans chastotasida U_1 va U_2 lar bir-birlaridan fazalari bo'yicha 90° ga farq qilgan bo'ladi.



22.26-rasm. ChFD ning vektor diagrammasi

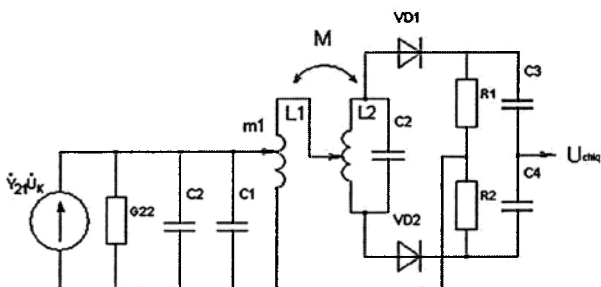
Agarda signal chastotasi rezonans chastotasidan katta bo'lsa, ya'ni $f_c > f_0$ tok I_2 EYuK dan 90° burchagiga qolib ketadi (22.26,b-rasm). Bunga sabab, ikkinchi konturning qarshiligi induktiv xarakterga ega bo'lganligidir. Kuchlanish U_2 hamon tok I_2 ning fazasidan 90° ga ilgarilama ketgan bo'laveradi. Shu sabab U_2 kuchlanish U_1 dan 90° dan katta bo'lgan burchakka ilgarilab ketadi. Xuddi shunday, agarda $f_c < f_0$ bo'lsa, U_1 va U_2 lar orasidagi burchaklar farqi 90° dan kichik bo'ladi (22.26,v-rasm). Shunday qilib chastotaning o'zgarishi birinchi va ikkinchi konturlar kuchlanishlarining fazalari orasidagi siljish burchagi o'zgarishiga olib kelar ekan. Bu kuchlanish fazaviy detektor diodiga beriladi. Bu yerda kuchlanish U_1 diodga sinfazli bo'lib, u tayanch kuchlanishi vazifasini bajaradi. Bu kuchlanish kondensator C_p qutblaridan chiqarib olinadi, kuchlanish U_2 esa, diodga qarama-qarshi fazada qo'yilgan bo'ladi. Har bir dioddagi kuchlanish birinchi kontur kuchlanishi bilan ikkinchi kontur kuchlanishining yarmi geometrik yig'indisi orqali topiladi. Ya'ni $U_\varphi = \left(\left| \dot{U}_{D1} \right| + \left| \dot{U}_{D2} \right| \right) K_D$

Detektor chiqishidagi kuchlanish esa to'g'rilangan kuchlanishlar ayirmasiga tengdir, ya'ni: $U_{D1} = U_{D2}$

Modulyatsiya bo'lmaganda $f = f_o$ bo'ladi. Bu holda chiqishdagi kuchlanish nolga teng bo'ladi va chastota o'zgarishi bilan U_1 va U_2 lar orasidagi siljish burchagi o'zgaradi. Bu esa U_d bilan U_D orasida uning qutblari kirishidagi signal chastotasining qiymati va yo'nalishiga bog'liq bo'ladi.

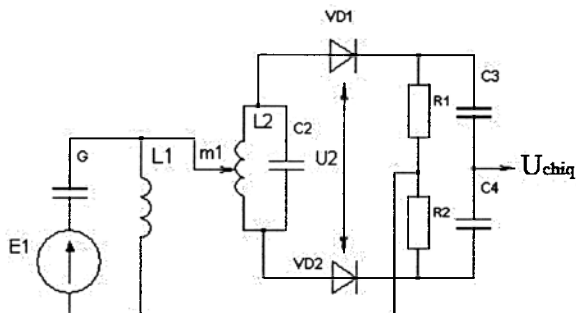
22.11. Chastotaviy detektorlarning tahlili

ChD larni tahlil qilish uchun ularning ekvivalent sxemalaridan foydalanamiz. ChDning ekvivalent sxemasi 22.27-rasmda ko'rsatilgan.



22.27-rasm. ChDning ekvivalent sxemasi

Sxemada 22.27-rasmda ko'rsatilgan tranzistorning chiqishi ekvivalent o'tkazuvchanligi $U_{22} (G_{22} + j\omega C_{22})$ ga teng bo'lgan tok generatori $U_{21} U_K$ bilan almashtirilgan. Sig'im G_{22} , birinchi kontur sozlanishiga, o'tkazuvchanlik G_{22} , ga hamda konturning so'nishiga ta'sir ko'rsatadigan omillarni hisobga oladi. Keltirilgan bu sxemaning manbasi bo'lmish tok generatorini EYuK generatoriga o'zgartiramiz. U holda 22.28-rasmda ko'rsatilgan ekvivalent sxemani olamiz.



22.28-rasm. Tok generatori EYuK generatoriga almashtirilgan ekvivalent sxema

Sxemada, $E = m_1 U_{21} U_k / j\omega C_k$

bu yerda, $S = S_l + m_1^2 S_{22} + Su$

Kirxgof qonuniga asosan tenglamalar tizimini tuzamiz:

$$\dot{E}_1 = \dot{I}_1 \dot{Z}_1 - \dot{I}_2 j\omega M, \quad (22.43)$$

$$0 = \dot{I}_2 \dot{Z}_2 - \dot{I}_1 j\omega M$$

Bu tenglamalarni tokga nisbatan yechamiz.

$$\dot{I}_1 = \dot{E}_1 \dot{Z}_2 / (\dot{Z}_1 \dot{Z}_2 + \omega^2 M^2), \quad (22.44)$$

$$\dot{I}_2 = \dot{E}_2 j\omega M / (\dot{Z}_1 \dot{Z}_2 + \omega^2 M^2),$$

bu yerda,

$$\dot{Z}_1 = p_1(d\dot{\alpha}_1 + jy) \cdot \dot{Z}_2 = p_2(d\dot{\alpha}_2 + jy) \quad (22.45)$$

– konturning qarshiligi.

Diod qutblaridagi kuchlanishlarni topamiz.

$$\dot{U}_{d1} = \dot{I}_1 j\omega L_1 + 0,5 \dot{I}_2 j\omega L_2, \quad (22.46)$$

$$\dot{U}_{d2} = \dot{I}_1 j\omega L_1 - 0,5 \dot{I}_2 j\omega L_2.$$

Kontur parametrlari bir xilda deb faraz qilamiz, ya'ni:

$$C_1 = C_2 = C, \quad L_1 = L_2 = L, \quad de_1 = de_2 = de.$$

Tenglama (22.45) va (22.46) larni tenglama (22.47) ga qo'yamiz.

Agar $W_0 / W = 1$ ning qiymatini hisobga olsak, diod qutblaridagi kuchlanishlar kelib chiqadi, ya'ni

$$\dot{U}_{D1} = m_1 Y_{21} = \rho U k \frac{d + j(Y + 0,5R)}{(d + jY)_2 + R^2}, \quad (22.47)$$

$$\dot{U}_{D2} = m_1 Y_{21} U k \rho \frac{d + j(Y - 0,5R)}{(d + jY)_2 + R^2}. \quad (22.48)$$

Diod qutblaridagi U_D va U_D larning modullarini topib, ularga ma'lum o'zgartishlar kiritib, detektor chiqishidagi kuchlanish topiladi u quyidagilarga tengdir.

$$U\varphi = K_D (|U_{D1}| - |U_{D2}|) = m_1 Y_{21} R \vartheta U k_D \varphi(\xi), \quad (22.49)$$

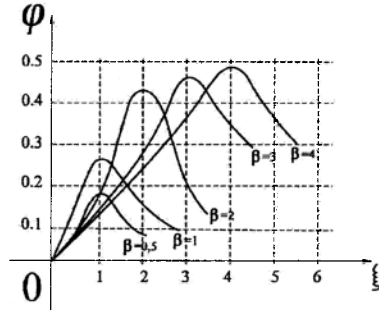
bu yerda,

$$\varphi(\xi) = \frac{\sqrt{1 + (\xi + 0,5\beta)^2} - \sqrt{1 + (\xi - 0,5\beta)^2}}{\sqrt{(1 + \beta^2 - \xi^2)^2 + \varphi\xi^2}}. \quad (22.50)$$

Tenglamadagi ξ va β quyidagilarga tengdir.

$$\xi = U / dj; \quad \beta = R / d. \quad (22.51)$$

Quyidagi $\xi(\varphi)$ bog'lanish detektorlarning normallashtirilgan xarakteristikasidir. Bu xarakteristika koordinat o'qiga nisbatan simmetrikdir. Bu bog'lanish – 22.29-rasmda ko'rsatilgan.



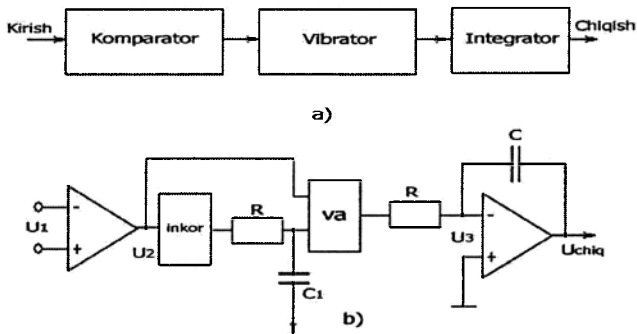
22.29-rasm. Detektorlarning normallashtirilgan xarakteristikallari

22.12. Chastota – impulsli detektorlar

ChID lar chastota bo'yicha modulyatsiyalangan signal impulslar ketma-ketligiga aylantirilib beriladi. Impulslarning takrorlanish soni, ya'ni chastotasi kirish chastotasining o'rtacha qiymatiga nisbatan og'ishiga mutanosibdir. Impulslar soniga mutanosib bo'lgan chiqimdag kuchlanishni impuls hisoblagichlari orqali ham shakllantirib berish mumkin. Bunday detektorlar, odatda impuls hisoblagich detektorlar oilasiga kiradi. Shunday detektorlardan birining sxemasi 22.30-rasmda ko'rsatilgan.

Detektor, asosan, uchta qismdan iboratdir. Ular komparator, vibrator va integratorlardir.

U operatsion kuchaytirgich asosida qurilgan bo'lib, kirish signalini ketma-ket impulsiga aylantirib beradi. Undan chiqayotgan impuls NE-I jarayonini bajaruvchi vibratorga kelib tushadi. Sxemadagi R_1 C_1 NE-I jarayonining vaqtini ta'minlab turadi. Vibrator chiqishidagi impulslar balandligi va uzunligi bir me'yorda turadi.



22.30-rasm. Impulsi detektorning sxemalari: a) strukturaviy sxemasi; b) prinsipial sxemasi.

Chastotasi esa kirishdagi signal chastotasiga mos tushadi. Integrator ham operatsion kuchaytirgich asosida qurilgan bo'lib, u impuls chastotasiga mos tushuvchi kuchlanishni shakllantiradi va bir vaqtning o'zida impulslar ketma-ketligining o'rtacha qiymatini shakllantirib beradi. Bunday detektorlarning afzalligi quyidagilardan iborat:

- detektorlashni yuqori sifatli qilib beradi;
- detektorlashning kirish signalining o'rtacha chastotasi og'ishga bog'liq bo'lmaydi;
- ularni integral sxemada qurish mumkin.

Nazorat savollari

1. Detektor qanday vazifani bajaradi?
2. Qanday signallar diodli detektor uchun kuchsiz hisoblanadi?
3. Detektorlarning qanday turini bilasiz?
4. Detektorni uzatish koeffitsiyenti va kirish qarshiligi deganda nimani tushunasiz?
5. Qanday detektorlar sinxron detektorlari deyiladi?
6. Detektorning ekvivalent sxemasini chizing va uni tushuntiring?
7. Cheklagichlar qanday vazifani bajaradi?

23. RADIOQABUL QILUVCHI QURILMALARNI ROSTLASH

23.1. Rostlashning turlari

Ma'lumki, har qanday qurilmani, jumladan, radio qabul qilish qurilmasining samarali ishlashini oshirish uchun ularga qulay sharoit yaratiladi. Qurilmalarga ishlash sharoitlarini yaxshilash uchun u qurilmalarni tashkil etgan elementlarning qiymatlari, asosiy ko'rsatgichlari va ularning xossa va xususiyatlari turli yo'llar bilan rostlanadi. Rostlash usullari turlichadir. Lekin ular qanday bo'lmasin rostlash usullari ikki katta guruhga ajratiladi.

Birinchi guruhga kiruvchilikning parametrlari rostlash usullari kiradi. Parametrlarni rostlash usullari orqali radiopriyomniklarning chastota va fazaviy xarakteristikalari kerakli me'yorda shakllantiriladi va shu yo'l bilan radio qabul qilish qurilmalarining samarali ishlash qobiliyatini orttiradi.

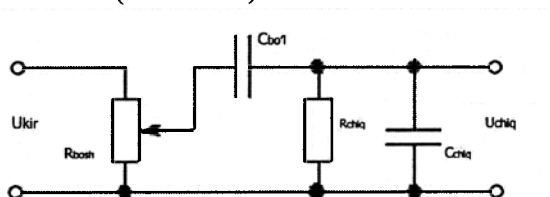
Ikkinchi guruhga qabul qilish qurilmalari elementlarining elektr rejimlarini rostlash usullari kiradi.

Rostlashning birinchi guruhiga signallarni qabul qilish qurilmalarining chastotasi, tanlovchanligi, chastota o'tkazish yo'llarini rostlash kiradi. Rostlashning ikkinchi guruhiga esa elektron asboblarning oldindan tanlangan elektr rejimlarini, ayrim elementlarni talab bo'yicha oldindan o'rnatilgan elektr rejimlarini ta'minlab turish, qabul qiluvchi traktning kuchaytirishini rostlash, ayrim elementlar orasidagi aloqani rostlash va hokazolar kiradi. Bu ikki guruhdan tashqari rostlash ishlab chiqarish texnologik va ekspluatatsion guruhlariga ham bo'linadi. Bu guruhlarning birinchisiga qurilmalarni ishlab chiqarilayotgan hamda ta'mirlayotgan paytdagi rostlashlar kiradi. Bu rostlash asosan qo'lda bajariladi. Rostlashning bu usuli orqali qurilmalarning xarakteristika va parametrlariga qo'yilgan texnik talablar amalga oshiriladi. Bu

rostlash turiga misol tariqasida kontur va filtrlarni rostlash, asboblarning elektrodlariga kerakli bo'lgan kuchlanishlarni o'rnatish, kaskadlararo aloqani sozlash va boshqalarni ko'rsatish mumkin.

23.2. Kuchaytirish ko'effitsiyentini rostlash

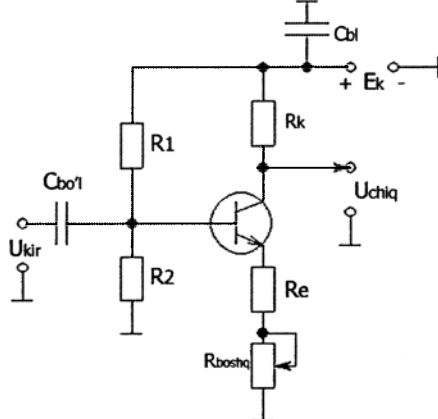
Kuchaytirish ko'effitsiyentini rostlash qo'lda va avtomatik tarzda bajarilishi mumkin. Qo'lda rostlash asosan past chastotali (tovush) va video chastota traktlarida amalga oshiriladi. Tovush kuchaytirgichlarida ovozni past yoki baland qilish potensiometr yordamida rostlanadi (23.1-rasm).



23.1-rasm. Potensiometr orqali ovozni boshqarish

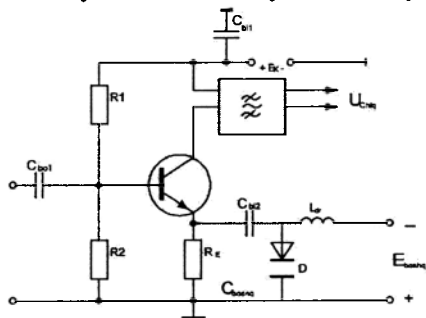
Boshqaruvchi qarshilik (potensiometr) detektorning chiqishi va past chastotali kuchaytirgichning orasiga qo'yiladi. Bundan tashqari keng polosali kuchaytirgichlarda (videosignal kuchaytirgichlari) kuchaytirishni o'zgartirish, boshqariluvchi manfiy teskari aloqa orqali ham amalga oshirilishi mumkin (22.2-rasm). R_{boshq} qarshilikni o'zgartirib, manfiy teskari aloqa qiymatini, ya'ni kuchaytirish ko'effitsiyentini o'zgartirish mumkin. Qarshilik ko'paytirilganda, teskari aloqa ham ko'payadi va kuchaytirish ko'effitsiyenti kamayadi.

Radio va oraliq chastota kuchaytirgichlarida manfiy teskari aloqa vositasida kuchaytirish ko'effitsiyentini boshqarish S_{boshq} sig'im orqali amalga oshiriladi (23.3-rasm).



23.2-rasm. Kuchaytirishni boshqariluvchi manfiy teskari aloqa orqali o'zgartirish sxemasi

S_{boshq} sig'im vazifasini yarim o'tkazgichli diod-varikap bajaradi. Boshqaruvchi kuchlanish oshishi bilan varikap yopila boshlaydi, uning sig'imi kamayadi va buning natijasida manfiy teskari aloqa ko'paygani tufayli, kuchaytirish koeffitsiyenti kamayadi.



23.3-rasm. Kuchaytirishni varikap orqali boshqarish sxemasi

23.3. Kuchaytirish ko'effitsiyentini avtomatik tarzda rostlash

Odatda, kuchaytirish ko'effitsiyentini avtomatik tarzda rostlash radio qabul qilish qurilmalarining oraliq chastota kuchaytirish va video traktida amalga oshiriladi. Qabul qilish qurilmasi yaxshi ishlashi uchun, avtomatik rostlash tizimi uning oraliq chastota kuchaytirgichining (OChK) chiqish signalini doimiy ravishda bir xil qilib turadi.

Ma'lumki, qabul qilish qurilmalarining kirish qismidagi qabul qilinayotgan signal darajasi keng miqyosda o'zgarib turadi. Avtomatik rostlash tizimi, qabul qilgich kirishidagi signal darajasi katta bo'lganda, uning kuchaytirish ko'effitsiyentini kamaytiradi va aksincha signal darajasi kichik bo'lganda ko'paytiradi. Buning uchun avtomatik rostlash tizimi tarkibida boshqarish kuchlanishi (E_{boshq}) radiotraktning signal darajasiga bog'liq bo'lgan qurilma bo'lishi kerak. Bunday qurilma sifatida, qabul qilgichning amplitudali detektori bo'lishi mumkin. Amplitudali detektor radiotrakt signaliga proporsional bo'lgan doimiy (to'g'rilangan) kuchlanish ishlab beradi. Bu doimiy kuchlanish avtomatik rostlash tizimi (ART) orqali signalni kuchaytirish kaskadlariga uzatib, ularni kuchaytirish ko'effitsiyentini o'zgartiradi, ya'ni chiqishdagi signal darajasini bir maromda qilib turadi.

Kuchaytirish ko'effitsiyenti qabul qiluvchi qurilmalar loyihalalanayotgan paytda tanlanadi. Ammo qabul qiluvchi qurilma ekspluatatsiya qilinayotgan paytda chiqishdagi quvvat keng doirada o'zgarib, oldindan tanlangan kuchaytirish ko'effitsiyentiga ta'sir etishi mumkin. Ayrim paytlarda kichik signallarni qabul qilishga mo'ljallangan kuchaytirib beradigan kaskadlar bexosdan katta qiymatli signallarni qabul qilib qolganda, oldindan tanlangan kuchaytirish ko'effitsiyenti, nafaqat ortiqcha, balki ziyonli bo'lib qolishi ham mumkin. Bunday paytlarda qabul qilgichning asosiy ko'rsatgichlari yomonlashib ketadi. Shu bois ham har qanday qabul qilish qurilmasidagi kuchaytirgichlarning kuchaytirish ko'effitsiyentlari rostlanuvchi bo'lishi kerak. Yuqorida qayd

qilinganidek, bu vazifani avtomatik roslash tizimi (ART) bajaradi. ART quyidagi qismlardan iborat: ART detektori, filtr va boshqariluvchi kuchaytirgich.

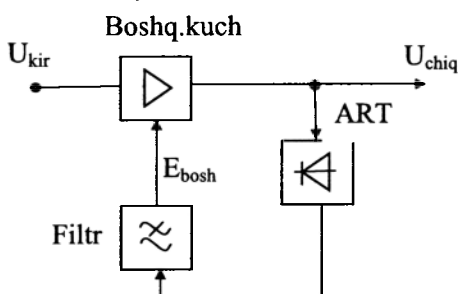
Boshqaruvchi kuchlanish kuchaytirgichga berilishiga qarab, avtomatik roslash tizimi (ART) uch turda bo'lishi mumkin: teskari ART, to'g'ri ART, kombinatsiyalashgan ART.

Teskari avtomatik roslash tizimining sxemasi

Bu sxemada (23.4-rasm) boshqaruvchi kuchlanish E_{boshq} boshqariluvchi kuchaytirgichning chiqish kuchlanishidan hosil qilinadi.

Boshqaruvchi kuchlanish E_{bosh} kuchaytirgichning chiqish qismidan kirish qismi tomon yo'nalgan bo'ladi. Shuning uchun bu avtomatik roslash tizimi teskari ART deyiladi. ART sxemasi faqat detektor va filtdan iborat bo'lsa, u holda u sodda roslash tizimi bo'ladi.

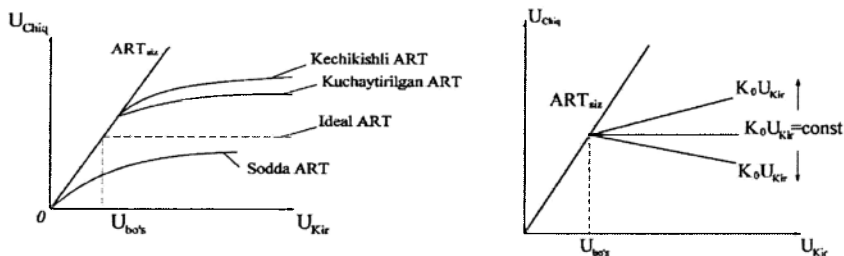
ART zanjiriga detektordan oldin yoki keyin kuchaytirgich ulanishi mumkin. Agar kuchaytirgich detektordan oldin ulansa, u oraliq chastota kuchaytirgichi, keyin ulansa doimiy tok kuchaytirgichi bo'lishi kerak. Yuqori sifatli qabul qilish qurilmalarida, ba'zi hollarda kuchaytirgich detektordan oldin va keyin ham qo'yilishi mumkin. Kuchaytirgichi bor roslash tizimi kuchaytirilgan ART deyiladi.



22.4-rasm. Teskari avtomatik roslashning strukturaviy sxemasi.

Sodda ART tizimining kamchiligi shundan iboratki, u juda kichik signallar qabul qilinganda ham, radiotraktning kuchaytirish

koeffitsiyentini kamaytiradi. Bu kamchilikni yo'qotish uchun kechikish bilan ishlaydigan rostlash tizimi ishlatiladi. Bunday tizimda ART kirishdagi kuchlanish (U_{kir}) ma'lum bir bo'sag'aviy kuchlanishdan ($U_{bo's}$) katta bo'lganda ishlay boshlaydi, ya'ni $U_{kir} > U_{bo's}$ (23.5-rasm).



23.5-rasm. Turli rostlash tizimlarining taqqoslanishi

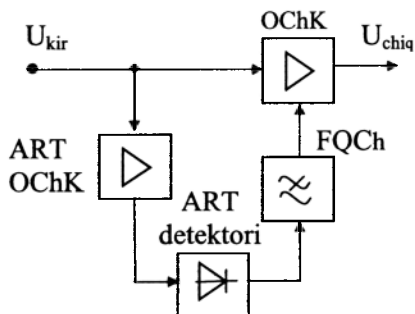
ART zanjiridagi kuchaytirish koeffitsiyenti ko'paygan sari, uning xarakteristikasi ideal xarakteristikaga yaqinlashadi. Teskari ARTning xususiyatlaridan biri shundaki, uning xarakteristikasi ideal bo'la olmaydi.

To'g'ri avtomatik rostlash tizimining sxemasi

Bunday sxemada rostlash tizimi zanjiri boshqariluvchi kuchaytirgichning kirish qismiga ulanadi (23.6-rasm). Boshqaruvchi kuchlanish E_{bosh} , kirishdagi kuchlanishning detektorlanishi natijasida hosil qilinadi. Kirishdagi kuchlanish U_{kir} ko'payganda, ART ning detektori chiqishidagi kuchlanish ham oshadi. Buning natijasida boshqaruvchi kuchlanish E_{bosh} qiymat jihatdan oshib, kuchaytirgichning kuchaytirish koeffitsiyentini kamaytiradi. Chiqishdagi kuchlanish $U_{chiq} = K_0 U_{kir}$ ga teng.

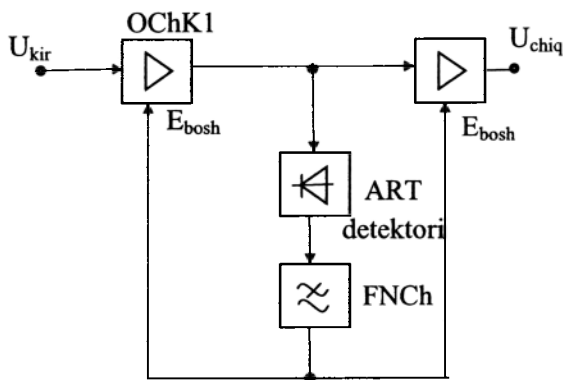
Kirishdagi kuchlanish U_{kir} o'zgarganda, chiqish kuchlanishi doimiy bo'lishi uchun, rostlash tizimi kuchaytirgichning kuchaytirish koeffitsiyentini (K_0) kirishdagi kuchlanishga proporsional ravishda o'zgartiradi.

To'g'ri ARTda ideal boshqarish xarakteristikasini olish imkoni bor (23.7-rasm), lekin uni amalga oshirish ancha qiyin masala.



23.6-rasm. To'g'ri rostlash tizimi

Yuqorida qayd qilingan ART sxemalardan ratsional foydalanish uchun ularni yaxshi tomonlarini (teskari ARTning yuqori turg'unligini va to'g'ri ARTning ideal xarakteristika olish imkoniyatini) mujassamlashtirgan, ya'ni kombinatsiyalashtirilgan usul qo'llaniladi (23.7-rasm).

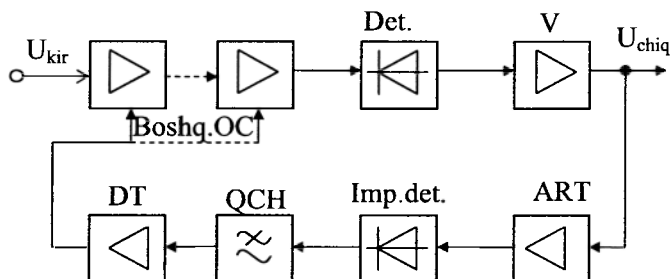


23.7-rasm. Avtomatik rostlash tizimining kombinatsiyalashgan turi

Bu sxemada birinchi kuchaytirgich (OChK1) uchun rostlash tizimi teskari, ikkinchi (OChK2) uchun to'g'ri bo'ladi. Ikkinchi boshqariluvchan oraliq chastota kuchaytirgichi odatda bir kaskadli

bo‘lib, uning asosiy vazifasi birinchi kuchaytirgichning chiqish kuchlanishini rostlab turadi.

Impulsli signallarni avtomatik rostlash tizimining sxemasi 23.8-rasmda keltirilgan.



23.8-rasm. Impulsli signallarni avtomatik rostlash tizimi

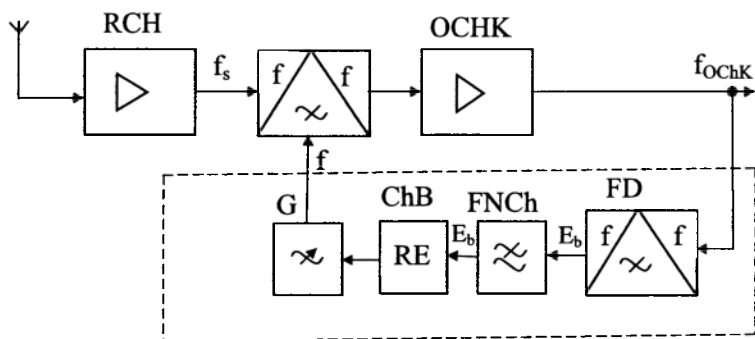
Rostlash tizimi uchun impulsli radiosignal ikki marta detektorlanadi: avval signal bilan birgalikda umumiy impulsli detektorda, keyin esa ART zanjiridagi detektorda. Video kuchaytirgich (VU) ikkala detektor uchun umumiy bo‘lishi mumkin.

23.4. Chastotani avtomatik tarzda rostlash

Chastotani avtomatik rostlash tizimi (ChAR) turli xildagi zararli faktorlar ta’sir qilganda, qabul qilinayotgan signalga aniq sozlash uchun xizmat qiladi. Geterodin (f_{get}) yoki qabul qilinayotgan signal (f_{sig}) chastotasining tasodifiy o‘zgarishi, oraliq chastotaning ($f_{\text{or}} = f_{\text{get}} - f_{\text{sig}}$) o‘zgarishiga olib keladi. Shuning uchun chastotani avtomatik rostlash tizimi (ChAR) geterodin chastotasini ma’lum oraliqda sozlab, f_{or} ni oraliq chastotani kuchaytirish traktini chastotasiga doimiy ravishda teng qilib turadi.

ChAR tizimi uchun qabul qiluvchi qurilmalarda maxsus chastotani rostlash zanjiri kiritiladi. Bu zanjir o‘lchovchi element, filtr va chastotani boshqaruvchi qurilmadan iborat. O‘lchovchi element turiga qarab, rostlash tizimi chastotali avtomatik sozlash ChAS va fazali avtomatik sozlash FAS qurilmasi bo‘lishi mumkin.

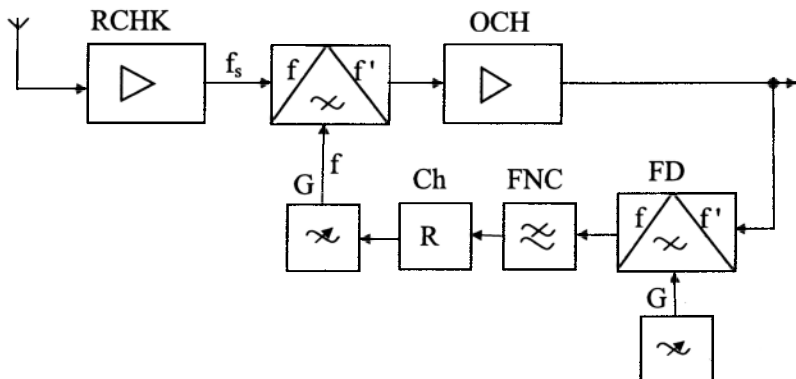
ChAS tizimida o'lchovchi element rostlash tizimi kirishidagi chastota o'zgarishi kuchlanishini etalon qiymatdan qanchalik farq qilishini o'lchaydi. Bu holda o'lchovchi element sifatida chastotali detektor ishlatiladi (23.10-rasm).



23.9-rasm. Chastotali avtomatik sozlash tizimi

Chastotali detektor berilgan nominal oraliq chastotaga (f_{ochk0}) sozlanadi. OChK chiqishidagi oraliq chastota (f_{ochk}) bu nominal chastotaga teng bo'lsa, ya'ni $f_{\text{ochk}} = f_{\text{ochk0}}$ chastotali detektor chiqishidagi kuchlanish nolga teng bo'ladi. OChK chiqishidagi oraliq chastota (f_{ochk}) bu nominal chastotadan farqlansa, detektor chiqishidagi kuchlanish nosozlik qiymatiga proporsional bo'lib, uning ishorasi nosozlik yo'nalishiga bog'liq bo'ladi. Boshqaruvchi kuchlanish quyi chastota filtri (FNCh) orqali o'tib, reaktiv element (RE) parametrini o'zgartiradi. Ko'p hollarda RE chastota boshqargich (ChB) vazifasini o'taydi. Chastota boshqargich (ChB) chastotani boshqaradi. Ko'p hollarda RE sifatida varikap ishlatiladi. Varikap geterodin konturiga ulanadi. Sozlash jarayoni oraliq chastota nominal chastotaga tenglashmaguncha ($f_{\text{ochk}} = f_{\text{ochk0}}$) davom etadi.

Fazali avtomatik sozlash (FAS) tizimi (23.10-rasm) geterodin va tayanch generator (TG) signallarining fazalarini solishtiradi. O'lchovchi element sifatida fazali detektor ishlatiladi.



23.10-rasm. Fazali avtomatik sozlash (FAS) tizimi

Boshqaruvchi kuchlanish E_{bosh} geterodin va tayanch generatorlar signalining fazalar siljishiga bog'liq bo'ladi. FAS tizimining sezgirliги ChASga qaraganda ancha katta bo'lib, chastotaning juda kichik nosozligini sozlaydi.

23.5. Radiosignallarni qabul qiluvchi qurilmalarning o'tkazish oralg'ini rostlash

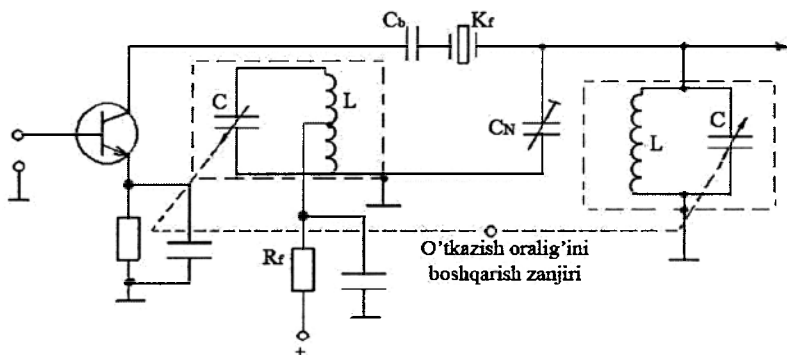
Radiosignallarni qabul qiluvchi qurilmalarda o'tkazish oralg'ini rostlash, spektr kengligi turlicha bo'lgan radiosignallarni qabul qilish uchun qo'llaniladi. Lekin qabul qiluvchi qurilmalarning o'tkazish oralg'ini rostlamasdan, keng spektrli signallarni qabul qilishga mo'ljallab loyihalasa ham bo'ladi. Ammo bu holda, tor polosali signallar qabul qilinganda, ularning xalaqitbardoshligi kichik bo'ladi. Chunki keng o'tkazish oralg'i foydali tor polosali signallar bilan birgalikda shovqin-xalaqitli signallarni ham o'tkazadi. Shuning uchun o'tkazish oralg'ini signalni sifatli qabul qilishni ta'minlaydigan darajagacha kamaytirish maqsadga muvofiq bo'ladi. Ba'zi hollarda shovqin-xalaqitlar darajasi katta bo'lganda, signalni qabul qilish uchun o'tkazish oralg'ini yanada kamaytirish kerak bo'ladi, ya'ni rostlash kerak bo'ladi. Lekin bu holda qabullash sifati kamayishi mumkin. Umuman olganda, o'tkazish oralg'ini

rostlash qo'lda yoki avtomatik tarzda amalga oshirilishi mumkin. Lekin hozirgi paytda faqat qo'lda rostlash ko'proq ishlatiladi, chunki shu paytgacha mavjud bo'lgan avtomatik rostlash tizimlari juda ham murakkabdir. Bundan tashqari ularning ishlash faoliyati deyarli turg'un emas.

O'tkazish oralig'ini polosali filtrlarni almashtirish yoki ularning ko'rsatkichlarini o'zgartirish usuli bilan rostlash mumkin. Agar qabul qilgichda turlicha o'tkazish oralig'i lozim bo'lsa, u holda konstruktiv jihatdan birin-ketin OChK traktiga ulanadigan bir nechta filtrlarni ishlatish ancha qulay bo'ladi. Ba'zi hollarda butunlay OChK trakti jilgichlar yordamida o'zgartiriladi.

Yuqorida qayd qilingan filtrlar sifatida hozirgi paytda kvarsli filtrlar keng ishlatilmoqda.

Kvars tebrantirgichlarining aslligi ($Q = 10^6 \dots 10^8$) juda yuqori bo'lganligi uchun, OchK chastotasi katta bo'lgan holda qabul qilgichlarni o'tkazish oralig'ini kichik qilish mumkin bo'ladi.

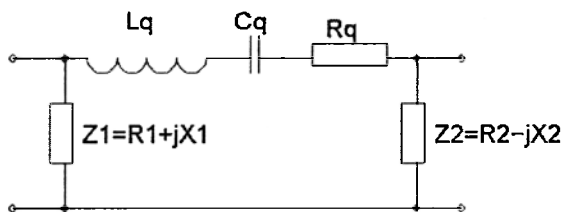


23.11-rasm. Kvarsli filtrning sxemasi

Kvarsli filtrning sxemasi 23.11-rasmda keltirilgan. Bunday filtr ikkita parallel rezonans konturdan iborat bo'lib, ular bir-biri bilan kvars tebrantirgichi orqali bog'langan. Bu konturlar orasidagi aloqa faqat kvars (K_f) orqali bo'lishi uchun, sxemaga neytralizatsiya zanjiri (C_N) kiritilgan. Bu zanjir kvars tebrantirgichning C_0 statik

sig'imini va uning tashqi kontaktlari hamda qobig'i (qopqog'i) sig'imlarini neytralizatsiya qiladi.

Kvars tebrantirgichi LC konturlar bilan birgalikda tebranish tizimini tashkil etadi. Bu tebranish tizimini o'tkazish oralig'i faqat kvars tebrantirgichiga emas, balki konturlarning rezonans qarshiligiga ham bog'liq bo'ladi. Agar konturlar OChKni signaliga rezonans qilib sozlangan bo'lsa, ular maksimal mumkin bo'lgan ekvivalent qarshiliklar R_{e1} , R_{e2} ga ega bo'lishadi. Konturlarning reaktiv qarshiliklari teng va ularning ishorasi qarama-qarshi bo'lishi uchun, bitta murvat bilan nosozlikka keltirilsa, bog'langan konturlar tizimi rezonansga sozlanadi. Ularning aktiv qarshiliklari R_1 , R_2 o'zaro teng bo'ladi va R_{e1} , R_{e2} ga nisbatan nosozlik oshishi bilan kamayadi. Kvarsli filtrning ekvivalent sxemasi 23.12-rasmda keltirilgan.



23.12-rasm. Kvarsli filtrning ekvivalent sxemasi

Konturlarning to'liq qarshiligini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$Z_1 = R_1 + jX_1; \quad Z_2 = R_2 - jX_2. \quad (23.1)$$

Sxemadagi L_q , C_q , r_q – kvars tebrantirgichning induktivligi, sig'imi, aktiv qarshiligi.

Kvars tebrantirgichi va ikki konturdan tuzilgan ketma-ket zanjirning to'liq qarshiligi quyidagicha aniqlanadi:

$$Z = r_q + 2R + j(\omega L_q - 1/\omega C_q). \quad (23.2)$$

Kvars filtri zanjirida $2R$ qarshilikning mavjudligi, kvars filtrining ekvivalent aslligini kamaytiradi. Buning natijasida o'tkazish oralig'i ham kamayadi. O'tkazish oralig'ining maksimal qiymati konturlarni rezonansga sozlangan paytda bo'ladi, chunki bu holda konturlar qarshiligi $R_1 = R_2 = R_{\text{maks}}$ bo'ladi. Konturlar nosozlikka keltirilganda, ularning aktiv qarshiliklari va o'tkazish oralig'i kamayadi. Shu tariqa o'tkazish oralig'ini boshqarish mumkin.

23.6. Rostlash zanjiri elementlarining asosiy xarakteristikalari

O'lchov elementlari

Rostlash tizimlarida o'lchov elementlari sifatida chastota yoki fazaviy detektorlar ishlatiladi.

Chastotaviy detektorlarda uning chiqimidagi kuchlanish chastotaning o'z nominal qiymatidan o'zgarib qolgan qiymatining funksiyasi, fazaviy detektorlarida esa, ularning chiqimidagi kuchlanish o'zaro taqqoslanayotgan to'lqinlarning siljish fazalarining funksiyasi bo'ladi. Bu detektorlarning o'ziga xos xususiyatlaridan biri ularda tayanch kuchlanishi bo'lishidir. Bu tayanch kuchlanishi o'lchov elementlarining etalon chastotasi vazifasini o'taydi.

Yuqorida nomlari zikr etilgan detektorlarning asosiy xarakteristikalarini qayta yodga tushiramiz.

– Xarakteristikaning qiyaligi:

$$S_{C \square D} = \frac{dU_D}{df}, \Delta f = 0. \quad (23.3)$$

(23.3) ni chastotaviy detektorlarining uzatish funksiyasi deb ataladi. Tenglamadagi ni detektor xarakteristikasining ikki ekstremumi orasidagi chastota o'tkazish yo'li deb ataladi. Bu yo'l oralig'ida statik xarakteristika to'g'ri chiziqli deb qaraladi.

Fazaviy detektor xarakteristikasining qiyaligi quyidagicha topiladi:

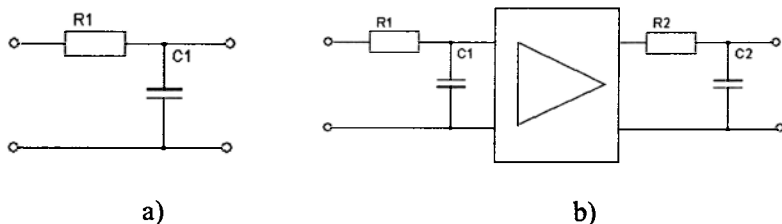
$$S_{FD} = \frac{dU_D}{d\phi}, \Delta\phi = \pi/2. \quad (23.4)$$

(23.4) fazaviy detektor elementlarining uzatish funksiyasi bo'lib xizmat qiladi. Fazaviy detektorlarning bu xarakteristikasi $\pi/2$ yo $3\pi/8$ oralig'ida chiziqli deb olinadi. Bu uzatish funksiyasi ayrim paytlarda fazaviy uzatish funksiyasi deb ham ataladi. Lekin o'lchov elementlari ChAR tizimlarida chastota og'ishi o'lchanganligi sababli bu uzatish funksiyasining chiqimdagi kuchlanishi chastota og'ishiga bo'lgan nisbati deb ham qaraladi. Chunki bu funksiya chastotaviy detektorlarning uzatish funksiyasiga o'xshash bo'ladi.

Filtr

Chiqimdagi kuchlanishning yuqori chastotali tashkil etuvchisi geterodinning ishchi holatiga salbiy ta'sir etishli tufayli bu tashkil etuvchini yo'qotishga harakat qilinadi. Bu tashkil etuvchini yo'qotish uchun filtrlar ishlatiladi. Filtrlar RC zanjiridan tashkil topgan bo'lib, bir yoki ko'p zvenoli bo'ladi va ular quyi chastotali filtrlar deb ataladi.

Quyi chastotali filtrning sxemasi 23.13-rasmda ko'rsatilgan.



23.13-rasm. Quyi chastota filtrining sxemasi:

a) bir zvenoli; b) ko'p zvenoli.

O'zgarmas tok kuchaytirgichlarida rostlash zanjirining yuki filtr vazifasini ham bajaradi. Agarda o'lchov elementining vaqt doimiyligi deyarli katta bo'lsa, ChARning inersionlik xossasi RC zvenolariga bog'liq bo'lib qoladi. Bu bog'liqlik rostlovchi elementga ham tegishli bo'ladi.

O'zgarmas tok kuchaytirgichi

ChAR tarkibida o'zgarmas tok kuchaytirgichning bo'lishiga sabab rostlovchi elementning normal ishlashi uchun unga kirish kuchlanishining aniq bir qiymatga, faqatgina o'zgarmas tok kuchaytirgichi orqali erishish mumkin.

Rostlovchi

Odatda, geterodin chastotasini rostlovchi qurilma orqali moslab turiladi. Rostlovchilarning ishlash jarayonlariga qarab elektron, elektromexanik va termik turlarga bo'linadi.

Elektron rostlovchilarga reaktiv lampalar kiradi. Bundan tashqari egri chiziq xarakteristikali kondensatorlar, induktivliklar ham kirishi mumkin. Egri chiziq xarakteristikali sig'imlar, garchi konturni keng doirada sozlab tursa-da, lekin u haroratga chidamsizdir. Bu kamchilikni yo'qotish maqsadida hozirgi paytda yarim o'tkazgich diodlarning r-p o'tish oralig'idagi sig'imdan foydalaniladi.

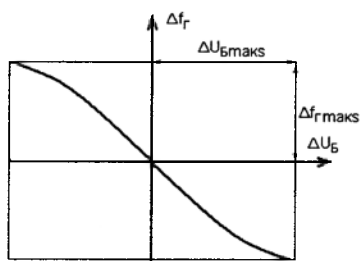
Elektromexanik rostlovchilarda geterodinning chastotasi elektromexanik uzatmalar orqali rostlanadi. Lekin bunday rostlovchilar haddan tashqari inersionlidir.

Termik rostlovchilar, asosan, yuqori chastotali klistronlarda ishlatiladi. Ularning chastotasini maxsus isitgichlar orqali harorat o'zgartirilib klistronning kamerasing o'lchamlari o'zgartiriladi va shu orqali klistronning chastotasi rostlanadi.

Boshqarib yoki rostlab beruvchi qurilma qanday bo'lmasin ularning samarali ishlashini ko'rsatadigan omil – bu rostlanuvchi generatorning chastota o'zgarishini rostlovchining kuchlanishiga nisbatan bog'liqligini ko'rsatadigan xarakteristikasidir. U xarakteristikaning analitik ifodasi quyidagichadir:

$$\Delta f_g = F(\Delta U_b).$$

Bu xarakteristikaning grafik ko'rinishi 23.14-rasmda ko'rsatilgan.



23.14-rasm. Rostlovchining statik xarakteristikasi

Bu statik xarakteristika orqali rostlovchining quyidagi parametrlarini topish mumkin:

– xarakteristikaning qiyaligi

$$S_B = \frac{d\Delta f_r}{d\Delta U_B}. \quad (23.5)$$

Bu parametr chastota moslashuvini qanday samarada o‘tayotganligini ko‘rsatadi.

– Rostlanuvchi generator chastotasining maksimal o‘zgarishi topiladi;

– Rostlovchi kuchlanishning maksimal qiymati topiladi.

Bu statik xarakteristika umumiy holda chiziqlidir.

Nazorat savollari

1. RQQQlarda qo‘llaniladigan rostlashlar turlarini aytib chiqing.
2. Chastotani rostlash usullarini keltiring va ishlash prinsipini tushuntiring.
3. Rostlash zanjiri elementlarining asosiy parametrlari.
4. Kuchaytirishni rostlash usullarini keltiring va ishlash prinsipini tushuntiring.
5. Avtomatik rostlash xususiyatlari.
6. KARning tarkibiy sxemasini keltiring va ishlash prinsipini tushuntiring.

1. A — antenna
2. ACh — amplituda cheklagichi
3. AChX — amplituda-chastota xarakteristikasi
4. AD — amplituda detektori
5. AEEYu — aks ettirish effektiv yuzasi
6. AIM — amplituda impuls modulyatsiyasi
7. AM — amplituda modulyatsiyasi
8. AMb — axborot manbai
9. AO — axborot oluvchi
10. ARO' — analog raqam o'zgartirgich
11. AYD — antenna yo'naltirilganlik diagrammasi
12. ChBA — chastota bo'yicha ajratish
13. ChChM — chiziqli chastota modulyatsiyasi
14. ChFAS — chastotani fazaviy avtomatik sozlash
15. ChIM — chastota impuls modulyatsiyasi
16. ChM — chastota modulyatsiyasi
17. ChAR — chastotani avtomatik tarzda roslash
18. Ch O'z — chastota o'zgartirgichlari
19. DK — dekodeer
20. Dm — demodulyator
21. F — filtr
22. FChX — faza chastota xarakteristikasi
23. FD — faza detektori
24. FIM — faza impuls modulyatsiyasi
25. FM — faza modulyatsiyasi
26. G — geterodin, generator
27. IKM — impuls kod modulyatsiyasi
28. IM — impuls modulyatsiyasi

- | | | |
|-----|--------|--|
| 29. | K | – koder |
| 30. | KAB | – kuchaytirishni avtomatik boshqarish |
| 31. | KIM | – kenglik impuls modulyatsiyasi |
| 32. | KKR | – kuchaytirish koeffitsiyentini rostdash |
| 33. | KQ | – kuchaytirish qurilmasi |
| 34. | M | – modulyator |
| 35. | MF | – moslashgan filtr |
| 36. | O‘YuCh | – o‘ta yuqori chastota |
| 37. | OChF | – oraliq chastota filtri |
| 38. | OChK | – oraliq chastota kuchaytirgichlari |
| 39. | OK | – operatsion kuchaytirgich |
| 40. | PChF | – past chastotalar filtri |
| 41. | PChK | – past chastotalar kuchaytirgichi |
| 42. | QQ | – qabullash qurilmasi |
| 43. | RAO‘ | – raqam analog o‘zgartirgich |
| 44. | RChK | – radio chastota kuchaytirgichi |
| 45. | REV | – radioelektron vosita |
| 46. | RQQ | – radioqabullash qurilmasi |
| 47. | RTT | – radiotexnik tizim |
| 48. | RUQ | – radiouzatish qurilmasi |
| 49. | S/X | – signal xalaqit nisbati |
| 50. | ShSS | – shovqinsimon signal |
| 51. | SXN | – signal xalaqit nisbati |
| 52. | TG | – tayanch generatori |
| 53. | TQ | – taqqoslash qurilmasi |
| 54. | VAX | – volt-ampere xarakteristikasi |
| 55. | XM | – xabar manbai |

Aloqa vositalari

ingl: communication tools

rus: средства связи

Elektr aloqasi xabarlarini yoki pochta jo'natmalarini shakllantirish, ishlov berish, uzatish yoki qabul qilib olish uchun foydalaniladigan texnika vositalari, shuningdek, aloqa xizmatlarini ko'rsatishda foydalaniladigan binolar, inshootlar yoki odam yashamaydigan xonalar, boshqa texnika vositalari.

Analog

ingl: analog

rus: аналоговый

Uzluksiz shaklda aks etuvchi to'xtovsiz o'zgaruvchi fizikaviy kattaliklar yoki ma'lumotlar hamda ushbu ma'lumotlardan foydalanuvchi jarayonlar va funksional qurilmalarga tegishli ta'rif.

Analog modulyatsiya

ingl: analog modulation

rus: аналоговая

модуляция

Nurlanuvchi tebranish parametrlari (amplituda, chastota, faza) modulyatsiyalovchi kirish signalining amplitudasiga proporsional o'zgaradigan modulyatsiya usuli.

Analog signal

ingl: analog signal

rus: аналоговый сигнал

To'xtovsiz o'zgaruvchi elektr kuchlanish yoki elektr toki shaklidagi axborot tashuvchisi.

Vaqt davomida o'zgaruvchan analog signalning amplitudasi tashuvchi axborotning miqdoriga mos bo'lib, odatda o'lgangan fizik kattalikni bildiradi, masalan, harorat, tezlik va h.k. Analog signalni tashuvchi axborotga kompyuterda ishlov berish uchun analog-raqamli o'zgartirgich zarur.

Antenna

ingl: antenna

rus: антенна

Radiochastota signallarini uzatish va/ yoki qabul qilib olish uchun mo'ljallangan qurilma. Antennalar alohida chastota uchun ishlab chiqilib, odatda dizayni, tuzilishi va joylashishi bo'yicha farq qiladi.

**Antenna
yo'naltirilganlik
diagrammasi**
ingl: diagram of the
directivity antenna
rus: диаграмма
направленности
антенны

Antenna elektromagnit maydon
amplitudasi kuchlanishining burchak
 $Ye(\varphi)$ ning ikki o'zaro ortogonal yuzada
ma'lum masofadagi uzoq hududda
taqsimoti.

**Antenna-fider
qurilmasi**
ingl: antenna feeder
device
rus: антенно-фидерное
устройство
Asosiy polosa kanali
ingl: baseband channel
rus: основополосный
канал

Antenna va radiouzatkich chiqishi
(radioqabul qilgich kirishi) hamda
antennaning kirishi (chiqishi) o'rtasidagi
barcha konstruktiv elementlar.

Asosiy polosa signali
ingl: baseband signal
rus: основополосный
сигнал

Signal modulyatsiya qilinmasdan
uzatiladigan fizik kanal. Eng sodda
vositalar: o'ralgan juft yoki yassi
ekranlanmagan kabel asosida yaratiladi.
Ko'rilayotgan kanalning nomi asosiy
polosa signali, ya'ni modulyatsiyasiz,
asosiy polosada (kenglikda) uzatilayotgan
signal nomidan kelib chiqqan.

Dastlabki shaklda, modulyatsiya bilan
o'zgartirilmay, uzatilayotgan signal.

**Asosiy polosadan
tashqaridagi
radionurlanishlar**
ingl: out-of-band
emission
rus: внеполосное
радиоизлучение

Radiouzatkich nurlatadigan radiosignal
asosiy polosasidan tashqarida,
modulyatsiya jarayonida, radiotrakt
amplituda-chastota xarakteristikasining
nohiziqliligi va modulyatsiyalovchi
signalning talab darajasidagidan
farqlanishi natijasida paydo bo'luvchi
spektr tashkil etuvchilari.

Asosiy radionurlanish
ingl: main radio emission
rus: основное
радиоизлучение

Radiouzatkichning radiosignal uzatishi uchun kerakli chastotalar polosasida radionurlatish.

Asosiy raqamli kanal
ingl: primary digital
channel
rus: основной
цифровой канал

64 Kbit/sekund tezlikda signallar uzatishga mo'ljallangan namunaviy raqamli kanal.

Attenyuator
ingl: attenuator
rus: аттенюатор

Kirishdagi signalning quvvati yoki kuchlanishi o'zgarmas bo'lganda chiqish signalini berilgan son marta kamaytirishga imkon beradigan radiotexnik qurilma.

Blokirovkalash
ingl: locking
rus: блокировка

1. Obyektni ajratib qo'yish, uni muayyan amallarni bajarishga to'sqinlik qiladigan holatga keltirish.

2. Obyektlarning birgalikda ishlatiladigan resursdan foydalanishini nazorat qilish mexanizmi. Bir tarafdand, blokirovkalash noxush holatlardan saqlanish tadbiridir. Boshqa tarafdand, axborot tizimida yoki tarmoqda vujudga kelgan noxush holatni blokirovkalash deb tushuniladi.

3. Umumiy foydalanishdagi ma'lumotlar bazasida, turli foydalanuvchilar tomonidan bir xil ma'lumotlardan bir vaqtda foydalanish va o'zgartirishlarni nazorat qilish mexanizmi.

Bostirish
ingl: suppression
rus: подавление

Qandaydir noxush effektlar paydo bo'lishining oldini olish, masalan, foydali signallarni qabul qilishda to'siq va shovqinlarning salbiy ta'sirini yo'qotish.

Varaktor
rus: варактор

O'YuCh diapazonida ishlash uchun mo'ljallangan varikap.

Garmonikalaridagi radionurlanishlar
ingl: radio emission on harmonic
rus: радиоизлучение на гармонике

Asosiy radionurlatish chastotasidan butun son marotaba katta chastotalardagi ikkilamchi radionurlanishlar.

Generator
ingl: generator
rus: генератор

1. Mexanik energiyani elektr energiyasiga aylantirib beruvchi qurilma.
2. Muttasil signal chiqaradigan qurilma.

Geterodin
ingl: heterodyne
rus: гетеродин

Radio qabul qilgichdagi chastotani o'zgartirish uchun qo'llaniladigan garmonik tebranishlar generatori.

Geterodin radionurlanishi
ingl: radio emission of heterodyne
rus: радиоизлучение гетеродина

Radioqabullash qurilmasi geterodining radiotebranishlari natijasida paydo bo'ladigan zararli (keraksiz) radionurlanishlar.

Gidrometeorlar
ingl: hydrometeors
rus: гидрометеоры

Suv tomchilarining yoki muz parchalarining konsentrasiyasi shaklida atmosferada borligi yoki yer ustiga tushuvchi namliklar. Asosiy gidrometeorlarga qor, yomg'ir, bulut, do'l, shudring va h.k. kiradi.

Diskret
ingl: discrete
rus: дискретный

Ramzlar kabi alohida elementlardan iborat bo'lgan ma'lumotlar yoki aniq ko'rsatilgan qiymatlarning chekli soniga ega bo'lgan fizik miqdorlarga, shuningdek, jarayonlar va ushbu ma'lumotlardan foydalanuvchi funksional moslamalarga tegishli ta'rif.

Diskretlash chastotasi

ingl: sampling rate

rus: частота

дискретизации

Vaqtida uzluksiz signalning diskretlanishida (xususan, analog-raqamli o'zgartirgich tomonidan) uning hisobotlarini olish chastotasi. Gerslarda o'lchanadi. Diskretlash chastotasi qanchalik katta bo'lsa, diskret signalida shunchalik keng signal spektri taqdim etilishi mumkin.

Dupleks uzatish

ingl: duplex transmission

rus: дуплексная

передача

Axborotni ikkala yo'nalishda navbatma-navbat (yarim dupleks) yoki ikkala yo'nalishda bir vaqtning o'zida (to'liq dupleks) uzatish.

Duplekslash

ingl: duplexing

rus: дуплексирование

Abonentlar o'rtasida ikki tomonlama aloqani tashkil qilish. Bunda har biri orqali axborot faqat bitta yo'nalishda uzatilishi mumkin bo'lgan, fizik jihatdan bog'liq bo'lmagan ikkita simpleks kanaldan foydalaniladi. Amaliyotda ikki xil – qabul qilish va uzatish kanallarini chastota (FDD) va vaqt (TDD) bo'yicha ajratilgan duplekslash qo'llaniladi.

Zararli (keraksiz)**radionurlanish**

ingl: unwanted radio emission

rus: нежелательное

радиоизлучение

Radioelektron vosita, uning tarkibiy qismlarining axborotni uzatish, qabullash va uni buzish uchun maxsus shakllantirilmagan radionurlatishlar.

Ikkilamchi**nurlanishlar**

ingl: spurious radiation

rus: побочное

излучение

Radiouzatkich yuqori chastotalar traktida nochiziqli jarayonlar natijasida kelib chiquvchi va asosiy chastotadan karrali marotaba katta (garmonikalar va subgarmonikalar); foydali signal va geterodin kombinasiyasi chastotalari; foydali signal va bir yoki bir necha xalaqit

signallar intermodulyatsion chastotasi yoki zararli ikkilamchi xalaqit signal chastotasida hosil bo'ladigan radionurlanishlar.

Ikkilamchi radionurlanishlar
ingl: spurious radiation
rus: побочное радиоизлучение

Radiouzatish qurilmasidagi turli nochiziqli jarayonlar natijasida (modulyatsiya jarayonidan tashqari) paydo bo'luvchi tebranishlarning radiouzatkich antenasi orqali nurlanishi.

Impuls
ingl: pulse
rus: импульс

Amplitudasi noldan nisbatan qisqa vaqt oralig'i mobaynida farq qiladigan diskret signal. Impuls signalning frontlar deb ataladigan o'sish va pasayish uchastkalari impuls shaklini belgilaydi. Impuls shakli to'g'ri burchakli, uchburchak yoki eksponensial bo'ladi.

Impuls-kodli modulyatsiya
ingl: pulse-code modulation (PCM)
rus: импульсно-кодовая модуляция

Modulyatsiya usuli, unga ko'ra, analog signal qat'iy uzunlikdagi ketma-ket uzatiladigan n-razryadli (odatda $n=8$), kodli so'zlardan iborat raqamli ma'lumotlar oqimiga aylantiriladi. Tovushni uzatish 64Kbit/c tezlik hamda kompanderlash bilan amalga oshiriladi. Impuls-kodli modulyatsiya yordamida o'zgartirilgan tovush signalining sifati yuqori bo'ladi.

Impulsli radiouzatkich
ingl: impulsive radio transmitter
rus: импульсный радиопередатчик

Elektromagnit to'lqinlarni kichik davomiylikdagi (ko'pincha mikrosekunddan qisqa) impulslar bilan nurlantiruvchi uzatkich. Impulsli radiouzatkich nisbatan kichik beriladigan quvvatda impulsli katta quvvat beradi. Impulsli radiouzatkich radiolokatsiyada

va radionavigatsiyada, impulsli radio masofani o'lhagichlarda, shuningdek, impulsli radioaloqada foydalaniladi.

**Intermodulyatsion
radionurlatish**

ingl: intermodulation
emission

rus:

интермодуляционное
радиоизлучение

Radiouzatish qurilmasi yuqori chastota trakti nochiziqli elementlariga generatsiya qilinayotgan radiotebranishlar va tashqi elektromagnit maydon yoki radiotebranishlar o'zaro ta'siri natijasida yuzaga keladigan ikkilamchi nurlanishlar.

Ishonchlilik

ingl: reliability

rus: надежность

O'rnatilgan vaqt davomida tizimning o'z vazifalarini bajara olish qobiliyati. Ishonchlilikni baholash uchun ham hisob-kitoblar asosidagi, ham statistik (sinovlar jarayonida olingan) xarakteristikalar qo'llaniladi va ular odatda, qurilmani ishga layoqatli holatda bo'la olish vaqtining foizi sifatida aniqlanadi. Ishonchlilikning asosiy ko'rsatkichlari: buzilishgacha o'rtacha ishlash muddati, o'rtacha tiklash vaqti va boshqalar.

Kanal

ingl: channel

rus: канал

Signal yoki ma'lumotlar uzatish vositasi yoki yo'li. Signallarni uzatish vositasi fizik kanal deb ataladi. Ma'lumotlar manbadan uni qabul qiluvchiga uzatiladigan yo'lni mantiqiy kanal aniqlab beradi. Kanallar ikki klassni farqlashadi: asinxron va sinxron. Sinxron kanalda amalga oshirilayotgan uzatish jarayonini sinxronlashtirish ta'minlangan bo'ladi. Asinxron kanal shu bilan ajralib turadiki, u orqali ma'lumotlar uzatishda jo'natuvchi va qabul qiluvchi ishlari sinxronlashtirilmaydi. Uzatilayotgan signallarning shakliga qarab kanallar analog va diskret turlarga bo'linadi.

Signallarni uzatish usuliga qarab kanallar bir necha turlarga bo'linadi – simpleks, yarim dupleks, dupleks kanallar.

Kvantlagich

ingl: quantizer

rus: квантователь

Analog signalni raqamli signalga aylantirish uchun mo'ljallangan qurilma. Kvantlagich diskret signalning qiymatlari kattaligini unga yaqin bo'lgan diskret sathlardagi qiymatlari bilan almashtiradi.

Kvantlash

ingl: quantization

rus: квантование

1. Biror bir uzluksiz kattalik qiymatlari kengligini chekli bir-biri bilan kesishmaydigan oraliqlarga bo'lish.
2. Ma'lumotlarni uzluksiz shakldan diskret shaklga o'tkazish amali.

Kvantlash qadami

ingl: quantization step

rus: шаг квантования

Ikkita qo'shni kvantlash darajasi o'rtasidagi farq. U yoki bu kvantlash qadami chegarasida signalni uning yuqori qiymatiga mos keladigan darajagacha yaxlitlash amalga oshiriladi.

Kvantlash xatosi

ingl: quantization error

rus: ошибка

квантования

Chiqish (kvantlangan) va kirish (analog) signallari shakllarining muvofiq kelmasligi. Kvantlash qadami kattaligiga va diskretlash chastotasiga bog'liq.

Kvantlash shovqini

ingl: quantization noise

rus: шум квантования

Kvantlash jarayonida yuzaga keladigan hamda additiv tarzda tiklangan foydali signal bilan qo'shiladigan qo'shimcha shovqinli signal. Bu xil buzilishlarni bartaraf etib bo'lmaydi, lekin uning kattalagini kvantlash darajalari sonini oshirish yoki kvantlash qadamini kichiklashtirish yo'li bilan kamaytirish mumkin. Kvantlashda tasodifiy shovqindan tashqari, o'ta yuklanishdagi shovqin, parchalash shovqini kabi signalning qator spesifik buzilishlari, shuningdek, kvazidoimiy darajali

signallarni uzatishda vujudga keladigan buzilishlar paydo bo'ladi.

Keng polosali kanal

ingl: broadband channel

rus: широкополосный канал

Ma'lumotlarni tezkor uzatishni ta'minlovchi fizik kanal. Keng polosali kanallar koaksial kabellar, radiokanallar va optik kanallar asosida yaratiladi. Ular nisbatan qimmat bo'lgani sababli, ma'lumotlarni yuqori tezlikda uzatish talab qilinmasa, tor polosali kanallar yoki polosa asosli kanallardan foydalaniladi.

Keng polosali simsiz aloqa

ingl: wireless broadband

rus: широкополосная беспроводная связь

Keng polosali simsiz aloqa – bu katta hududda yuqori tezlikdagi simsiz internet va ma'lumotlar tarmog'ini ta'minlovchi texnologiya. Keng polosali simsiz aloqa tezligi ADSL kabi keng eshittirish tarmog'inikiga deyarli teng.

Kesishuvchi aloqa

ingl: cross-coupling

rus: перекрестная связь

Kanallar, zanjirlar yoki o'tkazgichlar o'rtasida yuzaga keladigan parazit bog'lanish (aloqa). Natijada turli xalaqit beruvchi signallar paydo bo'ladi.

Kesishuvchi modulyatsiya

ingl: cross-gain-modulation

rus: перекрестная модуляция

Xalaqit signalini bir zanjir yoki simdan boshqa bir zanjir simga yo'llash natijasida yuzaga keladigan to'g'rilash.

Kesishuvchi xalaqitlar

ingl: crosstalk

rus: перекрестные помехи

Ko'p kanalli tizimlarda, bir kanal orqali uzatilgan signal boshqa kanalning chiqishida kuchsizlangan holda paydo bo'lishi hisobiga yuzaga keladigan o'zaro xalaqitlar. Chastotaviy ajratilgan tizimlarda kanal filtrlarining yetarlicha selektiv bo'lmasligi, barcha kanallar

uchun umumiy bo'lgan traktida tashkil qilinadigan kombinatsion chastotalar kesishuvchi xalaqitlar paydo bo'ladi.

**Kombinatsion
radionurlanish**

ingl: sonversion emission

rus: комбинационное

радиоизлучение

Radiouzatish nohiziqli elementiga tashuvchi signalni shakllantiruvchi signallar garmonikalari va ularning kombinatsiyalari o'zaro ta'siri natijasida paydo bo'ladigan chastotalardagi ikkilamchi radionurlanishlar.

**Ko'p kanalli
radiouzatkich**

ingl: multiplex

transmitter

rus: многоканальный

радиопередатчик

Ko'plab mustaqil signallarni bir vaqtning o'zida uzatish uchun mo'ljallangan radiouzatkich.

Ko'p nurli signal

ingl: multipath signal

rus: многолучевой

сигнал

Uzatkichdan qabul qilish nuqtasiga turli nurlar orqali keladigan, amplitudasi, boshlang'ich fazalari va dopler chastota siljishi turlicha bo'lgan signallarning vaqt bo'yicha siljigan bir nechta nusxalarini o'zida ifodalovchi signal.

Ko'p nurli tarqalish

ingl: multipath

propagation

rus: многолучевое

распространение

Uzatish qurilmasi chiqishidan qabullash qurilmasi kirishiga bitta yagona signalning bir necha alohida-alohida yo'l (trassa)da tarqalishi.

Ko'p nurlilik

ingl: multipath

rus: многолучевость

Aynan bir signalning turli yo'llar (trayektoriyalar) orqali tarqalishiga bog'liq va qabul qilish nuqtasida interferensiya paydo bo'lishini keltirib chiqaradigan hodisa.

**Ko'p chastotali
radiouzatkich**

Eltuvchi chastotasi uzatkich oldindan sozlangan ko'plab boshqa eltuvchi

ingl: multi-frequency
transmitter

rus: многочастотный
радиопередатчик

Qabul qilgich-uzatkich, transiver

ingl: transeiver

rus: приемопередатчик,
трансивер

Qo'zg'atkich

ingl: yexciter

rus: возбудитель

Maxsus

shakllantirilgan

xalaqitlar uzatkichi

ingl: jammer; jamming
transmitter

rus: передатчик

преднамеренных помех

Modulyatsiya

ingl: modulation

rus: модуляция

Multiplekslash

ingl: multiplexing

rus:

мультиплексирование

chastotalar orasidan tanlanishi mumkin
bo'lgan radiouzatkich.

Bir korpusda joylashtirilgan uzatuvchi va
qabul qiluvchi qurilma kombinatsiyasi.
Odatda, portativ qurilma ko'rinishida
yasaladi.

Modulyator va chastotalarning ishchi
to'rini shakllantiruvchi chastotalar
sintezatorini o'z ichiga oluvchi qurilma.
Qo'zg'atkich tarkibiga signalni dastlabki
kuchaytirish qurilmasi kirishi mumkin.

Xalaqitlarni vujudga keltirish uchun
mo'ljallangan radiouzatkich.

Bitta statsionar signalning boshqa signal
shakliga ko'ra o'zgarishi jarayoni.
Modulyatsiya ma'lumotlarni
elektromagnit nurlanish yordamida
uzatishda amalga oshiriladi.

Ikki yoki undan ortiq signallarni chastota,
vaqt yoki signallar shakli bo'yicha
zichlashtirish bilan bitta fizik kanal orqali
uzatish. Masalan, vaqt bo'yicha ajratilgan
multiplekslash aloqada va ajratilgan taym-
slotlardan foydalangan holda, raqamli
ma'lumotlarni uzatishdagi multiplekslash
texnikasi (usuli) bo'lib hisoblanadi.
Shuningdek, to'lqin uzunligi bo'yicha

ajratish bilan multiplekslash mavjud, u liniya agregat kanali to'liq uzunligi bo'yicha turlicha n ta kanalni birlashtirish yo'li bilan shakllantiriladigan multiplekslash. Bu signallarni multiplekslash usuli bitta optik-tolali kabel orqali to'liq uzunligi turlicha bo'lgan bir nechta (odatda, 16 gacha) yorug'lik dastasini uzatish imkonini beradi.

Multipleksor

ingl: multiplexer

rus: мультиплексор

1. Bir nechta ma'lumotlar oqimi yoki kanalni bitta chiqish signali, guruhi yoki ko'p kanalli xabarga birlashtiruvchi qurilma.

2. Bir nechta radiouzatuvchilarning o'zaro xalaqitlarsiz bitta antennaga ishlashini ta'minlovchi qurilma.

Nurlanish

ingl: emission

rus: излучение

Elektromagnit to'liqlarni generatsiyalash hamda uning manbadan efir yoki uzatish liniyalari orqali tarqalish jarayoni.

Nurlanuvchi quvvat

ingl: transmitted power

rus: излучаемая

мощность

Vaqt birligida, chastotalarning cheklangan polosasida nurlanadigan energiya (vattlarda o'lchanadi). Nurlanuvchi quvvat qiymati uzatish vaqtiga, uzatish muhitining xarakteristikalariga hamda o'lchash usuliga bog'liq. Og'ib o'tuvchining oniy cho'qqi quvvati, vaqtda yoki uzatish liniyasining berilgan ko'ndalang kesimida (masalan, to'liq o'tkazgichda) o'rtalashtirilgan quvvat ajratiladi. Antennadan ketadigan to'la quvvat belgilangan yo'nalishda (cheklangan fazoviy burchakda) uzatilishi yoki izotrop, ya'ni barcha yo'nalishlarda bir tekis nurlanishi mumkin.

Nutq polosasi
ingl: voice band
rus: речевая полоса

Nutq uzatishni ta'minlaydigan chastotalar polosasi 3000 Hz (300 dan 3400 gacha) ga teng deb qabul qilingan.

Polosa
ingl: bandwidth
rus: полоса

Chastotaning ikki qo'shni qiymatlari o'rtasidagi o'zgarmas chastotalar diapazoni. Chastotalar polosasi deb ham ataladi. Optik-tolali kabelni tavsiflashda bu atamadan faqat ko'p modali tolalarning o'tkazish qobiliyatini aniqlashda foydalaniladi. Bir modali tolalar uchun "dispersiya" atamasi ishlatiladi.

Polosa kengligi
ingl: bandwidth
rus: ширина полосы

1. Yuqori va past chastota chegara kattaliklari orasidagi farq.
2. Aniq vaqt oralig'ida (odatda, 1 sekund) uzatilishi mumkin bo'lgan ma'lumotlar hajmi. Raqamli qurilmalarda polosa kengligi odatda bit sekundda yoki bayt sekundda ifodalanadi. Analog qurilmalar uchun polosa kengligi davr sekundda yoki Gerslarda (Hz) ifodalanadi. Polosa kengligi, ayniqsa, kiritish-chiqarish qurilmalari uchun katta ahamiyatga ega.

Polosa filtri
ingl: bandpass filter
rus: полосовой фильтр

Qirqimning yuqori va nolinci bo'lmagan quyi chastotasi bilan cheklangan muayyan chastotalar polosasini o'tkazuvchi filtr. Berilgan polosadan tashqarida qolgan barcha chastotalar filtr tomonidan bostiriladi. Qirqimning quyi chastotasi nolinci, yuqori chastotasi esa oxirgi chastota bo'lsa, u holda bunday filtr quyi chastotalar filtri deyiladi. Qirqimning uzluksiz katta yuqori chastotasiga hamda quyi chegara bo'yicha cheklashga ega bo'lgan filtr yuqori chastotalar filtri deb ataladi.

Radioaloqa
ingl: radio
communication
rus: радиосвязь

Radioto'liqlar yordamida amalga
oshiriladigan aloqa.

Radiokanal
ingl: radio channel
rus: радиоканал

Ma'lumotlar uzatish uchun
radionurlanishdan foydalanadigan kanal.
Radiokanal radiouzatkich va radio qabul
qiluvchidan tarkib topadi. Axborot
tarmoqlarida radiokanallar ikki maqsadda
ishlatiladi. Birinchisi – abonent tizimni
kabellar guruhi asosida qurilgan tarmoq
bilan ulashdir. Bunga yer bo'ylab kabel
tortish iloji bo'lmasa yoki tizim bir joydan
boshqasiga ko'chib yursa ehtiyoj
tug'iladi. Ikkinchi maqsad – radiotarmoq
yaratishdir.

Radionurlanish
ingl: radio-frequency
radiation
rus: радиоизлучение

Elektromagnit spektrda infraqizil
nurlanishdan oldin joylashgan
elektromagnit nurlanish. Tebranish
chastotasi 3-30 kHz dan 300-6000 GHz
gacha bo'lgan elektromagnit to'liqlari
radionurlanishga oiddir.

Radiorele liniyasi
ingl: microwave radio
rus: радиорелейная
линия

O'ta yuqori chastota diapazonida
ishlaydigan radiokanal. Radiorele liniyasi
2, 7, 13, 15, 18, 23, 38 GHz chastotalarda
ishlaydigan, o'tkazish polosasining
kengligi 3,5-28 MHz bo'lgan, 50 km
uzoqlikkacha ma'lumotlarni uzata
oladigan yerusti radiotarmoqning tarkibiy
qismidir.

Radiostansiya
ingl: radio station
rus: радиостанция

Bitta yoki bir necha uzatkich yoki qabul
qiluvchilar, shu jumladan, uzatkich va
qabul qiluvchilarning yordamchi
uskunalar birikmasi. U belgilangan joyda
radioaloqa xizmatini yoki

radioastronomiya xizmatini bajarish uchun xizmat qiladi.

Radioto'lqin

ingl: radio wave

rus: радиоволна

Shartli ravishda chastotasi 3000 GHz dan past deb qabul qilingan elektromagnit to'lqinlar. Ular fazoda sun'iy to'lqin o'tkazgichsiz belgilar, signallar, yozma matn, tasvir va tovushni uzatish yoki qabul qilish uchun tarqatiladi.

Radioto'lqinlar difraksiyasi

ingl: diffraction of radio waves

rus: дифракция

радиоволн

Fazoviy tarqalish muhitining bir jinsli bo'lmaganligini ifodalovchi to'siqlar ta'siri ostidagi radioto'lqinlar maydoni strukturasi o'zgarishi bo'lib, ayrim hollarda bu to'siqlar radioto'lqinlarning og'ishiga olib keladi.

Radiouzatkich

avtogenatori

ingl: autogenerator of radio transmitter

rus: автогенератор

радиопередатчика

So'nmaydigan tebranishlarni avtonom ravishda vujudga keltiruvchi elektr tebranishlar generatori.

Radiouzatkich quvvat

kuchaytirgichi

ingl: power amplifier of radiotransmitter

rus: усилитель

мощности

радиопередатчика

Tebranishlarning chiqish quvvati tebranishlar kirish quvvatidan katta, ikkala tebranishlar chastotalari esa teng bo'lgan, tashqi qo'zg'atiladigan generator.

Radiouzatkichning

zararli nurlanishlari

ingl: parasitic emission

radio transmitter

rus: паразитное

излучение

радиопередатчика

Radiouzatkich generatori va kuchaytirish kaskadlari orasidagi zararli bog'lanishlar natijasida unda yuz beradigan o'z-o'zidan qo'zg'alishlarni yuzaga keltirib chiqaradigan ikkilamchi nurlatishlar.

Radioxalaqit

ingl: radio interference

rus: радиопомеха

Bir yoki bir necha nurlanishlardan hosil bo'lgan elektromagnit energiyasining radioaloqa tizimida qabulga ta'siri. U axborot sifati yomonlashishida, xatolar paydo bo'lishida yoki axborot yo'qolishida namoyon bo'ladi.

Radiochastota

ingl: radio frequency

rus: радиочастота

qarang: radioto'lqin

Radiochastota**biriktirish**

ingl: radio frequency assignment

rus: радиочастотное присвоение

Radiochastota taqsimlovchi tashkilot tomonidan foydalanuvchiga ma'lum radiochastotadan foydalanishga ruxsat berish.

Radiochastota spektri

ingl: radio frequency spectrum

rus: радиочастотный спектр

Shartli ravishda qabul qilingan 3000 GHzdan past oraliqda joylashgan radiochastotalar majmui.

Radiochastota spektri monitoringi

ingl: monitoring of radiofrequency spectrum

rus: мониторинг радиочастотного спектра

Tashkiliy-texnik tadbirlar majmui. U radiochastota spektri holatini nazorat qilish, undan foydalanishni baholash, radiochastota spektri to'g'risidagi qonunbuzarliklarni bartaraf etish uchun mo'ljallangan.

Radioelektron vosita

ingl: radio electronic tool

rus: радиоэлектронное средство

Radioto'lqinlar uzatishga va qabul qilishga mo'ljallangan bir yoki bir nechta radiouzatuvchi yoki qabul qiluvchi qurilmalar yoki ularning birikmasi va yordamchi uskunalardan iborat bo'lgan texnik vosita. Bu vosita uzatish va qabul qilish uchun mo'ljallangan, o'z ishida

chastotasi 5 kHz dan yuqori bo'lgan elektromagnit tebranishlaridan foydalanadigan radiostansiyalar, radiotelefonlar, radionavigatsiya va radioaniqlash tizimlari, kabel teleko'rsatuvlari tizimi hamda boshqa vositalardan iborat.

Radioelektron qurilma

ingl: radio electronic device

rus: радиоэлектронное устройство

Bir yoki bir necha radiouzatuvchi va (yoki) qabul qiluvchi vositalar hamda yordamchi uskunalardan tashkil topgan texnik qurilma.

Raqam-analog o'zgartirish

ingl: digit-to-analog conversion (DAC)

rus: цифро-аналоговое преобразование

Diskret signalni analog signalga aylantirish jarayoni. Aksariyat hollarda maxsus integral sxemalar yordamida amalga oshiriladi.

Regenerator

ingl: regenerator

rus: регенератор

Uzatish jarayonida qisman buzilgan raqamli signallarni dastlabki signalga aylantiruvchi qurilma.

Sanoat radioxalaqiti

ingl: man-made interference

rus: промышленная радиопомеха

1. Radioto'lqinlarni uzatish uchun mo'ljallanmagan texnik vositalar tomonidan vujudga keladigan radiochastota spektri diapazonidagi elektromagnit nurlanishlar.

2. Elektron yoki elektron qurilmalar nurlatadigan radioxalaqitlar. Eslatma, radiochastotalar diapazonidagi elektromagnit xalaqitlar radioxalaqitlar deb tushuniladi. Radiouzatkichlar yuqori chastota (YuCh) trakti hosil qilayotgan nurlanishlar radioxalaqitlarga kirmaydi.

Signal

ingl: signal

rus: сигнал

1. Ma'lumotlarni aks ettirish uchun ishlatiladigan fizikaviy kattalikning o'zgarishi.

2. Parametrlari xabarni mos ravishda aks ettiruvchi, xohlagan fizikaviy jarayonni bildiruvchi moddiy axborot tashuvchisi.

O'zining fizikaviy tabiatiga ko'ra signal elektr, akustik, optik, elektromagnit va boshqa bo'lishi mumkin.

Signal bazasi

ingl: process gain

rus: база сигнала

Signal spektri kengligining uning davomiyligiga ko'paytmasi.

Siljish

ingl: offset

rus: смещение

1. Parametrlar o'z nominal qiymatidan chetga chiqishi, masalan, taktli impulslarning etalon vaqt shkalasiga nisbatan tasodifiy siljishi yoki chastotaning parazit siljishi.

2. Signal barcha elementlarining, ularning joylashish tartibi o'zgarmagan hamda boshlang'ich chegarasi saqlangan holda bir vaqtda ko'chishi.

Sinxron

ingl: synchronous

rus: синхронный

Muntazam vaqt muddatlarida ro'y beruvchi. Sinxronning teskarisi asinxron. Komyuterlar va qurilmalar orasidagi ko'pchilik aloqalar asinxron – ular xohlagan paytda va muntazam bo'lmagan muddatlarda ro'y berishi mumkin.

Spektr

ingl: spectrum

rus: спектр

Signal amplitudasi va fazasi o'zgarishining chastotaga bog'liqligini tavsiflovchi hamda uning xossalari va xarakteristikalarini qat'iy belgilovchi funksiya.

Subgarmonikalardagi radionurlanishlar

ingl: subharmonical emission

rus: радиоизлучение на субгармонике

Asosiy radionurlatish chastotasidan butun son marta kichik chastotalardagi ikkilamchi radionurlatishlar.

Takt

ingl: clock tick

rus: такт

Sinxronlovchi signallar ketma-ketligi oralig'idagi davr. Takt davomiyligi shunday tanlanadiki, uning o'tib borishi davomida ko'rilayotgan obyektga kirish signali yuzaga chiqargan barcha o'tkinchi jarayonlar yakunlanib bo'ladi. Taktning boshi va oxirini aniqlaydigan impulslar taktlash impulslari deb ataladi. Taktlash impulsining mavjudlik vaqti taktlash davrining qismi bo'ladi. Bu impulslarning paydo bo'lish chastotasi taktlash chastotasi deb ataladi. Taktlash impulslarining mavjudligi evaziga tizim yoki tarmoq ishini sinxronlash amalga oshiriladi.

Takt impulsi

ingl: clock pulse

rus: тактовый импульс

Sinxronlash yoki vaqt bo'yicha muvofiqlashtirish uchun foydalaniladigan, davriy uzatiluvchi impuls.

Taktlash chastotasi

ingl: clock rate

rus: тактовая частота

Taktlash impulslarining paydo bo'lish chastotasi. Signallarning bir qiymatdan boshqasiga aktiv o'tishlari oralig'idagi vaqt bilan aniqlanadi. Chastota gerslarda o'lchanib, bir sekunddagi aktiv o'tishlar sonini anglatadi. Har bir aktiv o'tishdan so'ng passiv o'tish keladi va signal o'zining avvalgi qiymatini oladi. Impulslar takrorlanish chastotasi yuqori aniqlik bilan ushlab turiladi.

Ta'sirchanlik

ingl: susceptibility

rus: восприимчивость

Elektromagnit zaiflik yoki tashqi ta'sirlar sharoitida tizimning belgilangan sifat bilan ishlay olmasligi.

Tayanch signallar generatori

ingl: reference generator

rus: генератор опорных сигналов

Tizim ayrim elementlarining ishini sinxronlash uchun foydalaniladigan qurilma. Ishlab chiqariladigan impulslar doimiy takrorlanish chastotasiga, davomiylik va amplitudaga ega bo'ladi, ularning vaqt bo'yicha holati esa, yuqori aniqlikdagi vaqt shkalasiga bog'langan.

Tayanch chastota generatori

ingl: reference oscillator

rus: генератор опорной частоты

Ishchi chastotalar to'rini tuzishda asos sifatida foydalaniladigan tayanch tebranishlarni hosil qiluvchi generator. Amaliyotda, etalon chastotalar generatorining seziyli, rubidiyli va kvarsli turlaridan foydalaniladi.

Telekommunikatsiya vositalari

ingl: telecommunication means

rus: средства

телекоммуникации

Elektromagnit yoki optik signallarni hosil qilish, uzatish, qabul qilish, qayta ishlash, kommutatsiya qilish hamda ularni boshqarish imkonini beruvchi texnik qurilmalar, asbob-uskunalar, inshootlar va tizimlar.

Telekommunikatsiyalar

ingl: telecommunications

rus: телекоммуникации

1. Signallar, belgilar, matnlar, tasvirlar, tovushlar yoki axborotning boshqa turlarini o'tkazgichli, radio, optik yoki boshqa elektromagnit tizimlaridan foydalangan holda uzatish, qabul qilish, qayta ishlash.

2. Axborot-kommunikatsiya texnologiyalari asosida ma'lumotlarni masofadan uzatish jarayoni.

3. Predmeti axborot uzatish uslublari va vositalari bo'lgan faoliyat sohasi.

Texnik vositalar

ingl: technical means

rus: технические средства

Elektrotexnika, radiotexnika, elektronika qonunlariga asoslangan mahsulotlar, qurilmalar yoki ularning funksional qismlari bo'lib, ular: kuchaytirish, generatsiyalash, xotirada saqlash, uzib-ulash, o'zgartirish vazifalaridan birini yoki bir nechtasini bajaruvchi elektron komponentlari va sxemalardan iborat bo'ladi. Texnik vosita radioelektron vosita (REV), hisoblash texnikasi vositasi (HTV), elektron avtomatika vositasi (EAV), elektrotexnik vosita shu bilan birga sanoat, ilmiy ishlarni bajarish va meditsina vositalari bo'lishi mumkin.

Texnik vositalar elektromagnit moslashuvi

ingl: electromagnetic compatibility technical device

rus: электромагнитная совместимость технических средств

Texnik vositaning berilgan elektromagnit muhitda o'z vazifasini talab darajasidagi sifat bilan bajara olish va shu bilan birga boshqa REVlarga ruxsat etilgan me'yordan katta sathdagi xalaqitlarni yuzaga keltirmaslik qobiliyatini baholaydi.

Tovush

ingl: sound

rus: звук

Muhitning tebranma harakati. Tabiatning har qanday hodisalari qatori asboblari, apparatlar, mashinalar, transport vositalari ham tovush manbai bo'lishi mumkin. Tovushning alohida turlari sifatida nutq va musiqani keltirish mumkin. Inson 16 Hz dan 20 kHz gacha chastota oralig'idagi tovushlarni qabul qila oladi. Texnik qurilmalar esa ancha keng oraliqdagi tovushni, hatto ultratovush va gipertovushni ham qabul qila oladi.

Translyator
ingl: translator
rus: транслятор

1. Signallarni bir shaklda qabul qilib (odatda aniq chastotali analog shaklda), boshqa shaklda uzatadigan kommunikatsiya qurilmasi.
2. Axborotni bir tizimdan boshqa tizimdagi teng kuchli axborotga o'giruvchi qurilma.
3. Teleko'rsatuv va radioeshittirishlarda, bosh stansiyadan signalni qabul qilib, so'ng uni kuchaytirib uzatadigan stansiya.
4. Telefoniya uskunalarida, terilgan raqamlarni qo'ng'iroq uchun axborotga o'giruvchi qurilma.

Uzatish
ingl: transmission
rus: передача

Uzatish kanali
ingl: transmission
channel
rus: канал передачи

Axborotni aloqa kanali bo'ylab manbadan qabul qilgichga ko'chirish jarayoni.

Texnik vositalar va tarqalish muhiti majmui. U aniq chastotalar kengligida yoki aniq tezlikda tarmoq stansiyalari, tarmoqlar tugunlari orasida yoki tarmoq stansiyasi yoki tarmoq tuguni va birlamchi tarmoqning chekka qurilmasi orasida telekommunikatsiyalar signallarini uzatishni ta'minlaydi. Telekommunikatsiyalar signallarini uzatish usullariga qarab, uzatish kanali analog yoki raqamli deb ataladi.

Uzatish liniyasi
ingl: transmission line
rus: линия передачи

Umumiy liniya inshootlari, ularga xizmat ko'rsatish qurilmalari va xizmat ko'rsatish qurilmalarining ishlash doirasida yagona tarqatish muhitiga ega bo'lgan uzatish tizimlarining liniya traktlari va/yoki namunaviy fizik zanjirlar majmui.

Uzatish sifati
ingl: quality of
transmission
rus: качество передачи

Uzatuvchi foydalanuvchidan qabul
qiluvchi foydalanuvchiga kelayotgan
telekommunikatsiya signalini qayta
tiklash darajasi.

Uzatish tezligi
ingl: rate
rus: скорость передачи

Aloqa sohasidagi ma'lumotlarni bitlar
yoki baytlar bo'yicha uzatishda tizimning
samaradorligini belgilovchi fundamental
tushuncha.

O'tkazish qobiliyati
ingl: capacity
rus: пропускная
способность

Vaqt birligi ichida kanal yoki tizim orqali
uzatilishi mumkin bo'lgan axborot
birligining maksimal miqdorini
belgilovchi ko'rsatkich. Kanalning
o'tkazish qobiliyati fundamental nazariy
tushuncha bo'lib, kanalning mavjud
imkoniyatlarini belgilaydi.

Faza siljishi
ingl: phase shift
rus: сдвиг по фазе

Chastotasi bir xil bo'lgan ikki signalning
fazalari o'rtasidagi farq. Gradus,
radianlarda yoki garmonik tebranish
davrining ulushlarida o'lchanadi.

Filtr
ingl: filter
rus: фильтр

1. Filtrlashni bajarish uchun ishlatiladigan
qurilma (sodda elektr sxema) yoki dastur.
Filtr kirishdagi signallar yoki ma'lumotlar
oqimini bir necha kerakli qismlarga
bo'ladi.

2. Ma'lumotlarni tanlab olish sharti. Filtr
faqat berilgan shartlarga javob beruvchi
ma'lumotlarni chiqarib beradi.

Filtrlash
ingl: filtering
rus: фильтрация

Signallar yoki ma'lumotlarning umumiy
oqimidan ularning kerakli mezonlarga ega
bo'lganlarini ajratib qo'yish jarayoni.
Filtrlash filtr yordamida amalga oshiriladi.

Xalaqitlar uzatkichi
ingl: interfering
transmitter
rus: передатчик помех

Foydali signallarni qabul qilish chastotalar polosasida foydali signallarni buzish yoki butunlay bostirish maqsadida xalaqitlarni generatsiyalash uchun mo'ljallangan maxsus radiouzatkich.

Xalqaro elektraloqa ittifoqi (XEI)
ingl: International
telecommunications
union (ITU)
rus: Международный
союз электросвязи
(МСЭ)

Elektr aloqasidan foydalanish va uni rivojlantirish masalalari bilan shug'ullanuvchi xalqaro tashkilot. XEI Jeneva (Shveysariya)da joylashgan bo'lib, Birlashgan Millatlar Tashkiloti (BMT) tomonidan boshqariladi. XEI 1865-yilda tashkil topgan, 1932-yilgacha Xalqaro telegraf ittifoqi deb atalgan. XEI maqsadi barcha aloqa turlaridan mintaqaviy foydalanishda xalqaro hamkorlikni ta'minlash va kengaytirish, texnik vositalarini mukammallashtirish va ulardan samarali foydalanishdir. XEI, shuningdek, simsiz tarmoqlar uchun chastotalarni ro'yxatga olishga ham javobgardir.

Chastota
ingl: frequency
rus: частота

Vaqt birligi, masalan, bir sekund ichida davrlar yoki tugallangan o'zgarishlar soni. Umuman olganda, chastota ma'lum vaqt birligida ma'lum hisobni bildiradi.

Chastotani avtomatik sozlash
ingl: automatic tuning of
frequency
rus: автоматическая
подстройка частоты

Uzatkich chastotasining berilgan qiymatini ushlab turish yoki qabul qilgichni qabul qilinayotgan stansiya chastotasiga sozlashning avtomatik usuli.

Shovqin
ingl: noise
rus: шум

1. Liniyada signallarning butligiga xalal beruvchi to'siq. Shovqin turli manbalardan chiqishi mumkin, radioto'lqinlar, yaqinda joylashgan elektr

simlari, chiroqlar va sifatsiz ulanishlar. Optik tolali kabellarning metall kabellarga nisbatan afzalligi shundaki, ular shovqin ta'siriga kamroq moyildirlar.

2. Signalni yoki xabarni sof uzatishga to'sqinlik qiladigan hamma narsa.

Shovqinsimon signal

ingl: spread spectrum
signal

rus: шумоподобный
сигнал

Tanlangan chastota polosasida ko'p garmonik (sinussimon) tashkil etuvchilarni o'z ichiga olgan signal. Bunday signallardan foydalanish ma'lumotlar uzatishning shovqinga bardoshlilikini kuchaytiradi, radiokanallarni elektromagnit shovqinlardan va turli aralashuvlardan yaxshi muhofazani ta'minlaydi.

Elektr aloqa

ingl: electrical
communication

rus: электрическая
связь

Simli, radio, optik va boshqa elektromagnit tizimlar orqali belgilar, signallar, yozma matn, tasvirlar va tovushni har qanday uzatish va qabul qilish.

Elektromagnit nurlanish

ingl: electromagnetic
radiation

rus: электромагнитное
излучение

Fazoda elektromagnit to'lqinlarning nursimon tarqalishi. Elektromagnit nurlanish fotonlardan (bu nurlanish elementar zarralaridan) tarkib topgan. U vaakumda ham, efirda ham yorug'lik tezligida tarqaladi.

Elektromagnit to'lqin

ingl: electromagnetic
wave

rus: электромагнитная
волна

Fazoda tarqaladigan elektromagnit tebranishlar. Radionurlanish, yorug'lik va boshqa turdagi elektromagnit tebranishlar tebranishlar chastotasi har xil bo'lgan elektromagnit to'lqinlardir. Ular elektromagnit spektrni tashkil qiladi.

Elektromagnit xalaqit
ingl: electromagnetic
disturbance
rus: электромагнитная
помеха

Texnik vositalarning ishlash sifatini
yomonlashtiruvchi elektromagnit hodisa
va jarayonlar.

**Elektromagnit
xalaqitbardoshlik**
ingl: electromagnetic
mains immunity of
rus: электромагнитная
помехоустойчивость

Aloqa vositalarning ularga tashqi
ko'rsatkich (parametr)lari qiymatlari
me'yorlashgan xalaqit ta'sir etganda
ushbu aloqa vositasida xalaqitdan
himoyalovchi qo'shimcha qurilma
bo'lmaganda o'z ishlash sifatini saqlab
qolish qobiliyatini bildiradi.

1. To'g'ridan-to'g'ri kuchaytiruvchi radioqabul qilish qurilmaning tarkibiga quyidagi qismlar kiradi:
 - a) Kirish zanjir, yuqori chastota kuchaytirgichi, detektor
 - b) KZ, radiochastota kuchaytirgichi, chastota o'zgartirgichi, oraliq chastota kuchaytirgichi, detektor
 - s) KZ, RChK, OChK, ChO', chastota detektori
 - d) KZ, ChO', OChK, faza detektori
2. Supergeterodinli RQQning bloklari quyidagi ketma-ketlikda joylashadi:
 - a) KZ, YuChK, Detektor
 - b) KZ, RChK, ChO', OChK, Detektor
 - s) YuChK, KZ, Detektor
 - d) ChO', KZ, RChK, OChK, Detektor
3. Supergeterodinli RQQ tarkibiga qanday traktlar kiradi?
 - a) preselektor, oraliq chastota trakti
 - b) ajratish va saqlash trakti
 - s) oraliq chastota trakti, past chastota trakti
 - d) preselektor, past chastota trakti
4. Kirish zanjiri quyidagi funksiyalarni bajaradi:
 - a) antennani birinchi kuchaytiruvchi element bilan bog'laydi
 - b) foydali signalni antennadan qabullagichning birinchi kuchaytiruvchi element kirishiga uzatadi
 - s) xalaqitlarning dastlabki filtratsiyasini bajaradi
 - d) antennani birinchi kuchaytiruvchi element bilan bog'laydi, foydali signalni antennadan qabullagichning birinchi kuchaytiruvchi element kirishiga uzatadi, xalaqitlarning dastlabki filtratsiyasini bajaradi
5. Kirish zanjiri quyidagi qo'shimcha qabul qilish kanallari bo'yicha tanlovchanlikni ta'minlaydi:
 - a) aks kanal, oraliq chastota kanali, qisman qo'shni kanal
 - b) aks kanal, oraliq chastota kanali

- s) aks kanal
- d) qo'shni kanal

6. Kirish zanjirning Q aslligini oshirganda, bu quyidagilarga olib keladi:

- a) aks va oraliq chastota kanallari bo'yicha tanlovchanlik oshadi
- b) aks va oraliq chastota kanallari bo'yicha tanlovchanlik kamayadi
- s) qo'shni kanal bo'yicha tanlovchanlik oshadi
- d) qo'shni kanal bo'yicha tanlovchanlik kamayadi

7. Kirish zanjiriga parallel shuntlovchi qarshilik ulansa, bu quyidagilarga olib keladi:

- a) aks va oraliq chastota kanallari bo'yicha tanlovchanlik oshadi
- b) aks va oraliq chastota kanallari bo'yicha tanlovchanlik kamayadi
- s) qo'shni kanal bo'yicha tanlovchanlik oshadi
- d) qo'shni kanal bo'yicha tanlovchanlik kamayadi

8. RQQning kirish zanjiri qanday joylashadi:

- a) ChO' keyin
- b) antennadan keyin
- s) OChK keyin
- d) detektordan keyin

9. Radiochastota kuchaytirgichning vazifasi:

- a) qabul qilingan signal quvvatini kuchaytirish
- b) yuqori chastotali signal quvvatini kuchaytirish
- c) qabul qilingan signal quvvatini bo'lish
- d) qabul qilingan signal quvvatini ko'paytirish

10. Radiochastota kuchaytirgichi quyidagi qo'shimcha qabul qilish kanallar bo'yicha tanlovchanlikni ta'minlaydi:

- a) aks kanal, oraliq chastota kanali, qisman qo'shni kanal
- b) aks kanal, oraliq chastota kanali
- s) aks kanal
- c) qo'shni kanal

11. Radiochastota kuchaytirgich konturining aslligini oshirganda, bu quyidagilarga olib keladi:
- a) aks va oraliq chastota kanallari bo'yicha tanlovchanlik oshadi
 - b) aks va oraliq chastota kanallari bo'yicha tanlovchanlik kamayadi
 - s) qo'shni kanal bo'yicha tanlovchanlik oshadi
 - d) qo'shni kanal bo'yicha tanlovchanlik kamayadi
12. Radiochastota kuchaytirgich konturiga parallel shuntlovchi qarshilik ulansa, bu quyidagilarga olib keladi:
- a) aks va oraliq chastota kanallari bo'yicha tanlovchanlik oshadi
 - b) aks va oraliq chastota kanallari bo'yicha tanlovchanlik kamayadi
 - s) qo'shni kanal bo'yicha tanlovchanlik oshadi
 - d) qo'shni kanal bo'yicha tanlovchanlik kamayadi
13. Oraliq chastota kuchaytirgichi quyidagi qo'shimcha qabul qilish kanallar bo'yicha tanlovchanlikni ta'minlaydi:
- a) aks kanal, oraliq chastota kanali, qisman qo'shni kanal
 - b) aks kanal, oraliq chastota kanali
 - s) aks kanal bo'yicha
 - d) qo'shni kanal bo'yicha
14. Oraliq chastota kuchaytirgich konturiga parallel shuntlovchi qarshilik ulansa, bu quyidagilarga olib keladi:
- a) aks va oraliq chastota kanallari bo'yicha tanlovchanlik oshadi
 - b) aks va oraliq chastota kanallari bo'yicha tanlovchanlik kamayadi
 - s) qo'shni kanal bo'yicha tanlovchanlik oshadi
 - d) qo'shni kanal bo'yicha tanlovchanlik kamayadi
15. Oraliq chastota kuchaytirgich konturining asilligini oshirsa, bu quyidagilarga olib keladi:
- a) aks va oraliq chastota kanallari bo'yicha tanlovchanlik oshadi
 - b) aks va oraliq chastota kanallari bo'yicha tanlovchanlik kamayadi
 - s) qo'shni kanal bo'yicha tanlovchanlik oshadi
 - d) qo'shni kanal bo'yicha tanlovchanlik kamayadi

16. CH_3O^- tarkibiga quyidagi bloklar kiradi:
- a) aralashtirgich, OCH_3
 - b) aralashtirgich, RCH_3
 - s) aralashtirgich, geterodin, filtr
 - d) RCH_3 , OCH_3
17. Amplitudasi modulyatsiyalangan signallar RQSi 467 kHz chastotaga sozlangan. Qo'shni kanallar qiymatini ayting.
- a) 458 kHz va 476 kHz
 - b) 217 kHz va 717 kHz
 - s) 442 kHz va 492 kHz
 - d) 230 kHz va 730 kHz
18. Chastotasi modulyatsiyalangan signallar RQSi 100,4 MHz chastotaga sozlangan. Qo'shni kanallar qiymatini ayting.
- a) 100,15 MHz va 100,65 MHz
 - b) 100,391 MHz va 100,409 MHz
 - s) 99,9 MHz va 100,9 MHz
 - d) 89,9 MHz va 110,9 MHz
19. Amplitudasi modulyatsiyalangan signallarni qabul qilishda qo'shni kanallar o'rtasida qanday o'zgalik bor?
- a) 9 kHz
 - b) 250 kHz
 - s) 18 kHz
 - d) 500 kHz
20. Chastotasi modulyatsiyalangan signallarni qabul qilishda qo'shni kanallar o'rtasida qanday o'zgalik bor?
- a) 9 kHz
 - b) 250 kHz
 - s) 18 kHz
 - d) 500 kHz

21. Rezonansli kuchaytirish kaskadida γ_{22} o'tkazuvchanlik nimaga kerak?

- a) chiqishdagi o'tkazuvchanlik
- b) ichki qayta aloqa o'tkazuvchanligi
- s) kirishdagi o'tkazuvchanlik
- d) qiyalik

22. Signal chastotasi 1 kHz, induktivlik 1 mGn. Induktivlik qanday qarshilikka ega?

- a) 1 Om
- b) 1 MOm
- s) 1 kOm
- d) 0,1 Om

23. ChO' vazifasi:

- a) radiosignal spektrini radiochastotalar diapazoni bir oblastidan boshqasiga o'tkazish
- b) signalni bir turidan boshqa turiga o'tkazish
- s) signal shaklini o'zgartirish
- d) signal modulyatsiyasini o'zgartirish

24. Detektor vazifasi:

- a) kirish signalning parametrlaridan birining modulyatsiya qonuni bo'yicha o'zgaradigan kuchlanishni shakllantirish
- b) kirish signalning parametrlaridan ikkitasi modulyatsiya qonuni bo'yicha o'zgaradigan kuchlanishni shakllantirish
- s) kirish signalning parametrlaridan uchtasi modulyatsiya qonuni bo'yicha o'zgaradigan kuchlanishni shakllantirish
- d) kirish signalning parametrlaridan hammasi modulyatsiya qonuni bo'yicha o'zgaradigan kuchlanishni shakllantirish

25. Amplituda detektori shunday qurilma:

- a) chiqishdagi kuchlanish kirish signalning amplituda modulyatsiya qonuni bo'yicha o'zgaradi
- b) chiqishdagi kuchlanish kirish signalning chastota modulyatsiya qonuni bo'yicha o'zgaradi

- s) chiqishdagi kuchlanish kirish signalning faza modulyatsiya qonuni bo'yicha o'zgaradi
- d) chiqishdagi kuchlanish kirish signalning chastota va faza modulyatsiya qonuni bo'yicha o'zgaradi

26. Chastota detektori - shunday qurilma:

- a) chiqishdagi kuchlanish kirish signalning chastota modulyatsiya qonuni bo'yicha o'zgaradi
- b) chiqishdagi kuchlanish kirish signalning amplituda modulyatsiya qonuni bo'yicha o'zgaradi
- s) chiqishdagi kuchlanish kirish signalning faza modulyatsiya qonuni bo'yicha o'zgaradi
- d) chiqishdagi kuchlanish kirish signalning faza va amplituda modulyatsiya qonuni bo'yicha o'zgaradi

27. Faza detektori - shunday qurilma, uning...

- a) chiqishdagi kuchlanish kirish signalning chastota modulyatsiya qonuni bo'yicha o'zgaradi
- b) chiqishdagi kuchlanish kirish signalning amplituda modulyatsiya qonuni bo'yicha o'zgaradi
- s) chiqishdagi kuchlanish kirish signalning faza modulyatsiya qonuni bo'yicha o'zgaradi
- d) chiqishdagi kuchlanish kirish signalning chastota va amplituda modulyatsiya qonuni bo'yicha o'zgaradi

28. Amplituda detektorida nochiziqli buzilishlar paydo bo'lish sabablari:

- a) detektorlash xarakteristikaning nochiziqligi, yuklamaning vaqtli doimiyliги kattaligi, ajratish zanjirining ta'siri
- b) detektorlash xarakteristikaning nochiziqligi, yuklamaning vaqtli doimiyliги kamligi, ajratish zanjirining ta'siri
- s) detektorlash xarakteristikaning o'tachiziqligi, yuklamaning vaqtli doimiyliги kattaligi, ajratish zanjirining ta'siri
- d) detektorlash xarakteristikaning nochiziqligi, yuklamaning vaqtli doimiyliги kattaligi, qabullagichning ta'minot manbai ta'siri

29. Infradin RQQda oraliq chastotasi joylashadi:

- a) ishchi diapazonidan ancha yuqorida
- b) ishchi diapazondan pastda
- s) ishchi diapazonda
- d) to'g'ri javob yoq

30. Yarim o'tkazgichli diodning ishlash xususiyatlari

- a) tokni faqat bir tomonga o'tkazadi
- b) o'ta o'tkazuvchanlik
- s) tokni ikkala tomonga o'tkazadi
- d) tokni hech qanday tomonga o'tkazmaydi

31. Rezonansli kuchaytirish kaskadida γ_{12} o'tkazuvchanlik nimaga kerak?

- a) ichki qayta aloqa o'tkazuvchanligi
- b) chiqishdagi o'tkazuvchanlik
- s) kirishdagi o'tkazuvchanlik
- d) qiyalik

32. Cheklagich (chegaralagich) - shunday qurilma, uning:

- a) kirishdagi kuchlanish sathi o'zgarganda (ma'lum bir darajada) chiqishdagi kuchlanish o'zgarmaydi
- b) kirishdagi kuchlanish sathi o'zgarganda chiqishdagi kuchlanish o'zgarmaydi
- s) chiqishdagi kuchlanish kirishdagi kuchlanishga to'g'ri proporsional
- d) chiqishdagi kuchlanish kirishdagi kuchlanishga teskari proporsional

33. Oniy qiymatlar cheklagichi - shunday qurilma, uning:

- a) kirishdagi kuchlanish sathi o'zgarganda (ma'lum bir darajada) chiqishdagi kuchlanishning oniy qiymatlari o'zgarmaydi
- b) kirishdagi kuchlanish sathi o'zgarganda (ma'lum bir darajada) chiqishdagi kuchlanishning amplituda qiymatlari o'zgarmaydi
- s) chiqishdagi kuchlanish kirishdagi kuchlanishga to'g'ri proporsional
- d) chiqishdagi kuchlanish kirishdagi kuchlanishga teskari proporsional

34. Amplituda cheklagichi - shunday qurilma, uning:
- a) kirishidagi kuchlanish sathi o'zgarganda (ma'lum bir darajada) chiqishidagi kuchlanishning oniy qiymatlari o'zgarmaydi
 - b) kirishidagi kuchlanish sathi o'zgarganda (ma'lum bir darajada) chiqishidagi kuchlanishning amplituda qiymatlari o'zgarmaydi
 - s) chiqishidagi kuchlanish kirishdagi kuchlanishga to'g'ri proporsional
 - d) chiqishidagi kuchlanish kirishdagi kuchlanishga teskari proporsional

35. Oniy qiymatlar cheklagichi ishlatiladi:

- a) impulsni shakllantirish uchun, impulsli xalaqitlar bilan kurash qilish uchun
- b) buzilishlari yo'q impulsni shakllantirish uchun
- s) impulsli xalaqitlar bilan kurashish uchun
- d) buzilishlari yo'q radioimpulslarni shakllantirish uchun

36. Amplituda cheklagichi ishlatiladi:

- a) chastota va faza detektorlari bir qismi hisobida
- b) buzilishlari yo'q radioimpulslarni shakllantirish uchun
- s) impulsli xalaqitlar bilan kurash qilish uchun
- d) hamma javoblar to'g'ri

37. Oniy qiymatlar cheklagichida...

- a) rezistiv yuklama
- b) tanlovchanli yuklama
- s) qiymati katta yuklama
- d) qiymati kichik yuklama ... ishlatiladi

38. Amplituda cheklagichida ...

- a) rezistiv yuklama
- b) tanlovchanli yuklama
- s) qiymati katta yuklama
- d) qiymati kichik yuklama ... ishlatiladi

39. Oniy qiymatlar cheklagichi ko'pincha ...

- a) detektordan keyin
- b) detektorgacha
- s) detektor o'rniga
- d) aralashtirgich yuklamasida ... joylashadi

40. Amplituda cheklagichi ko'pincha ...

- a) detektordan keyin
- b) detektorgacha
- s) detektor o'rniga
- d) aralashtirgich yuklamasida ... joylashadi

41. RQQda qayday rostlash usullari mavjud?

- a) rejimli va norejimli
- b) oddiy
- s) murakkab
- d) oddiy va murakkab

42. RQQda kuchaytirishni qanday avtomatik rostlash (KAR) tuzilish sxemalari mavjud?

- a) to'g'ri
- b) teskari
- s) aralash, teskari
- d) to'g'ri, teskari, aralash

43. RQQda chastotani avtomatik sozlashning (ChAS) vazifasi:

- a) f_{och} oraliq chastotasi uning nominal $f_{och.o}$ chastotasiga teng qilib ushlab turish ($f_{och} = f_{och.o}$)
- b) $f_{och} < f_{och.o}$ sharti bajarilish uchun
- s) $f_{och} > f_{och.o}$ sharti bajarilish uchun
- d) RQQ tovushi baland bo'lish uchun

44. Chastotali chastotani avtomatik sozlash (ChChAS) tizimi quyidagi vazifani bajaradi:

- a) oraliq chastotani ma'lum bir qiymatgacha sozlaydi
- b) fazaning aniq bir qiymatigacha sozlaydi
- s) amplitudaning aniq bir qiymatigacha sozlaydi
- d) signalning aniq bir shakligacha sozlaydi

45. Fazali chastotani avtomatik sozlash (FChAS) tizimi quyidagi vazifani bajaradi:

- a) oraliq chastotani ma'lum bir qiymatgacha sozlaydi
- b) fazaning aniq bir qiymatigacha sozlaydi
- s) amplitudaning aniq bir qiymatigacha sozlaydi
- d) signalning aniq bir shakligacha sozlaydi

46. Quvvat kuchaytirgichlarda ishlatiladigan tranzistorlar turlari

- a) bipolyar, maydoniy
- b) bipolyar
- s) maydoniy
- d) ishlatilmaydi

47. Radiouzatuvchi qurilmalarida bufer kaskadi qanday vazifani bajaradi?

- a) keyingi kaskadning avtogeneratorga bo'lgan ta'sirlarini kamaytiradi
- b) yuqori garmonika signallarini kuchaytiradi
- s) chastota ko'paytirgich signalini kuchaytiradi
- d) modulyator

48. Asosiy garmonikaning foydali quvvati qaysi ifoda bilan aniqlanadi?

- a) $R_1 = 0,5 I_{chiql} * U_n * \cos \varphi_1$
- b) $R = 0,5 I_{chiql} * U_n$
- s) $R_0 = E_m * I_0$
- d) $R_1 = Y_{es} * I_{chiql}$

49. Radiouzatuvchi qurilmalarda tashqi ta'sir ostida ishlovchi generator qanday vazifani bajaradi?

- a) doimiy tok manba energiyasini tashqi ta'sir ostida ishlayotgan aktiv element
- b) tashuvchi signallarni ishlab beradi
- s) kirishdagi signallarni kuchaytiradi va modulyatsiyani amalga oshiradi
- d) doimiy tok manba energiyasini tashqi ta'sirsiz yuqori chastotali signalga aylantirib beradi

50. Tashqi ta'sir ostida ishlovchi generatorlarda qanday aktiv elementlar ishlatiladi?

- a) radiolampa, bipolyar va maydon tranzistorlari, tiristorlar, magnetron, klistron, yuguruvchi to'liq lampasi, teskari to'liq lampasi
- b) yarimo'tgazgichli diod, varikap, stabilitronlar
- s) yarimo'tgazgichli diod, varikap, stabilitronlar
- d) rezistor, Gann diodlari, tunelli diodlar

51. Statik xarakteristikalarini approksimatsiyalash deganda nima tushuniladi?

- a) statik xarakteristikaning egri uchastkalarini to'g'ri chiziqqa almashtirish.
- b) statik xarakteristikaning to'g'ri uchastkalarini egri chiziqqa almashtirish
- s) statik xarakteristikaning qiyaligini oshirish
- d) statik xarakteristikaning qiyaligini kamaytirish

52. Radiouzatuvchi qurilmalarda aktiv element uchun qaysi ish holati eng qulay hisoblanadi?

- a) kritik
- b) kam kuchlanganlik
- s) o'ta kuchlanganlik
- d) kam kuchlanganlik va o'ta kuchlanganlik

53. Qaysi ish holati aktiv element uchun og'ir va xavfli hisoblanadi?

- a) nagruzkasi yomon sozlangan o'ta kuchlanganlik
- b) nagruzkasi yaxshi sozlangan kritik
- s) nagruzkasi yaxshi sozlangan kam kuchlanganlik
- d) nagruzkasi yomon sozlangan kam kuchlanganlik

54. Kam kuchlanganlik va o'ta kuchlanganlik ish holatlari qaysi hollarda ishlatiladi?

- a) AM modulyatsiyani amalga oshirishda, nochiziqli buzuqlikni kamaytirishda, modulyatsiyalangan signallarni kuchaytirishda
- b) maksimal energetik ko'rsatkichlarni olish uchun

- s) foydali ish koeffitsiyentini ko'paytirish uchun
- d) kirishdagi quvvatni kamaytirish uchun.

55. Radiouzatuvchi qurilmalarda kesish burchagi nimani anglatadi?

- a) kesish burchagi AEning toki davrning qancha qismida oqib o'tayotganini ko'rsatadi
- b) kesish burchagi AEning toki butun davr ichida oqib o'tayotganini ko'rsatadi
- s) kesish burchagi AEning toki yarim davr ichida oqib o'tayotganini ko'rsatadi
- d) kesish burchagi AEni toki chorak davr ichida oqib o'tayotganini ko'rsatadi

56. Quvvat kuchaytirgichning nagruzka xarakteristikasi nimani anglatadi?

- a) quvvat kuchaytirgichni energetik ko'rsatkichlari nagruzka qarshiligiga bog'liqligini
- b) quvvat kuchaytirgichning energetik ko'rsatkichlari oldingi kaskadni chiqish qarshiligiga bog'liqligini
- s) quvvat kuchaytirgichning energetik ko'rsatkichlarining oldingi kaskadni kirish qarshiligiga bog'liqligini
- d) quvvat kuchaytirgichni energetik ko'rsatkichlarini keyingi kaskadni kirish qarshiligiga bog'liqligini

57. Tashqi ta'sir ostida ishlovchi generatorlar sxemasi qanday tuziladi?

- a) unda tokning hamma tashkil etuvchilari uchun berk tutash zanjir bo'lishi kerak, nagruzkada esa kerakli garmonika quvvati ajralishi kerak
- b) unda tokning hamma tashkil etuvchilari uchun berk tutash zanjir bo'lishi kerak, nagruzkada esa kerak emas garmonika quvvati ajralishi kerak
- s) unda tokning hamma tashkil etuvchilari uchun ochiq zanjir bo'lishi kerak, nagruzkada esa kerakli garmonika quvvati ajralishi kerak
- d) unda tokning hamma tashkil etuvchilari uchun ochiq zanjir bo'lishi kerak, nagruzkada esa kerak emas garmonika quvvati ajralishi kerak

58. Tashqi ta'sir ostida ishlovchi generatorning chiqish qismi nimalardan iborat?

- a) moslovchi zanjir, nagruzka, ta'minlovchi manba
- b) nagruzka, antenna, ta'minlovchi manba
- s) moslovchi zanjir, nagruzka
- d) ta'minlovchi manba, nagruzka

59. Teskari reaksiya hodisasi nimani anglatadi?

- a) quvvat kuchaytirgichning kirish zanjirini ish holatini chiqish zanjiri ta'sirida o'zgarishini anglatadi.
- b) quvvat kuchaytirgichning chiqish zanjirini ish holatini kirish zanjiri ta'sirida o'zgarishini anglatadi.
- s) quvvat kuchaytirgichning kirish zanjirini ish holatini nagruzka ta'sirida o'zgarishini anglatadi
- d) quvvat kuchaytirgichni chiqish zanjirini ish holatini nagruzka ta'sirida o'zgarishini anglatadi.

60. Moslovchi zanjirlarning asosiy vazifasi nimalardan iborat?

- a) kirish va chiqish qarshiliklarni moslaydi va kerakmas garmonikalarni filtrlaydi
- b) kirish va nagruzka qarshiliklarning moslaydi va kerakmas garmonikalarni filtrlaydi
- s) kirish va chiqish qarshiliklarni moslaydi
- d) nagruzka va chiqish qarshiliklarni moslaydi

61. Aktiv elementni konturga qisman ulanish sxemasining qanday afzalliklari bor?

- a) kontur sozini buzmasdan, ulanish koeffitsiyentini o'zgartirib AEni nagruzkasini o'zgartirish mumkin
- b) ulanish koeffitsiyentini o'zgartirib AEni nagruzkasini o'zgartirish mumkin
- s) kontur so'zini buzmasdan, AEni nagruzkasini o'zgartirish mumkin
- d) kontur sozini buzib, AEni nagruzkasini o'zgartirish mumkin

62. Nima uchun sozlash jarayonini kirishdagi ta'sir qilayotgan va ta'minlovchi manbani kichik qiymatlarida amalga oshirishadi?

- a) aktiv element ishdan chiqmasligi uchun

- b) aniq sozlash uchun
- s) rezonansga sozlash uchun
- d) sozlash uchun

63. Aktiv elementlarni parallel ulanishidagi faraz qilingan qarshilik nima?

- a) umumiy nagruzkadagi kuchlanishning bitta aktiv elementni chiqish tokiga nisbati
- b) umumiy nagruzkadagi kuchlanishning umumiy chiqish tokiga nisbati
- s) umumiy nagruzkadagi tokning bitta aktiv elementni chiqish kuchlanishiga nisbati
- d) umumiy nagruzkadagi kuchlanishning umumiy kirish tokiga nisbati

64. Aktiv elementlarni ikki taktli qilib ulashning qanday afzalligi bor?

- a) juft garmonikalar tokini yaxshi filtrlaydi
- b) toq garmonikalar tokini yaxshi filtrlaydi
- s) yuqori garmonikalarni yaxshi filtrlaydi
- d) quvvatni to'rt marta ko'paytiradi

65. Aktiv elementlarni ko'prik qilib ulashning qanday afzalligi bor?

- a) aktiv elementlar orasidagi o'zaro aloqa kamayadi va parallel hamda ikki taktli ulanishning kamchiliklarini yo'qotadi.
- b) aktiv elementlar orasidagi o'zaro aloqa ko'payadi va parallel hamda ikki taktli ulanishning kamchiliklarini yo'qotadi
- s) aktiv elementlar orasidagi o'zaro aloqa kamayadi va parallel hamda ikki taktli ulanishning kamchiliklarini ko'paytiradi
- d) aktiv elementlar orasidagi o'zaro aloqa ko'payadi

66. Amalda qanday ko'priklar ko'p ishlatiladi?

- a) faqat kvadraturali ko'priklar
- b) sinfaz va kvadraturali ko'priklar
- s) faqat sinfaz ko'priklar
- d) bo'luvchi ko'priklar

67. Qaysi holda kuchaytirgichlar keng polosali bo'lib
- a) quyi va yuqori chastotalar oralig'i katta bo'lganda
 - b) quyi va yuqori chastotalar oralig'i kichik bo'lganda
 - s) tor polosali signallarni kuchaytirishda
 - d) quyi va yuqori chastotalar oralig'i 0,7ga teng bo'lganda

68. Polosasi alohida bo'lgan kuchaytirgichlarning (URU) ishlash usuli qanday bo'ladi?

- a) chastota bo'lgich qurilmalari yordamida to'liq polosani bir nechta oraliq polosaga bo'lib kuchaytirishdan iborat
- b) signallarni to'liq polosada kuchaytirishdan iborat
- s) signallar chastotasini ko'paytirish va kuchaytirishdan iborat
- d) signallarni multipleksor yordamida qo'shishdan iborat

69. Chastota ko'paytirgich qanday qurilma?

- a) kirish qismiga $2\pi/\omega$ davrli signal berilganda, chiqish qismi da $2\pi/N\omega$ davrli signal olinadi.
- b) kirish qismiga $2\pi/N\omega$ davrli signal berilganda, chiqish qismida $2\pi/\omega$ davrli signal olinadi.
- s) yuqori chastotali signallarni kuchaytiradi
- d) yuqori chastotali signallarni ko'paytiradi

70. Radiouzatuvchi qurilmaning qaysi kaskadida chastota ko'paytirgichni qo'llash maqsadga muvofiq?

- a) quvvat kichik bo'lgan kaskadlarda va ko'paytirish koeffitsiyenti $N = 2, 3$ bo'lganda
- b) oraliq kaskadlarda va ko'paytirish koeffitsiyenti $N = 9, 10$ bo'lganda.
- s) quvvat katta bo'lgan kaskadlarda, ko'paytirish koeffitsiyenti $N = 6, 8$ bo'lganda
- d) quvvat katta bo'lgan kaskadlarda, ko'paytirish koeffitsiyenti $N = 6, 8$ bo'lganda

71. Avtogenerator qanday qurilma va u qanday qismlardan iborat?

- a) o'z-o'zidan ishlovchi generator bo'lib, u manba energiyasini yuqori chastotali energiyaga aylantirib beradi va aktiv hamda passiv to'rt qutblikdan iborat.

- b) o'z-o'zidan ishlovchi generator bo'lib, u manba energiyasini yuqori chastotali energiyaga aylantirib beradi va aktiv to'rt qutblikdan iborat.
- s) o'z-o'zidan ishlovchi generator bo'lib, u manba energiyasini yuqori chastotali energiyaga aylantirib beradi va passiv to'rt qutblikdan iborat.
- d) o'z-o'zidan ishlovchi generator bo'lib, aktiv hamda passiv to'rt qutblikdan iborat.

72. Avtogeneratorning statsionar ish holatini qaysi tenglama ifodalaydi?

- a) $S_1 k Z_n = 1$
- b) $S_1 k Z_n < 1$
- s) $S_1 k Z_n > 1$
- d) $Z_y = Z_1 Z_2$

73. Yuqori chastotalarda energetik spektrni qaysi tashkil etuvchilari asosiy deb hisoblanadi?

- a) aktiv element va tebranish konturini tabiiy shovqinlari vujudga keltirgan tashkil etuvchilar
- b) aktiv elementni past chastotali va tebranish konturini fluktatsion shovqinlari vujudga keltirgan tashkil etuvchilar
- s) aktiv elementning parametrlarining sekin o'zgarish jarayonlari
- d) tebranish konturi parametrlarining fluktasiyasi natijasida vujudga kelgan tashkil etuvchilar

74. Kvars tebrantirgichning ekvivalent sxemasi qanday tashkil etuvchilardan iborat?

- a) parallel ulangan statik sig'imdan va cheksiz ketma-ket konturlardan
- b) faqat statik sig'imdan
- s) cheksiz ketma-ket konturlar qatoridan
- d) statik sig'im va qarshilikdan

75. Kvars tebrantirgichi qachon induktiv qarshilik sifatida ishlatiladi?

- a) sxemadagi induktivlik o'rniga kvars tebrantirgichi ishlatilganda
- b) sxemadagi induktivlik o'rniga sig'im ishlatilganda

- s) sxemadagi induktivlik o'rniga qarshilik ishlatilganda
- d) sxemadagi induktivlik o'rniga varikap ishlatilganda

76. Kvars tebrantirgichli avtogeneratorning tebranish konturi nechta va qanaqa konturlardan iborat?

- a) nagruzka konturi va teskari aloqa konturi
- b) faqat nagruzka konturi
- s) faqat teskari aloqa konturi
- d) nagruzka konturi va baza zanjiridagi konturi

77. AM radiouzatuvchi qurilmalarda band qilingan chastota oralig'i P_b qanaqa bo'ladi?

- a) $P_b = 2\Omega_{maks}$
- b) $P_b < 2\Omega_{maks}$
- s) $P_b > 2\Omega_{maks}$
- d) $P_b = \Omega_{maks}$

78. AM modulyatsiyadan bir polosali AM ga o'tganda qanday umumiy yutuqlarga erishiladi?

- a) umumiy yutuq 8-16 marta ko'p bo'ladi
- b) umumiy yutuq 2-4 marta ko'p bo'ladi
- s) umumiy yutuq 4-6 marta ko'p bo'ladi
- d) umumiy yutuq 5 marta ko'p bo'ladi

79. Bir polosali modulyatsiyada tashuvchi va quyi yon tashkil etuvchi qanchaga kamaytiriladi?

- a) tashuvchi va quyi yon tashkil etuvchi 40 dB ga kamaytiriladi
- b) tashuvchi va quyi yon tashkil etuvchi 30 dB ga kamaytiriladi
- s) tashuvchi va quyi yon tashkil etuvchi 20 dB ga kamaytiriladi
- d) tashuvchi va quyi yon tashkil etuvchi 10 dB ga kamaytiriladi

80. Radiouzatuvchi qurilma qo'zg'otuvchisi qanday vazifani bajaradi?

- a) chastota turg'unligi 10^{-6} - 10^{-7} bo'lgan yuqori chastotali tashuvchi signallarni ishlab beradi
- b) chastota turg'unligi 10^{-2} - 10^{-3} bo'lgan yuqori chastotali tashuvchi signallarni ishlab beradi

- s) chastota turg'unligi 10^{-6} - 10^{-7} bo'lgan modullashtirilgan signallar ishlab beradi
- d) chastota turg'unligi 10^{-2} - 10^{-3} bo'lgan past chastotali signallarni ishlab beradi

81. Chastota sintezatorlarida kerak emas signallarni so'ndirish koeffitsiyenti qanday qiymatlar olishi mumkin?

- a) norma bo'yicha $D > 40 - 60$ dB
- b) norma bo'yicha $D > 20 - 30$ dB
- s) norma bo'yicha $D > 10 - 20$ dB
- d) norma bo'yicha $D > 25 - 35$ dB

82. "Signal/xalaqit" nisbati qaysi ifoda orqali aniqlanadi?

- a) $h^2 = \frac{E}{G_0}$
- b) $h^2 = \frac{T}{G_0}$
- s) $h^2 = \frac{S}{G_0}$
- d) $h^2 = \frac{E}{T}$

83. Additiv xalaqit nima?

- a) signalga qo'shiluvchi xalaqit
- b) signalga ko'paytiriluvchi xalaqit
- s) signaldan ayriluvchi xalaqit
- d) signalga qo'shiluvchi va ko'paytiriluvchi xalaqit

84. Aloqa kanali nimalardan iborat?

- a) uzatgich, qabul qilgich va aloqa liniyasi
- b) modulyator va aloqa liniyasi
- s) detektor va PChK
- d) kuchaytirgich va modulyator

85. Aloqa tizimini yoki uning alohida bo'linmalarini xalaqitlarga chidamli bo'lish qobiliyati qanday ataladi?

- a) xalaqitbardoshlik
- b) chidamlik
- s) puxtalik
- d) aniqlik

86. Analog modulyatsiyada boshqaruvchi signal sifatida qanday signal ishlatiladi?

- a) uzluksiz
- b) diskret
- s) kvantlangan
- d) raqamli

87. Vaqt bo'yicha diskretlangan signalni hosil qilish uchun qanday qurilma ishlatiladi?

- a) diskretizator
- b) diskriminator
- s) cheklagich
- d) integrator

88. Dekoderlovchi qurilma qayerda joylashgan?

- a) qabul qilgichda
- b) modulyatorda
- s) uzatgichda
- d) ARO'da

89. Demodulyator qayerda qo'llaniladi?

- a) qabul qilgichda
- b) modulyatorda
- s) uzatgichda
- d) aloqa liniyasida

90. Diskret AM, ChM, FM va NFM modulyatsiya turlaridan qaysi biri eng katta xato qabul qilish ehtimolligiga ega?

- a) AM
- b) ChM
- s) NFM
- d) FM

91. Diskret AM, ChM, FM va NFM modulyatsiya turlaridan qaysi biri eng kichik xato qabul qilish ehtimolligiga ega?

- a) FM
- b) AM
- s) ChM
- d) NFM

92. Quyidagi koeffitsiyent qanday ataladi? $g_n = \frac{I_{\text{max}n}}{I_{\text{max}0}}$

- a) yoyish koeffitsiyenti
- b) tok bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyenti
- s) yuqori garmonikani filtrlovchi koeffitsiyent
- d) chiqish tokining pulsatsiya koeffitsiyenti

93. Quvvat muvozanatini qaysi formula ifodalaydi?

- a) $P_0 = P_{\text{chikl}} + P_{\text{soch}}$
- b) $P_0 = P_{\text{chikl}}$;
- s) $P_0 = P_{\text{soch}}$;
- d) $P_0 = P_{\text{kir}} + P_{\text{soch}}$

94. Konturning rezonans chastotasi quyidagi ifoda bilan topiladi:

- a) $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_K C_K}}$
- b) $f_0 = 2\pi L_K C_K$
- s) $f_0 = \frac{1}{2\pi L_K C_K}$
- d) $f_0 = 2\pi\sqrt{L_K C_K}$

95. $f_{\text{min}} \dots f_{\text{max}}$ chastotalar diapazonida ishlaydigan radioqabul qilgichning diapazonnini qoplash koeffitsiyenti quyidagi ifoda bilan topiladi:

- a) $K_d = f_{\text{max}} / f_{\text{min}}$
- b) $K_d = f_{\text{min}} \cdot f_{\text{max}}$
- s) $K_d = f_{\text{min}} + f_{\text{max}}$
- d) $K_d = f_{\text{min}} - f_{\text{max}}$

96. Quvvat o'lchash birligi:

- a) Vatt
- b) Volt
- s) Amper
- d) Om

97. Induktivlik o'lchash birligi:

- a) Genri
- b) Om
- s) Simens
- d) Farada

98. Sig'im o'lchash birligi:

- a) Farada
- b) Om
- s) Genri
- d) Simens

99. O'tkazuvchanlikning o'lchov birligi nima bilan ifodalanadi?

- a) simense
- b) Amper
- s) volt
- d) volt-amper

100. To'lqin uzunligini o'lchash birligi:

- a) Metr
- b) Gerts
- s) Simens
- d) Volt

A.Asosiy adabiyotlar

1. Pierre Baudin. Wireless Transceiver Architecture. Bridging RF and Digital Communications, NJ: John Wiley & Sons, 2015.
2. Anil K. Maini, Varsha Agrawal. SATELLITE TECHNOLOGY PRINCIPLES AND APPLICATIONS. NJ: John Wiley & Sons, India, 2011.
3. Jon B. Hagen. Radio-Frequency Electronics. Circuits and Applications. Cambridge University Press, 2009.
4. Nazarov A.M., Tadjiyev A.A., Yusupov Ya.T. Radiosignal uzatuvchi qurilmalar. – T.: Fan va texnologiya, 2017. – 308 bet.
5. Abduazizov A.A., Davronbekov D.A. Radiouzatish va radioqabul qilish qurilmalari. O'quv qo'llanma. – T.: Fan va texnologiyalar, 2011. – 272 b.
6. Abduazizov A.A., Raximov T.G., Yusupov Ya.T. Radiotexnik tizimlar. O'quv qo'llanma 1- va 2-qism. – T.: O'quv-ta'lim metodika DUK, 2015. –296/264 b.
7. Ворона В.А. Радиопередающие устройства. Основы теории и расчета: Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007.
8. Радиопередающие устройства / Под ред. проф. В.В. Шахгильдяна. – М.: Радио и связь, 2006.
9. Радиоприемные устройства / Под ред. проф. Н.Н. Фомина. – М.: Радио и связь, 2008.
10. Першин В.Т. Формирование и генерирование сигналов в цифровой радиосвязи: учебное пособие. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2015. – 614 с.
11. Tojiyev A.A. Radiosignallarni uzatuvchi qurilmalar. O'quv qo'llanma. 1-2-qism. – T.: TDTU, 2014, 2015.

B.Qo'shimcha adabiyotlar

12. Tulyaganov A.A., Nazarov A.M., va bosh. Signallarni uzatish nazariyasi: O'quv qo'llanma. – T.: Aloqachi, 2019. – 304 b.

13. Abduazizov A.A., Muxitdinov M.M., Yusupov Ya.T. Radiotexnik zanjirlar va signallar. Darslik. – T.: Sams-ASA, 2013. – 480 b.

14. Abduazizov A.A., Faziljanov I.R., Yusupov Ya.T. Signallarga raqamli ishlov berish. Kasb-hunar kollejlari uchun o'quv qo'llanma. – T.: Cho'lpon nomidagi NMIU, 2013. -160 b.

15. Романюк В.А. Основы радиосвязи. – М.: ЮРАЙТ, 2011.

16. Радиопередающие устройства: Учеб. для вузов / В.А. Шахгильдян, В.Б. Козырев, А.А. Ляховкин и др.; Под ред. В.В. Шахгильдяна. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 2003.

17. Проектирование радиопередатчиков: Учеб. пос. для вузов. / В.В. Шахгильдян, М.С. Шумилин, В.Б. Козырев и др.; Под ред. В.В. Шахгильдяна. 4-е изд., переработ. и доп. – М.: Радио и связь, 2000.

18. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение: пер. с англ. – М: Вильямс, 2003.

19. Радиочастота спектри, радиоэлектрон воситалар ва электромагнит мослашувига оид атамаларнинг русча-ўзбекча изоҳли луғати. «UNICON.UZ» ДУК директори А.Файзуллаевнинг умумий тахрири остида. Тошкент, 2010.

20. Axborot-kommunikatsiya texnologiyalari izohli lug'ati. Toshkent, 2010.

C. Internet resurslari

1. www.Ziyonet.uz
2. www.Radio.ru
3. www.Electronic.ru
4. www.radiotech.bu.ru
5. <http://kits.radio.ru>
6. <http://www.intuit.ru/department/itmngt/metbitm/>
7. <http://www.intuit.ru/department/itmngt/manhitech/>
8. <http://www.intuit.ru/department/network/teletraffic/>
9. <http://window.edu.ru/resource/>

KIRISH.....	3
1. RADIOALOQA QURILMALARINING UMUMIY XARAKTERISTIKALARI.....	5
1.1. Axborot, xabar, signal.....	5
1.2. Aloqa tizimlari.....	7
1.3. Radioaloqa usullari.....	7
1.4. Radioto'liqlar diapazonining sinflanishi.....	9
1.5. Elektromagnit to'liqlarni nurlanishi to'g'risida umumiy tushunchalar.....	10
<i>Nazorat savollari</i>	12
2. RADIOSIGNALLARNI UZATUVCHI QURILMALAR.....	13
2.1. Radiosignallarni uzatuvchi qurilmalar to'g'risida umumiy tushunchalar.....	13
2.2. Radiosignallarni uzatuvchi qurilmalarning turlari.....	14
2.3. Radiosignallarni uzatuvchi qurilmalarning strukturaviy sxemalari.....	15
2.4. Radiosignallarni uzatuvchi qurilmalarga qo'yiladigan talablar.....	17
<i>Nazorat savollari</i>	17
3. TASHQI TA'SIR OSTIDA ISHLOVCHI GENERATORLAR.....	18
3.1. Tashqi ta'sir ostida ishlovchi generatorlar to'g'risida umumiy tushuncha.....	18
3.2. Tashqi ta'sir ostida ishlovchi generatorlarda quvvat muvozanati.....	20
3.3. Quvvat kuchaytirgichning foydali ish koeffitsiyentini oshirish usullari.....	23
<i>Nazorat savollari</i>	25
4. RADIOSIGNALLARNI UZATUVCHI QURILMALARDA AKTIV ELEMENTLARNING STATIK XARAKTERISTIKALARI	26
4.1. Aktiv elementlarning statik xarakteristikalar va ularning approksimatsiyasi.....	26
4.2. Chiqish toklarini garmonik tahlil qilish.....	29

4.3.	Tashqi ta'sir ostida ishlovchi generatorlarda aktiv elementning ish holatlari.....	31
4.4.	Quvvat kuchaytirgichlardagi aktiv elementlarning ish holatini aniqlash.....	32
4.5.	Quvvat kuchaytirgich uchun aktiv elementni tanlash....	34
4.6.	Quvvat kuchaytirgichning yuklama xarakteristikalar....	37
4.7.	Quvvat kuchaytirgichdagi aktiv elementlarning umumiy ulanish elektrodini tanlash.....	40
	<i>Nazorat savollari</i>	44
5.	QUVVAT KUCHAYTIRGICHLARNING SXEMALARI, TA'MINOT VA SILJITISH ZANJIRLARI	45
5.1.	Tashqi ta'sir ostida ishlovchi generator sxemasini tuzish	45
5.2.	Ta'minot zanjirlari.....	47
5.3.	Siljitish zanjirlari.....	49
	<i>Nazorat savollari</i>	53
6.	MOSLASHUV ZANJIRLARI	54
6.1.	Moslashuv zanjirlariga bo'lgan talablar.....	54
6.2.	Tor polosali quvvat kuchaytirgichlari moslashuv zanjirlari.....	57
6.3.	Keng polosali quvvat kuchaytirgichlari moslashuv zanjirlari	59
6.4.	Moslashuv zanjirlarida quvvatning sarf bo'lishi va foydali ish ko'effitsiyenti.....	62
	<i>Nazorat savollari</i>	64
7.	QUVVAT KUCHAYTIRGICHLARDAGI AKTIV ELEMENTLARNING QUVVATLARNI QO'SHISH...	65
7.1.	Aktiv elementlarni parallel ulash.....	65
7.2.	Aktiv elementlarning ikki taktli ulanishi.....	70
7.3.	Aktiv elementlarni ko'priksimon qilib ulash sxemalari..	74
	<i>Nazorat savollari</i>	81
8.	KENG POLOSALI KUCHAYTIRGICHLAR	83
8.1.	Keng polosali kuchaytirgichlar to'g'risida umumiy ma'lumot.....	83
8.2.	Kengligi bir oktavadan kichik bo'lgan kuchaytirgichlar...	84
8.3.	Kuchaytirgichning chiqish qismi uchun korreksiya qiluvchi zanjirlar	87
	<i>Nazorat savollari</i>	90

9.	CHASTOTA KO'PAYTIRGICHLAR	91
9.1.	Chastota ko'paytirgichlarning qo'llanilishi, klassifikatsiyasi va asosiy xarakteristikalar.....	91
9.2.	Inersiyasiz to'rt qutbli chastota ko'paytirgichlar.....	94
9.3.	Tranzistorli chastota ko'paytirgichlar.....	97
	<i>Nazorat savollari</i>	101
10.	AVTOGENERATORLAR.....	102
10.1.	Avtogeneratorlar to'g'risida umumiy tushunchalar.....	102
10.2.	Avtogenerator tenglamalari.....	105
10.3.	Avtogenerator sxemalari.....	111
10.4.	Avtogeneratordagi aktiv elementning ish holati.....	114
10.5.	Tranzistorli avtogenerator sxemalari.....	115
	<i>Nazorat savollari</i>	117
11.	AVTOGENERATORNING CHASTOTA TURG'UNLIGI.....	118
11.1.	Avtogeneratorning chastota turg'unligi.....	118
11.2.	Tasodifiy funksiyaning energetik spektri.....	119
11.3.	Avtogeneratorning chastota turg'unligiga ta'sir qiluvchi omillar.....	122
	<i>Nazorat savollari</i>	125
12.	KVARS REZONATORI ASOSIDA ISHLAYDIGAN AVTOGENERATORLAR.....	126
12.1.	Kvars rezonatorlarining xususiyatlari.....	126
12.2.	Kvars rezonatorining parametrlari.....	128
12.3.	Kvars rezonatorlarining ekvivalent sxemalari.....	130
12.4.	Kvars rezonatorining ketma-ket va parallel rezonans chastotalari.....	131
12.5.	Kvars tebrantirgichlari induktiv qarshilik va ketma-ket induktivlik konturi sifatida ishlatiladigan avtogenerator sxemalari.....	132
	<i>Nazorat savollari</i>	138
13.	MODULYATORLAR.....	140
13.1.	Modulyatsiya turlari.....	140
13.2.	Amplituda modulyatsiyasining xarakteristikalar va ko'rsatkichlari.....	143

	Kollektor kuchlanishini o'zgartirib amplitudasi	
13.3.	modulyatsiyalangan signallarni shakllantirish (kollektor modulyatsiyasi).....	147
13.4.	Siljish kuchlanishini o'zgartirib amplitudasi modulyatsiyalangan signallarni shakllantirish.....	150
13.5.	Bir polosali amplitudali modulyatsiya.....	152
13.6.	Burchak modulyatsiyasi. Burchak modulyatsiyasining turlari va asosiy xarakteristikalar.....	155
13.7.	Chastotali modulyatsiya.....	159
13.8.	Chastotani boshqaruvchi qurilmalar.....	163
13.9.	Faza modulyatorlari	165
	<i>Nazorat savollari</i>	169
	RADIOUZATUVCHI QURILMALARNING	
14.	TASHUVCHI SIGNAL GENERATORLARI VA CHASTOTA SINTEZATORLARI.....	170
14.1.	Qo'zg'atgich haqida ma'lumotlar.....	170
14.2.	Chastota sintezatorlarining turlari va asosiy xarakteristikalar.....	172
14.3.	Bevosita sintez usuliga asoslangan chastota sintezatorlari.....	173
14.4.	Bilvosita usul asosida qurilgan chastota sintezatorlari... ..	177
	<i>Nazorat savollari</i>	182
15.	RAQAMLI CHASTOTA SINTEZATORLARI.....	183
15.1.	Raqamli chastota sintezatorlari.....	183
15.2.	Maxsus DDS mikrosxema asosida to'g'ridan-to'g'ri sintez usuliga asoslangan raqamli chastota sintezatori....	186
	<i>Nazorat savollari</i>	190
16.	RADIOUZATUVCHI QURILMALARDA PARAZIT TO'LIQLAR.....	191
16.1.	Parazit to'liqlarning kelib chiqish sabablari.....	191
16.2.	Teskari aloqa hisobiga bo'ladigan parazit to'liqlar.....	192
16.3.	Avtogenerator sxemasidagi parazit to'liqlarni yo'qotish usullari.....	196
	<i>Nazorat savollari</i>	198
	RADIOSIGNALLARNI QABUL QILUVCHI VA	
17.	QAYTA ISHLOVCHI QURILMALAR HAQIDA UMUMIY TUSHUNCHALAR.....	199

17.1.	Qabul qiluvchi qurilmaning vazifasi, ishlash usuli va turlari.....	199
17.2.	Qabul qiluvchi qurilmalarning asosiy tavsiflari.....	200
17.3.	Qabul qiluvchi qurilmalarning tarkibiy tuzilishi.....	203
	<i>Nazorat savollari</i>	207
18.	KIRISH ZANJIRLARI.....	208
18.1.	Kirish zanjirlari haqida umumiy ma'lumotlar.....	208
18.2.	Kirish zanjirlarining asosiy ko'rsatkichlari.....	210
18.3.	Kirish zanjirlarining tahlili.....	212
18.4.	Kirish zanjirlarni elektron sozlash.....	219
18.5.	O'ta yuqori chastotali diapazon qabul qiluvchi qurilmalarining kirish zanjirlari.....	221
	<i>Nazorat savollari</i>	228
19.	RADIOCHASTOTA KUCHAYTIRGICHLARI.....	230
19.1.	Radiochastota kuchaytirgichlari haqida umumiy tushunchalar.....	230
19.2.	Radiochastota kuchaytirgichlarning asosiy parametrlari.....	232
19.3.	Ichki teskari aloqaning kuchaytirgich xossalariga ta'siri.....	233
19.4.	Radiochastota kuchaytirgichlarning kaskadli sxemalari.....	236
	<i>Nazorat savollari</i>	238
20.	CHASTOTA O'ZGARTIRGICHLARI	239
20.1.	Chastota o'zgartirish haqida umumiy tushunchalar.....	239
20.2.	Chastota o'zgartirgichlarning asosiy parametrlari.....	242
20.3.	Chastota o'zgartirgichlarning turlari.....	243
20.4.	Diodli chastota o'zgartirgichlar.....	245
20.5.	Tranzistorli chastota o'zgartirgichlari.....	249
	<i>Nazorat savollari</i>	252
21.	ORALIQ CHASTOTA KUCHAYTIRGICHLARI.....	253
21.1.	Oraliq chastota to'g'risida umumiy ma'lumotlar.....	253
21.2.	Oraliq chastota kuchaytirgichlarining turlari. Ikki konturli polosali filtrli OChK.....	255
21.3.	Oraliq chastota kuchaytirgichlarining filtrlari.....	259
	<i>Nazorat savollari</i>	263
22.	DETEKTORLAR VA AMPLITUDAVIY CHEKLAGICHLAR.....	264
22.1.	Detektorlar haqida umumiy tushunchalar.....	264
22.2.	Detektorlarning ekvivalent sxemalari.....	165

22.3. Amplitudaviy detektorlarining turlari.....	168
22.4. Kuchsiz signallarni detektorlash nazariyasi.....	272
22.5. Kuchli signallarni detektorlar nazariyasi.....	274
22.6. Amplitudaviy cheklagichlar. Cheklagichlar turlari.....	277
22.7. Diodli amplitudaviy cheklagichlar.....	279
22.8. Tranzistorli amplitudaviy cheklagichlar.....	280
22.9. Fazaviy detektor va ularning turlari.....	286
22.10 Chastotaviy detektor va ularning turlari.....	289
22.11. Chastotaviy detektorlarning tahlili.....	294
22.12. Chastota – impulsli detektorlar.....	297
<i>Nazorat savollari</i>	298
23. RADIOQABUL QILUVCHI QURILMALARNI	
ROSTLASH	299
23.1. Rostlashning turlari.....	299
23.2. Kuchaytirish ko'effitsiyentini rostlash.....	300
23.3. Kuchaytirish ko'effitsiyentini avtomatik tarzda rostlash...	302
23.4. Chastotani avtomatik tarzda rostlash.....	306
23.5. Radiosignallarni qabul qiluvchi qurilmalarning o'tkazish oralig'ini rostlash.....	308
23.6. Rostlash zanjiri elementlarining asosiy xarakteristikalar	311
<i>Nazorat savollari</i>	314
QISQARTMALAR	315
GLOSSARIY	317
TESTLAR	343
FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR	364

Abdulaziz Mo‘minovich Nazarov
Abdukayum Abdulxayevich Tadjiyev

RADIOALOQA

QURILMALARI

Darslik

«O‘zbekiston xalqaro islom akademiyasi»
nashriyot-matbaa birlashmasi
Toshkent – 2020

Nashr uchun mas’ul: **I.Ashurmatov**
Muharrir: **V.Ibragimova**
Badiiy muharrir: **F.Sobirov**
Dizayner sahifalovchi: **L.Abdullayev**

Nashriyot litsenziya raqami AA № 0011. 06.05.2019 yil.
Bosmaxonaga 27.10.2020-yilda berildi.
Bichimi 60×84 ¹/₁₆ Shartli b.t. 21,4. Nashr t. 22,3.
Adadi 100 nusxa. Buyurtma № 59.
Bahosi shartnoma asosida.

O‘zbekiston xalqaro islom akademiyasi
nashriyot-matbaa birlashmasi bosmaxonasida chop etildi.
100011. Toshkent sh. A.Qodiriy, 11.