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

A.M.Nazarov, A.A.Tadjiyev

RADIOALOQA QURILMALARI

Darslik

O‘zbekiston Respublikasi oliy va o‘rta maxsus ta’lim vazirligi tomonidan darslik sifatida tavsiya etilgan

Toshkent-2020

UO‘K: 621.396.61
KBK:
M:
Nazarov A.M., Tadjiyev A.A. Radioaloqa qurilmalari : Darslik. – T.: «ToshDTU», 2020, -374 bet.

Ushbu darslikda radiouzatuvchi va radioqabul qiluvchi qurilmalarning turlari va asosiy xarakteristikalari; radiochastota, oraliq chastota va quvvat kuchaytirgichlar, ulardagi aktiv elementlarning xarakteristikalari 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 genaratorlari 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, radiouzatuvchi qurilmalar sohasiga qiziquvchilar uchun mo‘ljallangan.

***

В данном учебнике рассмотрены вопросы назначения, применения и основные характеристики радиопередающих и радиоприемных устройств и их составных частей; усилителей радиочастоты, промежуточной частоты и мощности; статистические характеристики и режимы работы активных элементов; цепи питания, смещения, согласования и сложение мощностей усилителей мощности; умножители и преобразователи частоты; широкополосные усилители; автогенераторы, гетеродины; модуляторы; генераторы несущих сигналов и синтезаторы частоты; цифровые синтезаторы частоты; радиопередатчики и радиоприемники различного назначения; регулировки в радиоприемниках, оптические линии связи; электромагнитная совместимость радиопередающих устройств.

Учебник предназначен студентам направления образования 5350700-«Радиоэлектронные устройства и системы», лицам интересующимися вопросами устройств радиосвязи.

***

This textbook addresses the designation, application, and basic characteristics of radio transmitting and receiving devices and their components; amplifiers of radio frequency, intermediate frequency and power; statistical characteristics and operating modes of active elements; power circuits, bias, matching and addition of power amplifiers; multipliers and frequency converters; broadband amplifiers; auto-generators, local oscillators; modulators; carrier signal generators and frequency synthesizers; digital frequency synthesizers; radio transmitters and radios for various purposes; adjustments in radios, optical communication lines; electromagnetic compatibility of radio transmitting devices.

The textbook is intended for students of educational direction 5350700- “Radio-electronic devices and systems”, for persons interested in issues of radio communication devices.

Taqrizchilar:
Pulatov Sh.U. – Toshkent axborot texnologiyalari universiteti “Mobil aloqa texnologiyalari” kafedrasi mudiri, t.f.n., dotsent;
Yarmuxamedov A.A. – Toshkent davlat texnika universiteti “Radiotexnik qurilmalar va tizimlar” kafedrasi mudiri, t.f.n., dotsent.

ISBN:

© « » nashriyoti 2020 yil.
© A.M.Nazarov, A.A. Tadjiyev,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 xamda namunaviy struktura va elektrik sxemalariga qaratilgan. O‘quv qo‘llanma ushbu fannning o‘quv dasturi negizida yozilgan bo‘lib, 22 ta bobdan iborat.

Birinchi bobda radioaloqa qurilmalarining umumiy xarakteristikalari keltirilgan, jumladan radioaloqa usullari va aloqa kanallari, radioto‘lqinlarni nurlanishi xamda ularni 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 xaqida 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 xarakteristikalari, ish xolatini aniqlash usullari va aynan quvvat kuchaytirgichlarida ishlatiladigan aktiv elementlarni tanlash xamda ulanish sxemalari ko‘rsatilgan.

Qo‘llanmaning beshinchi, oltinchi va yettinchi boblarida quvvat kuchaytirgichlarining sxemalari, ta’minot va siljitish zanjirlari, ularning antenna bilan moslashish zanjirlari xamda 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

avtogeneratorlarning turlari, jumladan kvars rezonatorli avtogeneratorlar 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 xaqida 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 xolda 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 xaqidagi 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 taxriri 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. Aripovalarga o‘z minnatdorchiliklarini izhor etishadi.

1. RADIOALOQA QURILMALARINI 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 ifodalangan 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 matnidan iborat bo‘ladi. Telefonli uzatishdagi xabar nutq, ya’ni tovush bosimini 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 istemolchiga uzatish uchun, fizik jaryonlar 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 signallarni quyidagi parametrlari bor: signalni davomiyligi T_s, signal spektrini kengligi F_s va dinamik diapazoni D_s.

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

F_s – signal mavjud bo‘lgan oraliqda, uni tezligini o‘zgarishini ifodalaydi.

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

Radioaloqa qurilmalarida signal spektrini kengligini kamaytirishga harakat qilinadi, chunki aloqa tizimini o‘tkazish oralig‘i cheklangan. Signalni spektr kengligi mumkin bo‘lgan buzuqlik darajasidan kelib chiqqan holda toraytiriladi. Telefonli aloqada tovush signalini 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 signallarni spektrini kengligi tasvirni talab qilingan aniqligi bilan belgilanadi va standart 625 qatorli bo‘lganda 6 MHz ni tashkil etadi.

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

$$D_s = 20\ Lg\ \frac{U_{smaks}}{U_{smin}}, \qquad (1.1)$$

Signalni minimal qiymati aloqa qurilmasini xususiy shovqinlari bilan, maksimal qiymati esa uzatishdagi mumkin bo‘lgan nochiziqli buzuqliklar darajasi bilan aniqlanadilar. Nutqni dinamik diapazoni 20...30 dB, simfonik orkestrniki 75...100 dB tashkil etadi.

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

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

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 istemolchiga uzatuvchi texnik vositalar majmuasi aloqa tizimi deyiladi.

Xar 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 proffessional 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 traktini 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

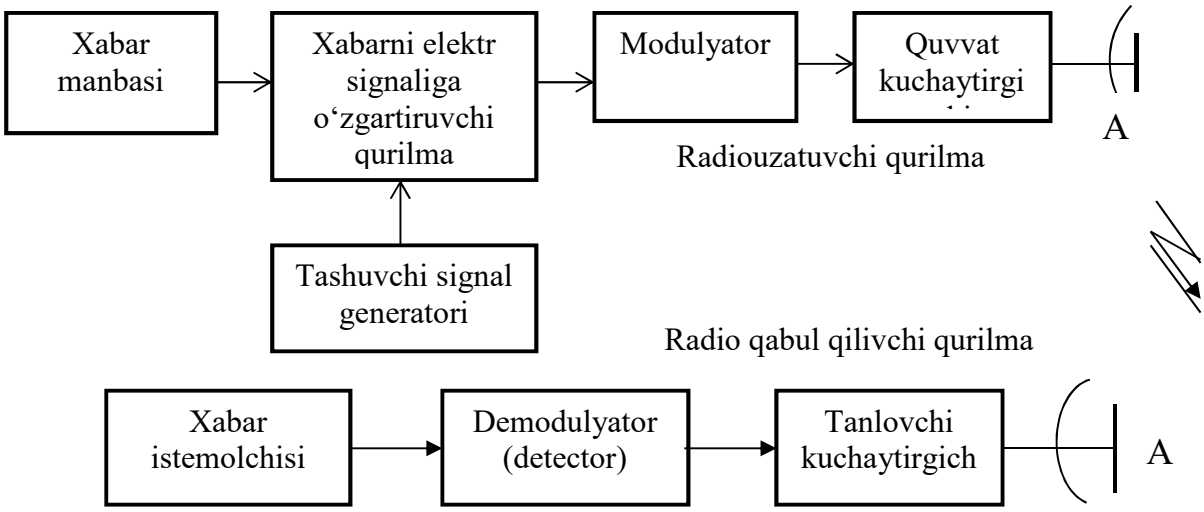
Ma’lumki, xabarni ifodalovchi elektr signallari past chastotali bo‘lib, fazoda tarqalish xususiyatiga ega emaslar. Past chastotalarda sanoat shovqinlarini (sanoat tarmog‘ini 50 Hz li foni, avtoulovlar va elektr motorlarini uchqunli halaqitlari) darajasi katta bo‘ladi. Shuning uchun past chastotali signallarni elektr simi yoki kabel tarmoqlari orqali uzatish mumkin.

Axborotni simsiz uzatish uchun maxsus yuqori chastotali to‘lqinlar ishlatiladi. Bu to‘lqinlar axborotni tashuvchi signallar deyiladi.

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

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

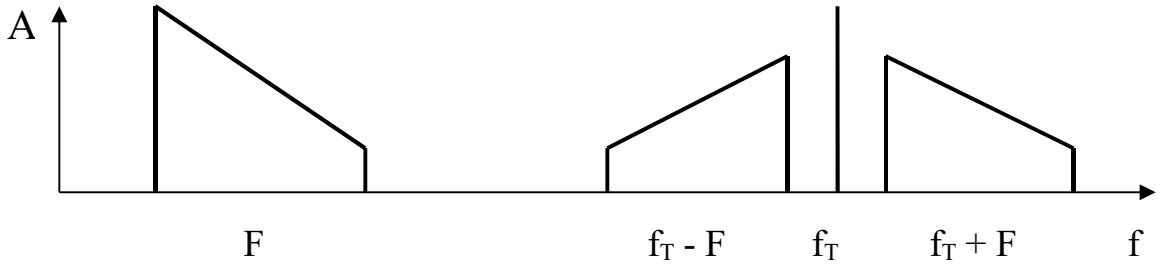
Radioaloqa tizimini strukturaviy sxemasi 1.1-rasmda keltirilgan.



1.1-rasm. Radioaloqa tizimini strukturaviy sxemasi

Struktura sxemadagi har bir kaskadni o‘z vazifasi bor. Uni birontasi bo‘lmasa, radioaloqa ham bo‘lmaydi.

Modullashtirilgan yuqori chastotali to‘lqinlar 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 qurilmani 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 diapazonini sinflanishi

1.1-jadvalda radioto‘lqinlar diapazonini umumlashtirilgan xalqaro sinflanishi keltirilgan.

1.1-jadval

Radioto‘lqinlar diapazonining sinflanishi

To‘lkinlar nomi	**Radioto‘lkinlar diapazoni**	**Chastotalar diapazoni**	**Eski nomi**
Dekamegametrli	$10^3 - 10^4$km	3 – 30 Hz	
Megametrli	$10^4 - 10^3$km	30 -300 Hz	
Gektokilometrli	$10^3 - 10^2$km	300 -3000 Hz	
Miriametrli	$10^2 - 10^1$km	3 -30 kHz	O‘ta uzun
Kilometrli	10 – 1 km	30 – 300 kHz	Uzun (UT)
Gektometrli	1000 – 100 m	300 – 3000 kHz	O‘rta (O‘T)
Dekametrli	100 – 10 m	3 -30 MHz	Qisqa (QT)
Metrli	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	

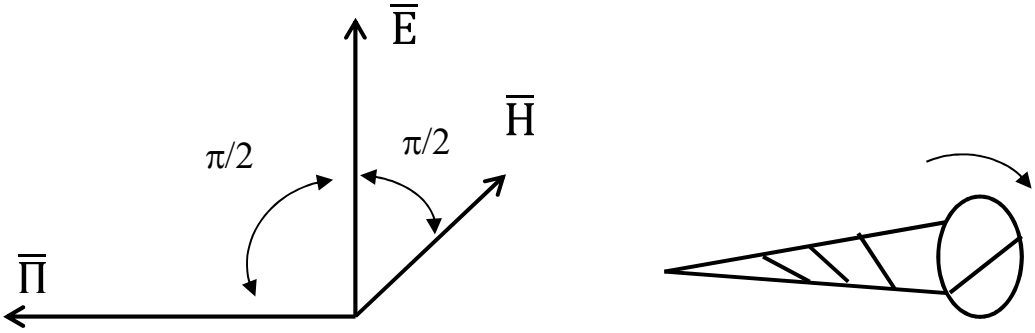
Ma’lum bir uzatish tizimi uchun radioto‘lqinlar diapazonini tanlashda quyidagilarga e’tibor beriladi: elektromagnit to‘lqinlarini nurlanish va tarqalish xususiyatlariga; berilgan diapazondagi halaqitlar xarakteriga; xabarni parametrlariga; uzatish va qabul qilish antennalarini xarakteristikalari va o‘lchamlariga.

1.5. Elektromagnit to‘lqinlarni 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 ($\overline{\mathrm{H}}$) maydon vektorlarini o‘zaro ma’lum joylanishi bilan tarqaladi.

Agar burama vintni bosh qismi $\bar{E}$vektorda $\overline{\mathrm{H}}$ vektor tomon buralsa, uni uch tomoni elektromagnit maydon yo‘nalishini ko‘rsatadi, ya’ni uning Poynting vektori ($\overline{\Pi}$) bilan xarakterlanadigan energiyasini ifodalaydi (1.3-rasm).



a) b)

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

Poynting vektorini $\bar{E}$ va $\bar{H}$ vektorlarni ko‘paytmasi deb qarash mumkin.

$$\overline{\Pi} = \bar{E} \cdot \bar{H}. \qquad (1.4)$$

O‘zgaruvchan tok orqali fazoda elektromagnit to‘lqinlarni yaratish jarayoni elektromagnit nurlantirish deyiladi. Elektromagnit to‘lqinlarni yaratish va tarqalishini fizik asosini D. Maksvell ikkita fundamental traktatko‘rinishida isbotlab bergan:

- magnit maydonini vaqt oralig‘ida har qanday o‘zgarishi, o‘ramali (qisqa tutashuvli) elektr maydonini paydo bo‘lishiga olib keladi.

- elektr maydonini vaqt oralig‘ida har qanday o‘zgarishi, o‘ramali magnit maydonini paydo bo‘lishiga olib keladi.

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

Elektromagnit maydonni nazariyasini asosini D. Maksvell elektrodinamikani to‘rtta o‘zaro bog‘langan tenglamalari bilan ifodalab bergan (1.5).

1. rot H = δ;
2. rot E = $-\frac{dB}{dt}$; $\delta = \gamma \cdot E + \frac{dD}{dt}$; $D = \varepsilon \cdot E$; $V = \mu \cdot H$;
3. div D = ρ; (1.5)
4. div B = 0.

Quvvat oqiminini zichligi, ya’ni sferani birlik yuzasini maydonidan oqayotgan quvvat, W/m^2 quyidagicha aniqlanadi:

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

P_n – nurlantirish quvvati; R – sferani radiusi.

Elektr kuchlanganligi E_n orqali quvvat oqimini zichligi quyidagicha ifodadan topidadi:

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

(1.6) va (1.7) ifodalardan manbadan R masofada joylashgan nuqtadagi elektr maydonini 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 signallarni qanday parametrlari bor?
3. Radioaloqa tizimini strukturaviy sxemasi tushuntiring.
4. Tashuvchi signallar qanday vazifani bajaradi?
5. Elektromagnit to‘lqinlarni nurlanishini tushuntiring.
6. D. Maksvellni 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?

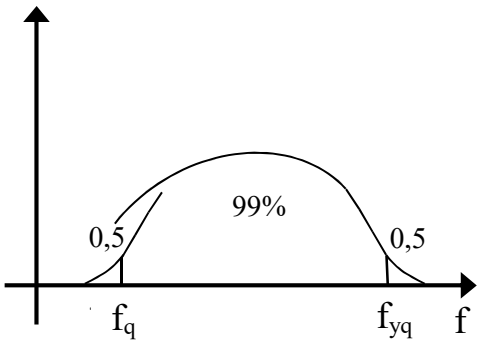
2. RADIOSIGNALLARNI UZATUVCHI QURILMALAR

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. Qurilmani 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‘qinlar 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 signalni 99% quvvati yig‘ilgan bo‘ladi. f_{yu} - f_q oraliqdan tashqarida bo‘lgan to‘lqinlar kerak emas parazit to‘lqinlar hisoblanadi. Ular boshqa chastotadagi signallarni qabul qilishga halaqit berishadi va shu tufayli ularni miqdorini iloji boricha kamaytirish kerak.

Ish chastotasi f_s vaqt davomida o‘zgarshi 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 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 mumki.

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

Qurilmani ish diapazoni aktiv element (AE) va tebranish konturini turi bilan aniqlanadi. Yuqori chastotali lard radiosignallarni uzatuvchi qurilmarda aкtiv 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 generetorlari va svetovodlar ishlatiladi.

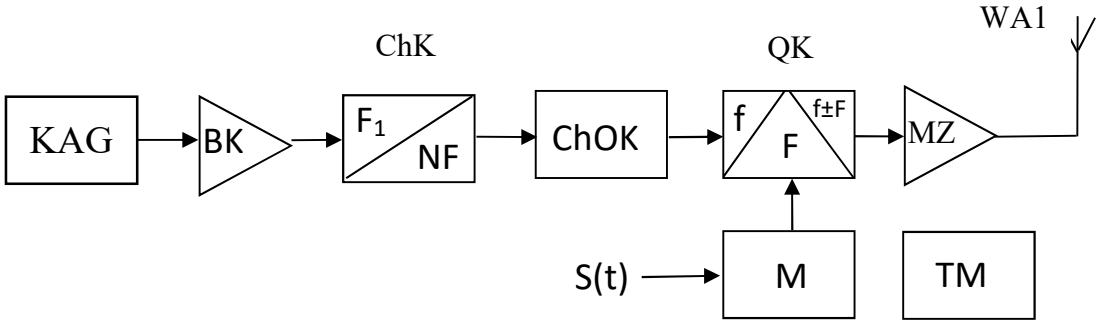
- *Quvvat bo‘yicha* RSUQlar juda kichik quvvatli, (P_n<3 Vt), kichik quvvatli (3-100 Vt), o‘rta quvvatli (0,1-3KVt), kuchli quvvatli (3-100 KVt) va o‘ta kuchli quvvatli (P>100KVt) bo‘lishi mumkin.

- *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 – telesignalarni uzatishda, radiolokatsiyada ishlatiladi. ChM RSUQ radioaloqa bog‘lashda, sifatli radiosignallarni uzatishda, radio releyli 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 qurilmalarni strukturaviy sxemalari

Endi radio signallarni uzatuvchi qurilmaning struktura sxemasi bilan tanishib chiqamiz. 10-2000 m to‘lqin oralig‘ida radiosignallarni uzatuvchi qurilmalarda amplitudali modulyatsiya (AM) ishlatiladi. Ishlab berilayotgan signal sifatiga va uni chastotasini 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. Qurilmani 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.



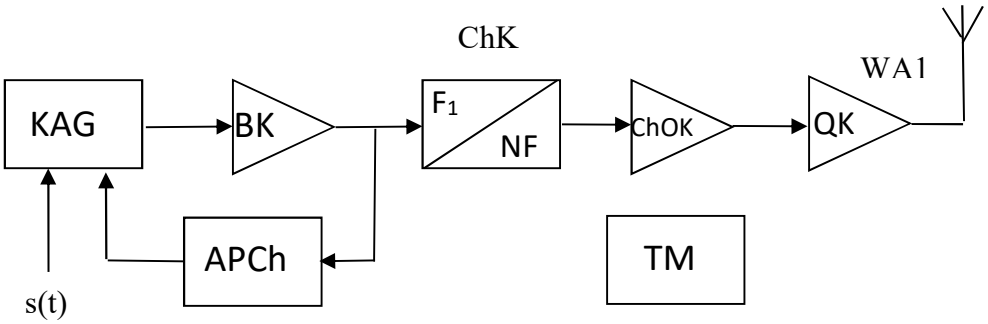
2.2-rasm. Amplitudali modulyatsiyali radiosignallarni uzatuvchi qurilmaning strukturaviy sxemasi

KAG - yuqori chastotali tashuvchi signallarnini ishlab beradi. BK - avtogenerator ishlab bergan tashuvchi signallarni qisman kuchaytiradi va chastota ko‘paytirgichni avtogeneratorga bo‘lgan ta’sirini kamaytiradi. Chiqish oldi kaskadi - yuqori chastotali tashuvchi radiosignallarni kerakli tarzda shakllantiradi va quvvat bo‘yichakuchaytirib beradi. Quvvat kuchaytirgich - radiosignallarni quvvatini kerakli bo‘lgan miqorgacha oshirib, antennaga uzatadi.M - uzatilishi

kerak bo‘lgan axborotni va yuqori chastotali tashuvchi signallarni bir - biriga qo‘shib, ya’ni amplitudali modulyatsiyani amalga oshiradi.

Metrli diapazonda ishlovchi va radiolokasion RSUQlarda chastotali modulyatsiya radiosignallarni uzatuvchi qurilmani avtogeneratorida amalga oshiriladi. Bunday qurilmalar yuqori sifatli radio eshittirishda, ko‘p kanalli radioreleyli liniyalarda va radioalo‘qaqilishda qo‘llaniladi.

Chastotali RSUQni 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 signallarni chastotasini 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. Radiosignallarniuzatuvchiqurrilmalarıga qo‘yiladigan talablar

RUQlarga qo‘yiladigan talablar quyidagilar:

ProffessionalRSUQlarda ishchastota f_{ish} bitta yokibirnechta bo‘lishimumkin (ba’zihollarda 10^4 - 10^9 ga tengbo‘lishimumkin), bu esa turlivaqtlarda aloqa qilishnita’minlaydi. Bundan tashqari bir ish diapazondan ikkinchi ish diapazoniga o‘tish vaqti juda qisqa bo‘lishi kerak. Bunday hollarda avtogenerator o‘rniga chastota sintezatorlari ishlatiladi.

Talab bo‘ycha kerak bo‘lmagan to‘lqinlar quvvati $25 \cdot 10^{-6}$–$1 \cdot 10^{-3}$ Vt dan oshishi kerak emas. RSUQlar ishlatish uchun qulay, manbadan energiyani kamsarflashi 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 turlargabo‘linadi?
3. AM radiosignallarni uzatuvchi qurilmalarni strukturaviy sxemasi qanday tarkibiy qismlardan iborat?
4. ChM radiosignallarni uzatuvchi qurilmalar strukturaviy sxemasi qanday tarkibiy qismlardan iborat?
5. Radiosignallarni uzatuvchi qurilmalargabo‘lgan talablarni tushuntiring.

3. TASHQI TA'SIR OSTIDA ISHLOVCHI GENERATORLAR

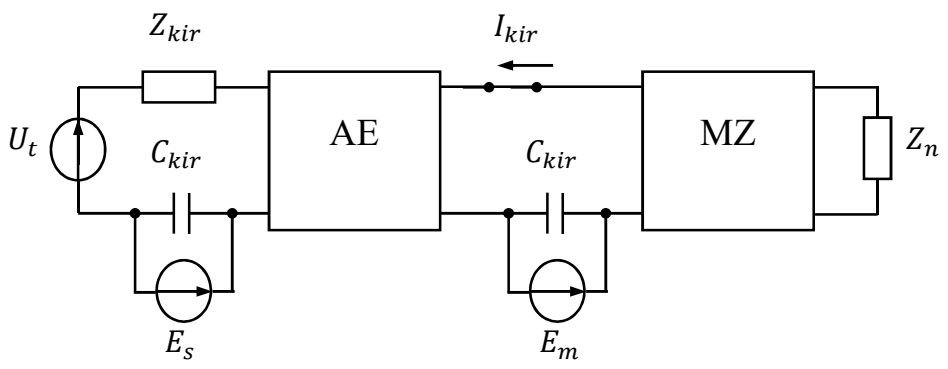
3.1. Tashqi ta'sir ostida ishlovchi generatorlar to'g'risida umumiy tushuncha

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 generetorlarning kirish va chiqish qismidagi radioto'lqinlarning chastotasi bir xil bo'ladi, ya'ni $f_{kir} = f_{chiq}$. Bu xolda ular quvvat kuchaytirgichlari deyiladi.

Agar ushbu chastotatlar 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 mikrosxemalarni ishlatilishi mumkin.

Har qanday tashqi ta'sir ostida ishlovchi generator tarkibida AE, ta'sir qiluvchi zanjir, iste'molchi (uyklama) 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'lqin manbasi$u_t(t)$ va siljish manbasi E_s AE ning kirish qismida $u_{kir}(t)$ ko'rinishidagi kirish kuchlanishini yuzaga keltiradi.

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

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:

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

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'imlar asosiy va siljish manbalarini yuqori chastotali toklardan saqlaydi. Moslovchi zanjir tanlash xususiyatiga ega va shu tufayli uning qarshiligi $Z_{mz}(\omega)$ yuqori garmonikali to'lqinlar uchun kam, ish chastotasidagi to'lqin, 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.

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

3.2.Tashqi ta’sir ostida ishlovchi generatorlarda quvvat muvozanati

Manbadan olinayotgan energiyani yuqori chastotali to‘lqin energiyasiga aylantirish AEning 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 koeffitsienti – η, quvvat bo‘yicha kuchaytirish koeffitsienti – 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

$$P_0 = E_m I_{0chiq}. \tag{3.4}$$

Yuqorida qayd qilingandek, asosiy manba kuchlanishi iste’molchidagi kuchlanish $u_n(\tau)$ va AEning chiqish qismidagi kuchlanishlar yig‘indisidan iborat

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

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

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

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

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

(3.6) tenglamaning o‘ng qismidagi birinchi tashkil etuvchi o‘zgaruvchan yuqori chastotali quvvat $P_{chiq} \quad = u_n(\tau) i_{chiq}(\tau)$ 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:

$$P_0 = P_{chiqN} + P_{sarf}. \tag{3.8}$$

Demak, manbadan olinayotgan quvvatning bir qismi yuqori chastotali foydali quvvatga va AEning chiqish elektrodini 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.

$$P_0 = P_{chiq1} + P_{sarf}. \tag{3.9}$$

Yuqorida qayd qilingan quvvat muvozanati AEning chiqish qismi uchun keltirib chiqarildi.

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

$$P_{kir1} + P_{s0} = P_{kir\,sarf}, \tag{3.10}$$

bunda: $P_{kir1} = 0{,}5U_{kir1}I_{kir1}\cos\varphi_{kir1}$ – ta'sir qiluvchi manbaning quvvati, $P_{kir\,sarf}$ AEning 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:

$$K_P = \frac{P_{chiq}}{P_{kir}}. \tag{3.11}$$

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

$$\eta = \frac{P_{chiq}}{P_0}. \tag{3.12}$$

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

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

3.3. Quvvat kuchaytirgichning foydali ish koeffitsientini oshirish usullari

Ma'lumki foydali ish koeffitsienti (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:

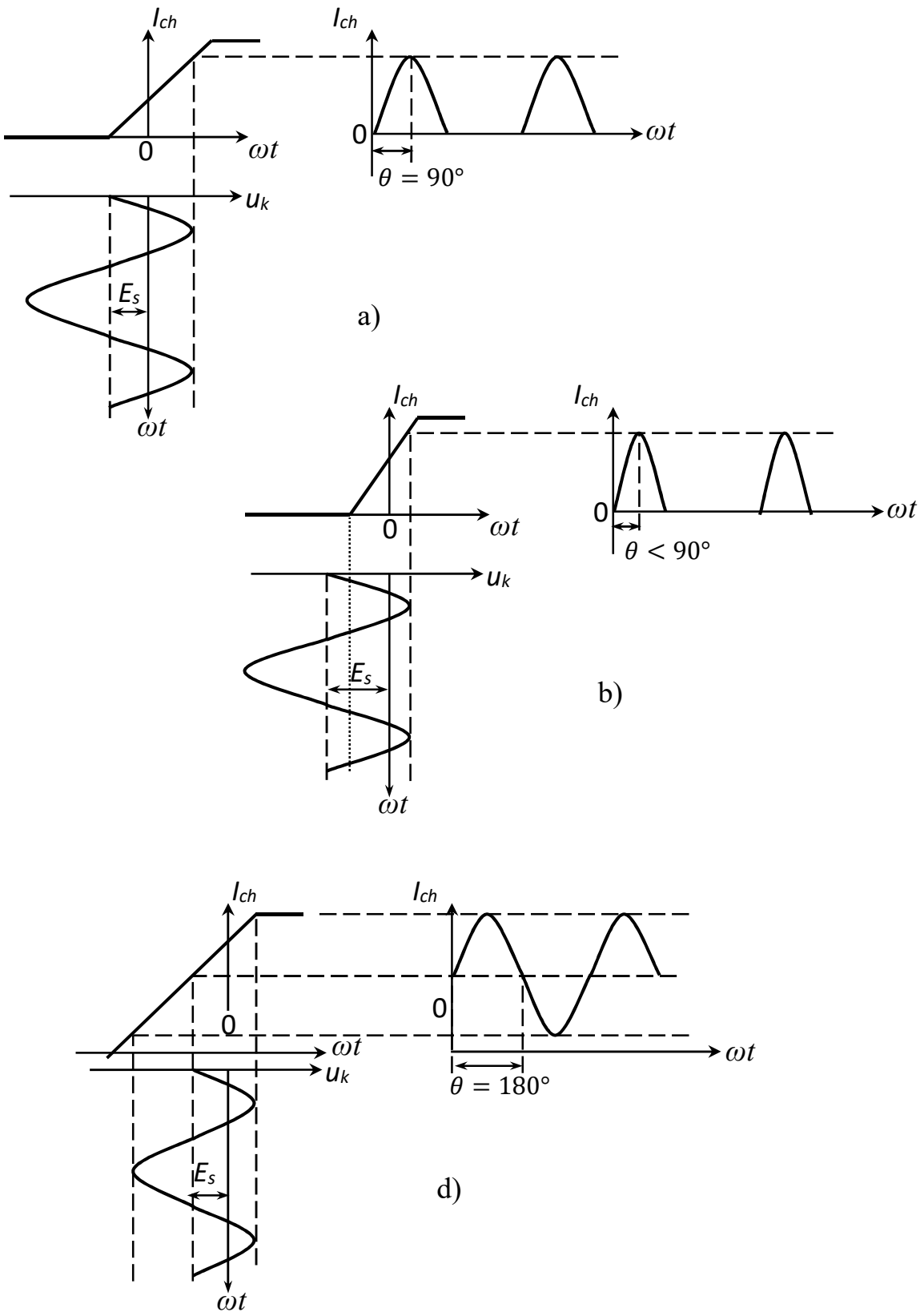
$$\eta = \frac{1}{2}\frac{I_{chiqN}}{I_{chiq0}}\frac{U_{nN}}{E_m}\cos\varphi_{nN}. \qquad (3.13)$$

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

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

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 koeffitsientiga 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



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?

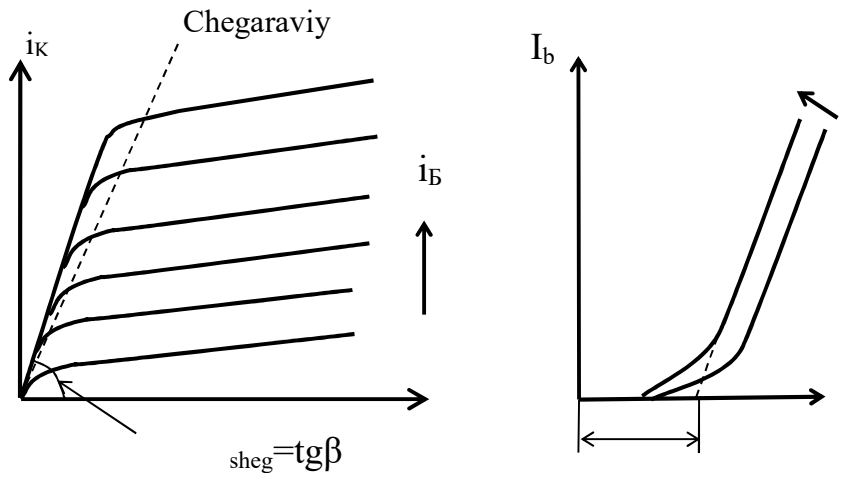
4. RADIOSIGNALLARNI UZATUVCHI QURILMALARDA AKTIV ELEMENTLARNING STATIK XARAKTERISTIKALARI

4.1. Aktiv elementlarning statik xarakteristikalari va ularni approksimatsiyasi

Quvvat kuchaytirgichlardaAEni ish holatini aniqlash uchun berilgan $u_{kir}(t)$, $u_{chiq}(t)$ kuchlanishlarga qarab, AEni $i_{kir}(t)$, $i_{chiq}(t)$ toklarini va ularni I_{kirn}, I_{chiqn} garmoniktashkil etuvchilarini topish kerak. Agar quvvat kuchaytirgichni ish chastotasi nisbatan kichik bo‘lsa toklarni kuchlanishlarga bog‘liqligini algebraik bo‘ladi, AE esa inersiyasiz hisoblanadi. Aktiv element toklarini kuchlanishga bog‘liqligi uning statik xarakteristikalari deyiladi. Bu tavsifnomalar ikki xil bo‘ladi:

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

2. Kirish xarakteristikalari - kirish tokini kirish va chiqish kuchlanishlariga bog‘liqligi $i_{kir} = (u_{kir}, U_{kir})$ (4.1b-расм);



a) b)

4.1-rasm. Aktiv elementni volt-amper xarakteristikasi: a) – chiqish, b) – kirish.

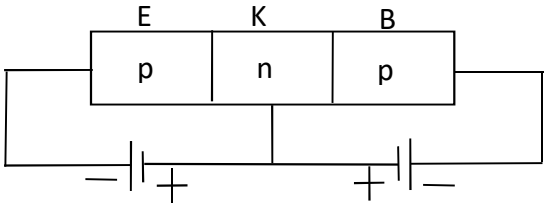
Inersiyasiz hisoblangan aktiv elementlarning toklarini hisoblash uchun mana shu ikkita statik tavsifnomadan foydalanish kifoya. Aktiv elementning

chegaralangan chastotasi $\omega_{cheg} \geq \omega_0$ bo‘lgan holda AE inersiyasiz hisoblanadi. Ish chastota oshib borishi tufayli, ya’ni $\omega_0 > \omega_{cheg}$ bo‘lgan holda AE inersiyali hisoblanadi. Bu holda RSUQni loyixalashda, 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.

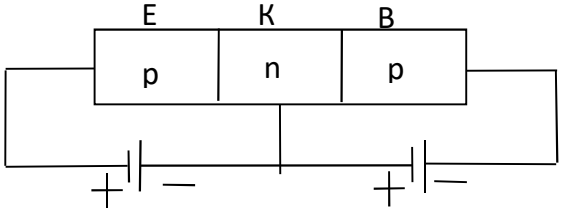
Chiqish xarakteristikalari ba’zi hollarda AEni volt-amper xarakteristikalari (VAX) ham deb ataladi. Bu xarakteristikalar orqali tokning uzatish koeffitsientini aniqlash mumkin. Volt-amper xarakteristikasi yuzasida to‘rtta soha joylashgan.

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



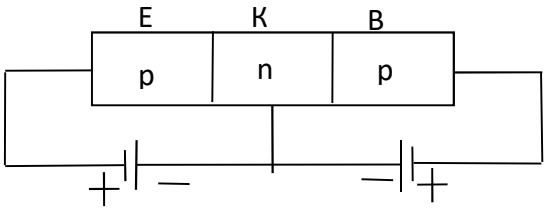
4.2-rasm. Emmiter va kollektor o‘tish zonalari teskari siljiganligi

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

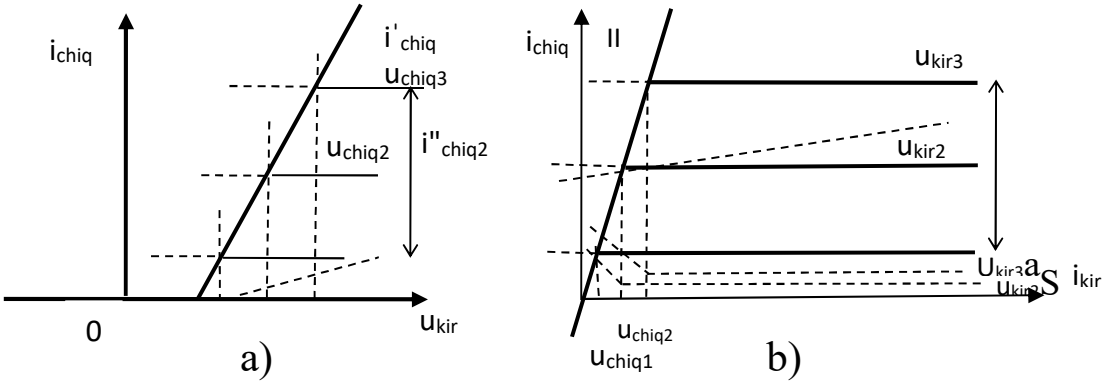
3. To'yinish sohasi - emitter va kollektor o'tish zonalar to'g'ri siljigan. Bu soxada chiqish kuchlanishi chiqish tokiga kuchli ta'sir ko'rsatadi (4.4-rasm).



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

4. Teshilish sohasi - tok tashuvchi zarrachalarni 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 xarakteristikalarni approksimasiyalash - bu egri chiziqli bo'laklarni, qisman to'g'ri chiziqli bo'laklar bilan almashtirishdir (4.5-rasm).



4.5-rasm. Statik xarakteristikalarni approksimasiyasi:

a) – kirish; b) – chiqish xarakteristikalari.

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

4.2. Chiqish toklarini garmonik taxlil qilish

Kritik ish holatida ishlayotgan inersiyasiz AEni chiqish toklarini 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 holatdaAEni chiqish qismidagi tok ham garmonik ko‘rinishda bo‘ladi va uni Fur’e qatoriga yoyib yozish mumkin. Fur’e qatori - bu har qanday davriy signalni cheksiz sinusoidal va kosinusoidal argumenti karrali tashkil etuvchilar va doimiy tashkil etuvchi yig‘indi ko‘rinishida ifodalashdir:

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

yoki uni boshqacha ko‘rinishla yozish mumkin

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

by 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 vaasosiy hamda yuqori tashkil etuvchilari ham shuncha katta qiymatga ega bo‘ladi va ular chiqish tokining maksimal amplitudasi bilan proporsionallik koeffitsientlari orqali bog‘langanlar.

$$I_{chiq0} = \alpha_0 I_{chiqmax}; \; I_{chiq1} = \alpha_1 I_{chiqmax};$$

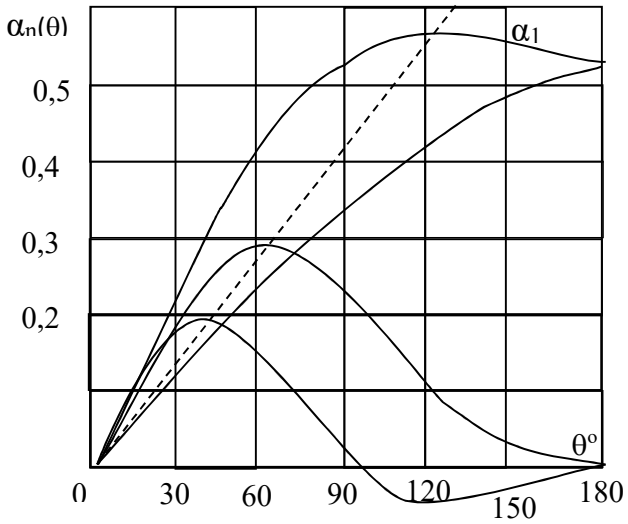
$$I_{chiq2} = (\alpha_2 I_{chiqmax}); \; I_{chiqn} = \alpha_n I_{chiqmax}); \qquad (4.3)$$

$\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \ldots \alpha_n$-proporsionallik koeffitsiyentlari yoki yoyilish koeffitsiyentlari deyiladi.Ba’zi hollarda ularni Berg koeffitsiyenti deb ham atashadi. Bu

koeffitsiyentlar kesish burchagi θga bog‘liq bo‘ladi va ularni qiymati jadvalda yoki grafik holda beriladi (4.3).

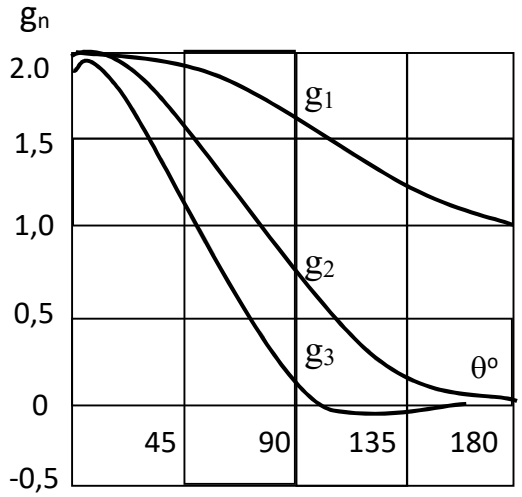
4.6-rasmdan ko‘rinib turibdiki, $\alpha_n(\theta_n)$ funksiyani eng katta qiymati (n≥1) $\alpha_n(\theta_n) = \frac{\alpha_1(120^0)}{N}$ da bo‘ladi. Tokni shakl koeffitsiyentini Berg koeffitsiyenti orqali yozish mumkin, u xolda:

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



4.6-rasm Yoyilish koeffitsiyentining kesish burchagiga bog‘liqligi

4.7-rasmda tokning shakl koeffitsiyentini kesish burchagiga bog‘liqligi ko‘rsatilgan.

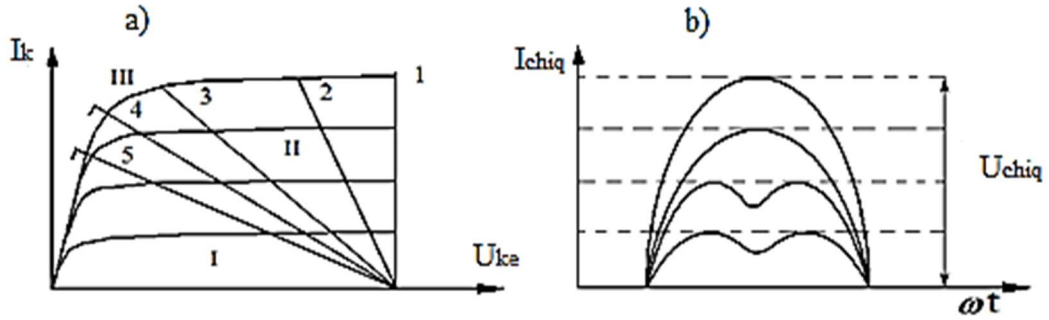


4.7-rasm. Tokningshakl koeffitsiyentini kesish burchagiga bog‘liqligi

Kesish burchagi θ 0 dan 180^0 gacha o‘zgarganda tokning shakl koeffitsiyenti g(θ) ni qiymati 2 dan 1 gacha kamayadi, kesish burchagi $\theta=90^0$ 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 mukin. 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 shaklini 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 koeffitsienti (FIK) η, quvvatni kuchaytirish koeffitsienti 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 $\cos\varphi = 1$, $\varphi = 90°$ bo‘ladi va foydali chiqish quvvati quyidagi formula bilan ifodalanadi:

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

Kirishdagi ta’sir qiluvchi signalning amplitudasiU_{kir}va siljish kuchlanishi E_s berilgan, unidoimiydebhisoblaymiz. 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

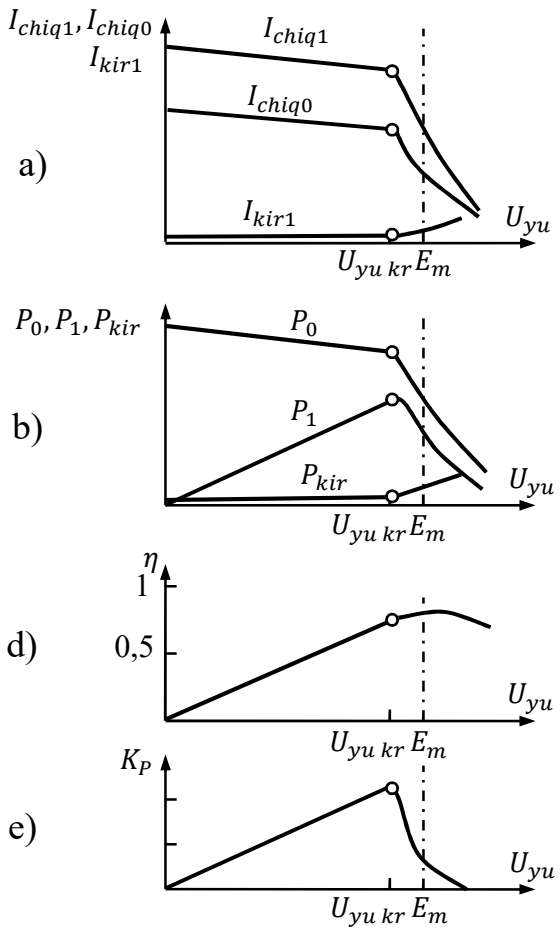
chiqish toklari I_{chiq0} , I_{chiq1} qiymati biroz kamayadi. Manba kuchlanishi E_m doimiy va I_{chiq0} toki kam o‘zgargani uchun manbadan olinayotgan quvvat P_0 ham $U_{yu} < U_{yukr}$ bo‘lganda kam o‘zgaradi (4.9-rasm).

$$P_0 = E_m I_{chiq0}. \tag{4.5}$$

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 koeffitsienti va quvvatni kuchaytirish koeffitsienti 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 koeffitsientlari $U_{yu} = U_{yukr}$ nuqtada o‘zining eng katta qiymatlariga erishadilar, chunki P_1 ko‘payadi, $P_{kir} = const$. Bu holat kritik ish holatida ro‘y bo‘ladi. (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‘rsatkichlarni yuklamadagi kuchlanishga bog‘liqligi ko‘rsatilgan.

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 koeffitsienti va quvvatni kuchaytirish koeffitsientlari 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.



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

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 koeffitsienti η va quvvatni kuchaytirish koeffitsienti 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 koeffitsienti keskin kamaya boshlaydi. Shuning uchun tanlangan AEning quvvat kuchaytirish koeffitsienti $K_P = 2 \ldots 3$ dan kam bo‘lishi kerak emas.

Yuqorida qayd qilingandek, 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:

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

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

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

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

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

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

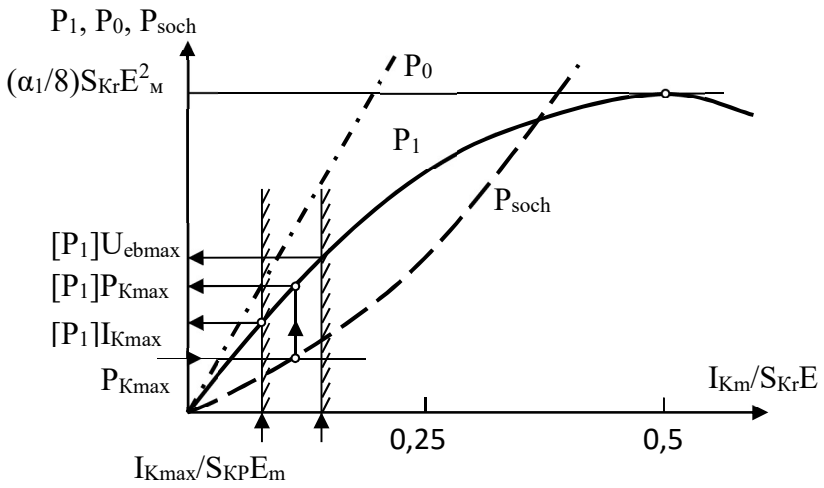
Bu rasmdagi A nuqtada tokning maksimal qiymati $I_{Km} = 0{,}5 S_{kr} E_m$ ga teng bo‘ladi. Real AE bunday quvvatni ishlab berolmaydi ($P_{chiq1} = 0{,}125\alpha_1(\theta) S_{kr} E_m^2$), chunki kollektor toki I_{Kmax} ning mumkin bo‘lgan qiymati $0{,}5 S_{kr} E_m$ dan ancha kichik. (3.8) ifodadagi I_{Km} 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 muvozanantidan 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^0_{nmax}) va berilgan muhit haroratining (t^0_{mu}) qiymatidan foydalanib $P_{K\,max}$ ni topish mumkin.

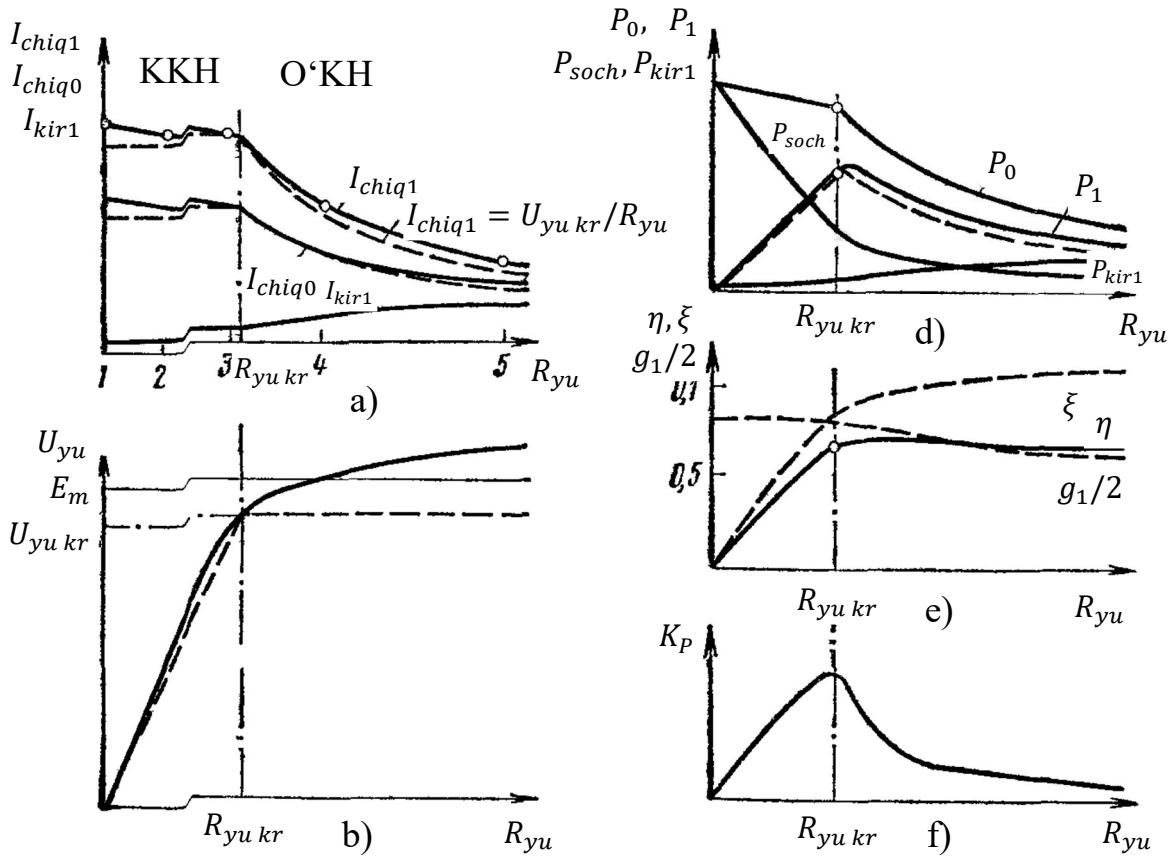
$$P_{Kmax} = (t^0_{nmax} - t^0_{muh})/R_t, \qquad (4.11)$$

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

Tranzistorning ish holati yana 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 xarakteristikalari

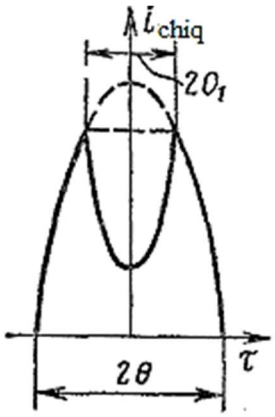
Quvvat kuchaytirgichning energetik ko‘rsatkichlari hamda AE toklarining yuklama qarshiligiga (R_{yu}) bog‘liqligi uning yuklama xarakteristikalari deb ataladi. Bu xarakteristikalar quvvat kuchaytirgichni kerakli ish holatiga sozlashda ishlatiladi. Yuklama aktiv bo‘lgan holatdagi, ya’ni $Z_{yu} = R_{yu}$ 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 xarakteristikalari: a) – yuklama toklarining; b) – kuchlanishining; 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 impulsini 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.

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

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

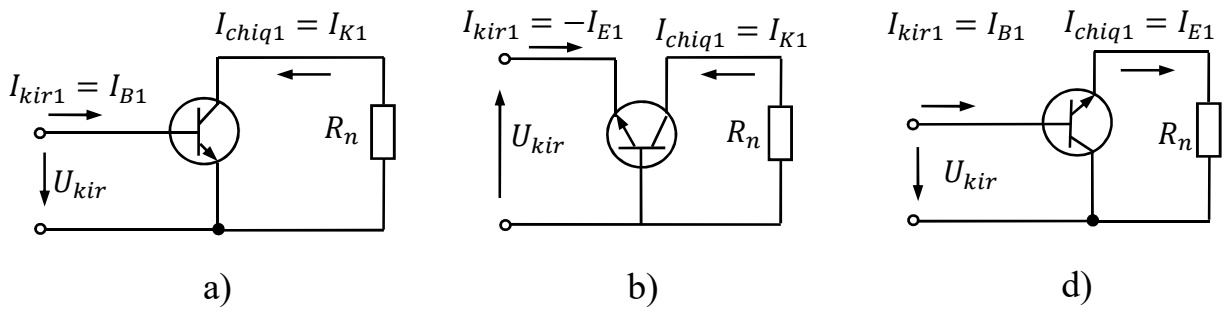
Manba kuchlanishi $E_m = const$ bo‘lgani uchun manbadan olinayotgan quvvat $P_0 = E_m I_{chiq0} = f(R_{yu})$ doimiy tok $I_{chiq0} = f(R_n)$ grafigini qaytaradi. Foydali quvvat P_1kamkuchlanishli ish holatda ($R_{yu} < R_{yu\,kr}$) yuklama qarshiligi R_{yu}ga proporsional ravishda o‘zgaradi. $R_{yu} = R_{yu\,kr}$, 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. Taminot manbaining kuchlanishini ishlatish koeffitsienti $\xi = f(R_{yu})$ ning grafigi $U_{yu} = f(R_{yu})$chizig‘ini takrorlaydi, chunki $\xi = U_{yu}/E_m, E_m = const$. Tokning shakl koeffitsienti $g = I_{chiq1}/I_{chiq0}$ 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 koeffitsienti $K_P R_{yu} < R_{yu\,kr}$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 koeffitsienti η va quvvatni kuchaytirish koeffitsienti 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 buzulishlarni kamaytirish, modulyatsiyalangan signallarni kuchaytirishlar kiradi.

4.7. Quvvat kuchaytirgichdagi aktiv elementlarning umumiy ulanish elektrodini tanlash

Bir vaqtni 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 xar hil bo‘ladi. Bular qatoriga kirish o‘tkazuvchanligi $Y_{kir} = 1/Z_{kir} = I_{kir1}/U_{kir}$, kuchlanish bo‘yicha kuchaytirish koeffitsiyenti $K_U = U_{yu}/U_{kir}$, tok bo‘yicha kuchaytirish koeffitsiyenti $K_I = I_{chiq1}/I_{kir1}$, quvvat bo‘yicha kuchaytirish koeffitsiyenti $K_P = P_1/P_{ki}$ 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 $P_{kir1} = 0{,}5U_{kir}I_{B1}$, chiqishdagi sozlangan yuklamadagi quvvat ($R_{yu} = G_{yu}$) $P_{E1} = 0{,}5U_{yu\,E}I_{K1}$.

Quvvat bo‘yicha kuchaytirish koeffitsiyenti

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

Bipolyar tranzistorlarda $K_{IE} = h_{21} = 30 \dots 50, K_{UE} \approx 10 \dots 20$ ga teng, u holda quvvat kuchaytirish koeffitsienti 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:

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

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.

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

$K_{IE} = 10 \dots 20$ 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 koeffitsienti umumiy emitterli sxemaga nisbatan h_{21} marta kam bo‘ladi.

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

Bu ifodadan ko‘rinib turibdiki, umumiy bazali sxemada quvvat kuchaytirish koeffitsiyenti kuchlanishni kuchaytirish koeffitsiyentiga teng. Tokning kuchaytirish koeffitsiyenti esa birga yaqin bo‘ladi:

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

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:

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

Shunday qilib, past chastotalarda umumiy bazali sxemani quvvat bo‘yicha kuchaytirish koeffitsienti 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 chastotaoshishi 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. Ularni 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 sharoitga qarab tanlanadi. Odatda umumiy bazali sxema yuqori chastotalardi ishlatiladi, chunki bunday sxemaning kuchaytirish koeffitsienti ancha turg‘un bo‘ladi. Umumiy emitterli sxema yuqori chastotalarda nisbatan yomon ishlaydi. Ularni kuchaytirish koeffitsienti $K_{PE} < 1$ bo‘ladi. Ular past chastotada yaxshi ishlaydilar va bu diapazonda ularni kuchaytirish koeffitsienti katta bo‘ladi. Quvvat kuchaytirgichning turg‘unligini oshirish uchun neytralizasiya sxemalari qo‘llaniladi. Bu sxemalar aktiv elementlarning o‘tish o‘tkazuvchanligini neytralizasiya qiladi. Shuni ta’kidlash kerakki, hozirgi paytda ishlab chiqarilayotgan radiolampa va tranzistorlar neytralizasiya sxemalariga muhtoj emaslar.

Nazorat savollari

1. Aktiv elementni statik xarakteristikalari deganda nimani tushunasiz?
2. Aktiv element qanday hollarda inersiyasiz va inersiyali hisoblanadi?
3. Aktiv elementni statik xarakteristikalarini approksimasiyalash deganda nimani tushunasiz?
4. Berg koeffitsientlari haqida ma’lumot keltiring.
5. Berg koeffitsientlari kesish burchagi va tokni shakl koeffitsientiga 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 elementni 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?

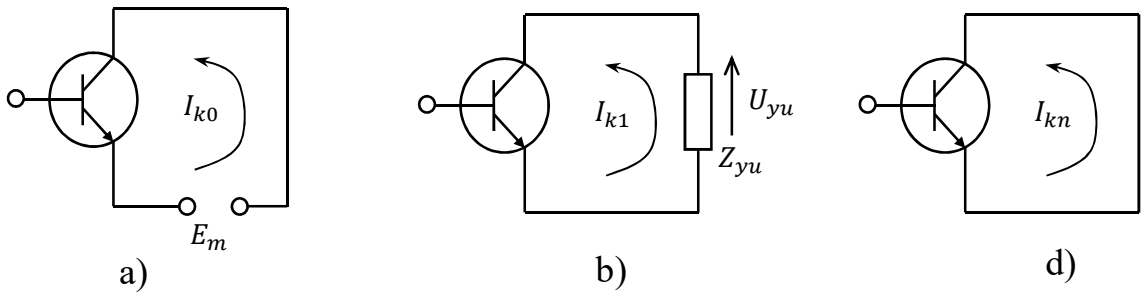
5. QUVVAT KUCHAYTIRGICHLARNI SXEMALARI, TA'MINOT VA SILJITISH ZANJIRLARI

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 tuzushning 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 tokni 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 kuchaytirgichini 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 elektrodlari orasidagi va montaj parazit sigi‘mlarini 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 $Y_{kir} = G_{kir} + jB_{kir}$).

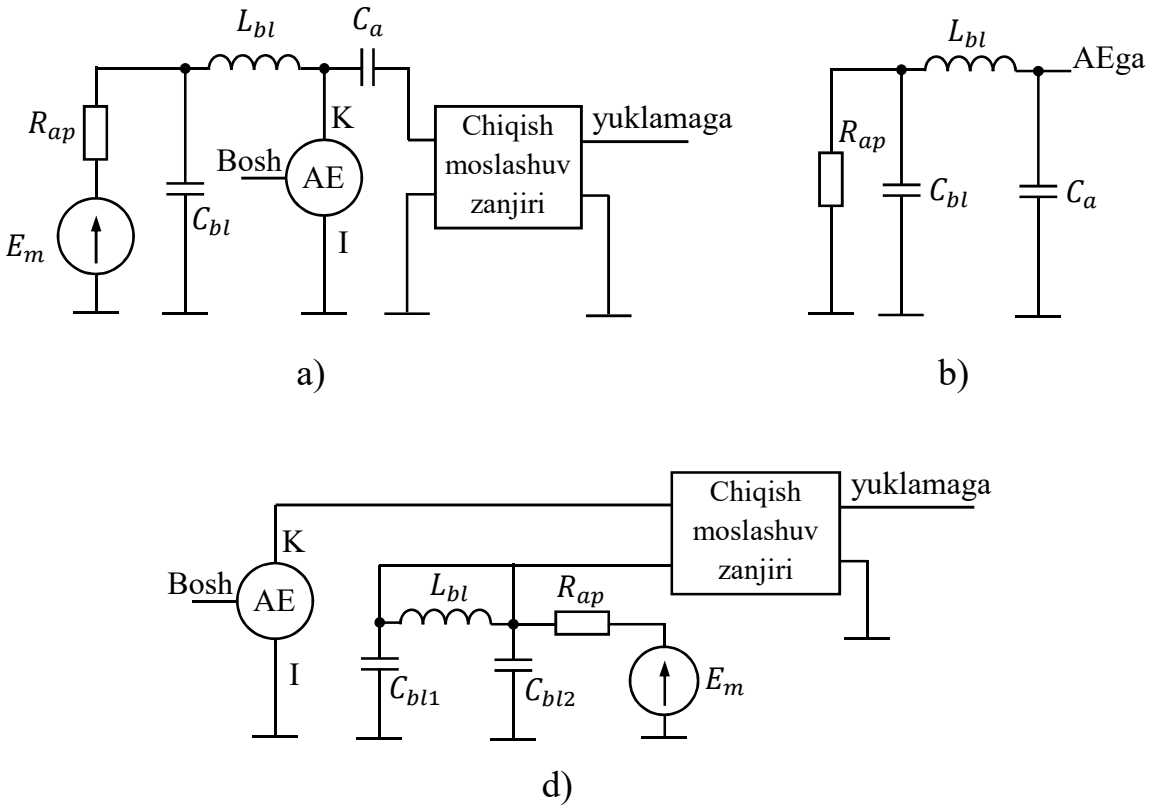
5.2. Ta’minot zanjirlari

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‘zgarmas 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:

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

Ketma-ket ta’minlash zanjiri uchun shunga o‘xshash ravishda

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

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

$$\begin{aligned} &1)\ 1/(\omega_{min}C_{bl1}) \leq 0{,}1R_k; \\ &2)\ R_{ap} \leq 0{,}1R_k; \end{aligned} \tag{5.3}$$

3) $C_{bl} \approx C_{bl1}$;

3) $L_{bl} = 2C_{bl1}R_{ap}^2$.

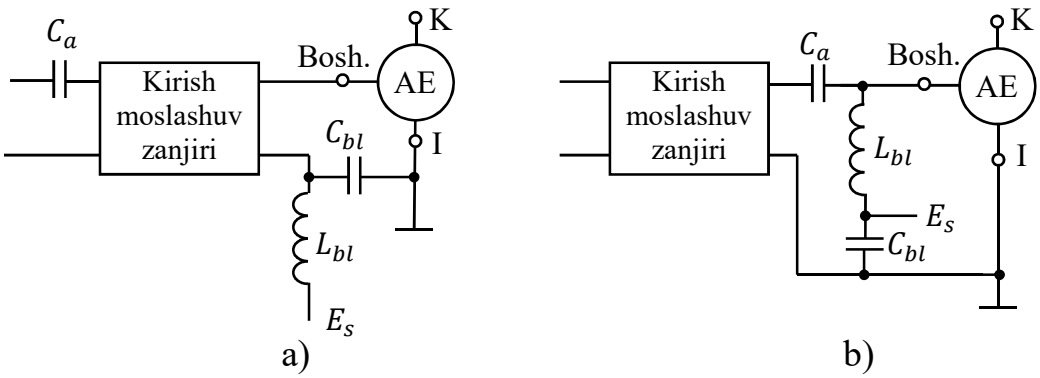
Ketma-ket sxemaning parallel sxemadan afzalligi shundaki, R_{ap} ning bir xil qiymatlarida C_{bl} va L_{bl} qiymatlari ancha kichik bo‘ladi.

5.3. Siljitish zanjirlari

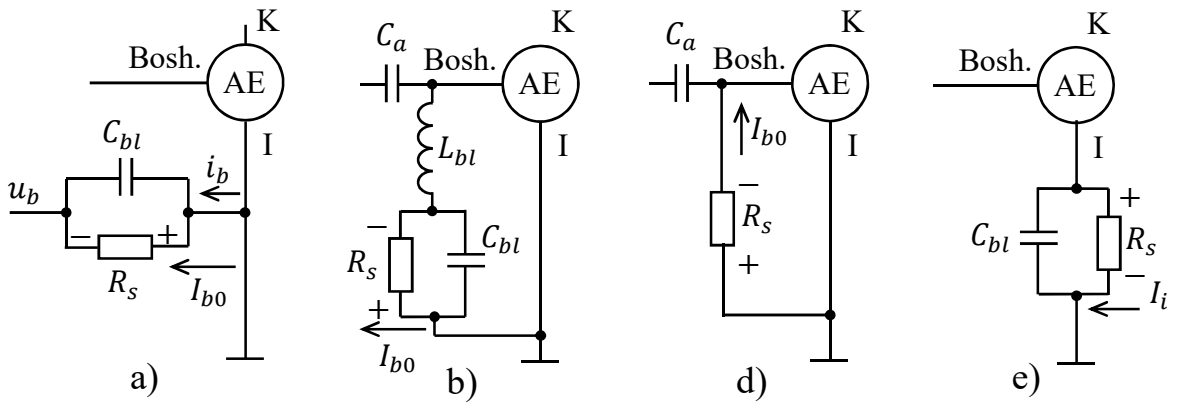
Siljitish zanjiri (SZ) o‘zgarmas kuchlanish manbai E_s va blokirovka elementlaridan iborat bo‘ladi. Siljitish zanjirlari xam ikki tur bo‘ladi:

- 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.



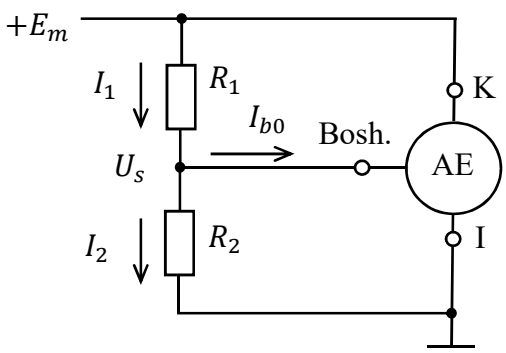
5.3-rasm. Qayd qilingan siljitish sxemalari: a) – ketma-ket; b) – parallel.



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

Qayd qilingan (qo‘zg‘almas) siljitish 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 $U_s = E_m - I_1R_1, I_1 = I_{B0} + I_2; I_2 = U_s/R_2$. Bundan

$$U_s = E_m \frac{R_2}{R_1 + R_2} - I_{B0} \frac{R_1R_2}{R_1 + R_2}; \quad R_2 \gg |Z_{kir1}|.$$



5.5-rasm. Ta’minot manbai siljitish 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 olmas 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‘zgarmas tok bo‘lib, $I_{K0} \gg I_{B0}$. I_{K0} qiymati aktiv element ishchi rejimidan topiladi.

Bipolyar tranzistorlarda yig‘ilgan sxemalarda I_{B0} – rekombinasiya toki, $I_{B0} = I_{K0}/B, B$ – tranzistorning kuchaytirish koeffisienti.

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‘libR_s qarshiligida ortiqcha quvvatni ajralishi hisoblanadi.

Siljitish sxemalarini taqqoslashdan quyidagilar kelib chiqadi:

- istalgan qutblardagi istalgan siljitish kuchlanishlarini U_s hosil qilish mumkin;
- avtosiljitish uchun alohida o‘zgarmas 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 tranzistorni optimal ish xolati uchun siljish kuchlanishi boshqaruvchi kuchlanisni (zaryadni) birinchi garmonikasining amplitudasi (Q_{B1}) ga bog‘liq bo‘ladi va shu sababli kirish quvvati P_{kir} ga xam bog‘liq bo‘ladi

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

bunda, γ_0 – Furye yoyish koeffitsiyenti; $\gamma_0 = f(\theta); \theta$ – kesish burchagi; C_e – tranzistorning bar’er sig‘imi.

Qo‘zg‘armas (fiksatsiyalangan) siljitish zanjirlaridan foydalanish maqsadga muvofiq emas, chunkikirish quvvati P_{kir} ni o‘zgarishi tranzistorning o‘zgarmas tok bo‘yicha ish xolatini optimal qiymatidan o‘zgarib ketishiga olib keladi. Bu xolda kombinasiyalashgan 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 beriliyotgan 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

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

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

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

5.5-rasmdagi siljitish sxemasi uchun kerakli ish xolati$E_m R_2/(R_1 + R_2) = U_{kes}$; $R_1R_2/(R_1 + R_2) = R_s$bo‘lganda bajariladi.

Bipolyar tranzistorlardagi siljitish zanjirlari quyidagi xususiyatlarga ega:

1. Kesish burchagi $\theta = 90°$ bo‘lganda $R_s = \tau_\beta / C_e$ bo‘ladi va bunda R_s sifatida korreksiyalovchi qarshilik – $R_{z\,korr}$ ($R_{z\,korr} = \tau_\beta / C_e$) ishlatilishi mumkin.

2. R_2 qarshilikni keng harorat oralig‘ida stabillash uchun bir xil materialdan tayyorlangan tranzistor va dioddan foydalaniladi. Bu diodni ochiq holatida U_{kes} kuchlanishiniqiymati tashqi harorat o‘zgarishining keng dipazonida 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 zajirlari deb qanday zanjirlarga aytiladi va ularning qanday turlarini bilasiz?
5. Bipolyar tranzistorlardagi siljitish zanjirlari qanday xususiyatlarga ega?
6. Tashqi ta’sir ostida ishlovchi generatorni 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 sxemasini qanday kamchiligi bor?
11. Parallel ta’minlash sxemasini 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 $R_{chiq} = R_{n\,kr}$ qarshilikni ulash kerak. Lekin ko‘p hollarda yuqori chastotali signallarni qabul qiluvchi qurilmalarning qarshiligi xususan antennaning Z_n qarshiligi o‘zgaruvchan bo‘lib, $R_{n\,kr}$ 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 qarshiklarni 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 $R_{n\,kr} = 1000 \ldots 5000$ Om ni, tranzistorli kaskadlar uchun esa $R_{n\,kr} = 20 \ldots 200$ 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 $(Z_n = R_{n\,kr})$ berilgan chastota o‘raliq‘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 koeffitsienti kamayadi, shuningdyek, uzatiladigan signalning buzilishi vujudga keladi. Xususan, agar ikkinchi kaskad uzatkichning oxirgi kaskadi bo‘lsa, uning yuklamasi to‘g‘ridan-to‘g‘ri antennaning $Z_A(\omega)$ kirish qarshiligi, yoki fiderning $Z_F(\omega)$, yoki antennadan 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 $|Z_{kir}(n\omega)| \ll |Z_{ekv}(\omega)|, |Z_{chiq}(n\omega)| \ll |Z_{kir}(\omega)|$, shart bajariladi va shu bilan birga lampa anodida va kirishida kuchlanishni 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 tebranishlarni 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. sezilarsiz quvvat yo‘qotishlarini kiritish, ya’ni asosiy chastotada aloqa zanjirining yuqori foydali ish koeffitsientini ta’minlash;

5. keng diapazonli generatorlarda ishchi chastotalar diapazonida berilgan xarakteristikalarni saqlab qolish. Xususan, ularni qurishda ishchi chastotaning ortishi bilan elektron asbob kirish va chiqish sig‘imlari 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 koeffitsiyentini chastotaga bog‘liqligining 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 koeffitsientini va tebranish quvvatini 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‘atkichni yuklama qarshiligiga maksimal quvvat berishni ta’minlaydi, ya’ni aktiv elementning kirish qarshiligi Z_{kir} ni $R_{qo'z}$ ga moslab o‘zgartiradi;
- aktiv element kirishidagi kuchlanish U va tok I shakllarini garmonik ko‘rinishda bo‘lishini ta’minlaydi, ya’ni filtr vazifasini bajaradi.

*Chiqishdagi moslashuv zanjiri*quyidagilarni ta’minlaydi:

- aktiv elementning optimal ish xolati 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:

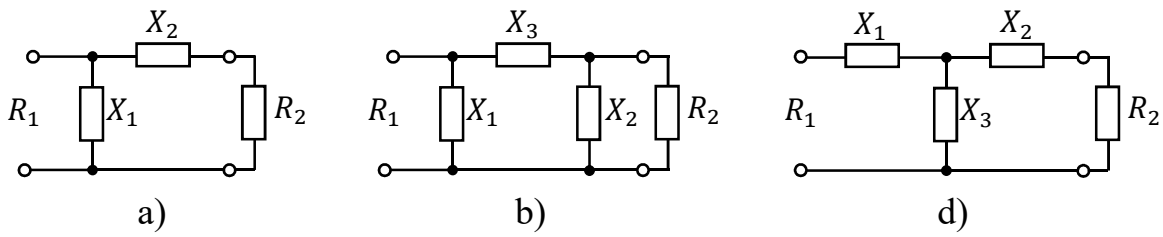
- keyingi kaskad aktiv elementining kirish qarshiligini oldingi kaskadni aktiv elementi kollektorining optimal qarshiligiga o‘zgartirish R_K;
- kaskadning kirishidagi va chiqishidagi kuchlanish va toklarning garmonik shaklini ta’minlash.

Shunday qilib, moslashuv zanjirlari ikkita turli vazifani bajaradi, birinchidan qarshilikni o‘zgartiradi, ikkinchidan kuchlanish va tokni filtrlaydi. Bunda ular kerakli chastota o‘tkazish oralig‘ini ta’minlab berishi (AChX, FChXlar quvvat kuchaytirgichi uchun) va kam miqdorda xususiy yo‘qotishlarga ega bo‘lishi kerak.

Chiqish kaskadlari moslashuv zanjirlariga garmonikalar filtrasiyasi bo‘yicha qattiq talablar qo‘yiladi: radiouzatuvchi qurilmalarni vazifasi, quvvati va chastota diapazoniga bog‘liq ravishda ortiqcha (nomaqbul, ikkichlamchi) nurlanishlar quvvati $25 \cdot 10^{-6} \ldots 10^{-3}$ Vt dan oshmasligi kerak.

Sodda moslashuv zanjirlari sifatida Г-; П-; va T-simon reaktiv to‘rtqutbliklar yoki ularning o‘zaro aralashgan variantlari qo‘llaniladi (5.1-rasm).

Misol tariqasida reaktiv elementlarining funksiyalari aniq belgilangan Г-simon to‘rtqutblik ishlashini ko‘rib chiqaylik: 1) jX_2 elementi R_2 qarshilikni talab qilingan R_1 qarshilikka o‘zgartirib beradi; 2) jX_1 elementi yuzaga keladigan reaktiv tashkil etuvchini bartaraf etadi.



6.1-rasm. a) – Г-simon; b) – П-simon;d) – T-simon reaktiv to‘rtqutbliklar shaklidagi moslashuv zanjirlari.

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 ($Q > 3 \ldots 5$) 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 koeffisiyentini oshirish uchun uning xususiy aslligini oshirish kerak $Q = \sqrt{L/C}/r_{yo'qot}$. 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. Кенг polosali quvvat kuchaytirgichlari moslashuv zanjirlari

Keng polosali quvvat kuchaytirgichi deb ishchi diapazon chastotasining maksimal qiymatini 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 qarshiligini 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 taqdirdaishlatiladi. Moslashuv zanjirlari bunda ketma-ket ulangan Γ-simon zanjirlardan iborat bo‘ladi. Bu zanjirlar uchun quyidagi xususiyatlar xarakterlidir:

- kirish qarshiligi yuklama qarshiligidan katta: $R_{kir\ MZ} > R_{yuk}$;
- C_1 sig‘imi kirish kuchlanishi filtrlanishiga ko‘maklashadi;
- L_3induktivlik chiqish toki filtrlanishiga yordam beradi.

Afzalliklari – aktiv element elektrodlari 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 xalqasimon ferritlarda yig‘iladi. Bunda transformatorlash koeffisienti $N = R_{kir}/R_{yuk} = \omega_1/\omega_2$, 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 transformasiya koeffitsienti $N = 1$ 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 ulasakki, bunda ularni 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 $N > 1$ transormasiya koeffisientli oshiruvchi transormatorlar hosil qilinadi.

Bunday moslashuv zanjirlarining chastota o‘tkazish oralig‘ini kengaytirish uchun T–L qurilmalarida rezonans vujudga kelishini oldini olish kerak bo‘ladi. Buning uchun:

– T–L liniyani to‘lqin qarshiligi ρ ga teng qarshilikli yuklamaga yuguruvchi to‘lqin ish xolatini ta’minlagan holda ulanadi;

– liniya uzunligi $l_l$ni $l_l < \lambda/4$ 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 transormasiya koeffitsientiga ega bo‘ladi.

Transormatorlardagi 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 elementni bir taktli ulanishida asosiy chastota garmonikalarida ham quvvat generasiyasiga olib keladi. Bunday parazit generasiyalarni yo’qotish uchun aktiv elementni ikki taktli qilib ulanadi va u B sinfida ishlaydi.

6.4. Moslashuv zanjirlarida quvvatning sarf bo‘lishi va foydali ish koeffitsienti

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 koeffitsienti deb ataladi.

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

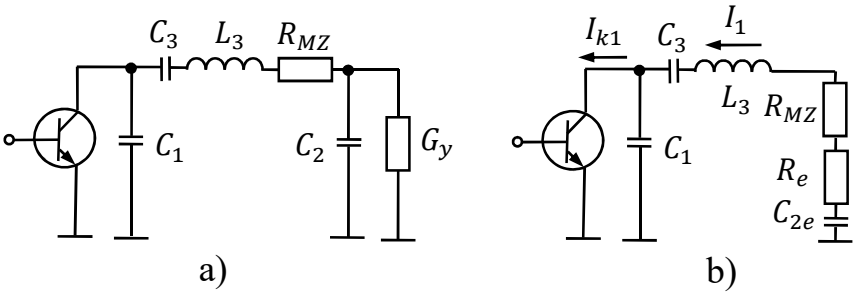
bunda, P_{MZ}– moslovchi zanjirda sarf bo‘layotgan quvvat. Chiqish kaskadlaridagi moslovchi zanjirlar foydali ish koeffitsientining iloji boricha katta bo‘lishiga erishish kerak. Oraliq kaskadlarda moslovchi zanjir foydali ish koeffitsiyentini nisbatan kichikroq qilish mumkin, buning uchun chiqish kaskadining quvvat kuchaytirish koeffitsienti (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 $G_{o'}$ zanjirning turli tarmoqlariga ulangan. Foydali ish koeffitsientini aniqlash uchun, avval $G_{o'}$ va jB_2 larni ketma-ket ekvivalent sxemadagi umumiy qarshiligini topamiz. $R_e = G_{o'}/(G_{o'}^2 + B_{o'}^2)$.

Foydali ish koeffitsientini hisoblash uchun $R_y$ni $R_e$ga 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:

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

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

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

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

Bundan ko‘rinib turibdiki, 6.2a-rasmdagi sxemaning h parametrining (induktivlik) oshishi filtrlashni yaxshilaydi, shu bilan birga moslovchi zanjirlarning foydali ish koeffitsientini 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 zanjirlarni asosiy vazifalari nimalardan iborat?
2. Moslovchi zanjirlar necha xil turdabo‘ladi?
3. Moslovchi zanjirni 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. Г-, Т-, П-ko‘rinishdagi aloqa zanjirining sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.
11. Tranzistorli kaskaddagi moslovchi zanjirning FIK nimaga bo‘liq?

7. QUVVAT KUCHAYTIRGICHLARDAGI AKTIV ELEMENTLARNING QUVVATLARNI QO‘SHISH

Ma’lumki, ko‘p hollarda radiosignallarni uzatuvchi qurilmalarni chiqish quvvati bittaaktiv element (AE) quvvatidan ancha katta bo‘ladi. Bu holda kerakli foydali quvvatni olish uchun bir nechtaaktivelementni ishlatishga to‘g’ri keladi. Buning uchun aktiv element quvvatlarini qo‘shish masalasini echishga to‘g’ri keladi. Ayniqsa tranzistorli qurilmalarda bu masala muhim o‘rin tutadi, chunki ular ishlab berayotgan quvvat nisbatan kichik bo‘ladi. Aktiv elementni 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 usullarini samaradorligini 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‘zgarmas tashkil etuvchisi va birinchi garmonikasi amplitudalari mos ravishda quyidagiga teng:

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

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

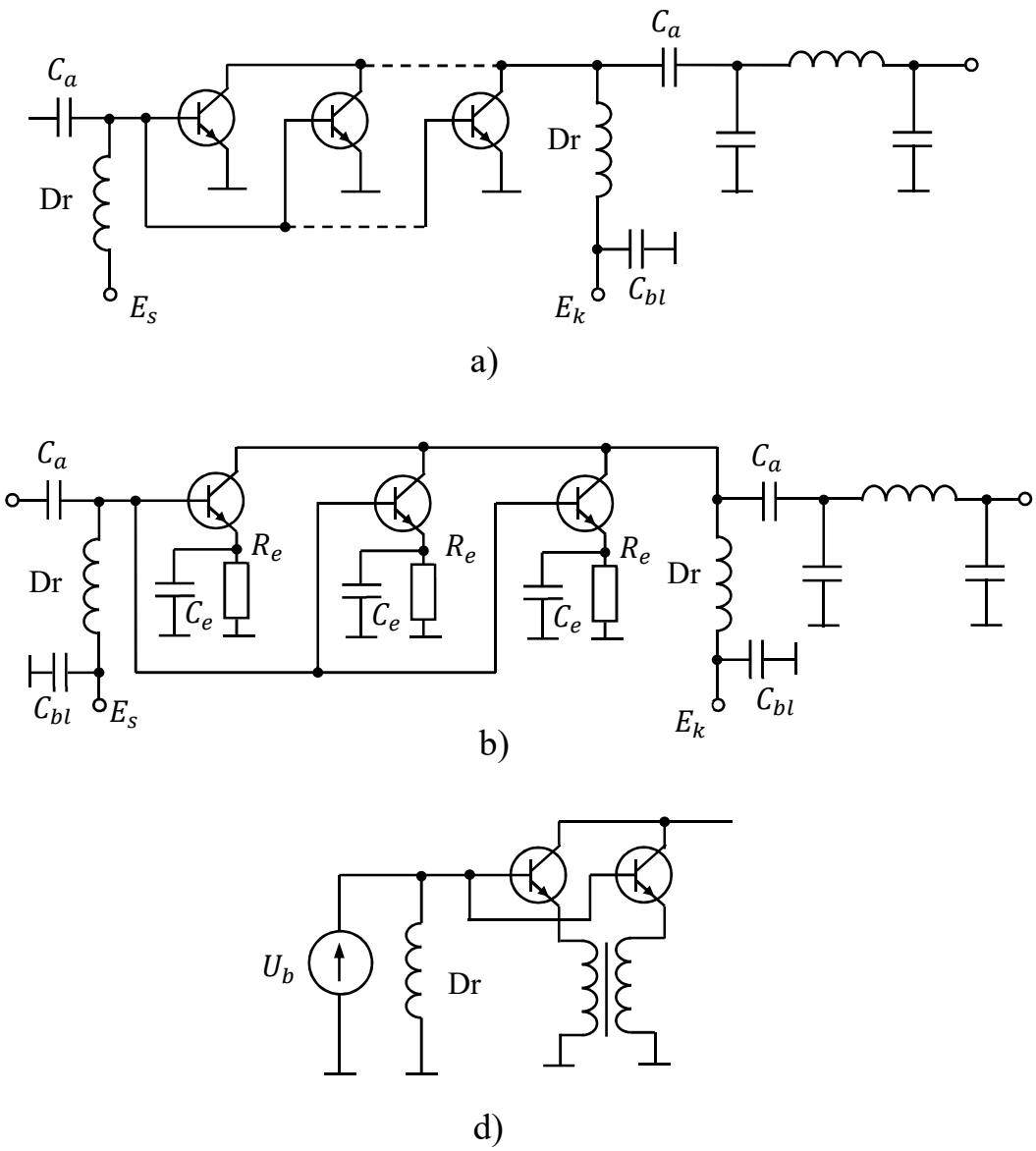
Har bir aktiv element $P'_1 = 0{,}5U_k I'_{k1}$ ga teng bo‘lgan birinchi garmonika quvvatini beradi va manbadan $(E_m)P'_0 = E_m I'_{k0}$ ga teng quvvat oladi. n ta parallel ulangan AE lar esa birgalikda $P_1 = nP'_1$ foydali quvvatni ishlab beradi. Buning uchun AElar manbadan $P_0 = nP'_0$ ga teng quvvat olib sarflaydilar. Bunda optimal ish xolatiga 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 erda - $R'_k = U_k/I'_{k1} - P'_1$ 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 $P_{kir} = nP'_{ki}$ 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 erda Z'_{kir1} – bitta AEni 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 AElarning 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 xolatlarini 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 xolatlarini 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 xolatiga yaqin ish xolati 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 transformatordagi 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 xolatlari samarali simmetriklanadi. Bu sxemani kamchiligi unda ikki o‘ramli transformatorning

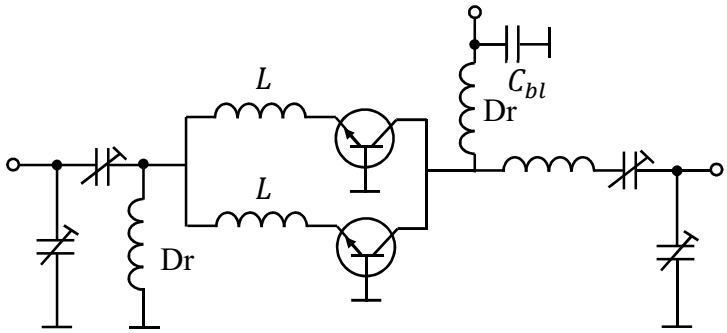
qo‘llanishi bo‘lib, ultra qisqa va o‘ta yuqori chastota diapazonlarida undan foydalanish qiyinchiliklar tug‘diradi.

O‘ta yuqori chastota va ultra qisqa to‘lqin diapazonlarida AE ish xolatlarini 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

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

$I_{k1} = K_{Ib} I_e$ 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 $R_e Z_{kir}$ qarshilikni haqiqiy qismi va R_k yuklama optimal qarshiligini kamayishi bilan bog‘liq;

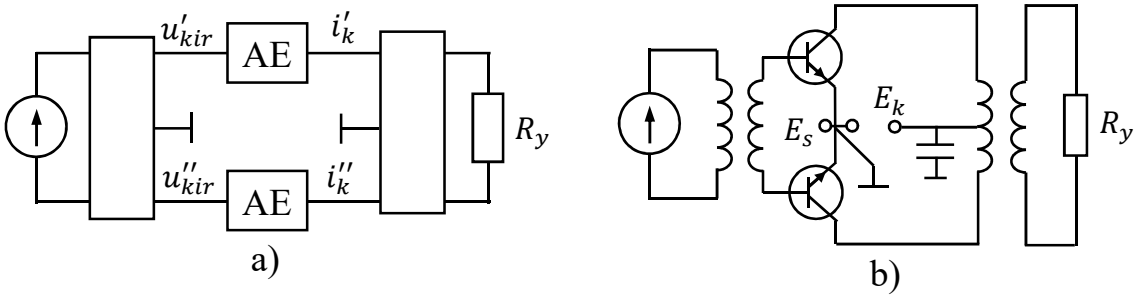
- tarkibidagi elementlar bo‘yicha tok va kuchlanish taqsimotining notekisligi tufayli quvvatlarni qo‘shish samarasi pasayishi.
- AElar bir-biri bilan o ‘zaro boglangan, bitta AE ishdan chiqsa, qolganlari zo‘riqib ishlaydilar. Natijada quvvat kuchaytirgich xam ishdan chiqishi mumkin.

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 AEli 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 ulanishili quvvat kuchaytirgich funksional (a) va prinsipial (b) sxemasi

AElar umumiy yaklamaga fazasiljituvchi zanjir

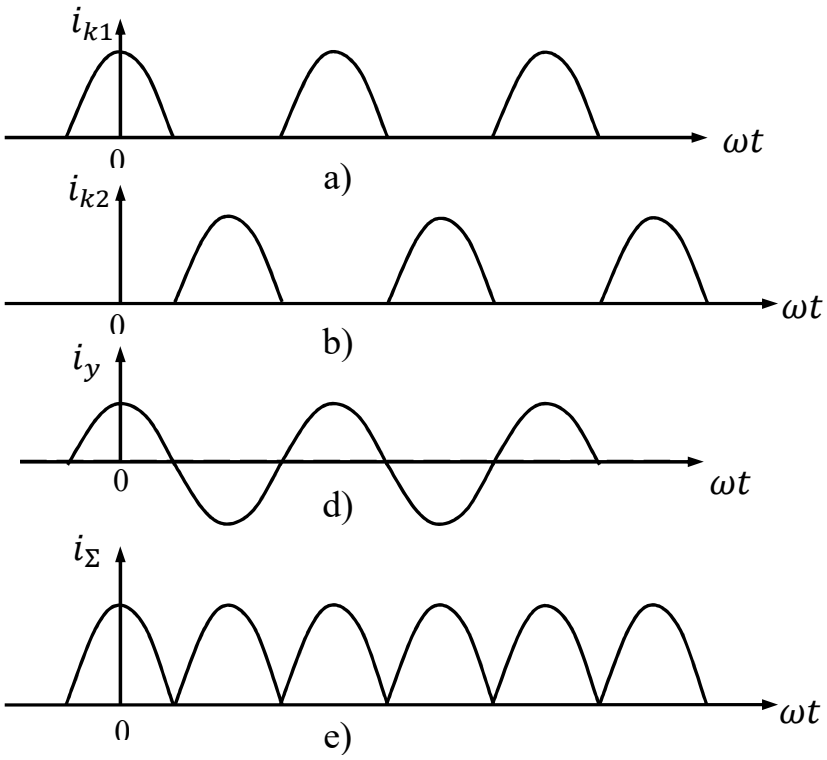
Bunday siljish kirish kuchlanishidan bir-biriga qarama-qarshi fazali ikkita kuchlanish hosil qiluvchi faza siljituvchi zanjir bilan amalga oshiriladi. Bir xil

parametrli tranzistorlardagi kuchaytirgich uchun chiqish (kollektor) toklarining fazasiham bunday kirish kuchlanishlariga o‘hshash 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, $\theta = 90°$

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

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

bu esa chiqish kuchlanishini filtrlashni osonlashtiradi.

AEni kesish burchagi 180° va 90° li kosinus shaklidagi impulslar bilan ishlash rejimida chiqish tok spektrida asosiy garmonikadan tashqari hamma toq garmonikalar bo‘lmaydi. Shunday qilib, $\theta = 90°$ va AEning chiziqli-bo‘lakli xarakteristikalarida sxemaning umumiy kuchlanish zanjirida (7.4e-rasm) quyidagi toklar yig‘indisi oqadi

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

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 xolatida ishlaganda, deyarli yuqori foydali ish koeffisiyentini 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.

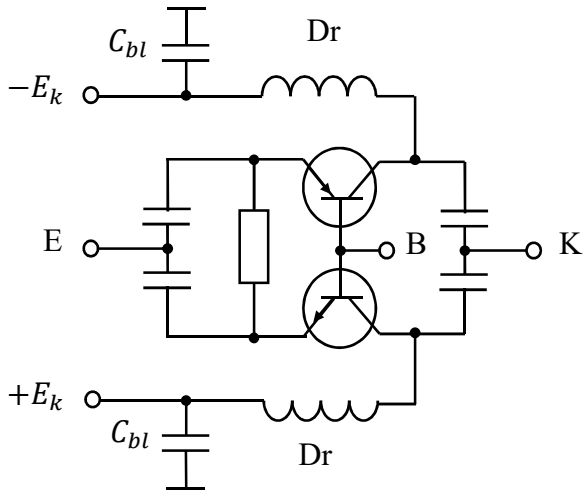
Ba’zi hollarda AEni ikki taktli ulanishini qo‘llash quvvat kuchaytirgichi chiqishidagi filtrga bo‘lgan talabni engillashtirishga va undan voz kechishga imkon beradi. Bundan tashqari ikki taktli sxema o‘zining yerga ulanish nuqtasini simmetrikligi tufayli qulayroqdir, qachonki yuklamani ham yerga ulanishi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

AE ish xolatlarini simmetriyasini buzilishining bartaraf qilishni bir necha yo‘llari mavjud:

1. ish xolatlarni 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 asboblar 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 qismlarini ish xolatlarini simmetriaylaydi;

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

– agar oldingi kaskad kuchaytirishish xolatida 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 quvvatini bir taktli sxemaga nisbatan ikki marta ortishi;
- tanlovchi zanjirlarsiz (filtrlarsiz) garmonik shakldagi chiqish kuchlanishini olish imkoniyati va kuchaytirgichning bu bilan bog‘langan keng polosaliligi ($\theta = 90°$ 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 xolatini simmetriyasini ta’minlash uchun bir xil parametrli tranzistorlarni tanlash zarurligi hisoblanadi.

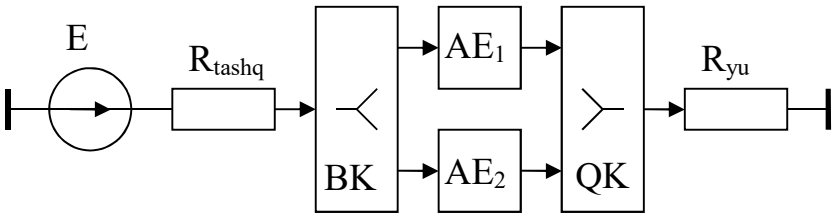
Aktiv elementlarni ikki taktli va parallel ulanish sxemalar kombinasiyasi radiouzatkich chiqish quvvatini oshirish uchun ishlatiladi. Bunda sxema quyidagicha quriladi. Kirish signali transformator yordamida $2n$ ta kanalga bo‘linadi, bunda, n – ikki taktli sxemaning har bir yelkasidagi kanallar soni. 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 elementlarni quvvatini qo‘shish usullari, ya’ni paralel va ikki taktli ulash sxemalarini ko‘rib chiqqan edik. Bu sxemalarda istemolchi (yuklama) qarshiligi umumiy bo‘ladi. Mana shu umumiy istemolchi 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 paralel va ikki taktli sxemalarni bir qancha kamchiliklarni bor. Ularni asosiylari quyidagilar:

- aktiv elementlardan birini ishdan chiqishi, umumiy quvvatni kamayishigaolib keladi, va boshqaaktiv elementlar og’ir ish holatida bo‘lishadi. Bu esa ularni ishdan chiqishigaolib keladi; aktiv elementlarni chiqish va kirish zanjirdagi qisqa tutashuv qurilmani butunlay ishdan chiqarishi mumkin;
- aktiv elementlarni xususiyatlari bir xil bo‘lmagani uchun, ulardan o‘tayotgan toklar ham bir tekisda taqsimlanmaydi. Bu esaaktiv elementlar orasidagi o‘zaro bog‘liqlikni yanada kuchaytiradi; Ba’zi hollardaaktiv elementlar quvvatni ishlab berish holatdan quvvatni sarf qilish ish holatiga o‘tadilar;
- parallel va ikki taktli sxemalarda ularni murakkabligi va parazit reaktiv elementlar ko‘p bo‘lganligi tufayli parazit to‘lqinlarni 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 keark (7.6-rasm).



7.6-rasm. Ko‘priksimon ulangan kuchaytirgichni strukturaviy sxemasi

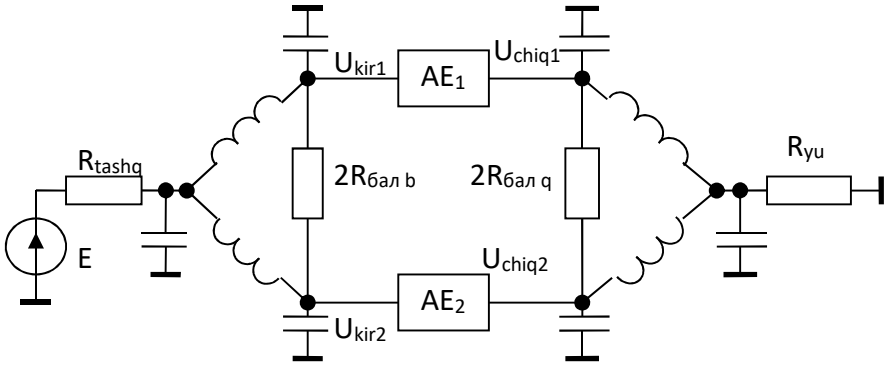
Bu sxemada BK – quvvatni bo‘luvchi ko‘prik, QK – qo‘shuvchi ko‘prik. Normal ish holatda ko‘priksimon kuchaytirgichlardaaktiv elementlar xususiyatlari va ish holatlari bir xil bo‘ladi. BK ko‘prik quvvatni aktiv element-larga teng qilib bo‘lib beradi, QK ko‘prik esa aktiv elementlar ishlab chiqarayotgan quvvatlarini umumiy qarshilik R_{yu} da qo‘shib beradi. Bu ish holatda quvvatni qo‘shish va bo‘lish sarf bo‘lmasdan amalgaoshiriladi. Aktiv elementlarni o‘zaro bog‘liqligini BK va QK ko‘priklar orqali yo‘qotiladi. Normal ish holat buzilganda ham aktiv elementlarorasidagi o‘zaro bog‘liqlik ko‘priklar yordamida saqlanib turadi. Bo‘luvchi ko‘prik BK aktiv elementlarni kirish qismidagi ta’sir etuvchi kuchlanishni doimiy qilib turadi. Qo‘shuvchi ko‘prik QK esaAE_2 ni ish holati o‘zgarganda, AE_1 uchun istemolchi qarshiligi R_{yu} ni bir xil qilib turadi.

Agar ko‘prik faqat reaktiv elementlardan iborat bo‘lsa, u holda sxemadagi R_n qarshilik mavxum qiymatga ega bo‘ladi va ko‘prikni asosiy xususiyati aktiv elementlarni o‘zaro bog‘liqligini yo‘qotish bajarilmaydi. Buning uchun ko‘prikni albattaaktiv 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 generatorlarni 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‘shimchaaloqa yordamida kompensasiya qilinadi. $2R_{bal}$ qarshilik orqali aktiv elementlar qo‘shimcha bog‘langan bo‘lishadi. Bu holda o‘zaro bog‘liqni yo‘qotishni fazali sharti bajariladi. Chunki AE_2 chiqish qismiga umumiy qarshilik $R_n$orqali kelayotgan kuchlanish, ballast qarshilikdan kelayotgan kuchlanishga nisbatan 180^0 ga kechiqib keladi. Buni asosiy sababi umumiy qarshilikdan o‘tayotgan kuchlanishlar ikkita П - ko‘rinishdagi reaktiv zanjirlardan o‘tib keladi. П-zanjirni har biri kuchlanishni faza bo‘yicha 90^0 ga siljitadi. Shunday qilib sinfaz ko‘prikni reaktiv qismi 180^0 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‘qotishni amplituda sharti bajarilishi uchun $2R_{bals}$, R_n qarshiliklar va ko‘prikni reaktiv elementlari orasida ma’lum bir nisbat bo‘lishi kerak. Bu ta’kidlangan elementlarni birortasini shu nisbatdan o‘zgarishi aktiv elementlar orasidagi o‘zaro bog‘liqlikni kuchaytiradi. Quvvat bo‘luvchi BK ko‘prikni kirish qismidagi o‘zaro bog‘liqlik ham, shu usulda yo‘qotiladi.



7.7-rasm.Sinfaz ko‘prikli kuchaytirgich sxemasi

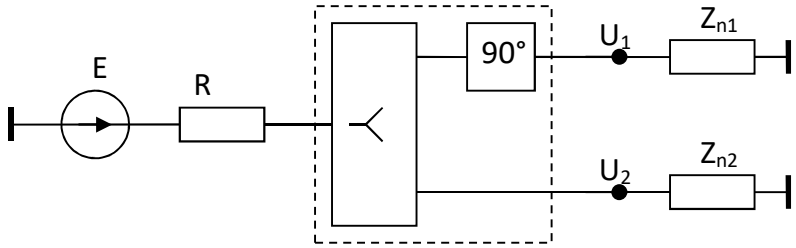
Bu erda ham R_{tashq}, $2R_{bal\ b}$ va reaktiv elementlari orasida ma’lum nisbat bajarilishi kerak. Ularni birortasini o‘zgarishi o‘zaroaloqani kuchaytiradi. Nominal ish holatida ballast qarshiliklarda quvvat sarf bo‘lmaslikni sababi, kuchaytirgich aktiv elementlarning kirish va chiqish qismidagi kuchlanishlarning teng bo‘lishidir. Chunki kuchaytirgich simmetrik holatda bo‘ladi.

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

Kuchaytirgichning kirish va chiqish qarshiliklari uni muhim parametrlari bo‘lib, ular AE ni ish holati va xususiyatlariga bog‘liq bo‘ladi. Aktiv elementlarni eskirishi, almashtirilishi, tashqi muhit haroratini o‘zgarishi, uni kirish va chiqish qarshiliklarini o‘zgartiradi. Bu esa o‘z navbatida kuchaytirgichni kirish va chiqish

qarshiliklarini o‘zgarishigaolib keladi. Ko‘p kaskadli kuchaytirgichlarda bu xodisaoldingi kaskadlarni ish holatini o‘zgarishiga va noqulay vaziyatgaolib keladi. Bu holda sinfaz ko‘prikli kuchaytirgichlar oddiy kuchaytirgichlardan farq qilmaydi va ko‘priklar reaktiv transformator vazifasini o‘taydilar, holos. Ballast qarshiliklardan simmetrik ish holatda tok o‘tmaydi. Bu sinfaz sxemalarini asosiy kamchiliklaridir.

Ko‘prikli kuchaytirgich sxemalaridaaktiv elementlarni o‘zaro bog‘liqligini yo‘qotish bilan birga, ularni yana bir muxim xususiyati bor. Bunday sxemalarni kirish va chiqish qarshiliklari aktiv elementlarni 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 П- yoki T- ko‘rinshdagi invertor ulash kerak (7.7, 7.8-rasmlar). Ular fazani 90^0 ga siljitadi, lekin ko‘prikni kirish o‘tkazuvchanligini o‘zgartirmaydi.

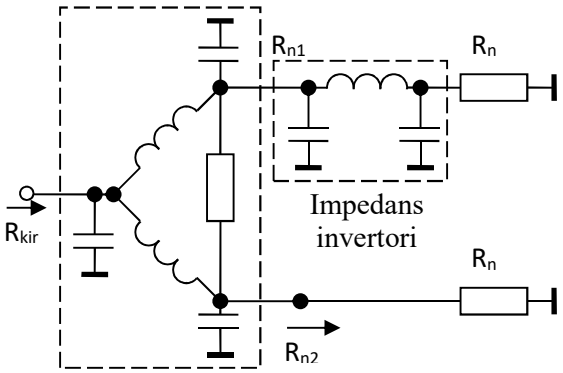


7.8-rasm. Sinfaz ko‘prik asosida qurilgan kvadraturali ko‘prik

Quvvatni qo‘shuvchi kvadraturali ko‘priklarni chiqish qismidagi kuchlanishlar amplituda bo‘yicha o‘zaro teng, lekin faza bo‘yicha bir - biridan 90^0 ga siljigan, ya’ni bu kuchlanishlar kvadraturali bo‘lishi kerak: $U_1 = \pm U_2$.

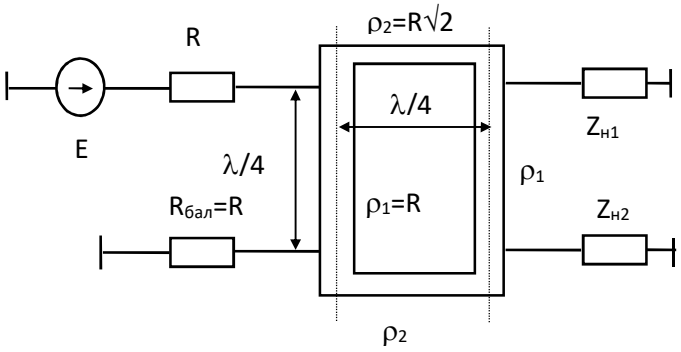
Bu holda istemolchi(yuklama) qarshiliklari $Z_{n1} = Z_{n2}$ o‘zgarganda, uni kirish qarshiligi doimiy saqlanib qoladi.

Invertorli kvadraturali ko‘prik sxemadagi (6.8-rasm) R_n istemolchi qarshiligini oshishi R_{n1} qarshilikni kamayishiga, R_{n2} ni esa ortishiga olib keladi. Buning natijasida kirish qarshiligi R_{kir} doimiy qilib turiladi.



7.9-rasm. Invertorli kvadraturali ko‘prik sxemasi

Kvadraturali ko‘prikni yana bir turi, “kvadrat” ko‘prik sxemasi bo‘lib, unda fazani 90^0 ga siljitish to‘lqinlarni turli yo‘l bilan istemolchiga (yuklamaga) etib kelishidir (7.9rasm).



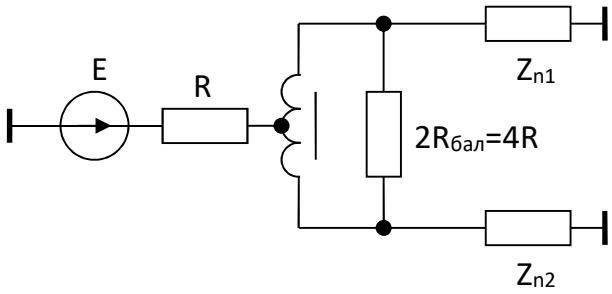
7.10-rasm. “Kvadrat” ko‘prik sxemasi

Bunday sxemalarni 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 kuchaytirgichlarni

turg'unligini oshiradi. Buning uchun MD ko'prikni elementlarini shunday tanlash kerakki, uni chiqish qarshiliklarini yig'indisi va AE ni kirish qarshiligini aktiv qismi hamma vaqt musbat bo'lishi kerak. Kvadraturali sxemalar asosan kichik quvvatli kuchaytirgichlarda ishlatiladi.

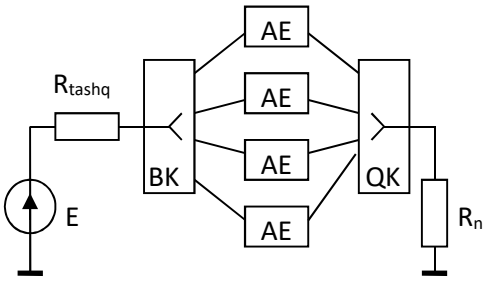
Keng polosali kuchaytirgichlardagi ko'priklarda faza aylantirgich sifatida ferrit asosida tayyorlangan avtotransformatorlar ishlatiladi (7.10-rasm). Buturdagi ko'priklar asosan ko'p oktavli va UKV diapazonda ishlovchi kuchaytirgichlarda ishlatiladi.

Umumiy yuklamaga ishlayotgan generatorlarni o'zaro bog'liqligini ko'prik sxemalari orqali yo'qotishning asosiy kamchiligi shundan iboratki, ko'prikni kirish qismidagi kuchlanishlar, nominal ishholatdagi kuchlanishlardan farq qilsa, sxemani foydali ish koeffitsienti kamayadi. Bu holda ballast qarshiliklarda tok o'ta boshlaydi va quvvat sarf bo'lishi kuzatiladi.

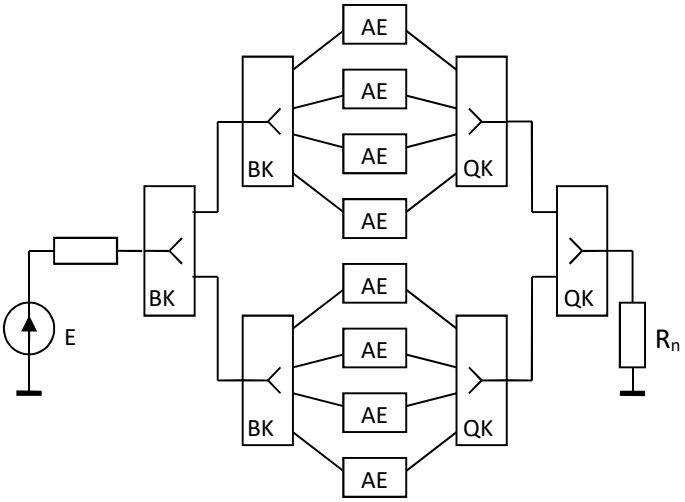


7.11-rasm. Ferrit transformatorli sinfaz ko'prik sxemasi.

Agar quvvatni qo'shishda ko'p aktiv elementlar ishlatish kerak bo'lsa, u holda ko'p qutbli ko'priklar va ularni kombinasiyasi 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 kombinasiyasi ishlatiladi (7.12-rasm). Amalda bu sxemalarda aktiv elementlarni toklari biroz bo'lsada bir-biridan farq qilishadi. Chunki aktivel ementlarlarni o'zi bir xil xususiyatga ega bo'lmaydi. Demak quvvatni bir qismi albatta ballast qarshilikda sarf bo'ladi va f.i.k$\eta < 1$ bo'ladi.



7.12-rasm. Ko‘p qutbli ko’prik



7.13-rasm. Ko‘priklarkombinasiyasi

Demak xulosa qilib, shuni aytish mumkinki, ko‘prikli sxemalarda, avariya holatida bir necha aktiv elementlar ishdan chiqsa ham, umumiy istemolchida (nagruzkada) quvvat doimiy ravishda saqlanib turadi, albatta biroz kamaygan holda. Aktiv elementlar qisqa tutashuv, elektrodlarini uzilishi, eskirish itufayli ishdan chiqishi mumkin. Paralel 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 elementlarlar va ularni ishholatlari bir xil bo‘lishi kerak?
2. Aktiv elementlar ishholatlarini simmetrik qilish qanday amalga oshiriladi?
3. Ikki taktli ulanish sxemasida faraz qilingan nagruzka qarshiligi nimaga teng?
4. Ikki taktli ulanish sxemasini qanday afzalliklari bor?
5. Parallel va ikki taktli sxemalarni qanaqa kamchiliklari bor?
6. AElar nima uchun ko‘priksimon qilib ulanadi?
7. Sinfaz ko‘priklarni asosiy kamchiliklari nimadan iborat?
8. Kvadraturali ko‘prik nima asosida quriladi?
9. Qaysi hollarda ko‘pqutbli va kombinasiyali 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 ulanishili 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‘pqutbli va kombinasiyali 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 RUQlarda bir ishchi chastotadan ikkinchisiga o‘tganda konturlarning ishchi diapazonini o‘zgartirish kerak bo‘ladi. Bundan tashqari, qayta sozlanuvchi konturlardan foydalanish RSUQlarning murakkablashishiga va ishonchliligining 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.

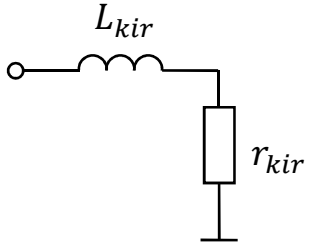
Ferritli transformatorlar asosan kengligi bir necha oktavadan iborat bo‘lgan kuchaytirgichlarda ishlatiladi va oraliq kaskadlardagi barcha o‘zgaruvchan rezonans zanjirlardan qutilish imkonini beradi.

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

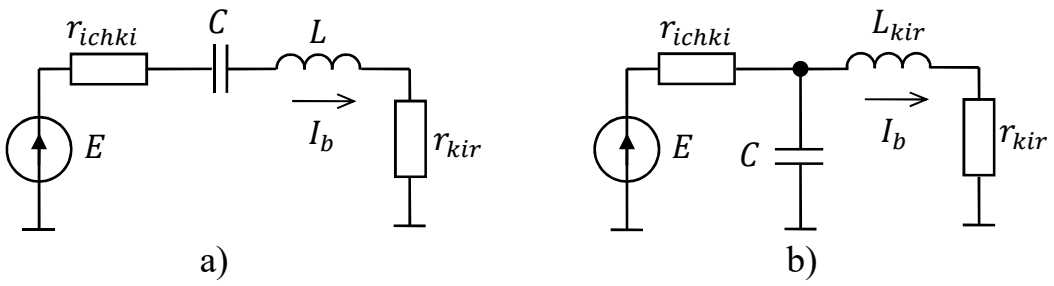
Metrli va detsimetrli to‘lqin diapazonlarida asosan kengligi bir oktavadan oshmagan kuchaytirgichlar ishlatiladi. Bunday quvvat kuchaytirgichlarning moslovchi zanjirlarini oddiy induktivlik, sig’im yoki koaksial kabel bo‘laklarida qurish mumkin. Umumiy emitterli tranzistorli keng polosali kuchaytirgich sxemalarini ko‘rib chiqamiz. Bunday tranzistorli kuchaytirgichlar $3f_{cheg}/h_{21e}$dan yuqori chastotalarda ishlatilganda uning tokni uzatish koeffitsienti h_{21e} ish chastotasiga teskari proprsional 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 koeffitsienti katta bo‘ladi, yuqori chastotalarda esa kamayadi. Shuning uchun kuchaytirgichning kirish qismidagi moslovchi zanjirni loyihalayotganda tranzistor kirish qarshiligining parametrlarini hisobga olish kerak. Chastota $f > 3f_{cheg}/h_{21}$ 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 koeffitsientini 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 elemetlaridan va yakka konturdan iborat bo‘ladi.

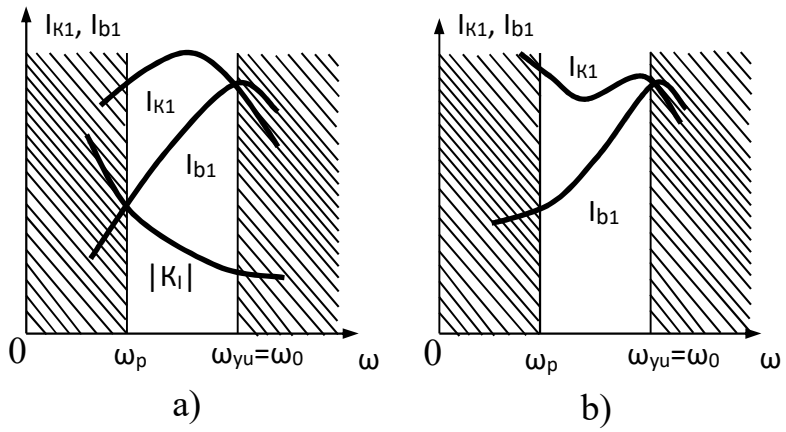
Ketma-ket va parallel moslovchi zanjirlar ishlatilgan kuchaytirgichlarda tokni uzatish koeffitsiyentini chastota bo‘yicha korreksiyasi, ya’ni baza va kollektor toklarining chastotaga bog‘liqligi 8.3a-b-rasmlarda keltirilgan. Bu rasmlardan ko‘rinib turibdiki, moslovchi zanjirning rezonans chastotasi $\omega_0$ni 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 $Q = \omega_{yu}L/r_{kir} \approx 2{,}3$, paralel sxemadagi (8.2b-rasm) kontur induktivligini 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.

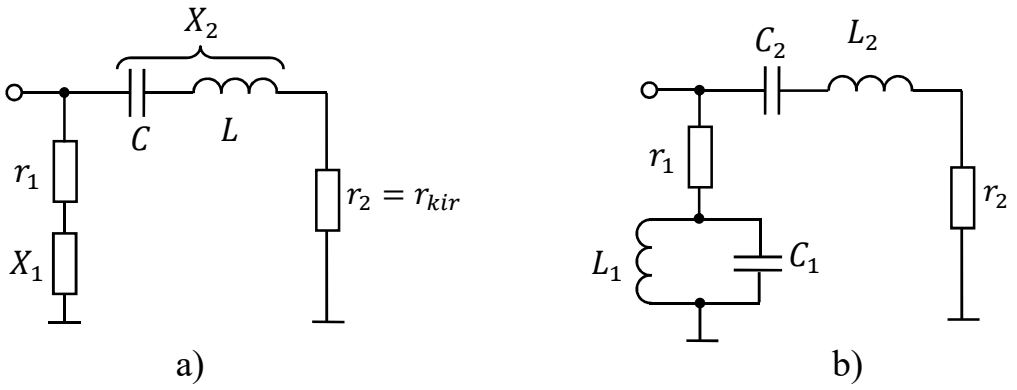
Ketma-ket moslovchi zanjirning kirish qarshiligi $\omega_0 = \omega_{yu}$ chastotada tranzistor qarshiligining aktiv tashkil etuvchisi r_{kir} ga teng bo‘ladi. Bu zanjir qarshilikni transformasiya qilish xususiyatiga ega emas. Bu uning asosiy kamchiligidir. Bunday moslovchi zanjirni kam quvvatli kuchaytirgichlarda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



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

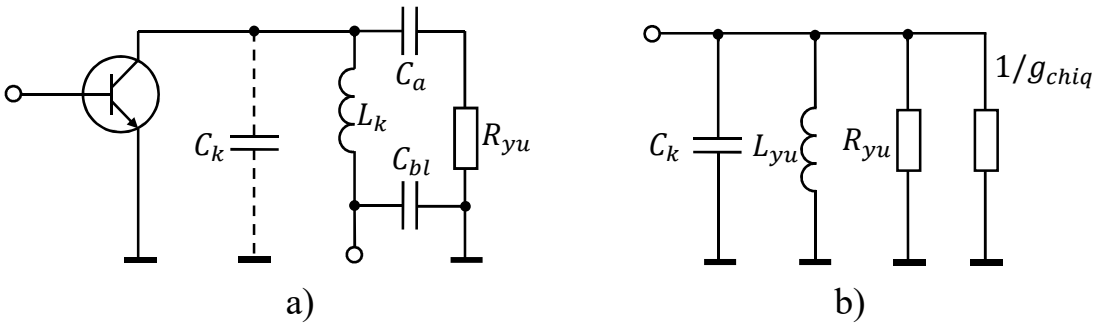


8.4-rasm. Keng polosali kuchaytirgichning qo‘shimcha zanjir ulangan korreksiya qiluvchi kirish qismi: a) – doimiy qarchilik zanjri; b) – parallel kontur zanjiri.

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 ora‘ligini kengligiga asosan tranzistor kollektorini tarmog‘ini sig’imi C_k va induktivligi L_k ta’sir qiladi (8.5-rasm).



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

Nisbatan uncha yuqori bo‘lmagan chastotalarda va $\omega L_k << 1/\omega C_k$ 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 paralel qilib L_{yu} induktivlikni ulash kerak (8.6-rasm). C_k sig’im va L_{yu} induktivlik paralel 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 konturni aslligi nisbatan kichik bo‘lishi kerak.

Paralel kontur qarshiligini quyidagi ifoda orqali yozish mumkin:

$$Z_n = R/(1 + j\xi), \tag{8.1}$$

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

$$\omega_0 = \sqrt{\omega_p \omega_{yu}} \tag{8.2}$$

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’tkazuvchanlikni aktiv tashkil etuvchisi berilgan chastota oralig‘ida atigi 10% o‘zgaradi. Demak bunday kontur nosozligini hisobga olmasa bo‘ladi.

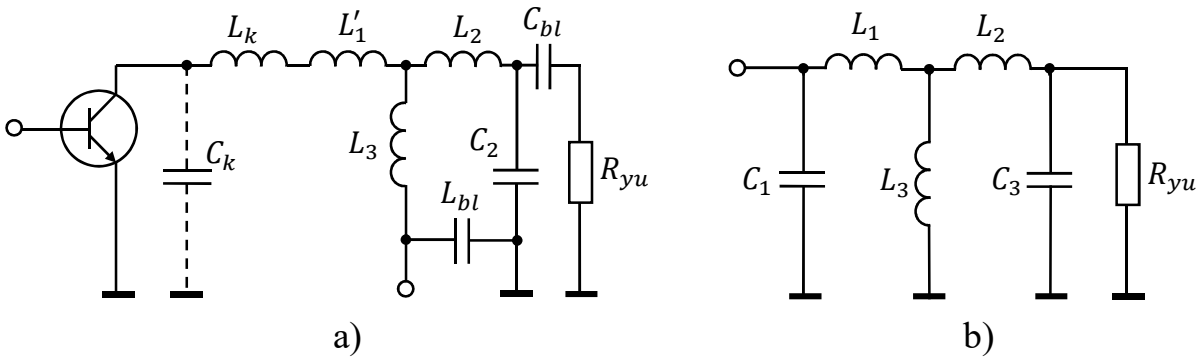
(8.1) va (8.2) ifodalardan foydalanib ξ orqali kontur aslligini yozamiz:

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

Kuchaytirgich chiqish zanjirini amaldagi aslligi quyidagicha bo‘ladi:

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

Demak $\xi = 0{,}3$ bo‘lganda, 7.5-rasmda sxema amalda qo‘llanilishi uchun $Q_{chiq} < Q_0$ bo‘lishi kerak. Bir oktavali kuchaytirigchlar uchun $Q_0 = 0{,}424$ bo‘ladi. Bir konturli sxema chiqish qarshiligini transformasiya qilolmaydi va yuqori garmonikalarni fil’trlash xususiyati ham past bo‘ladi. Chiqish qarshiligini transformasiya qilish kerak bo‘lganda va $\omega L_k << 1/\omega C_k$, 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 transformasiyalash koeffitsienti qanchaga teng?

4. Kuchaytirgichni chiqish qismi uchun korreksiya qiluvchi zanjirlarni ish usulini tushuntiring.

5. Kuchaytirgichni chiqish qismi uchun korreksiya qiluvchi zanjirlarning qaysi elementlari polosa kengligiga ta’sir qiladilar?

9. CHASTOTA KO‘PAYTIRGICHLAR

9.1. Chastota ko‘paytirgichlarning qo‘llanilishi, klassifikatsiyasi va asosiy xarakteristikalari

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

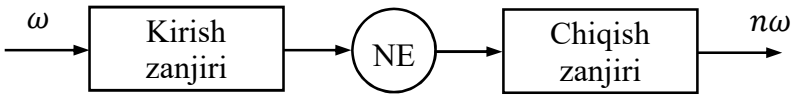
Kvars yordamida barqarorlashtirilgan past chastotali tebranishlar spektrini nisbatan yuqori chastotalar diapazoniga ko‘chirish uchun RSUQlarida chastota ko‘paytirgich (ChK) lardan foydalaniladi. Bundan tashqari chastota ko‘paytirgichlar:

- chastota va faza modulyatsiyasini chuqurlashtirish (kengaytirish);
- katta kuchaytirish koeffitsientili 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 koeffitsienti (darajasi) deb ataladi. Chastota ko‘paytirish – bu nochiziqli jarayon bo‘lib, ChK tarkibida nochiziqli 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 nochiziqli 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 nochiziqli 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.

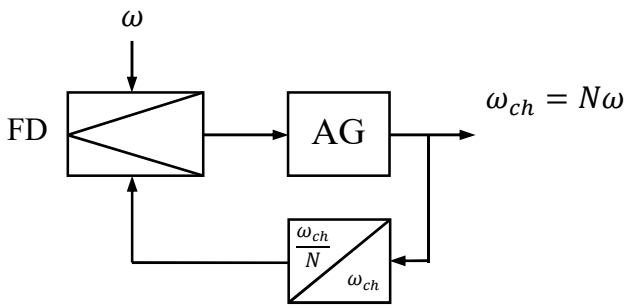
ChKlar ishlash prinsipi bo‘yicha uchta guruhga bo‘linadi. Birinchi guruh ChKlarda NEga asosiy chastotali davriy tebranish berilishi natijasida kerakli N garmonikaga ega bo‘lgan tok spektri hosil bo‘ladi va ushbu N-garmonika filtr yordamida ajratib olinadi. Ushbu guruhga bipolyar tranzistor, maydoniy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

Uchinchi guruh chastota ko‘paytirgichlariga $N\omega$ chastotaga yaqin chastotada ishlovchi, chiqish kuchlanishi faza detektoriga beralidigan bo‘luvchi (N ga) qurilmali avtogenerator asosidagi chastota ko‘paytirgichlar kiradi. Faza detektorining ikkinchi kirishiga chastotasi ko‘paytirilishi kerak bo‘lgan tebranish

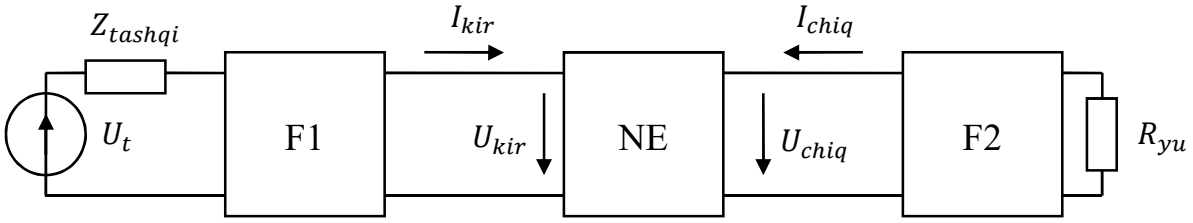
manbadan beriladi. Faza detektori chiqishidagi signal avtogenerator fazasini shunday sozlaydiki (to‘g‘rilaydiki), bunda uning chastota $N\omega$ ga teng bo‘ladi (9.2-rasm).

Chastota ko‘paytirgichning asosiy parametrlari quyidagilar: chastotani ko‘paytirish koeffitsienti N, chiqish quvvati P_{chiq}, quvvat kuchaytirish koeffitsienti K_P, foydali ish koeffitsienti (FIK) η. Bundan tashqari ba’zi hollarda chastota ko‘paytirgichni amplituda va chastota xarakteristikalari, chiqish kuchlanishi fazasining turg‘unligi, harorat o‘zgarganda chiqish quvvatini 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‘paytirgichni 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_2esa 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 lampa, tranzistor, varaktor va klistronlar 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 koeffitsienti ηva 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 ($\omega_{kir} <$

ω_{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 chegaralishiga bog'liq bo'ladi.

Misol tariqasida chegaralovchi parametr sifatida kollektor tokining amplitudasi $I_{k\,max}$ 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:

$$I_{k0} = I_{k\,max}\alpha_0(\theta); I_{kN} = I_{k\,max}\alpha_N(\theta). \qquad (9.1)$$

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

$$\alpha_N(\theta_N) = \alpha_1(120°)/N = 0{,}536/N. \qquad (9.2)$$

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

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

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

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

Manbadan olinayotgan quvvat

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

Foydali ish koeffitsienti

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

Quvvatni ko‘paytirish koeffitsienti

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

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

Endi quvvat kuchaytirgich va chastota ko‘paytirgich ko‘rsatkichlarini bir xil sharoitda taqqoslaymiz, ya’niikkala qurilmada ham tranzistor kritik ish holatida ishlayapdi va E_m, I_{K0} va ξ parametrlari bir hil deb hisoblaymiz. Bundan tashqari kesish burchagini $\theta_1 = 90°$, $\theta_N = \theta_{opt} = 120°/N$ deb qabul qilamiz va quvvat kuchaytirgich va chastota ko‘paytargichning energetik ko‘rsatkichlarini taqqoslash natijasida quyidagi ifodalarni olamiz:

$$\frac{P_N}{P_1} = \frac{\alpha_N(\theta_{opt})}{\alpha_1(90^0)} \approx \frac{1}{N}; \quad (9.8)$$

$$\frac{\eta_{eN}}{\eta_{e1}} = \frac{g_N(\theta_{opt})}{g_1(90^0)}. \quad (9.9)$$

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

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

Bundan shunday xulosa qilish mumkinki, chastota ko‘paytirgich foydali ishkoeffitsientishastotani ko‘paytirish koeffitsientiga 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.

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

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

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

Chastota ko‘paytirish koeffitsientini quvvat kuchaytirgich koeffitsientiga nisbati quyidagicha bo‘ladi:

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

Bunda

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

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 koeffitsientini N ni 3, 4 dan oshirish kerak emas, chunki u holda energetik ko‘rsatkichlar juda kamayib ketadi. Agar kollektor kuchlanishini 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 da 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 >> 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 korrektrlovchi zanjir ishlatiladi. Asosan emitter korreksiyasi qo‘llaniladi.

4. Chiqish toki n -garmonikasining amplitudasi $I_{kn} = \alpha_n(\theta) i_{k\,max}$ yoki $I_{kn} = \gamma_n(\theta) S U_{b1}$ ga teng bo‘ladi, bunda $\alpha_n(\theta)$ va $\gamma_n(\theta)$ – kosinusoidal impulsni garmonik tashkil etuvchilarga ajratish koeffitsientlari yoki Berg koeffitsientlari 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 koeffitsientlarining 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 $\alpha_n(\theta)$ koeffitsientidan foydalanilsa, optimal kesish burchagi $\theta_{opt} = 120°/n$ga mos keluvchi $\alpha_n(\theta)$ ning birinchi ekstremumini tanlash maqsadga muvofiq. $\gamma_n(\theta)$ koeffitsientlaridan foydalanilganda esa $\theta_{opt} = 180°/n$.

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

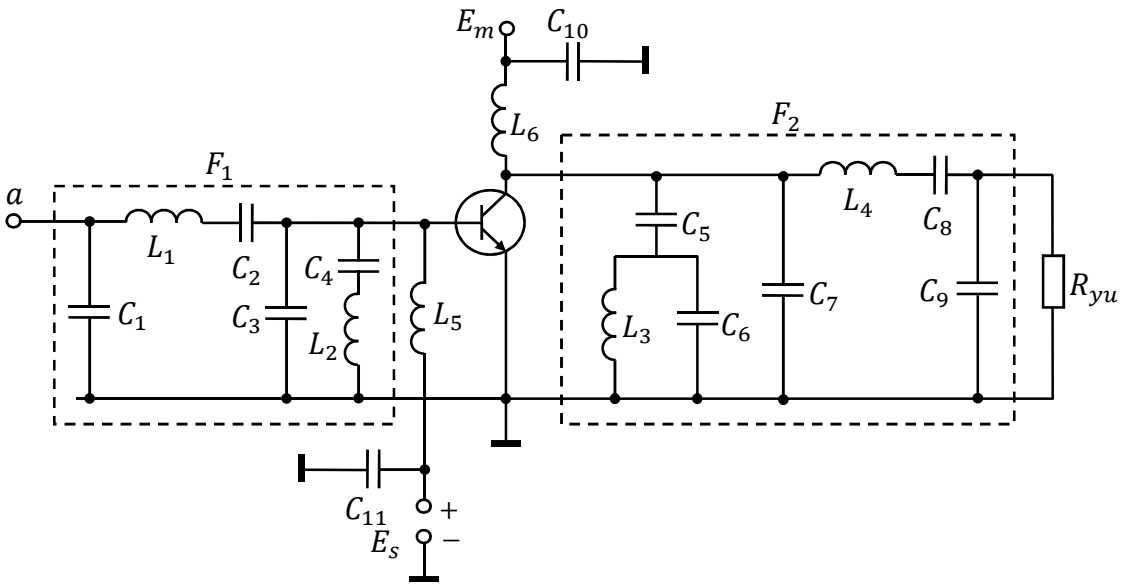
- P_{ch} ning maksimal qiymati talab etilsa, unda α koeffitsientlaridan foydalaniladi;
- K_i ning maksimal qiymati talab etilsa, unda γ koeffitsientlaridan foydalaniladi.

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

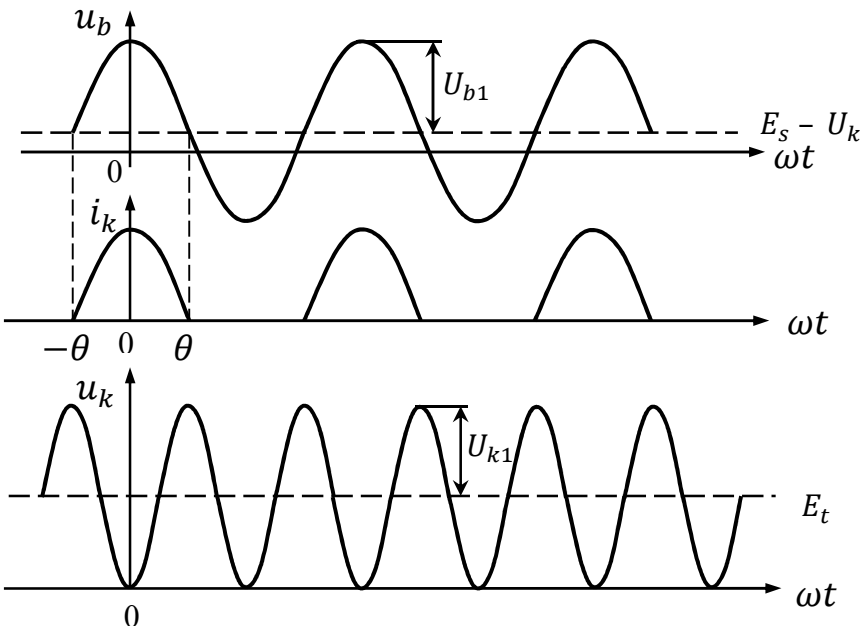
(C_1, L_1, C_2, C_3 va C_7, L_4, C_8, C_9) dan tashqari qo‘shimcha elementlar: L_2, C_4 va C_5, C_6, L_3 ulangan. Ularning parametrlari shunday tanlanadiki, bunda L_2, C_4 va L_3, C_6 konturlarning rezonans chastotasi $n\omega_{kir}$ bilan bir xil bo‘lishi, ω_{kir} chastotada C_5 sig‘imning qarshiligi L_3, C_6 konturning induktiv qarshiligiga teng bo‘lishi kerak. Π-simon kirish filtri yordamida a 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 chastoa ko‘paytirgichning prinsipial sxemasi

9.5-rasmda $n = 2$ ga ko‘paytirishda chastota ko‘pyatirgichdagi tranzistor ish xolatini aniqlovchi asosiy elektrik kattaliklarning vaqt diagrammalari keltirilgan.



9.5-rasm. Chastotani ikkiga ko‘paytirishdau_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 (koeffisienti) n ning kattalashishi bilan chiqish quvvati, FIK va kuchaytirish koeffitsienti 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 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‘paytirgichni 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‘paytirgichni qanday energetik ko‘rsatkichlarini bilasiz?

9. Nima uchun ko‘paytirish koeffitsientini 4 dan katta qilib tanlab bo‘lmaydi?

10. AVTOGENERATORLAR

10.1. Avtogeneratorlar to‘g‘risida umumiy tushunchalar

Avtogenerator – ta’minot manbai energiyasini tashqi ta’sirsiz yuqori chastotali energiyaga aylantiruvchi qurilma bo‘lib, radioaloqa qurilmalarining (RAQ) asosiy qismlaridan biri hisoblanadi. Avtogenerator radiosignallarning birlamchi manbasi bo‘lib, u shakllantirayotgan to‘lqinlarning chastotasi va amplitudasi faqat sxema elementlariga bog‘liq bo‘ladi. Avtogenerator (AG) tarkibida albatta aktiv element va tebranish konturi bo‘ladi. Aktiv element manba energiyasini tebranish konturiga kelib tushishini boshqarib, to‘lqin ampilitudasini doimiy qilib turadi. Tebranish konturi esa shakllantirayotgan to‘lqin energiyasining chastotasini belgilab beradi. Avtogeneratorlar radiosignallarni uzatuvchi qurilmalarda (RSUQ) yuqori chastotali tashuvchi signallar ishlab berish uchun, radioqabul qiluvchi qurilmalarda geterodin sifatida va nazorat-o‘lchov asboblarida hamda televizorlarda ishlatiladi. Bir kaskadli RUQlarda avtogeneratorlarning 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‘imdan yoki kvars rezonatori konturidan tuzilgan bo‘lishi mumkin. Zamonaviy avtogeneratorlarda, keyingi paytlarda o‘takazuvchanlik xususiyatiga ega bo‘lgan rezonatorlar (tebrantirgichlar) ishlatilmoqda.

Avtogeneratorning 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 sigim, induktivlik), O‘YuCh generatorlarida taqsimlangan parametrli bo‘lishi mumkin, (fider liniyalari va to‘lqin o‘tkazgichlar).

Avtotebranishlar chastotasini *stabillash uslublari* quyidagilar bo‘lishi mumkin:

- oddiy tebranish tizimlaridan foydalanilgan parametrik;
- rezonator sifatida kvars 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 avtogeneratorlar 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‘llanishli.

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

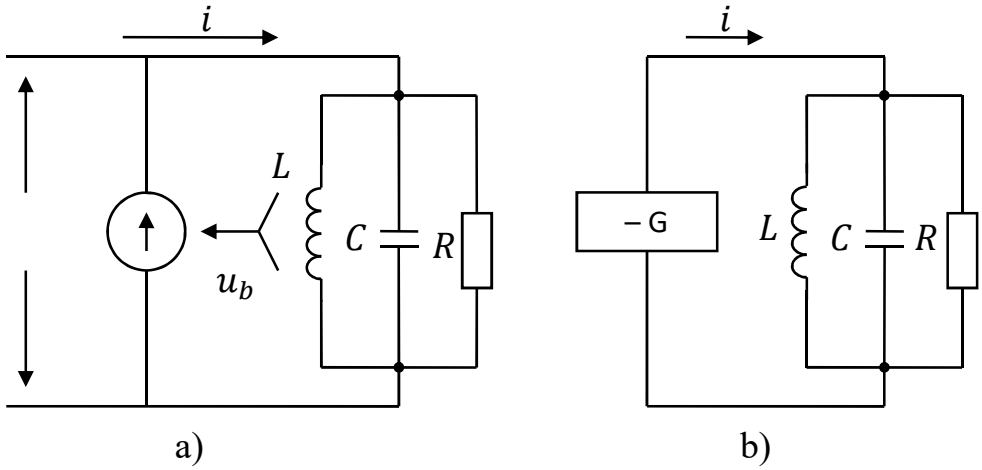
Radioaloqa qurilmalari tarkibida *foydalanishi bo‘yicha* avtogeneratorlarni quyidagicha ajratish mumkin:

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

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

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

Tebranish tizimli avtogenerator yig‘ilishining ikki asosiy prinsipi bo‘lishi mumkin. Birinchi turdagi avtogeneratorlarda nochiziqli 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 eletron asbob kirishiga beriladi. Kuchaytirishdan so‘ng berilgan tebranishlar yo‘qotishlarni kompensatsiyalash va avtotebranishlarni barqaror ish holatini ushlab turish uchun tebranish tizimiga teskari zanjir orqali qaytadi. Bunda tebranish tizimidan olinadigan va yana unga qaytadigan tebranishlar fazalari tengligidan iborat bo‘lgan sinxronlash sharti bajarilishi zarur.



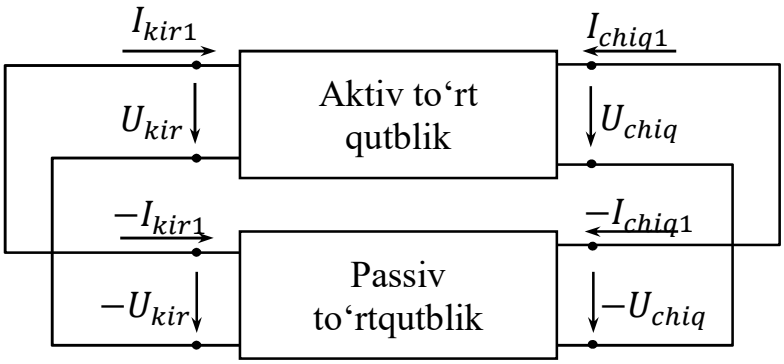
10.1-rasm. a) – nochiziqli tok generatori ishlatilgan avtogenerator; b) – diodli generator ishlatilgan avtogenerator.

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 kompensansiyalaydi 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 ikkiqutblik, 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.



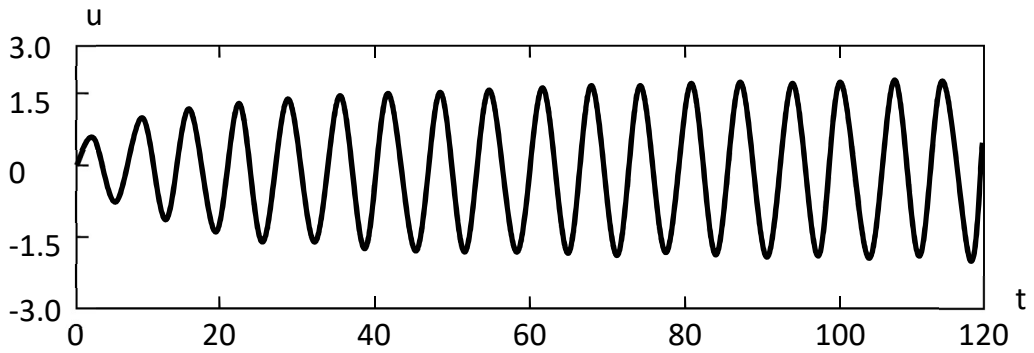
10.2-rasm. Avtogeneratorning umumlashtirilgan sxemasi

AGda to‘lqinlarni 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‘lqinlar avval tebranish rezonans chastotasida ajratib olinadi so‘ng aktiv to‘rt qutblik yordamida kuchaytiriladi. Tebranish konturi yuzaga kelgan to‘lqinlarning chastotasini belgilab beradi:

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

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

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

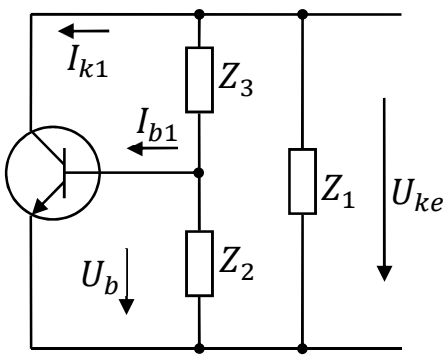


10.3-rasm. Avtogeneratorning qo‘zg‘atish sharti bajarilayotgan vaqtdagi to‘lqinlar amplitudasining oshib borshi

AGning asosiy tenglamasi quyidagicha yoziladi:

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

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



10.4-rasm. Avtogeneratorning umumlashtirilgan uch nuqtali sxemasi

AGning stasionar ish holatini quyidagi ifodaorqali aniqlash mumkin:

$$\dot{S}_1 \dot{k} \dot{Z}_y = 1. \tag{10.2}$$

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

$$\dot{I}_{k1} = \dot{S}_1 \dot{U}_T. \tag{10.3}$$

Teskari aloqa koeffitsiyentini quyidagicha yozish mumkin:

$$\dot{k} = -\frac{\dot{Z}_2}{\dot{Z}_2 + \dot{Z}_3}. \tag{10.4}$$

Aktiv elementning yuklama qarshiligi:

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

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

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

U holdaAGning stasionar ish holatini boshqacha yozish mumkin:

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

$\dot{k}, \dot{Z}_y, \dot{Z}_b$ 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.

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

$\varphi_S, \varphi_k, \varphi_y$ – aktiv elementni qiyaligini, teskari aloqa koeffitsientini va yuklama qarshiligini fazalari. U holda (10.2) tenglama ikkita tenglamadan iborat bo‘ladi:

Amplituda balansi tenglamasi

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

Fazalar balansi tenglamasi

$$\varphi_S + \varphi_k + \varphi_y = 0. \qquad (10.9)$$

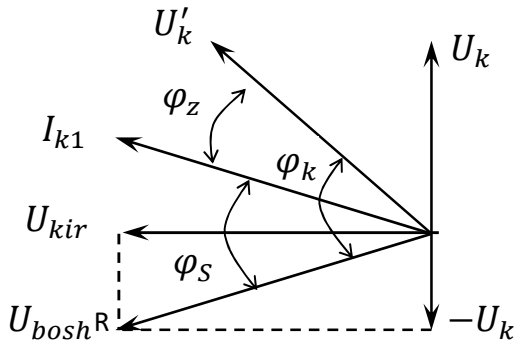
Yuqoridaaytib o‘tildiki, ta’minot manbai avtogenerator sxemasiga ulangandaishlab chiqarilayotgan to‘lqinlarning amplitudasi borgan sari oshib boradi, ya’ni avtogeneratorning *qo‘zg’atish sharti* bajariladi

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

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

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

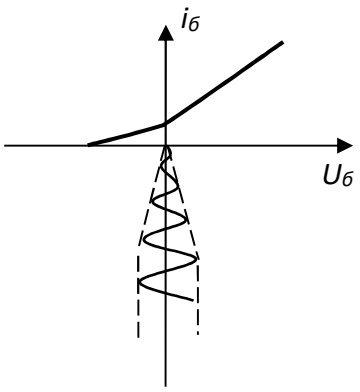
Bu “ikkilamchi” kuchlanishning (U_k'') amplitudasi birlamchi kuchlanishning (U_k') amplitudasidan katta bo‘ladi (10.5-rasm). AG nochiziqli xarakterga ega, ya’ni to‘lqinlar chastotasi oshishi bilan, aktiv elementning qiyaligi noziqli ravishda kamayib boradi (10.6-rasm). Natijada to‘lqinlar amplitudasi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



10.5-rasm. Avtogeneratorning ishlashiga oid vektor diagramma

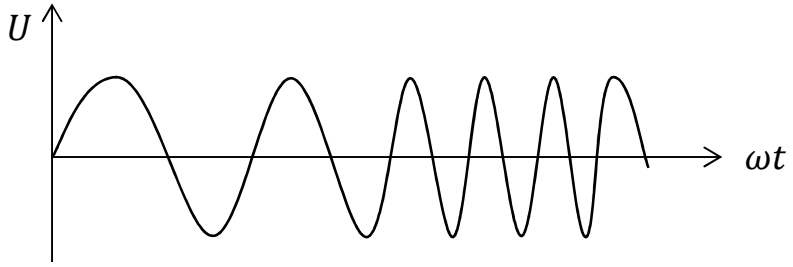
Ikkilamchi kuchlanishni (U_k'') vektori “birlamchi” kuchlanish (U_k') vektoridan faza bo‘yichaoldinda boradi. Demak AG ishlab berayotgan to‘lqin amplitudasining maksimal qiymati oldingi holatga qaraganda tezroq erishiladi,

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, shunchaoshadi. Chastotaning oshishi vektorlar orasidagi φ_z burchagini oshishigaolib 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 chastotalarni oshish jarayoni to‘xtaydi. Demak $\varphi_S + \varphi_k + \varphi_y = 0$ shart bajariladi va bu tenglamaAG chastotasini belgilab beradi. $\varphi_S + \varphi_k + \varphi_y > 0$ bo‘lganda chastotaoshadi, $\varphi_S + \varphi_k + \varphi_y < 0$ bo‘lganda esa kamayadi.

Agar tebranish konturining vaAEning parametrlari ma’lum bo‘lsa, (10.8) va (10.9) tenglamalardan to‘lqin amplitudasini aniqlash mumkin. AGlarni

loyihalashdaodatda to‘lqin chastotasi vaamplitudasi 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 etuvchilarini 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 ifodaancha soddalashadi:

$$\dot{Z}_b = \frac{\dot{Z}_1\dot{Z}_2}{\dot{Z}_1 + \dot{Z}_2 + \dot{Z}_3} = \frac{(r_1 + jX_1)(r_2 + jX_2)}{r_1 + r_2 + r_3 + j(X_1 + X_2 + X_3)} \approx \frac{X_1X_2}{r + jX}, \qquad (10.12\ )$$

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 vaAGning stasionar ish holatini quyidagicha yozish mumkin $S_1R_b = 1$ X=1

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

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

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

$$R_b = X_1X_2/r. \qquad (10.14)$$

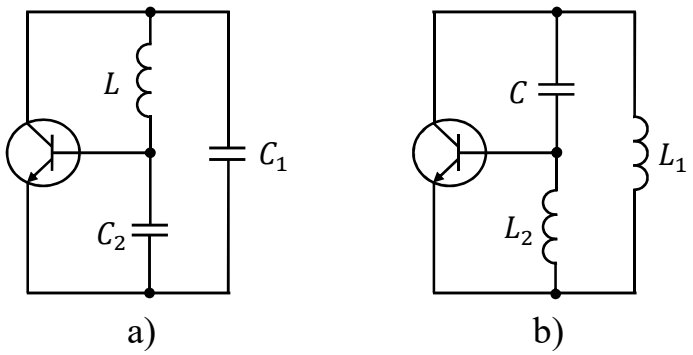
X_1, X_2 va X_3 reaktiv qarshiliklar AG chastotasiga kuchli bog‘liq bo‘ladi vaapmlitudasiga esa deyarli bog‘liq bo‘lmaydi. (10.13) tenglama AG ishlab berayotgan to‘lqin chastotasini belgilab beradi. Aktiv element qiyaligi $S_1 > 0$ bo‘lgani uchun boshqaruvchi qarshilik R_b ham musbat ishorali va haqiqiy bo‘lishi kerak. Shuning uchun $r > 0$ bo‘lganda X_1 vaX_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)

$$X_1 < 0, \;\; X_2 < 0, \;\; X_3 > 0. \tag{10.15}$$

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

$$X_1 > 0, \;\; X_2 > 0, \;\; X_3 < 0. \tag{10.16}$$



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

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

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

(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

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

Yuklama qarshiligi ham haqiqiy bo‘lib, quyidagicha ifodalanadi:

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

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 kirsa, tebranish tizimi ikki konturli, uch konturli va h.k., mos ravishda ikkita yoki uchta xususiy chastotaga ega bo‘ladi. Bunday avtogeneratorlar ishholatini 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 parallelulangan 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‘imlari hamda qiyaligining faza burchagi φ_s sababchi bo‘ladi. φ_s qancha katta bo‘lsa chastotaga ta’sirqiluvchi 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 kuzatilmaydiva $f_0 < (0{,}1\ldots0{,}3)\, f_{cheg}$ 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 kollektortoki impulsining amplitudasini quyidagi shartga qarab tanlash kerak:

$$i_{km} < (0{,}2\ldots0{,}4)i_{kmax}; \quad E_k < (0{,}3\ldots0{,}5)U_{kmax}.$$

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

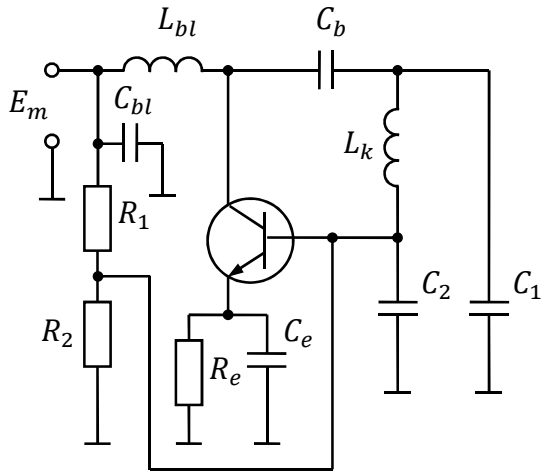
Kollektor tokini qiymati $i_{km} < 2 \ldots 3$ mA bo‘lganda tranzistorning parametrlari haroratga kuchli bog‘liq bo‘ladi. Bundan tashqari i_{km} kamayishi bilan AGning chiqishida shovqin signal ko‘payish ehtimoli bor, bu parazit amplituda va faza modulyatsiyasini vujudga keltiradiva chastota turg‘unligini kamaytiradi. Kollektortokining 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 $\varphi_s = -\mathrm{arctg}\omega_{cheg}\tau_s$ ham oshadi. Shuning uchun fazalar balansi sharti bajarilishi uchun kontur sozlangnligini 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 kollektortokining qiymati $i_{km} = 5 \ldots 20$mA atrofida bo‘lishi kerak. AG ish holati kam kuchlanganlik qilib tanlanadi va manbani ishlatish koeffitsienti $\xi = (0{,}2 \ldots 0{,}3)\xi_{cheg}$ atrofida olinadi. O’ta kuchlanganlik ish holatida esa ishlab chiqarilayotgan chastotaga manba kuchlanishining ta’siri kuzatiladi, bundan tashqari tranzistorni chiqish o‘tkazuvchanligi ham ko‘payadi. Natijada tebranish konturining aslligi kamayadi.

Yuqori turg‘unli to‘lqinlar olish uchun kesish burchagini $60° < \theta < 120°$ atrofida olish kerak. Siljish kuchlanishini baza zanjiridagi rezistorli bo‘lgichlar va emitter zanjiriga qarshilik ulash orqali olish tavsiya etiladi. Bu qarshilikni qiymati

$R_e = (25\ldots50)/S_0$ 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‘lqin chastotasiga ta’siri kamayadi.

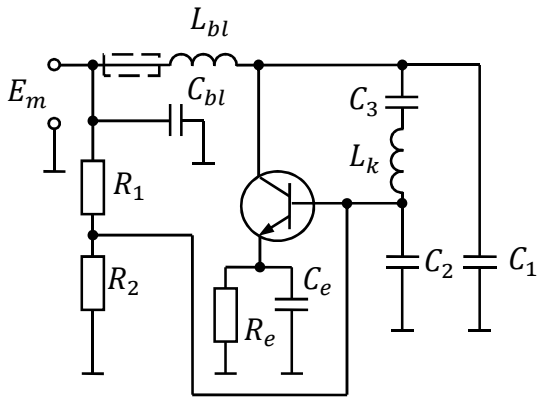
10.5. Tranzistorli avtogenerator sxemalari

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, ul’tra yuqori chastota diapazonida (tranzistorning inersion ($f_{cheg} > 0{,}3f_S$) xususiyati namoyon bo‘lgan vaqtda) teskari aloqa koeffitsientining fazasi φ_{ta}va qiyalikning o‘rtacha fazasi φ_s bir-birini o‘zaro kompensasiya 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. Avtogeneratorning 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 konturini kollektor zanjiriga ulanish koeffitsiyentini kamaytiradi va yuqori xarakteristik qarshilikga (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. Avtogenerator 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 approksimasiya 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. Avtogeneratorni 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. Avtogeneratorning chastota turg‘unligi

Atrof muhit ko‘rsatkichlari, yani 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 avtogenerator tebranishining chastotasi va amplitudasiga ta’sir ko‘rsatadi. Avtogenerator chastotasi o‘zgarishini keyingi kaskadlarda to‘g‘rilab bo‘lmaydi. Shuning uchun chastota turg‘unligiga qo‘yilgan talablarni faqat avtogeneratorning o‘zida bajarish talab etiladi. Ma’lumki avtogeneratorning chastota turg‘unligi $\Delta f/f$ uning asosiy parametrlaridan biri bo‘lib hisoblanadi va vaqt bo‘yicha nisbiy o‘zgarishi bilan harakterlanadi $y(t) = \Delta\omega/\omega_0 = \Delta f/f$. Chastota turg‘unligining o‘zgarishi ikki xil bo‘lishi mumkin: qisqa muddatli (< 1 s) va uzoq muddatli (> 1 s). Uzoq muddatli chastota o‘zgarishi avtogenerator 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 avtogenerator chastotasining keskin fluktuasion o‘zgarishi bilan aniqlanadi va ular AE toklarining shovqinli tashkil etuvchilari hamda tebranish konturining issiqlik shovqini ta’sirida vujudga keladi.

Avtogeneratorning kirish qismiga ta’sir qiluvchi kuchlanishni quyidagicha yozish mumkin:

$$U_{kir}(t) = \left[U_{kir0} + U_f(t)\right]\cos[\omega_0 t + \varphi(t)], \qquad (11.1)$$

bunda, $U_f(t) \ll U_{kir0}$ – 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

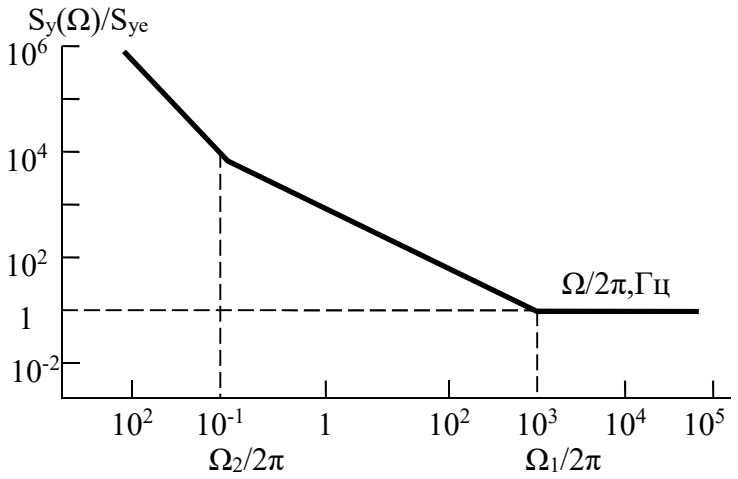
$$|\Delta\omega(t)| < \Delta\omega_{max}, \qquad |y(t)| < y_{max}.$$

U holda $\Delta\omega_{max}$ – chastota o‘zgarishining maksimal absolyut turg‘unligi, y_{max} – chastota o‘zgarishining maksimal nisbiy turg‘unligi deyiladi. Zamonaviy radiouzatuvchi qurulmalarda nisbiy chastota o‘zgarishi $y_{max} 10^{-5} \ldots 10^{-7}$atrofida bo‘ladi. Chastotaning nisbiy o‘zgarishi $y(t)$ radiouzatuvchi qurilmada shakllantirilayotgan radiosignal va halaqit signalarining asosiy xususiyatlarini aniqlaydi, shuning uchun uni tasodifiy jarayon deb qarash kerak. Unga shunday xarakteristikalar kiritish kerakki, bu xarakteristikalar yordamida (10.19) tenglamaorqali ifodalanadigan to‘lqinni to‘laaniqlash imkoni bo‘lsin. Izlanishlar shuni ko‘rsatadiki, $y(t)$ ni stasionar tasodifiy jarayon deb qarash mumkin emas vaoddiy statistik xarakteristikalarni (dispersiya, korrelyasiya funksiyasi) bu holda qo‘llash mumkin emas.

11.2. Tasodifiy funksiyani energetik spektri

Yuqoridagi bayon muloxazalarni tushunish uchun tasodifiy funksiya y(t) ni 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 harakterga ega. Yuqori chastotali sohalarda ($\Omega>\Omega_1$) asosiy rolni AE va tebranish konturini tabiiy shovqinlarni natijasida vujudga kelgan spektrni tashkil etuvchilari o‘ynaydi. Ular

chastotaoshishi bilan o‘zgarmaydi. O‘rta chastotalarda ($\Omega_2<\Omega<\Omega_1$) AEni past chastotali shovqinlari va tebranish konturining reaktiv parametrlarini fluktasiyalarini tasiri katta bo‘ladi.Bu sohada spektr zichligi chastotaga teskari proporsional bo‘lib bog‘langan. Uchinchi past chastotali soha ($\Omega<\Omega_2$) avtogenerator parametrlarini tashqi muhit ta’sirida sekin o‘zgarishi bilan harakterlanadi. 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 approksimasiya qilish mumkin

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

bu yerda $S_u(\Omega)$ –tabiiy shovqinlar ta’sirida vujudga kelgan tasodifiy funksiya y(t) ni spektr zichligi. Odatda $\Omega_1/2\pi$ chactota 1-100 kHz orasida, $\Omega_2/2\pi$ esa 0,1 Hz dan kichkina bo‘ladi. Bundan tashqari energetik spektr tarkibida, yana ma’lum harakterli chastotalarda vujudga keladigan alohida halaqit signallari xam bo‘lishi mumkin. Masalan; 50 va 100 Hz da ta’minlovchi manbani “foni”, 1/86400 Hz da esa tashqi muhitni klimatik sutkali o‘zgarishini signali bo‘lishi mumkin.

Yuqorida qayd qilingandek chastota o‘zgarishi qisqa muddatli (t_n<1s) va uzoq muddatli (t_n>1s) bo‘lishi mumkin. Chastotani o‘zgarishi harakterik uzatilish vaqti t_n ga bog‘liq bo‘ladi. Kuzatilish vaqti $t_n < 2\pi/\Omega_1$ bo‘lganda enegetik 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 muxitga bog‘liq bo‘lgan chastotani 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.

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

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

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

α_t avtogenerator chastotasini 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, avtogeratorlar chstotasi 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 tebranishini 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 mahsus 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 tokga 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.

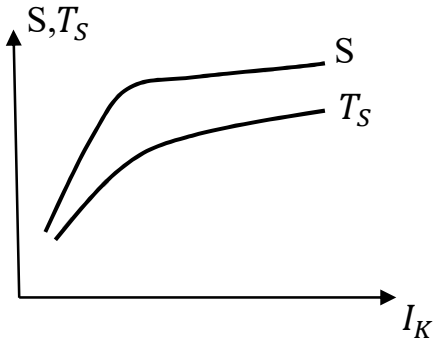
AG chastotasiga siljish kuchlanishining ta’sirini ko‘rib chiqamiz, bularga quyidagilarni kiritish mumkin:

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;

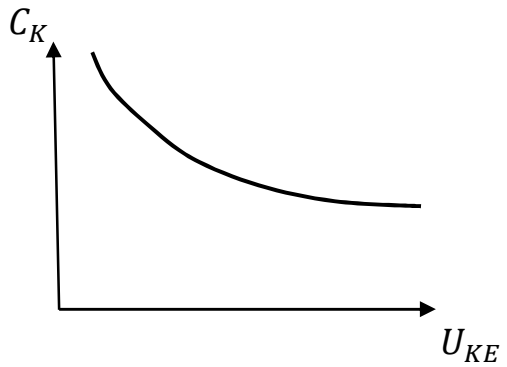
2. VAX qiyaligi S ning oshishiga kesish burchagi θ va o‘tkazuvchanliklar $\mathrm{B_{a1}}, \mathrm{B_{a2}}, \mathrm{B_{a3}}$ kamayishi sabab bo‘ladi;

3. Baza toki I_b ning oshishi tranzistor kirish o‘tkazuvchanligini o‘zgartiradi, shu bilan birga teskari aloqa koeffitsienti 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 $\mathrm{B_{a2}} + \mathrm{B_{a3}} > 0$, $\varphi_k > 0$ va induktivli sxema uchun $\mathrm{B_{a2}} + \mathrm{B_{a3}} < 0, \varphi_k < 0$.

Ta’minot manbai kuchlanishi E_t o‘garishining 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 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 keyin esa tranzistor qizishi natijasida asta-sekin o‘zgaradi.



11.2-rasm. AE qiyaligi 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 koeffitsienti (SHK) α_C va induktivlik tebranish koeffitsientlari (ITK) α_L bilan harakterlanadi, ya'ni

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

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'liqligni 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 $\alpha_C \approx \alpha_\varepsilon \approx (100 \ldots 200) \cdot 10^{-6}$ ga teng. Titan-keramikaasosida tayyorlangan kondensatorlar uchun α_C manfiy bo'ladi, ya'ni sig'im harorat oshishi bilan kamayadi $\alpha_\varepsilon \approx (-100 \ldots -700) \cdot 10^{-6}$.

Bunday kondensatorlarni ishlatib kontur o'zgarishini kompensasiya qilish mumkin. Induktivlarni harorat koeffitsienti (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. (α_e=0,5· 10^{-6}, α_ε=20· 10^{-6}). G'altak bu karkaslarga kumush qatlami surtish bilan tayyorlanadi. Ularni $\alpha_L \approx$ (10-20)· 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 emmiter qaytargichlari bajaradi.

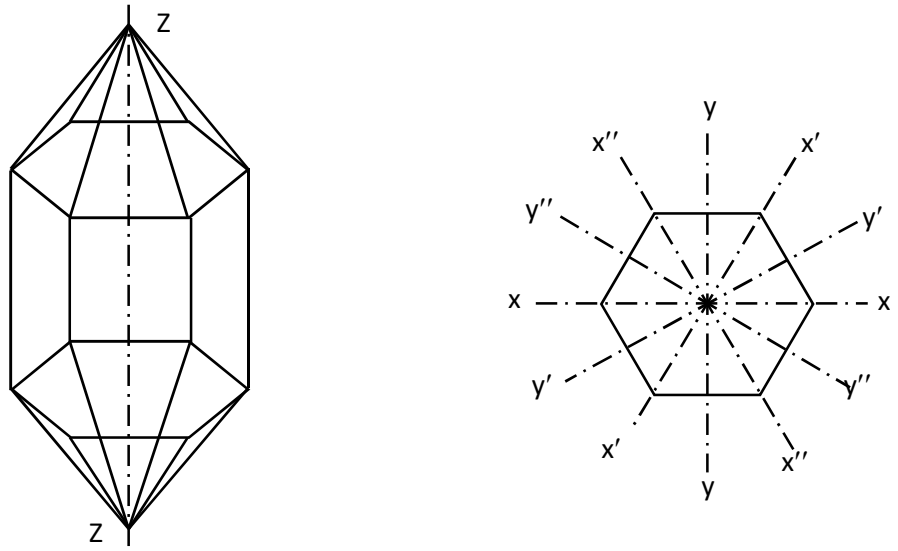
Nazorat savollari

1. Avtogeneratorlarning chastota turg‘unligi deganda nimani tushunasiz?
2. Tasodifiy funksiyani energetik spektri deganda nimani tushunasiz?
3. Tasodifiy funksiyani energetik spektrni nechta cohaga ajratish mumkin?
4. Chastota turg‘unligiga ta’sir qiluvchi omillarni sanab bering.
5. Atrof muhit harorati avtogeneratorgaqanday ta’sir ko‘rsatadi?

12. KVARS REZONATORI ASOSIDA ISHLAYDIGAN AVTOGENERATORLAR

12.1. Kvars rezonatorlarining xususiyatlari

Avtogeneratorning 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 p’ezoelektrik xususiyatga ega, masalan, kvars shular jumlasiga kiradi. Uning kimyoviy formulasi SiO_2. Bu kristallar olti qirrali prizmani eslatadi (12.1-rasm).



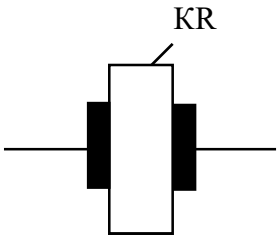
12.1-rasm. a) – kvars kristalini shakli; b) – ko‘ndalang kesimi.

Kvars anizotropik xususiyatga ega. Uning asosiy parametrlari kristallografik o‘qlari yo‘nalishiga bog‘liqdir. Kvarsni 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‘rito‘rtburchak yoki doira shaklida plastina qirqib olinadi.

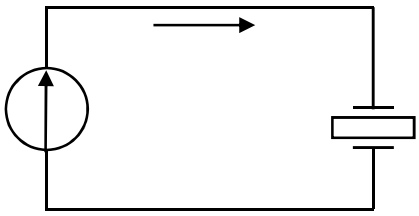
Kvars rezonatorining tuzilishi. Qirqib olingan plastinalar simmetriya o‘qi bo‘yicha yo‘nalgan bo‘ladi. Kristallografik o‘qlar yo‘nalishi rezonatorning xaraktiristikalariga katta ta’sir ko‘rsatadi, ayniqsa, chastotaning harorat koeffitsientiga (ChHK). Kristallografik o‘qlari yo‘nalishi bo‘yicha o‘tgan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

Kvars rezonatorining tuzilishi yassi kondensatornikiga o‘xshaydi. Kvars rezonatori kvars plastinasidan va unga biriktirilgan, kontur elektrodlari 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 p’ezo hodisasidir. Agar rezonatorga o‘zgaruvchan kuchlanish ulansa, uning elektrodlaridagi zaryad o‘zgarishi zanjirda qo‘shimcha tok hosil qiladi.



12.2-rasm. Kvars rezonatorining tuzilishi

$$I_{\text{kv}} = j\omega C_0 + I_{\text{pt}}(\omega)$$



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

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

O‘zgaruvchan kuchlanish chastotasi plastina tebranishi bilan mos tushganda «p’ezotok» $I_{\text{pt}}(\omega)$ keskin oshib ketadi. Plastinani deformasiyasi turlicha bo‘lishi mumkin: siqilishi yoki cho‘zilishi, siljishi, burilishi va egilishi. Bu deformasiya 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 deformasiya turiga va plastina qalinligiga bog‘liq bo‘lib, quyidagicha aniqlanadi

$$F_{\text{kv}} = k_f/d, \tag{12.2}$$

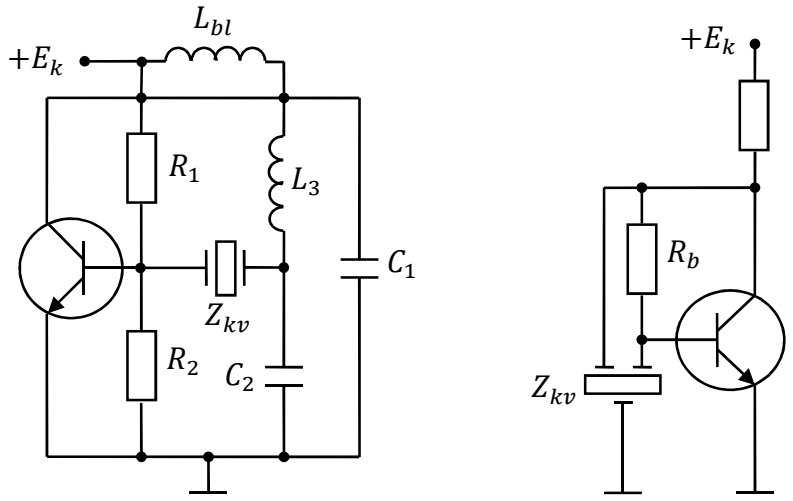
bunda, d – plastina qalinligi, [mm]; k_f – chastota koeffitsiyenti, $k_f = 1{,}7 \ldots 3{,}5$ MHz·mm.

Chastotani oshirish uchun plastina qalinligini kamaytirish kerak. Sanoatda ishlab chiqarilayotgan rezonatorlar plastinasining qalinligi $d = 0{,}2 - 0{,}3$ mm ni tashkil etadi. Bunday rezonatorlarning asosiy garmonikasida chastota $f = 15 - 30$ 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 koeffitsienti (ChHK) muhit haroratiga bog‘liq bo‘ladi va $-60° \ldots +100°C$ harorat oralig‘ida $\pm(100 \ldots 200) \cdot 10^{-6}$ 1/°C qiymatlarga ega bo‘ladi. Agar muhit harorati keng ko‘lamda o‘zgarib tursa, yuqori turg‘unlikli chastotalar olish uchun kvars rezonatori maxsus termostatga solinadi va bu termostatning harorati avtomatik ravishda $10^{-2} \ldots 10^{-3}\ °C$ aniqlik bilan doimiy qilib turiladi. Kvars rezonatorlari eskirish xususiyatiga ega, ya’ni bir necha oy ishlagandan keyin uning chastotasi o‘zgaradi, odatda kamayadi. Kvars plastinasiga qo‘yilgan quvvatning oshishi eskirish xodisasini tezlashtiradi. Ammo kvars rezonatori AG sxemasiga ulanganda, unga qo‘yilgan quvvat plastina hujjatida ko‘rsatilgan, ruxsat etilgan $P_{\text{kv}\,max}$ quvvatdan oshishi kerak emas, aks holda kvars rezonatori ishdan chiqishi mumkin (elektrodlari ko‘chib ketishi mumkin, plastina elektr jihatdan izolyatsiyasini yo‘qotishi mumkin). Kvars rezonatorining geometrik o‘lchamlari, tebranish turi va plastinaning kesish turi bo‘yicha uning asosiy parametrlari: ketma-ket rezonans chastotasi ω_{kv}, asllik Q, sig‘imlar nisbati C_k/C_0, chastotaviy harorat koeffitsiyenti ChHK_{kv} va ruxsat etiladigan quvvat tarqalishi aniqlanadi.



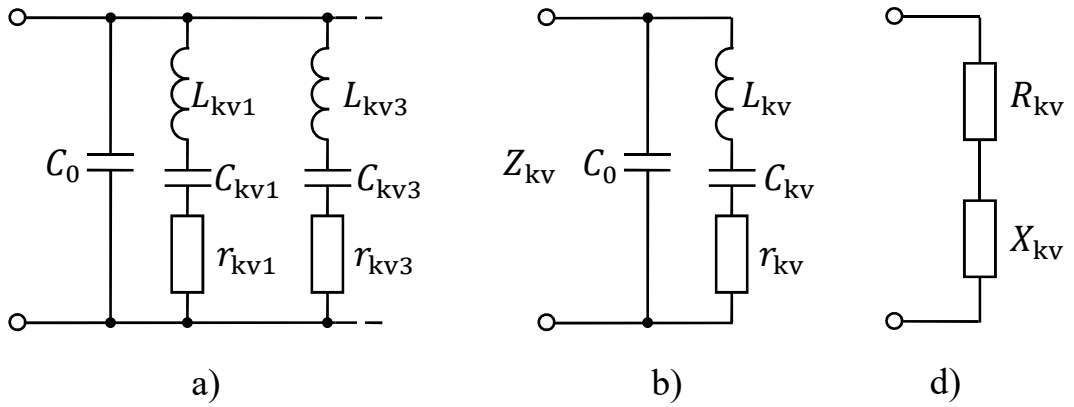
a) b)

12.4-rasm. Kvars rezonatorli avtogenerator sxemalari: a) – kvars rezonatori teskari aloqa zanjiriga kiritilgan sxema; b) – integral turidagi kvarsli avtogenerator sxemasi.

Kvars rezonatorlarda avtotebranishlar fazaviy harakteristikada 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 avtogeneratorning 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 $L_{\text{kv}n}$, C_{kv} , $Z_{\text{kv}n}(n = 1, 3, 5, \dots)$ lar kiradi. Dinamik tarmoqning asosiy vazifasi rezonator p'ezotokining chastotaga bog'liqligini rezonans chastota yaqinida modellashtirishdir. 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 rezonatorini ekvivalent sxemasi: a) – to'liq; b) – bitta rezonans chastota uchun; d) – ketma-ket almashtirish sxemasi.

Statik sig'im qiymati ko'p hollarda $C_0 \approx 3 \dots 10$ pF bo'ladi. Dinamik

tarmoqdagi induktivlik $L_{\text{kv}n}$ va sig‘im $C_{\text{kv}n}$ kvars plastinasining elastik va inersion xususiyatlarini belgilab beradi. Plastinaning aktiv qarishiligi r_{kv} esa energiya sarflanishini belgilaydi.

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

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

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:

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

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 garmonikalarni 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 $C_{\text{kv}}/C_0 = 10^{-3} \dots 10^{-4}$ ga teng. Konturning parallel rezonans chastotasini quyidagi formuladan aniqlash mumkin:

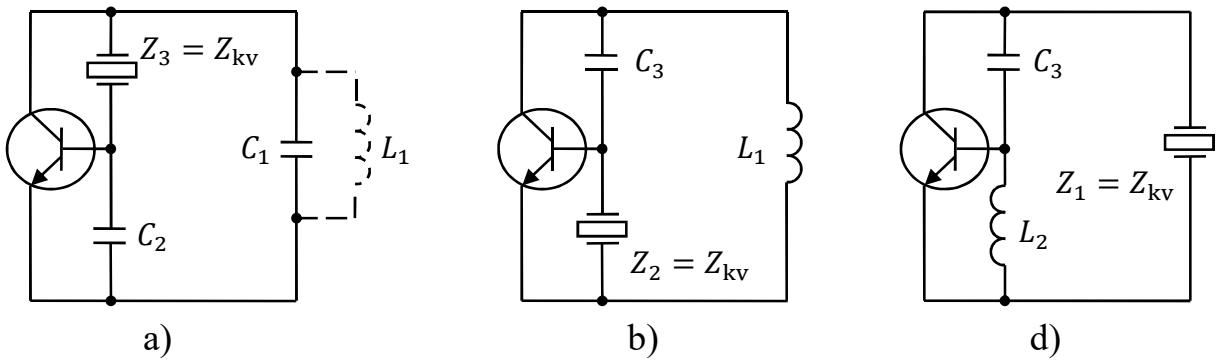
$$\omega_p = 1\Big/\sqrt{L_{\text{kv}}\frac{C_{\text{kv}}C_0}{C_{\text{kv}}+C_0}} = \omega_{\text{kv}}\sqrt{1+\frac{C_{\text{kv}}}{C_0}} \approx \omega_{\text{kv}}\left(1+\frac{C_{\text{kv}}}{2C_0}\right). \qquad 12.4$$

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

Avtogeneratorlarda kvars rezonatori *induktiv qarshilik yoki ketma-ket kontur* sifatida ishlatilishi mumkin. Agar ν ning qiymati $0 < \nu < \nu_{\text{p}}$ oraliqda bo‘lsa kvars rezonatorining reaktiv qarshiligi induktiv xarakterga, undan katta bo‘lsa $\nu > \nu_{\text{p}}$ 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.

12.4. 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. Avtogeneratorni uch nuqtali sxemalari: a) – sig‘imli AG; b) – induktiv AG; d) – induktiv AG.

Sig‘imli uch nuqtali sxemani chastota turg‘unligi nisbatan yuqori bo‘ladi va uni kichik hajmda konstruktsiya qilish mumkin. Bunday avtogeneratorlar uchun statsionar ish holati $S_1Z_u=1$ ifoda orqali aniqlanadi. Bu yerda Z_u boshqaruvchi qarshilik:

$$Z_u=-Z_1Z_2/ (Z_1+Z_2+Z_3)$$

$\omega_{kv}<\omega<\omega_p$ chastota oralig‘ida kvars tebrantirgichini 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 ni 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:

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

u holda boshqaruvchi qarshilik

$$Z_y=X_1X_2/[R_{kv}+j(X_1+X_2+X_3)] \text{ ga teng bo‘ladi.} \qquad (12.5)$$

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

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

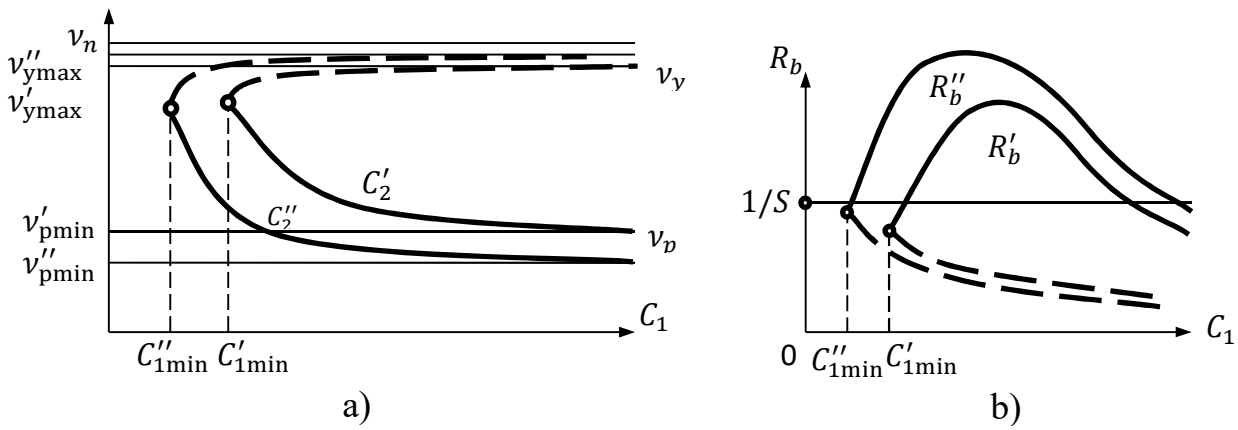
$$X_1+X_2+X_{kv}-S_M\gamma(Q)R_{kv}R_u=0, \qquad (12.7)$$

bu yerda $R_u=X_1X_2/R_{kv}$, ν - chastotani 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 qiyaligini fazasi kichik bo‘lsa va $S_M \approx S_x$ teng bo‘lsa (12.6) tenglamani soddaroq qilib yozish mumkin:

$$S\gamma_1R_{kv}=1; \quad X_1+X_2+X_{kv}=0$$

$S_M \approx S_X$ tranzistorli AG larda, $\omega_{kv}\approx 0{,}5\omega_S$, ya’ni inersiyasiz bo‘lganda bo‘lgan holda amalga oshishi mumkin. AG ni boshqaruvchi xarakteristikalari C_1 va C_2 sig‘imni chastotaga va ish holatiga ta’sirini aniqlab beradi. Bunda E_p va E_s=const deb hisoblanadi. Chastota va boshqaruvchi qarshilikni 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.



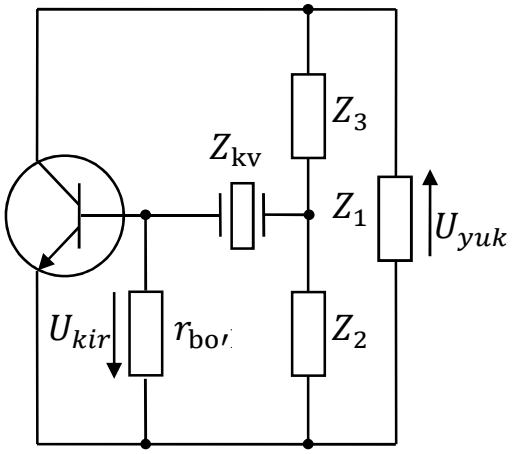
12.7-rasm. Chastota va boshqaruvchi qarshilikni C1 sig‘imga bog‘liqligi

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 tranzistorni reaktiv parametrlari keskin o‘zgarishi mumkin, lekin bu holat chastotaga o‘zgarishiga kam ta’sir ko‘rsatadi. C_1 va C_2 sig‘imlarni oshishi, bu parametrlarni 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 yuqorichastotalarda AE ni 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.

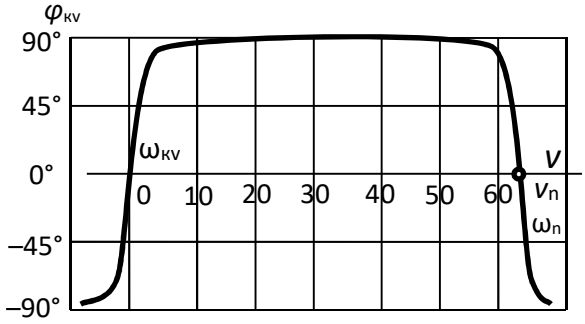
Kvars tebrantirgichlari ketma-ket induktivlik konturi sifatida ishlatilgan avtogenerator sxemalari. Bunday sxemalarda kvars tebrantirgichini kompleks

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



12.8-rasm. Tranzistorli avtogeneratorni sxemasi



12.9-rasm. Kvars tebrantirgichni faza chastotali xarakteristikasi

Boshqaruvchi qarshilikni avtogeneratorni statsionar ish holati formulasiga qo‘yib, uni haqiqiy va mavhum qismiga bo‘lib, quyidagi ifodalarga ega bo‘lamiz.

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

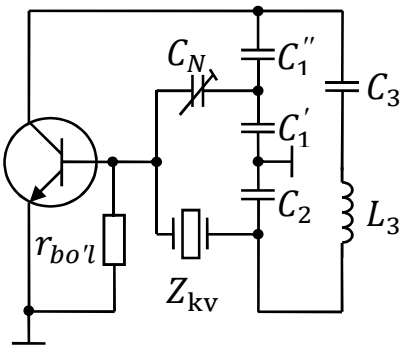
Aktiv boshqaruvchi qarshilik $R_u = k_{del}R_{u0}/(1+m^2+\alpha^2_n)$ ga teng. $S\gamma_1(\theta)R_Y =1$ avtogeneratorni signaliri amplitudasini, $\alpha_k+\alpha_n=0$ esa chastotasini belgilab beradi. $\alpha_k+\alpha_n=0$ ni tenglamaga $\alpha_n=X_n/r_n=2Q(\varphi_0-\omega_n)/\omega_n$ va $\alpha_k=2Q^{|}_{kv}(\omega_0-\omega_{kv})/\omega_{kv}$ ni qo‘yib quyidagi ifodalarni olamiz:

$2Q^{|}_{kv}(\omega_0-\omega_{kv})/\omega_{kv}=-2Q_n(\omega_0-\omega_n)/\omega_n\omega_0\approx\omega_{kv}$ avtogeneratorni chastotasi ketma-ket chastota rezonansiga teng deb hisoblab, quyidagi ifodani olamiz.

$$\omega_0-\omega_{kv}=(\omega_n-\omega_{kv})Q_n/Q^{|}_{kv}$$

Buholdakontursozlanishio‘zgargandaavtogeneratornichastotasi$\omega_0\omega_{kv}$dan $(\omega_n-\omega_{kv})/(Q_n/Q^{|}_{kv})$ gaproporsionalravishdao‘zgaradi.

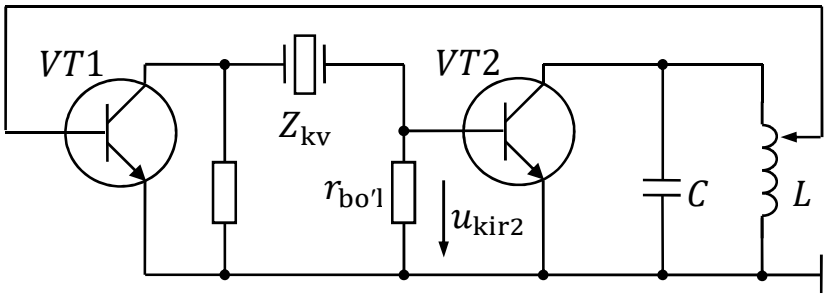
Agar $Q_n\approx10^2$, $Q^{|}_{kv}\approx10^5$ u holda $Q_n/Q^{|}_{kv}\approx10^{-3}$ ga teng bo‘ladi. Bunday avtogeneratorlarda kvars tebrantirgichida ajralayotgan quvvat P_{kv}, AE da ajralayotgan quvvatdan kichkina bo‘ladi $P_{kv},<P_1$. Bu bunday avtogeneratorlarni yaxshi tomonidir. Boshqa afzalliklardan 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 neytralizasiya 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 $r_{\text{bo'l}}$ qarshilik orqali uzatiladi. Bu kuchlanishning amplitudasi kvars rezonatori qarshiligining absolyut qiymatini va $r_{\text{bo'l}}$ 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 $r_{\text{bo'l}}$ 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 rezonatorini nechta kristallografik o‘qi bor?
2. Kvars rezonatorini tebranish chastotasi qanday ifoda bilan aniqlanadi?
3. Kvars rezonatorini ekvivalet sxemasini chizing.
4. Kvars rezonatorini ketma-ket chastota rezonansi qanday aniqlanadi?

5. Uch nuqtal avtogenerator sxemalarini chizing?
6. Uch nuqtali sig‘imli avtogeneratorning afzalligi nimadan iborat?
7. Kvars rezonatorni kompleks qarshiligi ketma-ket chastota rezonansida qanday qiymatlarga ega bo‘ladi?
8. Kvars rezonatorlari ketma-ket induktivlik konturi sifatida ishlatilgan avtogeneratorni 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

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

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

$$u_{\mathrm{m}}(t) = U_{\Omega}\cos(\Omega_{\mathrm{m}} t + \varphi_{\mathrm{m}}), \qquad (13.2)$$

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, televidenieda 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 xabarlarni 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 radiouzatkichi 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.

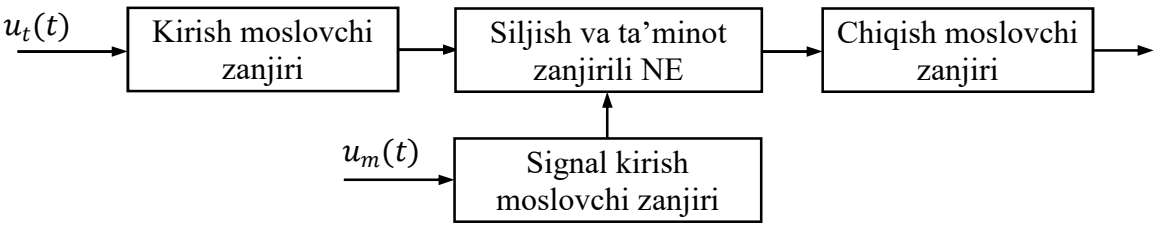
Tashqi modulyatsiya usulida tebranishlarni shakllantirish mexanizmiga ta’sir etmasdan, uzatkich YuCh trakti generatoridan tashqaridagi boshqa qurilma orqali tashuvchi tebranish parametrlari boshqariladi. Bu holda uzatkich YuCh traktiga qo‘shimcha ravishda passiv to‘rtqutbliklar ulanadi. Tashqi modulyatsiya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

qurilmalar yordamida amalga oshiriladi, bunday qurilmalarning tashuvchi tebranish quvvatini uzatish koeffitsienti 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 modulyatsiyani 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 quvvatini yuklamaga uzatilishini ta’minlaydi.

13.2. Amplituda modulyatsiyasining xarakteristikalari 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.

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

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

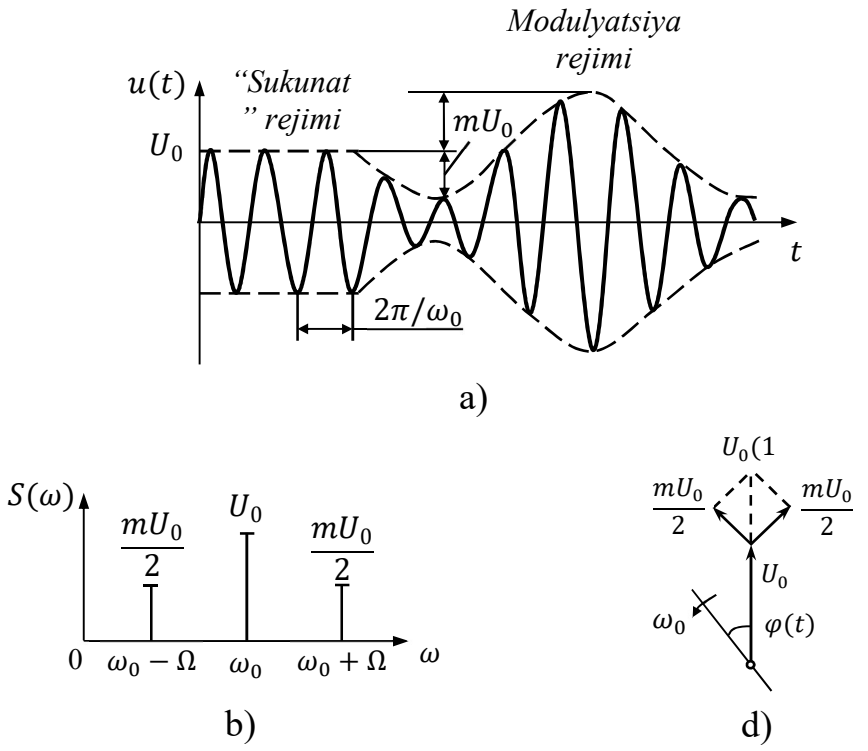
U holda amplituda bo‘yicha modulyatsiyalangan tashuvchi tebranish quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

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

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 (d) diagrammalari

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

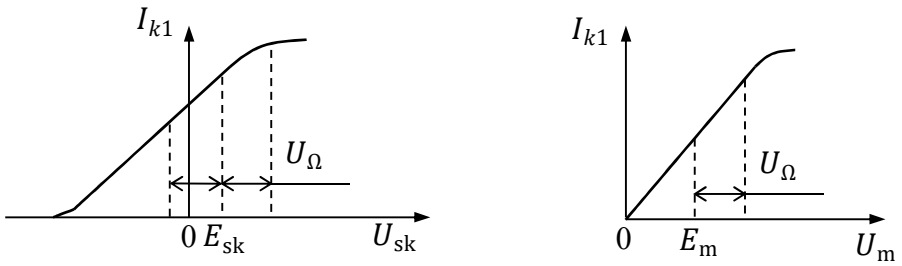
Chastotalar polosasi $\Omega_{min} - \Omega_{max}$ bo‘lgan murakkab modulyatsiyalovchi signal uchun AM signal spektrining kengligi $2\Omega_{max}$ ga teng bo‘ladi.

Amplituda modulyatsiyani statik va dinamik modulyatsion xarakteristikalari 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 xarakteristikalarga namunalar ko‘rsatilgan. SMXlar asosida garmonikalar koeffitsiyenti minimal bo‘lganda maksimal modulyatsiya koeffitsiyentini olish uchun NEning ish rejimi tanlanadi.

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

Nochiziqli buzilishlar bo‘lmasligi 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.



a) b)

13.3-rasm. Statik modulyatsion xarakteristikalarga namunalar

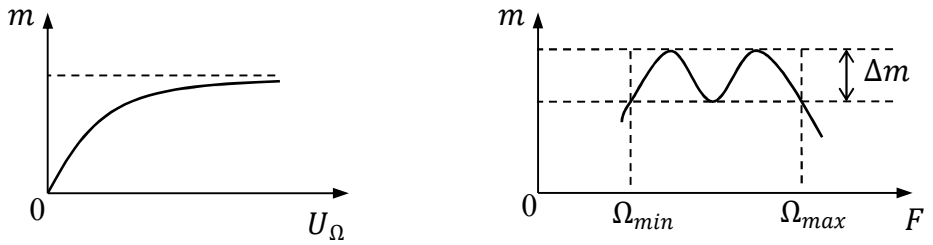
Dinamik modulyatsion xarakteristika (DMX) amplitudaviy va chastotaviy (13.4-rasm) bo‘lishi mumkin. *Amplitudaviy DMX* – bu modulyatsiya koeffitsienti m ning modulyatsiyalovchi signal amplitudasi U_Ω ga bog‘liqligidir. U orqali modulyatsiya koeffitsienti m ning kerakli qiymatini olish uchun zarur bo‘lgan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

Chastotaviy DMX – bu modulyatsiya koeffitsienti 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.



a) b)

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

Amplituda modulyatorlarida uchta energetik ish xolati bilan farqlanadi:

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

2. Maksimal ish xolati: $\cos\Omega t = 1$va YuCh tebranish amplitudasi maksimal bo‘lgan holatga mos keladi; $U_{max} = U_0(1+m)$. Bunda $P_0 = 0{,}5U_{max}^2/R_{yu} = (1+m)^2P_0, m = 1$ bo‘lganda $P_{0\,max} = 4P_0$bo‘ladi.

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

Shunday qilib, AMda modulyator chiqish quvvati vaqt bo‘yicha asta-sekin o‘zgaradi: $P_m(t) = P_0(1+m\cos\Omega t)^2; P_{o\prime r} = \frac{1}{T\Omega}\int P_0 dt = P_0(1+m^2/2), T = \frac{2\pi}{\omega}. m = 1$ bo‘lganda $P_{o\prime r} = 1{,}5P_0$, ya’ni AM signal spektrida yon tomon tashkil etuvchilarining paydo bo‘lishi hisobiga YuChli tebranishning chiqish quvvatini $0{,}5P_0$ 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 xolati 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 ohirgi 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:

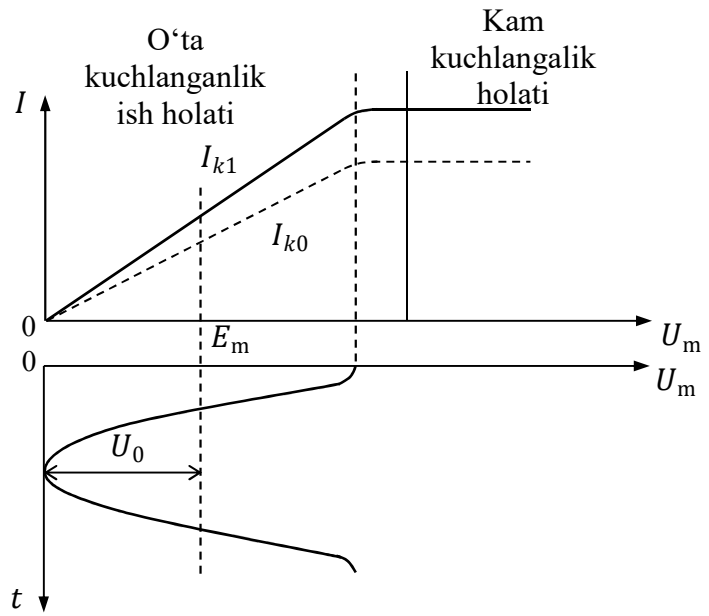
$$u_k(t) = E_m + U_\Omega \cos \Omega t, \qquad (13.7)$$

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 modulyatoriningstatik modulyatsion xarakteristikasi, ya'ni uning energetic ko'rsatkichlarini manba kuchlanishiga bo'g'liqligi 13.5-rasmda keltirilgan.

Bu rasmdan ko'rinadiki, AE o'ta kuchlanganlik (zo'riqish) ish holatida bo'lsa, uning kollektor toki impulslarini 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 burchagini $60° \ldots 120°$ oralig‘ida tanlanadi. Shunday qilib, SMXning ishchi qismi uchun $U_n = kI_{k1}$ o‘rinli va modulyatsiyalashda $I_{k1}(t) = I_{k1}(1 + m\cos\Omega t)$ ekanligini e’tiborga olsak, unda $U_\Omega(t) = E_\mathrm{m}(1 + m\cos\Omega t)$, bunda $E_\mathrm{m} = kI_{k1}$ bo‘lib, bundan esa $m = U_\Omega / E_\mathrm{m}$ kelib chiqadi.

Kollektor manbai kuchlanishi $U_{\mathrm{m}\,max} < u_{\mathrm{k\,re}}/2$ munosabatga ko‘ra tanlanadi, bunda $u_{\mathrm{k\,re}}$ – ruxsat etilgan maksimal kirish kuchlanishi. AE maksimal ish holati hisobidan so‘ng

$$E_\mathrm{m} = U_{\mathrm{m}\,max}/(1 + m), \qquad (13.8)$$

hisoblanadi va kollektorga keluvchi modulyatsiyalovchi signal amplitudasini aniqlaymiz: $U_\Omega = E_\mathrm{m} m$.

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 $I_\Omega = mI_{k0}$ bo‘ladi. U holda kuchaytirgichdan talab etiladigan quvvat $P_\Omega = 0{,}5 I_\Omega U_\Omega = 0{,}5 m^2 I_{k0} E_\mathrm{m}$. $m = 1$ bo‘lganda PChli kuchaytirgich quvvati “sukunat” ish holatidagi modulyator tebranish quvvatiga teng.

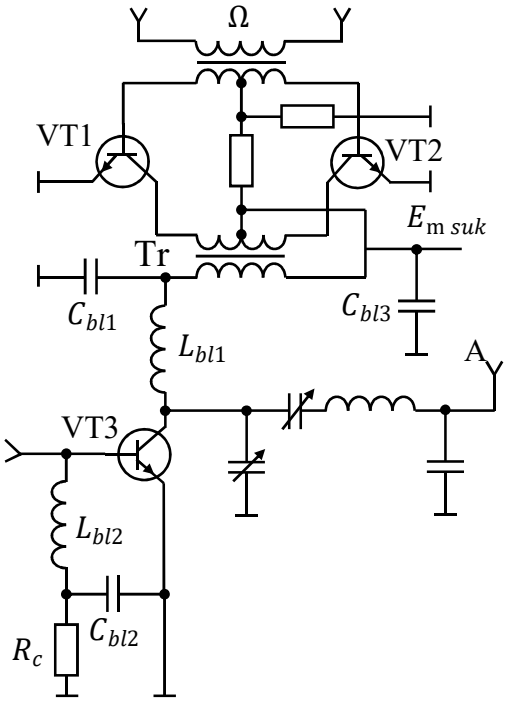
Tranzistor kollektori modulyatsiyasili quvvat kuchaytirgich sxemasi 10.9-rasmda keltirilgan.

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 koeffisientining kamayishiga va nochiziqli 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

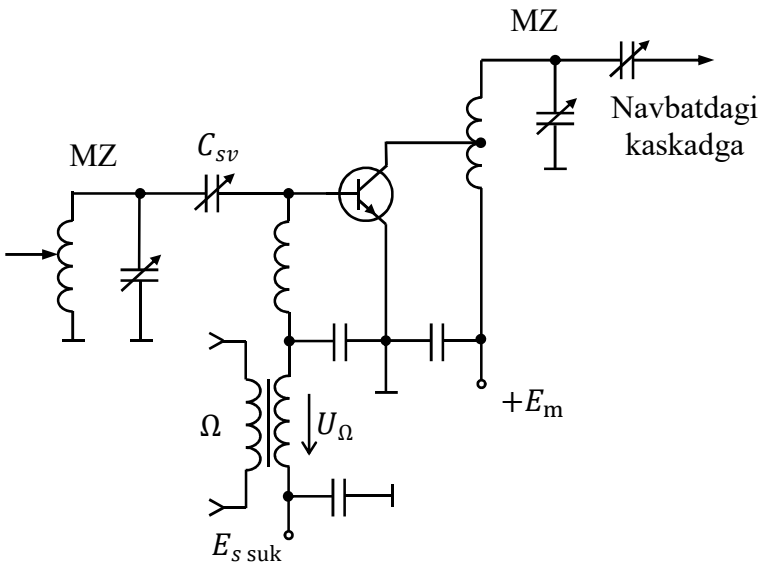
13.4. Siljish kuchlanishini o‘zgartirib amplitudasi modulyatsiyalangan signallarni shakllantirish

Modulyatsiyalovchi kaskadda (13.11-rasm) AE kirishidagi siljish kuchlanishi E_s axborot signaliga mos ravishda o‘zgaradi:

$$E_s = E_{sk} + U_\Omega \cos \Omega t. \qquad (13.9)$$

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 $\gamma_1(\theta)$ koeffisientlarga proporsional bo‘ladi. Ushbu bog‘liqliklar nochiziqli bo‘lganligi sababli baza siljishining o‘zgarishi hisobiga $m = 1$ uchun kollektor tokining buzilishsiz modulyatsiyasini olish imkoni yo‘q. Baza siljishili modulyatsiyadan kichik nochiziqli buzilishlar ish holatida $m = 0{,}6 \ldots 0{,}7$ 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;
- $P_1 = 0{,}5I_{k1}^2(E_s)R_k$ 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 koeffitsienti:

$$g_1(\theta) = I_{k1}(E_s)/I_{k0}(E_s) = const, \qquad (13.14)$$

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‘lmasligi lozim:

$$P_{1\,nom} \geq P_{1\,max} = P_{1\,n}(1+m)^2. \qquad (13.15)$$

Kaskadni hisoblash kritik ish holatini tanlash orqali maksimal ish nuqtasini tanlashdan boshlanadi, bunda nochiziqli buzilishlarni kamaytirish uchun kollektor tokining kesish burchagi θ_{max} ni $110° \ldots 120°$ 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 $U_\Omega = E_{sk\,max} - E_{sk}$;
- modulyator quvvati $P_\Omega = 0{,}5I_\Omega U_\Omega$, 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 xam 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/shovqin 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:

$$I_a = I_{a\,yon}\cos(\omega + \Omega)t. \qquad (13.16)$$

Tok amplitudasi $I_{a\,yon}$ modulyatsiya koeffitsienti 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:

$$I_{a\,yon\,max} = mI_{a\,max} = m(1+m)I_a. \qquad (13.17)$$

Qabullagich chiqishidagi AM tebranishning foydali effekti signal o‘rovchisi amplitudasi mI_a orqali aniqlanadi, chiziqli detektor chiqishidagi signal esa ushbu amplitudaga proporsional bo‘ladi:

$$U_{\text{AM QQ}} = kmI_a. \qquad (13.18)$$

Bir polosali modulyatsiyalangan kuchlanish qabullagich chiqishida $U_{\text{BPM}} = km(1+m)I_a$ bo‘lib, kuchlanish bo‘yicha $B_1 = U_{\text{BPM}}/U_{\text{AM}} = 1 + m$ 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 oralig‘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‘lqin radiouzatkichlarida radioto‘lqinlar 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 signalarni ishlab chiqishni quyidagi usullari mavjud:

1. *qayta balansli modulyatsiya usuli*. Bu usulni asosiy kamchiligi shundan iboratki, unda balans modulyator va fil’trlar soni ko‘p va ancha murakkab bo‘ladi. Bundan tashqari kerak bo‘lmagan chastotalarni paydo bo‘lishiga olib keladi va uni ishiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi;

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 $\varphi = 2\pi / \mathrm{N}$ burchagi farqi qilsa, umumiy yuklamada tashuvchi signallar o‘zoro kompensasiya qilinadilar va chiqishda tashuvchi signal bo‘lmaydi. Signallar fazasi maxsus fazalantirgichlarda φ burchakga suriladi. Bundan tashqari modulyatsiya qiluvchi kuchlanishlar ham bir-biriga nisbatan φ burchakga siljigan bo‘lsa, umumiy yuklamada bitta yon tashkil etuvchisi komensasiya qilanadi, ikkinchisi esa arifmetik tarzida qo‘shiladi. Qaysi yon chastotani yo‘q bo‘lishi φ burchakni ishorasiga bog‘liq bo‘ladi. Amalda odatda uch va to‘rt fazali sxemalar qo‘llaniladi.

Bu usul bilan ishlaydigan BPM qurilmada nochiziqli buzuqliklar nisbatan kam bo‘ladi, chunkn nochizqli o‘zgarrtiringlar 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 ni avtogeneratorini modulyatsiya umumiy signalga aylantiriladi. Bunda chastotata bo‘yicha ajratilgan kanallari bo‘lgan sistemalar bir necha yuz telefon xabarlarini uzatishi mumkin.

13.6. Burchak modulyatsiyasi. Burchak modulyatsiyasining turlari va asosiy xarakteristikalari

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:

$$u(t) = U\cos\Psi(t), \qquad (13.19)$$

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

$$\omega(t) = \omega_0 + \Delta\omega_d\cos\Omega t \qquad (13.20)$$

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

$$\Psi(t) = \omega_0 t + M\sin\Omega t \qquad (13.21)$$

kelib chiqadi, bu yerda $M = \Delta\omega_d/\Omega$ – chastota modulyatsiyasi indeksi.

ChMda oniy kuchlanish

$$u(t) = U\cos(\omega_0 t + M\sin\Omega t). \qquad (13.22)$$

FMda tebranish oniy fazasi

$$\Psi(t) = \omega_0 t + \Phi\sin\Omega t, \qquad (13.23)$$

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‘lmasligini kuzatamiz.

Burchak modulyatsiyasili tebranishning spektri

ChM yoki FMda oniy kuchlanish quyidagi ko‘rinishga ega:

$$u(t) = U\cos(\omega_0 t + M\sin\Omega t) =$$
$$= U\cos\omega_0 t\cos(M\sin\Omega t) - U\sin\omega_0 t\sin(M\sin\Omega t). \qquad (13.24)$$

Tebranish spektrini aniqlash uchun $\cos(M\sin\Omega t)$ va $\sin(M\sin\Omega t)$ funksiyalarni Fure 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 etuvchilarni ifodalari [5] adabiyotda keltirilgan. Ularni (13.24) ifodaga qo‘yib, kuchlanisni oniy qiymatini aniqlovchi ifodaga ega bo‘lamiz:

$$u(t) = UJ_0(M)\cos\omega_0 t + UJ_1(M)\cos(\omega_0 + \Omega)t - UJ_1(M)\cos(\omega_0 - \Omega)t +$$
$$+UJ_2(M)\cos(\omega_0 + 2\Omega)t - UJ_2(M)\cos(\omega_0 - 2\Omega)t + \cdots. \qquad (13.25)$$

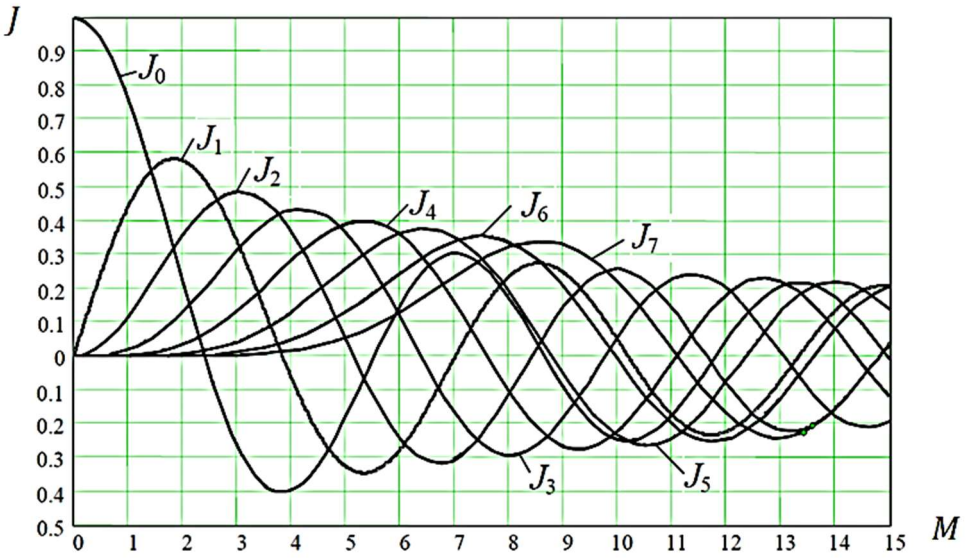
Ushbu ifodani tahlil qilish shuni ko‘rsatadiki:

– 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.

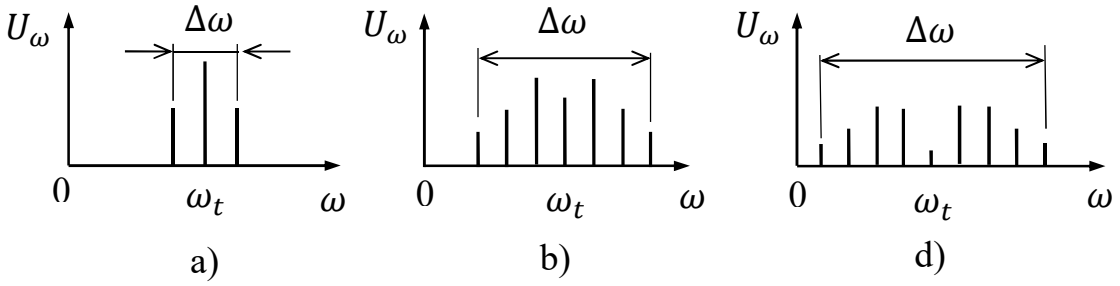
Modulyatsiyalangan tebranish spektrini aniqlovchi Bessel funksiyasining (13.12-rasm) xususiyati, shundan iboratki uni ishorasi o‘zgaruvchanva M va k larning kattalashishi bilan funksiyaning maksimal qiymati kamayadi ($k > 2$ va $M < 0{,}5$ bo‘lganda funksiya qiymati nihoyatda kichik bo‘ladi).



13.12-rasm. Bessel funksiyasi grafigi

Shunday qilib, burchakli modulyatsiyalangan signalning spektri modulyatsiya indeksi M ga bog‘liq. Burchakli modulyatsiyalangan signalning spektrini 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:

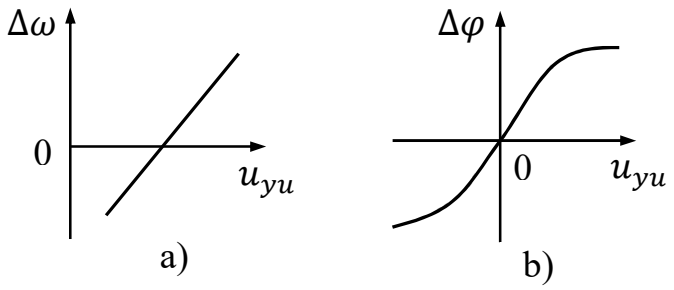
a) – $M = 0{,}5$; b) – $M = 1{,}5$; d) – $M = 2{,}5$.

Modulyatsion xarakteristikalar. Burchak modulyatsiyasini statik va dinamik modulyatsion xarakteristikalarimavjud.

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 nochiziqli bo‘lishi modulyatorda nochiziqli buzilishlar paydo bo‘lishiga olib keladi.

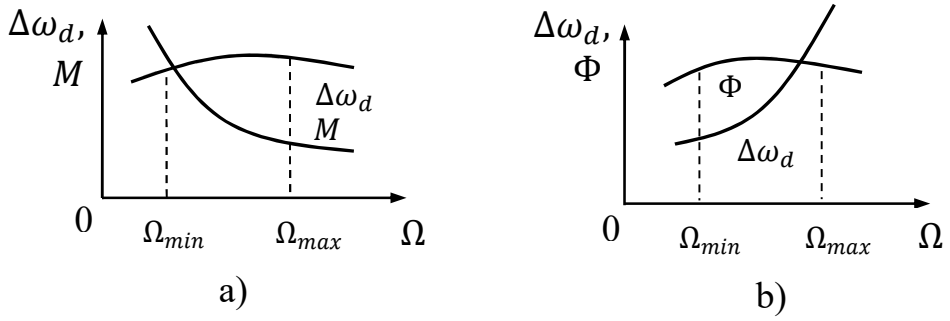
Dinamik modulyatsion xarakteristika (DMX) deb chastota deviatsiyasining (ChMda) yoki modulyatsiya indeksining (FMda) modulyatsiyalovchi tebranish chastotasiga bog‘liqligiga aytiladi. ChM va FM orasidagi farq modulyatsiyalovchi signal $\Omega_{min} - \Omega_{max}$ chastota spektriga ega bo‘lganda namoyon 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 polosasi $\Omega_{min} - \Omega_{max}$ 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 xarakteristikalari

DMX belgilangan aniqlikdagi Φ yoki $\Delta\omega_d$ doimiyligi oralig‘ida modulyatsiyalovchi chastota polosasini baholash imkonini beradi.



13.15-rasm. Chastota (a) va faza (b) modulyatorining dinamik modulyatsion xarakteristikalari

13.7. Chastotali modulyatsiya

ChM radiouzatkichlar radioeshittirishda, televidenie tovush signallarini uzatishda, radioreleyli aloqada, troposfera va kosmik aloqada, radiolokatsiyada ishlatiladi.

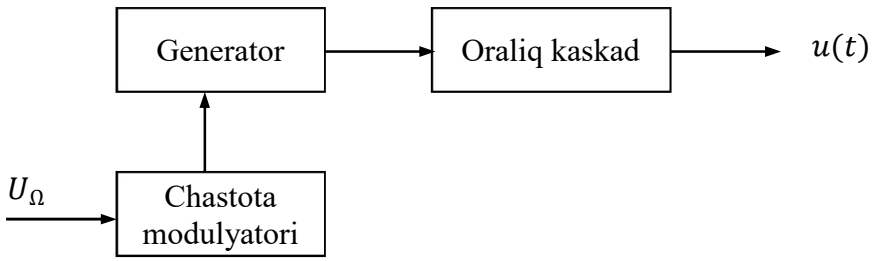
ChM radiouzatkich sxemasini tanlashda quyidagi ikki bir-biriga qarama-qarshi talablarni qanoatlantirish kerak: tashuvchi tebranish chastotasining yuqori stabilligini saqlash va modulyatsion xarakteristikaning chiziqliligini ta'minlash.

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:

$$\Delta\omega_0 = -\frac{1}{2}\omega_0\left(\frac{\Delta L}{L} + \frac{\Delta C}{C}\right). \qquad (13.26)$$

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

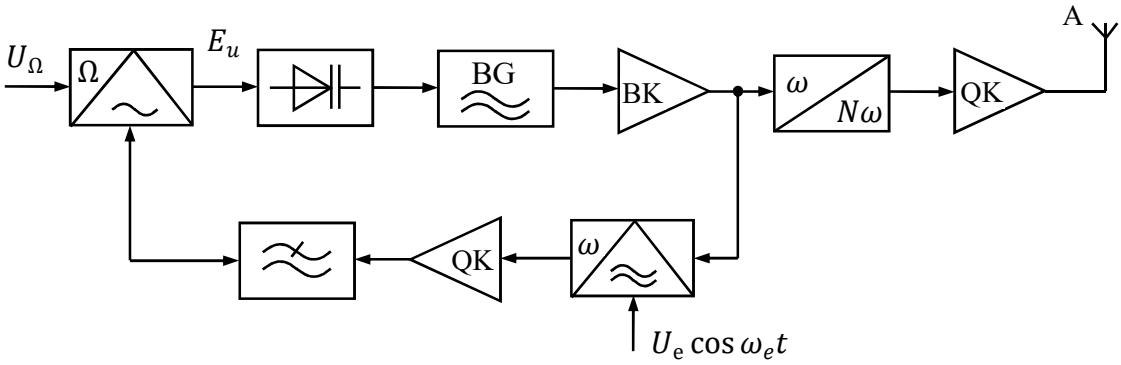
$\Omega_{min} < \Omega < \Omega_{max}$ modulyatsiya chastotasi bo‘yicha teskari aloqa Ω_{min} dan kichik o‘tkazish polosasili PChF yordamida yo‘q qilinadi.

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.

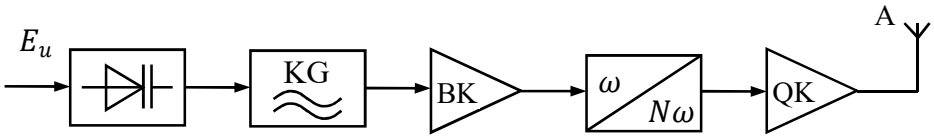
Bilvosita usul FMni ChMga o‘zgartirishga asoslangan. Modulyatsiyalovchi kuchlanish integrallovchi to‘rtqutblik orqali faza modulyatoriga beriladi (13.17c-rasm). Kvarsli generator (KG) yuqori barqarorlikli chastota olishni ta’minlaydi. Usulning kamchiligi – keyingi kaskadlarda katta darajali marta ($N = 10^2 \dots 10^3$) ko‘paytirilishi kerak bo‘lgan modulyatsiyalovchi signalning past chastotasidagi kichik deviatsiyasi. Tashuvchi chastota N marta ko‘paytirilganda chastota deviatsiyasi 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.

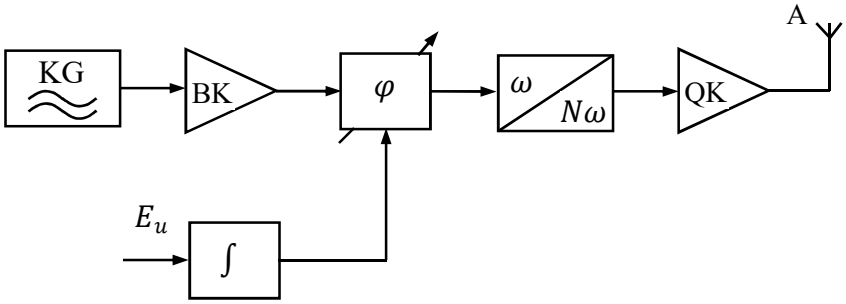
Modulyatsiyalovchi signalni chastota bo‘yicha ajratish PChF va YuChFlari orqali amalga oshiriladi.



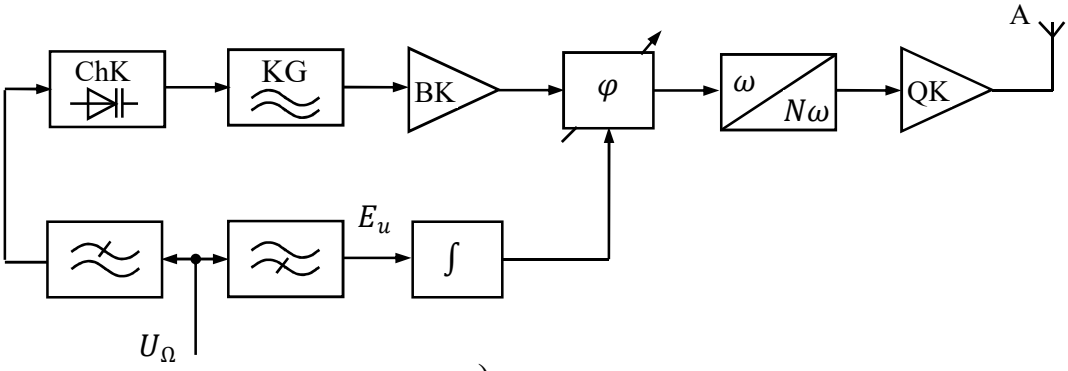
a)



b)



d)



e)

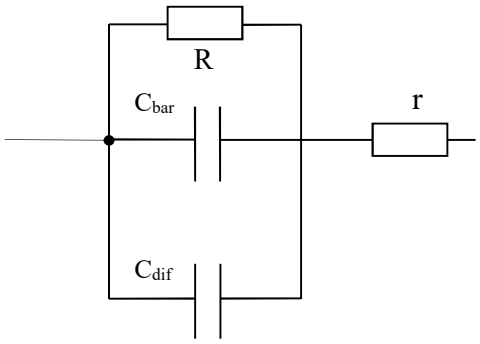
13.17-rasm. Bevosita (a) va (b), bilvosita (d) va kombinatsiyalashgan (e) chastota modulyatsiyasili RUning funksional sxemalari

13.8. Chastotani boshqaruvchi qurulmalar

Chastota bo‘yicha modullashtirilgan(ChM) to‘lqinlar olish uchun avtogenerator konturiga reaktiv ikki qutblik ulash kerak, uning parametrlari modulatsiya 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.

Xozirgi paytda chastota boshqaruvchilari sifatida varikap keng qo‘llanilmoqda. Ular ancha sodda, kichik xajmli, boshqaruvchi kuchlanish quvvatining nixoyatda kichikligi bilan xarakterlanadilar.

Varikap – yarim o‘tkazgichli diod bo‘lib, uning yopiq p–n o‘tish sohasini bar’er sig‘imi qo‘yilgan boshqaruvchi kuchlanishga bog‘liq bo‘ladi. Uni ekvivalent sxemasi 13.18-rasmda keltirilgan. U parallel ulangan bar’er (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

Varikapni ochiq xolatida ($U_{o‘tish}>0$) R qarshilik p–n o‘tishni diffusion sig‘imini kuchli shuntlaydi. Buni natijasida varikap orqali chastotani boshqarish qiyinlashadi. Yopiq xolatda ($U_{o‘tish} < 0$) teskari tok I juda kichik, qarshilik R esa katta bo‘lib, varikapni xarakteristikasiga deyarli ta’sir ko‘rsatmaydi. Bu xolda p-n o‘tishni sig‘imi bo‘lib, boshqaruvchi kuchlanishga bog‘liq bo‘lgan bar’er (C_{bar}) sig‘im xizmat qiladi.

$$C_{bar} = C_{bar0}\left(\frac{\varphi - E}{\varphi - U_{o'tis}}\right)^{m}, \qquad (13.27)$$

bu erda $U_{o'tish}$- p–n o‘tishni yopuvchi kuchlanishi, E- ixtiyoriy boshlangich siljish kuchlanishi; φ≈0,5 B – kontakt potensiallar ayirmasi; C_{bar0}–$U_{o'tish}$ = Ebo‘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.

Varikaplarni asosiy kamchiligi, bu nochiziqli buzuqliklarni ko’pligidir.

Varikap avtogeneratorni 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:

$$U_{o'tish} = U_0 + u_y + U\cos\omega t,$$

bu yerda: $U_{o'tis}$ p–n o‘tishdagi kuchlanish. Bu kuchlanish $-|U_{o'tish\,max}| < U_{o'tis} < 0$ oralig‘ida bo‘lishi kerak. $U_{o'tish\,max}$ – p–n o‘tishdagi mumkin bo‘lgan maksimal teskari kuchlanish.

Chastotani boshqaruvchi varikapni effektiv sig‘imi (C_v) varikapdagi U kuchlanishga bog‘liq bo‘ladi va u U ≈ 0,5$|U_{o'ti\ \ max}|$ bo‘lganda bar’er sig‘imdan (C_{bar}) tahminan 10% katta bo‘ladi. Ko‘p

hollarda $C_v$sig‘imni (13.27) ifoda orqali aniqlash mumkin. Buning uchun ushbu ifodadagi $U_{o'tis}$ ni $U_0 + u_b$ ga almashtirish kerak.

Varikapni induktivligi va sig‘imidan iborat bo‘lgan konturda chastota bo‘yicha qoplash koeffisienti $K_\omega = \omega_{max}/\omega_{min}$ katta qiymatga, amplituda esa kichik ega bo ‘ladi. Odatda φ≈ 0,5 V, $U_{o'tis\ \ max}$ 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. Haqiqatdan ham $I_k = U_k Y_k$, bunda Y_k – konturning to‘la o‘tkazuvchanligi

$$Y_k = G_k + j\frac{1}{\rho}\left(\frac{\omega}{\omega_r} - \frac{\omega_r}{\omega}\right) = |Y_k|e^{j\varphi_k}; \qquad (13.28)$$

$$|Y_k| = \sqrt{G_k^2 + \frac{1}{\rho^2}\left(\frac{\omega}{\omega_r} - \frac{\omega_r}{\omega}\right)^2}; \quad tg\varphi_k = Q\left(\frac{\omega}{\omega_r} - \frac{\omega_r}{\omega}\right).$$

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 quyidagilar o‘rinli: $tg\varphi_k = \varphi_k$; $\frac{\omega}{\omega_r} - \frac{\omega_r}{\omega} = \frac{2\Delta\omega}{\omega_r}$; $\Delta\omega = \omega - \omega_r$; shuning uchun

$$\varphi_k = \frac{2Q\Delta\omega}{\omega_r}. \qquad (13.29)$$

Agar konturning sig‘imisifatidavarikap 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 $\varphi_k(t) = -\frac{4m}{m+1} Q k_V k_g \cos \Omega t$.

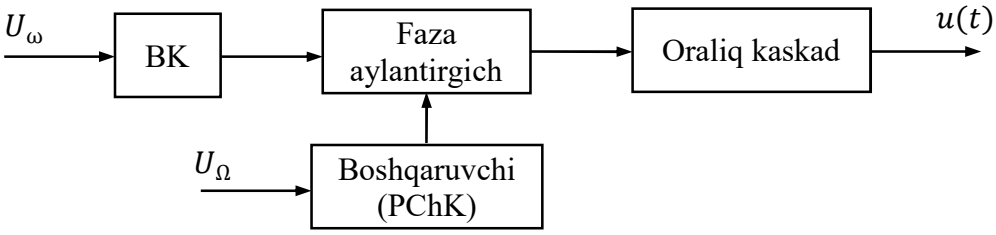
Faza modulyatsiyasining indeksi $\Phi = \frac{4m}{m+1} Q k_V k_g$, bundan

$$k_g = \frac{m+1}{4m} \frac{\Phi}{Q k_V}. \qquad (13.30)$$

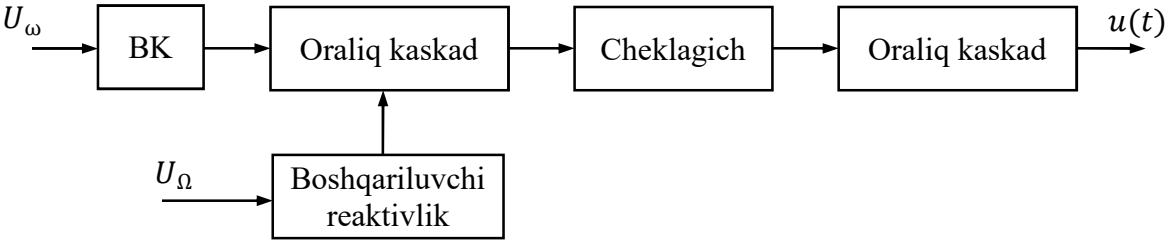
Tashqi FM kaskadlararo zanjirda boshqariluvchi (magnit maydoni boshqariladigan yoki YuTL asosidagi maxsus elektron to‘lqin o‘tkazgichli) faza aylantirgich yordamida amalga oshiriladi. Ular O‘YuCh va optik to‘lqin diapazonida qo‘llaniladi (13.19a-rasm).

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, uni sig‘imi modulyatsiyalovchi kuchlanish ta’sirida boshqariladi va konturni sozlanganligini f_0 ga nisbatan o‘zgartiradi, bu esa modulyator chiqishidagi tebranish fazasining o‘zgarishiga, ya’ni fazali modulyatsiyaga (FM) olib keladi.



a)



b)

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:

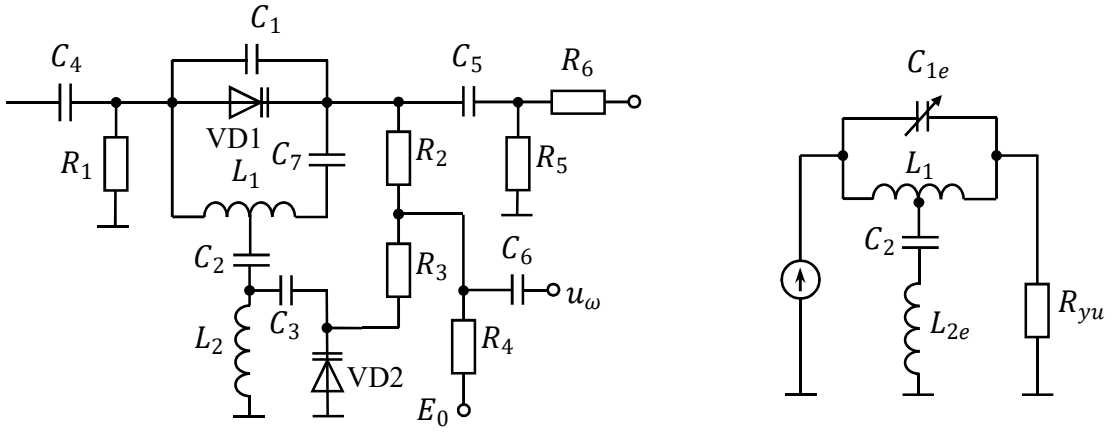
- m ning qiymati katta bo‘lgan varikaplardan foydalanish (keskin va o‘ta keskin*p-n* o‘tishli);
- yuqori asllikli konturlardan foydalanish (Q);
- modulyatsiya indeksi Φ ni kamaytirish;
- kontur yig‘indi sig‘imidagi varikapning xissa koeffitsienti k_V ni oshirish kerak.

Amaliyotda k_g ning kichik qiymatini olish uchun $k_V = 1$ qilib tanlanadi vabunda $\Phi = 15 \ldots 20°$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:

$$C_{1e} = C_1; \quad L_{2e} = 1/[L_2 - \omega^2 C_3/(1 + C_3/C_{V2})].$$

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.



a) b)

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 $\pm 90°$ 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 koeffisienti birga teng bo‘lib qolaveradi.

Faza aylantirgichnikirish qarshiligining va kuchlanish uzatish koeffitsientining doimiyligi,shovqin-xalaqitli AM hosil bo‘lmasligini ta’minlaydi.

Nazorat savollari

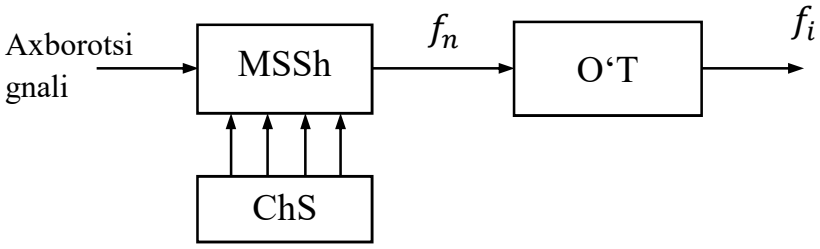
1. Modulyator qanday qurilma va uning asosiy elementi nima?
2. Amplituda modulyatsiyali radiouzatuvchi qurilmalar qaysi sohalarda ishlatiladi.
3. Statik va dinamik modulyatsion xarakteristikalar deb qanday xarakteristikalarga aytiladi?
4. Amplituda modulyatorlarida nechta rejim farqlanadi?
5. Kollektor 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).

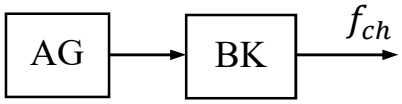


14.1-rasm. Radiouzatuvchi qurilmalar qo‘zg‘atgichining strukturaviy sxemasi

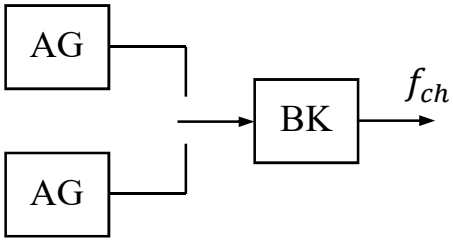
Bundan tashqari ko‘pgina qo‘zg‘atgichlar tarkibida avtonom ta’minot manbai mavjud bo’ladi. Shuni ta’kidlash lozimki, cheklangan chastotalarda ishlovchi oddiy radiouzatgichlarda sintezator bo’lmasligi mumkin. Bu holatda qo‘zg‘atgich bir yoki bir nechta yuqori barqarorlikka ega kvarsli generatorlardan 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‘atkich 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‘atkich

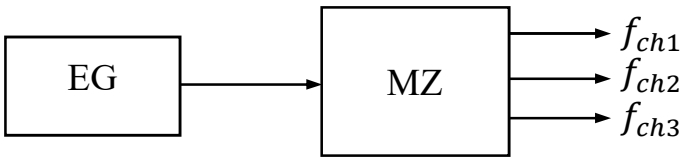


14.3-rasm. “Kvars-Volna” turidagi qo‘zg‘atkich

Radiouzatgich qo‘zg‘atgichlari quyidagi *asosiy ko‘rsatkichlar* bilan xarakterlanadi: ishchi tebranishlarning chastotalar diapazoni, ishchi chastotalarni 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‘atkichda shakllanadigan modulyasiyalangan signal turi, shakllangan signal turlarining sifat ko‘rsatkichlari va foydalanish sharoitlari.

14.2. Chastota sintezatorlarining turlari va asosiy xarakteristikalari

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 asboblarida 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 koeffitsienti kichik bo‘lgan $k_f = f_{max}/f_{min} <$ 1,2va qoplovchi koeffitsienti 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‘lisi mumkin. Qisqa muddatli barqarorlik vaqti $t < 1$sekund vaqtda kuzatiladi. Uzoq muddatli chastota barqarorlik esa $t > 1$sekund vaqtda kuzatiladi;

4. keraksiz (ortiqcha) to‘lqinlarni so‘ndirish koeffitsiyenti $D = 10\lg(P_i/P_{kz})$, odatda $D > 40$ dB, ayrim hollarda $D > 100$ dB. Bu koeffitsient ChS chiqishidagi ishchi tebranishning quvvati P_i ni keraksiz to‘lqin quvvati P_{kz} ga nisbatini ko‘rsatadi;

5. bir ishchi chastotadan ikkinchi ishchi chastotaga o‘tish vaqti $t_{o't}$. 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 chastotani fazaviy avtomatik sozlash (ChFAS) tizimlari orqali amalga oshiriladi.

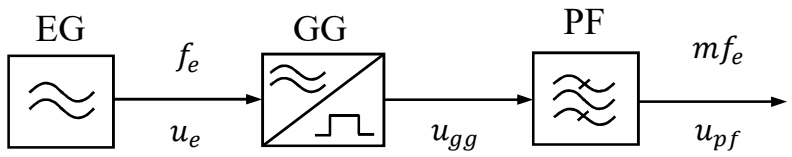
14.3. Bevosita sintez usuliga asoslangan chastota sintezatorlari

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 kombinasiyali signallar: mf_e, f_e/n, mf_e/n, $(m_1/n_1 \pm m_2/n_2)f_e$ va boshqa kombinasiyali 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.



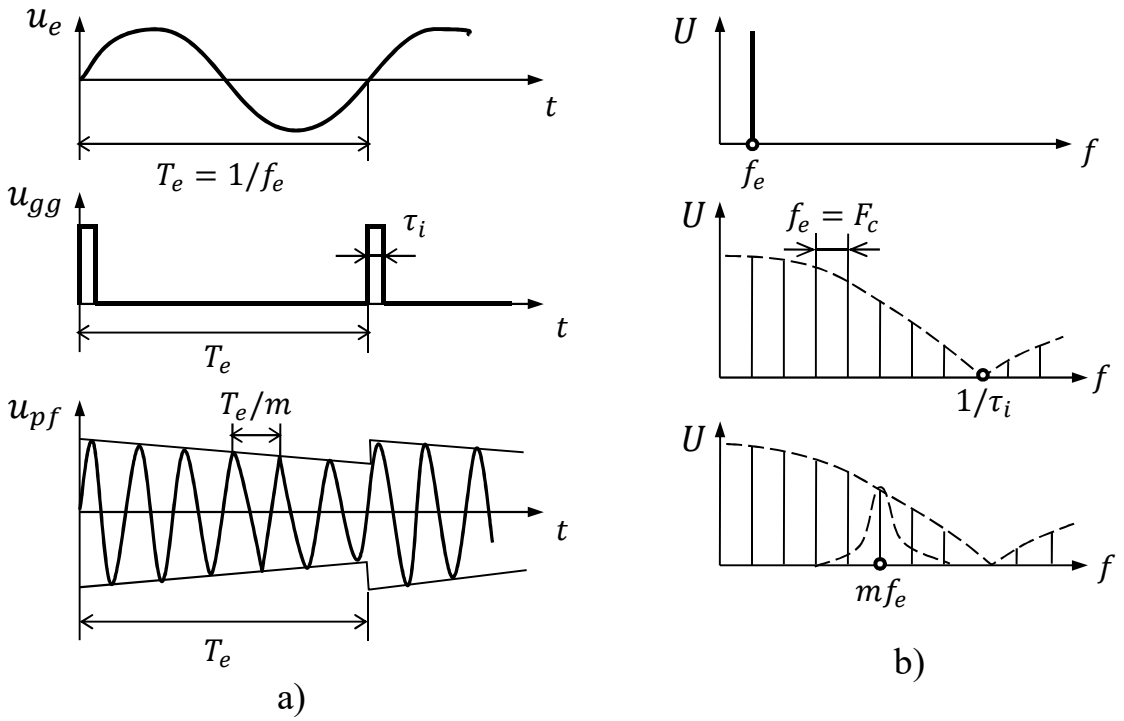
14.5-rasm. Garmonikalar generatoridan foydalanilgan chastotalar sintezatorining strukturaviy sxemasi

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 impulslar ketma-ketligi $u_{gg}(t)$ ga aylantirib beradi. Agar impulslarning 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 pul’satsiya 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‘llniladi. Bu usul ba’zan xatolikni *ayirish usuli*deb ataladi.

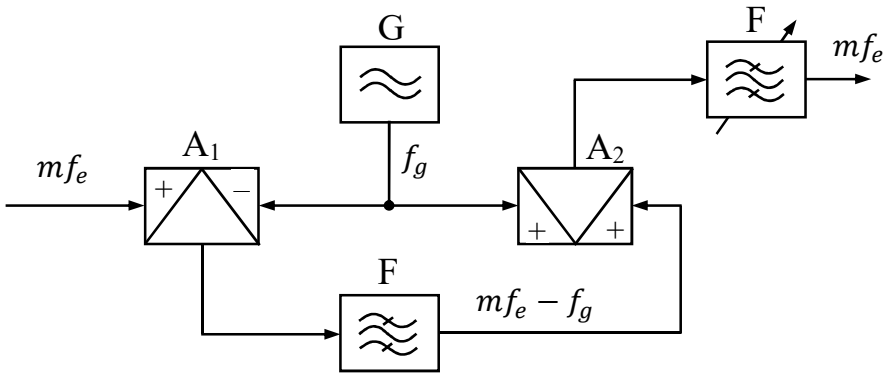


14.6-rasm. Chastota sintezatorining ish jarayonini tushuntirishga oid: a) – vaqt va b) – spektr diagrammalar.

Chastotani ikki marta almashtirishga asoslangan sintezatorlarda chastota ikki marta o‘zgartiriladi. Birinchi A1 aralashtirgichda chastotalar ayirmasi hosil Tor polosali filtr o‘zining kirishidagi signallardan birining chastotasi $mf_e - f_g$ ga sozlangan bo‘ladi. qilinadi. Ikkinchi A2 aralashtirgichda chastotalar yig‘indisi hosil qilinadi. Sintezatorning strukturaviy sxemasi 14.7-rasmda keltirilgan.

Birinchi chastota aralashtirgich A_1 da GG chiqishidagi hamma chastotalar qiymati yordamchi generator G yordamida f_g chastotaga kichiklashtiriladi.Tor

polosali filtr o‘zining kirishidagi signallardan birining chastotasi $mf_e - f_g$ ga sozlangan bo‘ladi.

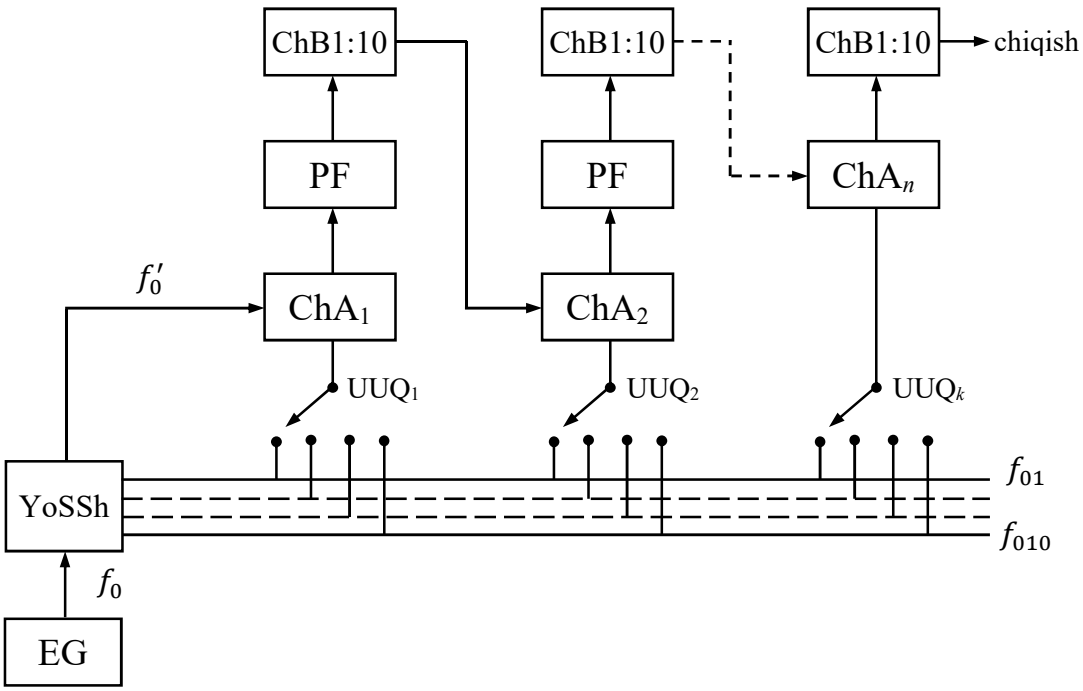


14.7-rasm. Chastotani ikki marta almashtirishga asoslangan sintezatorning strukturaviy sxemasi

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

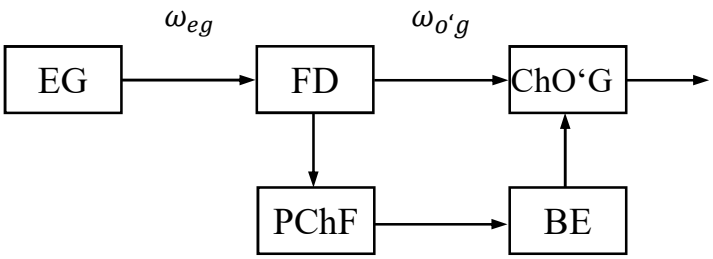
Shuni alohida ta’kidlash kerakki, bu usulda shakllantirilgan chastotalar orasidagi farq yordamchi tayanch chastotalari $f_{01}, \dots, f_{010}$lar orasidagi farq Δfdan 10^{k-1}marotaba kichik bo‘ladi. Dekadalar sonini oshirish hisobiga chiqish signali chastotalari orasidagi farqni kichiklashtirish mumkin. Bu usulni 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 avtogenrator ham bo‘ladi. ChFAS tizimining soddalashgan strukturaviy sxemasi 13.9-rasmda keltirilgan.

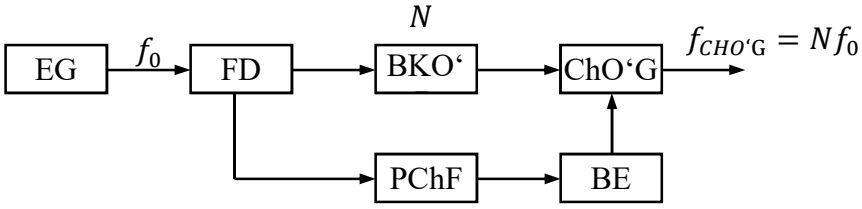


14.9-rasm. Chastotani fazaviy avtomatik sozlash qurilmasining strukturaviy sxemasi

Etalon generatori (EG) va chastotasi o‘zgartiriladigan (sozlanadigan) generator (ChO‘G) signallari faza detektori FD kirishiga beriladi, faza detektorining chiqisida 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 tizimili chastota sintezatorining strukturaviy sxemasi 14.10-rasmda keltirilgan. Bo‘lish koeffisienti 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) iga 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 avtogeneratordan foydalaniladi.



14.10-rasm. ChFAS tizimi asosida ishlaydigan chastota sintezatorining strukturaviy sxemasi

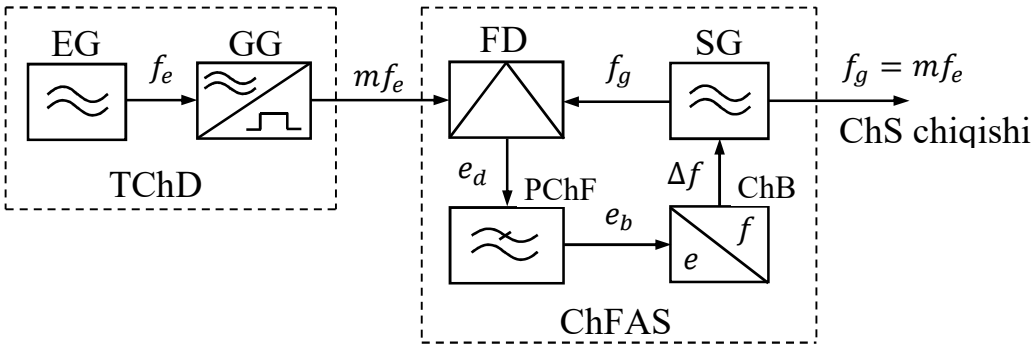
EG va ChO‘G chiqish signali chastotalari bir-biriga teng va sinxron ish holatida FD chiqish kuchlanishi nolga teng va ChO‘G chastotasining uzoq vaqt davomidagi qiymati EG chastotasiga teng bo‘ladi ($f_0 = f_{CHO‘G}/N$, bunda N – BKO‘B sxemasining bo‘lish koeffitsienti).

Tashqi boshqaruv qurilmasi orqali ChS chiqishida shakllantirilishi kerak bo‘lgan chastotaning kodini terish orqali bo‘lish koeffisienti N ning qiymatini o‘zgartirish mumkin, natijada ChS chiqish tebranishlari chastotasi $f_{ChO‘G} = Nf_0$ 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 FD da 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.



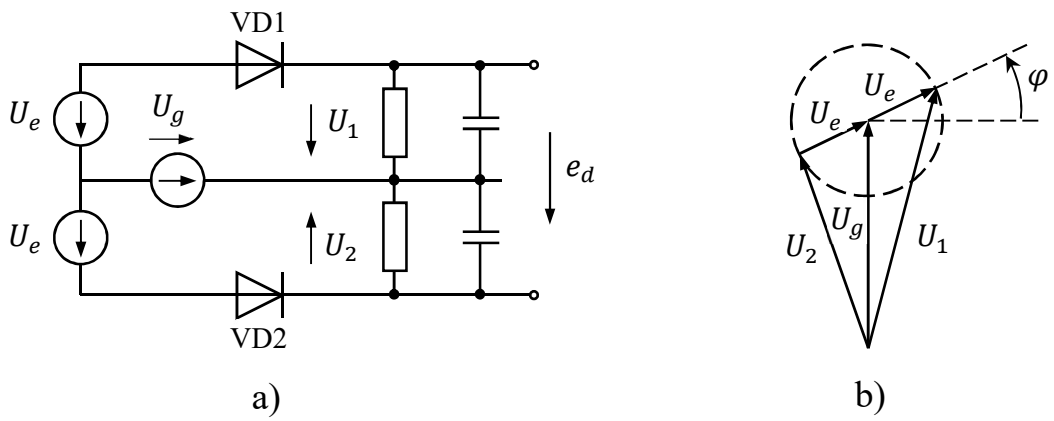
14.11-rasm. ChFAS tizimili ChSning funksional sxemasi

PChF parametrlarini tanlash orqali tizimning zaruriy filtrlovchi va dinamik xususiyatlariga erishish mumkin.

Boshqaruvchi signal $e_b(t)$ orqali korreksiyalovchi chastota (rasstroyka) $\Delta f(t)$ kiritilishi mumkin. Ushbu korreksiyalovchi 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 stasionar 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 kompensasiyalanadi. Amplituda detektorlarining uzatish koeffisientlarini 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:

$$e_d(t) = K_d U_g \left(\sqrt{1 + a^2 + 2a \sin\varphi} - \sqrt{1 + a^2 - 2a \sin\varphi} \right). \qquad (14.3)$$



14.12-rasm. Balansli faza detektori sxemasi (a) va vektor diagrammasi b)

(14.3) ifodani o‘zgartirib quyidagicha yozamiz

$$e_d = E(U_e, U_g)\, F(\varphi, U_e, U_g) \qquad (14.4)$$

bunda, $E(U_e, U_g)$– faza detektori (FD)chiqishidagi eng katta kuchlanish bo‘lib, u EG hamda SG larning 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 generatorichiqishidagi $(m-1)f_e$ 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 signalini 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 diagrammalar asosida tushuntiring.
5. Chastotani ikki marta almashtirishga asoslangan chastota sintezatorining strukturaviy sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.
6. Balansli faza detektori sxemasini va uni vektor diagrammasi tushuntiring.

15. RAQAMLI CHASTOTA SINTEZATORLARI

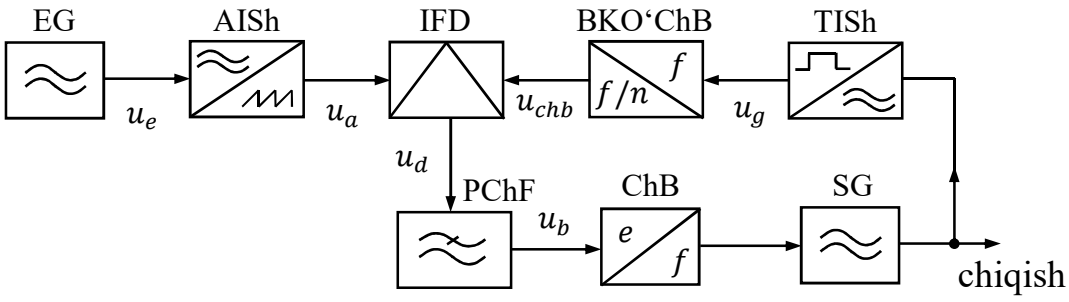
15.1. Raqamli chastota sintezatorlari

Raqamli chastota sintezatorlari deb berilgan chastota diskret setkasi (to‘ri) diapazonida yuqori chastotali garmonik tebranish (to‘lqin)lar shakllantiruvchi va asosan raqamli sxemotexnika elementlari asosida qurilgan sintezatorlarga aytiladi. Raqamli chastota sintezatorlari ixchamlik, ishonchlik va texnologik jihatdan bir qancha afzalliklarga ega bo‘lib, nisbatan tejamkor hisoblanadi.

Raqamli chastota sintezatorlari chastotani fazaviy avtomatik sozlash (ChFAS) tizimidan foydalanilgan holda bilvosita sintez usuli asosida quriladi. Bu holda chastotani 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 impulslarni shakllantiruvchi qurilma (AISh), to‘g‘ri to‘rtburchakli impulslarni shakllantiruvchi qurilma (TISh) va FD o‘rnida esa impulsli faza diskriminatori (IFD) dan foydalaniladi. Bundan tashqari sintezator tarkibida bo‘lish koeffitsienti o‘zgaruvchi chastota bo‘lgich (BKO‘ChB) mavjud.

Raqamli chastota sintezatorining funksional sxemasi 15.1-rasmda keltirilgan. Uni ishlash usuli quyidagicha.



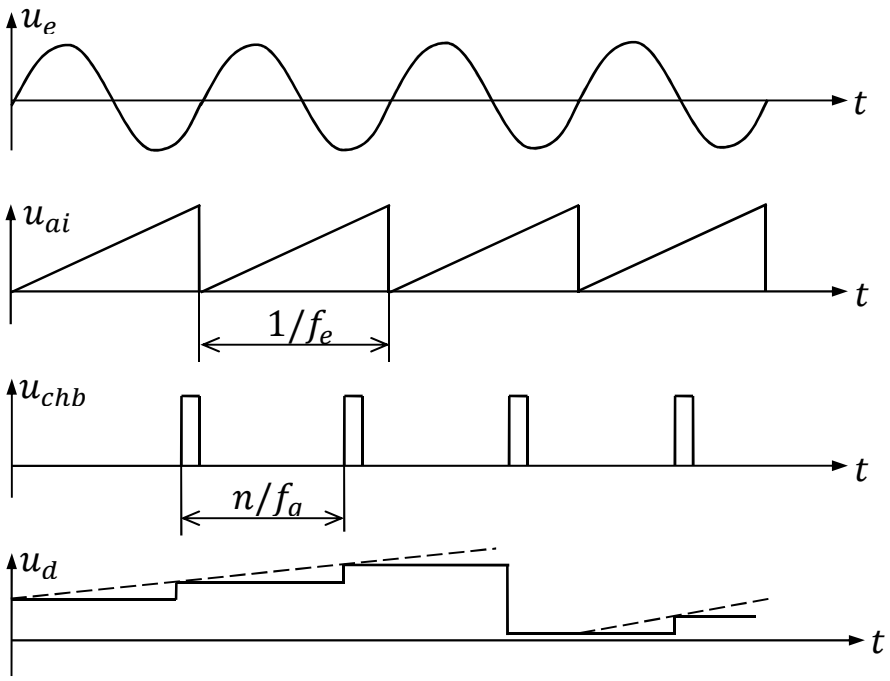
15.1-rasm. *Raqamli chastota sintezatorining funksional sxemasi*

Dastavval BKO‘ChB ya’ni bo‘lish koeffitsiyenti o‘zgaruvchan bo‘lgan chastota bo‘lgich hamma ipulslarni impulsli faza detektori (IFD) ga o‘tkazib beradi va raqamli chastota sintezator ishiga ta’sir ko‘rsatmaydi. Impulsli faza detektoriga bir tarafdan to‘g‘ri to‘rt burchakli impuls, ikkinchi tarafdan arrasimon impuls kelib tushadi. To‘g‘ri to‘rt burchakli impulsni TISh qurilma, yordamchi generator SG signalidan ishlab beradi.

Arrasimon impulsni esaAISh qurilma etalon generator signalidan ishlab beradi. Arrasimon impulsni amplitudasini to‘g‘ri to‘rtburchak impuls kelgan paytda maxsus kalitli sxema belgilab beradi. Eslab qoluvchi sxema amplitudani bu qiymatini keyingi to‘g‘ri to‘rtburchakli impuls kelguncha saqlab turadi. Buni natijasida IFD ni 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 impulsni hamma vaqt bitta joyiga kelib tushadi va bu yordamchi SG hamda etalon EG generator chastotasining farqiga bog‘liq bo‘ladi. Impulsli faza detektori 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 impulslar chiqish signalini (f_{chiq}) spektriga ta’sir qiladi va shuning uchun ularni PCHF dan o‘tayotganda uni iloji boricha yo‘q qilish kerak bo‘ladi. Yuqorida qayd qilingan ChFAStizimi chastota sintezatori tarkibida muvaffaqiyatli ishlashi mumkin. Diskret chastotalar setkasini olish uchun yordamchi generatordan impulslar 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 chastotalarni turg‘unligi (Δf/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 ChFAS ning chastotasi arifmetik usulda qo‘shilib, turli chastota qadamiga ega

bo‘lgan signallarni olish mumkin.

Raqamli chastota sintezatorlarini boshqa usulda ishlaydigan turlari ham bor, ammo ularning chiqish signalini tarkibida qo‘shni garmonikalarni salmog‘i ancha katta bo‘ladi va ular faqat sodda holda ishlatiladi.

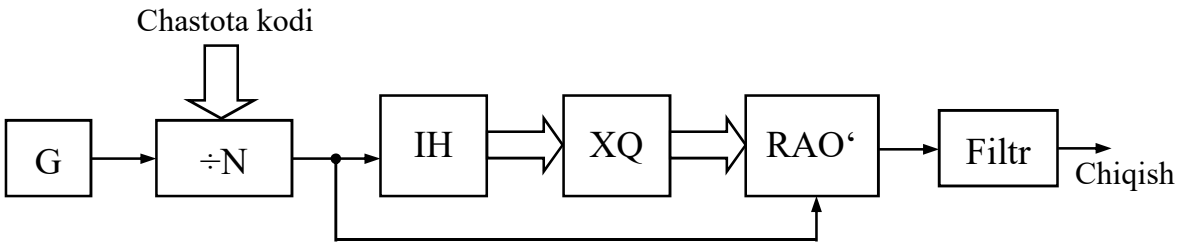
15.2. Maxsus DDS mikrosxema asosida tog‘ridan-t‘og‘ri sintez usuliga asoslangan raqamli chastota sintezatori

Keyingi paytda t‘og‘ridan-to‘g‘ri sintez qiluvchi chastota sintezatorlarini yaratishda raqamli usullardan keng foydalanilmoqda. Bunga misol qilib DDS (Digest Digital Synthezers) sintezatorini keltirish mumkin. Xozirgi paytda nisbatan arzon va loyixalash 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 or‘ganish dolzarb masala bo‘lib 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.

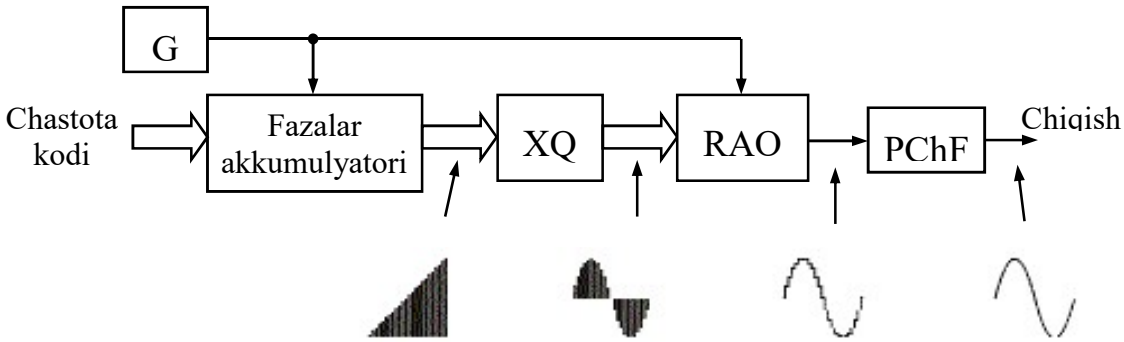
Eng oddiy raqamli chastota sintezatorining strukturaviy sxemasi 15.3-rasmda keltirilgan.



15.3-rasm. Raqamli chastota sintezatorining strukturaviysxemasi

Rasmda: G – etalon generator, ÷N – bo‘lish koeffitsienti 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 kamchilikniyo‘qotish uchun xotira qurilmaga qo‘shimcha element yig‘uvchi summatordan signal berish kerak. Summator registr bo‘lib, ba’zi xollarda u fazalar akkumulyatori deb ham ataladi. Bunday raqamli DDS mikrosxemaning strukturaviy sxemasi 15.4-rasmda keltirilgan.



15.4-rasm. DDS mikroxemaning 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 sonchastota

kodi deyiladi. Akkumulyatorning sig‘imi 32 ikkilik razryaddan iborat. Registrda yig‘ilgan son sinus yoki kosinus funksiyaning argumenti bo‘lib hisoblanadi. Bu argumentninghisobi 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:

$$F_{chiq} = MF_{takt}/2N, \qquad (15.1)$$

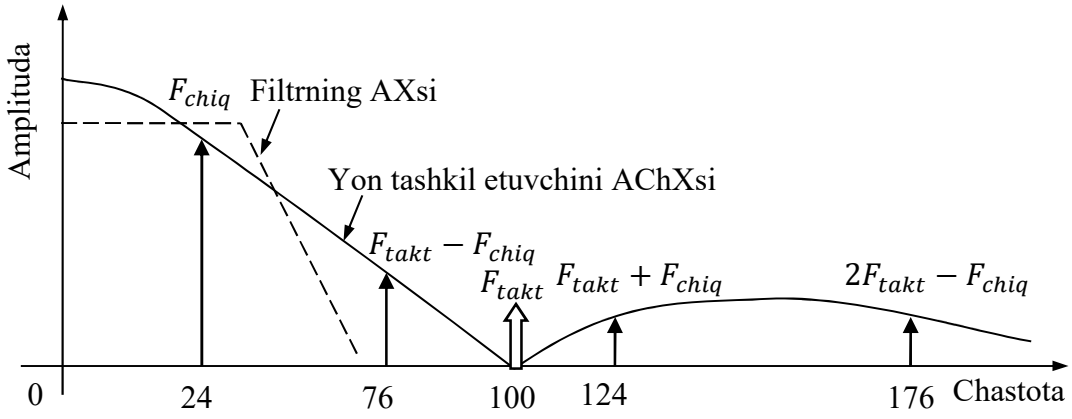
bunda,F_{chiq} – chiqishdagi chastota, F_{takt} – takt generatori chastotasi,M– chastota kodi, N – fazalar akkumulyatorining razryadi.

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 impulslarnishakllantirib bo‘lmaydi. Signalni real impulslar ketma-ketligi bilan ifodalash chiqish signali spektrini $sinc\left(\frac{F_{chiq}}{F_{takt}}\right)$ funksiya bilan modulyatsiya qilinishiga olib keladi. Natijada DDS ning 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.

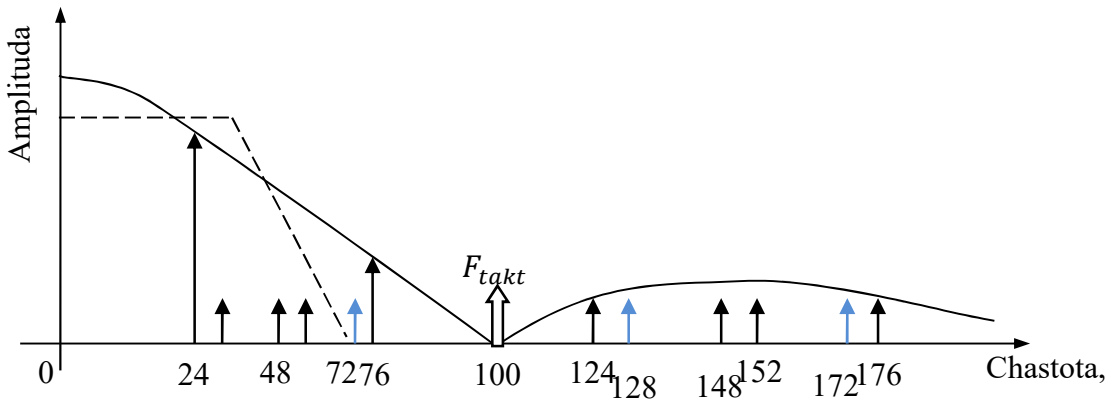
Diskretlash natijasida signal spektrida qo‘shimcha kerak bo‘lmagan tashkil etuvchilar paydo bo‘ladi. Bu tashkil etuvchilarning amplitudasi ham $sinc\left(\frac{F_{takt}}{F_{chiq}}\right)$ funksiya bilan modulyasiya qilinadi. Masalan, chiqish signalini chastotasi $F_{chiq} = 0{,}33F_{takt}$, ya’ni takt 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‘zgartirgichningnoziqliligi tufayli paydo bo‘ladigan kerak bo‘lmagan tashkil etuvchilar

Raqamli chastota sintezatorlari uchun maxsuslashtirilgan mikrosxemalar qatoriga AD9832, AD9835 larni kiritish mumkin. Ko‘p xollarda 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 sintezotori deb qanday aintezatorga 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?
6. Tashqari chiqishsignalining spektrida qo‘shimcha tashkil

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 nozichiziqli buzulishlar 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 nochiziqli buzulishlarni 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 nochiziqli reaktiv elementlarga tashqaridan davriy maydon ta'sir qilganda kuchga kiradi. Tiristorlar volt-amper xarakteristikasi (VAX) dagi manfiy differensial qarshilik bo'lishi, tranzistor qiziganda, uning parametrlarining o'zgarishi natijasida katta davrli to'lqinlarni vujudga kelishi parazit to'lqinlarni kelib chiqishiga sababchi bo'ladi. Oxirgi bayon qilingan parazit to'lqinlar kam uchraydi. Lekin shunga qaramasdan ular boshqa parazit hodisalarni keltirib chiqarishi mumkin.

16.2. Teskari aloqa hisobiga bo'ladigan parazit to'lqinlar

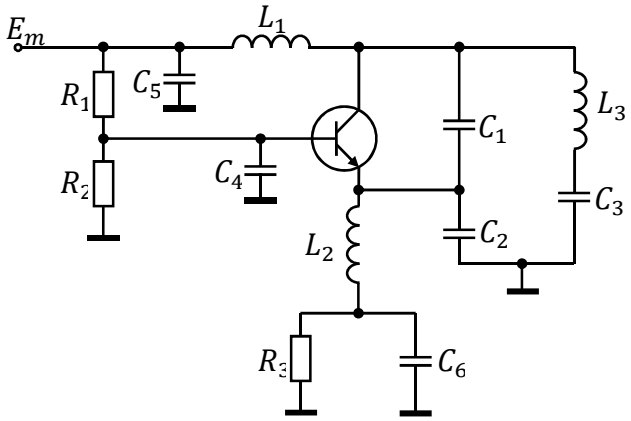
Tranzistorli avtogeneratorlarda parazit to'lqinlarni kelib chiqishini ko'rib chiqamiz. Bunday avtogeneratorlarda maxsus holda musbat teskari aloqa so'nmas to'lqinlar olish uchun kiritiladi.

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 regenerasiya 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'lqin 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‘lqinlar 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‘lqinlarning paydo bo‘lishini bilib olamiz. Avtogenerator KT315 tranzistorda ishlaydi, tranzistor sxemaga umumiy bazali qilib ulangan. Avtogenerator chastotasi $f_0 = 10$MHz ($\lambda = 30$m) bo‘lgan to‘lqin 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 $S = 0{,}25$ 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_1va 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 drossellarning qarshiligi:

$$X_{L1} = 1885L_1/\lambda = 1885 \cdot 16/30 = 1000\ Om \gg X_{C1};$$

$$X_{L2} = 1885L_2/\lambda = 1885 \cdot 1/30 = 64\ Om \gg X_{C2};$$

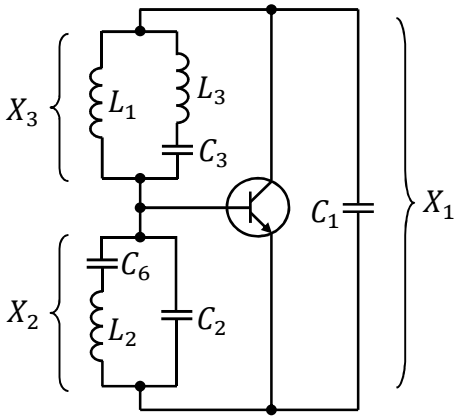
blokirovka qiluvchi kondensatorning sig‘imi:

$$X_{C4} = 530\lambda/C_4 = 530 \cdot 30/5000 = 3{,}2\ Om \ll X_{L3};$$

$$X_{C5} = 530\lambda/C_5 = 530 \cdot 30/1000 = 16\ Om \ll X_{L1};$$

$$X_{C6} = 530\lambda/C_6 = 530 \cdot 30/3200 = 50\ Om \ll X_{L2}.$$

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 sigimlar cheksiz katta qilib olingan, chunki C_5 sig‘imga parallel qilib manbaning (E_m) filtri ulangan, C_4 sig‘im esa chastotaga deyarli ta’sir ko‘rsatmaydi.



16.2-rasm. Blokirovka elementlarini hisobgaolgan holdagi avtogeneratorning ekvivalent sxemasi

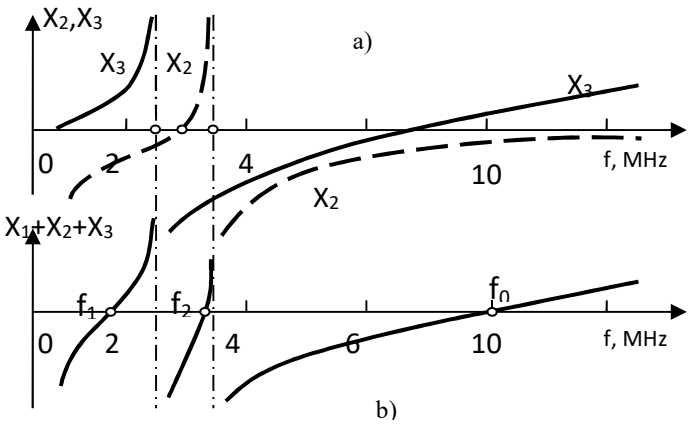
16.3-rasmdagi $X = F(f)$ grafikdan ko‘rinib turibdiki drossel induktivligini hisobga olganda 2,5 MHz chastotada X_3 konturida parallel rezonans sodir bo‘ladi. X_2 konturdagi L_2C_6 zanjir tufayli ketma-ket va parallel rezonans bo‘ladi. Buning natijasida reaktiv qarshiliklar yig‘indisi $X = X_1 + X_2 + X_3$, 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 chastotalarni 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 regenerasiya 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. Avtogeneratorda birgalikda bunday ikkita chastotaning vujudga kelishi aktiv element o‘rtacha qiyaligining (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 chastotani 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) – $X_1 + X_2 + X_3 = 0$ qarshiliklarning yigindisini 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‘atsh 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 avvalam bor X_2 va X_3 qarshiliklarda bo‘ladigan parallel rezonansni yo‘qotish kerak. Parallel rezonansni yo‘qotish uchun ketma-ket ta’minlash sxemasini qo‘llash kerak. Agar f_1, f_2 chastotalarni yo‘qotish mumkin bo‘lmasa, bu chastotalarda X_1 , X_2 reaktiv 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 $R_b = X_1X_2/r$ ga teng.

R_b ning qiymatini kamaytirish uchun s’uratdagi X_1X_2 qarshiliklar ko‘paytmasini kamaytirish kerak va aktiv qarshilik r ning qiymatini ko‘paytirish kerak. Agar boshqaruvchi qarshilik $R_b = kR_{yu}$ ga teng bo‘lsa, parazit to‘lqinni yo‘qotish uchun teskari aloqa koeffitsienti (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‘lqin paydo bo‘lsa, tranzistorning baza va kollektoriga ketma-ket qilib antiparazit qarshilik ulash kerak.

Quvvat kuchaytirgich va chastota ko‘paytirgich sxemalarda parazit to‘lqinlar ishchi chastotadan past va yuqori chastotalarda bo‘lishi mumkin. Past chastotalardagi parazit to‘lqinlarga drossellar, yuqori chastotali parazit to‘lqinlarga 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‘lqinlar bir-biridan farq qiladi, ularni yo‘qotish usulari yuqorida avtogenerator misolida qayd qilib o‘tildi. Odatda bitta kaskadda parazit to‘lqinlar bo‘lmasligi ham mumkin, lekin bu kaskadlar ketma-ket ulanaganda parazit to‘lqinlar 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. Parazitto‘lqinlarnikelibchiqishsababinitushuntiring.
2. Teskari aloqa hisobiga bo‘ladigan parazit to‘lqinlar to‘g‘risida tushuncha bering.
3. Parametrik parazit to‘lqinlar nima?
4. Klapp sxemasi asosida ishlaydigan avtogeneratorning ish usulini tushuntiring.
5. Musbat teskari aloqa nima?
6. Avtogeneratorning ekvivalent sxemasini chizing va undagi parazit to‘lqinlarni yo‘qotish usullarini keltiring.
7. Quvvat kuchaytirgichdagi parazit to‘lqinlarni yo‘qotish usullarini tushuntiring.
8. Chastota ko‘paytirgichdagi parazit to‘lqinlarni yo‘qotish usullarini keltiring.
9. Regeneratsiya parametri nima?

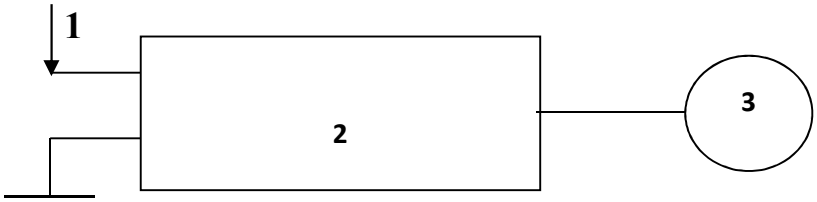
17. RADIOSIGNALLARNI QABUL QILUVCHI VA QAYTA ISHLOVCHI QURILMALAR HAQIDA UMUMIY TUSHUNCHALAR

17.1. Qabul qiluvchi qurilmani 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‘llanmani bu qismini «radio signallarni qabul qiluvchi qurilmalar» deb atasa xam 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 eletromagnit 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 qurilmasini 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 hillari;
- sxemasiga ko‘ra to‘g‘ri kuchaytirgichli va supergeterodinli;
- tashkil etuvchi asboblariga 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 qurilmalarningu yoki bu funksiyalarini sifatli bajarilishi ularning tavsiflovchi ko‘rsatgichlar orqali aniqlanadi. Bu ko‘rsatgichlarni priyomniklarning xarakteristikalari deb xam ataladi. Quyida radiopriyomniklarning ayrim parametrlari bilan tanishiladi.

Qabul qiluvchi qurilmalarning sezgirligi. Bunday qurilmalarni qanchalik zaif signallarni qabul qila olish qobiliyatiga ularning sezgirligi deb ataladi. Bu ko‘rsatkich, antenna qabul qilgan signalning eng kichik qiymati bilan baholanadi va elektr yurituvchi kuchi (EYuK si) orqali aniqlanadi:

$$E_A = h_T E \qquad (17.1)$$

bu yerda, h_t – antennani 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 xaddan tashqari susayib ketadi. Chunki foydali signal o‘rnini shovqin signallari qoplab oladi.

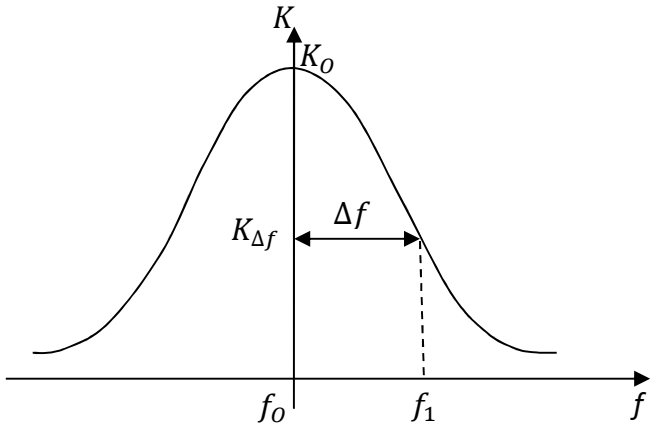
Zamonaviy qabul qiluvchi qurilmalarningsezgirligi mikrovolt va uning ulushlari doirasidadir. Bunday sezgirlikka ko‘p pog‘onali kuchaytiruvchidan foydalanish tufayli erishiladi.

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 koeffsitsiyenti 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:

$$\sigma_T = K_o / K_{\Delta f}, \qquad (17.2)$$

bu yerda, K_o – rezonans paytidagi kuchaytirish koeffitsiyenti,

$K_{\Delta f} = K_o/\sigma_T$ – shovqin signali chastotasi bo‘yicha kuchaytirish koeffitsiyenti.

Qabul qiluvchi qurilmalarningishchi chastotalar diapazoni. Ishchi chastotalar diapazoni minimal f_{min} va maksimal f_{max} chastotalar oralig‘i bilanbelgilanadi va qurilma shu oraliqdagi chastotalardan biriga sozlanadi. Radioeshittirish uchunqabul qiluvchi qurilmalarning ishchi chastotalar diapazoni 17.1-jadvalda keltirilgan.

17.1-jadval

Radioeshittirish uchunqabul qiluvchi qurilmalarning ishchi chastotalar diapazoni

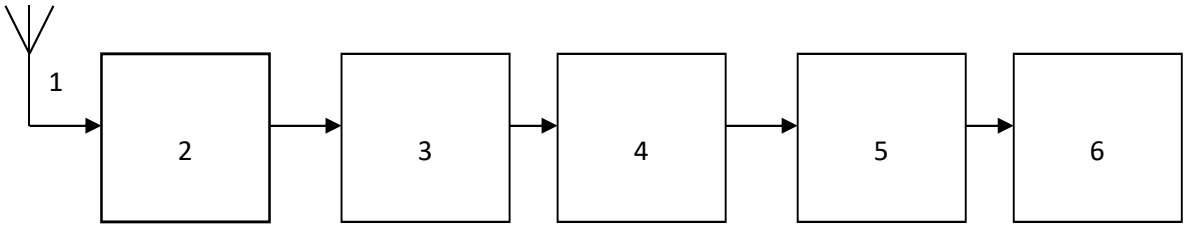
Chastotalar diapazoni	To‘lqin nomi
150 – 402 kHz	Uzun to‘lqinlar
525 – 1605 kHz	O‘rta to‘lqinlar
3,2 – 26,1 MHz	Qisqa to‘lqinlar
65,8 – 73 MHz	I - Ultraqisqa to‘lqinlar
87,5 – 108 MHz	II - Ultraqisqa to‘lqinlar

Bu yerda alohida aytish kerakki, radioeshittirishda qisqa to‘lqinlar diapazonida chastotalar hammasi ishlatilmaydi. Faqatgina ba’zi bir chastotalar oralig‘i ishlatiladi.

Qabul qiluvchi qurilmalarning halaqitga bardoshlik koeffitsiyenti. Radiopriyomniklarning bu parametri ularning turli shovqinlar ta’siri ostida uzatilayotgan foydali axborotlarni aniq va ravon qabul qilishni taminlay oladigan qobiliyati bo‘lib, u signallarni to‘g‘ri qabul qila olish ehtimoli bilan baholanadi. Bu xarakteristik ko‘rsatgich 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 qurilmalarningtarkibiy tuzilishi bo‘yicha asosan ikki turga bo‘linadi. Ulardan birinchi to‘g‘ri kuchaytirgichli, ikkinchisini esa supergeterodinli deb ataladi. 17.3-rasmda to‘g‘ri kuchaytirgichli priyomnikning tuzilish sxemasi keltirilgan.



17.3-rasm. To‘g‘ri kuchaytirgichli RQQQni 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:

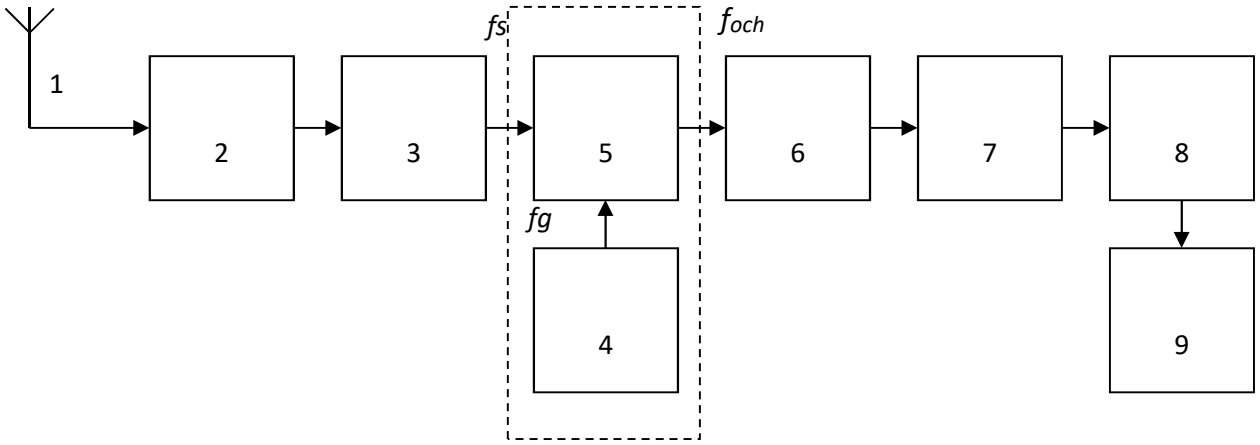
1) nisbatan past sezgirligi;
2) chastota oshgan sari kuchaytirish va tanlash xususiyati kamayishi.

Bu kamchiliklardan ozod bo‘lgan qurilmalar - supergeterodin qabul qiluvchi qurilmalaridir. Supergeterodin qabul qiluvchi qurilmalariquyidagi 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 avtogeneratori.

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, modulyatsilangan 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 qurilmani ishlash prinsipi quyidagicha. Aralashtirgichning birinchi kirishiga YuChK dan ajralgan va kuchaytiriligan va tanlagan signal fs

keladi. Ikkinchi kirishiga esa geterodindan fg chastotasi beriladi. Geterodin chastotasi tanlangan signal chastotasidan har doyim foch ga farq qiladi:

$$f_{och}=f_s \pm kf_g; f_g=f_s \pm f_{och}, \qquad (17.3)$$

bu yerda f_{och} – oraliq chastota.

Natijada aralashtirgichda $f_s=kf_g$ (k=1,2,3 ...) kombinatsion chastotalar paydo bo‘ladi. Aralshtirgichning 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 kilingan 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. RQQQ ning turlarini sanab chiqing.
3. RQQQ ning asosiy parametrlari va tavsiflarini aytib chiqing.

4. To‘g‘ridan – to‘g‘ri kuchaytirish RQQQ ning tuzilish sxemasini keltiring va uning ishlash prinsipini tushuntiring.

5. Supergeterodinli RQQQ ning tuzilish sxemasini keltiring va uning ishlash prinsipini tushuntiring.

6. Supergeterodinli RQQQni tanlovchiligi xaqida ma’lumotlar keltiring.

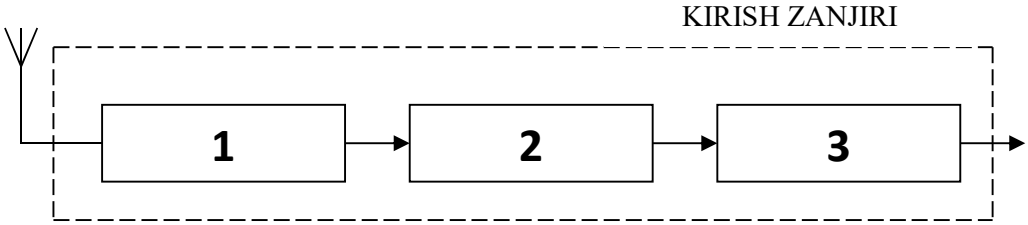
18. KIRISH ZANJIRLARI

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 halaqit signallarini mumkin qadar yo‘qotish.

18.1-rasmda kirish zanjirlarining tuzilishi ko‘rsatilgan. 1- kirish zanjiri bilan antenna orasidagi aloqa elementli; 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

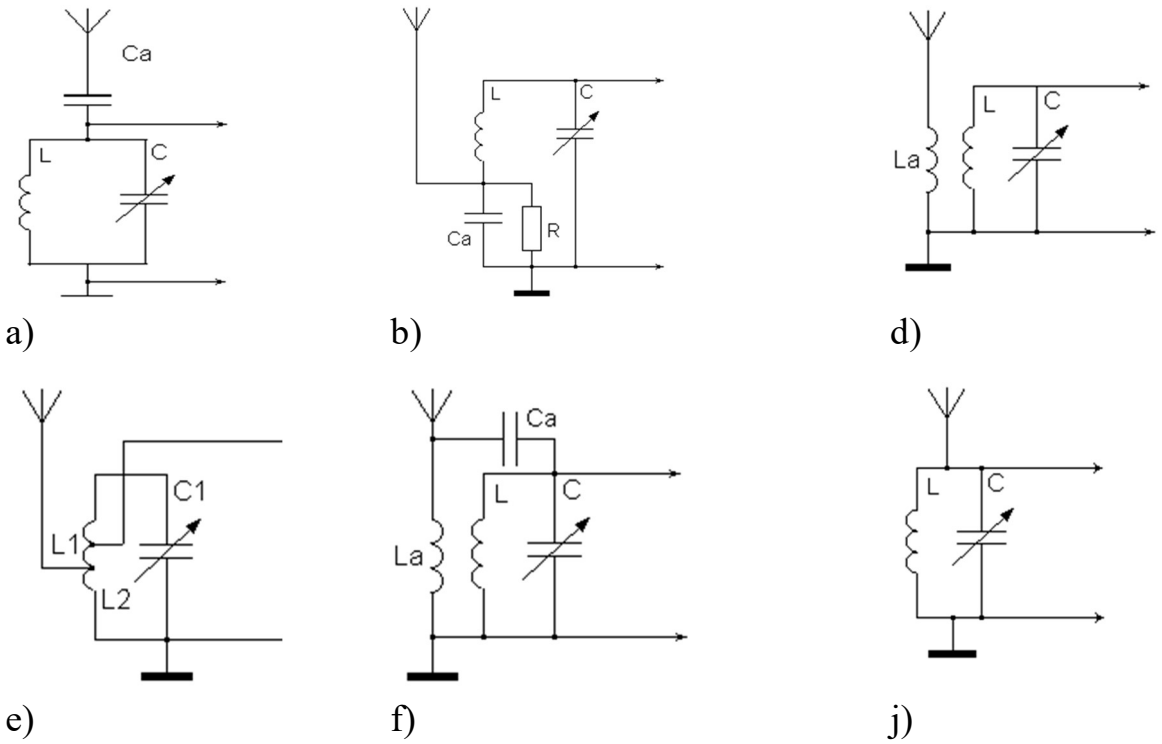
Antenna qabul qilgan radiosignal va shovqin signallari aloqa elementi 1 orqali o‘tib tebranma kontur 2 ga kirib keladi. Tebranma kontur oldindan belgilab qo‘yilgan foydali signal chastotasiga sozlangan bo‘ladi. Shu sabab tebranma konturdan foydali signal o‘tib, u signal o‘zidan keyingi zanjirga uzatiladi. 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.

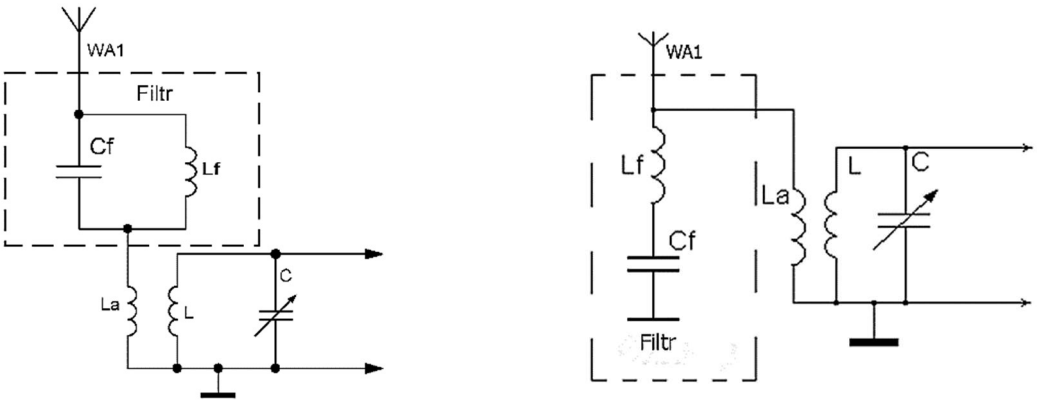


18.2-rasm. Kirish zanjirlarining turlari

To‘g‘ri aloqali kirish zanjirlariga antennaning 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 filtrli kirish zanjirlarining sxemalari ko‘rsatilgan. 18.3,a-rasmda filtr ketma-ket, 18.3,b-rasmda esa parallel ulangan.



a) b)

18.3-rasm. Filtrli kirish zanjirinig 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 antennaning elektr yurituvchi kuchiga bo‘lgan nisbatiga kirish zanjirining kuchlanish bo‘yicha uzatish koeffitsiyenti deb ataladi, ya’ni

$$K_u = U_{chiq}/E_A \qquad (18.1)$$

Kirish zanjirining chiquvchi signal quvvatining antenna quvvatiga nisbatan bo‘lgan nisbatiga kirish zanjirining quvvat bo‘yicha uzatish koeffitsiyenti deb ataladi, ya’ni:

$$K_p = R_{chiq}/R_A \qquad (18.2)$$

Uzatish koeffitsiyentlari tebranma konturning rezonans xolatida o‘zining eng katta qiymatiga erishadi. Shu sababdan bu uzatish koeffitsiyentlarini kirish

zanjirlarining rezonans uzatish koeffitsiyentlari deb xam ataladi. Bu koeffitsiyentlar qanchalik katta bo‘lsa qabul qiluvchi qurilmalarning sezgirligi shunchalik yuqori bo‘ladi.

Tanlovchalik koeffitsiyenti. Kirish zanjirining tanlovchanlik koeffitsiyenti, tebranma kontur rezonans chastotasiga sozlanganda uning uzatish koeffitsiyentlari, kontur nosozlanib qolgan paytidagi uzatish koeffitsiyentlaridan qanchalik katta ekanligini aniqlab beradi. Tanlovchanlik koeffitsiyentini quyidagicha ifoda etiladi:

$$S_e = K_o / K_{\Delta f}. \qquad (18.3)$$

bu yerda, $\Delta f = f_0 - f$ ga tengdir.

Tanlovchanlik koeffitsiyenti zanjirning rezonans xarakteristikasiga bog‘liqdir. Shuning uchun ham tanlovchanlik koeffitsiyentini yaxshilash maqsadida tegishlicha asllikka ega bo‘lgan tebranma konturlar tanlanadi.

Chastota doirasini chegaralash yoki tusish koeffitsiyenti. Rezonans chastotasining eng katta – maksimal qiymatini uning eng kichik - minimal qiymati bo‘lgan nisbati chastotasi doirasini chegaralash yoki to‘sish koeffitsiyenti deb ataladi, ya’ni:

$$K_{cheg} = f_{0max}/f_{0min} \qquad (18.4)$$

Kirish zanjirining chastota o‘tkazish polosasi. Bu koeffitsiyenti kirish zanjirining kuchlanish bo‘yicha uzatish koeffitsiyentini uning oldindan berilgan qiymatidan o‘zgarmaydigan holatda saqlab turuvchi chastota oralig‘idir. Bu koeffitsiyent kuchlanish bo‘yicha uzatish koeffitsiyentining eng katta qiymatini 0,7 satxi bo‘yicha aniqlanadi.

Kirish zanjiri parametrlarining nomutanosiblik koeffitsiyenti. Kirish zanjirining bu koeffitsiyenti radio to‘lqinlarini qabul qiluvchi qurilmalar nosozlanib qolganda ularning asosiy xarakteristik parametrlari qanchalik o‘zgarib qolganligini ko‘rsatadi. Ularning ifodalari quyidagichadir:

a) uzatish koeffitsiyenti bo‘yicha

$$K = K_u / K_1; \qquad (18.5)$$

b) tanlovchanlik koeffitsiyenti bo‘yicha

$$K_\delta = S_{e2}/S_{e1}; \qquad (18.6)$$

v) chastota o‘tkazish yuli buyicha

$$K_{chul} = P_2/P_1. \qquad (18.7)$$

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 ularni mumkin qadar soddalashtiriladi.

Kirish zanjirlarini umumlashgan ekvivalent sxemasini tuzishda antennaning ekvivalent sxemasidan xam foydalaniladi. Chunki kirish zanjiri antenna bilan ma’lum elementlar orqali doimo bog‘langan bo‘ladi. Shu sababli, kirish zanjirini umumlashgan ekvivalent sxemani tuzishdan oldin antennani ekvivalent sxemasini tuzish va unga kerakli bo‘lgan ifodalarni yozish kerak bo‘ladi. 18.4-rasmda antennaning ekvivalent sxemasi ko‘rsatilgan.

Sxemadagi (18-3rasm) signal kuchlanganligi E_A quyidagicha topiladi:

$$E_A = h_t E, \qquad (18.8)$$

bu yerda, h_t – antennaning 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 qarshiligini ham antennaning ekvivalent qarshiligiga yuklatiladi.

a) b)

18.4-rasm. Antennani ekvivalent sxemasi: a) – ketma-ket ekvivalent sxemasi; b) – paralel ekvivalent sxemasi.

Shu sababdan antenna uchun qarshilikni quyidagicha topiladi:

$$Z_A' = Z_A + Z_a = r_A + r_a + j(X_A + X_a) = r_A' + jX_A, \qquad (18.9)$$

bu yerda,

$$r_A' = r_A + r_a, \qquad (18.10)$$

$$X_A' = X_A + X_a, \qquad (18.11)$$

Antennani chiqishidagi to‘la o‘tkazuvchanlik

$$Y_A' = \frac{1}{Z_A'} = \frac{r_A'}{Z_A'^2} - j\frac{X_A'}{Z_A'^2} = G_1 + jb_1, \qquad (18.12)$$

ga teng bo‘ladi.

Bu yerda,

$$G_1 = \frac{r_A^{\xi}}{Z_A^{12}}, \qquad (18.13)$$

$$b_1 = \frac{-X_A^{\xi}}{Z_A^{12}}. \qquad (18.14)$$

Kirish zanjirining umumlashgan ekvivalent sxemasini tuzilayotgan paytda, odatda antennaning 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.

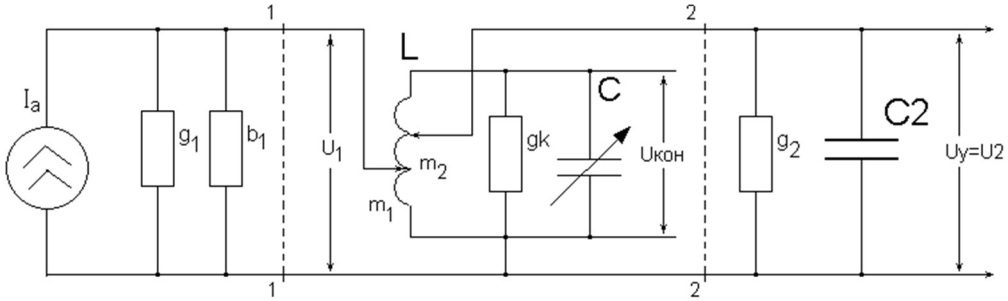
$$M = U_1/U_{kon}, \qquad (18.15)$$

Bu yerda:

U_1 - signal manbasining kuchlanishi,

U_{kon} - tebranma konturning kuchlanishi. Bu koeffitsiyenti antennaning kirish zanjiri bilan aloqa darajasini ko‘rsatadi.

Yuqorida qayd etilganlarni 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 quyidagicha teng bo‘ladi:

$$U_k = G_2 + j\omega G_2 \qquad (18.16)$$

ga teng deb olindi.

$$m_2 = U_2 / U_{kon}, \qquad (18.17)$$

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

$$r_a = 0; \; X_a = 1/\omega Ca; \qquad m_1 = m_2 = 1 \qquad (18.18)$$

bo‘ladi. Ichki sig‘im aloqali kirish zanjirlari uchun esa,

$$r_a = 1/\omega^2 Ca^2 R^2; \quad X_a = \omega CaR^2/1 + \omega^2 Ca^2 R^2$$

$$m_1 = C/C + Ca; \quad m_2 = 1 \qquad (18.19)$$

bo‘ladi. Induktiv aloqali kirish zanjirlari uchun bu parametrlar

$$r_a = r_{ia}; \qquad X_a = \omega La; \quad m_1 = M/L; \quad m_2 = 1 \qquad (18.20)$$

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:

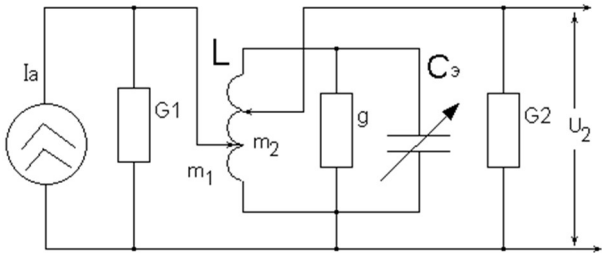
$$m_1 = \frac{L_1 + M_1}{L}$$

$$r_a = 0; \qquad X_a = 0 \qquad (18.21)$$

$$m_2 = \frac{L_2 + M_2}{L}.$$

Bu yerda L1 va L2 lar tebranish kontur g‘altagining hamda antennani o‘zidan keyingi keladigan zanjir bilan ulanishlariga tegishli bo‘lgan qismlarining induktivligi. M1 va M2 lar esa tegishlicha o‘zaro induktiv koeffitsiyentlardir.

Odatda, tebranma kontur sig‘im yordamida sozlanadi. Lekin konturni sozlanayotgan paytida konturga o‘z ta’sirini ko‘rsatayotgan tashqi reaktiv o‘tkazuvchanlik b va ωC_2 larni xam 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.

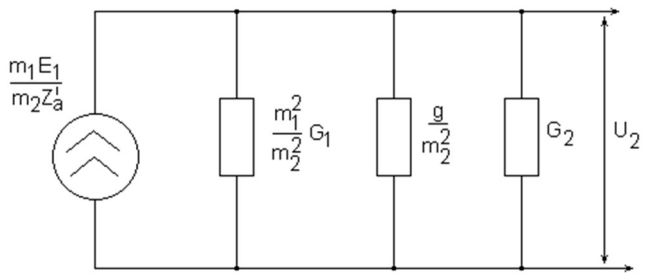


18.6-rasm. Kirish zanjirini soddalashtirilgan ekvivalent sxemasi

Sxemadagi tebranma konturning ekvivalent sig‘imi quyidagicha topiladi:

$$\omega S_e = m_1^2 b_1 + m_2^2 \omega G_2 + \omega S. \qquad (18.22)$$

18.6-rasmda ko‘rsatilgan ekvivalent sxemani yanada soddalashtirish mumkin. Buning uchun yuklamaning o‘tkazuvchanligini G_2 ga teng deb faraz qilinib, sxemadagi elementlarni 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 zanjiring yanada soddalashtirilgan ekvivalent sxemasi

Bu sxemaga asosan:

$$U_2 = U_{chiq} = \frac{m_1 E_A}{m_2 r_A^{\xi}} \cdot \frac{1}{\frac{m_1^2}{m_2^2}G_1 + \frac{1}{m_2}g + G_2} \tag{18.23}$$

ga teng buladi.

Tenglama (18.1) va (18.3) larga asosan kirish zanjirining kuchlanish bo‘yicha uzatish koeffitsiyenti quyidagiga teng bo‘ladi:

$$K_0 = \frac{m_1 m_2}{Z_A'} \cdot \frac{1}{m_1^2 G_1 + g + m_2^2 G_2} = \frac{m_1 m_2}{Z_A' G_e}, \tag{18.24}$$

bu yerda,

$$G_e = m_1^2 G_1 + g + m_2^2 G_2 \tag{18.25}$$

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.

$$\delta = \rho \cdot g\,. \tag{18.26}$$

Xuddi shunday konturning ekvivalent so‘nishi uning ekvivalent o‘tkazuvchanligi bilan quyidagicha bog‘lanadi.

$$\delta_e = \delta(1 + m_1^2)\frac{G_1}{g} + m_2^2\frac{G_2}{g} \qquad (18.27)$$

Tenglama (18.27) ni yozishda tenglama (18.25) hisobga olindi.

Endi tenglama (18.27) ni tahlil qilamiz.

Agarda antennaning qarshiligi Z_A', konturning o‘tkazuvchanligi g va keyingi zanjirning kirish o‘tkazuvchanligi G_2lar berilgan bo‘lsa, u holda kirish zanjirining uzatish koeffitsiyenti (18.24) bir vaqtning o‘zida ulash koeffitsiyentlari m_1, xamda m_2 larga bog‘liq bo‘lib qoladi. Ma’lumki, bu koeffitsiyentlar $0 \le m_1 \le 1$; $0 \le m_2 \le 1$ oralig‘ida o‘zgaradi. Shularni hisobga olib, uzatish koeffitsiyentining maksimal qiymatlari quyidagi ikki tenglamani birgalikda yechish natijasida topiladi:

$$\frac{\partial K_o}{\partial m_1}(m_2 = const) = \frac{1}{Z_A'} \cdot \frac{m_2(m_1^2 G_1 + g + m_2^2 m_2) - 2m_1 m_2 G_1}{(m_1^2 G_1 + g + m_2^2 G_2)^2} = 0 \qquad (18.28)$$

$$\frac{\partial K_o}{\partial m_1}(m_1 = const) = \frac{1}{Z_A'} \cdot \frac{m_1(m_1^2 G_1 + g + m_2^2 m G_2) - 2m_1 m_2 G_2}{(m_1^2 G_1 + g + m_2^2 G_2)^2} = 0 \qquad (18.29)$$

Bu ikki tenglamani maksimal qiymatlari cheksizlikka intilishi mumkin, shu vaqtdaki, agarda Z_A', G_2, g yoki G_2lar o‘zlarining eng katta qiymatlariga erishsa. Bu parametrlarning birortasi o‘zining eng katta qiymatiga erishib qolgunday bo‘lsa, tenglama (18.24) ga asosan $K_0 = const$ 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.

$$-m_1^2 G_1 + g + m_2^2 G_2 = 0; \; m_2 = const \text{ bo‘lganda} \qquad (18.30)$$

$$m_1^2 G_1 + g + m_2^2 G_2 = 0;\ m_1 = const\ bo'lganda \qquad (18.31)$$

Ma'lumki, konturning o'tkazuvchanligi hech qachon nolga teng bo'lmaydi. U xamma 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=1deb faraz etilsa, tenglama (18.24) ga $Ko = 0$ asosan bo'ladi. U holda tenglama (18.30) va (18.31) hamda m_1 va m_2 larning o'zgarish oraliqlarini hisobga olinganda Ko ni maksimum qiymatga erishish shartlarini topish mumkin bo'ladi. U shartlar quyidagicha ifodalanadi

$$a)\ G_2 + g \le 0 \text{ bo'lganda} m_2 = 1,\ m_{1opt} = \sqrt{\frac{G_2+g}{G_1}}, \qquad (18.32)$$

$$b)\ G_1 + g \le 0 \text{ bo'lganda esa},\ m_1 = 1,\ m_{2opt} = \sqrt{\frac{G_1+g}{G_2}}, \qquad (18.33)$$

bo'ladi.

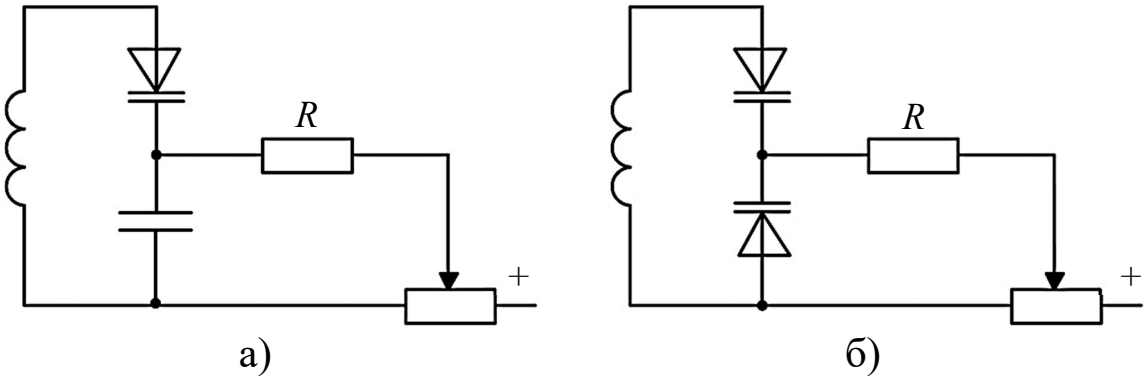
Odatda yuqori chastotaga mo'ljallangan lampa va tranzistorlarda kirish o'tkazuvchanligi G_2 , antennaning o'tkazuvchanligi G_1 dan bir muncha kichik bo'ladi. Shuni hisobga olinadigan bo'lsa kirish zanjirining (KZ)uzatish koeffitsiyenti (18.32) shart bajarilganda o'zining maksimum qiymatiga erishadi. Uning maksimal qiymati quyidagicha aniqlanadi

$$K_{0max} = \frac{1}{2}\sqrt{(g + G_2)r_A}. \qquad (18.34)$$

Shunday qilib, kirish zanjirining uzatish koeffitsiyentining qiymati, ularning oralig'idagi o'zaro munosabatga bog'liq ekan.

18.4. Kirish zanjirlarni elektron sozlash

Ma'lumki, xozirgi paytda radioelementlarni bazasini yangilanishi munosabati bilan radioaloqa qurilmalarini ixchamlashtirish va ular bilan ishlashni qulaylashtirish maqsadida ularning ba'zi tarkibiy qismlari, shu jumladan kirish zanjirlari xam takomillashtirilmoqda. Bular qatoriga konturni elektron sozlash usulini kiritish mumkin. Bu usulda konturdagi katta xajmli mexanik o'zgaruvchan kondensatorlar (KPE) varikap bilan almashtiriladi. Varikap kichik o'lchamli, mexanik jixatdan ishonchli,bar'er sig'imi tashqi kuchlanish ta'sirida o'zgaradigan yarim o'tkazgichli diod bo'lib, xozirgi paytda radioaloqa qurilmalarida konturni avtomatik tarzda va masofadan sozlash uchun keng ishlatiladi. Varikapni tebranish konturiga ulanish sxemalari 18.8a,-rasmda keltirilgan.



18.8-rasm. Varikapni tebranish konturiga ulanish sxemasi

Bu sxemada boshqaruvchi kuchlanish varikapga o'zgaruvchan qarshilikdan beriladi. Sxemadagi R qarshilik konturni sozlash zanjirini tomonidan shuntlanishini kamaytiradi.

Bu sxemani kamchiligi shundan iboratki, kirishdagi signal va shovqinlar katta bo'lganda, zanjirni noziqligi nisbatan ko'p bo'ladi. Nochiziqlikni amaytirish 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 impulslar generatori va raqamli–analog (RAO‘) o‘zgartirgichlardan iborat. RAO‘ tebranish konturini sozlaydigan zinapoyasimon kuchlanish ishlab beradi. Ko‘p xollarda, sozlashni elektron boshqaruvchi qurilmani tarkibida mikroprotsessor, xotira va dasturlovchi qurilmasiva qo‘l bilan sozlash muruvatlari bo‘ladi.

Radio qabullash qurilmalarida bir ish diapazonidan ikkinchi ish diapazoniga o‘tish, mexanik jilgichlar va elektron kalitlar orqali bajarilishi mumkin. Mexanik jilgichlarni ishonchligi 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 oshirishni imkoniyatlari katta. Ularni kamchiligi - kuchli xalaqitli signallarda diodli kalitlarni nochiziqligi ko‘p signalli tanlovchilikni kamaytiradi.

18.5. O ‘ta yuqori chastotalalidiapazon qabul qiluvchi qurilmalarining kirish zanjirlari

300 MHz dan yuqori chastotalarda (O‘YuCh) radioaloqa tizimining qabul qiluvchi qurilmalarini kirish zanjirlari, ularga qo‘yiladigan vazifalardan tashqari, antenna-fider traktini kompleks qarshiligini o‘zgarishini birinchi kaskad xarakteristikalariga ta’sirini kamaytiradi, ya’ni antenna-fider traktini va radio chastota kuchaytirgichini o‘zaro bog‘liqligini susaytiradi. O‘YuCh energiyani aks qaytishi bo‘lmasligi uchun kirish zanjirini chiqish qarshiligi radiochastota kuchaytirigichini kirishi bilan, kirish qarshiligi esa antenna-fider traktini chiqishi bilan moslashgan bo‘lishi kerak. Demak ularni tuzilishi, sxemasi, nisbatan quyi chastotalardagi kirish zanjirlardan farqlanadi. 300-500 MHz li diapazonda aktiv elementlarni (tranzistorlarni) tarmoqlarini induktivligini va sig‘imini, xamda

montaj sig‘imlarini hisobga olish kerak. Shunday qilib 1m dan kam bo‘lgan to‘lqin uzunliklarida tebranish konturi o‘rnida tarqalgan parametrli zanjirlardan foydalaniladi. Bunday kirish zanjirlari rezonans tizim va filtrlash xarakterlariga ega.

O‘YuCh kirish zanjirlari yassi va xajmiy 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 jixatidan qisqa tutashuvli va oxirida (cheti) uzilganbo‘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 …) bunday rezonatorlar rezonansli bo‘lib, parallel (qisqa tutashuvli) va ketma-ket (oxirida uzilgan) konturga ekvivalent bo‘lishadi. Qisqa tutashuvli mikropolosali rezonatorlar (kirish zanjirlari) kichik xajmli, aslligi nisbatan katta (Q = 200…300), lekin qisqa tutashtiruvchisi bo‘lgani uchun, ularni tayyorlash texnologiyasi murakkab bo‘ladi. Bu jixatdan tayyorlanishi oson bo‘lgan cheti uzilgan rezonatorlarni 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 xalqasimon 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) xajmiy rezonatorlar xam ikki xil bo‘ladi: qattiq jinsli va g‘ovakli. Qattiq jinsli rezonatorlar kichik xajmli dielektrik ($\varepsilon_r >>1$) yoki ferrit ($\mu_r>>1$) bo‘lib, unda elektromagnit maydonning xajmiy rezonansi ro‘y beradi. Dielektrik rezonatorlar (DR) doira, silindr, halqa, paralellopepit shaklida bo‘lib, ularni shakli, o‘lchami va dielektrik singdiruvchanligi shunday tanlanadiki, berilgan chastotada elektromagnit rezonansi, elektromagnit to‘lqinni ichki to‘liq qaytishi natijasida sodir bo‘lishi

kerak. DR geometrik o‘lchamlari $\lambda/\sqrt{\varepsilon_r^3\mu_r^3}$ ga proporsional bo‘ladi. Bunda λ - xavodagi to‘lqin uzunligi. Shuning uchun dielektrik singdiruvchanlik ε_r >>1 bo‘lganda, ularni o‘lchami to‘lqin uzunligidan kichik bo‘lib, ular ancha ixcham bo‘ladi. Bu rezonatorlarni xususiy aslligi yuklanmagan xolda quyidagicha aniqlanadi.

$$Q_0 \approx 1/tg\delta$$

Ko‘p ishlatiladigan materiallarni dielektrik yo‘qotishlari tgδ = $10^{-3}\ldots10^{-4}$ tashkil etadi, shu sababli DR larni xususiy aslligi santimetrli to‘lqinlarda bir necha minggacha bo‘lishi mumkin. Ularni sovitish natijasida bundan xam oshishi mumkin. Rezonatorni xaroratga turg‘unligini oshirish uchun, ularni dielektrik singdiruvchanligini xarorat koeffitsiyenti kichik (10^{-6} 1/°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, ortagonal joylashgan liniyalar yoki volnovodni bo‘lingan qismlari orasiga). Rezonans chastotada DR qo‘zg‘atiladi va uni maydoni ta’sirida liniyalar o‘zaro bog‘lanishadi. Ikkinchi usulda DR asosiy traktdan tashqarida joylashadi va u bilan elektromagnit maydoni bilan bog‘lanadi. Bu usulda xam DR rezonans chastotada qo‘zg‘otiladi va u nurlantirayotgan maydon, tushayotgan to‘lqin maydonini kompensatsiya qiladi. Bu xolda UYuCh traktida turg‘un to‘lqin vujudga keladi. Rezonans chastotadan boshqa chastotalarda DR qo‘zg‘otilmagan bo‘ladi va traktdagi quvvat yuklamaga kelib tushadi. DR chastotasini qayta sozlash uchun, uning eletromagnit maydoniga metal yoki dielektrik material kiritilishi bilan amalga oshiriladi. DR larni santimetrli diapazonda ishlatish ancha samarali bo‘ladi, detsimetrli diapazonlarda xajmi boshqa turdagi rezonatorlarga nisbatan katta bo‘ladi. Millimetrli diapazonlarda esa ularni kichik o‘lchamlari texnologik jixatdan bir muncha qiyinchilik keltiradi.

Ferrit rezonatori (FR) temir-ittriy granatining monokristallidan tayyorlanadi. FR diametri 0,3...1 mmli sfera bo‘lib, ikkita ortogonal joylashgan aloqa xalqasini o‘rtasiga o‘rnatiladi. Aloqa xalqasini yuzasi (tekisligi) doimiy magnitlovchi magnit maydon kuchlanganligini (N_0) yo‘nalishi bir hil bo‘ladi. Xar bir aloqa xalqasi bir uchi bilan energiya olib keluvchi liniya bilan ulanadi. Ikkinchi uchi yuqori chastota bo‘yicha chorak to‘lqinli bo‘lak bilan umumiy simga (erga) ulanadi. Tashqi magnit O‘YuCh va maydonlarini ma’lum qiymatlarida, ferritni fizik xususiyatlari sababli ferromagnit rezonans ro‘y beradi. $N_0 = 0$ bo‘lgan xolda va aloqa xalqalarini ortogonal joylanishi sababli, FR ni kirish xamda chiqishi orasida aloqa bo‘lmaydi. Rezonans paytida esa e O‘YuCh nergiya kirishdan chiqishga uzatiladi.

FR larni asosiy avzalligi shundan iboratki, ularni aslligini qiymati ($Q \approx 10^4$) millimetrli to‘lqinlarda xam yuqori bo‘ladi. Ferrit rezonatorlarni rezonans chastotasi boshqa turdagi rezonatorlardan farqli o‘laroq, o‘lchamlariga bog‘liq emas. Uni rezonans chastotasi faqat magnitlovchi doimiy magnit maydonini kuchlanganligi bilan aniqlanadi

$$f_0 = \gamma_0 H_0 / 2\pi,$$

bu yerda γ_0= 0,22 MHz rad m A^{-1} – giromagnit doimiysi,

N_0 –maydon kuchlanganligi.

FR ni yana bir avzalligi, bu magnit maydonni kuchlanganligini (N_0) o‘zgartirib, rezonans chastotani keng ko‘lamda qayta sozlash mumkin. Kamchiligi esa, rezonans chastotani xaroratga kuchli bog‘likligidir.

G‘ovakli xajmiy rezonatorlar xozirgi paytda radiosignal larni qabul qilish texnikasida deyarli ishlatilmaydi. Chunki ularni o‘lchamlari katta va integral texnologiyalari asosida yaratilgan O‘YuCh qurilmaning aloxida qismlari bilan ulanishi konstruktiv jixatdan ancha murakkabdir. Shunga qaramay ular bir qancha avzalliklarga, ya’ni yuqori asllikga va tashqi elektromagnit maydonlaridan ishonchli ekranlashtirish xususiyatiga ega.

Xozirgi paytda koaksial va volnovodli uzatish liniyalar bo‘lagi asosida ishlaydigan, oxirida qisqa tutashtirilgan doimiy xajmiy rezonatorlar mavjud. Bundan tashqari radial, spiralsimon rezonatorlar va yuguruvchi to‘lqinni xalqasimon rezonatorlari xam bor. Turli xildagi uzatish liniyalari bo‘lagigini ulab va mujassamlangan parametrli elementlar bilan qo‘shib, ishlatib murakkab shakldagi rezonatorlarini olish mumkin bo‘ladi.

O‘YuCh diapazondagi kirish zanjirlarining eng ko‘p tarqal- gan qismlaridan biri bo‘lib, turli xildagi filtrlar xisoblanishadi. Ular polosali, rejektorli, quyi va yuqori chastota filtrlari bo‘lib, elektr xususiyatlari va amplituda-chastota xarakteristikalari (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.

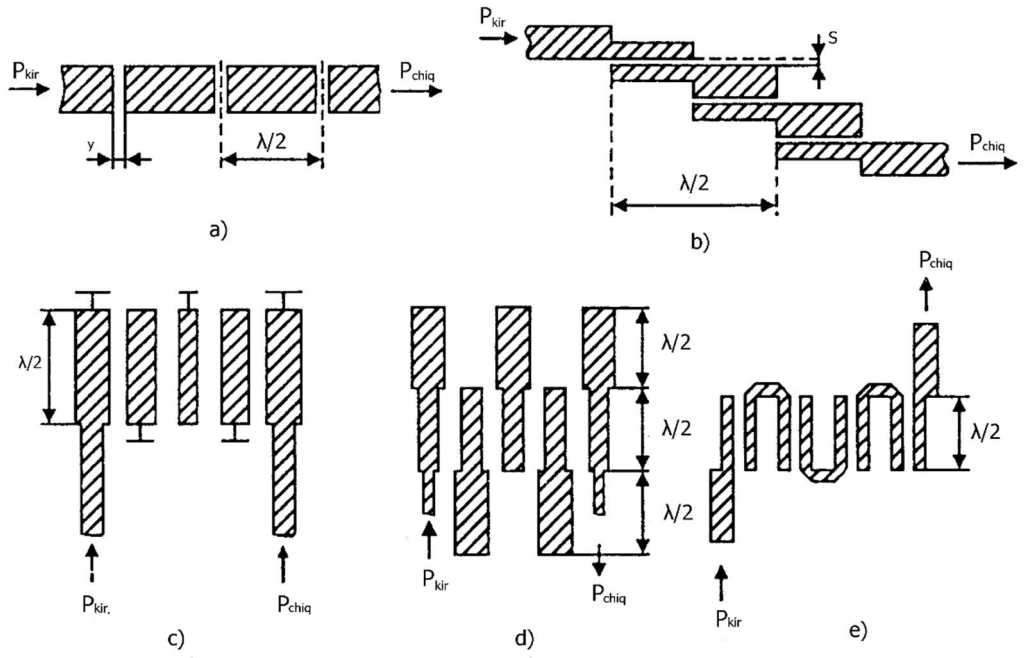
Nosimmetrik MPL dagi filtrlarni o‘tkazgichlarida quvvatni va oxiri uzilgan liniyada nurlanishni sarflanishi katta bo‘lishi tufayli, ularni xususiy aslligi nisbatan kichik bo‘ladi. Simmetrik MPL dagi filtrlarni o‘tkazish oralig‘ida signalni so‘ndirishi nisbatan kichik bo‘ladi, to‘sish oralig‘ida esa katta bo‘ladi. Lekin ulardagi liniya bo‘laklarini qisqa tutashtirish texnologik jixatdan 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 jixatdan juda kichik qilib bo‘lmasligi sababli, o‘tkazish oralig‘ini sig- nal chastotasiga nisbati (P/f_0) 5...20% dan oshmaydi. Bunday nisbatan uzun PF larni 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 PFlarni ni o‘lchami ancha kichik bo‘lib, ular bog‘langan chorak to‘lqinli rezonatorlardan iborat. Bunda rezonatorlar bir tarafdan qisqa tutashuvli, ikkinchi tarafdan uzilgan bo‘ladi (18.22c-rasm).Agar bunday filtrda kirish va chiqish liniyalari to‘liq qarshiliklar vazifasini bajarsa, filtrni o‘tkazish oralig‘i tor yoki o‘rtacha bo‘lib, (P/f_0) 1...20% atrofida bo‘ladi.



18.22-rasm. Polosali filtrlarni ko‘rinishi: a) - sig‘im orqali ketma-ket bog‘langan yarim to‘lqinli rezonatorli PF; b) - cheti uzilgan rezonatorli PF;
c) - qarama-qarshi o‘zakli, chorak to‘lqinli bog‘langan rezonatorli;
d) - qarama-qarshi o‘zakli,modifikatsiyalangan bog‘langan liniyali filtr;
e) - Yarim to‘lqinli taqasimon rezonatorli PF.

O‘tkazish oralig‘ini yanada oshirish uchun (60% gacha) filtrni xamma liniyalari rezonatorli bo‘lishi kerak. Bunday polosali filtrlarni avzalliklari

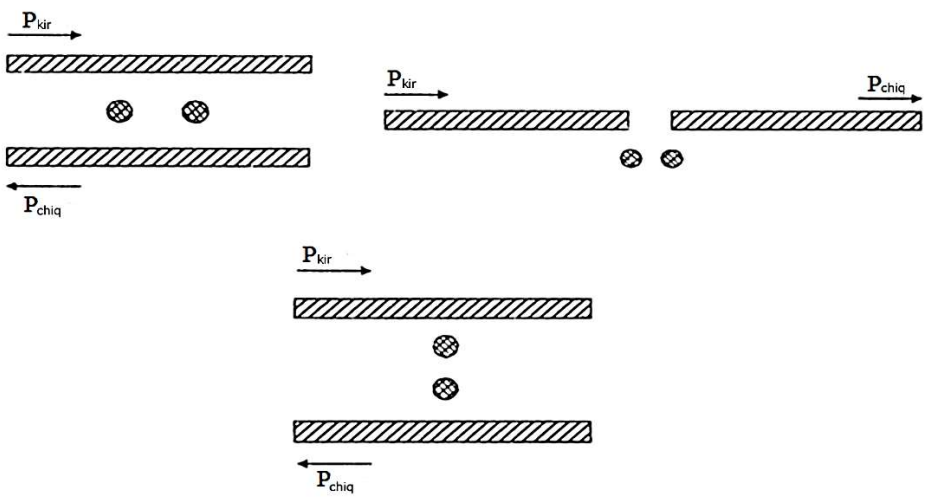
quyidagilardan iborat: to‘sish oralig‘ida so‘ndirish koeffitsiyentini katta bo‘lishi; parazit o‘tkazish oralig‘ini yuqori chastotalarda ($3f_0$, $5f_0$, …) joylanishi, rezonatorlar orasidagi tirqishni katta bo‘lishiga imkon yaratadi. Kamchiligi rezonatorlarni cheti (oxiri) albatta qisqa tutashtirilgan bo‘lishi kerak. Kichik o‘lchamli va qarama-qarshi o‘zaklitexnologik jixatdan modifikatsiyalangan PF lar, bu kamchiliklardan xoli bo‘lib, uzunligi $3\lambda/4$ bo‘lgan bog‘langan liniyalardan tuziladi (18.22d-rasm).

Yarim to‘lqinli taqasimon, chetini tutashtirish shart bo‘lmagan rezonatorli PF lar (18.22,e-rasm) xam kichik xajmli bo‘lib, ularda nurlanish orqali bo‘ladigan quvvatni 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 xam kirish zanjirlarida qo‘llaniladi. Ular chorak to‘lqinni shleyflarda va ulanuvchi liniyalarda tayyorlanadi. Ta’kidlangan xamma turdagi filtrlar maksimal yassi va Chebishev xarakteristikali bo‘lishi mumkin. Filtrni AChX si ellipisli bo‘lishi uchun qo‘shimcha rezonatorlar ulanadi. Bu xolda ularni to‘sish oralig‘ida so‘ndirish amalga oshiriladi. Rejektorli filtrlar bog‘langan liniyalarda yoki chorak to‘lqinli 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 singdruvchanligi ε_r = 40…1000 bo‘lgan, turg‘un to‘lqin filtrlari ko‘proq ishlatiladi.

DRF larni UYuCh traktiga ulashni turli xillari mavjud. 18.23-rasmda polosali liniyalarni orasiga ikkita sferali dielektirik rezonatorlarni ulashni turli xillari keltirigan. DRF filtrlarni kamchiligi asosiy va parazit o‘tkazish oralig‘ini bir-biriga yaqinligidir.



18.23-rasm.Polosali liniyalarni orasiga ikkita sferali dielektirik rezonatorlarni ulashni turlari

Ferritli rezonatorli filtrlarni (FRF) asosiy avzalligi chastotani keng diapazonda (bir necha oktavagacha) o‘zgartirish mumkinligidir. Temir-ittriy granatali sferalaridagi FRF filtrlar 0,1...90 MHz chastota diapazonida ishlashi mumkin. Ularni o‘tkazish oralig‘i o‘nlab megagersni tashkil etishi mumkin va ferrit rezonatorlar soniga, filtrni xususiy aslliga, ishchi chastotaga xamda uzatish liniyasini bog‘langanlik darajasiga bog‘liq bo‘ladi. Rezonatorlarni 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 qarshiligini o‘zgarishi, radiochastota kuchaytirgichini 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 xollarda mikropolosali Y- aylantirgichlari (sirkulyatorlar) ishlatiladi. Ularni elektrik ko‘rsatkichlari yaxshi bo‘lib, o‘lchamlari ancha kichkina bo‘ladi. Bunday FS ni bitta chiqishiga moslashgan yuklama ulansa, u ferrit ventiliga aylanishi mumkin.

Nazorat savollari

1. Kirish zanjirlarini vazifasini va asosiy xarakter- ristikalarini tushuntiring.
2. Antenna bilan turlicha bog‘langan kirish zanjirini sxemasini chizing va uning elementlarini 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‘ini kengligi nimalarga bog‘liq?
9. Kirish zanjirini tanlovchiligi nimalarga bog‘liq?
10. UYuCh kirish zanjirlarini xajmiy rezonatorlarini va filtrlarini turlarini keltiring.
11. UYuCh kirish zanjirlarini filtrlarini avzalliklarini va kamchiliklarini tushuntiring.

19. RADIOCHASTOTA KUCHAYTIRGICHLARI

19.1. Radiochastota kuchaytirgichlari haqida umumiy tushunchalar

Yuqori chastotali signallarni kuchaytirish uchun xizmat qiladigan elektron qurimalar 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 signali ham oraliq chastota kanallari bo‘yicha ta’minlash;
- geterodin signalini antenna zanjiriga o‘tib ketishiga yo‘l qo‘ymaslik va x.q.

Kuchaytirgichlarni turlarga bo‘lishda ularning o‘ziga xos belgilaridan foydalaniladi. Ularning belgi va turlarini sanab o‘tamiz:

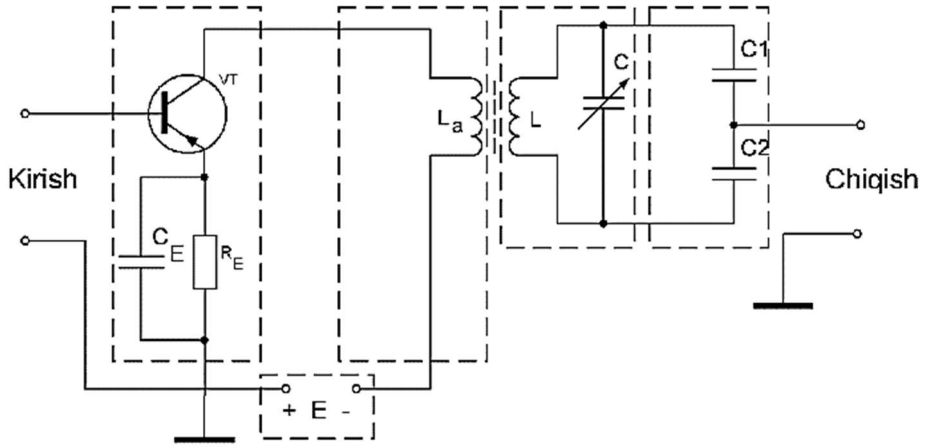
- elektron asboblarining turlariga qarab lampali tranzistorli, parametrik va integral mikrosxemali;
- kuchaytirgich asboblarining ulanishiga qarab, ular umumiy emiterli, umumiy bazali va umumiy kollektorli;

- 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 kuchaytirgichlarni rezonans kuchaytirgichlari deb ataladi. Bunday deyilishiga sabab tebranish konturi oldindan ma’lum bo‘lgan foydali signal chastotasiga moslanadi va u o‘sha chastota bo‘yicha rezonans xolatiga o‘tadi. Rezonans xolatida esa tebranish konturi o‘zidan faqat o‘sha foydali signal chastotasini o‘tkazadi.

Yuklamasi rezistorlardan tashkil topgan kuchaytirgichlarni esa aperiodik kuchaytirgichlar deb ataladi. Aperiodik kuchaytirgichlarning kuchaytirish koeffitsiyenti rezonans kuchaytirgichlarning kuchaytirish koeffitsiyentidan xamma vaqt kichik bo‘ladi.

Kuchaytirigilar kanday bo‘lishidan kat’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 kuchaytirgichni pritsipial 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 xossalariga asoslangan holda kuchayadi. Kuchaytirishning bu usulida kuchlanishi manbaining ham ulushi bo‘ladi. Odatda, kuchaytirishning bu xususiy holida signal, nafaqat kuchlanish bo‘yicha, balki quvvat bo‘yicha ham kuchayadi.

19.2. Radiochastota kuchaytirgichlarning asosiy parametrlari

Radiochastota kuchaytirgichlarining quyidagi asosiy parametrlari bor:

kuchaytirish koeffitsiyenti. Kuchaytirish koeffitsiyenti 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 koeffitsiyenti deb ataladi va quyidagicha ifodalanadi:

$$K_u = U_{chiq}/U_{kir}; \qquad K_{u\,dB} = 20\,lgK_u n. \qquad (19.1)$$

Ko‘p kaskadli kuchaytirgichlar uchun umumiy kuchaytirish koeffitsiyenti quyidagicha aniqlanadi,

$$K_{um} = K_1 \cdot K_2 \ldots K_n; K_{umdB} = K_{1dB} + K_{2dB} + \ldots + K_{ndB}. \qquad (19.2)$$

Yuklamadagi chiqish quvvatning kuchaytirgichning kirishidagi signal quvvatiga bo‘lgan nisbatiga kuchaytirgichning quvvat bo‘yicha kuchaytirish koeffitsiyenti deb ataladi va u quyidagicha ifodalanadi

$$K_r = R_{chiq}/R_{kir}; \qquad K_{r\,dB} = 10\,lgK_r.$$

Ko‘p kaskadli kuchaytirgichlar uchun bu koeffitsiyent quyidagicha aniqlanadi,

$$K_{r\,um} = K_{r1} \cdot K_{r2} \ldots K_n; \; K_{um\,dB} = K_{r1dB} + \cdot K_{r2dB} + \ldots + K_{rndB}. \qquad (19.3)$$

Kuchaytirgichning tanlovchanligi. Kuchaytirgichlarning bu parametri tanlovchi zanjirning turi va uning parametri hamda kuchaytirgich asbobining yuklamasiga bog‘liq bo‘ladi. U tanlovchanlik koeffitsiyenti $\sigma = K_0/K_{\Delta f}$ bilan baholanadi. Bu koeffitsiyent rezonans paytidagi kuchaytirish koeffitsiyenti, tebranma kontur nosozlanib qolganda qanchalik kamayishni ko‘rsatadi. Ko‘p kaskadli kuchaytirgichlarda bu koeffitsiyent quyidagicha aniqlanadi,

$$\sigma_{um} = \sigma_1 \cdot \sigma_2 \ldots \sigma_n; \qquad \sigma_{um\,dB} = \sigma_{1dB} + \cdot \sigma_{2dB} + \ldots + \sigma_{ndB}. \qquad (19.4)$$

Kuchaytirgichning chastotani o‘tkazish oralig‘i. Bu shunday oraliqki, bu oraliqni chegaralarida kuchaytirish koeffitsiyenti rezonans kuchaytirish koeffitsiyentiga nisbatan o‘zgarishi sezilarli bo‘lmaydi. Bu oraliqni 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 xossalariga ta’siri

Kuchaytirgichlarda ichki teskari aloqa manba zanjiri, elementlarni o‘zaro bog‘laydigan zanjirlar, hamda kuchaytirgich asboblarining o‘zida sodir bo‘ladigan ichki aloqa o‘tkazuvchanliklari natijasida sodir bo‘ladi. Biopolyar tranzistorlarda bu aloqa kompleks o‘tkazuvchanlik orqali topiladi, ya’ni:

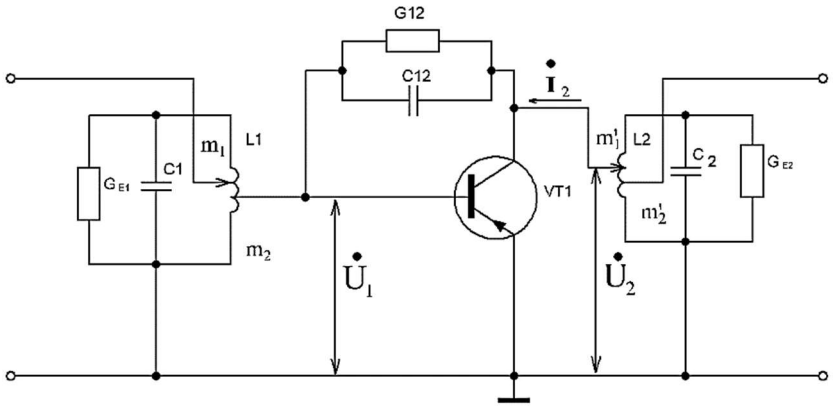
$$-Y_{21} = G_{12} + jwC_{12} = |Y_{12}|\, e^{j\varphi_{12}}, \qquad (19.5)$$

bu yerda

$$|Y_{12}| = \sqrt{G_{12}^2 + (wC_{12})^2} \quad (19.6)$$

$$\varphi_{12} = arctg\left(\frac{wG_{12}}{G_{12}}\right) = arctg(w\tau_{1-2}) \quad (19.7)$$

Kuchaytirgichlarning xossalariga 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

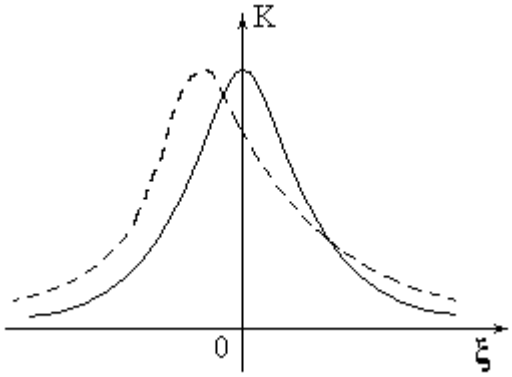
Faraz qilaylik, chiqish konturi, kirish konturi chastotasiga sozlangan bo‘lsin. Agarda kirishdagi dinamik o‘tkazuvchanlik chastotaga bog‘liq bo‘lmaganda, kirishdagi konturning amplituda – chastota xarakteristikasi AChX 19.3-rasmda ko‘rsatilgan qalin chiziq o‘xshagan bo‘lardi. Ammo o‘tkazuvchanlik G_{12} va S_{12} lar chastotaga bog‘liq bo‘lgani uchun rezonans chastotadan 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.

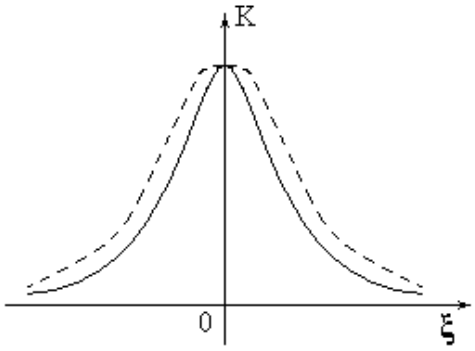
Agar chastota rezonans chastotasi atrofida o‘zgarib turadigan bo‘lsa, u holda o‘tkazuvchanlik G_{KTA1} kamayadi, va konturning aslligini oshishi kuzatiladi.

Kuchaytirish koeffitsiyenti 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 aslligini oshishi kuzatiladi. Kuchaytirish koeffitsiyenti esa rezonans xarakteristikasining har ikki tomoni bo‘yicha ko‘payadi, hamda rezonans xarakteristikasining cho‘qqisi kengayadi (19.4-rasm).



19.3-rasm. Kuchaytirish koeffitsiyentining ortib borishi



19.4-rasm. Kuchaytirish koeffitsiyentini 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.

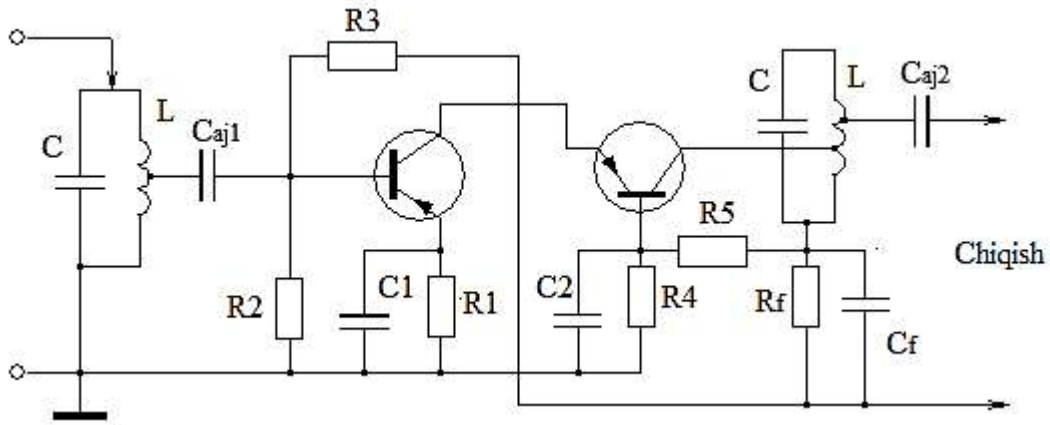
19.4. Radiochastota kuchaytirgichlarning kaskadli sxemalari

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 koeffitsiyentini olish mumkin. Umumiy emitterli kuchaytirgichlarda esa ularning kirish o‘tkazuvchanligi kichik bo‘ladi. Bu o‘z navbatida kuchaytirgichning quvvat bo‘yicha kuchaytirish koeffitsiyentining miqdorini katta bo‘lishiga imkoniyat yaratadi.

Ayrim paytlarda, bir vaqtning o‘zida ham kuchlanish, ham quvvat bo‘yicha miqdorlari jihatidan katta bo‘lgan kuchaytirish koeffitsiyentini olish talab etilib qoladi. Odatda, bunday paytlarda, nomlari yuqorida zikr etilgan kuchaytirgichlarning har ikkalasidan bir vaqtda foydalanish to‘g‘ri keladi. Shu maqsadda ularni bir-birlari bilan ketma-ket ulanadi.

Kuchaytirgich sxemalaririni bir-birlari bilan o‘zaro ketma-ket yoki parallel ulash natijasida olingan yangi sxemani kuchaytirgichlarning kaskadli sxemalari deb ataladi. Shunday sxemalardan biri 19.5-rasmda ko‘rsatilgan.



19.5-rasm. Radiochastota kuchaytirgichni kaskadli sxemasi

Sxemada, manbaga nisbatan tranzistorlar bir-birlari o‘zaro ketma-ket ulangan. Rezistor, R_2, R_3, R_4 va R_5lar tranzistorning ishchi nuqtasini tanlab berish va kollektor tokini bir meyorda 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.

$$\mathrm{K}_{O_1} = \frac{Y_{21-}}{G_{e_1}} \approx \frac{|Y_{21-1}|}{|Y_{21-2}+Y_{11-2}|} \qquad (19.8)$$

Ikkinchi kaskad uchun esa,

$$\mathrm{K}_{O_2} = \frac{|Y_{21-2}|}{G_{e_2}}, \qquad (19.9)$$

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_{e2} - esa, ikkinchi kaskad konturining ekvivalent o‘tkazuvchanligidir.

Kaskod 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,

$$\mathrm{K}_{P_1} = \frac{|Y_{21-2}|}{G_e} \cdot K_{O_1^2} = \frac{Y_{21-1}^2}{Y_{21-2}G_e} \qquad (19.10)$$

ga teng bo‘ladi. Bu yerda, Ge - 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 qanaka ta’sir qiladi?
4. Radiochastota kuchaytirgichni kaskadli sxemasi 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 jarayonni analitik ifodasini topish amali quyidagicha bo‘ladi.

Faraz qilaylik, o‘zgartgichga ta’sir etayotgan yuqori chastotali signal kuchlanishi quyidagicha ifoda bo‘lsin.

$$\mathrm{U}_s = \mathrm{U}_{\mathrm{ms}}\cos(\omega_s + \varphi_s) \tag{20.1}$$

Ikkinchi signal maxsus generatordan chiqayotgan bo‘lsin. Bu generator geterodin deb ham ataladi. Geterodin signalining kuchlanishi quyidagicha bo‘lsin

$$\mathrm{U}_\xi = U_{m\xi}\left(\omega_\xi t + \varphi_\xi\right). \tag{20.2}$$

Ma’lumki, ikkita funksiyani o‘zaro ko‘paytmasining tarkibida ham chastotalarning yig‘indisidan ham ayirmasidan tashkil topgan chastota bo‘ladi. Shu sabab, bizning xususiy holda ham xuddi shu jarayonni takrollovchi kuchlanishlar sodir bo‘lsa. Ya’ni:

$$\mathrm{U}_1 = \mathrm{K}_{\mathrm{sx}} \cdot \mathrm{U}_{mc}\mathrm{U}_{mg}[(\omega + \omega_s)\mathrm{t} + \left(\varphi_g + \varphi_s\right). \tag{20.3}$$

Ikkinchi tashkil etuvchi o‘z navbatida ikki xil qiymatli bo‘ladi. Agarda $\omega_g > \omega_s$ bo‘lsa, buni geterodinning yuqori sozlanganligi deb ataladi. Bu xoll uchun U_1^e quyidagiga teng bo‘ladi.

$$U_1^e = K_{sx} \cdot U_{mg} cos\left[\left(\omega - \omega_g\right)t + \left(\varphi_s - \varphi_g\right)\right]. \qquad (20.4)$$

Agarda $\omega < \omega_s$ bo‘lsa, buni geterodinning quyi sozlanganligi deb ataladi. Bu hol uchun U_1^e quyidagiga teng bo‘ladi

$$U_1^e = K_{sx} \cdot U_{mg} \cdot U_{ms} cos\left[\left(\omega_s - \omega_g\right)t + \left(\varphi_s - \varphi_g\right)\right] \qquad (20.5)$$

Bu kuchlanishlarning amplitudasi, quchlanish U_{mg} va U_{sx} larning amplitudalariga, sxemaning uzatish koeffitsenti K_{sx} ning qiymatiga bog‘liq bo‘ladi.

Chastota o‘zgartirish jarayonini ikki hil usul bilan sodir etish mumkin. Ulardan biri elementlarni egri chiziqli o‘tkazuvchanliklarining xossalariga asoslangandir.

Elektr va radiotexnik zanjirlar nazariyasidan shu narsa ma’lumki, $i = i_0 + \alpha u + \beta u^2 + \gamma u^3 + \ldots$ ko‘rinishli voltamper xarakteristikiga 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 kombinatsiyalarini quyidagicha ekanligi ko‘rsatish mumkin

$$\omega = \left| r\omega_1 \pm g\omega_s \right|, \qquad (20.6)$$

bu yerda *r* va *g* lar musbat butun sonlardir.

Chastota o‘zgartirishning ikkinchi usuli o‘zgaruvchan parametrli chiziqli elementlarning xossalariga 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 koeffitsentni quyidagicha ifoda etiladi

$$K = K_0\left(1 + \cos\omega_g t\right).$$

Bunday to‘rt qutblik kirishiga (20.1)ga o‘xshash kuchlanish ta’sir etsa uning chiqishida quyidagicha kuchlanish hosil bo‘ladi:

$$U_2 = KU_0 = K_0(1 + cos\omega, t)U_{ms}\cos(\omega_s t + \varphi_s).$$

Chiziqli to‘rt qutbliklarning ko‘payotira olish xossasiga asosan ularning tarkibidan tenglama (20.3) va (20.5) larga o‘xshash kuchlanishlarni ajratib olish mumkin. Farqi shuki, bu yerda asosiy chastotaga $\omega_0$dan tashqari uning yuqori garmonikalari ham sodir bo‘ladi. Bunday holatda chiqishdagi kuchlanishni kichik chastotasining kombinatsion ko‘rinishi quyidagicha bo‘ladi

$$\omega_k = |r\omega_1 \pm \omega_s|. \qquad (20.7)$$

Shunday qilib, chiqishdagi kuchlanish uchun chastotalar kombinatsiyalari orasidan birortasini tanlab olish mumkin. U chastota oraliq chastota deyiladi. Shu chastotali kuchlanishni esa, oralik chastota kuchlanishi deb ataladi va u quyidagiko‘rinishga ega

$$U_{och} = U_{moch}\cos(w_{och}t + \varphi_{op}). \qquad (20.8)$$

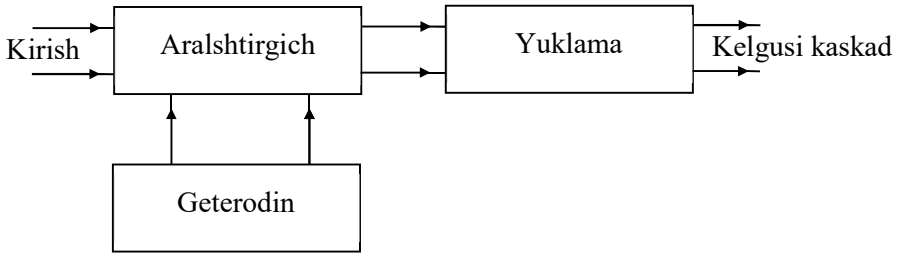
Bu kuchlanishning amplitudasi, chastota va fazalarning o‘zgarishi kirish signali kuchlanishining amplituda, chastota va fazalarning o‘zgarish qonuniyatiga o‘xshash bo‘ladi.

Agarda oraliq chastota (ω_{och}) kirish signali va geterodindan kelayotgan signali chastotolarining birinchi garmoniklari natijasida hosil bo‘lsa, bunday o‘zgartirishni sodda o‘zgartirish deb ataladi. Boshqa xususiy hollarda esa, o‘zgartirish murakkab o‘zgartirish deb ataladi.

Chastota o‘zgartirib beradigan qurilmalarni chastota o‘zgartirgichlari deb ataladi. Demak, chastota o‘zgartirgichlarining tarkibida egri chiziqli elementlar

yoki o‘zgaruvchan parametrli chiziqli elementlar, geterodin va yuklama bo‘lishi kerak ekan (20.1-rasm).

Chastotani aralashtirib beradigan, egri chiziqli elementlarda yoki o‘zgaruvchan parametrli 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‘zgartirgichni strukturaviy sxemasi

Aralashtirgich sifatida turli elementlar ishlatiladi, masalan egri chiziqli sig‘im, induktivlik, turli elektron yoki yarim o‘tkazgichli asboblar ishlitiladi. 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 koeffitsiyenti. Chastota o‘zgartirgichi chiqishidagi oraliq chastota kuchlanishining kirishdagi kuchlanishiga bo‘lgan nisbatiga o‘zgartgichning kuchlanish bo‘yicha chastota o‘zgartish koeffitsiyenti deb ataladi va u quyidagicha ifodalanadi:

$$K_{\text{o'zg}} = \frac{U_{oc}}{U_k}.$$

Chastota o‘zgartirgichi chiqishdagi oraliqchastota signalni quvvatini uning kirishdagi quvvatiga bo‘lgan nisbati o‘zgartirgichning quvvat bo‘yicha chastota o‘zgartirish koeffitsiyenti deb ataladi va u quyidagicha ifodalanadi:

$$K_{qo'z} = \frac{P_{oc}}{P_{kir}}.$$

- 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‘zgartish tikligi deb ataladi. U quyidagicha ifodalanadi:

$$S_{ocht} = \frac{I_{moch}}{U_{ms}} \Big|_{u-0} = \frac{1}{2} G_n R, \qquad (20.9)$$

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 tokga o‘z ta’sirini ko‘rsatar ekan. Bunday ta’sir aralashtirgichning teskari o‘tkazuvchanligi tufayli sodir bo‘ladi.

20.3. Chastota o‘zgartirgichlarning turlari

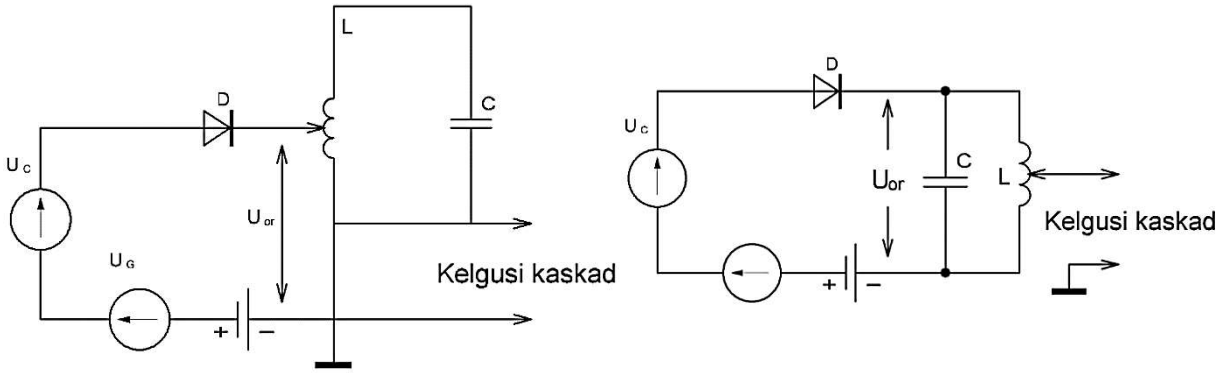
Yuqorida eslatib o‘tganimizdek o‘zgartgichlarning asosiy elementlari: diod va tranzistorlardir. Bular orasidagi asosiy farq shuki, tranzistorli o‘zgartirgichlarda kirish kuchlanishini chiqishdagi tokga nisbatan ta’siri, chiqishdagi kuchlanishni kirishdagi tokga nisbatan ta’siridan farq qiladi. Diodli o‘zgartgichlarda esa bunday emas. Bularda tokga kirishdagi kuchlanishi ta’sir etar ekan, tok o‘z holatini o‘zgartirmay turaveradi. Demak tokga 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 pasaytiridi. Bunday diodlar asosida qurilgan o‘zgartgichlar passiv o‘zgartgichlar deb ataladi.

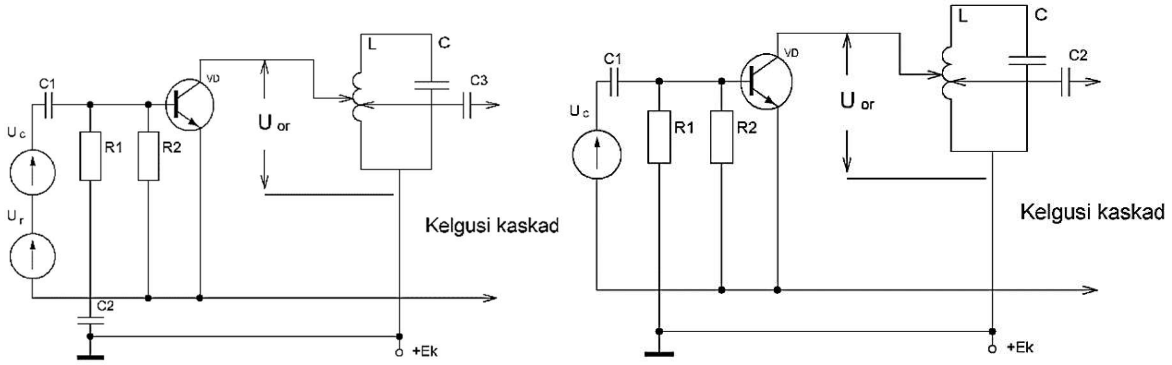
Aktiv o‘zgartirgichlarda, o‘zgartirgich asbobi bir vaqtning o‘zida ham chastota o‘zgartiradi, ham geterodin vazifasini o‘tadi. Bunday chastota o‘zgartirgichlari avtodinli deb ataladi. Bunday o‘zgartirgichlarda chastotani o‘zgartirish va signal ishlab chiqarish (generatsiya) ish holatlari bir xilda bo‘lmaydi. Signal ishlab chiqarish ish holatida, chastota turg‘unligi nisbatan past bo‘ladi. Shu tufayli bunday chastota o‘zgartirgichlarini narxi qimmat bo‘lmagan va sifat jixatdan past bo‘lgan qabul qiluvchilarda ishlatgan maquldir. Keyingi paytlarda alohida geterodinli chastota o‘zgartigichlari keng qo‘llanilmoqda.

20.2-rasmda diodli chastota o‘zgartgichning sxemasi ko‘rsatilgan. Sxemada signal manbasi va geterodin diod zanjiriga ketma-ket ulangan. O‘zgartiriladigan

signal kuchlanishining manbai bo‘lgan kirish kirish zanjiri va radiosignal kuchaytirgichi rasmda ko‘rsatilmagan.



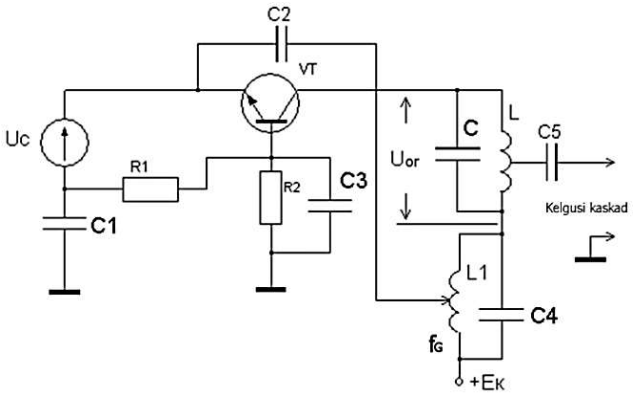
20.2-rasm. Diodli chastota o‘zgartirgichni sxemasi



a) b)

20.3-rasm. Tranzistorli chastota o‘zgartirgichni sxemasi

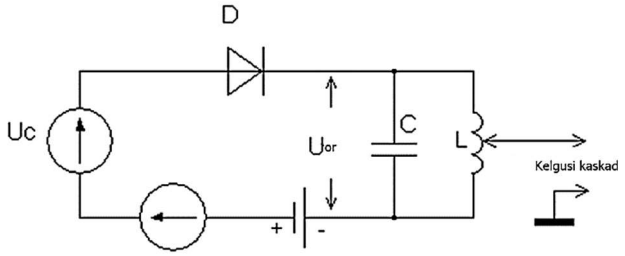
20.3-rasmda tranzistorli chastota o‘zgartgichining ikki turi ko‘rsatilgan. 20.4-rasmda esa, avtodinli sxemalari ko‘rsatilgan.



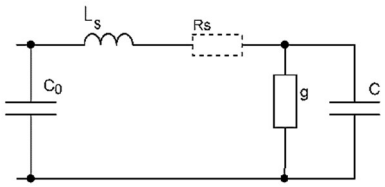
20.4-rasm. Avtodinli chastota o‘zgartirgichini sxemalari

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‘zgartirgichni sxemasi



20.6-rasm. Diodli chastota o‘zgartirgichni 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 induktivik va qarshilik . C_o diodni ushlab turuvchi unsurning 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 geterodinni kuchlanishi signal kuchlanishidan katta bo‘lishi kerak. Shu sababli, o‘tkazuvchanlik *g* va sig‘im C lar signalni kuchlanishiga emas, balki geterodinni kuchlanishiga nisbatan o‘zgaradi. Agarda geterodinni kuchlanishini $U_g = U_{mg}cos(w_g t)$ desak, o‘tkazuvchanlik *g (+)* va sig‘im C larning U_g kuchlanishga nisbatan o‘zgarishi quyidagicha bo‘ladi:

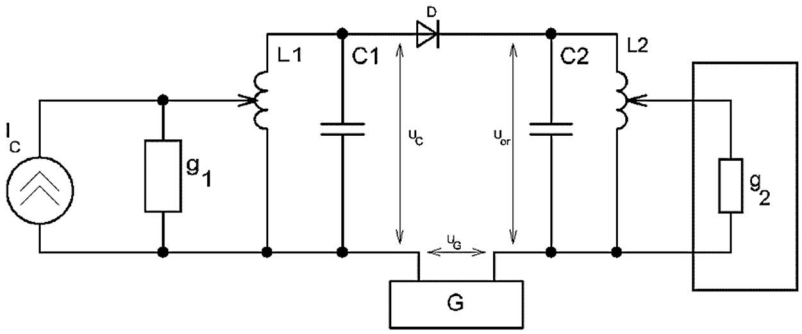
$$g(+) = g_0 + \sum_{i=1}^{\infty} cosR\omega_g t \; C(+) = C_0 + \sum_{i=1}^{\infty} cosR\omega_g t.$$

Diodli chastota o‘zgartirgichlarida diodlarni 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‘zgartgichlarni qarshilikli (rezistiv) chastota o‘zgartgichlari deb ataladi.

2. Ikkinchi ish xolatida diodni yopiq p-n o‘tish sohasi ishlatiladi. B holda o‘zgartirgichda nochiziqli sig‘imi nisbatan katta bo‘lgan diod, ya’ni varikap qo‘llaniladi va diodni 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_1rezonans konturi. U kirish signal manbasi vazifasini bajaradi. L_2, C_2 chiqish konturi, g_2o‘zidan keladigan zanjirning kirish o‘tkazuvchanligi. Xozirgi paytda ishlatilayotgan rezistiv diodli o‘zgartirgichlarni 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 bar’erli va tunneli diodlar qo‘llaniladi.

Manfiy o‘tkazuvchanli tunel diodli o‘zgartirgichlarni quvvatni uzatish koeffitsiyenti $K_r>1$ katta bo‘ladi, lekin ularni o‘zgartirish xususiyatlarini turg‘unligi kichik bo‘ladi.

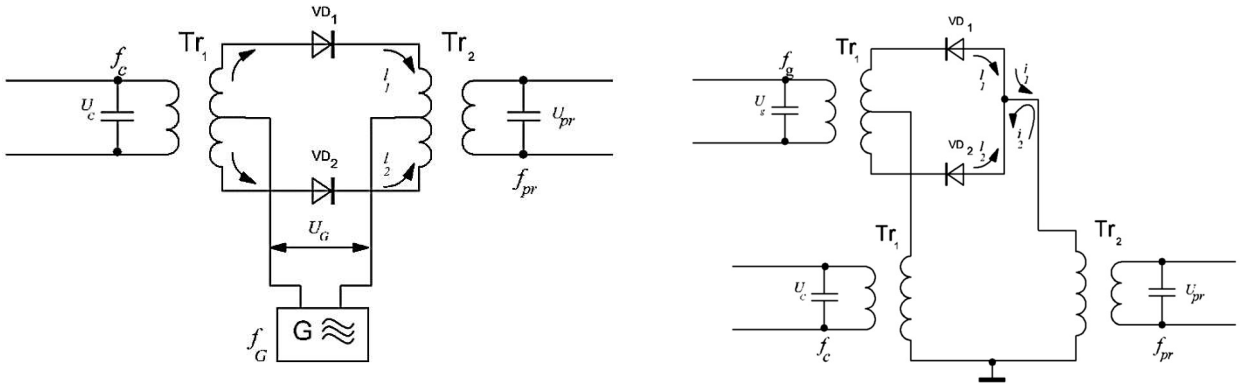
Santimetrli va millimetrli diapazonlarda ko‘p xollarda balansli chastota o‘zgartirgichlari ishlatiladi. Bunday balansli o‘zgartirgichlar, geterodinni shovqinli signalini susaytirish xususiyatiga ega.

20.8-rasmda diodli balans chastota o‘zgartgichlarining sxemalari ko‘rsatilgan.

20.8,a-rasmda diod D_1 va D_2 larga geterodin kuchlanishi bir xilda 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 diodlarinng 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_1va 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 tarnsformatorning ikkilamchi chulg‘amining yarmisidan tashkil topgan ko‘prikchaning diognallariga ta’sir etadi. Tok i_1 va i_2 larning tashkil etuvchilari kirish va chiqish konturlari ulangan ko‘prikning diagonalidan o‘tmaydi. Ular diodlar orqali oqib berk 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 chikishi bilan almashtirilganda xam jarayon yukoridagicha kechadi.



a) b)

20.8-rasm. Diodli balans chastota o‘zgartgichlarining sxemalari ko‘rsatilgan:

a) – oraliq chastota filtrini ikki taktli qilib ulanishli;

b) – filtrni bir taktli qilib ulanishli.

20.8,b-rasmda ko‘rsatilgan sxemada kirish va geterodin kuchlanishlari diod D_1 va D_2 va tarnsformatorning ikkilamchi chulg‘amining yarmisidan tashkil topgan ko‘prikchaning diognallariga ta’sir etadi. Tok i_1 va $i_2$larning tashkil etuvchilari kirish va chiqish konturlari ulangan ko‘prikning diagonalidan o‘tmaydi. Ular diodlar orqali oqib berk yo‘l hosil qiladi. Shu sababdan geterodin kuchlanishi kirish va chiqish zanjirlariga o‘z ta’sirini ko‘rsata olmaydi.

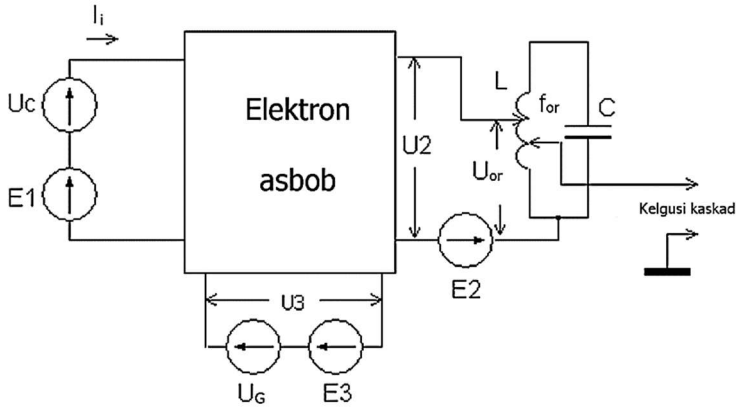
Chastotasi o‘zgartiriladigan signal kuchlanishi diod D_1 va D_2 larga fazalari jihatidan bir xil ulanadi. Diodlar bir-birlari bilan qarama-qarshi ulanganliklari uchun kuchlanishlar, go‘yo qarama-qarshi bo‘ladi.

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 soxasini qiyaligini (krutizna) geterodin kuchlanishi ta’sirida o‘zgartirish orqali amalga oshiriladi.

Tranzistorli chastota o‘zgartirgichining umumlashtirilgan sxemasi 20.9-rasmda ko‘rsatilgan.



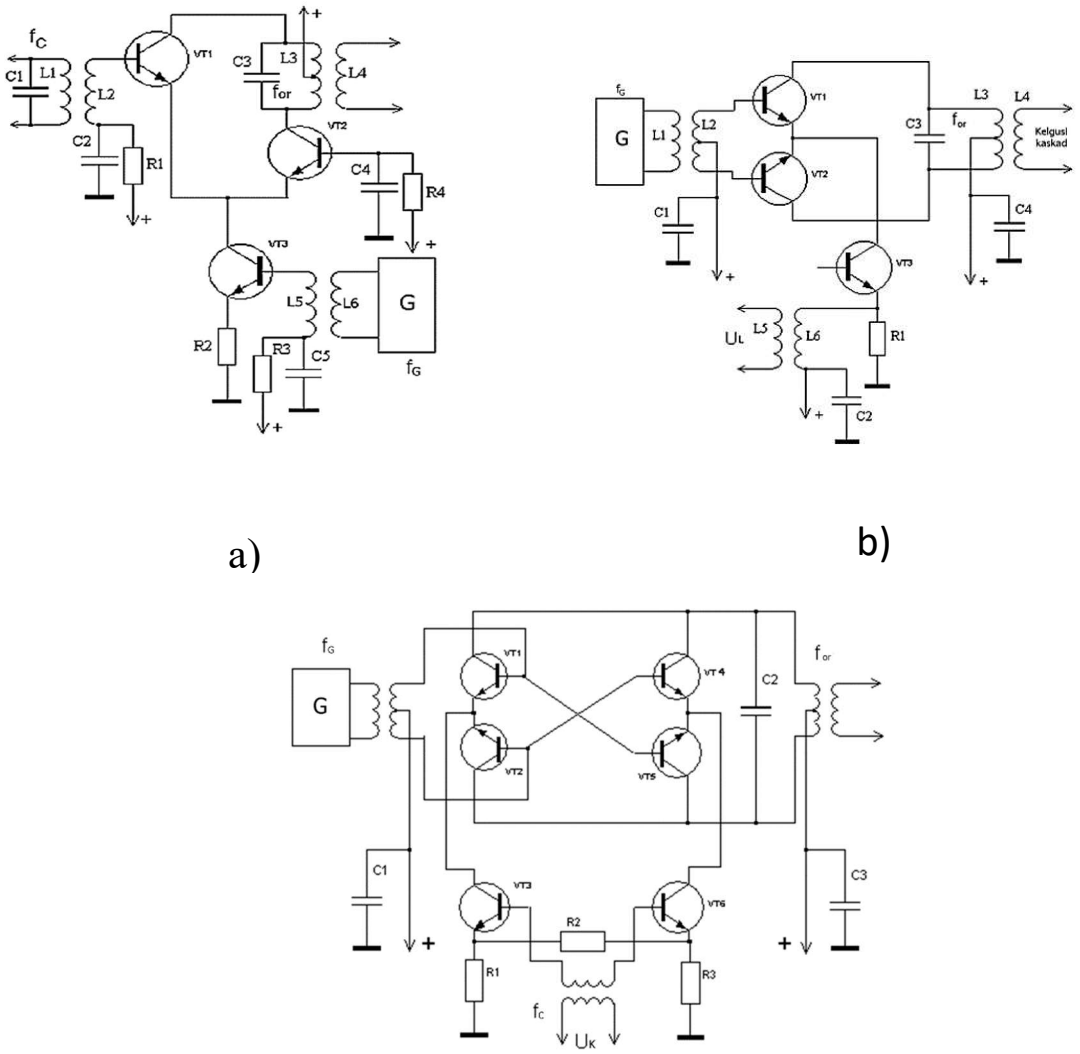
20.9-rasm. Tranzistorli chastota o‘zgartirgichining umumlashtirilgan sxemasi

O‘zgartirgichda ikkita kirishi bor. Ulardan biri chastotasi o‘zgartiriladigan signal U_c uchun, ikinchisi esa geterodin kuchlanishi uchundir. Bulardan tashqari oraliq chastota kuchlanishi, ya’ni chiqish kuchlanishi ham maxsus qutb bor. Bunday chastota o‘zgartgichlarining 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‘zgargichlarini tahlil qilinayotganda kirishdagi signal kuchlanishi va chiqishdagi oraliq chastota kuchlanishi, go‘yo yo‘qdek deb faraz qilinadi. Shuning uchun ham bunday o‘zgartirgich zanjirlarini hisoblayotgan payttda oddiy egri chiziqli zanjirlar nazariyasidan foydalanish mumkin.

Umumiy holda o‘zgartgichning tahlili vaqtida elektron asboblarining 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 qo‘rsatadi.

20.10-rasmda tranzistorli balans chastota o‘zgartgichlari- ning turli sxemalari ko‘rsatilgan.



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‘zgartirgichning sxemasi.

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 bazallari 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 tikligini geterodin chastotasiga mos ravishda o‘zgarishiga olib keladi. Shu sababdan, garchi kuchlanish bir vaqtda ta’sir etsa-da, chastotani o‘zgarishiga olib keladi.

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‘lmasliklari shu sababdir. Shu tariqa ishlaydigan o‘zgartgichlarni balans chastota o‘zgartgichlari deb ataladi.

Yuqorida ko‘rilgan balans chastota o‘zgartgichlaridan boshqa balans chastota o‘zgartgichlari ham bo‘ladi. lekin ular qanday bo‘lishligidan qa’tiy 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, kuchayti- rish traktini AChXsini shaklantiradi. Xalaqitbardoshlikni oshirish uchun, OChKni chastotasini bir nechta halqaro 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 yuldoshli 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 koeffitsiyentini moduli K_0= 10^2...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 yuldoshli aloqa tizimlarida f_{ochk}= 12...34 MHz ni tashkil etadi. UYuCh qabul qilgichlarini birinchi kaskadlarida diodli OChKlar ishlatilib, ularni shovqin ko‘rsatkichlariga katta talablar qo‘yyiladi.

Qabul qiluvchi qurilmalardagioraliq chastota kuchaytirgichlari (OChK) ikkita asosiy vazifani bajaradi:

- qabul qilgichni detektori maromida ishlashi uchun qabul qilingan signallarni kerakli darajagacha kuchaytirib beradi;
- qo‘shni radiostansiya signallariga nisbatan asosiy tanlovchilikni bajarib beradi.

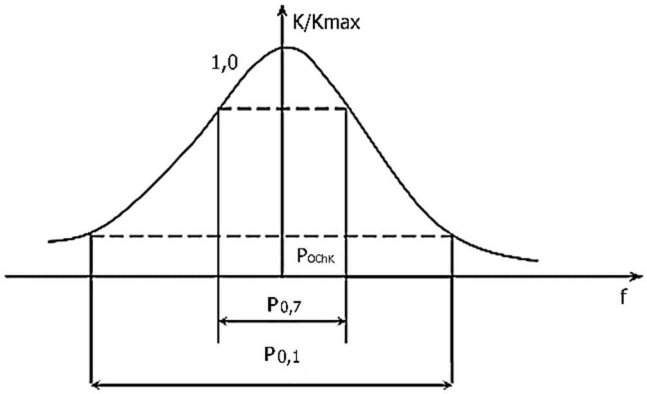
Oraliq chastota kuchaytirgichi (OChK) radiochastota kuchaytirgichidan farqli o‘laroq, doimiy va nisbatan past chastotali signallarni kuchaytiradi. OChK qabul qilgichda asosiy kuchaytirgich vazifasini bajargani uchun, uni kuchaytirish

koeffitsiyenti 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 tanlovchilikga ega bo‘lish uchun, OChKni xarakteristikasi to‘g‘ri to‘rtburchakga yaqin bo‘lishi kerak. OChKni chastota bo‘yicha tanlovchiligi, uni amplituda-chas- tota xarakteristikasini qiyaligi bilan aniqlanadi. Xarakteristika qiyaligi qancha katta bo‘lsa, tanlovchilik ham shuncha yaxshi bo‘ladi.

OChKni asosiy ko‘rsatkichlariga quyidagilarni kiritish mumkin: kuchlanish bo‘yicha kuchaytirish koeffitsiyentini (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 koeffitsiyentini (k_t), qo‘shni kanallar bo‘yicha tanlovchilik S_e.

OChKni o‘tkazish oralig‘i $P_{0,7}$ – shunday oraliqki, unda kuchaytirish koeffitsiyenti $\sqrt{2}$ marta kamayadi, ya’ni 0,707 K_{maks} (21.1-rasm).



21.1-rasm. OChKni amplituda-chastota xarakteristikasi

Tanlovchilik bo‘yicha ideal xarakteristika bo‘lib, to‘g‘ri to‘rtburchakli xarakteristika xisoblanadi. Real AChXni ideal xarakteristikaga yaqinlashishi darajasi, AChXni to‘g‘ri to‘rt- burchakligini ko‘rsatuvchi koeffitsiyent bilan xarakterlanadi.

$$K_p = \frac{P_{0,1}}{P_{0,7}}.$$

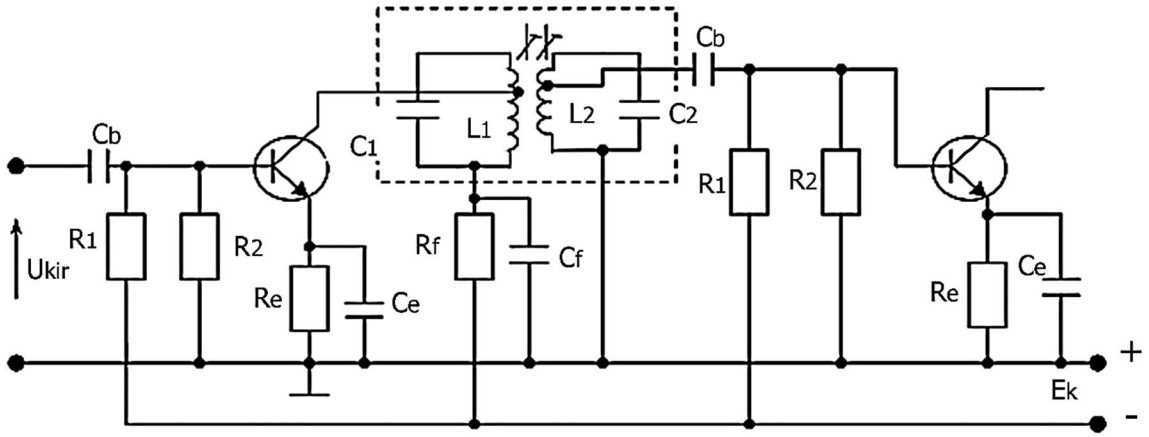
Ideal AChXda $K_p = 1$ ga teng bo‘ladi. Real AChXda esa, $K_p>1$ dan katta bo‘ladi. AChXni to‘g‘ri to‘rt- burchakligini ko‘rsa -tuvchi koeffitsiyent K_p qanchalik birga yaqin bo‘lsa, OChKni tanlovchiligi shuncha yaxshi bo‘ladi.

O‘tkazish oralig‘i va tanlovchilikga qo‘yilgan talablarga qarab, OChK uch xil bo‘ladi: ikki konturli polosali (oraliq) filtrli, bir konturli, ya’ni xar bir kaskaddagi o‘zaro nosozlangan konturli va mujassamlangan elementlardagi filtrli (FSS).

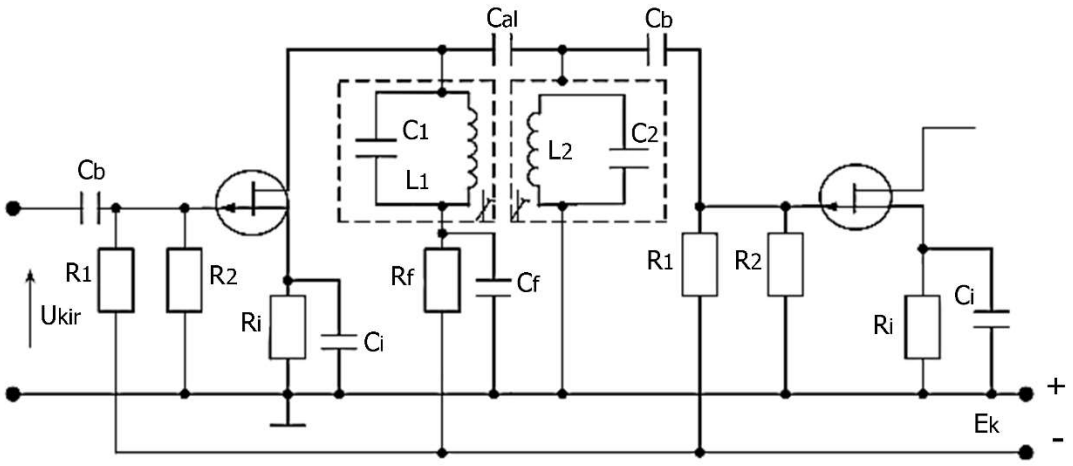
21.2. Oraliq chastota kuchaytirgichlarini turlari. Ikki konturli polosali filtrli OchK

Bunday oraliq chastota kuchaytirgichlari bipolyar va maydon tranzistorlarida qurilishi mumkin. Ular radiochastota kuchaytirgichlaridan faqat tebranish konturi bilan farq qiladi. OChKni ikki konturli tebranish tizimidagi konturlar orasidagi aloqa induktivli (21.2-rasm), sig‘imli (21.3-rasm) va kombinatsiyalashgan bo‘lishi mumkin.

AChX shakli va OChKni tanlovchiligi konturlar orasidagi aloqa darajasiga bog‘liq bo‘ladi.



21.2-rasm. Konturlar orasida induktivli aloqali OChKni sxemasi



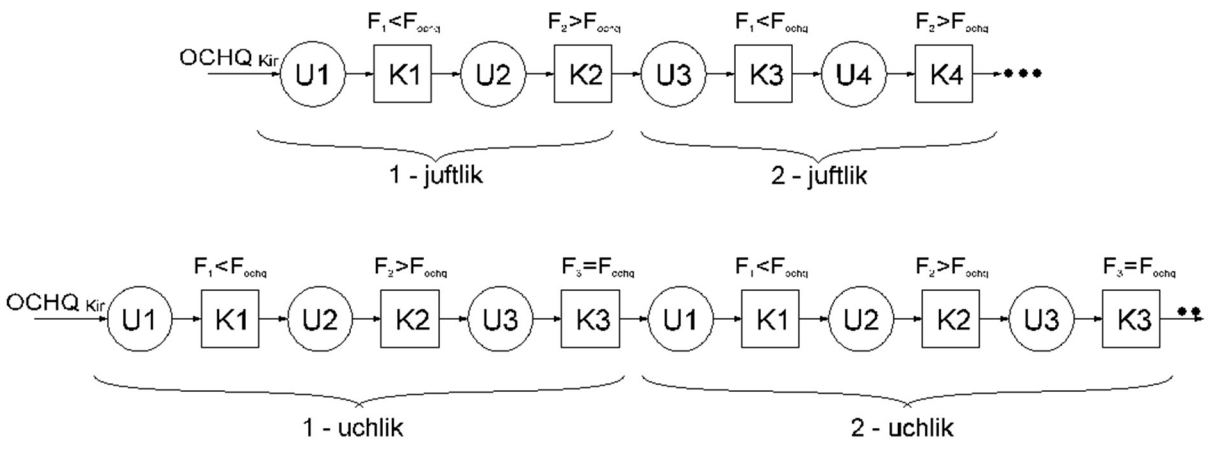
21.3-rasm. Konturlar orasida sig‘imli aloqali OChKni sxemasi

Bir konturli, ya’ni xar bir kaskadlardagi o‘zaro nosozlangan konturli oraliq chastota kuchaytirgichlarini

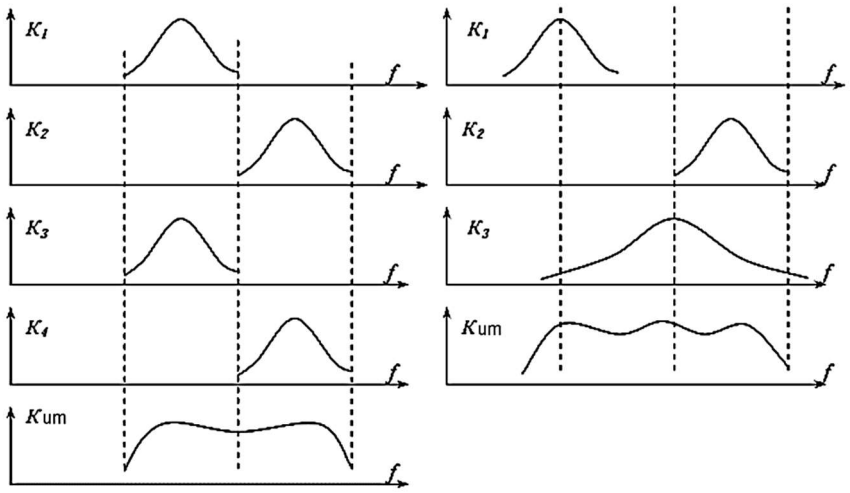
O‘YuCh diapazonda ishlovchi radiolokatsiyali, radioreleli va sun’iy yo‘ldoshli aloqa tizimlarini qabul qiluvchi qurilmalarining oraliq chastota kuchaytirgichlarini o‘tkazish oralig‘i 10 MGH gacha bo‘lgan xollarda signalni 120 dB gacha kuchaytirish kerak bo‘ladi. Bunday keng o‘tkazish oralig‘ida signalni kuchaytirish uchun ko‘p kaskadli OChKlari ishlatiladi.

Bunda kaskadlar guruxlarga bo‘linib, xar bir gurux 2...4 yoki undan ko‘p bir konturli kaskadlardan iborat bo‘ladi. Bu kaskadlar kuchaytirilishi kerak bo‘lgan signal spektirining turli chastotasiga sozlanadi. Guruxlardagi kuchaytirgichlar soni OChKni o‘tkazish oralig‘i bilan, guruxlar soni esa talab qilingan kuchaytirish koeffitsiyenti bilan aniqlanadi.

O‘zaro nosozlangan bir konturli kaskadlarni juftligi va uchligi (troyka) 21.4-rasmda, 21.5-rasmda ularga tegishli AChXni shakllanishi keltirilgan.



21.4-rasm. O‘zaro nosozlangan bir konturli kaskadlarni juftligi va uchligi



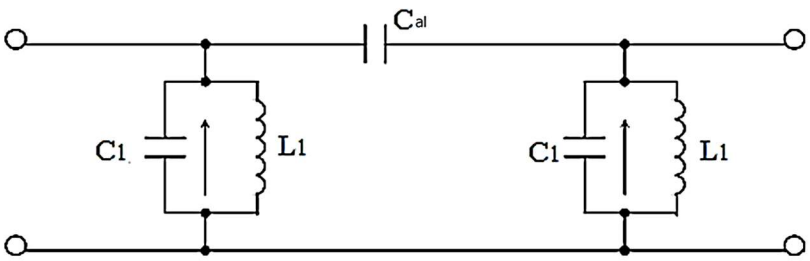
21.5-rasm. O‘zaro nosozlangan bir konturli kaskadlarni juftligi va uchligini AChXsini shakllanishi.

Mujassamlangan tanlovchi filtrli oraliq chastota kuchaytirgichlari

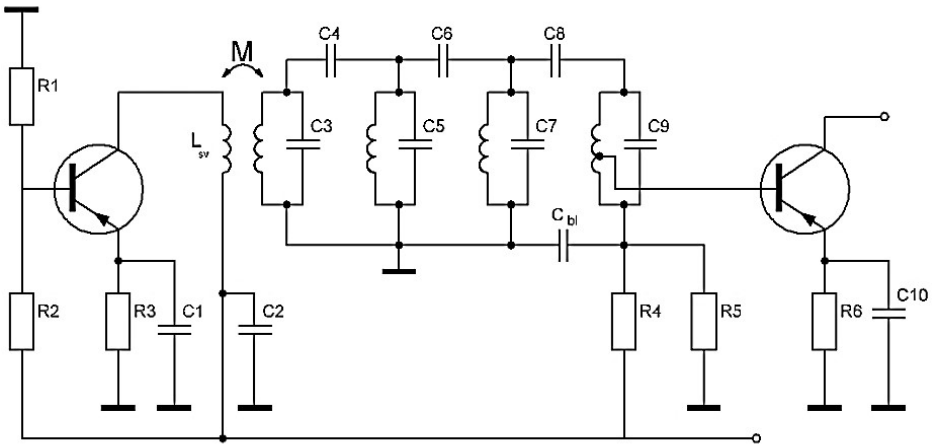
Qabul qiluvchi qurilmalarni tanlovchiligi yuqori bo‘lishi uchun, OChK larda murakkab va mujassamlangan tanlovchifiltrlardan tuzilgan tanlash tizimlari ishlatiladi. Ular chastota o‘zgartirgichlari va OChKni birinchi kaskadlari orasiga o‘rnatiladi. Bu xolda OChKni qolgan kaskadlari keng polosali (oraliqli) yoki aperiodik (qarshilikli) kuchaytirgichlar bo‘ladi.

Mujassamlangan tanlovchi filtrlar P-ko‘rinishidagi LClardan iborat bo‘lgan bir necha gurux filtrlarni ketma-ket ulanishidan hosil bo‘ladi (20.6-rasm). Bu

konturlar bir-biri bilan xarakteristik qarshilik (ρ) bo‘yicha moslashgan bo‘lib, ular orasidagi aloqa sig‘imli yoki induktivlikli bo‘ladi.



21.6-rasm. LC elementlardan iborat bo‘lgan bir necha gurux filtrlarni ketma-ket ulanishi



21.7-rasm. Tranzistorli uch guruxli filtrdan iborat OChK sxemasi

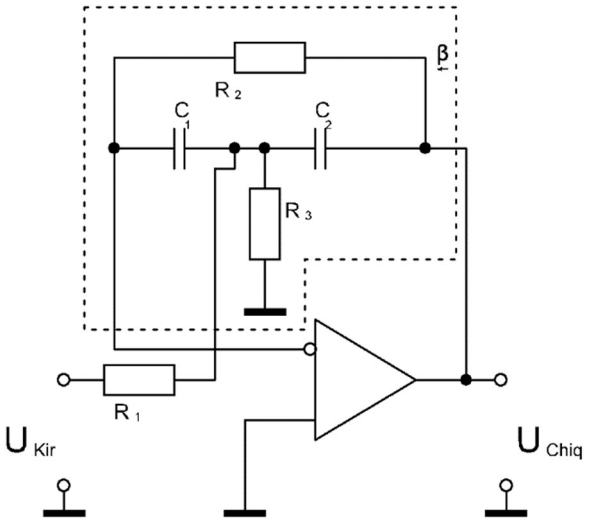
Tranzistorli OChKlardagi konturlarni xarakteristik qarshiligi ρ = 1…50 kOm ni tashkil etadi. Bu xolda mujassamlangan filtrni signalni yo‘qotishi $L^* \approx 4{,}34nf_{ochk}/P_{0,7}Q_0$ ni tashkil etadi. Bu yerda n – konturlar soni, Q_0 – konturni xususiy aslligi. Bunday mujassamlangan tanlovchi filtrlarni 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‘lqinli koaksial rezonator bo‘lib, o‘lchamini kamaytirish uchun ichki o‘tkazgichi spiral qilib o‘raladi.

Nisbatan o‘rta yuqori chastotali va yuqori sifatli qabul qilgichlarni OChKsida mujassamlangan tanlovchi filtrlar sifatida aktiv RC filtrlar (ARCF) ishlatiladi. Ular kuchaytirgich va RC zanjirlar asosida tayyorlanadi. Passiv xolda ular talab qilingan tanlovchilikni ta’minlashga qodir emaslar. Lekin ularni kuchaytirgich bilan birga ishlatilganda, filtrni aslligini $Q = f_{ochk}/P_{0,7}$ ko‘paytirish bilan birga, bitta qurilmada tanlovchilikni va kuchaytirishni amalga oshiradilar. Ko‘p xollarda kuchaytirgich sifatida operatsion kuchaytirgichlar (OU) ishlatiladi.

21.3. Oraliq chastota kuchaytirgichlarini filtrlari

21.8-rasmda bitta operatsion kuchaytirgichli eng ko‘p tarqalgan aktiv RC filtrni (ARCF) sxemasi keltirilgan. ARCF polosali filtrni AChXsiga ega.



21.8-rasm. Bitta operatsion kuchaytirgichli aktiv RC filtrni sxemasi

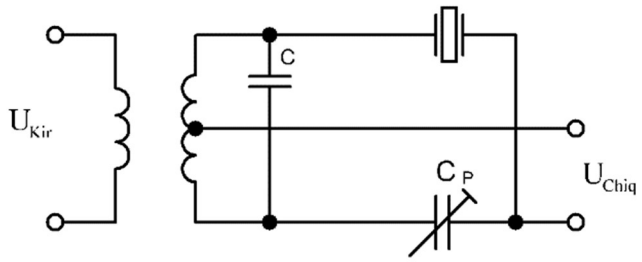
Shtrix chiziq bilan Okni chiqishini invertirlovchi kirishi bilan bog‘lovchi ko‘priksimon T ko‘rinishidagi manfiy teskari aloqa zanjiri ajratilgan. Oraliq chastota atrofida bu zanjirni uzatish koeffitsiyenti kamayadi, shu tufayli filtrni umumiy uzatish koeffitsiyenti K_f ko‘payadi. U o‘zini maksimal qiymatiga chastota f_{ochk} ga teng bo‘lganda erishadi.

Xozirgi vaqtda yuqori sifatli qabul qilish qurilmalarini OchKlarida elektroakustik va pezokeramik filtrlar (rezonatorlar) keng qo‘llanilmoqda. Ular LC filtrlarga nisbatan bir qator avzalliklarga ega. Bu filtrlarni tanlovchiligi juda yuqori, o‘lchamlari ancha kichikdir. Bunday filtrlarda elektrsignallar energiyasi rezonatorni 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 filtrni kirishi va chiqishidagi maxsus moslovchi zanjirlar oldingi qo‘zg‘otuvchini chiqishini va keyingi yuklama kaskadni kirishini filtr bilan moslaydi. Akustik filtrlarni aslligi yuqori bo‘lgani uchun, ularni o‘tkazish oralig‘ida signal energiyasini sarf bo‘lishi nisbatan kamroq, AchXni to‘g‘ri to‘rt – burchakligini ko‘rsatuvchi koeffitsiyent ham yaxshiroq bo‘ladi.

Akustik filtrlar kvars 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 (xajmida va yuzasida) bog‘liq bo‘ladi. Deformatsiya PEF ni xajmida bo‘lsa, xajmiy akustik to‘lqinlar (XAT, OAV), yuzasida bo‘lsa, yuzadagi akustik to‘lqinlar (YuAT, PAV) deyiladi. Filtrlar texnikasini ananasiga ko‘ra, xajmiy akustik to‘lqinlar PE ko‘proq ishlatiladi. Ularni tanlovchiligi, xususiy mexanik tebranishlarini turg‘unligi yuqori bo‘lganligi bilan aniqlanadi. Diskret kvarsli DK 100Hz...10-50 MHz li chastotalarda, mexanik garmonikalarda qo‘zg‘otilganda esa, 300...400 MHz chastotalarda ishlaydi va yuqori asllikga hamda turg‘unlikga (chastotani xarorat koeffitsiyenti ChXK, TKCh

= 5 10^{-7} 1/°C) ega. Pezokeramit PE lar 0,1...10 MHz chastotalarda ishlatilib, ularni aslligi Q=10^3, chastotani xarorat koeffitsiyenti esa 10^{-5} 1/°C ni tashkil etadi.

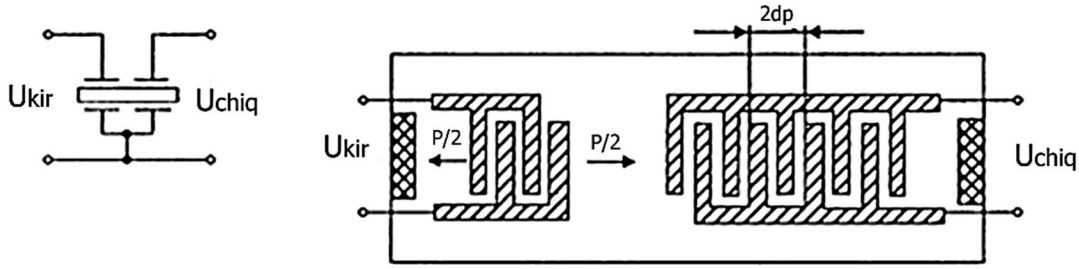
Diskret kvarsli filtr (DK) va pezokeramik rezonatorli filtr (PKR) differensial-ko‘prikli sxema yoki murakkab zinali tarkibda quriladi. 20.9-rasmda misol tariqasida differensial-ko‘prikli sxema keltirilgan. Sxemada pezorezonator va yarim-o‘zgaruvchan kondensator C_b ko‘prikni mualliqli yelkasiga ulangan. Fazoinversli zanjir sifatida differensial transformator ishlatilgani uchun, ikki qutbliklar soni ikkitagacha kamaytirilgan.



21.9-rasm. Kvarsli filtrni differensial-ko‘prikli sxemasi

O‘tkazish sharti ketma-ket va parallel rezonans chastota oralig‘ida bajariladi va P/f_{ochk}< 4 10^{-3}ni tashkil etadi. S_p kondensatorni sig‘imini o‘zgartirib, rezonans chastotani f_r keng ko‘lamda ($f_r \approx f_{0,2}$ dan $f_r >> f_{0,2}$ gacha) o‘zgartirish mumkin. F_r qancha katta bo‘lsa, nosozlik tufayli o‘tgan parazit signallar shuncha ko‘p yo‘qotiladi. Bunday filtrlarni kaskadli ulanish, turli xil AchXlarni olish imkonini yaratadi.

Diskret DK tor o‘tkazish oralig‘ini olish uchun ishlatiladi. Ularning asosiy kamchiligi narxini qimmatligi, mexanik jixatdan mustaxkam emasligi va o‘lchamini nisbatan kattaligidir. Pezokeramik filtrlar esa nisbatan arzon, mustaxkam, lekin tanlovchilik va turg‘unlik jixatdan 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 taglikga joylashtiriladi. Bu shtirli elektrodlarni 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 energiyasini yarmisi $VShP_2$ chiqish o‘zgartirgichi tomon tarqaladi. Bu o‘zgartirgichda akustik to‘lqinlar qayta o‘zgartiriladi. Agar akustik to‘lqinlarni uzunligi o‘zgartirgichni panjarasini qadamini uzunligidan d_p ikki marta katta bo‘lsa, ya’ni $d_p = v/2f_{ochk}$ bo‘lsa akustik to‘lqinlar sinfaz ravishda qo‘shilishadi va f_{ochk} chastotada rezonans bo‘ladi. Bu yerda ν -akustik to‘lqinlarni tarqalish tezligi (kvars uchun 3,15 10^3 m/s, niobat litiy uchun 3,48 10^3 m/s). Signal energiyasini qolgan yarmi $VShP_2$ o‘zgargichdan teskari tomon tarqaladi va maxsus yutgichda (poglotitel) yo‘qotiladi.

Nazorat savollari

1. Oraliq chastota kuchaytirgichlarini vazifalarini tushuntiring va xar bir diapazon qiymatlarini keltiring.
2. Oraliq chastota kuchaytirgichlarini turlarini sanab o‘ting?

3. Mujassamlangan tanlovchi filtrli oraliq chastota kuchaytirgichlarini ishlash usulini tushuntiring?

4. Bir konturli, ya'ni xar bir kaskaddagi o'zaro nosozlangan konturli OchK larni ishlash usulini tushuntiring?

5. Bitta operatsion kuchaytirgichli aktiv RC filtrni sxemasini tushuntiring?

6. Kvarsli filtrni differensial-ko'prikli sxemasi tushuntiring?

7. Yuzadagi akustik to'lqinli (PAV) filtrlarni ko'rinishini chizing va ishlash usulini tushuntiring?

22. DETEKTORLAR VA AMPLITUDAVIY CHEKLAGICHLAR

22.1. Detektorlar haqida umumiy tushunchalar

Modulyatsiyalangan radiosignallar tarkibidan ularni modulyatsiya-shishiga sababchi bo‘lgan past chastotali signallarni ajratib beradigan qurilmaga detektor deb ataladi.

Radiosignallarni amplitudasi, chastotasi, fazasi va agarda signal impulsi bo‘lsa impulslari bo‘yicha modulyatsiya qilish mumkin. Radiosignallarni shu ko‘rsatkichlarni modulyatsiya- lashishiga qarab, detektorlarni amplitudaviy, chastotaviy, fazaviy va impulsli deb ataladi. Lekin, ular qaysi turga taaluqli 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 kombinatsiyalarning 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 detektorlarni 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 berish kerak.

22.2. Detektorlarning ekvivalent sxemalari

Har qanday detektorni yukki to‘g‘ri chiziq xarakteristikali passiv ikki qutbli bo‘lgan, egri chiziq xarakteristikali to‘rt qutbli deb qarash mumkin.

Faraz qilaylik, to‘rt qutblining kirishiga yuqori chastotali sinusrida kuchlanish qo‘yilgan bo‘lsin. To‘rt qutbli egri chiziq xarakteristikali bo‘lganligi tufayli chiqishdagi tok nosinusridan bo‘ladi. Bu tokning spektral tashkil etuvchisi kirishga kirib kelayotgan signalning turi orqali topiladi. Yukning qarshiligini deyarli kichik qilib olinadi. Shu sababdan kirimdagi yuqori chastotali sinusoidalkuchlanish tarkibida faqatgina kuchlanishning muttasil tashkil etuvchisi hosil bo‘ladi. Bu bir bo‘lsa, ikkinchidan chiqishdagi tokning muttasil tishkil etuvchisi ham sabab bo‘ladi.

Kirishdagi tokning birinchi garmonikasini – *Im* orqali ifoda etamiz. Bu holda to‘rt qutbli uchun quyidagi tenglamalar tizimini yozish mumkin bo‘ladi.

$$Im = \varphi_1(U_\cap, U_t);\ I_t = \varphi_2(U_\cap, U_t), \qquad (22.1)$$

bu yerda φ_1, φ_2 – to‘rt qutblikni xossasiga bog‘lik bo‘lgan egri chizikli funksiyadirlar.

U_t, I_t – detektor chiqishidagi to‘g‘rilangan kuchlanish va tok.

Birinchi tenglama orqali egri chiziq xarakteristikali elementlarning tebranma xarakteristikasi

$$Im = \varphi_1(U_\cap)/\ U_\cap - const.$$

Ikkinchi tenglama orqali esa detektorlarning to‘g‘rilagich vazifasini o‘taydigan xarakteristika oilasi topiladi.

$$I_t = \varphi_1(U_t)/\ U_\cap - const.$$

Faraz qilaylik, kirish kuchlanishi qandaydir sabab bilan ozgina ortirma olgan bo‘lsin. Chiqishdagi tokda hosil bo‘ladigan ortirmani topish uchun ikkinchi tenglamadan to‘la hosila olamiz

$$dI = \frac{dI_1}{dU_1} dU_1 + \frac{dU_-}{dU_1} dU_-. \qquad (22.2)$$

Tenglamada, $\left.\frac{\partial I_=}{\partial U_\cap}\right|_{U_= - const}$ ni detektor xarakteristikasining tikligi deb ataladi va u quyidagi ifoda orqali yoziladi.

Tenglamadagi, $\left.\frac{\partial I_=}{\partial U_\cap}\right|_{U_= - const}$ detektorni ichki o‘tkazuvchanligi deb ataladi. Bunga teskari bo‘lgan qiymatni esa detektorning ichki qarshiligi deb ataladi va u quyidagicha ifadalanadi

$$R_{ichk} = \frac{1}{Y_1} = \frac{dU_-}{dU_-}, U_m - const.$$

Detektorlarning bu parametrlari kuchaytirgich lamplarining parametrlariga o‘xshashdir. Shu bois detektorlarga uchinchi parametr-detektorning ichki kuchaytirish koeffitsiyenti degan parametrni 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:

$$\Delta I_= = S_d \cdot \Delta Um + 1/Rid \cdot \Delta U_t. \qquad (22.3)$$

Faraz qilaylik, kirish signalining chastotasi Ω ga teng bo‘lsin bita tok bilan modulyatsiyalangan bo‘lsin. U holda kirish signali quyidagi qonuniyat bilan o‘zgaradi.

$$U_m = U_{m0}\,(1 + m \cdot sin\Omega t) = U_{m0} + \Delta U_m, \qquad (22.4)$$

bu yerda, $\Delta U_m = mU_{m0} \cdot sin\Omega t$.

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_tvaΔU_tlarham sinusiodal 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.

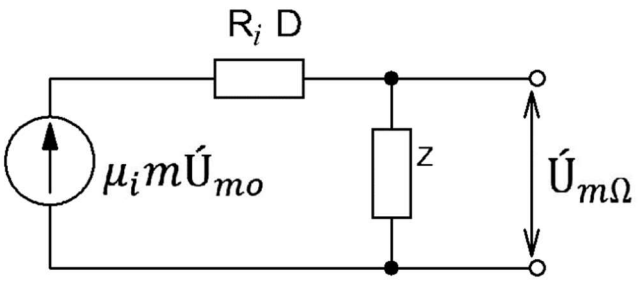
$$I_{m\Omega} = S_d \cdot U_{m0} + (1/R_{id})\, U_{m\Omega}. \qquad (22.5)$$

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 :

$$I_{m\Omega} = \frac{\mu_d m U_{m\Omega}}{Ri_d + Z}. \qquad (22.6)$$

Tenglama (22.6) ni detektorlar uchun yozilgan Om qonuni deb ataladi. Detektorlarning ekvivalent sxemalari xam shu qonun asosida kelib chiqadi.

Detektorlarning ekvivalent sxemasi – 21.1-rasm 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.

$$K_d = \frac{U_{m\Omega}}{mU_0} = \left| \frac{\mu_d \cdot r}{mU_0} \right|. \qquad (22.7)$$

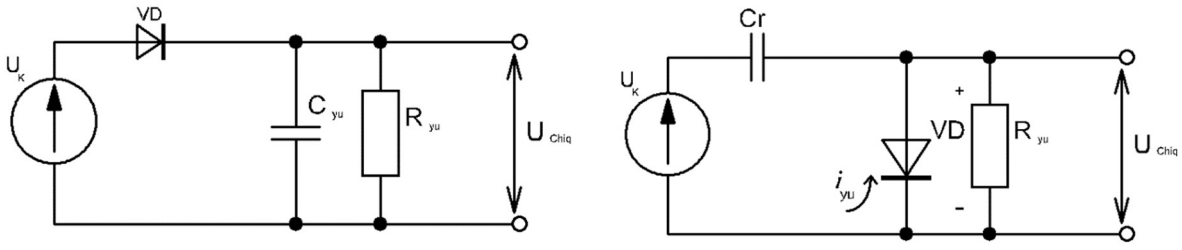
Tenglama (22.6) va (22.7) larni to‘rt qutbiklarda ham ishlatish mumkin. Buning uchun μ_d, R_d, K_d larni kompleks deb qarash kerak bo‘ladi.

22.3. Amplitudaviy detektorlarning turlari

Amplitudaviy detektorlar orasida asosiy elementi diod bo‘lgan detektorlar ko‘proq ishlatiladi. Chunki diodni detektorlar tuzilishi jihatdan soda va signallarni teng doirada shakllarni buzmay detektorlaydi.

22.2,a-rasmda ketma-ket va 22.2,b-rasmda parallel detektorlarning sxemalari ko‘rsatilgan. Bu detektorlarni ketma-ket yoki parallel deb atalishi sxemaga ulangan diodlarning nagruzka nisbati ketma-ket yoki parallel ulanganligiga qarab olingandir.

Bu ikki xil ulangan detektorlarning ishlag 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.



a) b)

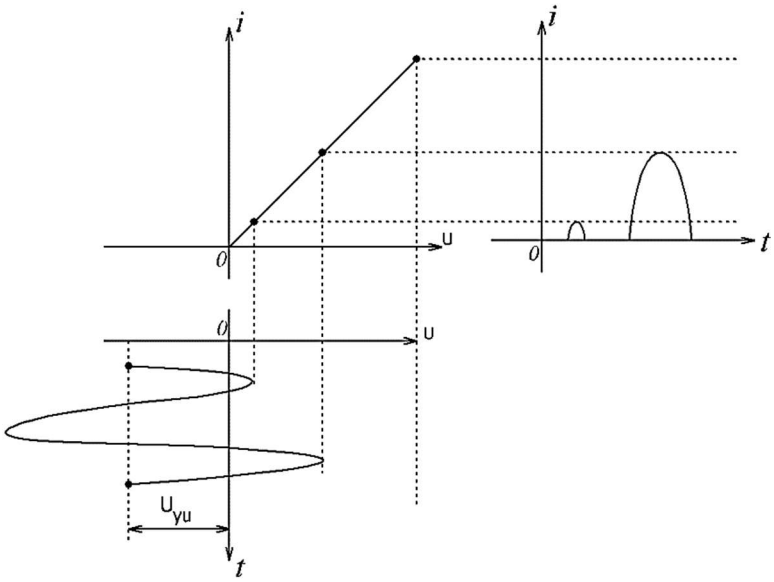
22.2-rasm. Parallel detektorlarning sxemalari:

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‘taboshlaydi (22.3-rasm).

Bu tokning tarkibida *Iyu* va chastotalari ω va 2ω teng bo‘lgan toklar bo‘ladi. Bu toklarni asosiy tokning tashkil etuvchilari deb qaraladi. Tokning muttasil tashkil etuvchisi I_{yu} kuchlanishtushuvi$U_{yu} = -I_{yu}Z$ 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 diodni volt-amper xarakteristikasi

Bu aytilgan fikr amalda bajarilishi uchun quyidagi tengsizlik amalga oshishi kerak, ya'ni:

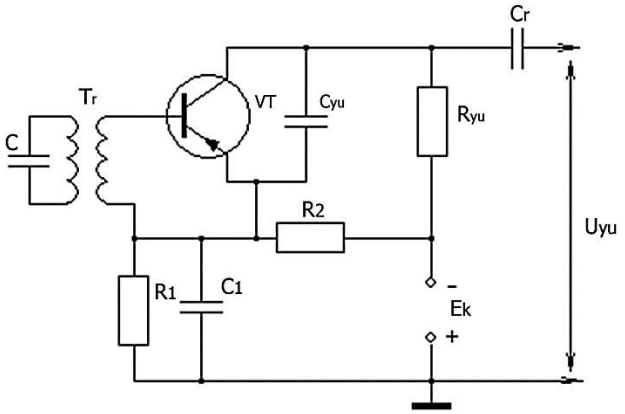
$$(\omega\ Cyu)^{-1} << Ryu << (\Omega\ Cyu)^{-1}, \qquad (22.8)$$

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 *Sr* dan u kuchlanish o'tmaydi.

Tranzistorlar detektorlarda modulyatsiyalangan signallarni detektorlash bilan bir qatorda ularni kuchaytirishi ham mumkin. Tranzistorli detektorlar, tranzistorlarni ulanishlariga qarab, ular umumiy bazali, kollektorni 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

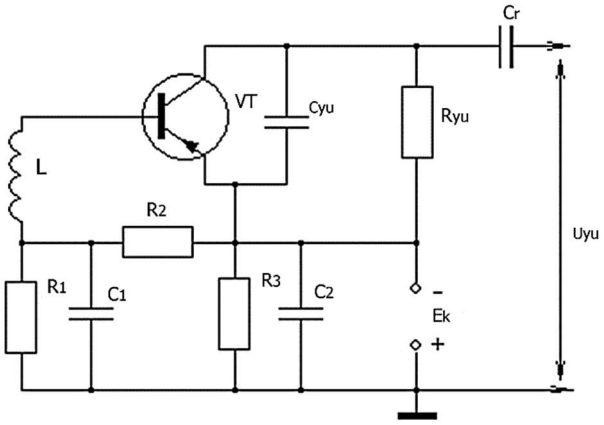
Detektorlash uchun tarnzistorning kirish xarakteristikasidan xam foydalanish mumikn. Uning kirish xarakteristikasi kuyidagicha ifodalanadi: $i_b = \varphi(U_{be})$

Bu holda R_1C_1lar orkali topiladigan vaqt doimiyligi quyidagi shart bo‘yicha tanlanadi

$$(\overline{\omega}C_1)^{-1} << R_1 << (\Omega C_1)^{-1}.$$

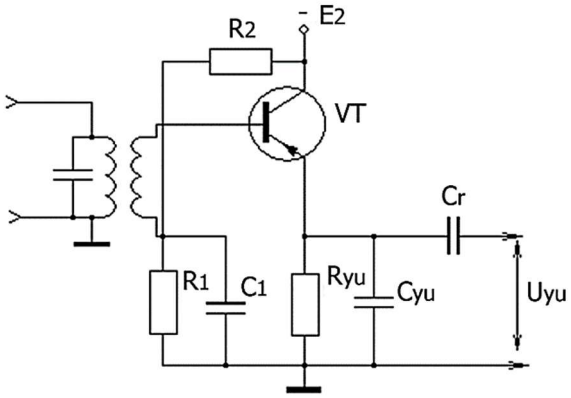
22.5-rasmda tranzistorning emitter zanjiriga teskari bog‘lanish vazifasini bajaradigan R_3C_2 zanjir ulangan detektorning sxemasi ko‘rsatiladi.

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 xaraktestikasi $I_e = \varphi(U_{be})$ 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-amper xarakteristikalarining egri chiziqli qismida amalga oshiriladi.

Faraz qilaylik,

$$i = \varphi(E + U) \qquad (22.9)$$

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-ramsda ko‘rsatilgan diodli detektor sxemasi bo‘yicha quyidagi tenglamani yozish mumkin

$$U = Um \cos\omega t - Uyu,$$

bu yerda, $Uyu = IyuRyu$.

Signal kichik bo‘lganligi tufayli detektorlash natijasi ham kichik bo‘ladi. Shuning uchun ularning Teylor qatoriga yoyish mumkin

$$I = \varphi(t) + \varphi\ '(E)^4 + 0{,}5\ \varphi^4(E)U^2 + \ldots, \qquad (22.10)$$

bu yerda, φ€ – signal yo‘qligi, paytidagi tok $E = 0$ bo‘lganda u nolga yaqin bo‘ladi.

$$S = \varphi\ '(E); \qquad S' = \varphi''(E) \qquad (22.11)$$

deb belgilaymiz.

Ma'lum o'zgarishlardan keyin quyidagilarni olamiz

$$i = (S + S'U_{ю o})U_m \cos\omega t + SU_{ю o} + 0{,}5S'U_{ю o} + 0{,}25S'U^2_m + 0{,}25S'U_m^2 \cos 2\omega t + \ldots \quad (22.12)$$

Bu tenglamadan tokning tashkil etuvchilari quyidagilarga teng bo'ladi

$$I\omega = (S + S'U_{yu})U_m, \quad (22.13)$$

$$I\omega = SU_{ю o} + 0{,}25S'U^2_m\left[1 + 2\frac{U_{ю o}}{U_m}\right]. \quad (22.14)$$

(22.14) ga $U_{yu} = -I_{yu}R_{yu}$ ni qo'ysak, uning ko'rinishi quyidagicha bo'ladi.

$$I_{yu} = [0{,}25S(c' + SR_{yu})]U_m^2 = AU^2_m \quad (22.15)$$

Bu tenglamadan shuni aytish mumkinki, ya'ni detektorlarning detektorlash xarakteristikasi kvadratli qonuniyati bilan o'zgarar ekan.

Agarda signal amplitudasi $U_m = U_{mo}(1 + m\cos lt)$ qonuniyat bilan o'zgarsa (22.15) ga asosan I_{yu} quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$I_{yu} = AU^2m_0(1 + 2m\cos\Omega t + 0{,}5m^2 + 0{,}5m^2 + 0{,}5m^2\cos 2\Omega t).$$

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:

$$K_d = \frac{U_{\Omega}}{mU_{m0}} = \frac{I_{\Omega}R_{yu}}{mU_{mo}} = 2AR_{yu\ m=0.} \qquad (22.16)$$

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.

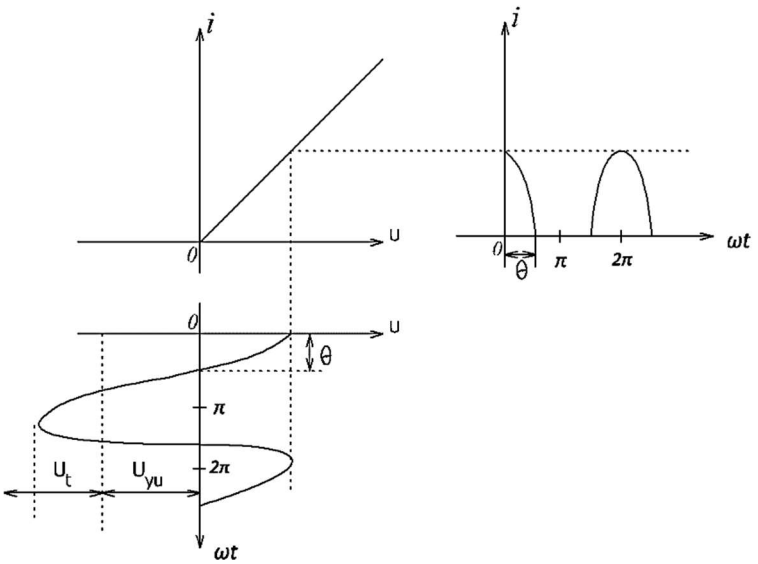
22.5. Kuchli signallarni detektorlar nazariyasi

22.2a-rasmda ko‘rsatilgan detektorni 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 ideallashgan xarakteristikasi quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi.

$$i = \begin{cases} SU \rightarrow U \geq 0; \\ 0 \rightarrow U \leq 0, \end{cases} \qquad (22.17)$$

bu yerda, S – xarakteristikaning tikligi.



22.7-rasm. Detektor tokini kesilishini ko‘rsatuvchi xarakteristika

Agarda diodga modulyatsiyalanmagan signal $U_K = U_m cos\ wt$ ta’sir etsa, dioddagi kuchlanishning ko‘rinishi quyidagicha bo‘ladi.

$$U = U_m\ cos\omega t - U_{yu}\ . \qquad (22.18)$$

22.7-rasmdan ko‘rinib turibdiki, tok Θ burchak asosida qirqilgan. Bu yerda Θ ni kesish burchagi deb ataladi. Bu burchak quyidagi munosabatdan topiladi,

$$U = U_m cos\Theta - U_{yu} = 0, \qquad cos\Theta = U_{yu}/U_m\ . \qquad (22.19)$$

Tenglama (19.19) ni hisobga olsak, tenglama (21.18) quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi.

$$U = U_m(cos\omega t - cos\Theta). \qquad (22.20)$$

Tenglama (21.17) ga asosan

$$i = \begin{cases} SUm(cos\,\omega\,t - cos\,\Theta \rightarrow \omega t \prec 0; \\ 0 \rightarrow \omega t \succ 0, \end{cases} \qquad (22.21)$$

bo‘ladi.

Bu tenglamadan detektorlarning detektorlash toki topiladi.

$$Iyu = \frac{1}{\pi}\int_0^{\Theta} i(\omega t)d(\omega t) = \frac{1}{\pi}\int_0^{0} Sum(\cos\ yu + -\cos\Theta)d\omega t = \frac{Sum}{\pi}(\sin\Theta - \Theta\cos\Theta)\cdot \qquad (22.22)$$

Kesish burchagini topish uchun tenglamani har ikki tomonini R_{yu} ga ko‘paytiramiz.

$$U_{yuk} = \left(\frac{SR_{yuk}}{\pi}\right) U_m(S_m\Theta - \Theta cos\Theta). \qquad (22.23)$$

yoki tenglama (19.19) ni tenglama (19.23) gu qo‘ysak,

$$tg\Theta - \Theta = \frac{\pi}{SR_{yuk}} \qquad (22.24)$$

kelib chiqadi.

Bu tenglamalarga asosan shuni aytish mumkinki, ya’ni Θ o‘zgarmasa mutasil 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 detektorlarni chiziqli detektorlar deb ataladi.

Chiziqli detektorlarning uzatish koeffitsiyenti quyidagicha topiladi

$$K_d = \frac{U_\Omega}{mU_{m0}} = cos\Theta. \qquad (22.25)$$

Agarda qirqish burchagi kichik bo‘lsa, detektorlarning kirish o‘tkazuvchanligi

$$G_\Omega \approx 2/R_{yuk} \qquad (22.26)$$

ga teng bo‘ladi. Parallel detektorlarda esa, u

$$G_{\Omega par} \approx G_{\Omega} + 1/R_{yuk} \approx 3/R_{yuk} \qquad (22.27)$$

ga teng bo‘ladi. Demak parallel detetkorlarning kirish o‘tkazuvchanliklari ketma-ket detektorlarnikidan katta bo‘lar ekan.

Ayrim detetkorlarda 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 qarshilikga ta’sir etib, uning qiymatini o‘zgartirib yuboradi, bunday hollarda detektorning kirishidagi o‘tkazuvchanlik quyidagicha topiladi

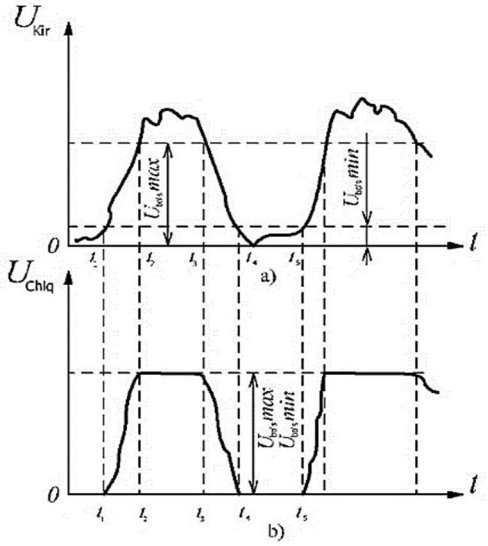
$$G_{\Omega} = \frac{(3R_{yuk}+2R_g)}{R_{yuk}R_{To'l}}. \qquad (22.28)$$

22.6. Amplitudaviy cheklagichlar. Cheklagichlar turlari

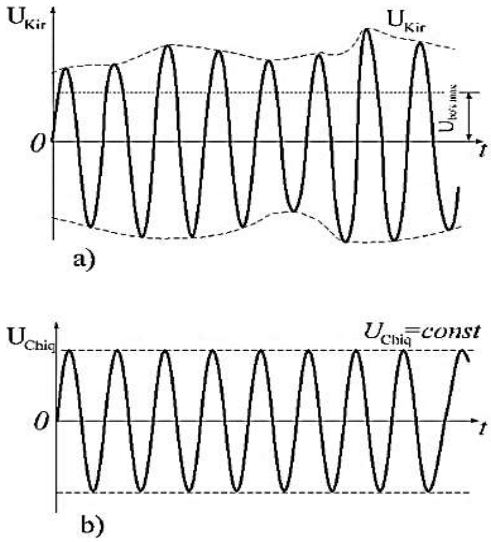
Cheklagich deb ma’lum chegaralarda kirish kuchlanish o‘zgarganda chiqish kuchlanishini o‘zgarmas bo‘lishini ta’minlaydigan qurilmaga aytiladi.

Barcha cheklagichlarni oniy qiymatlar cheklagichlari va amplitudaviy cheklagichlarga bo‘lish mumkin. Oniy qiymatlar cheklagichlarida chiqishdagi minimal va maksimal kuchlanishlar qiymatlarini o‘zgarmas bo‘lishi ta’minlanadi. 22.8,a-rasmda ikki $U_{bo's.maks}$ va $U_{bo's.min}$ bo‘sagaviy 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 vakt 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 bulgan vaqt intervallarida U_{chiq} kuchlanishi U_{kir} kuchlanishi shaklini takrorlaydi.

Oniy qiymatli cheklagichlarining afzalligi quyidagicha: chiqish kuchlanishini shakli kirish kuchlanishdan farq qiladi; U_{chiq} kuchlanishi qoidaga ko‘ra o‘zgarmas kuchlanishli oraliqqa ega bo‘ladi.



22.7-rasm. Cheklagich kirishida va chiqishidagi kuchlanishlarni shakli

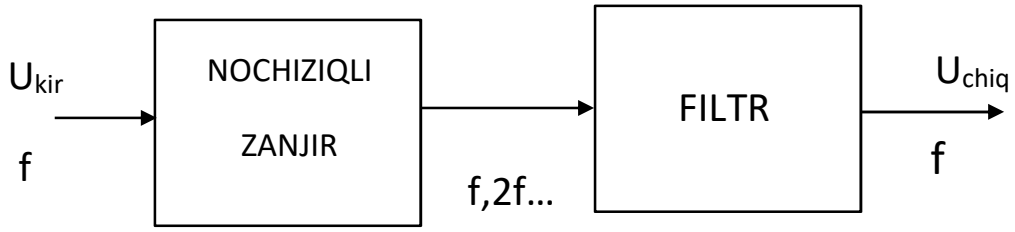


22.8-rasm AM cheklagichlarni kirishida va chiqishidagi kuchlanishlar diagrammasi

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 buzuqliklar kiritmaydi.

Mavjud bo‘lgan chastotali detektorlarni chiqishidagi kuchlanish bir vaqtni 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 qilgichlarni 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 tebranishini 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.



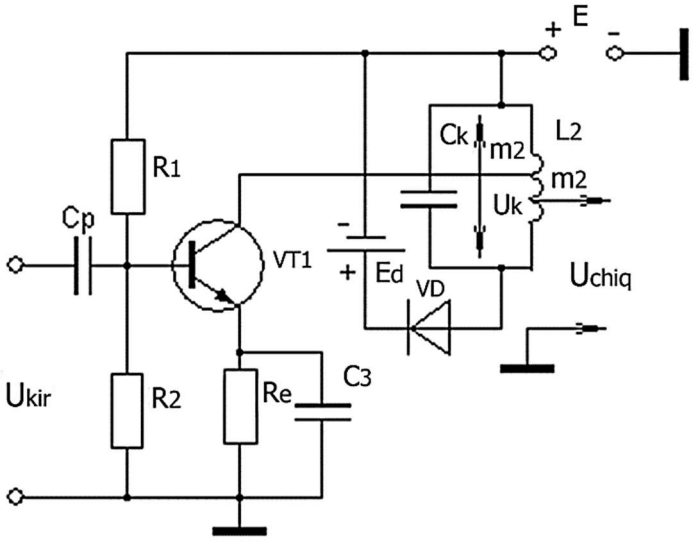
22.9- rasm. Amplitudali cheklagichni strukturaviy sxemasi

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 urniga RC-zanjirdan foydalanishi mumkin (avtomatik siljitishli sxema), E_d kuchlanish konturda kuchlanishni detektorlash natijasida olinadi. Vakt buyicha doimiy $r = RC$ yetarlicha katta tanlanadi, u xolda konturda kuchlanish o'zgarganida E_d kuchlanish deyarli o'zgarmaydi.

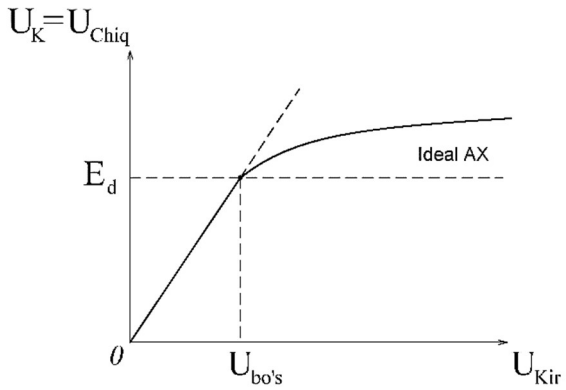
Diodli AChning ishlash usuli quyidagicha. Agar konturdagi kuchlanish $U_k < E_d$ bulsa, u holda VD diod yopik va konturga ta'sir qilmaydi. Bu holda sxema oddiy kuchaytirgich sifatida ishlaydi va $U_k = K_0' U_{kir}$, bu yerda $K_0' = U_k / U_{kir}$. Agar $U_k > E_d$ bo'lsa, u holda diod ochiladi, uning 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 kuchlanishni deyarli o‘zgarmas bo‘lishini ta’minlaydi.



22.10-rasm. Diodli amplitudali cheklagichni 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. Cheklagichni 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 gorizontal chiziq). ACh amplitudaviy xarakteristikasining shakli $R_{ekv} \cdot d_d$

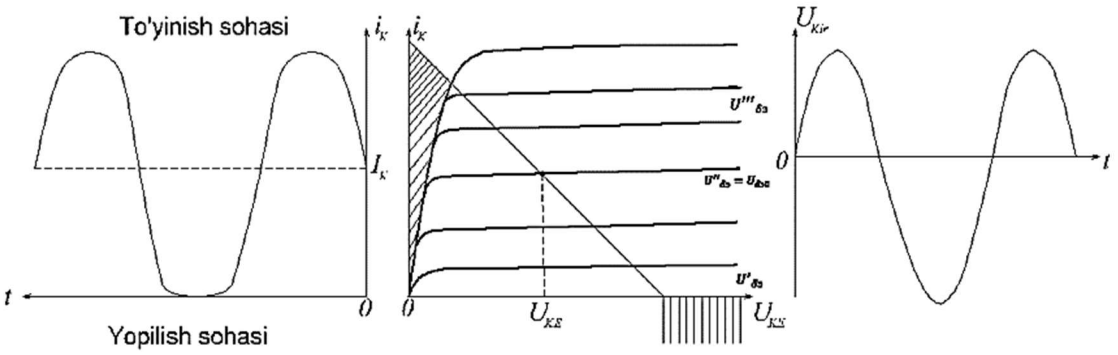
ko‘paytmaga bog‘lik, bu yerda d_d –diodning kirish o‘tkazuvchanligi. $R_{ekv} \cdot d_d$ ko‘paytma qanchalik katta bo‘lsa, AX idealga shunchalik yaqin bo‘ladi.

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 nochiziqli rejimda ishlaydi, buning uchun E kollektor kuchlanishini 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 soxalarining mavjudligi keltirib chiqaradigan kollektor tokining ikkiyoklama kesilishi vujudga keladi. Bunda I_k tok maksimum va minimum bo‘yicha cheklangan bo‘ladi;



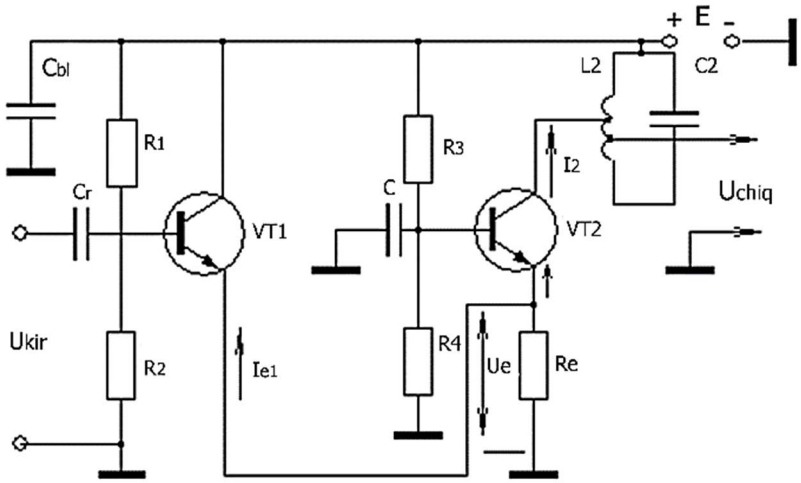
22.12-rasm. Tranzistorni chiqish xarakteristikasidagi dinamik xarakteristika

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

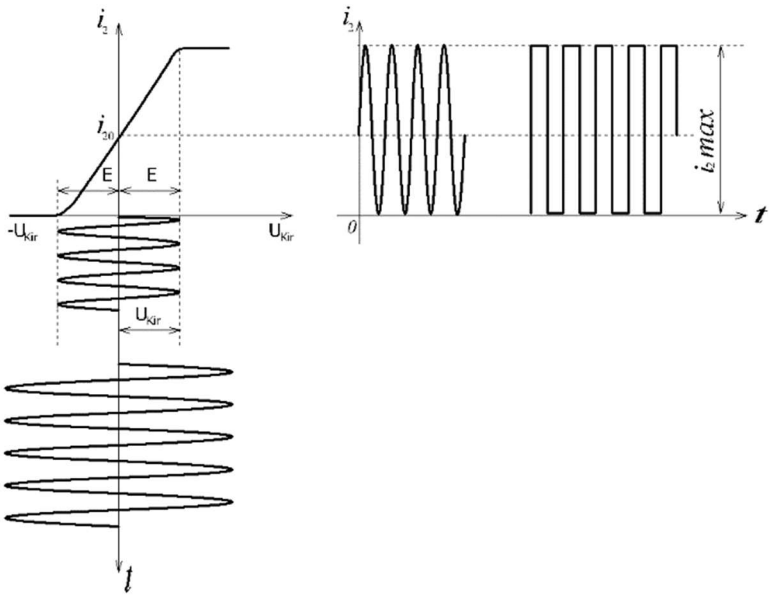
sekinlashadi, bu ma'lum chegaralarda U_{chik} chiqish kuchlanishini o'zgarmas bo'lishini ta'minlaydi.

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 satxlarida I_k tokning diagrammalari 22.14-rasmda keltirilgan.



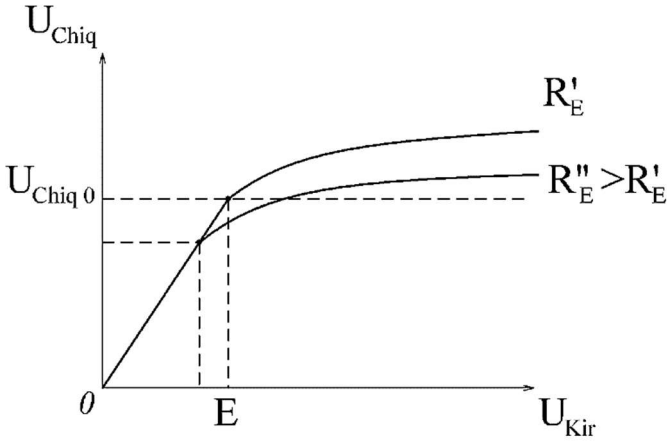
22.13-rasm. Ikki tranzistorli va umumiy R_e rezistorli AChni sxemasi



22.4-rasm. Kirish kuchlanishining turli satxlarida 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} vai_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 yopik) musbat potensialning istalgan ortishida i_2 tok o‘zgarmaydi, i_{2max} ga teng ushlab turiladi. Yopik VT1 tranzistoridagi i_2 tok R_3, R_4 va R_e rezistorlar qarshiliklari orqali aniqlanadi.

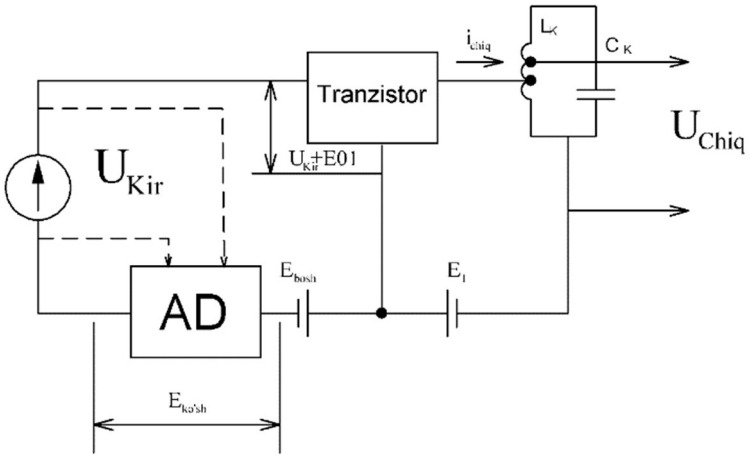
U_{kir} kuchlanishi nolga nisbatan kamaydi deb olsak, ya’ni VT1 tranzistor bazasiga manfiy potensial berildi deb xisoblaymiz. Bunda i_{e1} tok va U_e kuchlanish ortadi, VT2 tranzistor yopila boshlaydi i_{e2} tok kamayadi; VT1 tranzistor bazasidagi manfiy potensialning qandaydir qiymatida VT2 tranzistor to‘lik yopiladi va i_2 tok nolgacha kamayadi. Keyin VT1 tranzistor bazasidagi manfiy potensial qanchalik ortmasin VT1 tranzistor ochiq, VT2 tranzistor yopik 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 bulsa i_2 tokni ikki tomonlama kesimi paydo bo‘ladi, i_2 tok birinchi garmonikasining amplitudasi U_{kir} kuchlanishining o‘sishiga nisbatan sekinrok ortadi. Agar U_{kir}>> E bo‘lsa, i_2 tokning birinchi garmonikasi deyarli o‘zgarmas amplitudali to‘gri burchakli impulslar shaklida bo‘ladi. Bularning hammasi 22.15-rasmda ko‘rsatilgan cheklagich amplitudaviy xarakteristikasini ko‘rinishini belgilaydi.



22.15-rasm. Amplitudaviy cheklagichni amplitudaviy xarakteristikasini ko‘rinishi

$U_{kir}=E$ bulganda cheklagich chikishidagi $U_{chik0}=0,5\ i_{max}R_{ekv}$ bo‘ladi. Bu yerda R_{ekv} chikish 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.

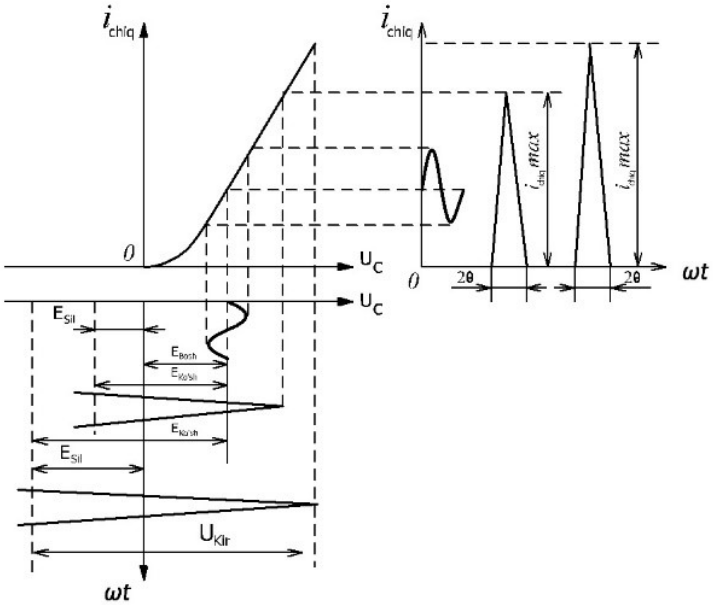
O‘zgaruvchan siljitilishi amplitudaviy cheklagich 22.16-rasmda keltirilgan.



21.16-rasm. O‘zgaruvchan siljitilishi amplitudaviy cheklagich

Tranzistorning ishlash rejimi uchta $E_{ko‘sh}$ ta’minot manbalari E_1 , 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.

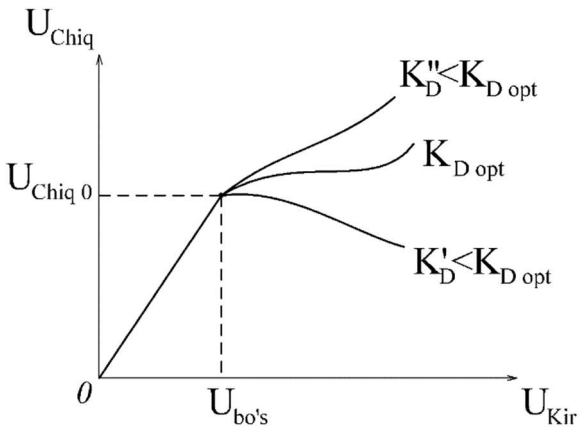


22.17-rasm. O‘zgaruvchan siljitilishi cheklagichni ishlash diagrammasi

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} kuchlanishiningkatta 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 θburchakning kamayishi hisobiga kamayadi, ma’lum sharoitlarda tokning I_m birinchi garmonikasi amplitudasi deyarli o‘zgarmaydi.



22.18-rasm. O‘zgaruvchan siljitishli cheklagichni amplitudaviy xarakteristikasi

O‘zgaruvchan siljitishli cheklagichni amplitudaviy xarakteristikasi 21.18-rasmda keltirilgan AD uzatish koeffitsenti $K_D=K_{D.ort}$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.

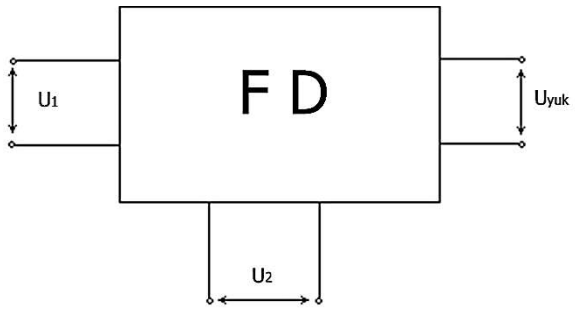
22.9. Fazaviy detektor va ularning turlari

Fazaviy detektorlar – FD, fazalari bo‘yicha modulyatsiyalangan signallarning kuchlanishini modulyatsiyalashtirgan nisbatan past chastota signal kuchlanishining qonuniyati bo‘zgartib beradi.

Detektorlarni kutblariga quyidagi signal,

$$U_1 = Um_1 \cos(\omega 1t + \varphi_1); \qquad U_2 = Um_2 \cos(\omega 1t + \varphi_2) \qquad (22.29)$$

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 xosil bo'ladi.

$$Un = KUm_1Um_2 \cos [(\omega_1 - \omega_2)\tau + (\varphi_1 - \varphi_2)] = KUm_1 \cdot Um_2 \cos \varphi, \quad (22.30)$$

bu yerda, K – mutanosiblik koeffitsiyenti,

U – fazalar ayirmasining oniy qiymati. Buni ikkita tarkibiy qismdan, ya'ni U_w $(w_1 - w_2)$ va $U_0 = (U_1 - U_2)$ lardan tashkil topgan deb qarash mumkin. Bulardan birinchisi U_1 va U_2 larning fazalarini ayirmasi, ikkinchisi esa ularning boshlang'iya 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.

$$Un = KUm_1Um_2 \cdot \varphi$$

ga teng bo'ladi.

FD larning asosiy xarakteristikasi tenglama (21.30) dan topiladi. u xarakteristika 19.20-rasmda ko'rsatilgan.

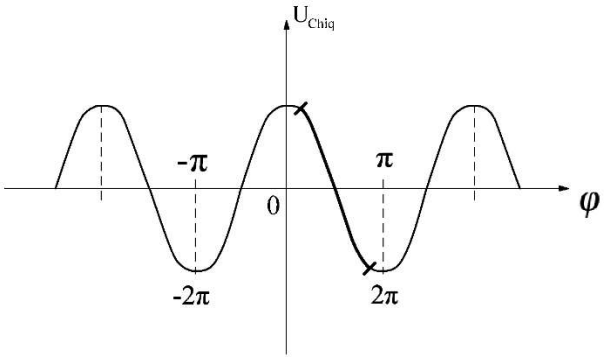
FD larning asosiy parametrlari quyidagilardir:

- xarakteristika tikligi

$$S_{FD} = \frac{dU_\Omega}{d\varphi} / max, \quad (22.31)$$

- kuchlanish bo‘yicha uzatish koeffitsiyenti

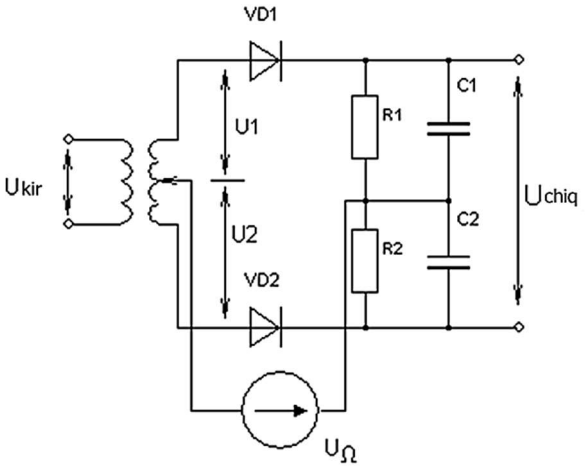
$$K_{FD} = U_{\Omega max}/U_m. \qquad (22.32)$$



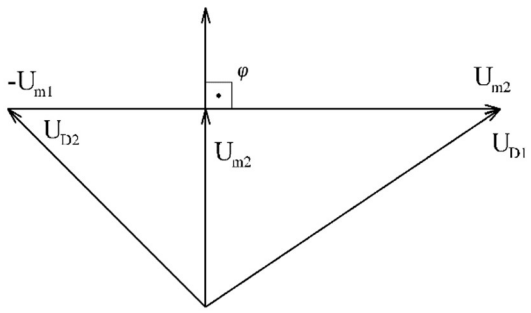
22.20-rasm. Fazali detektorni xarakteristikasi

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_1qarama – qarshi fazali bo‘lib, ikkinchisi U_2sinfazlidir. Diodga tushayotgan kuchlanishning qiymatini 22.22 –rasmda ko‘rsatilgan vektor diagrammasi orqali topiladi.



22.21-расм. Фазали детектор схемаси



22.22-расм. Фазали детекторни вектор диаграммаси

Diod va uni qutblaridagi kuchlanishni vektor diagrammasi bo‘yicha quyidagilarga teng bo‘ladi

$$U_{D1} = \sqrt{U^2m_1 + U^2m_2 + 2Um_1Um_2cos\varphi},$$

$$U_{D1} = \sqrt{U^2m_1 + U^2m_2 + 2Um_1Um_2cos\varphi}.$$

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 KD – amplitudaviy detektorni uzatish koeffitsiyentidir. Tenglama (22.33) ga asosan natijaviy kuchlanish quyidagicha ifodalanadi:

$$Ur = (U_{Д1} - U_{Д2})R_Д = K_Д(\sqrt{U^2m_1 + U^2m_2 + 2Um_1}Um_2\cos\varphi - \sqrt{U^2m_1 + U^2m_2 - 2Um_1}Um_2\cos\varphi.$$

Agarda $U_{m2} > U_m^1$ bo‘lsa, tenglama (22.34) dagi U_{m2}ni qavsdan tashqari chiqarib, $(U_m / U_{m2})^2 <<)$ biridan kichik bo‘lganligi uchun uni hisobga olmasak quyidagi tenglamani olamiz.

$$U\varphi = K_DUm_2\left[\left(1 + 2\frac{Um_1}{Um_2}cos\varphi\right)^{0,5} - \left(1 - 2\frac{Um_1}{Um_2}cos\varphi\right)^{0,5}\right]. \qquad (22.35)$$

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 mumkin-ki, xulosa qilib ularning xaraktristikalari 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 detektorlarni amplitudasi bo‘yicha modulyatsiyalashtiradigan

detektor sifatida ishlatish mumkin. Odatda bunday vazifani o‘taydigan detektorlarni 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.

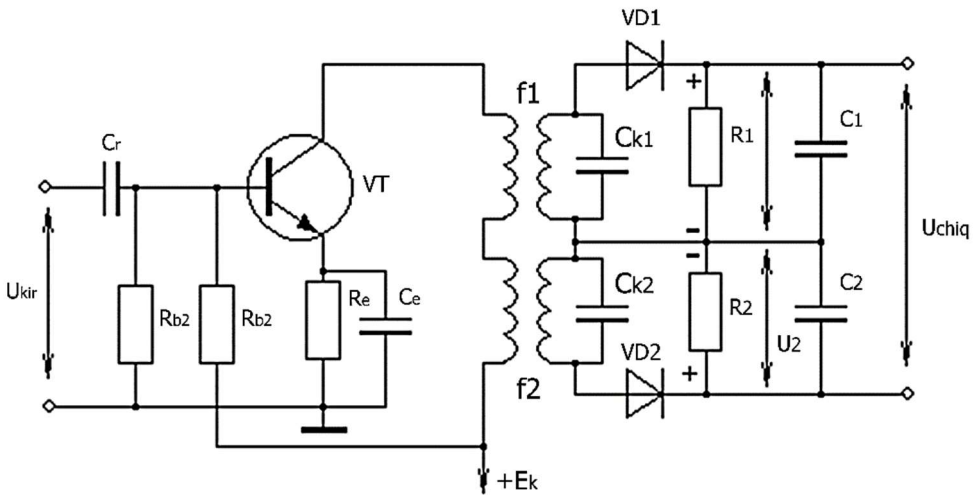
ChD larning asosiy parametri

$$S\varphi_{1D} = \frac{dU_r}{df} / f = f_0, \qquad (22.37)$$

xarakteristika tikligidir.

Kirish kuchlanishi o‘zgarmay qolganda chiqishdagi kuchlanishning chastotaga bog‘liqligi ko‘rsatdigan ko‘rsaatgich 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 $f_1 = f_0 + \Delta f_o$ ikkinchisi esa $f_2 = f_0 - f_o$ chastotalarda rezonans saqlangan. Demak har ikki kontur bir-biriga nisbatan garchi simmetrik bo‘lsada, 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 kuchlanishini ortib borishiga, ikkinchi konturning kuchlanishini 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 kuchlanishini ortib borishiga, birinchi konturning kuchlanishini kamaya borishiga sababchi bo‘ladi. Konturlarning kuchlanishi amplitudaviy diod detektoriga beriladi. Natijaviy kuchlanish konturlardagi ikki kuchlanishning o‘zaro ayirmasi natijasida hosil bo‘ladi. Uni quyidagicha ko‘rsatiladi:

$$U\varphi = U_1 - U_2, \qquad (22.38)$$

bu yerda, KL – diod detektorining uzatish koeffitsiyenti.

Tenglama (19.38) ni konturlar uchun yozsak u quyidagilarga teng bo‘ladi

$$U_{кко\ 1} = U_0 / \sqrt{1 + (2\Delta f_1 / f_1 d_{э1})^2} = U_0 / \sqrt{1 + (\xi_d - \xi_1)^2}, \qquad (22.39)$$

$$U_{кон\ 2} = U_0 / \sqrt{1 + (2\Delta f_2 / f_2 d_{э2})^2} = U_0 / \sqrt{1 + (\xi_{02} = f_1)^2}, \qquad (22.40)$$

bu yerda, $\Delta f_1 = \Delta f_0 - \Delta f; \Delta f_2 = \Delta f_0 - \Delta f$ signal chastotasi Δfga og‘gan paytdagi konutrlarning absolyut nosozlanganligini ko‘rsatadi.

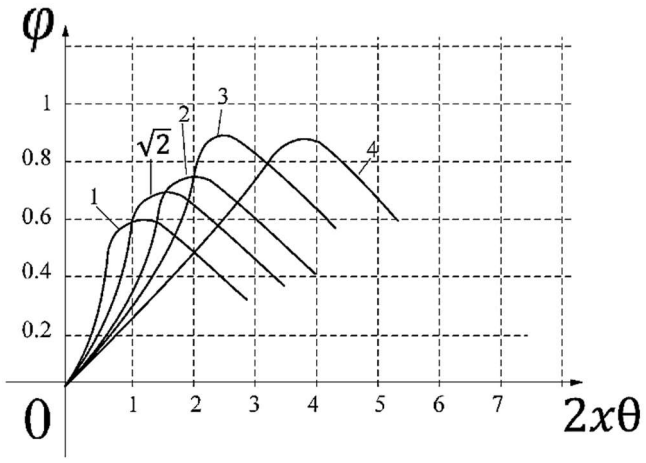
Yuqorida aytilgan fikrlarni hisobga olinsa va tenglama (21.39), (21.40) larni (21.38) ga qo‘ysak, detektorlarning chiqishidagi kuchlanish uchun ifoda kelib chiqadi

$$U_{\varphi} = m_{1m} U_k / \left| \dot{Y}_{21} \right| \cdot R_{ээ\,Д} \varphi(\xi), \qquad (22.42)$$

bu yerda,

$$\varphi(\xi) = 1 / \sqrt{1 + (\xi_0 - \xi)^2}, \qquad (22.43)$$

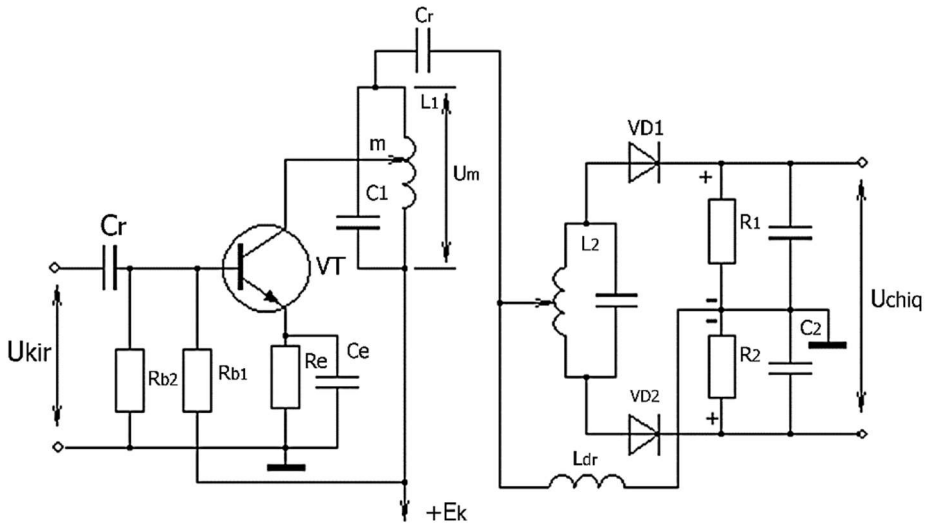
- detektorning normallashtirilgan xarakteristikasi. Bu xarakteristika 22.24 – rasmda ko‘rsatilgan.



22.24-rasm. Detektorni normalashtirilgan xarakteristikasi

Yuqorida biz ChAD lar bilan tanishdik. Endi ChFD lar bilan qisqacha tanishib chiqamiz.

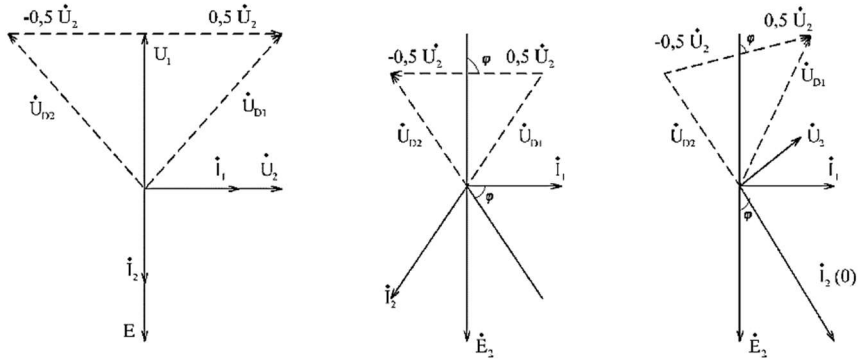
Tarkibida o‘zaro bog‘liqli konturi bo‘lgan ChD larni, ChFD lar deb ataladi. Bunday detektorlarning sxemasi 22.25-rasmda ko‘rsatilgan.



22.25-rasm. Chastota fazoviy-detektorni sxemasi

Sxemadagi L_1C_1 va L_2C_2 konturlar signalni o‘rtacha chastotasiga sozlangan bo‘lib, ular modulyatsiya o‘zgartgichlari vazifasini o‘taydi. Modulyatsiya bo‘lmaganda ikkinchi konturning kuchlanishi U_2, birinchi konturning kuchlanishi U_1 ga qaraganda 90^0 ga oldingga iljigan bo‘ladi. Chastota bo‘yicha modulyatsiya jarayoni boshlanganda U_1 va U_2lar bir-birlaridan fazalar siljish burchagi U ga siljigan bo‘ladi. Chastota bo‘yicha modulyatsiya jarayoni boshlanganda U_1 va U_2bir-birlaridan fazalar siljish burchagi Uga 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 ishni U_1 dan boshlanadi (22.26a-rasm). G‘altak L_1 va L_2 fazalari bo‘yicha U_1 dan 90^0 a qolib ketadi. Bu tok ikkinchi konturda elektromagnit induksiyasi qonuniga asosan elektr yurituvchi kuch $E = - jwMI_1$ 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 90^0 ga ilgarilab ketadi. Shu sabab rezonans chastotasida U_1 va U_2lar bir-birlaridan fazalari bo‘yicha 90^0 ga farq qilgan bo‘ladi.



22.26-rasm. ChFD ni vektor diagrammasi

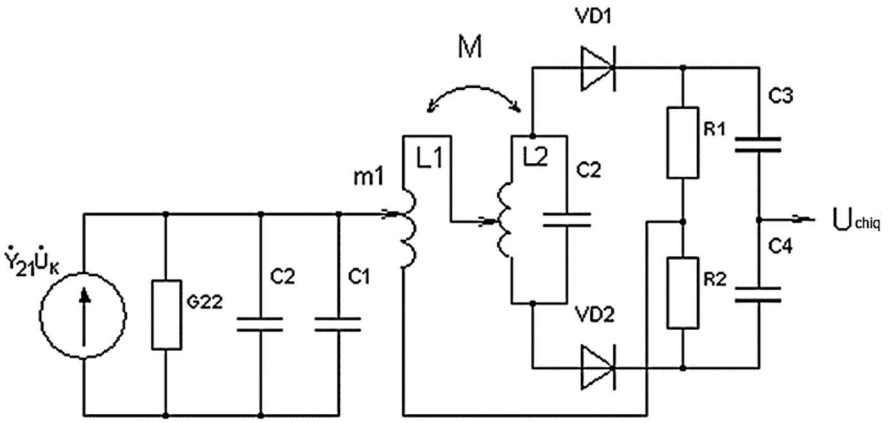
Agarda signal chastotasi rezonans chastotasidan katta bo‘lsa, ya’ni $f_c > f_0$ tok I_2 EYuK dan 90^0 bu rchagiga qolib ketadi (22.26,b-rasm). Bunga sabab, ikkinchi koturning qarshiligi induktiv xarakterga ega bo‘lganligidir. Kuchlanish U_2 xamon tok I_2 ning fazasidan 90° ga ilgarilama ketgan bo‘laveradi. Shu sabab U_2 kuchlanish U_1 dan 90° dan katta bo‘lgan burchakka ilgarilab ketadi. Xudi shunday, agarda $f_c < f_o$ bo‘lsa,U_1 vaU_1 lar orasidagi burchaklar farqi 90^0 dan kichik bo‘ladi (22.26,v-rasm). Shunday qilib chastotaning o‘zgarishi birinchi va ikkinchi konturlar kuchlanishlarining fazalari orasidagi siljish burchagini o‘zgarishiga olib kelar ekan. Bu kuchlanish fazaviy detektor doidiga beriladi. Bu yerda kuchlanish U_1 doidga sinfazli bo‘lib, u tayanch kuchlanishi vazifasini bajaradi. Bu kuchlanish kondensator Cp qutblaridan chiqarib olinadi, kuchlanish U_2 esa, doidga qarama-qarshi fazada qo‘yilgan bo‘ladi. har bir doiddagi kuchlanish birinchi kontur kuchlanishi bilan ikkinchi kontur kuchlanishining yarmini geometrik yig‘indisi orqali topiladi. Ya’ni $U_\varphi = (\left|\dot{U}_{Д1}\right| \cdot \left|\dot{U}_{Д2}\right|)K_Д$

Detektor chiqishidagi kuchlanish esa to‘g‘rilangan kuchlanishlar ayirmasiga tengdi, 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.

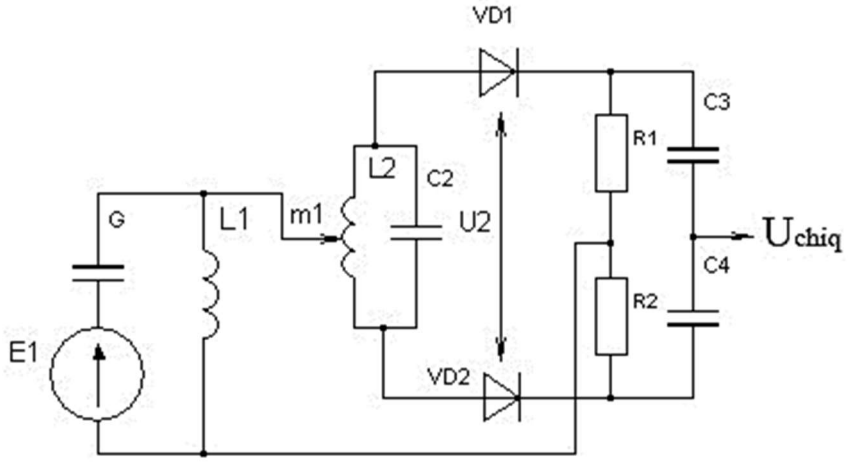
22.11. Chastotaviy detektorlarning tahlili

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 chiqishini ekvivalent o‘tkazuvchanligi $U_{22}(G_{22} + jwC_{22})$ 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‘zgartamiz. 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, $S = S_1 + m_1^2 S_{22} + Su$

Kirxgof qonuniga asosan tenglamalar tizimini tuzamiz:

$$\dot{E}_1 = \dot{I}_1 \dot{Z}_1 - I_2 jwM, \qquad (22.44)$$

$$\dot{O} = \dot{I}_2 \dot{Z}_2 - I_1 jwM$$

Bu tenglamalarni tokga nisbatan yechamiz.

$$\dot{I}_1 = E_1 Z_2 /(Z_1 Z_2 + w_2 M_2)\ , \qquad (22.45)$$

$$\dot{I}_2 = E_2 jwM\ //(Z_1 Z_2 + w_2 M_2),$$

bu yerda,

$$\dot{Z}_1 = p_1(dэ_1 + jy) \cdot \dot{Z}_2 = p_2(dэ_2 + jy) \qquad (22.46)$$

- konturning qarshiligi.

Doid qutblaridagi kuchlanishlarni topamiz.

$$\dot{U}_{Д1} = \dot{I}_1\ jwL_1 + 0{,}5 I_2 jwL_2\ , \qquad (22.47)$$

$$\dot{U}_{Д2} = \dot{I}_1\ jwL_1 - 0{,}5 I_2 jwL_2\ .$$

Kontur parametrlari bir xilda deb faraz qilamiz, ya'ni:

$$C_1 = C_2 = C, \qquad L_1 = L_2 = L, \qquad de_1 = de_2 = de.$$

Tenglama (22.45) va (22.46) larni tenglama (22.47) ga qo'yamiz.

Agar W_0 / W = 1 ning qiymati hisobga olsak, doid qutblaridagi kuchlanishlar kelib chiqadi, ya'ni

$$\dot{U}_{D1} = m_1 \dot{У}_{21} = \rho Uk \frac{d + j(У + 0{,}5R)}{(d + jУ)_2 + R^2}\ , \qquad (22.48)$$

$$\dot{U}_{D2} = m_1 \dot{У}_{21} Uk\rho \frac{d + j(У - 0{,}5R)}{(d + jУ)_2 + R^2}\,. \qquad (22.49)$$

Doid qutblaridagi U_D va U_D larning modullarini topib, ularga ma'lum o'zgartishlar kirtib, detektor chiqishidagi kuchlanish topiladi u quyidagilarga tengdir.

$$U\varphi = K_D(|U_{D1}| - |Uz_{D2}|) = m_1 \dot{У}_{21} R ээ Uk_{\ D}\varphi(\xi)\,, \qquad (22.50)$$

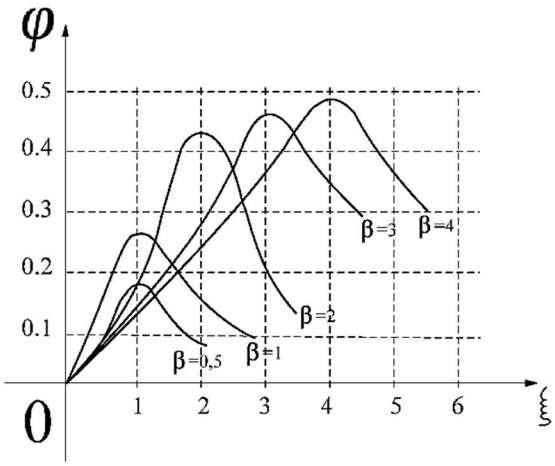
bu yerda,

$$\varphi(\xi) = \frac{\sqrt{1 + (\xi + 0{,}5\beta)^2} - \sqrt{1 + (\xi - 0{,}5\beta)^2}}{\sqrt{(1 + \beta^2 - \xi^2)^2 + \varphi\xi^2}}\,. \qquad (22.51)$$

Tenglamadagi ξ va β quyidagilarga tengdir.

$$\xi = U/\,dj; \qquad \beta = R\,/\,d\,. \qquad (22.52)$$

Quyidagi ξ(φ) bog'lanish detektorlarning normallashtirilgan xarakteristikasidir. Bu xarakteristika koordinat o'qiga nisbatan o'qiga nisbatan simmetrikdir. Bu bog'lanish – 22.29-rasmda ko'rsatilgandir.



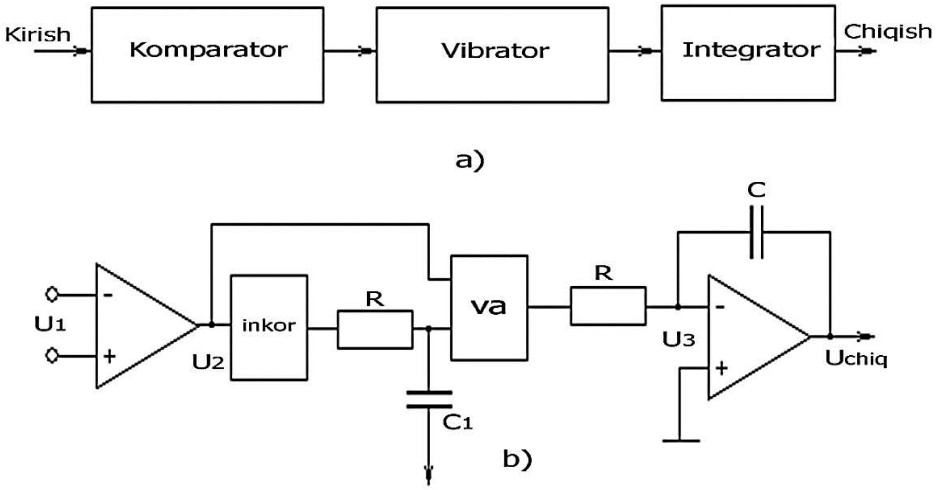
22.29-rasm. Detektorlarning normallashtirilgan xarakteristikalari

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 chiqimdagi kuchlanishni impuls hisoblagichlari orqali ham shakllantirib berish mumkin. Bunday detektorlarni, 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 impulsga 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 meyordaturadi.



22.30-rasm. Impulsli detektorni 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 impulslarni ketma-ketligini o‘rtacha qiymatini shakllantirib beradi. Bunday detektorlarning avzalligi 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 detektorlarni sinxron detektorlari deyiladi?
6. Detektorni 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 qurilmasini samarali ishlashini oshirish uchun ularga qulay sharoit yaratiladi. Qurilmalarga ishlash sharoitlarini yaxshilash uchun u qurilmalarni tashkil etgan elementlarni qiymatlarini, asosiy ko'rsatgichlari va ularning xossa va xususiyatlari turli yo'llar bilan rostlanadi. Rostlash usullari turlichadir. Lekin ular qanday bo'lmasin rostlash usullarini ikki katta guruhga ajratiladi.

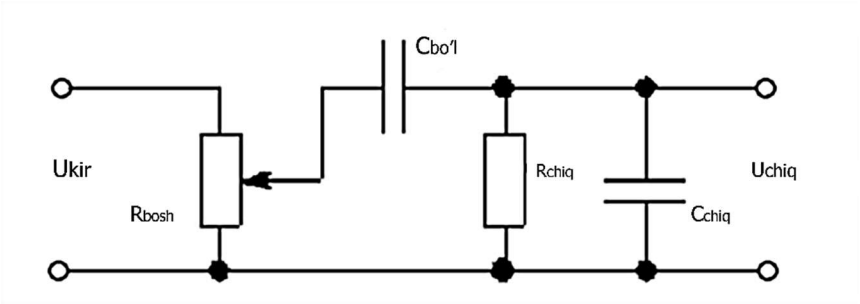
Birinchi guruhga kiruvchilikni parametrlarini rostlash usullari kiradi. Parametlarni rostlash usullari orqali radiopriyomniklarning chastota va fazaviy xarakteristikalari kerakli me'yorda shakllantiriladi vashu yo'l bilan radio qabulqilish qurilmalarini samarali ishlash qobilyatini orttiradi.

Ikkinchi guruhga qabul qilish qurilmalarini elementlarini elektr rejimlarini rostlash usullari kiradi.

Rostlashning birinchi guruhiga signalarni qabul qilish qurilmalarini chastotasi, tanlovchanligini, chastota o'tkazish yo'llarini rostlash kiradi. Rostlashning ikkinchi guruhiga esa elektron asboblarning oldindan tanlanilgan 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 hakozolar kiradi. Bu ikki guruhdan tashqari rostlash ishlab chiqarish texnologik va ekspluatatsion guruhlarga 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 koeffitsiyentini rostlash

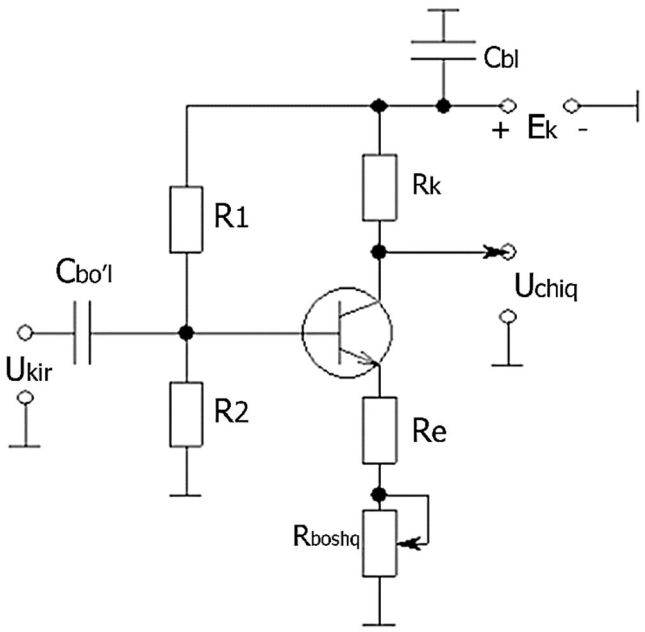
Kuchaytirish koeffitsiyentini rostlash qo‘lda va avtomatik tarzda bajarilishi mumkin. Qo‘lda rostlash asosan past chastotali (tovush) va video chastota traktlarida amalga oshiriladi. Tovush kuchaytirgichlarida ovozni past yoki baland qilish, potensiometr yordamida rostlanadi (23.1-rasm).



23.1-rasm. Potensiometr orqali ovozni boshqarish

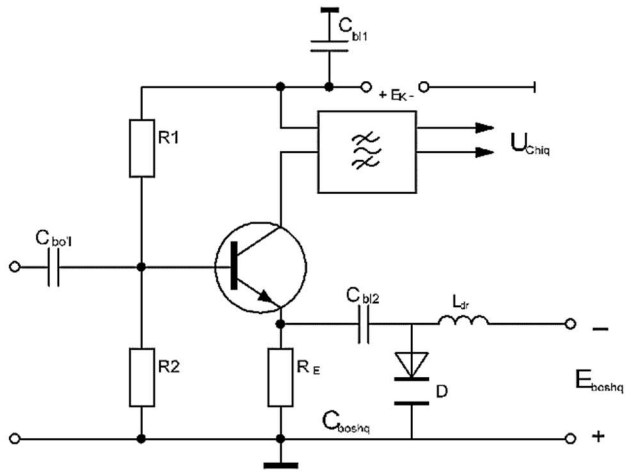
Boshqaruvchi qarshilik (potensiometr) detektorni chiqishi va past chastotali kuchaytirgichni orasiga qo‘yiladi. Bundan tashqari keng polosali kuchaytirgichlarda (videosignal kuchaytirgichlari) kuchaytirishni o‘zgartirish, boshqariluvchi manfiy teskari aloqa orqali ham amalga oshirilishi mumkin (22.2-rasm). R_{boshq} qarshilikni o‘zgartirib, manfiy teskari aloqa qiymatini, ya’ni kuchaytirish koeffitsiyentini o‘zgartirish mumkin. Qarshilik ko‘paytirilganda, teskari aloqa ham ko‘payadi va kuchaytirish koeffitsiyenti kamayadi.

Radio va oraliq chastota kuchaytirgichlarida manfiy teskari aloqa vositasida kuchaytirish koeffitsiyentini 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 yopilaboshlaydi, uni sig‘imi kamayadi va buni natijasida manfiy teskari aloqa ko‘paygani tufayli, kuchaytirish koeffitsiyenti kamayadi.



23.3-rasm. Kuchaytirishni varikap orqali boshqarish sxemasi

23.3. Kuchaytirish koeffitsiyentini avtomatik tarzda rostlash

Odatda kuchaytiriish koeffitsiyentini 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 qurilmalarini kirish qismidagi qabul qilinyotgan signal darajasi keng miqyosda o'zgarib turadi. Avtomatik rostlash tizimi, qabul qilgich kirishidagi signal darajasi katta bo'lganda, uni kuchaytirish koeffitsiyentini kamaytiradi va aksincha signal darajasi kichik bo'lganda ko'paytiradi. Buning uchun avtomatik rostlash tizimi tarkibida boshqarish kuchlanishi (E_{boshq}) radiotraktni signal darajasiga bog'liq bo'lgan qurilma bo'lishi kerak. Bunday qurilma sifatida, qabul qilgichni 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 kuchaytirtirish kaskadlariga uzatib, ularni kuchaytirish koeffitsiyentini o'zgartiradi, ya'ni chiqishdagi signal darajasini bir maromda qilib turadi.

Kuchaytirish koeffitsiyenti qabul qiluvchi qurilmalar loyihalanayotgan paytda tanlaniladi. Ammo qabul qiluvchi qurilma ekspluatatsiya qilinayotgan paytda chiqishdagi quvvat keng doirada o'zgarib, oldindan tanlanilgan kuchaytirish koeffitsiyentiga ta'sir etishi mumkin. Ayrim paytlarda kichik signallarni qabul qilishga mo'ljallangan kuchaytirib beradigan kaskadlar behosdan katta qiymatli signallarni qabul qilib qolganda, oldindan tanlanilgan kuchaytirish koeffitsiyenti, nafaqat ortiqcha, balki ziyonli bo'lib qolishi ham mumkin. Bunday paytlarda qabul qilgichni asosiy ko'rsatgichlari yomonlashib ketadi. Shu bois ham har qanday qabul qilish qurilmasidagi kuchaytirgichlarning kuchaytirish koeffitsiyentlari rostlanuvchi bo'lishi kerak. Yuqorida qayd qilingandek, bu

vazifani avtomatik rostlash tizimi (ART) bajaradi. ART quyidagi qismlardan iborat: ART detektori, filtr va boshqariluvchi kuchaytirgich.

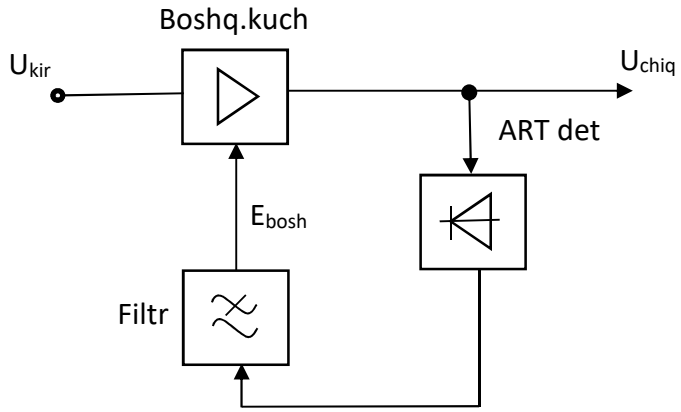
Boshqaruvchi kuchlanishni kuchaytirgiga berilishiga qarab, avtomik rostlash tizimi (ART) uch turda bo‘lishi mumkin: teskari ART, to‘g‘ri ART, kombinatsiyalashgan ART.

Teskari avtomatik rostlash tizimini sxemasi.

Bu sxemada (23.4-rasm) boshqaruvchi kuchlanish E_{boshq} boshqariluvchi kuchaytirgichni chiqish kuchlanishidan hosil qilinadi.

Boshqaruvchi kuchlanish E_{bosh} kuchaytirgichni chiqish qismidan kirish qismi tomon yo‘nalgan bo‘ladi. Shuning uchun bu avtomatik rostlash tizimi teskari ART deyiladi. ART sxemasi faqat detektor va filtrdan iborat bo‘lsa, u xolda u sodda rostlash tizimi bo‘ladi.

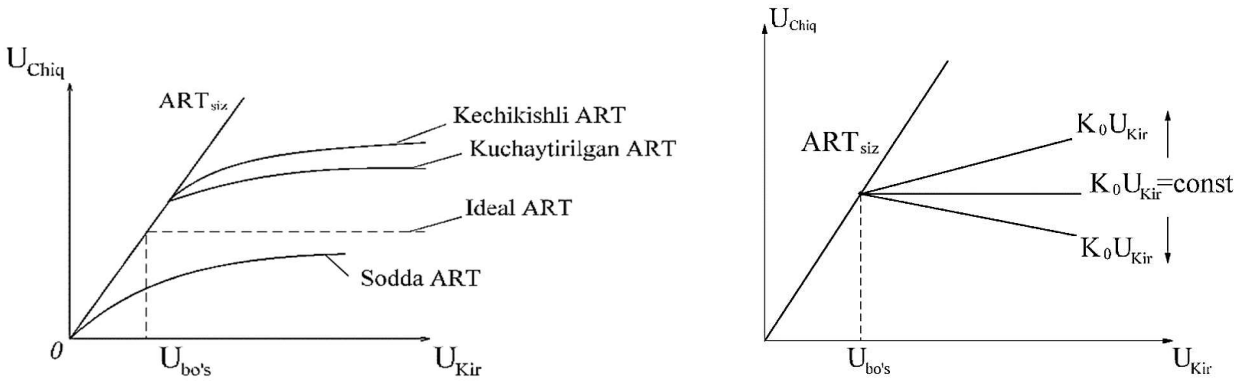
ART zanjiriga detektordan oldin yoki keyin kuchaytirgich ulanishi mumkin. Agar kuchaytirgich detektordan oldin ulansa, u oraliq chastota kuchaytirgichi, keyin ulansa doimiy tok kuchaytirgichi bo‘lishi kerak. Yuqori sifatli qabul qilish qurilmalarida, ba’zi xollarda kuchaytirgich detektordan oldin va keyin ham qo‘yilishi mumkin. Kuchaytirgichi bor rostlash tizimi kuchaytirilgan ART deyiladi



22.4-rasm. Teskari avtomatik rostlashni strukturaviy sxemasi.

Sodda ART tizimini kamchiligi shundan iboratki, u juda kichik signallar qabul qilinganda xam, radiotraktni 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 tizimlarini taqqoslanishni

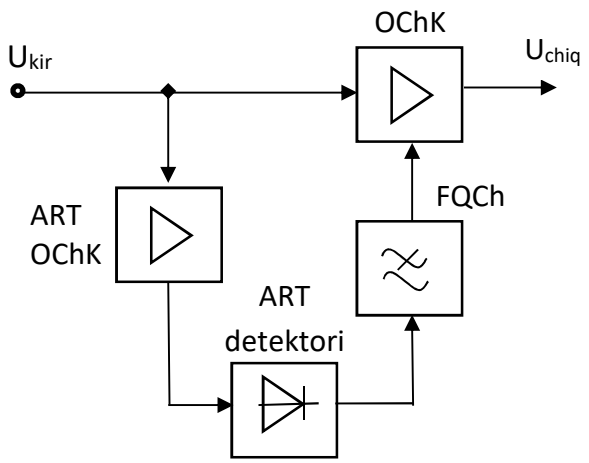
ART zanjiridagi kuchaytirish koeffitsiyenti ko‘paygan sari, uni xarakteristikasi ideal xarakteristikaga yaqinlashadi. Teskari ARTni xususiyatlaridan biri shundaki, uni xarakteristikasi ideal bo‘la olmaydi.

To‘g‘ri avtomatik rostlash tizimini sxemasi

Bunday sxemada rostlash tizimini zanjiri boshqariluvchi kuchaytirgichni kirish qismiga ulanadi (23.6-rasm) Boshqaruvchi kuchlanish E_{bosh}, kirishdagi kuchlanishni detektorlanishi natijasida hosil qilinadi. Kirishdagi kuchlanish U_{kir} ko‘payganda, ART ni detektorini chiqishidagi kuchlanish ham oshadi. Buni natijasida boshqaruvchi kuchlanish E_{bosh} qiymat jixatdan oshib, kuchaytirgichni kuchaytirish koeffitsiyentini kamaytiradi. Chiqishdagi kuchlanish $U_{chiq} = K_0U_{kir}$ ga teng.

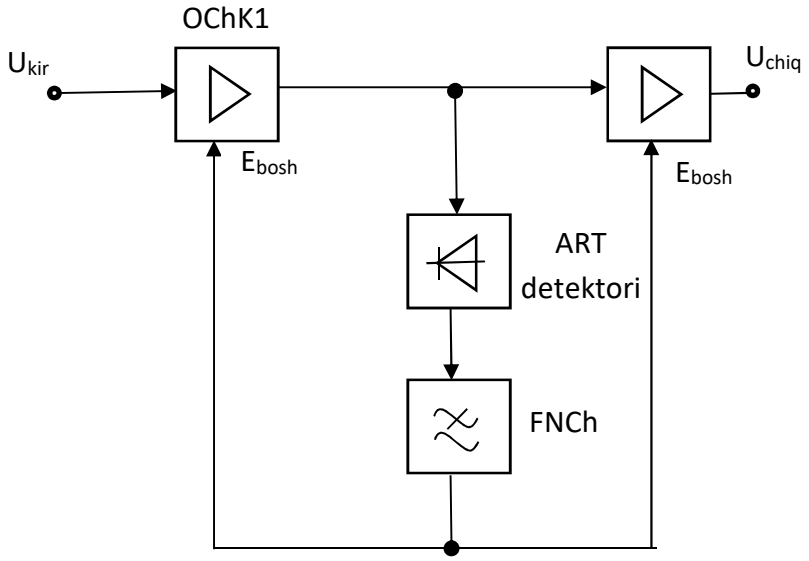
Kirishdagi kuchlanish U_{kir} o‘zgarganda, chiqish kuchlanishi doimiy bo‘lishi uchun, rostlash tizimi kuchaytirgichni kuchaytirish koeffitsiyentini (K_0) kirishdagi kuchlanishga proporsional ravishda o‘zgartiradi.

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

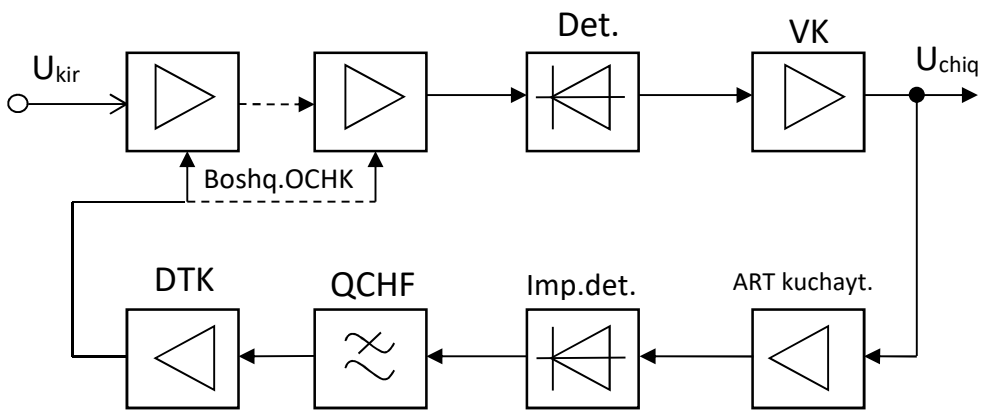
Yuqorida qayd qilingan ART sxemalardan ratsional foydalanish uchun, ularni yaxshi tomonlarini (teskari ARTni yuqori turg‘unligini va to‘g‘ri ARTni ideal xarakteristika olish imkoniyatini) mujassamlantirgan, ya’ni kombinatsiyalashtirilgan usul qo‘llaniladi (23.7-rasm).



23.7-rasm. Avtomatik rostlash tizimini 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, uni asosiy vazifasi birinchi kuchaytirgichni chiqish kuchlanishini rostlab turadi.

Impulsli signallarni avtomatik rostlash tizimini sxemasi 23.8-rasmda keltirilgan.



23.8-rasm. Impulsli signallarni avtomatik rostlash tizimi

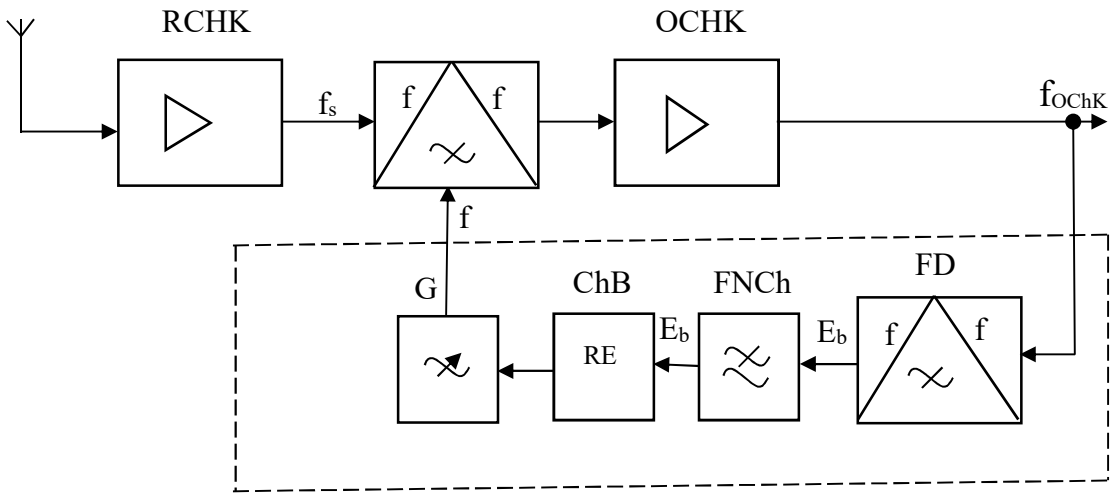
Rostlashtizimi uchunimpulsli radiosignal ikki marta detektorlanadi: avval signal bilan birgalikda umumiy impulsli detektorda, keyin esa ART zanjiridagi detektorda. Video kuchaytirgich (VU) ikkala detektor uchun umumiy bo‘lishi mumkin

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 qili- nayotgan signal (f_{sig}) chastotasini tasodifiy o‘zgarishi, oraliq chastotani ($f_{or} = f_{get} - f_{sig}$) 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 elementni turiga qarab, rostlash tizimi chastotali avtomatik sozlash ChAS va fazali avtomatik sozlash FAS qurilmasi bo‘lishi mumkin. ChAS tizimida o‘lchovchi element rostlash tizimini kirishidagi chastota

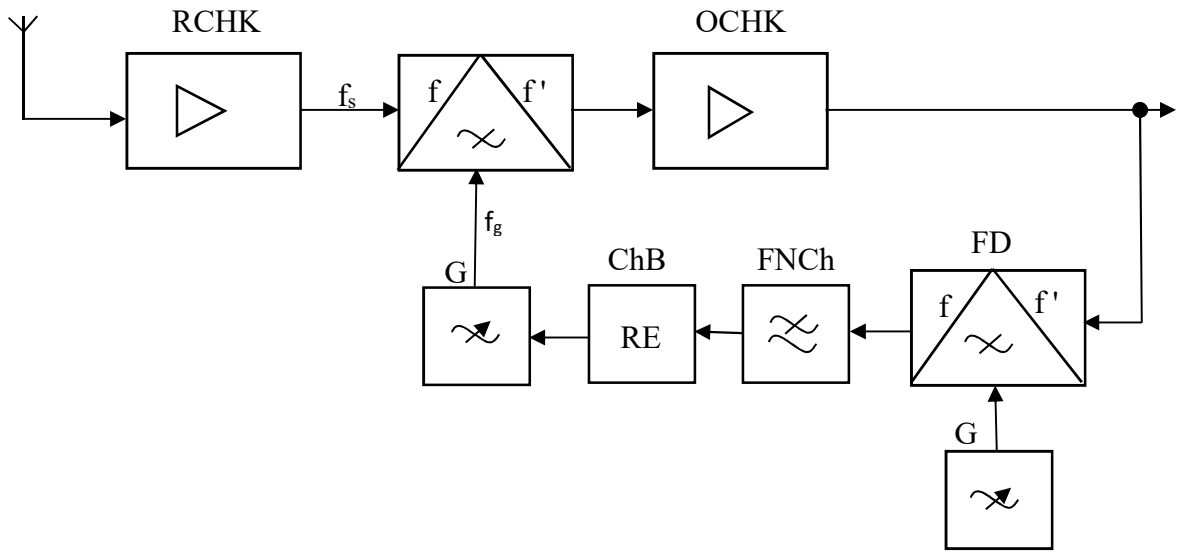
o‘zgarishini kuchlanishini etalon qiymatdan qanchalik farq qilishini o‘lchaydi. Bu xolda o‘lchovchi element sifatida chastotali detektor ishlatiladi (23.10-rasm).



23.9-rasm. Chastotali avtomatik sozlash tizimi

Chastotali detektor berilgan nominal oraliq chastotaga (f_{ochk0}) sozlanadi. OChKni chiqishidagi oraliq chastota (f_{ochk}) bu nominal chastotaga teng bo‘lsa, ya’ni $f_{ochk} = f_{ochk0}$ chastotali detektorni chiqishidagi kuchlanish nolga teng bo‘ladi. OChKni chiqishidagi oraliq chastota (f_{ochk}) bu nominal chastotadan farqlansa, detektorni chiqishidagi kuchlanish nosozlik qiymatiga proporsional bo‘lib, uni ishorasi nosozlikni yo‘nalishiga bog‘liq bo‘ladi. Boshqaruvchi kuchlanish quyi chastota filtri (FNCh) orqali o‘tib, reaktiv elementni (RE) parametrini o‘zgartiradi. Ko‘p xollarda 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 ($f_{ochk} = f_{ochk0}$) davom etadi.

Fazali avtomatik sozlash (FAS) tizimi (23.10-rasm) geterodin va tayanch generator (TG) signallarini 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 tizimini sezgirligi ChASga qaraganda ancha katta bo‘lib, chastotani juda kichik nosozligini sozlaydi.

23.5. Radiosignallarni qabul qiluvchi qurilmalarni o‘tkazish oralig‘ini rostlash

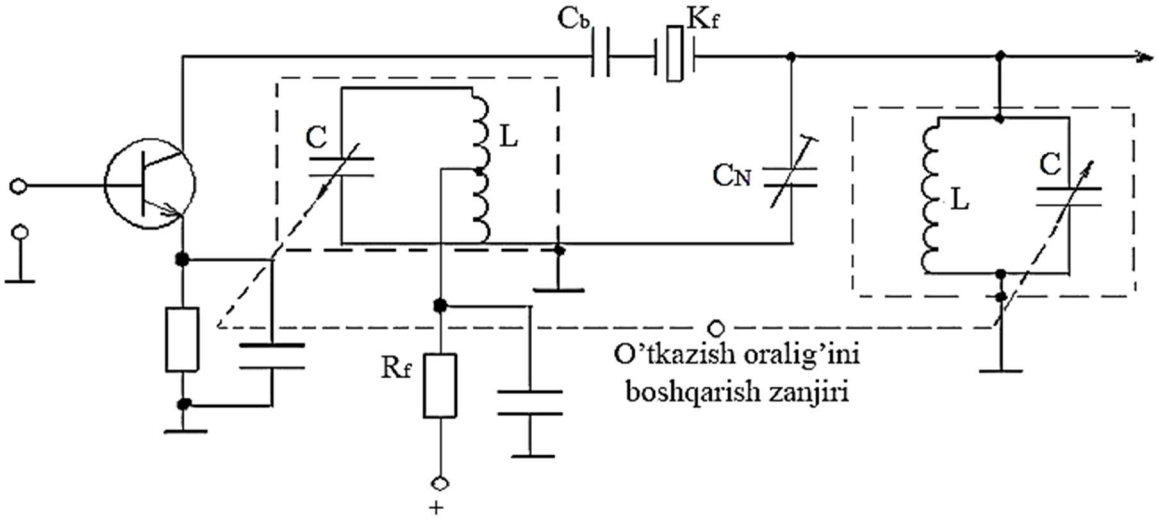
Radiosignallarni qabul qiluvchi qurilmalarda o‘tkazish oralig‘ini rostlash, spektr kengligi turlicha bo‘lgan radiosignallarni qabul qilish uchun qo‘llaniladi. Lekin qabul qiluvchi qurilmalarni o‘tkazish oralig‘ini rostlamasdan, keng spektrli signallarni qabul qilishga mo‘ljallab, loyixalasa ham bo‘ladi. Ammo bu holda, tor polosali signallar qabul qilinganda, ularni xalaqit bardoshligi kichik bo‘ladi. Chunki keng o‘tkazish oralig‘i foydali tor polosali signallar bilan birgalikda shovqin-xalaqitli signallarni ham o‘tkazadi. Shuning uchun o‘tkazish oralig‘ini signalni sifatli qabul qilishni ta’minlaydigan darajagacha kamaytirish maqsadga muvofiq bo‘ladi. Ba’zi xollarda shovqin-xalaqitlar darajasi katta bo‘lganda, signalni qabul qilish uchun o‘tkazish oralig‘ini yanada kamaytirish kerak bo‘ladi, ya’ni rostlash kerak bo‘ladi. Lekin bu holda qabullash sifati kamayishi mumkin.

Umuman olganda o‘tkazish oralig‘ini rostlash qo‘lda yoki avtomatik tarzda amalga oshirish mumkin. Lekin xozirgi paytda faqat qo‘lda rostlash ko‘proq ishlatiladi, chunki shu paytgacha mavjud bo‘lgan avtomatik rostlash tizimlari juda ham murakkabdir. Bundan tashqari ularni ishlash faoliyati deyarli turg‘un emas.

O‘tkazish oralig‘ini polosali filtrlarni almashtirish yoki ularni ko‘rsatkichlarini o‘zgartirish usuli bilan rostlash mumkin. Agar qabul qilgichda turlicha o‘tkazish oralig‘i lozim bo‘lsa, u xolda konstruktiv jixatdan birin-ketin OChK traktiga ulanadigan bir nechta filtrlarni ishlatish ancha qulay bo‘ladi. Ba’zi xollarda butunlay OChK trakti jilgichlar yordamida o‘zgartiriladi.

Yuqorida qayd qilingan filtrlar sifatida, xozirgi paytda kvarsli filtrlar keng ishlatilmoqda.

Kvars tebrantirgichlarini aslligi ($Q = 10^6 \ldots 10^8$) juda yuqori bo‘lganligi uchun, OChK ni chastotasi katta bo‘lgan xolda qabul qilgichlarni o‘tkazish oralig‘ini kichik qilish mumkin bo‘ladi.

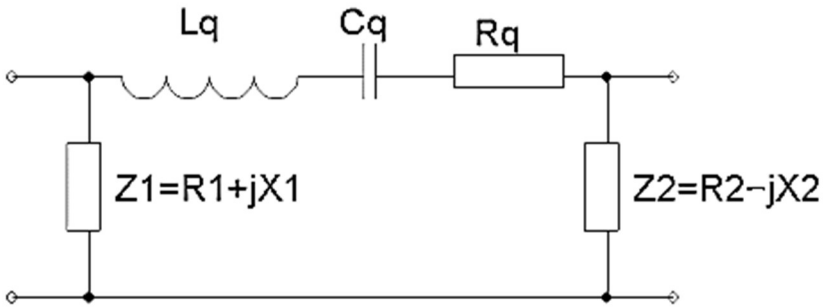


23.11-rasm. Kvarsli filtrning sxemasi

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

tebrantirgichni C_0 statik sig‘imini va uni tashqi kontaktlari, xamda qobig‘ini (qopqog‘ini) sig‘imlarini neytralizatsiya qiladi.

Kvars tebrantirgichi LC konturlar bilan birgalikda tebranish tizimini tashkil etadi. Bu tebranish tizimini o‘tkazish oralig‘i faqat kvars tebrantirigichiga emas, balki konturlarni rezonans qarshiligiga ham bog‘liq bo‘ladi. Agar konturlar OChKni signaliga rezonans qilib sozlangan bo‘lsa, ular maksimal mumkin bo‘lgan ekvivalent qarshiliklar Re1, Re2 ga ega bo‘lishadi. Konturlarni reaktiv qarshiliklari teng va ularni ishorasi qarama-qarshi bo‘lishi uchun, bitta muruvat bilan nosozlikga keltirilsa, bog‘langan konturlar tizimi rezonansga sozlanadi. Ularni aktiv qarshiliklari R1, R2 o‘zaro teng bo‘ladi va Re1, Re2 ga nisbatan nosozlik oshishi bilan kamayadi. Kvarsli filtrni ekvivalent sxemasi 22.12-rasmda keltirilgan.



23.12-rasm. Kvarsli filtrni ekvivalent sxemasi

Konturlarni to‘liq qarshiligini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$Z1 = R1 + jX1; \qquad Z2 = R2 - jX2. \tag{23.1}$$

Sxemadagi L_q, C_q, r_q – kvars tebrantirgichni induktivligi, sig‘imi, aktiv qarshiligi.

Kvars tebrantirgichi va ikki konturdan tuzilgan ketma-ket zanjirni to‘liq qarshiligi quyidagicha aniqlanadi:

$$Z = r_q + 2R + j(\omega L_q - 1/\omega C_q). \tag{23.2}$$

Kvars filtrini zanjirida 2R qarshilikni mavjudligi, kvars filtrini ekvivalent aslligini kamaytiradi. Buni natijasida o‘tkazish oralig‘i ham kamayadi. O‘tkazish oralig‘ini maksimal qiymati konturlarni rezonansga sozlangan paytda bo‘ladi, chunki bu xolda konturlarni qarshiligi R1 = R2 = R_{maks} bo‘ladi. Konturlar nosozlikga keltirilganda, ularni 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 kuchlanishini bo‘lishligidir. Bu tayanch kuchlanishi o‘lchov elementlarining etalon chastotasi vazifasini o‘taydi.

Yuqorida nomlari zikr etilgan detektorlarning asosiy xarakteristikalarini qayta yodga tushiramiz.

- Xarakteristikaning qiyaligi:

$$S_{ChD} = \frac{dU_D}{df}, \Delta f = 0. \qquad (23.3)$$

(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 xarakteristikani to‘g‘ri chiziqli deb qaraladi.

Fazaviy detektor xarakteristikasining qiyaligi quyidagicha topiladi

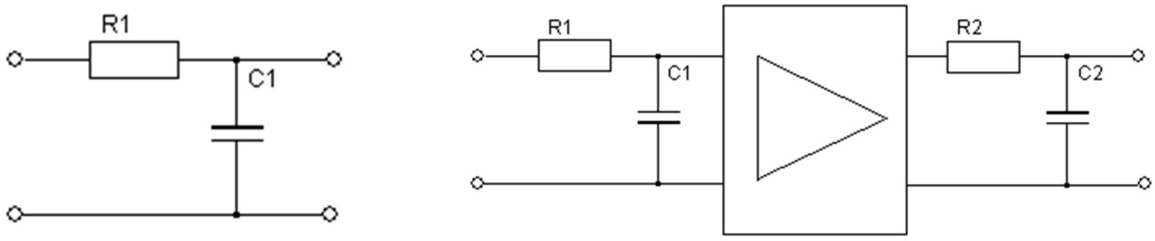
$$S_{FD} = \frac{dU_D}{d\phi}, \Delta\phi = \pi/2. \qquad (23.4)$$

(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 funksiyasini ayrim paytlarda fazaviy uzatish funksiyasi ham ataladi. Lekin o‘lchov elementlari ChAR tizimlarida chastotani og‘ishini o‘lchaganligi sababli bu uzatish funksiyasini 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 etishligi 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 ularni quyi chastotali filtrlar deb ataladi.

Quyi chastotali filtrning sxemasi 23.13-rasmda ko‘rsatilgan.



a) b)

23.13-rasm. Quyi chastota filtrining sxemasi: a) – bir zvenoli; b) – ko‘p zvenoli.

O‘zgarmas tok kuchaytirgichlarida rostlash zanjirining yukki 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‘lishligiga sabab rostlovchi elementning normal ishlashi uchun unga kirish kuchlanishining aniq bir qiymatga, faqatgina o‘zgarmas tok kuchaytirgichi orqali erishishlik 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, indiktuvliklar 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.

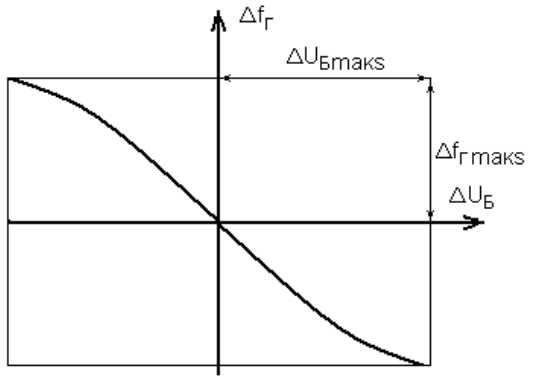
Elektromexanik rostlovchilarda geterodinning chastotasi elektromexanik uzatmalar orqali rostlanadi. Lekin bunday rostlovchilar xaddan tashqari inersionlidir.

Termik rostlovchilar asosan yuqori chastotali klistronlarda ishlatiladi. Ularning chastotasini maxsus isitgichlar orqali harorat o‘zgartirilib klistronning kamerasining 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 22.14-rasmda ko‘rsatilgan.



23.14-rasm. Rostlovchini statik xarakteristikasi

Bu statik xarakteristika orqali rostlovchining quyidagi parametrlarini topish mumkin.

- xarakteristikaning qiyaligi

$$S_B = \frac{d\Delta f_G}{d\Delta U_B}. \qquad (23.5)$$

Bu parametr chastota moslashuvini qanday samarada o‘tayotganligini ko‘rsatadi.

- rostlanuvchi generatorning chastotasini 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.

QISQARTMALAR

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 rostlash
18.	Ch O‘z	–	chastota o‘zgartirgichlari
19.	DK	–	dekoder
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 rostlash
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 – operasion 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-amper xarakteristikasi
55. XM – xabar manbai

GLOSSARIY

Aloqa vositalari ingl: communication tools rus: средства связи	Elektr aloqasi xabarlari 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 modulyasiya ingl: analog modulation rus: аналоговая модуляция	Nurlanuvchi tebranish parametrlari (amplituda, chastota, faza) modulyasiyalovchi kirish signalining amplitudasiga proporsional o‘zgaradigan modulyasiya 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 signalining amplitudasi tashuvchi axborotning miqdoriga mos bo‘lib, odatda o‘lchangan 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	Antenna va radiouzatkich chiqishi (radioqabul qilgich kirishi) hamda antennaning kirishi (chiqishi) o‘rtasidagi barcha konstruktiv elementlar.
Asosiy polosa kanali ingl: baseband channel rus: основополосный канал	Signal modulyasiya 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 modulyasiyasiz, asosiy polosada (kenglikda) uzatilayotgan signal nomidan kelib chiqqan.
Asosiy polosa signali ingl: baseband signal rus: основополосный сигнал	Dastlabki shaklda, modulyasiya bilan o‘zgartirilmay, uzatilayotgan signal.
Asosiy polosadan tashqaridagi radionurlanishlar ingl: out-of-band emission rus: внеполосное радиоизлучение	Radiouzatkich nurlatadigan radiosignal asosiy polosasidan tashqarida, modulyasiya jarayonida, radiotrakt amplituda-chastota xarakteristi-kasining nochiziqliligi va modulyasiyalovchi 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 ishlatiladi-gan resursdan foydalanishini nazorat qilish mexanizmi. Bir tarafdan, blokirovkalash noxush holatlardan saqlanish tadbiridir. Boshqa tarafdan, 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.

Garmonikalardagi 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

Radioqabulqilgichdagi chastotani o'zgartirish uchun qo'llaniladigan garmonik tebranishlar generatori.

Geterodin radionurlanishi
ingl: radio emission of heterodyne
rus: радиоизлучение гетеродина

Radioqabullash qurilmasi geterodini 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

Vaqtda uzluksiz signalning diskretla-nishida (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 intermodulyasion 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 (modulyasiya jarayonidan tashqari) paydo bo‘luvchi tebranishlarni radiuzatkich antennasi 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 modulyasiya
ingl: pulse-code modulation (PCM)
rus: импульсно-кодовая модуляция

Modulyasiya 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 modulyasiya 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‘lchagichlarda, shuningdek, impulsli radioaloqada foydalaniladi.

Intermodulyasion radionurlatish
ingl: intermodulation emission
rus: интермодуляционное радиоизлучение

Radiouzatish qurilmasi yuqori chastota trakti nochiziqli elementlariga generasiya qilinayotgan radiotebranishlar va tashqi elektromagnit maydon yoki radio-tebranishlar 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. Ishonchli-likning 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. Kanallarning 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: guantizer
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 modulyasiya 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 traktda tashkil qilinadigan kombinasion chastotalar kesishuvchi xalaqitlar paydo bo‘ladi.

Kombinasion radionurlanish
ingl: sonversion emission
rus: комбинационное радиоизлучение

Radiouzatish nochiziqli elementiga tashuvchi signalni shakllantiruvchi signallar garmonikalari va ularning kombinasiyalari 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
ingl: multi-frequency transmitter
rus: многочастотный радиопередатчик

Eltuvchi chastotasi uzatkich oldindan sozlangan ko‘plab boshqa eltuvchi chastotalar orasidan tanlanishi mumkin bo‘lgan radiouzatkich.

Qabul qilgich-uzatkich, transiver ingl: transeiver rus: приемопередатчик, трансивер	Bir korpusda joylashtirilgan uzatuvchi va qabul qiluvchi qurilma kombinasiyasi. Odatda, portativ qurilma ko‘rinishida yasaladi.
Qo‘zg‘atkich ingl: yexciter rus: возбудитель	Modulyator va chastotalarning ishchi to‘rini shakllantiruvchi chastotalar sintezatorini o‘z ichiga oluvchi qurilma. Qo‘zg‘atkich tarkibiga signalni dastlabki kuchaytirish qurilmasi kirishi mumkin.
Maxsus shakllantirilgan xalaqitlar uzatkichi ingl: jammer; jamming transmitter rus: передатчик преднамеренных помех	Xalaqitlarni vujudga keltirish uchun mo‘ljallangan radiouzatkich.
Modulyatsiya ingl: modulation rus: модуляция	Bitta stasionar signalning boshqa signal shakliga ko‘ra o‘zgarishi jarayoni. Modulyasiya ma’lumotlarni elektromagnit nurlanish yordamida uzatishda amalga oshiriladi.
Multiplekslash ingl: multiplexing rus: мультиплексирование	Ikki yoki undan ortiq signallarni chastotata, 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‘lqin uzunligi bo‘yicha turlicha n ta kanalni birlashtirish yo‘li bilan shakllantiriladigan multiplekslash. Bu signallarni multiplekslash usuli bitta optik-tolali kabel orqali to‘lqin 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‘lqinlarni generasiyalash 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‘lqin 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 flter
rus: полосовой фильтр

Qirqimning yuqori va nolinchi bo‘lmagan quyi chastotasi bilan cheklangan muayyan chastotalar polosasini o‘tkazuvchi filtr. Berilgan polosadan tashqarida qolgan barcha chastotalar filtr tomonidan bostiriladi. Qirqimning quyi chastotasi nolinchi, 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‘lqinlar yordamida amalga oshiriladigan aloqa.

Radiokanal
ingl: radio channel
rus: радиоканал

Ma’lumotlar uzatish uchun radionurlanish-dan 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‘lqinlari 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‘tkazgichisiz 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 padioto‘lqinlar maydoni strukturasining o‘zgarishi bo‘lib, ayrim hollarda bu to‘siqlar padioto‘lqinlarning og‘ishiga olib keladi.
Radiouzatkich avtogeneratori 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, radionavigasiya 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: индустриальная 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 hohlagan 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 belglovchi 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 obyektda 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 impulslarni 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.

Telekommunikasiya vositalari
ingl: telecommunication means
rus: средства телекоммуникации

Elektromagnit yoki optik signallarni hosil qilish, uzatish, qabul qilish, qayta ishlash, kommutasiya qilish hamda ularni boshqarish imkonini beruvchi texnik qurilmalar, asbob-uskunalar, inshootlar va tizimlar.

Telekommunikasiyalar
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-kommunikasiya 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, qurulmalar yoki ularning funksional qismlari bo‘lib, ular: kuchaytirish, generasiyalash, 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 medisina 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 meyordan katta sathdagi xalaqitlarni yuzaga keltirmaslik qobiliyatini baholaydi.

Tovush
ingl: sound
rus: звук

Muhitning tebranma harakati. Tabiatning har qanday hodisalari qatori asboblar, 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 chastotatali analog shaklda), boshqa shaklda uzatadigan kommunikasiya 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	Axborotni aloqa kanali bo‘ylab manbadan qabul qilgichga ko‘chirish jarayoni.
Uzatish kanali ingl: transmission channel rus: канал передачи	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 telekommunikasiyalar signallarini uzatishni ta’minlaydi. Telekommunikasiyalar 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 telekommunikasiya 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: flter 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: fltering
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 generasiyalash 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 mukamallashtirish 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 bardoshliligini kuchaytiradi, radiokanallarni elektromagnit shovqin-lardan 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 meyorlashgan xalaqit ta'sir etganda ushbu aloqa vositasida xalaqitdan himoyalovchi qo'shimcha qurilma bo'lmaganda o'z ishlash sifatini saqlab qolish qobiliyatini bildiradi.

Nazorat uchun testlar

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 chasttota kuchaytirgichi, detektor
c) KZ, RChK, OChK, ChO‘, chastota detektori
d) KZ, ChO‘, OChK, faza detektori

2. Supergeterodinli RQQning bloklari quyidagi ketma-ketligda joylashadi:
a) KZ, YuChK, Detektor
b) KZ, RChK, ChO‘, OChK, Detektor
c) 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
c) 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
c) halaqitlarning dastlabki filtratsiyasini bajaradi
d) antennani birinchi kuchaytiruvchi element bilan bog‘laydi, foydali signalni antennadan qabullagichning birinchi kuchaytiruvchi element kirishiga uzatadi, halaqitlarning dastlabki filtratsiyasini bajaradi

5. Kirish zanjiri 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
c) aks kanal
d) qo‘shni kanal

6. Kirish zanjirning Q asiligini oshirganda, bu quyidagilarga olib keladi:
a) aks va oraliq chastota kanalllari bo‘yicha tanlovchanlik oshadi
b) aks va oraliq chastota kanalllari bo‘yicha tanlovchanlik kamayadi
c) 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 kanalllari bo‘yicha tanlovchanlik oshadi
b) aks va oraliq chastota kanalllari bo‘yicha tanlovchanlik kamayadi
c) 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
c) OChK keyin
d) detektordan keyin

9. Radiochastota kuchaytirgichning vazifasi:
a) qabul qilingan signal quvvatini kuchaytirish
b) yuqori chastotali signal kuvvatini kuchaytirish
c) qabul qilingan signal quvvatini bolish
d) qabul qilingan signal quvvatini ko‘paytirish

10. Radiochastota kuchaytirgichi quyidagi qo‘shimcha qabul qilish kanallar bo‘vicha tanlovchanlikni ta'minlaydi:
a) aks kanal, oraliq chastota kanali, qisman qo‘shni kanal
b) aks kanal, oraliq chastota kanali
c) aks kanal
d) qo‘shni kanal

11. Radiochastota kuchaytirgich konturining asiligini oshirganda, bu quyidagilarga olib keladi:
a) aks va oraliq chastota kanalllari bo‘yicha tanlovchanlik oshadi
b) aks va oraliq chastota kanalllari bo‘yicha tanlovchanlik kamayadi
c) 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 kanalllari bo‘yicha tanlovchanlik oshadi
b) aks va oraliq chastota kanalllari bo‘yicha tanlovchanlik kamayadi
c) 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
c) 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 kanalllari bo‘yicha tanlovchanlik oshadi
b) aks va oraliq chastota kanalllari bo‘yicha tanlovchanlik kamayadi
c) 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 kanalllari bo‘yicha tanlovchanlik oshadi
b) aks va oraliq chastota kanalllari bo‘yicha tanlovchanlik kamayadi
c) qo‘shni kanal bo‘yicha tanlovchanlik oshadi
d) qo‘shni kanal bo‘yicha tanlovchanlik kamayadi

16. ChO‘ tarkibiga quyidagi bloklar kiradi:
a) aralashtirgich, OChK
b) aralashtirgich, RChK
c) aralashtirgich, geterodin, filtr
d) RChK, OChK

17. Amplitudasi modulyatsiyalangan signallar RQQsi 467 kHz chastotaga sozlangan. Qo‘oshni kanallar qiymatini ayting.
a) 458 kHz va 476 kHz
b) 217 kHz va 717 kHz
c) 442 kHz va 492 kHz
d) 230 kHz va 730 kHz

18. Chastotasi modulyatsiyalangan signallar RQQsi 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
c) 99,9 MHz va 100,9 MHz
d) 89,9 MHz va 1 10,9 MHz

19. Amplitudasi modulyatsiyalangan signallami qabul qilishda qo‘shni kanallar o‘rtasida qanday o‘zgalik bor?
a) 9 kHz
b) 250 kHz
c) 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
c) 18 kHz
d) 500 kHz

21. Rezonansli kuchaytirish kaskadida y_{22} o‘tkazuvchanlik nimaga kerak?
a) chiqishdagi o‘tkazuvchanlik
b) ichki qayta aloqa o‘tkazuvchanligi
c) kirishdagi o‘tkazuvchanlik
d) qiyalik

22. Signal chastotasi 1 kHz, induktivlik 1 mGn. Induktivlik qanday qarshilikka ega?
a) 1 Om
b) 1 MOm
c) 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
c) 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
c) kirish signalning parametrlaridan uchtasi modulyatsiya qonuni bo‘yicha o‘zgaradigan kuchlanishni shakllantirish dlya
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
c) 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
c) 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
c) 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 doimiyligi kattaligi, ajratish zanjirining ta’siri
b) detektorlash xarakteristikaning nochiziqligi, yuklamaning vaqtli doimiyligi kamligi, ajratish zanjirining ta’siri
c) detektorlash xarakteristikaning o‘tachiziqligi, yuklamaning vaqtli doimiyligi kattaligi, ajratish zanjirining ta’siri
d) detektorlash xarakteristikaning nochiziqligi, yuklamaning vaqtli doimiyligi kattaligi, qabullagichning ta’minot manbai ta’siri

29. Infradin RQQda oraliq chastotasi joylashadi:
a) ishchi diapazonidan ancha yuqorida
b) ishchi diapazondan pastda

c) 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
c) tokni ikkala tomonga o`tkazadi
d) tokni xech qanday tomonga o`tkazmaydi

31. Rezonansli kuchaytirish kaskadida y_{12} o‘tkazuvchanlik nimaga kerak?
a) ichki qayta aloqa o‘tkazuvchanligi
b) chiqishdagi o‘tkazuvchanlik
c) kirishdagi o‘tkazuvchanlik
d) qiyalik

32. Cheklagich (chegaralagich) - shunday qurilma, uning:
a) kirishidagi kuchlanish sathi o‘zgarganda (ma’lum bir darajada) chiqishidagi kuchlanish o‘zgarmaydi
b) kirishidagi kuchlanish sathi o‘zgarganda chiqishidagi kuchlanish o‘zgarmaydi
c) chiqishidagi kuchlanish kirishdagi kuchlanishga to‘g‘ri proporsional
c) chiqishidagi kuchlanish kirishdagi kuchlanishga tescari proporsional

33. Oniy qiymatlar cheklagichi - shunday qurilma, uning:
a) kirishidagi kuchlanish stahi o‘zgarganda (ma’lum bir darajada) chiqishidagi kuchlanishning oniy qiymatlari o‘zgarmaydi
b) kirishidagi kuchlanish stahi o‘zgarganda (ma’lum bir darajada) chiqishidagi kuchlanishning amplituda qiymatlari o‘zgarmaydi
c) chiqishidagi kuchlanish kirishdagi kuchlanishga to‘g‘ri proporsional
d) chiqishidagi 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
c) chiqishidagi kuchlanish kirishdagi kuchlanishga to‘g‘ri proporsional
d) chiqishidagi kuchlanish kirishdagi kuchlanishga teskari proporsional

35. Oniy qiymatlar cheklagichi ishlatiladi:
a) impulslarni shakllantirish uchun, impulsli halaqitlar bilan kurash qilish uchun
b) buzilishlari yo’q impulslarni shakllantirish uchun
c) impulsli halaqitlar bilan kurashish uchun

d) buzilishlari yo‘q radioimpulslami shakllantirish uchun
36. Amplituda cheklagichi ishlatiladi:
a) chastota va faza detektorlari bir qismi hisobida
b) buzilishlari yo‘q radioimpulslami shakllantirish uchun
c) impulsli halaqitlar bilan kurash qilish uchun
d) hamma javoblar to‘g‘ri

37. Oniy qiymatlar cheklagichida...
a) rezistiv yuklama
b) tanlovchanli yuklama
c) qiymati katta yuklama
d) qiymati kichik yuklama … ishlatiladi

38. Amplituda cheklagichida ...
a) rezistiv yuklama
b) tanlovchanli yuklama
c) qiymati katta yuklama
d) qiymati kichik yuklama ... ishlatiladi

39. Oniy qiymatalar cheklagichi ko‘pincha ...
a) detektordan keyin
b) detektorgacha
c) detektor o‘miga
d) aralashtirgich yuklamasida ... joylashadi

40. Amplituda cheklagichi ko‘pincha ...
a) detektordan key in
b) detektorgacha
c) detektor o‘rniga
d) aralashtirgich yuklamasida ... joylashadi

41. RQQda qayday rostlash usullar mavjud?
a) rejimli va norejimli
b) oddiy
c) murakkab
d) oddiy va murakkab

42. RQQda kuchaytirishni qanday avtomatik rostlash (KAR) tuzilish sxemalar mavjud?
a) to‘g‘ri
b) teskari
c) aralash, teskari
d) to‘g‘ri, teskari, aralash

43. RQQda chastotani avtomatik sozlashning (ChAS) vazifasi:
a) f_{och} oraliq chastotasi uning nominal *foch.o* chastotasiga teng qilib ushlab turish ($f_{och} = f_{och.o}$)
b) f_{och}, $f_{och.o}$ sharti bajarilish uchun
c) $f_{och} > f_{och.o}$ 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
c) 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
c) amplitudaning aniq bir qiymatigacha sozlaydi
d) signalning aniq bir shakligacha sozlaydi

46.Quvvat kuchaytirgichlarda ishlatiladigan tranzistorlar turlari
a) bipolyar, maydoniy
b) bipolyar
c) maydoniy
d) ishlatilmaydi

47. Radiouzatuvchi qurilmalarida bufer kaskadi qanday vazifani bajaradi?
a) keyingi kaskadni avtogeneratorga bo’lgan ta`sirlarini kamaytiradi
b) yukori garmonika signallarini kuchaytiradi
c) chastota ko’paytirgich signalini kuchaytiradi
d) modulyator vazifasini bajaradi

48. Asosiy garmonikaning foydali quvvati qaysi ifoda bilan aniklanadi?
a) $R_1=0,5I_{chiq1}*U_n*\cos\varphi_1$
b) $R=0,5I_{chiq1}*U_n$
c) $R_0 = E_m*I_0$
d) $R_1= Y_{es}* I_{chiq1}$

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
c) kirishdagi signallani kuchaytiradi va modulyasiyani amalga oshiradi

d) doimiy tok manba energiyasini tashqi ta`sirsiz yuqori chas totali signalga aylan tirib beradi

50. Tashqi ta`sir ostida ishlovchi generatorlarda qanday aktiv elementlar ishlatiladi?
a) radiolampa, bipolyar va may don tranzistorlari, tiristorlar, magnetron, klistron, yuguruvchi to'lqin lampasi, teskari to'lqin lampasi
b) yarimo'tgazgichli diod, varikap, stabilitronlar
c) yarimo'tgazgichli diod, varikap, stabilitronlar
d) rezistor, Gann diodlari, tunelli diodlar

51. Statik xarakteristikalarni approksimasiyalash deganda nima tushuniladi?
a) statik xarakteristikani egri uchastkalarini to'g'ri chiziqga almashtirish.
b) statik xarakteristikani to'g'ri uchastkalarini egri chiziqga almashtirish
c) statik xarakteristikani qiyaligini oshirish
d) statik xarakteristikani qiyaligini kamaytirish

52. Radiouzatuvchi qurilmalarda aktiv element uchun qaysi ish xolati eng qulay xisoblanadi?
a) kritik
b) kam kuchlanganlik
c) o'ta kuchlanganlik
d) kam kuchlanganlik va o'ta kuchlanganlik

53. Qaysi ish xolati aktiv element uchun og'ir va xavfli xisoblanadi?
a) nagruzkasi yomon sozlangan o'ta kuchlanganlik
b) nagruzkasi yaxshi sozlangan kritik
c) nagruzkasi yaxshi sozlangan kam kuchlanganlik
d) nagruzkasi yomon sozlangan kam kuchlanganlik

54. Kam kuchlanganlik va o`ta kuchlanganlik ish xolatlari qaysi xollarda ishlatiladi?
a) AM modulyasiyani amalga oshirishda, nochiziqli buzuqlikni kamaytirishda, modulyasiyalangan signallarni kuchaytirishda
b) maksimal energetik ko'rsatkichlarni olish uchun
c) foydali ish koeffisientini 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 burcha gi AE ning toki butun davr ichida oqib o`tayotganini ko'rsatadi
c) kesish burchachagi 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 kuchaytirgichni nagruzka xarakteristikasi nima anglatadi?
a) quvvat kuchay tirgichni energetik ko'rsatkichlarini nagruzka qarshiligiga bog'liqligini
b) quvvat kuchaytirgichni energetik ko'rsatkichlarini oldingi kaskadni chiqish qarshiligiga bog'liqligini
c) quvvat kuchaytirgichni energetik ko'rsatkichlarini oldingi kaskadni kirish qarshiligiga bog'liqligini
d) quvvat kuchaytirgichni energetik ko'rsatkichlarini keyingi kaskadni kirish qarshiligiga bog'liqligini

57. Tashqi ta`sir ostida ishlovchi generatorlarni sxemasi qanday tuziladi?
a) unda tokni xamma tashkil etuvchilari uchun berk tutash zanjir bo'lishi kerak, nagruzkada esa kerakli garmonikani quvvati ajralishi kerak
b) unda tokni xamma tashkil etuvchilari uchun berk tutash zanjir bo'lishi kerak, nagruzkada esa kerak emas garmonikani quvvati ajralishi kerak
c) unda tokni xamma tashkil etuvchilari uchun ochiq zanjir bo'li i shi kerak, nagruzkada esa kerakli garmonikani quvvati ajralishi kerak
d) unda tokni xamma tashkil etuvchilari uchun ochiq zanjir bo'lishi kerak, nagruzkada esa kerak emas garmonikani quvvati ajralishi kerak

58. Tashqi ta`sir ostida ishlovchi generatorni chiqish qismi nimalardan iborat?
a) moslovchi zanjir, nagruzka, ta`minlovchi manba
b) nagruzka, antenna, ta`minlovchi manba
c) moslovchi zanjir, nagruzka
d) ta`minlovchi manba, nagruzka

59. Teskari reaksiya xodisasi nimani anglatadi?
a) quvvat kuchaytirgichni kirish zanjirini ish xolatini chiqish zanjirini ta`sirida o'zgarishini anglatadi.
b) quvvat kuchaytirgichni chiqish zanjirini ish xola tini kirish zanjirini ta`sirida o'zgarishini anglatadi.
c) quvvat kuchaytirgichni kirish zanjirini ish xolatini nagruzka ta`sirida o'zgarishini anglatadi
d) quvvat kuchaytirgichni chiqish zanjirini ish xolatini nagruzka ta`sirida o'zgarishini anglatadi.

60. Moslovchi zanjirlarni asosiy vazifasi nimalardan iborat?
a) kirish va chiqish qarshiliklarni moslaydi va kerakmas garmonikalarni filtrlaydi
b) kirish va nagruzka qarshiliklarni moslaydi va kerakmas garmonikalarni filtrlaydi
c) kirish va chiqish qarshiliklarni moslaydi
d) nagruzka va chiqish qarshiliklarni moslaydi

61. Aktiv elementni konturga qisman ulanish sxemasini qanday afzalliklari bor?
a) kontur sozini buzmasdan, ulanish koeffisientini o'zgartirib AEni nagruzkasini o'zgar tirish mumkin
b) ulanish koeffisientini o'zgartirib AEni nagruzkasini o'zgartirish mumkin
c) 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
c) rezonansga sozlash uchun
d) sozlash uchun

63. Aktiv elementlarni parallel ulanishidagi faraz qilingan qarshilik nima?
a) umumiy nagruzkadagi kuchlanishni bitta aktiv elementni chiqish tokiga nisbati
b) umumiy nagruzkadagi kuchlanishni umumiy chiqish tokiga nisbati
c) umumiy nagruzkadagi tokni bitta aktiv elementni chiqish kuchlanishiga nisbati
d) Umumiy nagruzkadagi kuchlanishni umumiy kirish tokiga nisbati

64. Aktiv elementlarni ikki taktli qilib ulashni qanday afzalligi bor?
a) juft garmonikalar tokini yaxshi filtrlaydi
b) toq garmonikalar tokini yaxshi filtrlaydi
c) yuqori garmonikalarni yaxshi filtrlaydi.
d) quvvatni to'rt marta ko'paytiradi

65. Aktiv elementlarni ko'prik qilib ulashni qanday afzalligi bor?
a) aktiv elementlar orasidagi o'zaro aloqa kamayadi va pa rallel xamda ikki taktli ulanishni kamchiliklarini yo'qotadi.
b) aktiv elementlar orasidagi o'zaro aloqa ko'payadi va parallel xamda ikki taktli ulanishni kamchiliklarini yo'qotadi
c) aktiv elementlar orasidagi o'zaro aloqa kamayadi va parallel xamda ikki taktli ulanishni 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
c) faqat sinfaz ko'priklar
d) bo'luvchi ko'priklar

67. Qaysi xolda kuchaytirgichlar keng polosali bo'lib
a) quyi va yuqori chastotalar oralig'i katta bo'lganda
b) quyi va yuqori chastota lar oralig'i kichik bo'lganda

c) tor polosali signallarni kuchaytirishda
d) quyi va yuqori chastotalar ora lig'i 0,7ga teng bo'lganda

68. Polosasi alohida bo'lgan kuchaytirgichlarn (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
c) signallarni chastotasini ko'paytirish va kuchaytirish iborat
d) signallarni multiplek-sor yordamida qo'shishdan iborat

69. Chastota ko'paytirgich qanday qurilma?
a) kirish qismiga $2\pi/\varpi$ davrli signal berilganda, chiqish qismi da $2\pi/N\varpi$ davrli signal olinadi.
b) kirish qismiga $2\pi/N\varpi$ davrli signal berilganda, chiqish qismida $2\pi/\varpi$ davrli signal olinadi.
c) yuqori chastotali signallarni kuchaytiradi.
d) yuqori chastotali signallarni ko'paytiradi

70. Radiouzatuvchi qurilmani qaysi kaskadida chastota kupaytirgichni qo'llash maqsadga muofiq?
a) quvvat kichik bo'lgan kaskad larda va ko'pay tirish koeffisienti N = 2, 3 bo'lganda
b) oraliq kaskadlarda va ko'paytirish koeffisienti N= 9, 10 bo'lganda.
c) quvvat katta bo'lgan kaskadlarda , ko'paytirish koeffisienti N= 6, 8 bo'lganda
d) quvvat katta bo'lgan kaskadlarda , ko'paytirish koeffisienti 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 ener giyaga aylantirib beradi va aktiv xamda passiv to'rt qutblikdan iborat.
b) o`z-o'zidan ishlovchi generator bo'lib, u manba energiyasini yuqori chastototali energiyaga aylantirib beradi va aktiv to'rt qutblikdan iborat.
c) 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 xamda passiv to'rt qutblikdan iborat.

72. Avtogeneratorni stasionar ish xolatini qaysi tenglama ifodalaydi?
a) $S_1k\ Z_n = 1$
b) $S_1k\ Z_n < 1$
c) $S_1k\ Z_n > 1$
d) $Z_y=Z_1Z_2$

73. Yuqori chastotalarda energetik spektrni qaysi tashkil etuvchilari asosiy deb xisoblanadi?
a) aktiv element va tebranish konturini tabiiy shovqinlari vujudga keltirgan tashkil etuvchilar
b) aktiv elementni past chastotali va tebranish konturini fluktasion shovqinlari vujudga keltirgan tashkil etuvchilar
c) aktiv elementning parametrlarini sekin o'zgarish jarayonlari
d) tebranish konturini parametrlarini fluktasiyasi natijasida vujud ga kelgan tashkil etuvchilar

74. Kvars tebrantirgichni ekvivalent sxemasi qanday tashkil etuvchilardan iborat?
a) parallel ulangan statik sig'imdan va chek siz ketma-ket konturlardan
b) faqat statik sig'imdan
c) 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
c) sxemadagi induktivlik o'rniga qar- shilik ishla- tilgand.
d) sxemadagi induktivlik o'rniga varikap ish latilganda

76. Kvars tebrantirgichli avtogeneratorni tebranish konturi nechta va qanaqa konturlardan iborat?
a) nagruzka konturi va teskari aloqa konturi.
b) faqat nagruzka konturi
c) faqat teskari aloqa konturi
d) nagruzka konturi va baza zanjir idagi kon- turi.

77. AM radiouzatuvchi qurilmalarda band qilingan chastota oralig'i P_b qanaqa bo'ladi?
a) $P_b = 2\Omega_{maks}$
b) $P_b < 2\Omega_{maks}$
c) $P_b > 2\Omega_{maks}$
d) $P_b = \Omega_{maks}$

78. AM modulyasiyadan 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
c) umumiy yutuq 4 -6 marta ko'p bo'ladi
d) umumiy yutuq 5 marta ko'p bo'ladi

79. Bir polosali modulyasiyada 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
c) tashuvchi va quyi yon tashkil etuvchi 20 dB ga kamaytiriladi
d) tashuvchi va quyi yon tashkil etuvchi 10 dB ga kamaytiriladi

80. Radiouzatuvchi qurilmani 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'l gan yuqori chastotali tashuvchi signallarni ishlab beradi
c) 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 koeffisiyenti qanday qiymatlar olishi mumkin ?
a) norma bo'yicha D > 40 – 60 dB
b) norma bo'yicha D > 20 – 30 dB
c) 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) $h^2 = \frac{T}{G_0}$
c) $h^2 = \frac{S}{G_0}$
d) $h^2 = \frac{E}{T}$

83. Additiv xalaqit nima?
a) signalga qo'shiluvchi xalaqit
b) signalga ko'paytiriluvchi xalaqit
c) 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
c) detektor va PChK
d) kuchaytirgich va modulyator

85. Aloqa tizimini yoki uning alohida bo‘linmalarini halaqitlarga chidamli bo‘lish qobiliyati qanday ataladi?
a) halaqitbardoshlik
b) chidamlik
c) puxtalik
d) aniqlik

86. Analog modulyatsiyada boshqaruvchi signal sifatida qanday signal ishlatiladi?
a) uzluksiz
b) diskret
c) kvantlangan
d) raqamli

87. Vaqt bo‘yicha diskretlangan signalni hosil qilish uchun qanday qurilma ishlatiladi?
a) diskretizator
b) diskriminator
c) cheklagich
d) integrator

88. Dekoderlovchi qurilma qaerda joylashgan?
a) qabul qilgichda
b) modulyatorda
c) uzatgichda
d) ARO‘da

89. Demodulyator qaerda qo‘llaniladi?
a) qabul qilgichda
b) modulyatorda
c) 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
c) 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
c) ChM
d) NFM

92. Quyidagi koeffisient qanday ataladi? $g_n = \frac{I_{вых n}}{I_{вых 0}}$

a) yoyish koefisienti
b) tok bo'yicha kuchaytirish koeffisienti
c) yuqori garmonikani fil`trlovchi koeffisient
d) chikish toki ni pul`sasiya koeffisienti

93. Quvvat muvozanatini qaysi formula ifodalaydi?
a) $P_o = P_{chik1} + P_{soch}$
b) $P_0 = P_{chik1}$;
c) $P_0 = P_{soch}$;
d) $P_0 = P_{kir1} + P_{soch}$

94. Konturning rezonans chastotasi quyidagi ifoda bilan topiladi
a) $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_K C_K}}$
b) $f_0 = 2\pi L_K C_K$
c) $f_0 = \frac{1}{2\pi L_K C_K}$
d) $f_0 = 2\pi\sqrt{L_K C_K}$

95. $f_{\min} \ldots f_{\max}$ chastotalar diapazonida ishlaydigan radioqabul qilgichning diapazonnini qoplash koeffisienti quyidagi ifoda bilan topiladi
a) $K_Д = f_{\max} / f_{\min}$
b) $K_Д = f_{\min} \cdot f_{\max}$
c) $K_Д = f_{\min} + f_{\max}$
d) $K_Д = f_{\min} - f_{\max}$

96. Quvvat o`lchash birligi:
a) Vatt
b) Volt
c) Amper
d) Om

97. Induktivlik o`lchash birligi
a) Genri
b) Om
c) Simens
d) Farada

98. Sig`im o`lchash birligi
a) Farada
b) Om
c) Genri
d) Simens

99. O‘tkazuvchanlikning o‘lchov birligi nima bilan ifodalanadi?
a) simense
b) Amper
c) volt
d) volt-amper

100. To`lqin uzunligi o`lchash birligi
a) Metr
b) Gerts
c) Simens
d) Volt

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

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. Щахгильдяня. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 2003.

17. Проектирование радиопередатчиков: Учеб. пос. для вузов. / В.В. Шахшильдян, 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: Вилямсь, 2003.

19. Радиочастота спектри, радиоэлектрон воситалар ва электромагнит мослашувига оид атамаларнинг русча-ўзбекча изоҳли луғати. «UNICON.UZ» ДУК директори А.Файзуллаевнинг умумий таҳрири 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/

MUNDARIJA

KIRISH.....… 3

1. RADIOALOQA QURILMALARINI UMUMIY XARAKTERISTIKALARI..... 5

1.1. Axborot, xabar, signal 5

1.2. Aloqa tizimlari..... 7

1.3. Radioaloqa usullari..... 8

1.4. Radioto‘lqinlar diapazonini sinflanishi 9

1.5. Elektromagnit to‘lqinlarni nurlanishi to‘g‘risida umumiy tushunchalar..... 10

Nazorat savollari..... 13

2. RADIOSIGNALLARNI UZATUVCHI QURILMALAR..... 14

2.1. Radiosignallarni uzatuvchi qurilmalar to‘g‘risida umumiy tushunchalar.... 14

2.2. Radiosignallarni uzatuvchi qurilmalarning turlari.....…….. 15

2.3. Radiosignallarni uzatuvchi qurilmalarni strukturaviy sxemalari..... 16

2.4. Radiosignallarni uzatuvchi qurrilmalarшga qo‘yiladigan talablar..... 17

Nazorat savollari..... 18

3. TASHQI TA’SIR OSTIDA ISHLOVCHI GENERATORLAR……. 19

3.1. Tashqi ta’sir ostida ishlovchi generatorlar to‘g‘risida umumiy tushuncha…. 19

3.2. Tashqi ta’sir ostida ishlovchi generatorlarda quvvat muvozanati……... 21

3.3. Quvvat kuchaytirgichning foydali ish koeffitsientini oshirish usullari……... 24

Nazorat savollari…….....……..... 26

4 RADIOSIGNALLARNI UZATUVCHI QURILMALARDA AKTIV ELEMENTLARNING STATIK XARAKTERISTIKALARI …… …….. 27

4.1. Aktiv elementlarning statik xarakteristikalari va ularni appoksimatsiyasi…. 27

4.2. Chiqish toklarini garmonik taxlil qilish..... 30

4.3. Tashqi ta’sir ostida ishlovchi generatorlarda aktiv elementning ish holatlari……..... 32

4.4. Quvvat kuchaytirgichlardagi aktiv elementlarning ish holatini aniqlash…... 33

4.5. Quvvat kuchaytirgich uchun aktiv elementni tanlash……. 35

4.6. Quvvat kuchaytirgichning yuklama xarakteristikalari…… 38

4.7. Quvvat kuchaytirgichdagi aktiv elementlarning umumiy ulanish elektrodini tanlash..... 42

Nazorat savollari..... 45

5. QUVVAT KUCHAYTIRGICHLARNI SXEMALARI, TA’MINOT VA SILJITISH ZANJIRLARI……... 47

5.1. Tashqi ta’sir ostida ishlovchi generator sxemasini tuzish……... 47

5.2. Ta'minot zanjirlari..... 48
5.3. Siljitish zanjirlari..... 51
Nazorat savollari..... 55
6. MOSLASHUV ZANJIRLARI..... 56
6.1. Moslashuv zanjirlariga bo'lgan talablar..... 56
6.2. Tor polosali quvvat kuchaytirgichlari moslashuv zanjirlari..... 59
6.3. Keng polosali quvvat kuchaytirgichlari moslashuv zanjirlari 61
6.4. Moslashuv zanjirlarida quvvatning sarf bo'lishi va foydali ish koeffitsienti……. 63
Nazorat savollari……... 65
7. QUVVAT KUCHAYTIRGICHLARDAGI AKTIV ELEMENTLARNING QUVVATLARNI QO'SHISH..... 66
7.1. Aktiv elementlarni parallel ulash..... 66
7.2. Aktiv elementlarning ikki taktli ulanishi..... 71
7.3. Aktiv elementlarni ko'priksimon qilib ulash sxemalari…….. 75
Nazorat savollari……... 82
8. KENG POLOSALI KUCHAYTIRGICHLAR……... 84
8.1. Keng polosali kuchaytirgichlar to'g'risida umumiy ma'lumot…….. 84
8.2. Kengligi bir oktavadan kichik bo'lgan kuchaytirgichlar…… 85
8.3. Kuchaytirgichning chiqish qismi uchun korreksiya qiluvchi zanjirlar …….. 88
Nazorat savollari…… 90
9. CHASTOTA KO'PAYTIRGICHLAR 92
9.1. Chastota ko'paytirgichlarning qo'llanilishi, klassifikatsiyasi va asosiy xarakteristikalari..... 92
9.2. Inersiyasiz to'rt qutbli chastotako'paytirgichlar…....…… 95
9.3. Tranzistorli chastota ko'paytirgichlar..... 99
Nazorat savollari……..... 102
10. AVTOGENERATORLAR…… 104
10.1. Avtogeneratorlar to'g'risida umumiy tushunchalar……... 104
10.2. Avtogenerator tenglamalari……... 107
10.3. Avtogenerator sxemalari……..... 113
10.4. Avtogeneratordagi aktiv elementning ish holati..... 116
10.5. Tranzistorli avtogenerator sxemalari……..... 117
Nazorat savollari..... 119
11. AVTOGENERATORNING CHASTOTA TURG'UNLIGI..... 120
11.1. Avtogeneratorning chastota turg'unligi..... 121
11.2. Tasodifiy funksiyani energetik spektri……..... 121
11.3. Avtogeneratorning chastota turg'unligiga ta'sir qiluvchi omillar..... 124
Nazorat savollari..... 127
12. KVARS REZONATORI ASOSIDA ISHLAYDIGAN AVTOGENERATORLAR……..... 128
12.1. Kvars rezonatorlarining xususiyatlari……. 128
12.2. Kvars rezonatorining parametrlari…….. 130
12.3. Kvars rezonatorlarining ekvivalent sxemalari…… 132

12.4. Kvars rezonatorining ketma-ket va parallel rezonans chastotalari …… 133
12.5. Kvars tebrantirgichlari induktiv qarshilik va ketma-ket induktivlik konturi sifatida ishlatiladigan avtogenerator sxemalari……... 134
Nazorat savollari……. ……. 140
13. MODULYATORLAR…….. 142
13.1. Modulyatsiya turlari..... 142
13.2. Amplituda modulyatsiyasining xarakteristikalari va ko‘rsatkichlari..... 145
13.3. Kollektor kuchlanishini o‘zgartirib amplitudasi modulyatsiyalangan signallarni shakllantirish(kollektor modulyatsiyasi)..... 149
13.4. Siljish kuchlanishini o‘zgartirib amplitudasi modulyatsiyalangan signallarni shakllantirish..... 153
13.5. Bir polosali amplitudali modulyatsiya..... 155
13.6. Burchak modulyatsiyasi. Burchak modulyatsiyasining turlari va asosiy xarakteristikalari..... 158
13.7. Chastotali modulyatsiya..... 163
13.8. Chastotani boshqaruvchi qurulmalar..... 166
13.9. Faza modulyatorlari 168
Nazorat savollari 172
14. RADIOUZATUVCHI QURILMALARNING TASHUVCHI SIGNAL GENERATORLARI VA CHASTOTA SINTEZATORLARI……... 173
14.1. Qo‘zg‘atgich haqida ma’lumotlar……..... 173
14.2. Chastota sintezatorlarining turlari va asosiy xarakteristikalari..... 175
14.3. Bevosita sintez usuliga asoslangan chastota sintezatorlari..... 176
14.4. Bilvosita usul asosida qurilgan chastota sintezatorlari..... 180
Nazorat savollari..... 185
15. RAQAMLI CHASTOTA SINTEZATORLARI..... 186
15.1. Raqamli chastota sintezatorlari..... 186
15.2. Maxsus DDS mikrosxema asosida tog‘ridan-t‘og‘ri sintez usuliga asoslangan raqamli chastota sintezatori..... 189
Nazorat savollari 193
16. RADIOUZATUVCHI QURILMALARDA PARAZIT TO‘LQINLAR..... 194
16.1. Parazit to‘lqinlarning kelib chiqish sabablari…… 194
16.2. Teskari aloqa hisobiga bo‘ladigan parazit to‘lqinlar..... 195
16.3. Avtogenerator sxemasidagi parazit to‘lqinlarni yo‘qotish usullari..... 199
Nazorat savollari..... 200
17. RADIOSIGNALLARNI QABUL QILUVCHI VA QAYTA ISHLOVCHI QURILMALAR HAQIDA UMUMIY TUSHUNCHALAR..... 201
17.1. Qabul qiluvchi qurilmani vazifasi, ishlash usuli va turlari..... 201
17.2. Qabul qiluvchi qurilmalarning asosiy tavsiflari..... 202
17.3. Qabul qiluvchi qurilmalarning tarkibiy tuzilishi..... 205
Nazorat savollari..... 208
18. KIRISH ZANJIRLARI..... 210
18.1. Kirish zanjirlari haqida umumiy ma’lumotlar..... 210
18.2. Kirish zanjirlarining asosiy ko‘rsatkichlari..... 212

18.3. Kirish zanjirlarining tahlili..... 214
18.4. Kirish zanjirlarni elektron sozlash..... 222
18.5. O ‘ta yuqori chastotalali diapazon qabul qiluvchi qurilmalarining kirish zanjirlari..... 223
Nazorat savollari..... 231
19. RADIOCHASTOTA KUCHAYTIRGICHLARI..... 232
19.1. Radiochastota kuchaytirgichlari haqida umumiy tushunchalar..... 232
19.2. Radiochastota kuchaytirgichlarning asosiy parametrlari……... 234
19.3. Ichki teskari aloqaning kuchaytirgich xossalariga ta’siri..... 235
19.4. Radiochastota kuchaytirgichlarning kaskadli sxemalari…… 237
Nazorat savollari..... 240
20. CHASTOTA O‘ZGARTIRGICHLARI 241
20.1. Chastota o‘zgartirish haqida umumiy tushunchalar..... 241
20.2. Chastota o‘zgartirgichlarning asosiy parametrlari…….. 244
20.3. Chastota o‘zgartirgichlarning turlari..... 246
20.4. Diodli chastota o‘zgartirgichlar..... 248
20.5. Tranzistorli chastota o‘zgartirgichlari..... 252
Nazorat savollari..... 254
21. ORALIQ CHASTOTA KUCHAYTIRGICHLARI..... 256
21.1. Oraliq chastota to‘g‘risida umumiy ma’lumotlar..... 256
21.2. Oraliq chastota kuchaytirgichlarini turlari. Ikki konturli polosali filtrli OChK..... 258
21.3. Oraliq chastota kuchaytirgichlarini filtrlari..... 262
Nazorat savollari..... 265
22. DETEKTORLAR VA AMPLITUDAVIY CHEKLAGICHLAR..... 267
22.1. Detektorlar haqida umumiy tushunchalar..... 267
22.2. Detektorlarning ekvivalent sxemalari..... 268
22.3. Amplitudaviy detektorlarining turlari…… 271
22.4. Kuchsiz signallarni detektorlash nazariyasi…… 275
22.5. Kuchli signallarni detektorlar nazariyasi……..... 277
22.6. Amplitudaviy cheklagichlar. Cheklagichlar turlari..... 280
22.7. Diodli amplitudaviy cheklagichlar..... 282
22.8. Tranzistorli amplitudaviy cheklagichlar..... 284
22.9. Fazaviy detektor va ularning turlari..... 289
22.10. Chastotaviy detektor va ularning turlari……..... 292
22.11. Chastotaviy detektorlarning tahlili……..... 297
22.12. Chastota – impulsli detektorlar..... 300
Nazorat savollari..... 301
23. RADIOQABUL QILUVCHI QURILMALARNI ROSTLASH..... 302
23.1. Rostlashning turlari..... 302
23.2. Kuchaytirish koeffitsiyentini rostlash…… 303
23.3. Kuchaytirish koeffitsiyentini avtomatik tarzda rostlash..... 305
23.4. Chastotani avtomatik tarzda rostlash..... 309
23.5. Radiosignallarni qabul qiluvchi qurilmalarni o‘tkazish oralig‘ini

rostlash..... 311
23.6. Rostlash zanjiri elementlarining asosiy xarakteristikalari…….. 314
Nazorat savollari..... 317
QISQARTMALAR……... 318
GLOSSARIY…… 320
TESTLAR……. 340
FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR…….. 357

CONTENTS

Introduction..... 3
1.GENERAL CHARACTERISTICS OF RADIO COMMUNICATIONS…
1.1. Information, message, signals…… 5
1.2. Radio communication system…… 5
1.3. Types of radio communication…… 7
1.4. Classification of radio bands…… 8
1.5. General information on electromagnetic radiation…… 9
Control questions…….... 10
2. RADIO-TRANSMITTING DEVICES……. 13
2.1. The general convergence about of radio transmitters..... 14
2.2. Classification of radio transmitters..... 14
2.3. Function charts of radio transmitters..... 15
2.4. The requirement to radio transmitters……. 16
Control questions …….. 17
3. SEPARATELY EXCITED GENERATORS …….. 18
3.1. General convergence on separately excited generators …… 19
3.2. Balance of capacity of separately excited generators …… 19
3.3. Methods increase of coefficient of useful action …… 21
Control questions …….. 24
4. STATIC CHARACTERICS OF ACTIVE ELEMENTS OF THE RADIO-TRANSMITTING DEVICES …… 26
4.1. Static characterics of active elements …….. 27
4.2. Harmonic analysis of output currents ……. 27
4.3. Modes of active elements in oscillators with an external excitation…… 30
4.4. Determination of operating modes of active elements in the poweramplifier…….. 32
4.5. Choice of an active element for the power amplifier …… 33
4.6. Load characteristics of the power amplifier…….. 35
4.7. Choice of the general electrode of an active element in the power amplifier …… 38
Control questions …….. 42
5. SUPPLY CIRCUITS, OFFSETS AND COORDINATION IN POWER AMPLIFIERS …… 45
5.1.The principles of schemes of generators with external excitation…… 47
5.2. Supply circuits …… 47

5.3. An offset circuit …….. 51
Control questions …… 55
6. COORDINATION CIRCUITS……. 56
6.1. Requirements to coordination circuits …… 56
6.2. Matching circuits of narrowband amplifiers of capacity……. 59
6.3. Matching circuits of wideband amplifiers of capacity…… 61
6.4. Losses in circuits of the coordination and their efficiency…… 63
Control questions ……. 65
7. ADDING POWER OF ACTIVE ELEMENTS IN POWER AMPLIFIERS……. …… 66
7.1. Parallel switching-on of active elements …… 66
7.2. Two-stroke switching-on of active elements …….. 71
7.3. Bridge switching-on of active elements ……. 75
Control questions …….. 82
8. WIDEBAND AMPLIFIERS …….. 84
8.1. General convergence on wideband amplifiers …….. 84
8.2. Amplifiers with a band less an octave …… 85
8.3. Adjusting circuits of output cascades of amplifiers …….. 88
Control questions ……. 90
9. FREQUENCY MULTIPLIERS …… 92
9.1. Assignment, classification and the main characteristics of a frequency multiplier …….. 92
9.2. Frequency multipliers without the inertial the two-terminal-pair network……..... 95
9.3. Transistor frequency multipliers …… 99
Control questions …….. 102
10. AUTOGENERATORS ……. 104
10.1. General convergence on auto generators…… 104
10.2. Equation of auto generators……. 107
10.3. Circuits of auto generators……... 113
10.4. A mode of active elements of auto generators…… 116
10.5. Circuits of transistor auto generators…….. 117
Control questions…….. 119
11. FREQUENCY STABILITY OF AUTO GENERATORS…… 120
11.1. Frequency stability of auto generators…….. 120
11.2. The energy spectrum of the random function…….. 121
11.3. Factors influencing frequency stability of auto generators..... 124
Control questions ……. 127
12. AUTOGENERATORS BASED ON QUARTZ RESONATOR…… 128
12.1.Properties of quartz resonators…… 128
12.2. Parameters of the quartz resonator …… 130
12.3. Equivalent circuits of the quartz resonator…… 132
133

12.4.Serial and parallel resonance frequencies…….
12.5. Circuits of oscillators in which the quartz resonator is used as Inductive resistance and serial circuit…….. 134
Control questions ……. 140
12. MODULATORS…… 142
13.1. Types of modulation…….. 142
13.2. Indexes and amplitude shift keying characteristics …….. 145
13.3. AM change supply voltage (collector modulation)…… 144
13.4. AM change pressure of offset ……..... 153
13.5. Single-sideband amplitude shift keying …… 155
13.6. Angle modulation. Types of angle modulation and their main characteristics ……. 158
13.7. Frequency modulators …… 163
13.8. Frequency controllers…….. 166
13.9. Phase modulators ……. 168
Control questions …….. 172
14. GENERATORS OF CARRIER SIGNALS OF RADIO TRANSMITTING DEVICES AND FREQUENCY SYNTHESIZERS…. 173
14.1. General convergence on drivers …….. 173
14.2. Types and the main characteristics of synthesizers are frequency …..... 175
14.3. Frequency synthesizers, based on a method of direct synthesis of frequencies …… 176
14.4. Frequency synthesizers, based on a method of indirect synthesis of frequencies…… 180
Control questions …… 185
15. DIGITAL FREQUENCY SYNTHESIZERS ……. 186
15.1. Numeral frequency synthesizers …….. 186
15.2. Numeral frequency synthesizers with usage of chips DDS, based on a method of direct synthesis …… 189
Control questions……. 193
16. SPURIOUS OSCILLATIONS IN TRANSMITTERS …….. 194
16.1. Reasons of origin of spurious oscillations …… 194
16.2. Stray excitation at the expense of back coupling …… 195
16.3. Methods of suppression of spurious oscillations in auto generators…… 199
Control questions …….. 200
17.GENERAL INFORMATION ABOUT RADIO RECEIVER DEVICES…….. 201
17.1. Purpose, principle of the work and types radio receiver devices……. 201
17.2. Leading indexes radio receiver devices…… 202
17.3. Structured schemes radio receiver devices…… 205
Control questions …… 208
18. INPUT CHAIN…….. 210
18.1. General information about input chain……. 210

18.2. Leading indexes of the input chains……. 212
18.3. Analysis of the input chains…….. 214
18.4. Electronic setup of input circuits……..... 222
18.5. Particularities of the input chains different frequency range…… 223
Control questions ……..... 231
19. AMPLIFIERS OF THE RADIO FREQUENCY…….. 232
19.1. General notions about amplifier of the radio frequency……. 232
19.2. Main parameters of the amplifiers of the radio frequency……. 234
19.3. Influence to internal feedback on characteristic of the amplifier of the radio frequency…….. 235
19.4. Cascade schemes of the amplifiers of the radio frequency…… 237
Control questions …… 240
20. CONVERTERS OF THE FREQUENCY……. 241
20.1. General information about converter of the frequency…….. 241
20.2. Main parameters of the converters of the frequency…….. 244
20.3. Types of the converters of the frequency…… 246
20.4. Diode converters of the frequency…….. 248
20.5. Transistor converters of the frequency…… 252
Control questions……. 254
21. AMPLIFIERS OF THE INTERMEDIATE FREQUENCY…… 256
21.1. General information on intermediate frequency amplifiers…… 256
21.2. Varieties of intermediate frequency amplifiers…….. 258
21.3. Intermediate frequency amplifier filters……. 262
Control questions…… 265
22. DETECTORS AND AMPLITUDE LIMITERS…… 267
22.1. General notions about detector…… 267
22.2. Equivalent schemes detector…… 268
22.3. Types of amplitude detector……. 271
22.4. Weak signal detection…….. 275
22.5. Strong signal detection……. 277
22.6. Amplitude limiters. Types of limiters……. 280
22.7. Diod amplitude limiters…….. 282
22.8. Transistore amplitude limiters……..... 284
22.9. Phase detectors and their types…… 289
22.10. Frequency detectors and their types…….. 292
22.11.Frequency Detector Analysis……..... 289
22.12. Frequency - a pulsed detectors……. 300
Control questions……..... 301
23. REGULATIONS IN RADIO RECEIVER DEVICES…….. 302
23.1. Types of the regulations…….. 302
23.2. Gain control…… 303
23.3. Automatic gain control…….. 305
23.4. Automatic frequency control…… 309
23.5. Radio bandwidth adjustment……. 311

23.6. The main characteristics of the adjustment circuits…… 314
Control questions……. 317
List of abbreviations…… 318
Glossary …… 320
Control tests…….. 340
The list of references……..... 357

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 3
1. ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УСТРОЙСТВ РАДИОСВЯЗИ..... 5
1.1. Информация, сообщение, сигнал..... 5
1.2. Системы радиосвязи..... 7
1.3. Виды радиосвязи..... 7
1.4. Классификация радиодиапазонов..... 9
1.5. Общие сведения об электромагнитном излучении…….. 10
Контрольные вопросы……. 13
2. УСТРОЙСТВА ПЕРЕДАЧИ РАДИОСИГНАЛОВ…..…… 14
2.1. Общие сведения о радиопередающих устройствах ……..... 14
2.2. Классификация радиопередающих устройств…….…… 15
2.3. Структурные схемы радиопередающих устройств…… 16
2.4. Требования к радиопередающим устройствам……..……. 17
Контрольные вопросы…….……. 18
3. ГЕНЕРАТОРЫ С ВНЕШНИМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ.…… 19
3.1. Общие сведения о генераторах со внешним возбуждением…… 19
3.2. Баланс мощностей в генераторах с внешним возбуждением…… 21
3.3. Способы увеличения коэффициента полезного действия усилителей мощности ……..... 24
Контрольные вопросы…… 26
4. СТАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В РАДИОПЕРЕДАЮЩИХ УСТРОЙСТВАХ……. 27
4.1. Статические характеристики активных элементов и их аппроксимация 27
4.2. Гармонический анализ выходных токов ……. 30
4.3. Режимы активных элементов в генераторах с внешним возбуждением…….. 32
4.4. Определение режима работы активных элементов в усилителях мощности …… 33
4.5. Выбор активного элемента в усилителях мощности …….. 35
4.6. Нагрузочные характеристики усилителя мощности…….. 38
4.7.Выбор общего электрода активного элемента в усилителе мощности…… 42
Контрольные вопросы…….. 45
5. СХЕМЫ УСИЛИТЕЛЕЙ МОЩНОСТИ, ЦЕПИ ПИТАНИЯ И СМЕЩЕНИЯ …… 47
5.1. Принципы построения схем генераторов со внешним возбуждением… 47
5.2. Цепи питания……. 48
5.3. Цепи смещения…….. 51
Nazorat savollari……..... 55

6. ЦЕПИ СОГЛАСОВАНИЯ……. 56
6.1. Требования к цепям согласования …… 56
6.2. Согласующие цепи узкополосных усилителей мощности……. 59
6.3. Согласующие цепи широкополосных усилителей мощности…….. 61
6.4. Потери в цепях согласования и их КПД…….. 63
Контрольные вопросы…….. 65
7. СЛОЖЕНИЕ МОЩНОСТЕЙ АКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В УСИЛИТЕЛЯХ МОЩНОСТИ…….. 66
7.1. Параллельное включение активных элементов …….. 66
7.2. Двухтактное включение активных элементов ……..... 71
7.3. Мостовое включение активных элементов …….. 75
Контрольные вопросы…… 82
8. ШИРОКОПОЛОСНЫЕ УСИЛИТЕЛИ ……... 84
8.1. Общие сведения о широкополосных усилителей……. 84
8.2. Усилители с полосой менее октавы…… 85
8.3. Корректирующие цепи выходных каскадов широкополосных усилителей……..... 88
Контрольные вопросы…… 90
9. УМНОЖИТЕЛИ ЧАСТОТЫ …… 92
9.1. Назначение, классификация и основные характеристики умножителя частоты……. 92
9.2. Умножители частоты с безинерционным четырехполюсником ……..… 95
9.3. Транзисторные умножители частоты……. 99
Контрольные вопросы…… 102
10. АВТОГЕНЕРАТОРЫ …… 104
10.1. Общие сведения об автогенераторах…….. 104
10.2. Уравнение автогенератора …….. 107
10.3. Схемы автогенераторов…… 113
10.4. Режим активных элементов автогенератора…….. 116
10.5. Схемы транзисторных автогенераторов……. 117
Контрольные вопросы…….. 119
11. НЕСТАБИЛЬНОСТЬ ЧАСТОТЫ АВТОГЕНЕРАТОРА……..……. 120
11.1. Стабильность частоты автогенератора..……. 120
11.2. Энергетический спектр случайной функции……. 121
11.3. Факторы, влияющие на стабильность частоты автогенераторов….. 124
Контрольные вопросы…… 127
12. АВТОГЕНЕРАТОРЫ НА ОСНОВЕ КВАРЦЕВОГО РЕЗОНАТОРА… 128
12.1. Свойства кварцевых резонаторов …….. 128
12.2. Параметры кварцевого резонатора…….. 130
12.3. Эквивалентные схемы кварцевого резонатора…… 132
12.4. Частоты последовательного и параллельного резонатора…… 133
12.5. Схемы автогенераторов с использованием кварцевого резонатора в качестве индуктивного сопротивления и последовательного контура…….. 134

Контрольные вопросы……. 140
13. МОДУЛЯТОРЫ…….…… 142
13.1. Виды модуляции…….. 142
13.2. Показатели и характеристики амплитудной модуляции…… 145
13.3. Формирование амплитудно-модулированных сигналов с изменением напряжение питания коллектора (коллекторная модуляция)…… 149
13.4. Формирование амплитудно-модулированных сигналов с изменением напряжения смещения……... 153
13.5. Однополосная амплитудная модуляция……. 155
13.6. Угловая модуляция. Виды угловой модуляции и их основные характеристики……. …….. 158
13.7. Частотная модуляция…….. 163
13.8. Управление частотой…….. 166
13.9. Фазовые модуляторы…… 168
Контрольные вопросы…….. 172
14. ГЕНЕРАТОРЫ НЕСУЩИХ СИГНАЛОВ РАДИОПЕРЕДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ И СИНТЕЗАТОРЫ ЧАСТОТЫ …… 173
14.1. Общие сведения о возбудителях……. 173
14.2. Виды и основные характеристики синтезаторов частоты……..... 175
14.3. Синтезаторы частоты на основе прямого синтеза……. 176
14.4. Синтезаторы частоты на основе непрямого синтеза……. 180
Контрольные вопросы……. 185
15. ЦИФРОВЫЕ СИНТЕЗАТОРЫ ЧАСТОТЫ…….. 186
15.1. Цифровые синтезаторы частоты…….. 186
15.2.Цифровые синтезаторы частоты прямого синтеза на основе специализированных микросхем DDS……..... 189
Контрольные вопросы…… 193
16. ПАРАЗИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ В РАДИОПЕРЕДАЮЩИХ УСТРОЙСТВАХ…….……. 194
16.1. Причины возникновения паразитных колебаний…….. 194
16.2. Паразитное возбуждение за счет обратной связи…….. 195
16.3. Методы подавления паразитных колебаний в автогенераторах ……. 199
Контрольные вопросы……..... 200
17. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О УСТРОЙСТВАХ ПРИЕМА И ОБРАБОТКИ РАДИОСИГНАЛОВ……..……. 201
17.1. Назначение, принцип действия и виды радиоприемных устройств..……..... 201
17.2. Основные характеристики радиоприемных устройств ……. 202
17.3. Структурные схемы радиоприемных устройств……. 205
Контрольные вопросы……..... 208
18. ВХОДНЫЕ ЦЕПИ……..... 210
18.1. Общие сведения о входных цепях…… 210
18.2. Основные показатели входных цепей…… 212

18.3. Анализ входных цепей……. 214
18.4. Электронная настройка входных цепей……..... 222
18.5. Входные цепи радиоприемных устройств СВЧ диапазона…….. 223
Контрольные вопросы……..... 231
19. УСИЛИТЕЛИ РАДИОЧАСТОТЫ..... 232
19.1. Общие сведения об усилителях радиочастоты..... 232
19.2. Основные параметры усилителей радиочастоты..... 234
19.3. Влияние внутренный обратной связи на показатели усилителей радиочастоты..... 235
19.4. Схемы каскодных усилителей радиочастоты..... 237
Контрольные вопросы……..... 240
20. ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЧАСТОТЫ…… 241
20.1. Общие сведения о преобразователях частоты…… 241
20.2. Основные параметры преобразователей частоты……. 244
20.3. Разновидности преобразователей частоты……..... 246
20.4. Диодные преобразователи частоты……..... 248
20.5. Транзисторные преобразователи частоты……. 252
Контрольные вопросы……..... 254
21. УСИЛИТЕЛИ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ЧАСТОТЫ…… 256
21.1. Общее сведения об усилителях промежуточной частоты……. 256
21.2. Разновидности усилителей промежуточной частоты. УПЧ с двухконтурным полосовым фильтром…… 258
21.3. Фильтры усилителей промежуточной частоты……. 262
Контрольные вопросы……..... 265
22. ДЕТЕКТОРЫ И АМПЛИТУДНЫЕ ОГРАНИЧИТЕЛИ…… 267
22.1. Общие сведения о детекторах…….. 267
22.2. Эквивалентные схемы детекторов…….. 268
22.3. Виды амплитудных детекторов……..... 271
22.4. Детектирование слабых сигналов……..... 275
22.5. Детектирование сильных сигналов……. 277
22.6. Амплитудные ограничители. Виды ограничителей…….. 280
22.7. Диодные амплитудные ограничители……..... 282
22.8. Транзисторные амплитудные ограничители……. 284
22.9. Фазовые детекторы и их виды……..... 289
22.10. Частотные детекторы и их виды……..... 292
22.11. Анализ частотных детекторов……..... 297
22.12. Частотно-импульсные детекторы…….. 300
Контрольные вопросы……..... 301
23. РЕГУЛИРОВКИ В РАДИОПРИЕМНИКАХ..... 302
23.1. Виды регулировок…….. 302
23.2. Регулировка коэффициента усиления……. 303
23.3. Автоматическая регулировка коэффициента усиления……. 305
23.4. Автоматическая подстройка частоты……..... 309
23.5. Регулировка полосы пропускания радиоприемников……. 311

23.6. Основные характеристики регулировочных цепей……..... 314
Контрольные вопросы……..... 317
Список принятых сокращений……..... 318
Глоссарий …… 320
Контрольные тесты…… 340
Список литературы……. 357

Nazarov A.M., Tadjiyev A.A.
Radioaloqa qurilmalari. – T.: ToshDTU, 2020. – 374b.

Abdulaziz Mo‘minovich Nazarov
Abdukayum Abdulxayevich Tadjiyev

RADIOALOQA QURILMALARI

Darslik

Mas’ul muharrir A.M. NAZAROV
Badiiy muharrir
Texnik muharrir Ya.T. YUSUPOV
Musahhih