

ARIPOVA M.X.

RADIOELEKTRONIKA ASOSLARI



TOSHKENT

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIJ VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI**

ARIPOVA M.X.

RADIOELEKTRONIKA ASOSLARI

*O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi
tomonidan talabalar uchun o'quv qo'llanma sifatida tavsiya etilgan*

TOSHKENT – 2018

UO'K: 621.396.6(075)

KBK 32ya7

A 75

A 75

Aripova M.X. Radioelektronika asoslari. –T.: «Fan va texnologiya», 2018, 208 bet.

ISBN 978-9943-11-918-5

O'quv qo'llanmada radioto'lqimlarning tarqalishi, radiotexnik zanjirlar va signallar nazariyasi asoslari, radioelementlar va elektron asboblari, elektron kuchaytirgichlar va ularning turlari, uzatuvchi va qabul qiluvchi radioelektron qurilmalar, radiotexnik tizimlar va aloqa kanallari bo'yicha nazariy ma'lumotlar keltirilgan.

O'quv qo'llanma "5350700 – Radioelektron qurilmalar va tizimlar" ta'lim yo'nalishi bo'yicha tahsil olayotgan talabalarga mo'ljallangan.

В учебном пособии рассмотрены вопросы теории распространения радиоволн, основы теории радиотехнических цепей и сигналов, радиоэлементы и электронные приборы, разновидности электронных усилителей, передающие и приемные радиоэлектронные устройства, радиотехнические системы и каналы связи.

Учебное пособие предназначено для студентов обучающихся по направлениям "5350700 – Радиоэлектронные устройства и системы".

The training manual addressed issues of propagation theory, the foundations of the theory of radio circuits and signals, radioactive elements and electronic products, varieties of electronic amplifiers, transmit and receive radio-electronic devices, radio systems and communication channels.

The manual is intended for students enrolled in the direction 5350700-Radio-electronic devices and systems.

UO'K: 621.396.6(075)

KBK 32ya7

Texnika fanlari doktori, professor A.M. Nazarovning umumiy tahriri ostida

Taqrizchilar:

Yarmuxamedov A.A. – t.f.n., TDTU Radiotexnik qurilmalar va tizimlar kafedrası dotsenti;

Po'latov Sh.U. – t.f.n., TATU Mobil aloqa texnologiyalari kafedrası mudiri.

ISBN 978-9943-11-918-5

© «Fan va texnologiya» nashriyoti, 2018;
© Toshkent davlat texnika universiteti, 2018.

KIRISH

Radioelektronika fani boshqa ko'pgina unga bog'liq elektr zanjirlar nazariyasi, radiotexnika, axborotlarni uzatish nazariyasi, aloqa nazariyasi, elektronika, yarim o'tkazgichli asboblarni, mikroelektronika, hisoblash texnikasi fanlar bilan birgalikda o'rganiladi.

Radioelektronika asoslari fani boshqa kasbiy fanlar uchun asosiy tayanch fani hisoblanadi, ayniqsa, radioelektron qurilmalar va tizimlar yo'nalishi bo'yicha tahsil olayotgan talabalar uchun maxsus fan bo'lib hisoblanadi.

Fanni o'zlashtirish jarayonida, axborotlarni uzatish nazariyasi asoslariga bog'liq masalalar chuqur o'rganiladi va asosiy radioelektron tizimlarning strukturaviy sxemalari tahlil qilinadi. Signallarni elektr zanjirlaridan oqishi, tarqalishi masalalari ko'rib chiqiladi, signallarni turlicha o'zgartirish uchun qo'llaniladigan funksional qismlar va sxemalarni tahlil qilish amalga oshiriladi.

Ilmiy-texnik progressining zamonaviy bosqichi axborotlarni uzatishdagi, ularga ishlov berish, muhofazalash va ulardan foydalanishdagi revolyutsion o'zgarishlarga bog'liq hisoblanadi. Bu ishlarni barchasini, radioelektronika sohasining ilmiy-texnik jihatdan rivojlanishi natijasida amalga oshirish imkoniyati yaratildi.

Zamonaviy radioelektronika – bu radiochastotali elektromagnit tebranishlar va to'lqinlardan foydalanish, o'zgartirishga asoslanib, axborotlarni uzatish va o'zgartirish bilan bog'liq ilm va texnikaning bir qancha sohalarining jamlangan nomlanishidir.

Radioelektronika radiotexnika (radio – lotincha nur taratuvchi, techne – grekcha san'at, mahorat) va elektronika sohalarini sintez qilish natijasida yuzaga keldi. Radiotexnikaning asosiy vazifasi elektromagnit tebranishlar energiyasi yordamida axborotlarni uzoq masofaga uzatishdan iborat.

Zamonaviy radiotexnika – bu axborotlarni uzoq masofaga uzatish uchun qo'llaniladigan radiochastotali diapazondagi elektromagnit tebranishlarni generatsiya qilish, kuchaytirish, bir shakldan ikkinchi shaklga o'zgartirish, ishlov berish, saqlash, nurlantirish va

qabul qilish bilan bog'liq ilm va texnikaning sohasi hisoblanadi. Hozirgi kundagi radioelektronika sohasidagi o'sish texnologiyasining juda yuqoriligi, juda ko'p maishiy va texnik radioqurilmalarni ishlab chiqarilishiga asos bo'lmoqda. Radioelektronika sohasidagi bu yutuqlar, shu sohada, ya'ni radiotexnika va o'ta yuqori chastota (O'YUCH) texnikasi bo'yicha malakali mutaxassislariga bo'lgan talablarni keltirib chiqarmoqda.

Radiotexnikaning yuzaga kelishiga uchta buyuk olimlar bilan bog'liq bo'lgan elektromagnit maydonning ochilishi sabab bo'ldi. M. Faradey 1831-yilda elektromagnit induksiya qonunini kashf etdi. XIX asrning oxirlariga kelib ko'rinmaydigan, lekin juda olis masofalarga tarqaluvchi elektromagnit to'liqlar kashf qilinishi radioaloqa qilishning yaratilishiga asos bo'ldi. 60-yillarda ingliz olimi D. Maksvell elektromagnit maydon nazariyasini yaratib, yorug'lik to'liqlari va radioto'liqlarining tabiati va ularning tarqalish qonunlarini asoslab berdi. Keyinchalik esa, ultrabinafsha, infraqizil, rentgen va boshqa nurlanishlar kashf etildi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, bunday nurlanishlar orasidagi farqlarga qaramasdan, ularning tabiati bir xil, ya'ni ularning hammasi elektromagnit to'liqlar hisoblanadi, ularning xususiyatlari to'liq uzunliklarining turlicha bo'lishligi bilan asoslanadi.

1886–1888-yillarda G. Gers eksperimental tajribalarda Maksvell nazariyasini to'g'riligini isbotlab berdi, ya'ni radioto'liqlarni tarqalishi, qaytishi va sinishi yorug'lik tarqalishi bilan bir xilligini asoslab berdi. U tomonidan to'liqning minimal uzunligi $\lambda=60$ sm qilib olindi.

Maksvellning elektromagnit maydon nazariyasi obyektiv fizik reallikni to'g'ri tasvirlab, asosiy elektrik qonuniyatlarni tajribalar orqali umumlashtiradi. Uning nazariyasida juda muhim xulasa mujassamlashgan bo'lib, unga ko'ra o'zgaruvchan elektr maydoni o'zgaruvchan magnit maydonini keltirib chiqaradi. Elektromagnit induksiya qonuniga asosan o'zgaruvchan magnit maydoni o'zgaruvchan elektr maydonini keltirib chiqaradi. Bundan kelib chiqadiki, o'zgaruvchan elektrik va magnit maydonlar birgalikda mavjud bo'lib, o'zaro bog'liqlikka ega hisoblanadi. Shuning uchun elektrik yoki magnit maydonining o'zgarishi yagona elektromagnit maydonini yuzaga kelishiga olib keladi.

O'zgaruvchan elektromagnit maydonning muhim xususiyati bo'lib, uning yuzaga kelgan joyida qolmasdan, fazoda turli tomonlarga elektromagnit to'lqinlarni yaratib tarqalishi hisoblanadi. Maksvell nazariyasiga asosan elektromagnit to'lqinlarni xohlagan nuqtada va xohlagan vaqtda ko'ndalang tipdagi to'lqinlar deb hisoblash mumkin. Magnit va elektr maydon to'lqinlarining harakat yo'nalishlari esa, ularning tarqalish yo'nalishiga perpendikulyar bo'lib, bunda elektrik maydon yo'nalishi magnit maydon yo'nalishiga doimo perpendikulyar hisoblanadi.

Amaliyotda elektromagnit to'lqinlardan birinchi bo'lib rus fizik va elektrotexnik olimi Popov A.S. 1985-yil 7-mayda o'zi yaratgan radiopriyemnikini Peterburgda, fizik-kimyoviy jamiyatning majlisi-da namoyish qilishda foydalandi. 1896-yil 24-martda esa dunyoda birinchi marotaba 250 metr atrofida radioaloqa o'rnatilib, telegraf kodi orqali «Genrix Gers» so'zi uzatilib, qabul qilindi. O'zining bu kashfiyotiga 1900-yilda u Parijda oltin medal sohibi bo'ldi. Juda ko'p olimlar elektromagnit maydonidan radioaloqa qilishda foydalanish bo'yicha izlanishlar olib bordilar. Masalan, italyan radiotexnigi 1894-yilda Italiyada, 1896-yilda Buyuk Britaniyada elektromagnit maydonidan amaliyotda foydalanish bo'yicha tajribalar o'tkazdi va 1897-yilda simsiz telegraf usulini kashf etishiga patent oldi va telegraf apparaturalarini ishlab chiqarish bo'yicha aksionerlik jamiyatini tashkil etdi. Radioaloqani rivojlantirishga hissa qo'shdi va 1909-yilda K.F. Braun bilan birgalikda Nobel mukofotiga sazovar bo'ldi. Shu yillardan boshlab elektromagnit to'lqinlardan radioaloqada, televideniya, radiolokatsiya va radionavigatsiya sistemalarida foydalanib kelinmoqda.

1. AXBOROT UZATISH VA QABUL QILISH RADIOTEXNIK TIZIMLARI

1.1. Axborot, xabar va signal tushunchalari

Hozirda axborot va xabar tushunchasi bir-biri bilan chambarchas bog'liqdir. Axborot deb uzatish, qabul qilish, ishlov berish, o'zgartirish, saqlash yoki bevosita foydalanish uchun mo'ljallangan hodisalar, voqealar yoki narsalar haqidagi ma'lumotlar to'plamiga aytiladi.

O'zlash uchun mo'ljallangan va aniq bir shaklda ifodalangan axborotlar xabar deb ataladi. Xohiagan real xabarni tasodifiy hodisa (tasodifiy jarayonlar) deb ko'rish kerak bo'ladi. Xabarni uzatish, taqsimlash, xotirada saqlash, shaklini o'zgartirish va to'g'ridan-to'g'ri axborot oluvchiga yetkazib berish mumkin. Xabar almashish nafaqat insonlar orasida, balki inson va avtomatik boshqarish tizimi o'rtasida, turli texnik tizimlar, kompyuterlar orasida bo'lishi mumkin. Xabarni ma'lum bir shaklda yaratib beruvchi obyekt xabar yoki axborot manbai deb, xabarni iste'mol qiluvchi obyekt axborot oluvchi deb ataladi.

Agar axborotning tarkibidagi ma'no beruvchi belgilarni m ga teng deb olsak, bitta xabar n elementlardan tashkil topgan bo'lsa, u holda xabarlar soni

$$N = m^n \quad (1.1)$$

formula bilan hisoblanadi. Masalan, ikki razryadli o'nlik son ($n=2$, $m=10$) sonlar yordamida $N = 10^2 = 100$ tagacha xabar uzatish mumkin. Shu jumladan, rus so'zlarining o'rtacha uzunligida, ya'ni $n=5$ ta harfdan va alfavitlar soni $m=32$ bo'lganda, 33,5 million turlicha so'zlarni tashkil qilish mumkin bo'ladi.

R. Xartli axborot miqdorini o'lchash uchun (2) formulani taklif etdi.

$$I = \log N = \log m^n = n \log m \quad (1.2)$$

Logorifinning asosi axborot o'lchov birligiga bog'liqdir. Agar axborotlarni kodlash uchun ikkilik belgilaridan, ya'ni 0 va 1 dan foydalanilganda $m = 2$ ga teng bo'ladi, u holda $\log_2 2 = 1$ bo'lganligi sababli

$$I = \log_2 N = n.$$

Agar $n=1$, $I=1$ bo'lsa, bo'nday holda axborot miqdorini birlik axborot miqdori deb qabul qilinib bir bit deb ataladi. Uzunligi $n=1$ ga teng ma'lumotni uzatish uchun ikkita teng ehtimollik ma'lumotlardan bittasini tanlashga ekvivalent hisoblanadi. 101 belgilar 3 bitli son hisoblanadi. Ma'lumotlarni tasvirlash birligi sifatida bayt, ya'ni sakkizta ikkilik razryadlardan (bitlardan) tashkil topgan so'z qabul qilingan. Bunday holda bayt orqali $2^8=256$ tagacha turli xabarlarni uzatish mumkin.

1-misol: 8ta harfdan bittasini tanlash uchun qancha axborot miqdori sarf qilinadi?

Yechish: Ma'lumotlar soni $N=8$ ta, shuning uchun

$$I = \log_2 N = \log_2 8 = 3 \text{ bit/belgi.}$$

$I=3$ harflarni ikkilik kodlarida kodlashdagi ma'lumotlar uzunligi hisoblanadi. Haqiqatan ham 8ta turli harflarni ikkilik belgilaridan foyalanib quyidagicha kodlash mumkin:

000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111.

2-misol. Matn 32ta rus alfavitidan tuzilgan va teletayp orqali ikkilik kodlarida uzatilmoqda. Bitta harfni qabul qilish uchun qancha axborot miqdori kerak bo'ladi?

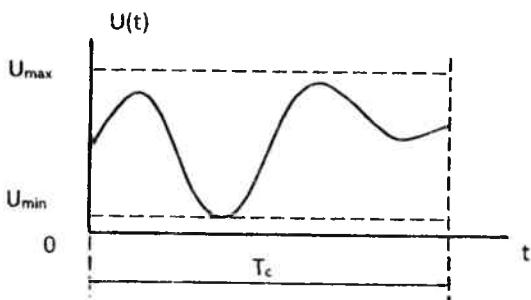
Yechish: $N=32$, $I = \log_2 N = \log_2 32 = 5 \text{ bit/belgi.}$

Xabarlar uzoq masofalarga turli signallar (lotinchadan belgi ma'nosini anglatadi) yordamida uzatiladi. Signal bu bitta fizik katta-likning boshqasiga bog'liqligi ya'ni, matematik nuqtai nazardan signal qandaydir argumentning funksiyasi hisoblanadi. Signal qandaydir kuzatish obyektining holati haqidagi axborotni tashuvchi fizik jarayondir.

Fizik tabiatiga ko'ra, signallar elektrik, yorug'lik, tovushli signallarga bo'linadi. Radiotexnikada asosan elektrik signallar qo'lla-

niladi. Bizga ma'lumki, xabarlarni bevosita tasvirlovchi elektrik signallar kam quvvatli va past chastotali hisoblanadi. Masalan, qabul qiluvchida so'zlashuvni qaytadan tiklash uchun 0,2 ... 4 kHz chastotadagi elektrik signallarni uzatish kerak bo'ladi.

Har qanday signal vaqt funksiyasi hisoblanadi, ma'lum bir T_c vaqt davomiyligida uzatiladi (1.1-rasm). Signal T_c vaqt oralig'ida o'zining eng kichik oniy qiymati U_{min} bilan eng katta oniy qiymati U_{max} oralig'ida o'zgaradi. Signal eng katta qiymatining uning eng kichik qiymatiga nisbati, ya'ni $U_{max}/U_{min}=D_c$ signalning dinamik diapazonini bildiradi. Signal T_c vaqt davomida o'zining U_{max} qiymati va U_{min} qiymati oralig'ida tez va sekin o'zgaradi. Signalning o'zgarish tezligi uning spektri kengligi F_c – ga bog'liq, ya'ni keng spektrli signal tor spektrli signalga nisbatan tez o'zgaradi yoki teskarisi. Shunday qilib, signal asosan uchta ko'rsatkichi bilan baholanadi: T_c – signal davomiyligi; D_c – signal dinamik diapazoni va F_c – signal spektri kengligi.



1.1-rasm. Signal davri

Signal asosiy uch ko'rsatkichining ko'paytmasi, ya'ni $T_c \cdot D_c \cdot F_c = V_c$ signal hajmi deb ataladi. Signal spektri odatda juda keng bo'ladi. Bu holda signal spektri kengligi qilib signal quvvatining asosiy qismi joylashgan spektr kengligi olinadi. Ba'zi hollarda signal spektri kengligi uni uzatish sifatiga qo'yilgan texnik talab asosida aniqlanadi. Masalan: telefon orqali aloqada quyidagi ikki talab asosida spektr kengligi aniqlanadi: birinchisi nutqning donadonaligi va ikkinchisi ikki telefon orqali so'zlashayotgan shaxs, bir-birini tovushdan taniy olishi. Bu talablarga to'vush spektrining

300÷3400 Hz oraliqdagi qismini uzatish orqali erishish mumkin. Televideniye tizimida asosiy talab tasvirning tiniqligi hisoblanadi. Tasvirning bir kadrini 625 qatorga yoyish va bir qator o'tkazib tasvirni yoyish usulidan foydalanilganda, televizion signal spektri 6,25 MHz ga yaqin bo'ladi. Televideniye signali spektri telefon va radioeshittirish tizimi signali spektridan juda katta, bu televizion signal uzatish tizimini bir necha bor murakkablashtiradi. Telegraf signali spektr kengligi signal uzatish tezligiga bog'liq bo'lib $F_c=1,5v$ ifoda orqali aniqlanadi, bunda v – telegraflash tezligi bo'lib bodlarda baholanadi va vaqt birligida uzatilgan telegraf elementar signallari soni bilan aniqlanadi. Agar $v=50$ Bod bo'lsa, $F_c=75$ Hz bo'ladi. Modulyatsiyalangan signal spektri modul-yatsiyalovchi-uzatiladigan xabar signali spektridan keng bo'ladi.

1.2. Radioto'lqinlarning tarqalishi nazariyasi asoslari

Fazoda radiosignallarni uzoq masofalarga uzatish radioto'lqinlar asosida amalga oshiriladi. Radiotexnikada va radioaloqada axborotlarni uzatishda, fizik jarayonlari va parametrlari uzatila-yotgan axborotlarni tasvirlaydigan maxsus signallardan foydala-niladi. Radiosignallarni uzatishda axborot miqdorini aniqlash muhim hisoblanadi. Bitta elementar signalni tarkibidagi axborot miqdori uning solishtirma axborotlilik yoki signal entropiyasi deb ataladi.

$$H=I/n=\log_a m \quad (1.3)$$

Yuqorida ko'rib o'tilgan misoldan rus alfaviti entropiyasi quyidagiga teng bo'ladi:

$$H=5\text{bit/belgi.}$$

Axborot miqdori bilan uni uzatish tezligi uzviy bog'langandir. Axborotni uzatish tezligining sonli qiymati uning 1 sekundda uzati-ladigan miqdori bilan aniqlanadi. Axborot uzatish tezligining chega-raviy imkoniyati bog'lanish kanalining o'tkazuvchanlik xususiyati bilan baholanadi. Kanalning o'tkazuvchanlik xususiyati son jihat-dan, kanaldan bir sekundda uzatish mumkin bo'lgan axborotning maksimal miqdoriga teng.

Ochiq fazo yordamida axborotlarni uzatish uchun quvvatli, yuqori chastotali gormonik elektromagnitli tebranishlardan foydalaniladi (elituvchi tebranish), ya'ni ular xabar tashuvchilar deb ataladi. Xabar tashuvchilarning o'zlari hech qanday axborotga ega bo'lmaydilar. Uzatilayotgan axborot olib yuruvchi tebranishlarga bir qator parametrlarini joylashtiradi. Ma'lumki, elektromagnit tebranishlar to'liqini uzunligi uning siklik chastotasiga va yorug'lik tarqalishining tezkorligiga bog'liq hisoblanib, quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\lambda = c/f \quad (1.4)$$

bu yerda $s=3 \cdot 10^8$ m/s – yorug'lik tezligi; f = chastota, Hz.

3-misol: Sinusoidal to'liqin uzunligini chastota bo'yicha aniqlang.

Yechish: $f=300$ MHz

$$\lambda = c/f = 300000000 \text{ m/s} / 300000000 \text{ Hz} = 1 \text{ m.}$$

4-misol: sinusoidal tebranishlarning chastotasini to'liqin uzunligi bo'yicha aniqlang.

Yechish: $\lambda = 100$ m.

$$f = c/\lambda = 300000000 / 100 = 3000000 \text{ Hz.} = 3 \text{ MHz.}$$

Zamonaviy radiotexnikada 10 dan 10^{13} Hz chastota diapazonida joylashgan elektromagnit tebranishlardan foydalaniladi. Bunday chastotadagi elektromagnit tebranishlarni radioto'liqlar deb ataladi.

Radioto'liqlar diapazonlarining xalqaro qabul qilingan sinflar nishi va ularga mos keluvchi radiochastota diapazoni 1.1-jadvalda ko'rsatilgan.

Zamonaviy radiotexnikada iloji boricha yuqori chastotalardan foydalanishga harakat qilinmoqda. Buning asosiy sabablari quyidagilardan iborat:

1. Chastota oshgan sari uni tarqatuvchi antenning geometrik o'lchamlari kichiklashadi va radioto'liqlarni kerakli yo'nalishda tarqatishni ta'minlash osonlashadi. Bu juda katta amaliy ahamiyatga ega, chunki tebranish manbai quvvatini oshirmasdan turib, axborot uzatish masofasini oshirish mumkin bo'ladi;

2. Tashqi ta'sir etuvchi elektromagnit halaqitlar sathi kam bo'ladi (momoqaldiraq va yuqori kuchlanishli elektr uzatish liniyalari

azryadlari, elektr transportlari, ya'ni tramvay, trolleybus va elektropoyezdlar tok olish kontaktlari (ulagichlari) jips tegmasligi natijasida hosil bo'ladigan halaqitlar va boshqalar);

3. Ba'zi xabarlar faqat nisbatan yuqori chastotalar diapazonidan foydalanilganda sifatli uzatilishi mumkin (masalan, televizion signallar) ularni uzatish uchun radioto'lqinlarning metrli va detsimetrli diapazonidan foydalaniladi;

4. 8 va 12 diapazonlar keng chastotalar intervaliga ega. Masalan, kilometr diapazoni kengligi $3 \cdot 10^5 - 3 \cdot 10^4 = 27 \cdot 10^4$ Hz; santimetrli diapazoni kengligi $3 \cdot 10^{10} \cdot 10^9 = 27 \cdot 10^9$ Hz.

Radiochastotalar, radioto'lqinlar va ulardan foydalanish sohalari

1.1-jadval

№	Radiochastotalar diapazoni	Diapazon chegarasi	Radioto'lqin diapazoni	Diapazon chegarasi	Foydalanish sohasi
1.	Haddan tashqari past chastota (HTPCH)	$3,0 \div 30$ Hz	Dekameg metrli	$10^5 \div 10^4$ km	Suv osti va xizmat aloqalarida, ovoz yozishda, ovoz ishlab chiqishda
2.	Juda juda past chastota (JJPCCH)	$30 \div 300$ Hz	Megametrli	$10^4 \div 10^3$ km	Suv osti va xizmat aloqalarida, ovoz yozishda, ovoz ishlab chiqishda
3.	Infra past chastota (IPCH)	$300 \div 3000$ Hz	Gektokilometrli	$10^3 \div 10^2$ km	Suv osti va xizmat aloqalarida, ovoz yozishda, ovoz ishlab chiqishda

4.	Juda past chastota (JPCH)	$3\div 30$ KHz	Mirametrli	$100\div 10$ km	Uzoq masofa radionavigatsiya suv osti, yer osti va xizmat aloqalarida
5.	Past chastota (PCH)	$30\div 300$ KHz	Kilometrli	$10\div 1$ km	Radioeshittirish, radionavigatsiya, radiomayak
6.	O'rta chastota (O'CH)	$0,3\div 3,0$ MHz	Gekto-metrli	$10^3\div 10^2$ m	Radioeshittirish, radionavigatsiya, radiomayak
7.	Yuqori chastota (YUCH)	$3,0\div 30,0$ MHz	Deka-metrli	$10^2\div 10$ m	Radioeshittirish, harakatdagi aloqa, radiotelegrafiya, lokatsiya
8.	Juda yuqori chastota (JYUCH)	$30,0\div 300$ MHz	Metrli	$10\div 1$ m	Radio va teleeshittirish, samolyot aloqasi mobil radioaloqa, radioxavaskorlar aloqasi (27 MHz diapazon), radiolokatsiya, radioastronomiya
9.	Ultra yuqori chastota	$300\div 3000$ MHz	Detsi-metrli	$10\div 1,0$ dm	UQD-CHM radioesh-shi,

	(UYUCH)				teleko'rsatuv, mobil aloqa, samolyot radioaloqasi
10.	Juda-juda yuqori chastota (JJYUCH)	3,0÷30,0 GHz	Santi- metrli	10÷1 sm	Teleko'rsatuv, kosmik radioaloqa va radionaviga- tsiya, mobil aloqa, radiolo- katsiya
11.	Haddan tashqari yuqori chastota (HTYUCH)	30,0÷300,0 GHz	Milli- metrli	10÷1,0 mm	Kosmik radioaloqa, radionaviga- tsiya, radiolo- katsiya, radioastro- nomiya
12.	Giper yuqori chastota (GYUCH)	300,0÷3000 GHz	Detsimilli metrlar	1,0÷0,1 mm	Kosmik radioaloqa, radiolokatsiya, radioastro- nomiya, radiooptik aloqa

Xalqaro reglamentlanishiga asosan radioaloqalar 3Hz chas-
totadan past chastota uchun o'rnatilmagan.

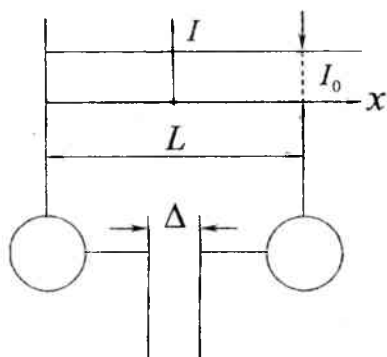
Axborotlarni radiokanallar orqali aniq va ishonchli uzatish
uchun to'liq tashuvchi tebranishlar uzunligi muhim hisoblanadi.
Axborot uzatuvchi aniq tizim uchun to'liq diapazonini tanlashga
to'liqinni (to'liq tashuvchi tebranishlar) yaratilishi, sochilishi va
tarqalishi, berilgan diapazondagi xalallar, shovqinlarning xarakteri
va parametrlari, xabarlar parametrlari, uzatuvchi va qabul qiluvchi
antennalarning o'lchami va xarakteristikasi bilan bog'liq bir qancha
faktorlar ta'sir ko'rsatadi.

Radiotexnika va aloqa uchun elektromagnit to'liqinni sifatli
yaratuvchi va sochuvchi ("bog'lanish kanalini" qo'zg'atuvchi)

radiotexnik qurilma juda muhim hisoblanadi. To'liqinni sifatli sochilishi uchun antenaning minimal o'lchami to'liqin uzunligi λ ning yarmidan kam bo'lmasligi kerak.

Yuqori chastotali elektromagnit tebranishlarni (elektromagnit to'liqinni) yuzaga kelishi va tarqalishi mexanizmi juda murakkab hisoblanadi, shu davrgacha aniq fizik asosga ega emas. Qandaydir o'zgaruvchan tok manbasi orqali qo'zg'atilgan elektromagnit maydoni o'z holicha, manbadan ajralgan holda, elektromagnit to'liqin ko'rinishida mavjud bo'ladi va ochiq fazoda yorug'lik tezligida qandaydir yo'nalishda tarqaladi.

Elektromagnit maydonni yuzaga keltiruvchi oddiy to'liqin tarqatuvchi bo'lib, L fizik uzunligi tarqalayotgan λ to'liqin uzunligidan ancha kichkina bo'lgan qisqa elektr o'tkazgich xizmat qilishi mumkin (1.2-rasm). Bunday holda I -elektr tokining chiziqli zichligi moduli to'liqin tarqatuvchi uzunligi bo'yicha teng taqsimlanadi, ya'ni $I_x = I_0$.



1.2-rasm. Elementar nurlatkich: Gers dipoli va nurlatkich bo'yicha tokning tarqalishi

Amaliyotda bunday to'liqin tarqatuvchi ikkita metall sharni o'tkazgich bilan bog'lab hosil qilingan Gers dipoli yordamida amalga oshiriladi. O'tkazgichga o'zgaruvchan tok beriladi. Elektromagnit induksiyasi qonuniga asosan, o'zgaruvchan tok oqib turgan shu dipol o'rab turgan fazoda o'zgaruvchan magnit maydoni hosil

bo'ladi. O'zgaruvchan magnit maydoni o'z navbatida o'rab turgan fazoda o'zgaruvchan elektr maydonini hosil qiladi.

Fazoda elektromagnit maydonini yoki dipolda oquvchi o'zgaruvchi tokli elektromagnit to'liqlining qo'zg'atish jarayoni elektromagnit sochilishi deb ataladi. Bunday murakkab fizik hodisani nazariy jihatdan D. Maksvel asoslab berdi. Vaqt bo'yicha o'zgaruvchi har qanday magnit maydoni uyurma (tutashtirilgan) elektr maydonini keltirib chiqaradi; vaqt bo'yicha o'zgaruvchan har qanday elektr maydoni uyurma magnit maydonini yuzaga kelishiga olib keladi.

Elektromagnit maydoni fazoda tarqalishi jarayonida, o'zgaruvchan tok manbasi nurlanishi joyida energiya ajraladi. Maydonning vaqt birligidagi fazoga bergan energiya quvvati R_u sochiluvchi quvvat deyiladi. Maydon quvvatining zichligi, yoki quyuq sochilishi (Vt/m^2) quvvatning sochilishi deyiladi va quyidagicha aniqlanadi.

$$P=R_u/S_c=P_u/4\pi r^2 \quad (1.5)$$

bu yerda R_u – vaqt birligidagi energiya quvvatining fazoga sochilishi; S_c – sirt yuzasi, m^2 ; r – sirt radiusi, m .

Fizika kursidan ma'lumki,

$$P=E_u^2/120\pi \quad (1.6)$$

E_u – elektromaydon kuchlanganligi.

(1.5) va (1.6) tenglamalarni tenglash natijasida

$$E_u=\sqrt{30 \cdot R_u} /r \quad (1.7)$$

5-misol. Manbaning sochiluvchi quvvati 270 vt bo'lsa, manbadan qancha masofa uzoqlikda 0,01V/ml maydon kuchlanganligi hosil bo'ladi?

Yechish: (1.7) formuladan foydalanib

$$r = \sqrt{30 \cdot R_u} / Y_{e_u} = \sqrt{30 \cdot 270} / 0,01 = 9000 \text{ m} = 9 \text{ km}.$$

Shunday qilib, maydon kuchlanganligi to'liqlarning maydondan uzoqlanish masofasiga to'g'ri proporsional ravishda kamayadi (ya'ni masofaning kvadratiga). Ana shunday chiziqli bog'lanish axbotlarni juda uzoq masofalarga elektromagnit tebranishlarning real erishadigan quvvatlari yordamida uzatish imkoniyatlarini beradi.

Elektromagnit to'liqlarning barcha yo'nalishlarda to'g'ri chiziqli tarqaladi deb qarash shartli hisoblanadi. Ko'pgina real holatlarda axborot uzatuvchi radiotexnik sistemalarining uzatuvchi va qabul qiluvchi punktlari Yer yuzasida yoki unga yaqin joylashadi. Bunga kosmik aloqa va Yer-Kosmos aloqa kirmaydi. Shuning uchun radioto'liqlarni tarqalish shartlarini tadqiq qilishda ularga Yerning va uni o'rab turgan atmosferaning ta'sirini albatta hisobga olish kerak hisoblanadi.

Fizik nuqtai nazardan Yer yuzasi va uni o'rab turuvchi fazo turli elektrik parametrlarga (elektro'tkazuvchanlik, dielektrik va b.) ega muhit hisoblanadi. Unda tarqalayotgan radioto'liqlar sinishi, qaytishi, so'nishi va qisman yutilishi mumkin. Radioto'liqlarning sochilishini hisoblanayotganda yerning ta'sirini, atmosferaning zichligini, geografik releyfini hisobga olish lozim bo'ladi.

Fazoda uzoqlikka radioto'liqlarning tarqalishiga difraksiyaning ta'siri bo'ladi, ya'ni signal to'siqdan o'tayotganda egiladi. Difraksiya natijasida radioto'liqlar tasvirlar ortida ham tarqaladi.

Radioto'liqlarning tarqalishi natijasida uning ma'lum bir qismi yerdan sinib qaytishi ham mumkin. Yerga yaqin bo'lgan balandlikda radioto'liqlarning tarqalishi radiotexnikada "yer to'liqlari" yoki "yuza to'liqlar" (yuza nurlar) deb ataladi. Turli diapazonlardagi radioto'liqlarga yerning atmosfera qatlami jiddiy ta'sir o'tkazadi. Yerni o'rab turgan atmosfera uchta qatlamga bo'linadi: troposfera, stratosfera va ionosfera.

Troposfera – yer atmosferasining pastki qatlami bo'lib, 10-12 km balandlikkacha bo'ladi. O'zining elektrik xususiyatiga ko'ra, troposfera bir xil muhitli kenglik bo'lmasdan, atmosfera bosimi, harorati va namligi bilan aniqlanadi va metiosharoitlar o'zgarishiga qarab o'zgaradi. Haroratning o'zgarishi, bulutlar, yog'ingarchilik, chaqmoqlar radioto'liqlarga o'z ta'sirini ko'rsatadi.

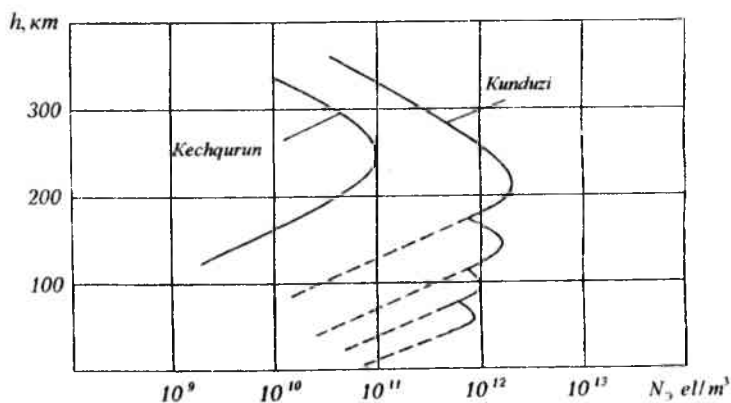
Troposferadan 50 km. balandlikkacha stratosfera qatlami joylashgan. Atmosferaning bu qatlamida havo siyrak joylashgan bo'lib,

radioto'lqinlar to'g'ri chiziq bo'yicha yorug'lik tezligida qarshilikka kam uchrab harakatlanadi. Stratosferadan yuqorida esa, ionosfera qatlami joylashgan bo'lib, u 20000 km balandlikgacha boradi. Bu qatlam ionlashgan qatlam bo'lib, quyosh nuri, kosmik nurlar ta'sirida ionlanish jarayoni har doim sodir bo'lib turadi. Ionlanish natijasida havodagi molekuladan musbat zaryadlangan ionlar va erkin elektronlar ajralib chiqadi. Erkin elektronlar qancha ko'p bo'lsa, radioto'lqinlarga ta'siri shuncha ko'p bo'ladi. 1 m^3 hajmdagi havoda elektronlarning quyuqligi N_e [el/ m^3] bilan belgilanadi va elektronlarning quyuqligi deb ataladi. Atmosferaning 300...400 km qatlamida elektronlar quyuq joylashgan.

Atmosferaning ionosfera qatlamini temperaturaga bog'liqligi va elektronlarning quyuqligi bo'yicha to'rtta qatlamga bo'linadi. Ular quyidagicha belgilanadi: D, E, F₁, F₂.

Ionosferaning D qatlami yer sathidan 60...90 km bolandlikda joylashgan bo'lib, kunduz kunlari paydo bo'ladi, kechqurunlari bo'lmaydi, bunga quyosh nurining ionlanishi sabab bo'ladi.

Yer sathidan 100...120 km da E qatlam joylashgan. Bu qatlamda yilning fasliga, oyiga, kuniga qarab elektronlar oshadi yoki kamayadi. Bu qatlamda kechqurun elektronlar quyuqligi oshadi, kunduzi kamayadi.



1.3-rasm. Ionosfera qatlamida elektronlarning kunlik konsentratsiyasi

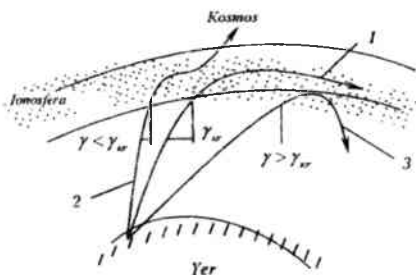
F_1 , F_2 qatlamlar yer sathidan 120...450 km balandlikda joylashgan bo'lib, unda elektronlar quyuq joylashgan. 1.3-rasmda ionosferadagi elektronlarning zichligining yer sathidan balandligiga qarab o'zgarishi ko'rsatilgan.

Xuddi yorug'lik nuriga o'xshab radioto'lqinlar ham muhitning o'zgarishi bilan sinadi va egiladi. Balandlik oshgan sari sinish koeffitsiyenti kamayadi. Yer sathidan ionosferaga (taralayotgan) sochilayotgan f -radioto'lqin chastotasiga va γ -tushish burchagiga bog'liqdir.

Quyidagi 1.4-rasmda ionosferaga yerdan har xil burchak ostida tushayotgan radioto'lqinni holatini ko'rsatuvchi diagramma keltirilgan. Radioto'lqin va uning ionosferaga tushayotgan burchagi bilan ionosferadagi erkin elektronlar zichligi orasida ma'lum qonuniyat bor.

Rasmda 1-radioto'lqinning ionosfera bilan hosil qilgan burchagini γ_{kr} burchak deb olinadi va quyidagicha aniqlanadi.

$$\gamma_{kr} = \arcsin \sqrt{1 - 80,8 N_e / f^2} \quad (1.8)$$



1.4-rasm. Yerdan har xil burchak ostida tushayotgan radioto'lqinni holati

Agarda ionosferaga yo'naltirilgan radioto'lqinning ionosfera bilan hosil qilgan burchagi γ_{kr} -burchakdan kichik bo'lsa, radioto'lqin ionosferadan chiqib kosmosga ketadi.

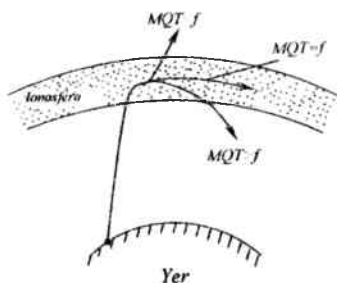
Agarda ionosferaga yo'naltirilgan radioto'lqin ionosfera bilan γ_{kr} dan katta bo'lsa, to'lqinning sinishi katta bo'ladi va rasmda 3 yerga qarab og'adi. Formuladan ko'rimb turibdiki, radioto'lqinning

chastotasi qancha katta bo'lsa, to'liqning og'ishi yoki sinishi shuncha kam bo'ladi. Yuqori chastotali to'liqlar umuman yerga qaytmaydi, ular kosmosga tarqalib ketadi.

Yuqori chastotali radioto'liqni baholashda kritik chastotaga asoslanadi.

$$f_{kr} = \sqrt{80,8 N_e} \approx 9 \sqrt{N_e} \quad (1.9)$$

f_{kr} – kritik chastota deyiladi va ionosferadagi elektronlarning maksimal zichligini belgilaydi. Bu chastota ionosferada 2...10 MHzni tashkil qiladi. Agarda radioto'liq ionosfera qatlamiga burchak ostida tushsa, bu vaqtda maksimal qabul qiluvchi to'liq deyiladi va kritik to'liq chastotasidan 3...5 barobar katta bo'ladi.



1.5-rasm. To'liqning har xil nurlanishda tarqalish trayektoriyasi

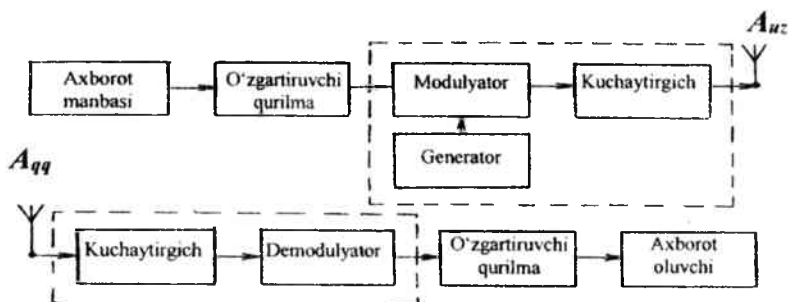
1.5-rasmda to'liqning burchak ostida ionosfera qatlamiga tushishi ko'rsatilgan. Radioto'liqlarning ionosfera qatlamidan qaytadiganlari fazoviy to'liqlar deyiladi.

1.3. Radioaloqa to'g'risida umumiy ma'lumotlar

Radioaloqa deb radioto'liqlar yordamida axborotlarni almashlashga aytiladi. Radiouzatishlar, xizmatdagi radioaloqa, teleuzatishlar, radiolokatsiya, radionavigatsiya, radioteleboshqaruv, harakatdagi obyektlar bilan radioaloqa, kosmik aloqa kabilar radioto'liqlardan foydalamb telefon, telegraf, televizion va maxsus

signallarni Yer va kosmosda uzatuvchi radiotexnik sistemalar hisoblanadi.

Axborotlarni radio orqali uzatish uchun uzatish punktida radiochastota toki manbasi, ya'ni boshqariluvchi generator bo'lishi kerak hisoblanadi. Generatsiya jarayoni va yuqori chastota tokini boshqaruvchi (modulyatsiya qiluvchi), uni kuchaytiruvchi qurilma radiouzatuvchi yoki oddiy uzatuvchi deb ataladi. Uzatuvchi chiqishidagi radiochastota energiyasi hisoblangan elektromagnit energiyani fazoda nurlantiruvchi qurilmaga kelib tushadi. Bunday qurilma ko'pincha aloqa liniyasi yoki aloqa liniyalari sistemasi bo'lib uzatuvchi antenna A_{uz} deb ataladi (1.6-rasm). Antenna orqali nurlantirilgan erkin elektromagnit tebranishlar fazoda tarqaladi va radiochastotani elektryurituvchi kuchini olib yuruvchi qurilmaga yetib boradi. Bu qurilma qabul qiluvchi antenna A_{qq} deb ataladi.



1.6-rasm. Radioaloqa sistemasi

Qabul qilingan tebranishlar amplitudasi, uzatuvchi punktdan qabul qiluvchi punktgacha radioto'lqinlarning energiyasi tarqalish jarayonida kuchli so'nishi natijasida juda kichkina bo'ladi. Shuning uchun radiochastota kuchlanishini kuchaytirish, so'ngra uzatilgan signalni, agar u tovush yoki muzika bo'lsa, radiochastota tokidan tovush chastotasi tokiga, telegraf signali bo'lsa, doimiy tok impuls-lariga o'zgartirish kerak bo'ladi. Qabul qilgichning chiqishidagi signallar telefonga, tovush kuchaytirgichga yoki telegraf apparatiga kelib tushadi. Bunday aloqa bir tomonlama aloqa deb ataladi. Ikki

tomonlama aloqani amalga oshirish uchun har bir punktda uzatuvchi va qabul qiluvchi qurilmadan foydalanish kerak bo'ladi.

Radiostansiya – bu radioaloqani amalga oshiruvchi radiotexnik apparaturalarning majmuasiga aytiladi. Radioaloqa sistemasi – bu xabarlarini radiosignallarga o'zgartiruvchi, ularni uzatuvchi, qabul qiluvchi va qabul qilingan signal bo'yicha uzatilgan xabarlarni qaytadan tiklash uchun mo'ljallangan radioaloqa kanallari va vositalari to'plamidir.

1.4. Radioaloqa tizimlarida foydalaniladigan to'liq diapazonlari

Dekamegаметrli, megometrli, gektokilometrli va miriametrli radioto'liqlar. Dekamegаметrli, megometrli, gektokilometrli va miriametrli radioto'liqlar juda uzun to'liq diapazonlari hisoblanib, muhitga kam ta'sirchan bo'ladi, ya'ni suvda kam qarshilikka uchraydi. Shuning uchun ular suv osti kemalarining aloqa vositalarida ishlatiladi.

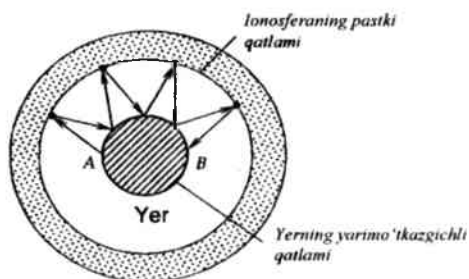
Dengiz suvlarida radioto'liqlarning susayishi (dB/m) quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$\alpha(f) = 0,0345\sqrt{f} \quad (1.10)$$

Juda chuqurlikdagi suv osti kemasi bilan bog'lanish uchun bir necha o'n Hz. chastotadan oshiq bo'lmagan chastotadan foydalanish kerak bo'ladi. Masalan, $f = 100$ Hz chastotali radioto'liqlarning 300 m suv tagida so'nishi 90 db.ni tashkil qiladi. Bunday tizimlar faqatgina kemalarni suzib chiqishlari uchun ogohlantiruvchi signallar berish yoki kosmik bog'lanish orqali to'liqroq axborot qabul qilish uchun qo'llaniladi. Bunday to'liqlarning kam axborotlilik, qabul qiluvchi va uzatuvchi apparaturalarning qimmatlilik, signalni dengizning chuqur suv ostiga kira olish imkoniyati bilan kompensatsiya qilinadi.

Kilometrli to'liqlar. Kilometrli to'liqlar Yer sathida ikki xil yo'nalish bo'yicha tarqaladi, ya'ni yer yuzasi va fazo nurlanishi bo'yicha. Yer yuzasi bo'yicha tarqaladigan radioto'liqlar bunday chastota diapazonida nisbatan sekin so'nadi va difraksiya natijasida

2500 km. gacha yetib boradi. Bundan uzoq masofalarga kilometrli to'liqlar ionosferaning pastki qatlamlarida sinishi natijasida tarqaladi, ya'ni radioto'liq bir necha bor sinishi natijasida. Quruqlikda va suvda radioto'liqlar yaxshi sinadi. Natijada radioto'liqlar 1.7-rasmda ko'rsatilgan tartibda ionosferadan simib qaytadi. A punktdan V punktga yetib kelgan to'liq sakrab keluvchi radioto'liq deyiladi. Bunday radioto'liqlarga yilning fasli, kunning vaqti ta'sir ko'rsatmaydi, shuning uchun bunday to'liqlarda aloqa qilish turg'un hisoblanib, ularni turg'un radioto'liqlar deyiladi.



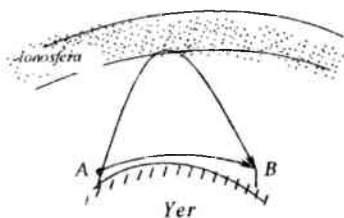
1.7-rasm. Fazoviy nurlarda to'liqlarning tarqalishi

Gektometrli to'liqlar. Gektometrli to'liqlar ham kilometrli elektromagnit to'liqlarga o'xshab yerning yuzasi va fazodagi nurlanish orqali tarqaladi, lekin bunday tarqalishida ba'zi spetsifik xususiyatlarga ega bo'ladi. Bunday diapazondagi radioto'liqlar, kunning kunduz kunlari va kechqurunlari qabul qilish punktlariga turli yo'llar bilan yetib boradi. Bu diapazondagi radioto'liqlar kunduzi yerga yaqin bo'lgan sirtdan tarqaladi, lekin bu diapazondagi yuqori chastotalarda energiyaning yutilishi to'liqni yuz kilometrda uzoqqa tarqalishini chegaralab qo'yadi. Fazodagi nurlar kunduz kunlari quyosh nurlanishi natijasida gazli tashkil etuvchilarining kuchli ionlanishi to'liq yutiladi. Kechqurun esa, gazlarning ionlanishi sezilarli kamayishi natijasida fazoviy nurlanish intensivligi oshadi, huning natijasida gektometrli to'liqlar bir necha o'n ming kilometrlarga tarqaladi. Kechqurun bog'lanish sistema-sining uzatuvchi antennasi juda olis masofalarga signal uzatishida, qabul qilish uchun hosil qilingan elektromagnit maydoni yer yuza-

sidagi va fazodagi radioto'liqlarning o'zaro interferensiyasi natijasida hosil qilinishi mumkin.

Kechqurunlari gektometrli to'liqlarni tarqalishida ba'zi to'liqin qabul qilish nuqtalarida radioto'liqning so'nishi effekti yoki *fading* (ingliz tilida *fading* – sekin-asta so'nish yoki umuman qabul qilishning to'xtalishi) effekti kuzatiladi (1.8-rasm). Bu jarayonni quyidagicha izohlash mumkin. Tuzilishi jihatdan ionosfera qatlami bir xil muhit bo'lmay, elektronlarning turli konsentratsiyalariga ega, fazo sohasining xaotik harakatida, juda yuqorida kuchli shamol natijasida bu sohalar aralashib ketadi. Buning natijasida to'liqin qabul qiluvchiga bir vaqtda bir qancha turli muhitlardan qaytgan nurlar kelib tushib, har xil kattalikdagi radioto'liqlarni hosil qilishi mumkin. Bu hodisani radioto'liqning so'nish effekti deyiladi. Bunday holda qabul qilinayotgan signal to'liqin interferensiyasiga ko'ra to'liqini kattaligi pasayishi yoki kuchayishi mumkin. Ikki ta bir hil to'liqin uzunligiga ega to'liqlar B nuqtada uchrashishi natijasida to'liqlarning fazalari ustma-ust (sinfazali) tushsa, qabul qilingan to'liqning amplitudasi oshadi, to'liqlar fazalari bir-biriga teskari kelsa, ularning amplitudalari farqi hosil bo'ladi natijada signal so'nadi.

Natijada juda katta amplitudali signal birdaniga past kattalikka ega bo'lib qolishi, yoki butunlay so'nishi mumkin. Oddiy holatda to'liqin tarqalayotgan A nuqtadan turli trayektoriya bo'yicha tarqalayotgan to'liqin B nuqtaga yetib keladigan fazodagi va yuqoridagi to'liqlar interferensiyasi yuzaga kelishi mumkin (1.8-rasm).



1.8-rasm. So'nish effektini yuzaga kelishi

Harakatdagi tizimlar aloqasida radioto'liqlarning tarqalishidagi ko'p nurlilik sezilarli hisoblanadi. Bu esa ikkita muhim effektga bog'liqdir.

Birinchii effekt. Xabarni qabul qilib oluvchining ko'chib yurishi hisobiga qabul qilish shartlari davriy ravishda o'zgarib turadi, chunki turli tomonlardan kelayotgan to'liqlarning qo'shilishi fazoviy interferensiyani yuzaga keltiradi. Bu effekt mobil foydalanuvchilarda juda kuchli seziladi va tor polosali aloqa sistemalariga xos hisoblanadi. Keng polosali aloqa sistemalarida bu effekt ta'siri turli chastotalarda, keng spektrda turli interferensiya ko'rimishlarining yuzaga kelishi va natijaviy signallarning tenglashishi hisobiga kuchli susayadi.

Ikkinchi effekt. Uzoq masofadan radiosignallarning o'tishidagi ushlanishlar vaqti, signal tarqalayotgan muhitning xarakteristikalarining o'zgarishi hisobiga o'zgarib turishi mumkin. Bu esa turlicha tarqalayotgan signallarda turlicha ko'rinadi va radioto'liqlarning qo'shilishida qabul qilingan signal darajasini vaqtinchalik fluktuatsiyani (tovush balandligini) keltirib chiqadi, u esa signalning so'nishiga olib keladi. Turli chastota spektridagi keng polosali signalning sinfazali bo'lmagan o'zgarishi, bunday sistemalariga bu effektning ta'sirini kuchli zaiflashishiga olib keladi.

Dekametrli to'liqlar. Dekametrli to'liqlar yer yuzasida va fazoda tarqalishi mumkin. Uzatkichlarning nisbatan past quvvatlarida ham, uzoq masofalarga to'liq tarqatish uchun trassa yaratish imkoniyatlariga egadir. Bunda sezilarli yo'nalishli xususiyatga ega bo'lgan antenna qurilmasini yaratish mumkin. Yer yuzasida tarqalayotgan to'liqlarning yerda uzunasiga tarqalishi, to'g'ridan-to'g'ri ko'rinish chegarasi bo'yicha chegaralangan hisoblanadi, bu esa zaif difraksiya (to'liqlarning to'siqdan aylanib o'tishi) va yer yuzasida ularning energiyasi yutilishining keskin oshib ketishi bilan asoslanadi.

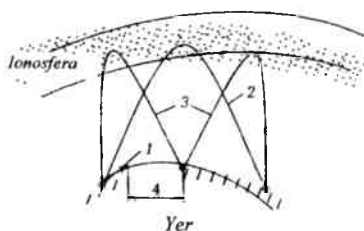
Dekametrli to'liqlar yer yuzasidan va ionosferadan bir va ko'p marotaba qaytishi hisobiga, yer yuzasi uzunligi bo'yicha juda katta masofaga tarqaladi. Bunday to'liqlar yerdan juda yaxshi qaytadi va ionosferaga chuqur kirib borib, to'liq refleksiyasi (to'liqlarning sinishi) hisobiga, sekin-asta o'z tarqalish yo'nalishini o'zgartirib yerga qaytib keladi. Bu jarayon qaytarilishi hisobiga, yerdan va

ionosferadan ko'p marotaba qaytgandan so'ng to'liq radio qabul qiluvchi qurilmaga kelib tushadi. Bunda yer shari atrofida to'liqning aylanish vaqi taxminan 0,13 sekundga teng bo'ladi. Dekametrli to'liqlarni tarqalishiga quyosh ta'sirida yuzaga keladigan ionosferadagi jarayonlar katta ta'sir ko'rsatadi.

Dekametrli to'liqlarda qabul qiluvchi va uzatuvchi ikkita punkt o'rtasidagi aloqada bir qator kamchiliklar mavjuddir. Jumladan, bu diapazonlarda elektromagmit tebranishlarining tarqalish xarakteri ko'pnuqli hisoblanadi, ya'ni qabul qilish nuqtasiga turli yo'nalishlarni bosib o'tgan to'liqlar kelib tushadi. Ular qo'shib, interferensiyalanadi va signalning qisman so'nishiga olib keladi. Undan tashqari bu diapazondagi radioaloqada jimlik zonolari yuzaga kelishi mumkin. Bunday zonada yer yuzasidagi to'liqlar bo'lmaydi, ionosferadan qaytgan fazodagi to'liqlar hali bu uzunlikda ta'sirga ega emas hisoblanadi. Bunday hodisani yo'qotish uchun qabul qilish punktida bitta antenna o'rniga, bir-biridan ma'lum masofada o'rnatilgan ikkita antennadan foydalaniladi.

Hozirgi vaqtga kelib bu diapazonda to'liq tarqalishi bo'yicha juda ko'p ma'lumotlar to'plangan.

Bu esa bunday qisqa to'liq diapazonidan radioaloqada, radioeshittirishlarda va radionavigatsiyada juda keng foydalanishni ta'minlaydi. Yer fazosida, ionosfera qatlamlarida dekametrli radio-to'liqlar ko'rinishi 1.9-rasmda ko'rsatilgan.



1.9-rasm. Dekametrli to'liqning tarqalishi:

1- yuzadagi nur; 2-bir marotaba qaytgan nur; 3-ikki marotaba qaytgan nur

Yerdan va ionosferadan dekametrli diapazonlarda ko'pmarotaba, sakrab kelishi orqali qaytgan to'liqlardan foydalanishning qiziqarli tomoni shundaki, bunday to'liqlar orqali gorizont ortida

radiolokatsiya (radioaloqa) qilish mumkinligi hisoblanadi. Bunday aloqa natijasida ko'rish chegarasidan tashqaridagi obyektlarni aniqlash imkoniyatlari yuzaga keladi. Gorizont ortida radiolokatsiya qilish imkoniyati, 1946-yilda rus olimi N.I. Kabanov tomonidan, yer yuzasidagi radioto'lqinlarning uzoq masofalardi qisqa to'lqinli tarqalishi hodisasi aniqlash natijasida yuzaga keldi. Shuning uchun bu hodisa Kabanov effekti deb ataladi.

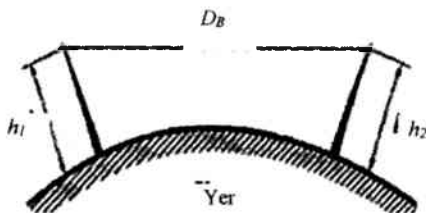
Ionosfera qatlamini tekshirishda undan foydalanish, to'lqin tarqalishi sharoitlarini 9000...12000 kmgacha radiuslarda aniqlash imkonimi beradi, bu masofa esa, ekvator uzunligining chorak qismiga to'g'ri keladi.

Dekametrli diapazonlarda fazoviy radioto'lqinlar yordamida gorizont ortida past uchayotgan samalyotlarni, raketalarni, korablarni, undan tashqari bir necha ming kilometr uzoqlikdan uchirilayotgan ballistik va kosmik raketalarni aniqlashdan juda ko'p davlatlar foydalanib kemoqdalar va bu borada radiolokatsion stansiyalarni yaratish, takomillashtirish bo'yicha izlanishlar olib borilmoqda. Shuni ta'kidlash kerakki, bu effekt faqatgina yer yuzasidagi tekshirilayotgan sohadagi turli o'zgarishlarni aniqlashdan tashqari, yerning xohlagan punkti bilan aloqa qilish uchun kerak bo'ladigan optimal to'lqin uzunligini aniqlash imkoniyatini beradi. Oldindan aniqlangan joyga bir necha xil radioto'lqinlardagi radio-signalni yuborib, radioqaytish intensivligini ro'yhatga olish orqali, qaysi radioto'lqin yaxshi natija berishini aniqlash mumkin bo'ladi.

Metrl, detsimetrli va santimetrli to'lqinlar. Metrl, detsimetrli va santimetrli to'lqinlar yer yuzasida tarqalishida ionosferadan qaytmaydi, shuning uchun fazoviy to'lqinlar hisobiga ularda aloqa qilishning fizik jihatdan imkoniyati yo'q hisoblanadi. Bu diapazondagi radioto'lqinlar juda kam difraksiyaga ega bo'lganligi sababli, to'lqinlarning burilishi, egilishi sodir bo'lmaydi. Shuning uchun 10 metr va undan kam uzunlikdagi to'lqinlar ko'rish mumkin bo'lgan uzatuvchi va qabul qiluvchi antennalar oraligida tarqaladi (1.10-rasm).

Ma'lumki, ikkita antenna machtasi orasidagi ko'rish masofasi — D_v va machtalar balandligi h_1, h_2 bo'lgan holda, ikki machta orasidagi masofa quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$D_B = \sqrt{2R_y} \times (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}) \approx 3.57 \times (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}) \quad (1.11)$$



1.10-rasm. Metrli to'liqlarning tarqalishi.

Bu yerda R_y – yerning radiusi bo'lib, 6370 kilometrni tashkil qiladi. Bunday to'liqin diapazonlarida aloqa qilishga yerning egriligi o'z ta'sirini ko'rsatadi. Umuman bunday to'liqlardagi aloqa uzunligi unchalik kam emas. Masalan, bo'yi 1,9 metrga teng bo'lgan ikki odam orasidagi ko'rish masofasi 10 km ni tashkil qiladi, bu esa bu to'liqin diapazonida 1,7... 2 m. balandlikdagi antenna orqali 10 km gacha masofada aloqa qilish mumkinligini ko'rsatadi. Metrli va undan qisqa to'liqlar diapazonida aloqa masofasini uzaytirish uchun, axborotlarni uzatish tizimlarida uzatuvchi va qabul qiluvchi antennalarni yer yuzasidan balandroq qilib o'rnatiladi. Masalan, Ostankino teleminorasi 300 metr balandlikka ega va u yordamida 70 km. radiusli masofada aloqa qilish mumkin hisoblanadi.

Ko'rinarli masofa chegarasidagi to'liqin tarqalishida, radioaloqa qilish masofasini uzaytirish uchun, bir-birlaridan ma'lum masofada (50 km.) joylashgan uzatish va qabul qilish qurilmalari (retranslyatorlar) zanjirini hosil qilishi mumkin. Bunday aloqa ko'p kanalli radioreleyli aloqa liniyasi deb ataladi.

Misol: Radioto'liqin tarqatuvchi machtaning balandligi 50 m., qabul qiluvchi antenning balandligi 16 metr bo'lsa, ular orasida metrli to'liqlar bilan aloqa qilish uchun masofa qancha bo'lishi kerak?

$$D_B = 3.57 \times (\sqrt{50} + \sqrt{16}) = 39,9 \text{ km}$$

Metrli, detsimetrli va santimetrli to'liqlar diapazonidagi elektromagnit tebranishlari, radiotexnikada asosiy masala hisoblanadigan axborotlarni uzatishda katta imkoniyatlarga ega hisoblanadi. Bunday diapazondagi radioto'liqlar katta chastotali hajmga ega hisoblanadi, bu esa chastotali, impulsli, impulsli-kodli (raqamli) va boshqa ko'rinishdagi keng polosali modulyatsiyali radiotexnik tizimlar yaratish imkoniyatini beradi. Buning natijasida radioaloqa liniyalarining turli yuqori darajali halaqitlarga bardoshligi ta'minlanadi. Bunday liniyalar orqali keng polosali radiosignallarni, ya'ni teleuzatishlarni, xizmatchi va harakatdagi aloqalarni uzatish mumkin bo'ladi.

Keyingi o'n yillikda radiotexnikada millimetrli, detsimillimetrli va optik to'liq diapazonlardagi to'liqlarni o'rganish va o'zlashtirish bo'yicha juda ko'p izlanishlar olib borilmoqda. Bunday to'liq diapazonlarida o'tkir yo'nalishli nurlanishlar hosil qilish oson bo'lib, kichkina o'lchamli antennalardan foydalanish mumkin bo'ladi.

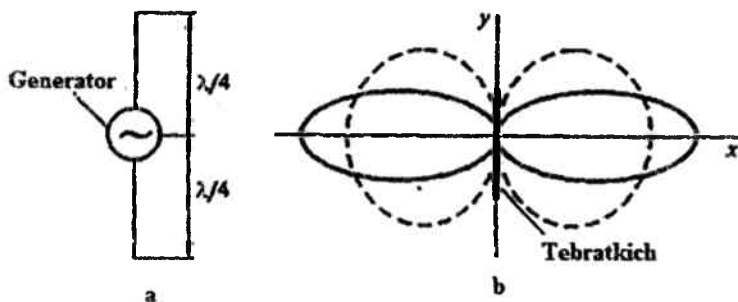
1.5. Antennalar

Har qanday o'tkazgich kesmasiga o'zgaruvchan tok berilsa, yon atrofida elektromagnit maydon hosil bo'ladi. Shu elektromagnit maydonga joylashtirilgan o'tkazgich kesmasida o'zgaruvchan elektr yurituvchi kuch induksiyalanadi. O'tkazgichda yuzaga keladigan elektromagnit maydon energiyasi, uning konfiguratsiyasiga, o'tkazgichning o'lchami va elektromagnit tebranishlari to'liq uzunligining o'zaro munosabatiga bog'liq hisoblanadi. Shuning uchun axborotlarni tashuvchi elektromagnit tebranishlarni sochish va ularni qabul qilib olish uchun antenna deb ataluvchi maxsus radiotexnik qurilmadan foydalaniladi. To'liq sochilishi yo'nalishini, antenna qurilmasining o'lchamini sochilayotgan yoki qabul qilinayotgan to'liq uzunligidan yetarli darajada katta qilib olish yo'li bilan ta'minlash mumkin bo'ladi.

Nazariy va amaliy tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, oddiy o'tkazgichdan quyidagicha tarqatuvchi antenna hosil qilish mumkin (1.11, a-rasm). Elektr o'tkazuvchining uzunligi elektromagnit to'liq tarqatuvchining uzunligining yarmiga teng bo'lgan kesmaning

o'rtasiga yuqori chastotali to'liqin ishlab beruvchi generator ulanib sodda antenna hosil qilinadi. Tarqatayotgan elektromagnit to'liqin uzunligining yarmiga teng kattalikdagi o'tkazgich kesmasidan tuzilgan sodda antenna yarim to'liqin uzunligidagi tebratkich deyiladi.

Yarim to'liqin uzunligidagi tebratkichning turli yo'nalishlarda shiddat bilan elektromagnit to'liqinini tarqatishi bir xil bo'lmaydi, bu esa antenna uchun muhim ahamiyatga egadir. To'liqinning tarqalish xarakteri manzarasini va xohlagan antennaning ishlash samaradorligini to'liqinning tarqalishi yo'nalishi diagrammasi ko'rsatib turadi (1.11,b-rasm). Bu diagrammada antennaning fazoga to'liqin tarqatish yo'nalishiga qarab quvvat oqimining zichligi namoyon bo'ladi. Yo'nalish diagrammasining sodda ko'rinishi, to'liqin tarqalishi intensivligi o'tkazgich yo'nalishiga perpendikulyar bo'lgan elementar dipol orqali shakllanadi. Vertikal holatda turgan antennaga nisbatan perpendikulyar tarqalayotgan to'liqin shiddatli bo'lishi va antennaning uch tomonlarida esa, to'liqin tarqalmasligi aniqlangan.



1.11-rasm. Yarim to'liqinli tebratkich:

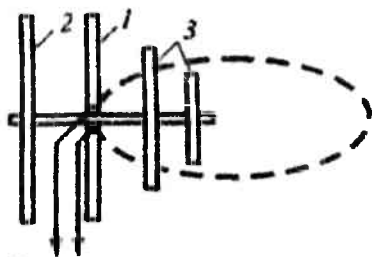
a – qurilma; b – yo'nalish diagrammasi

Nurlanayotgan o'tkazgich uzunligining kattalashishi, har bir elementar nurlantiruvchi (dipol) o'zining nurlanish maydonini hosil qilishiga, bu esa, elektromagnit maydonining sezilarli o'zgarishiga olib keladi. Fazoning xohlagan nuqtasidagi elektromagnit maydonining nurlanishi elementar maydonlarning superpozitsiyasi orqali aniqlanadi. 1.11,b-rasmda quyuq chiziq bilan vertikal joylashgan yarim to'liqin uzunligidagi tebratkichni meridian (azimut) tekisligi bo'yicha qurilgan yo'nalish diagrammasi ko'rsatilgan. Shtrix chiziq

bilan esa, elementar dipolning yo'nalish diagrammasi ko'rsatilgan. Vertikal joylashgan yarim to'lqin tebratkich yo'nalish diagrammasi gorizontal tekislikda aylana ko'rinishiga, vertikal tekislikda esa cho'zilgan sakkiz raqamiga o'xshaydi. Gorizontal tekislikdagi yo'nalish diagrammasining bunday shakli yarim to'lqin tebratkich nurlanishi yer yuzasi bo'yicha barcha yo'nalishlarga tarqalishini ko'rsatadi.

Tarqalayotgan energiyaning quvvatining tor, siqilgan holda shiddat bilan tarqalishi to'lqinning uzoq masofaga tarqalishiga olib keladi. Antennaning yo'nalish diagrammasini yana ham toraytirish va to'lqinni uzoq masofagacha tarqatish uchun qo'shimcha tebratkichlar mahkamlanadi. Qo'shimcha tebratkichlar mahkamlangan antennaning konstruksiyasi 1.12-rasmda ko'rsatilgan.

1-tarqatuvchi tebratkichga parallel ravishda, $\lambda/4$ dan kichikroq bo'lgan masofada qo'shimcha yarim to'lqin uzunligi tebratkichi 2 (reflektor) joylashtiriladi. 1-tebratkichdan tok o'tishi natijasida hosil bo'lgan maydonning sochilishi 2-tebratkichni induksiyalab o'zgaruvchan elektr tok hosil qiladi va u ham o'z elektromagnit maydonini hosil qiladi. Hosil bo'lgan bu maydon birinchi tebratkichning hosil qilgan maydoni bilan qo'shiladi va yo'nalish diagrammasini toraytiradi. Qurilmaga qo'shimcha yana bir qancha tebratkichlar 3 (direktorlar) qo'shish natijasida yo'nalish diagrammasi torayib cho'ziladi.



1.12-rasm. Qo'shimcha tebratkichlar mahkamlangan antennaning konstruksiyasi

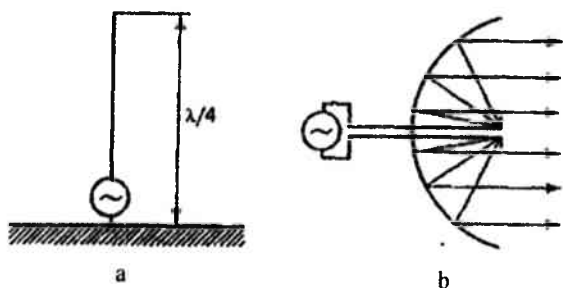
Yo'nalish diagrammasining qarama-qarshi tomonida esa maydon tarqalishi susayadi. Bu qurilma to'lqinli kanal deyiladi va tele-

videmyeda qabul qiluvchi antenna sifatida ishlatiladi. Antennaning asosiy parametrlaridan biri bo'lib yo'nalish ta'sir koeffitsiyenti hisoblanadi. Bu parametr antennaning yo'nalishidagi o'rtacha quvvat boshqa tarafdagi tarqalayotgan quvvatdan qancha barobar ko'pligini bildiradi. Antennaning foydali ish koeffitsiyenti uning kuchaytirish koeffitsiyentini aniqlab beradi.

Kilometrli to'liq diapazonlarida bitta tebratkichli qabul qiluvchi va uzatuvchi antennaning o'lchamlari juda kattalashib ketadi, bu esa ularni texnik jihatdan yaratish imkoniyatini murakkablashtirib yuboradi. Masalan, 3...5 kilometrli to'liq sochuvchini ko'tarish amaliy jihatdan mumkin emas. Bu muammoni yechishning juda sodda usuli mavjud. Yer bu diapazondagi radioto'liqlar uchun juda yaxshi o'tkazkich hisoblanadi, shuning uchun yarim to'liq tebratkichidan emas, balki yerga ulangan chorak to'liqli tebratkichdan foydalanish qulay hisoblanadi.

Antennalarning ichida chorak to'liqli tebratkichli antenna samarador hisoblanadi (1.13, a-rasm).

Antenna vertikal holatda bir tomoni yerga mahkamlanib o'rnatiladi. Antenna tarqatayotgan elektromagnit maydon yerdan qaytishi natijasida antenna tarqatayotgan maydon bilan qo'shiladi va yarim to'liq uzunligidagi tebratkich tarqatayotgan maydonga o'xshash bo'ladi. Ammo tarqatayotgan quvvat ikki marotaba kam bo'ladi.



1.13-rasm. Oddiy antennalar:

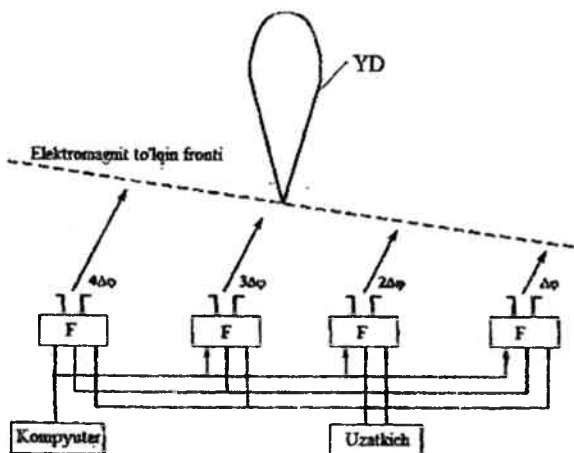
a-chorak to'liqli tebratkichli antenna; b – parabolik antenna

Metr diapazonli elektromagnit to'liqni juda ingichka va o'tkir yo'nalishli tarqatuvchisini yaratish uchun parabolik qaytargichli oy-

nali antennalardan foydalaniladi. Maydon tarqatuvchi element antennaning fokusiga o'rnatiladi. Natijada quyuq elektromagnit to'liqin spektri parabolaning markazidan tor yo'nalish bo'yicha tarqaladi (1.13,b-rasm).

Hozirgi vaqtda maxsus radiotexnik qurilmalar, xususan harbiy sistemalarda fazalashgan panjarali antennalar (FPA) juda keng qo'llanilmoqda (1.14-rasm).

Antenna shunday tuzilganki, kvadrat yoki to'g'ri burchakli maydon tekisligida aniq tartibda joylashtirilgan alohida elektromagnit to'liqin tarqatuvchilar (panjaralar) to'plamlari tashkil qilingan ho'lib, har bir panjara o'zidan maydon tarqatadi.



1.14-rasm. Fazalashgan panjarali antennani strukturaviy sxemasi.

Panjaradagi maydon tarqatuvchi to'liqin ishlab beruvchi qurilma faza aylantiruvchi (F) qurilma orqali elektr bilan ta'minlanadi. To'liqin har bir fazaaylantiruvchi orqali o'tgandan so'ng kogorent elektromagnit maydoni (sinfazali) hosil bo'ladi. Bu maydonlar qo'shib, bitta markazlashgan elektromagnit maydon hosil bo'ladi. Bu maydon tor yo'nalishli maydonga aylanadi.

Bunday antennaning muhim xususiyati bo'lib, elektron usulda fazaaylantiruvchilar yordamida elementar to'liqin tarqatuvchilar fazalarini bir onda aniq bir qiymatga o'zgartirib, yoki elektromagnit

to'liq ishlab beruvchi qurilmaning ishlab chiqarayotgan to'liq chastotasini o'zgartirib markazlashgan to'liq yo'nalishini xohlagan tarafdagi o'zgartirish mumkin. To'liq tarqatuvchilar juda ko'p bo'lganligi sababli ularni kompyuterlar orqali boshqariladi.

Maydon tarqatuvchilarning soni n ta bo'lsa, har bir fazaaylantiruvchi $n\phi$ fazaga burish mumkin. Shunday qilib, fazalashgan panjara antenasi orqali o'tkir yo'naltirilgan diagramma orqali uzoq masofadagi obyektlarga elektromagnit to'liqlarni yuborish, ular to'g'risida tezkor axborot olish imkoniyati yaratiladi. Bunday obyektlar bo'lib, samalyot, korabl, raketalar bo'lishi mumkin.

Hozirda FRAlardan mobil va sputnikli radioaloqalarda intellektual yoki aqlli antenna (smart antennas) sifatida qo'llanilmoqda. Ular turli sektorlarda nurning holatini va tarqalish quvvatini o'zgartira oladi. Smatr antennalari avtomatik ravishda mobil telefonlar uchun kuchli signallarni ushlay oladi.

Barcha antennalar qaytaruvchi xususiyatiga egadir. Antennalarning bu xususiyati shundan iboratki, ular radioto'liqlarni qabul qilishi va tarqatishi mumkin. Ikkala xususiyatda ishlaganda antenna o'zining xarakteristikalarini o'zgartirmaydi.



1.15-rasm. Motorola DynaTAC 8000X sotali telefoni



1.16-rasm. Lokal tarmoqlarida qo'llanilishi

Raqamli qurilmalar antennalari. 21 asr bu simsiz aloqa davri hisoblanadi. Hozirga kelib juda ko'p elektron qurilmalar o'zining bajaradigan ishlari tarkibiga simsiz aloqani ham kiritmoqda. Bizga ma'lumki, simsiz aloqa sistemasining asosiy vositasi antenna hisoblanadi.

Hozirda mobil aloqa sistemalari asosan raqamli aloqa sistemalari hisoblanadi. Birinchi mobil aloqa sistemalari 1983-yilda yaratilgan Motorola DynaTAC 8000X sotali telefoni hisoblanib, uning tuzilishi 1.15-rasmda ko'rsatilgan [2].

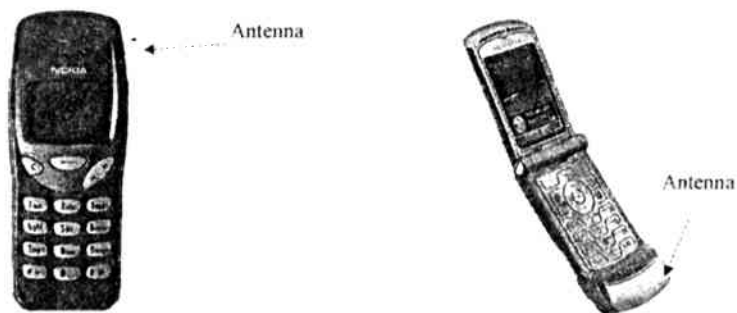
Bunday telefonlarda DynaTAC 8000X gilza dipol antennalari o'rnatilgan bo'lib, bu telefon hozirda mobil telefonlar ishlab chiqarishda dizayn jihatdan eskirgan bo'lishiga qaramay, uning ishlash tamoyili lokal tarmoqlarida keng qo'llanilib kelinmoqda (1.16-rasm).

Bu qurilmada ishlatilgan antenna o'lchamlari katta bo'lishiga qaramay eng samarali ishlaydigan antenna hisoblanadi. Antennaning uzunligi qurilmaning ishchi chastotasida, uzatiluvchi to'lqin uzunligining yarmini hosil qiladi. 850 MHz chastotada antennaning o'lchami 176 millimetrni tashkil etadi. Bunday DynaTAC 8000X mobil sotali telefonning o'lchamlari antenasiz 330 mm × 44 mm × 89 mm ga teng.

Sotali telefonlarni ishlab chiqarish texnologiyasining takomillashib borishi natijasida mobil telefonlari o'lchamlarini qisqarishiga olib keldi, dipol antennalari o'rniga monopol antennalardan foydalanila boshlandi. Monopol antennalarida [4] antenna uzunligi to'lqin uzunligining faqatgina chorak qismini tashkil etadi, bunda 850 MHz ishchi chastotasida antenna uzunligi 88 millimetrni tashkil qiladi. Motorola MicroTAC 9800X sotali telefonida monopol shtirli antennadan foydalanilgan.

Monopol antennalarning unumdorligi dipol antennalariga qaraganda ancha past bo'lishiga qaramay, ular sotali aloqa vositalari oilalari uchun yaxshi antennalar hisoblanadi. Motorola MicroTAC 9800X sotali telefonida harakatlanuvchi antenna qo'llanilgan bo'lib, bunday antenna egiluvchan shtirli antenna bilan spiralli antennalarning birikmasidan hosil qilingandir. Agar antenna cho'zilsa u nosimmetrik vibrator kabi ishlab, yaxshi unumdorlikka ega bo'ladi. Antenna qisqartirilganda xuddi yarim anenna kabi ishlab, kerakli unumdorlikni saqlagan holda ishlashni davom ettiradi. Harakatlanuvchi antennalarning muhim xususiyatlari bo'lib, antennani kerakli bo'lgan holatlarga moslashtirish mumkinligi hisoblanadi. Lekin bunday harakatlanuvchi mexanik struktura birmuncha murakkab hisoblanadi, chunki u o'z tarkibiga bir nechta radiatorlarni kiritadi.

Mobil telefondan foydalanuvchilar sonining oshib borishi bilan antennalar ham rivojlanira boshlandi. Keyingi avlod antennalari bo'lib ichki antennalar hisoblanadi. 1.17-rasmda ichki antennali birinchi telefon ko'rsatilgan, u mobil qurilmalarning 6 ta konstruksiyasidan biri va juda muvofaqiyatli telefon varianti bo'lib, bunday Nokia 3210 telefonlaridan 160 milliontachasi sotilgan hisoblanadi.



1.17-rasm. Ichki antennali telefon **1.18-rasm.** Motorola V3 telefoni

Mexanik nuqtai nazardan ichki antennalar tashqi antennalarga nisbatan ancha qulay hisoblanadi, ularda tashqi antennalarni o'rnatish joyi yo'q, unumdorligi yuqori hisoblanadi. Tashqi antennalarning bo'lmaganligi sababli ularni ko'tarib yurish qulay hisoblanadi. Lekin foydalanuvchi telefondan foydalanish jarayonida telefonning antenna qismini qo'li bilan ushlab gaplashadi, bu esa uning sog'ligiga ta'sir ko'rsatishi mumkin. Traditsion telefonlardagi ichki telefonlar telefonning yuqori qismida joylashtirilgan. Telefonda normal holatda so'zlashganda foydalanuvchining boshi va antenna orasidagi masofa juda qisqa bo'ladi. Inson uchun nojo'ya ta'sirlarni kamaytirish maqsadida, ya'ni turli tomonlarga tarqaluvchi zararli nurlanishlarni kamaytirish uchun antenna tagiga bir qavat elektromagnit nurlanishlarni yutuvchi maxsus material joylashtiriladi. Bunda antenaning o'tkazuvchanlik xususiyati kamayadi, buni kompensatsiya qilish uchun antenaning o'lchami cho'ziladi. Bunday antenna birinchi marotaba Motorola Razor V3 telfonida qo'llanilgan. Lekin bu telefonlar kutilgan unumdorlikni bermadi. Undan keyin

2004-yilda yaratilgan Motorola V3 telefonida antennani telefonning ichki qismiga joylashtirildi (1.18-rasm).

Raqamli qurilmalar antennalaridagi asosiy parametrlar bo'lib, antenaning foydali ish koeffitsiyenti va o'tkazish polosasi hisoblandi.

Raqamli qurilmalar antennalarini loyihalashda injenerlar oldida telefonning unumdorligini saqlagan holda uning o'lchamini kamaytirish vazifasi qo'yiladi.

Hozirgi kunda foydalanilayotgan antennalarning ko'pchiligi ko'p qutbli antennalar hisoblanadi. Bunday antennalarda bitta o'tkazish polosasida o'tkazuvchanlik xususiyati oshirilsa, boshqa tarmoqlarda qisqaradi. Antennaning murakkabligi va unumdorligi o'rtasida doimo kompromissni amalga oshirish talab etiladi.

Raqamli qurilmalarning ichki antennalarini ishlab chiqarish jarayonlarining juda ko'p uslublari mavjuddir. Ularga misol qilib, metall shtampovka qilish, fleks sxema, lazerli struktirlashtirish (LDS) kabi uslublarni ko'rsatish mumkin. Bu uslublar ichida shtampovka qilish texnologiyasi eng arzon texnologiya hisoblanadi.

Elektromagnit to'lqinlarning radiochastota spektrlari antennalaridan foydalanishda cheklanishlar qo'yiladi. Radiochastota polosasi elektromagnit spektri juda ko'p davlatlar hokimiyatlari tomonidan, spektrlarni va chastotalarni taqsimlash tomonidan boshqarib boriladi. Har bir davlat o'zining universal chastota diapazonlaridan foydalanadi, masalan, aloqa bo'yicha Federal komissiyasi (FCC) tomonidan Amerika Qo'shma Shtatlari spektri 0 Hz dan 1000 GHz qilib ajratilgan.

Nazorat savollari

1. Axborot va xabar bir-biridan qanday farqlanadi?
2. Axborot miqdori nima va u qanday o'lchanadi?
3. Signal deganda nimani tushunasiz va uning qanday turlari mavjud?
4. Elektrik signallar qanday parametrlar bilan xarakterlanadi?
5. Axborotlarni uzoq masofalarga ochiq fazoda uzatish qanday amalga oshiriladi?
6. Radioto'lqinlar deb nimaga aytiladi?

7. Elektromagnit maydonni yuzaga keltiruvchi oddiy to'liqin tarqatuvchi nima?

8. Turli diapazonlardagi radioto'liqlarga yerning atmosfera qatlamida tarqalishini tushuntirib bering.

9. Radioaloqa sistemasi qanday tashkil etuvchilardan tashkil topadi?

10. Eng ko'p ishlatiladigan radioto'liqin diapazonlari qanday nomlanadi?

11. Feding effekti nima?

12. Antenna nima va u qanday hosil qilinadi?

13. Antennaning yo'nalish diagrammasi nima va uni toraytirish nimaga kerak?

14. Antennalarning qanday turlarini bilasiz?

2. RADIOSIGNALLAR NAZARIYASI ASOSLARI

2.1. Radiotexnik signallar haqida umumiy ma'lumotlar

Elektr zanjirlarida vaqt bo'yicha kuchlanishni, tokni, zaryad va quvvatni o'zgarishini elektr tebranishlari deb ataladi. Axborotlarni uzatish uchun foydalaniladigan elektr tebranishlari signallar hisoblanadi. Elektr zanjirlaridagi jarayonlarning murakkabligi dastlabki signallarning murakkabligiga bog'liq. Shuning uchun signal spektridan foydalanish maqsadga muvofiq bo'ladi.

Har bir sinfga tegishli signallar o'zining xususiyatlariga ega bo'lib, spetsifik izohlash va tahlil qilish uslublarini talab etadi. Signallarga ishlov berish va tasvirlashda, ularni tahlil qilish juda muhim hisoblanadi. Signallarni tahlil qilishdan asosiy maqsad, ularni bir-birlari bilan taqqoslab mos tushishlik va farqlanishini aniqlashdir. Elektr signallarni tahlil qilishning uchta asosiy tashkil etuvchilari mavjuddir:

- signalning sonli parametrlarini o'lchash, bunday parametrlarga energiya, o'rtacha quvvat va o'rtacha kvadratik qiymatlar kiradi;
- signalni elementar tarkibiy bo'laklarga ajratib, ularni alohida qilib ko'rish yoki turli signallarning xususiyatlarini taqqoslash; bunday bo'laklarga ajratishni qatorlar va integral o'zgartirishlarni qo'llab (ularning ichida Fure o'zgartirishlari va qatorlari muhim hisoblanadi) amalga oshiriladi;
- turli signallarning parametrlarini va xarakteristikalarini o'xshashligi darajasi miqdoriy o'lchanadi, bunday o'lchash korrelyatsion tahlil apparatidan foydalanib amalga oshiriladi.

Signallarni eksperimental turli o'lchash asboblari va qurilmalar yordamida o'rganish mumkin, masalan, ossillograflar, spektr analizatorlari, korrelometrlar, qabul qilgichlar, voltmetrlar va boshqalar.

Bunday usul bir qator kamchiliklarga ega, ya'ni o'rganilayotgan signalning faqat xususiy hollari ko'rilib, sharoitlar o'zgarishi bilan yuzaga keladigan natijalarni oldindan aytib berishning imkoni bo'lmaydi. Signallarni o'rganish uchun ularning matematik model-

laridan foydalanishda, yuqoridagi kamchiliklar kuzatilmaydi. Signalning matematik modeli deb, uni matematik apparat (funksiyalar, vektorlar, taqsimlashlar va boshqalar) yordamida izohlashga aytiladi. Matematik modelda formal protseduralarni qo'llab, matematik o'zgartirishlar kiritib signal xususiyatlari haqida xulosalar qilinadi. Radiotexnikada har bir sinfga tegishli signalning o'zining matematik modeli mavjud bo'lib, bunda bitta matematik model amaliy jihatdan kuchlanishni, tokni, zaryadni, quvvatni, elektromagnit kuchlanganligini adekvat izohlashi mumkin hisoblanadi. Real radiotexnik signallar tuzilishi bo'yicha murakkab va aniq hisoblanadi, ularning matematik modellari esa abstrakt bo'lib, tekshirilayotgan asosiy signalda o'tkazilgan tadqiqotlar natijalari har doimo ham matematik modelda o'tkazilgan natijalarga mos tushavermaydi. Lekin zamonaviy radiosistemalarni yaratishda, uning tarkibdagi radioqurilmalarda kechadigan jarayonlarni, signallarning vaqt bo'yicha taqsimlanishini matematik modellar yordamida, kompyuterlarda modelashtirish asosida amalga oshiriladi.

Radiotexnik signallar juda turli-tumandir. Signallarning sinflarini 2.1-rasmda ko'rsatilgan.

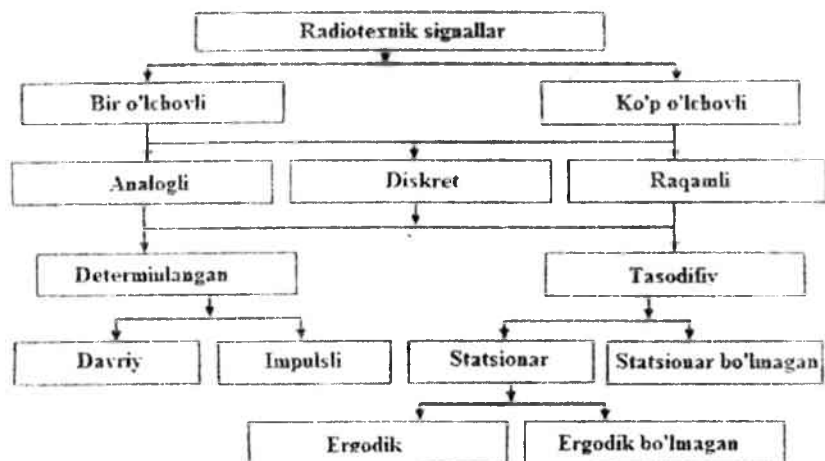
Bir o'lchovli signallar faqat vaqtning funksiyasi hisoblanadi, ko'p o'lchovli signallarda esa, n -o'lchovli fazodagi holatlar ham tasvirlanadi. Oq-qora tasvirli televizion sistemalarda signal, t vaqtda katodning (x,y) nuqtasida nurlanish intensivligini tasvirlovchi ikkita fazoviy koordinata va vaqtning funksiyasi, ya'ni $f(x,y,t)$ kabi ko'rinishda. Rangli televizion signallarni uzatishda, uch o'lchovli vektor maydoni komponenti hisoblangan uchta funksiyaga, ya'ni $f(x,y,t)$, $g(x,y,t)$, $h(x,y,t)$ ega bo'linadi.

Undan tashqari tasvirlarni tovush bilan birgalikda uzatishda ham turli ko'rinishdagi televizion signallar yuzaga kelishi mumkin.

Ko'p o'lchovli signal bu bir o'lchovli signallarning tartiblangan to'plamidir.

$$U(t) = \{u_1(t), u_2(t), \dots, u_n(t)\} \quad (2.1)$$

Ko'p o'lchovli signallar murakkab funksiyalar ko'rinishida yoziladi, ularga ishlov berish ko'pincha raqamli shakllarda amalga oshiriladi va ularni tahlil qilish kompyuterlarda bajariladi.



2.1-rasm. Radiotexnik signalarning sinflanishi

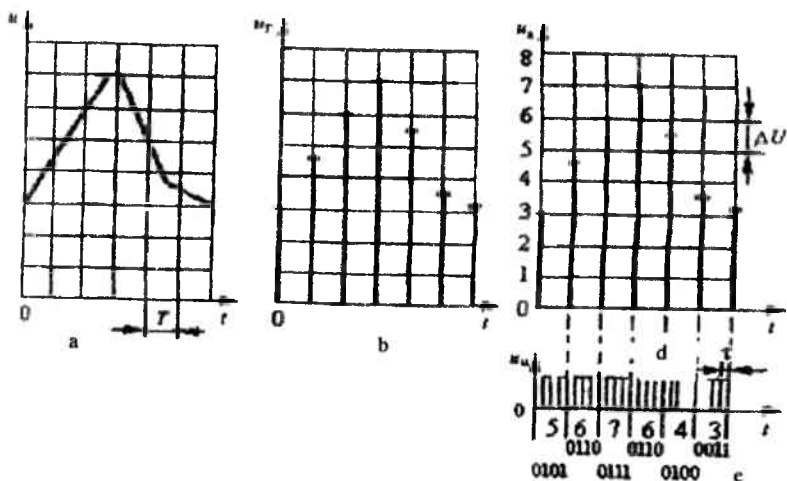
Vaqt bo'yicha tuzilish xususiyatlarini tasvirlanishiga qarab radiotexnik signallar analogli, diskretli va raqamli signallarga bo'linadi (2.2 -rasm).

Agar bir o'lchovli signalni yuzaga keltiruvchi fizik jarayonni vaqt bo'yicha uzluksiz funksiya kabi tasvirlash mumkin bo'lsa, bunday signal analogli (uzluksiz) yoki amplituda o'qi bo'yicha sakrashlar, uzilishlar mavjud bo'lsa – kontinual (ko'ppog'onali) signal deyiladi (2.2,a - rasm). Analogli signalning xohlagan oniy qiymati, unga vaqt bo'yicha mos fizik kattalikning o'zgarish qonuniga aynan o'xshash hisoblanadi.

Analogli signallarga misol qilib ossillograf kirishiga berilayotgan kuchlanishni ko'rsatish mumkin. Ossillograf ekranida vaqtning funksiyasi hisoblangan uzluksiz egri chiziq tasvirlanadi. Analogli signallarga ishlov berish ko'pincha uzluksiz signallarga ishlov berish deb yuritiladi.

Radioelektronikada diskret signallar asosida ishlaydigan impulsli sistemalar, qurilma va zanjirlardan juda keng foydalaniladi. Masalan, so'zlashuvni tasvirlovchi elektrik signal sathi va vaqt bo'yicha uzluksiz hisoblanadi, har 10 daqiqada haroratni ko'rsatib turuvchi datchik esa, qiymati bo'yicha uzluksiz, vaqt bo'yicha esa

diskret hisoblanadi. Diskret signallarni analogli signallarga maxsus ishlov berish orqali hosil qilinadi. Analogli signalni diskret signallar ketma-ketligiga o'zgartirish diskretlash, hosil bo'lgan natija diskret signal yoki diskret qatorlar deb ataladi (2.2, b - rasm). Diskret signal teng vaqt oralig'idagi $T = \Delta t$ - diskretlash davri va unga teskari kattalik diskretlash chastotasi $f_d = \frac{1}{T}$, unga mos burchak chastotasi $\omega_d = 2\pi/\Delta t$ bilan xarakterlanadi.



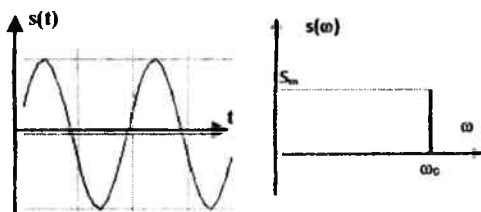
2.2 -rasm. Radiotexnik signallar:
a-analogli; b-diskret; d-kvantlash; e-raqamli

Diskret signalning bir ko'rinishi bo'lib raqamli signal hisoblanadi. Signalning diskretlash jarayonida, uni raqamli shaklga o'zgartirish uchun kuchlanish sathi bo'yicha kvantlash amalga oshiriladi. Bunda sathlar qiymatini ikkilik sonlar bilan kerakli razryadlar sonigacha tartiblash mumkin. Vaqt bo'yicha diskret va sath bo'yicha kvantlangan signal raqamli signal deb ataladi. Raqamli signallarda signalning diskret qiymatlari dastlab sath bo'yicha kvantlanadi (2.2,d - rasm), so'ngra kvantlangan diskret signallar sonlar bilan o'zgartiriladi, ko'pincha bunday sonlar bo'lib ikkilik (0,1) sonlaridan foydalaniladi. Bunda kuchlanish poten-sialining yuqori sathi bir, past sathi nol raqami bilan belgilanadi (2.2,e - rasm). Raqamli signal-

larga ishlov berish axborotlarni uzatish, o'zgartirish va qabul qilishda, analogli texnika yordamida amalga oshirib bo'lmaydigan juda keng imkoniyatlarni yaratadi.

Matematik tasvirlanishi bo'yicha barcha radiotexnik signallar ikkita asosiy gurubga, ya'ni detirminirlangan va tasodifiy signal-larga bo'linadi (2.3-rasm). Determinirlangan signallar deb xohlagan vaqtdagi oniy qiymatlari yetarlicha aniq bo'lgan, ya'ni aniqlash ehtimolligi birga teng bo'lgan radiotexnik signallarga aytiladi.

Signalning oniy vaqtdagi qiymati musbat yoki manfiy bo'lishi mumkin. Detirminirlangan signallarga misol qilib boshlang'ich ma'lum fazali garmonik tebranishlarni, yuqori chastotali tebranishlarni, taniqli qonun bo'yicha modulyatsiyalangan, shakli, amplitudasi va vaqt bo'yicha holati oldindan aniqlangan impulslar ketma-ketligini keltirish mumkin.



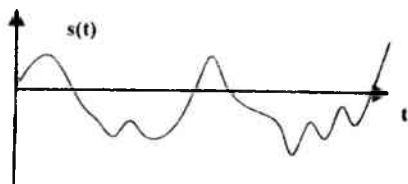
2.3-rasm. Determinirlangan (garmonik) sinusioidal signal

Detirminirlangan signalning matematik modelining ossillogrammasi va uni spektral tasvirlanishi 2.3-rasmda ko'rsatilgan. Detirminirlangan signalning matematik modelining analitik ko'rinishi quyidagicha ifodalanadi:

$$s(t) = S_m \cdot \sin(\omega_0 t + \varphi_0) \quad (2.2)$$

Agar aloqa kanallari bo'yicha uzatilayotgan xabarlar determinirlangan bo'lsa, ya'ni to'liqligicha oldindan ma'lum bo'lsa, ularni uzatishning ma'nosi bo'lmay qoladi. Shuning uchun xabarlarni tasodifiy hodisalar deb qarash to'g'ri hisoblanadi. Signallar esa tasodifiy hisoblanadi, ya'ni xohlagan vaqtda uning oniy qiymatini

oldindan aytib bo'lmaydi Tasodifiy signal uchun faqatgina uning qandaydir qiymatga ega ekanligi ehtimolligini bilish kifoya qiladi (2.4-rasm).



2.4-rasm. Tasodifiy signal

Foydali axborotlarni uzatish jarayonida radiotexnik signallarni qandaydir o'zgartirish kerak bo'ladi. Bu o'zgartirish ularning nomidan ko'rinib turadi, ya'ni modulyatsiyalangan signallar, demodulyatsiyalangan signallar, kuchaytirilgan signallar, diskretlangan va kvantlangan signallar.

Modulyatsiyalash jarayonida foydalanishlga qarab, modulyatsiyalovchi (tashuvchi tebranishlarni modulyatsiyalovchi birlamchi signal) va modulyatsiyalanuvchi (tashuvchi tebranishlar) signallarga bo'linadi.

Radiotexnik sistemalarning turlariga tegishli bo'lishiga qarab aloqa, telefon, telegraf, radio, televizion, radiolokatsion, radionavigatsion, o'lchash, xizmatchi va boshqa signallarga bo'linadi.

Elektr zanjirlarida radiotexnik signallarga har doim shovqinlar va halaqitlar ta'sir ko'rsatadi. Buning natijasida foydali signallar uzatish davomida buziladi va xabarlarining xatoliklar bilan uzatilishi kuzatiladi. Bunday xalallar bilan kurashish radiotexnikaning asosiy muammolaridan biri hisoblanadi. Radiotexnik xalallar bu foydali signallar bilan bir xil tasodifiy signallar hisoblanib, ular bilan bir vaqtda harakat qiladi. Ular bir qancha turlarga bo'linadi, ya'ni ichki va tashqi xalallar, industrial xalallar va boshqalar.

Radioqurilmalarni texnik jihatdan mukammal loyihalash, ya'ni ekranlashtirish, filtrlash, modulyatsiyalashni tanlash va qabul qilgichni optimal joylashtirish ko'pgina halaqit signallarini yo'qotish imkoniyatini beradi.

2.2. Determinirlangan signallar va ularning analizi

Detirminirlagan signallarning xohlagan vaqtdagi oniy qiymatlari doimo ma'lum bo'lib, uni aniqlik ehtimolligi birga teng hisoblanadi. Detirminirlangan signallar axborot tashuvchi bo'lib hisoblanmaydi. Undan faqatgina axborot uzatuvchi radiotexnik sistemalarni sinash, yoki uning alohida qurilmalarini testlash uchun foydalaniladi. Detirminirlangan signallar davriy va davriy bo'lmagan (impulsi) signallarga bo'linadi.

Determinirlangan signallar oldindan berilgan vaqt funksiyasi bilan izohlanadi. Unchalik murakkab bo'lmagan detirminirlangan signallarni ham matematik izohlash juda qiyin masala hisoblanadi. Shuning uchun radiotexnikada real, tuzilishi va shakli bo'yicha murakkab signallarni, elementar funksiyalar bilan yoziladigan matematik modellar to'plamlari bilan tasvirlanadi. Bu esa, signallarni zanjirlar orqali o'tishini analiz qilish uchun muhim instrument bo'lib hisoblanadi. Undan tashqari signalni qatorlar ko'rinishida tasvirlashdan, uni izohlash va analiz qilishda ham foydalaniladi.

Signallarni tasvirlash uslublari. Radiotexnikaning va matematik analiz qilishning rivojlanib borishi, funksional analiz asosidagi signallar nazariyasini yaratilishiga olib keldi. Funksional analiz qilishda signal maxsus, cheksiz chiziqli fazoda vektor ko'rinishida tasvirlanadi. Buning natijasida signalning o'lchamlarini aniqlash, signallarni taqqoslab analiz qilish imkoniyatlari yaratildi.

Signallar chiziqli fazosida koordinata bazisi (koordinata o'qi) kiritiladi. Koordinata bazisi vektorlari e_i chiziqli mustaqil hisoblanadi, ya'ni:

$$\sum_i c_i \cdot e_i = 0 \quad (2.3)$$

Agar $S(t)$ signal quyidagicha yoyilgan bo'lsa:

$$S(t) = \sum_i c_i \cdot e_i \quad (2.4)$$

u holda, C_1 tanlangan bazisga nisbatan $S(t)$ signalning proyeksiyasi hisoblanadi.

Signalni chiziqli fazoda miqdoriy baholash uchun signal uzunligini normasi tushunchasi kiritiladi. Analogli signallar uchun norma:

$$\|S(t)\| = \sqrt{\int_{-\infty}^{\infty} S^2(t) dt} \quad (2.5)$$

Kompleks signallar uchun norma:

$$\|S(t)\| = \sqrt{\int_{-\infty}^{\infty} S(t) S^*(t) dt} \quad (2.6)$$

Diskret signallar uchun norma:

$$\|S(t)\| = \sqrt{\sum_{-\infty}^{\infty} S^2(t)} \quad (2.7)$$

Chiziqli fazo normallashtirilgan hisoblanadi. Normallashtirilgan chiziqli fazoda signallar orasidagi masofa metrika deb ataladi. Metrika orqali ikkita signal orasidagi farq aniqlanadi.

$$\rho(u, v) = \|u - v\| \quad (2.8)$$

Metrika orqali signallardan biri boshqasini approksimirlay olishini kuzatish mumkin. Chiziqli normallashtirilgan fazo metrik hisoblanadi.

Metrik normallashtirilgan chiziqli fazodagi ikkita signal orasidagi burchak, ularning skalyar ko'paytirish orqali aniqlanadi.

$$(u, v) = \int_{-\infty}^{\infty} u(t) \cdot v(t) dt \quad (2.9)$$

Signallar orasidagi burchak kosinusi:

$$\cos \Psi = \frac{(u, v)}{\|u\| \cdot \|v\|} \quad (2.10)$$

Bunday skalyar ko'paytiriluvchi chiziqli fazo Gilbert fazosi deb ataladi.

Agar ikkita signalning skalyar ko'paytmasi nolga teng bo'lsa, ular ortogonal signallar deyiladi.

$$(u, v) = \int_{-\infty}^{\infty} u(t) \cdot v(t) dt = 0 \quad (2.11)$$

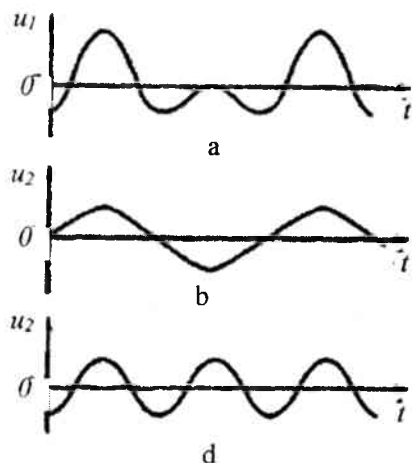
Gilbert fazosida quyidagi munosabat aniqlanadigan ortonormalashtirilgan bazis beriladi:

$$(u_i, u_j) = \begin{cases} 1, i = j \\ 0, i \neq j \end{cases} \quad (2.12)$$

Davriy signallarni spektral tasvirlash. Furiye qatorlari. Signallarni spektral tasvirlash taxminan 200 yillik tarixga ega bo'lib, bunday tasvirlashga fransuz fizik-matematigi Jan B. Furiye asos solgan (1768-1830). U matematik izohlash murakkab bo'lgan funksiyani, garmonik trigonometrik funksiya qatorlariga o'zgartirish qulay bo'lgan ko'rimishga olib keldi. Bu bilan Furiye xohlagan murakkab funksiyani aniq amplitudali, chastotali va boshlang'ich fazaga ega bo'lgan garmonik tebranishlar qatorlarining cheksiz yoki chekli yig'indisi ko'rinishiga olib kelish (approksimirlash) mumkinligini ko'rsatib berdi. Bunday funksiyalar zanjirdagi tok, kuchlanishlar bo'lishi mumkin.

Furiyening bunday mulohazasini ko'rsatuvchi oddiy misol 2.5 - rasmda ko'rsatilgan. 2.5,a - rasmda davriy, murakkab shakldagi egri chiziq – bu ikkita turlicha garmonik signal ko'rsatilgan bo'lib, shu signalni, 2.5,b – rasmda birinchi va 2.5,d – rasmda ikkinchi aproksimirlangan shakllari ko'rsatilgan. Furiye analizi yordamida murakkab funksiya garmonik tashkil etuvchilarning yig'indisi ko'rimishida tasvirlanishga olib kelinadi. Har bir tashkil etuvchi o'zining chastotasiga, amplitudasiga va boshlang'ich fazasiga ega hisoblanadi. Furiye o'zgartirish aniq chastotaga mos garmonik tashkil

etuvchilarning amplitudasini va fazasini tasvirlovchi funksiyani aniqlaydi (amplituda doimo musbat, faza esa sinusoidaning boshlang'ich nuqtasi).



2.5-rasm. Furiye analizi:

a-murakkab tebranish; b-birinchi approksimirlangan signal; d-ikkinchi approksimirlangan signal

O'zgartirishni ikkita turlicha matematik uslubda amalga oshirish mumkin, birinchisida dastlabki funksiya uzluksiz bo'lgan holda, ikkinchi uslubda esa, dastlabki funksiya bir qancha alohida diskret o'lchashlar asosida olingan holda. Agar tadqiq qilinayotgan funksiya aniq diskret intervallar qiymatlaridan olingan bo'lsa, u holda uni diskret chastotali sinusoidal funksiyalarning ketma-ket qatorlariga bo'lish mumkin. Bunda eng past chastota asosiy chastota hisoblanib, keyingi qatorlarda uning ikkilangan, uchlangan va undan ko'p marotaba katta chastotalaridan foydalaniladi. Bunday qator doimiy tashkil etuvchilarga ega bo'lishi mumkin va ularning yig'indisi Furiye qatorlari deb ataladi.

Gilbert fazosidagi xohlagan $S(t)$ signalni tanlangan bazis bo'yicha umumiy Furiye qatorlariga yoyish mumkin:

$$S(t) = \sum_{i=0}^{\infty} C_i u_i(t) \quad (2.13)$$

Bu yerda S_i – qator koeffitsiyenti bo‘lib, tanlangan bazisning o‘rtanormallashtirilganligini hisobga olib aniqlanadi ($i=k$):

$$C_k = \int_{-T/2}^{T/2} S(t) \cdot u_k(t) dt \quad (2.14)$$

S_k – bazis yo‘nalishi bo‘yicha vektor proyeksiyasi.

Signalning chastota spektri bu signalning alohida garmonik komponentlari to‘plamidir. Davriy signallar uchun Furiye qatorlari:

$$S(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n \omega_1 t + b_n \sin n \omega_1 t) \quad (2.15)$$

Bu yerda koeffitsiyentlar:

$$a_0 = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} S(t) dt \quad (2.16)$$

$$a_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} S(t) \cos n \omega_1 t dt \quad (2.17)$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} S(t) \sin n \omega_1 t dt \quad (2.18)$$

Umuman olganda davriy signallar doimiy tashkil etuvchilarga va cheksiz garmonik tebranishlar to‘plamiga ega bo‘ladi. Juft signallar kosinusoidal tashkil etuvchilarga, toq signallar esa sinusoidal tashkil etuvchilarga ega bo‘ladi. Davriy signallarni spektral yoyishni bazis funksiyalar sistemasiga olib kelish mumkin. Bu funktsiyaning bazisi T davrda davriy, vaqt oralig‘ida orthonormallashtirilgan $[-T/2, T/2]$.

Bunday holda kompleks Furiye qatorlari kompleks signal normasini hisobga olgan holda quyidagicha bo‘ladi:

$$S(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} C_n e^{jn \omega_1 t}$$

$$C_n = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} S(t) e^{-jn \omega_1 t} dt \quad (2.19)$$

2.3. Tor polosali signallar

Zamonaviy radioelektronikada axborotlarni uzatish sistemalari doimo mukammallashtirilib borilmoqda. Axborotlarni uzatuvchi radiosistemalarga signallarning yangi ko'rinishlari, ularga ishlov berishning yangi uslublari tadbqiq qilib kelinmoqda. Hozirda amaliyotda tashuvchi tebranishlarni yetarlicha murakkablikdagi qonun bo'yicha o'zgartirilib, bir vaqtda amplituda va chastota (yoki faza) bo'yicha modulyatsiya qilingan radiosignallar bilan ishlanmoqda. Ularni tasvirlash uchun yangi analitik modellar va tasvirlash shakllari kerak bo'ladi.

Tor polosali deb qandaydir ω_0 markaziy chastotaga nisbatan signallarning spektral tashkil etuvchilari torroq polosada guruhlashtirilgan signallarga aytiladi. Bunday holda ω_0 signalning tayanch chastotasi bo'lib hisoblanadi. Lekin uni tanlash belgilangan polosa chegarasida ixtiyoriydir. Tor polosali signalni quyidagi shaklda tasvirlash mumkin:

$$u(t) = U(t)\cos\psi(t) = U(t)\cos[\omega_0 t + \varphi(t)] \quad (2.20)$$

bu yerda ω_0 – tayanch chastota; $U(t)$ – vaqt bo'yicha o'zgaruvchi amplituda, bu amplituda tor polosali amplitudali egiluvchi tebranishlar (oniy qiymatga egiluchi) hisoblanadi; $\psi(t)$ – to'liq faza (ba'zida fazali funksiya); $\varphi(t)$ – boshlang'ich faza. Tor polosali signalni analitik tasvirida amplitudali modulyatsiya qilishda axborot egiluvchi $U(t)$ ga joylashtiriladi, burchakli modulyatsiya qilishda esa, $\cos\psi(t) = \omega_0 t + \varphi(t)$ tebranishli tashkil etuvchilarga joylashtiriladi.

Tor polosali signalning optimal analitik (matematik) modelini yaratishni quyidagicha amalga oshirish mumkin. Agar $e_1(t)$ – past chastotali signalning spektri nolinchii chastota atrofida to'plangan bo'lsa, u holda kosinusoidal tebranish $u_1(t) = e_1(t)\cos \omega_0 t$, ω_0 tayanch chastotaning yetarlicha katta qiymatida tor polosali signalning barcha kerakli belgilariga ega bo'ladi, chunki uning spektri $\pm\omega_0$ chastota atrofidagi nuqtalarga o'tkazilgan va qaratilgan hisoblanadi. Huddi shunday ko'rinishdagi tayanch garmonikaning birinchi boshlang'ich fazasidan 90° ga farqlanuvchi sinusoidal signal $u_1(t) = e_1(t)\sin\omega_0 t$ ham tor polosali hisoblanadi.

Tor polosali signalning adekvat analitik modelini quyidagi chiziqli kombinatsiyani tashkil etib hosil qilish mumkin:

$$u(t) = A_u(t)\cos \omega_0 t - B_u(t)\sin \omega_0 t \quad (2.21)$$

Bu formulaga kiruvchi $A_u(t)$ va $B_u(t)$ vaqt funksiyalari past chastotali bo'lib, ularning yuqori chastotali tebranishlar $T = 2\pi/\omega_0$ davridagi nisbiy o'zgarishlari yetarlicha kichik hisoblanadi. Signallar nazariyasiga ko'ra, $A_u(t)$ funksiyasi berilgan ω_0 tayanch chastota qiymatidagi $u(t)$ tor polosali signalning sinfazali amplitudasi, $B_u(t)$ funksiyasi esa, uning kvadratli amplitudasi deb ataladi. 2.22-formuladan ko'rinib turibdiki, sinfazali va kvadratli amplitudalar tayanch chastota bo'yicha bir-birlariga nisbatan 90° ga siljigandir.

Radiotexnikada tor polosali signallarning kompleksli izohlash shakllaridan juda keng foydalaniladi. Ko'pgina axborot uzatish sistemalarida ko'pincha ω_0 chastota atrofiga jamlangan spektrli tor polosali signallardan foydalaniladi. Elektrik signallarni tahlil qilishda kompleksli egiluvchi, amplitudasi egiluvchi signallar va signalning fazali funksiyasi tushunchasidan foydalaniladi.

Kompleksli egiluvchi signal nazariy radiotexnikada keng qo'llaniladigan signal hisoblanib, o'zida tadqiq qilinayotgan signalning amplitudasi va fazasi haqidagi axborotlarni birlashtirib, kompleksli amplitudalar tushunchasi bo'lib hisoblanadi. Bu tushunchani kiritish murakkab signallarni analiz qilishdagi bir qator masalalarni yechishni osonlashtiradi.

Fizik nuqtai nazardan tor polosali signallar kvazigarmonik tebranishlarga kiradi.

2.4. Tashuvchi signallar modulyatsiyasi va demodulyatsiyasi

Xabarlarini uzoq masofalarga uzatish uchun uni elektrik katalikka proporsional bo'lgan dastlabki signalga o'zgartiriladi. Dastlabki signal past chastotali tebranishlar hisoblanadi. Uzatish kanallari orqali dastlabki signallarni uzatish jarayonida, uni modulyatsiyalash orqali yuqori chastotali tebranishlarga o'zgartiriladi. Modulyatsiyalash deb yuqori chastotali garmonik tashuvchi tebranishning bitta yoki bir nechta parametirlarini (amplitudasini, chasto-

tasini, èki fazasini) past chastotali birlamchi signalning o'zgartirish qonuniga mos ravishda o'zgarishiga aytiladi. Asosan uchta tipdagi modulyatsiya ko'rinishi mavjuddir: amplitudali modulyatsiya qilish (AM), burchakli modulyatsiya (BM) (ikkita bir-biriga o'xshash metodga, ya'ni chastotali modulyatsiya (CHM) va fazali modulyatsiyaga (FM) bo'linadi) va impulsli modulyatsiya (IM).

Turli modulyatsiya qiluvchi sxemalar ikkita va undan ko'p modulyatsiya qilish uslublarini birlashtirib yaratiladi, masalan, televideniya uchun turli tipdagi axborotlarni uzatish uchun AM bilan bir qatorda CHMdan ham foydalaniladi. IM esa amplitudali modulyatsiya bilan birlashtirilib, amplituda-impulsli modulyatsiyani (AIM) hosil qiladi.

Radiotexnikada tashuvchi sifatida: nisbatan yuqori chastotali garmonik signallar; to'g'ri to'rtburchakli impulslar ketma-ketligi va shovqinsimon signallardan foydalaniladi.

Ko'p hollarda xabarni uzoq masofaga uzatishda yuqori chastotali sinusoidal tebranishlardan foydalaniladi,

$$S(t)=A\sin(\omega_0 t+\varphi_0). \quad (2.22)$$

Bu tashuvchi uchta parametr: A —amplitudasi; ω_0 —tebranish chastotasi va φ_0 —boshlang'ich fazasi bilan baholanadi. Ushbu tashuvchi har bir parametrini uzatiladigan nisbatan past chastotali analog yoki raqamli signalga mos ravishda o'zgartirib, amplitudasi modulyatsiyalangan (AM); chastotasi modulyatsiyalangan (CHM) va fazasi modulyatsiyalangan (FM) signalni olish mumkin. Shunday qilib:

$$\text{AM da } A(t)=A_0+\Delta A \cdot k \cdot U_n(t); \quad (2.23)$$

$$\text{CHM da } \omega(t)=\omega_0+\Delta \omega \cdot k \cdot U_n(t); \quad (2.24)$$

$$\text{FM da } \varphi(t)=\varphi_0+\Delta \varphi \cdot k \cdot U_n(t); \quad (2.25)$$

bo'ladi, bunda k —proporsionallik koeffitsiyenti.

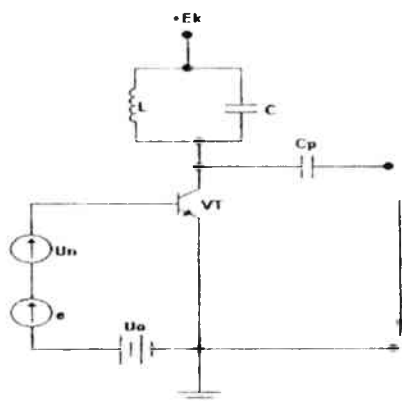
Tashuvchi signalning amplitudasini vaqt bo'yicha faza va chastotaning o'zgarmagan holatida boshqarish qonuni bo'yicha o'zgartirish jarayoni tashuvchi signalning amplitudali modulyatsiyasi deb ataladi. Amplitudali modulyatsiyada signalning amplitudasi past

chastotali axborotli signalga to'g'ri proporsional hisoblanadi (2.6-rasm).

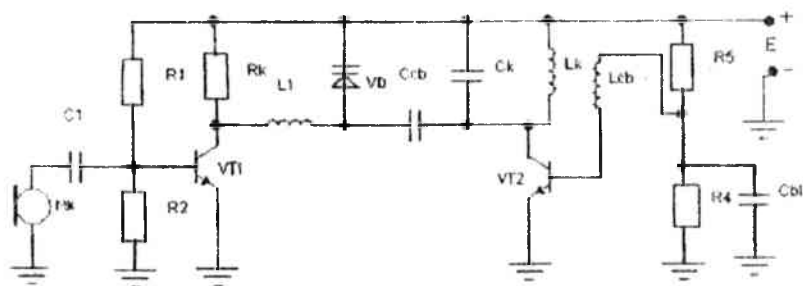
Amplitudali modulyator qurilmasini loyihalashda ko'pincha rezonans quvvat kuchaytirgichlaridan foydalaniladi.

Modulyatorni yaratish uchun VT tranzistori kirishiga ketma-ket $e(t)$ modellashtirilayotgan signalning U_0 qo'zg'aluvchi kuchlanish manbalari ulanadi va tashuvchi tebranishlar generatori $U_n(t)$ tebranuvchi konturni ω_0 tashuvchi chastotaga sozlaydi.

Burchakli modulyatsiyada boshqaruvchi signal qonuni bo'yicha tashuvchi signalning faqat chastotasi yoki fazasi o'zgartiriladi, amplitudasi o'zgarmay qoladi.



2.6-rasm. Rezonans kuchaytirgich asosidagi amplitudali modulyator



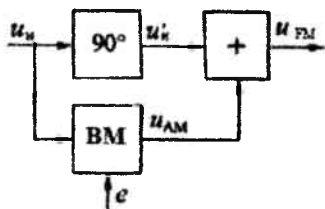
2.7-rasm. Chastota modulyatori

Tashuvchi signalning chastotali modulyatsiyasini avtogeneratoring tebranuvchi konturi rezonans chastotasini elektron yo'l (bir lahzada).

Amaliyotda radioelektron sxemalarda bu jarayon chiziqli bo'lmagan yarim o'tkazgichli element hisoblangan varikap yordamida amalga oshiriladi. Chastotali modulyatsiya, modulyatsiyalanuvchi signalning tebranishlarning lahzali chastotasi bilan chiziqli bog'lanishga egaligi bilan xarakterlanadi. Chastotali modulyatorning sodda sxemasi 2.7-rasmda ko'rsatilgan, undan ko'rinib turibdiki, amplitudali modulyatsiyadan farqli, chastotali modulyatsiya bevosita uzatuvchining generatorida amalga oshiriladi.

Zamonaviy radioelektronikada raqamli chastota modulyatorlaridan ham keng foydalaniladi. Ular yetarlicha tor ishchi chastota polosasiga, kalit rejimidagi (FIK 90% gacha bo'lgan) uzatkichlarning quvvat kuchaytirgichlaridan foydalanish imkoniyatini beruvchi radiosignalning doimiy amplitudasiga, radioaloqa kanalining yaxshi halaqit bardoshligiga ega hisoblanadi.

Fazali modulyatsiya uchun, 1932-yilda unchalik katta bo'lmagan indekslarda, E. Armstrong 90° burchak bo'yicha tashuvchi va balansli-modulyatsiyalangan tebranishlarni qo'shishni taklif etdi (2.8-rasm).



2.8-rasm. Armstrong modulyatori

Faza aylantiruvchi (90° deb belgilangan) tashuvchi signal fazasini 90° ga siljitadi. Balans modulyatori (BM) chiqishida tashuvchi signalning AM tebranishlari hosil qilinadi. Summator (+) kiritishiga tashuvchi signal kuchlanishi va AM signal kelib tushadi. Chiqishdan modullashtirayotgan signal qonumi bo'yicha o'zgargan fazali garmonik tebranishlar olinadi.

Detektorlash (demodulyatsiya) deb modulyatsiyalangan yuqori chastotali signalni past chastotali modulyatsiyalangan signal shakliga o'zgartirishga aytiladi. Demodulyatsiya natijasida modulyatsiyalangan tashuvchining xabar tashuvchi parametri o'zgarishi ajratib olinadi. Bu jarayon modulyatsiya jarayoniga teskari bo'lgani uchun demodulyatsiya deb ataladi. Modulyatsiya va demodulyatsiya qurilmasi birgalikda modem deb ataladi.

Detektorlar (demodulyatorlar) modulyatorlar amalga oshirgan funksiyani teskari funksiyaga o'girish uchun foydalaniladi va amplitudali, chastotali, fazali, impulsli, raqamli va boshqa turlarga bo'linadi. Detektorning asosiy vazifasi qabul qilingan signalni maksimal darajada xatosiz idrok etish hisoblanadi. Signalni uzatish jarayonida uning sifati yomonlashishi kuzatiladi va bu detektorlash jarayonida ba'zi bir xatoliklarni keltirib chiqaradi. Bu xatoliklar ikkita sababga ko'ra oshib ketishi mumkin. Birinchisi uzatuvchida, kanalda va qabul qiluvchida signallarni filtrlash natijasida. Ikkinchi sabab esa, turli manbalardan yuzaga keluvchi elektrik xalallar hisoblanadi.

Amplitudali va chastotali modulyatorlar nochiziqli qurilmalar hisoblanadi, ularda foydali signal bilan xalal signallarning o'zaro ta'sirlari kuzatiladi, ya'ni kuchli signal detektorda zaif signalni bosib ketadi yoki teskari holat ham kuzatilishi mumkin, kuchli xalal signallar zaif foydali signallarni bosib ketishi mumkin. Bu hodisa signal/shovqin munosabatlarida sezilarli ko'rinadi. Undan tashqari yo'qotish mumkin bo'lmagan issiqlik shovqini ham mavjud bo'lib, u nazariy jihatdan juda katta bo'lishi mumkin, lekin amaliyotda katta amplitudali issiqlik shovqinlari juda kam uchraydi. Issiqlik shovqinlari barcha aloqa sistemalarida mavjud bo'lganligi sababli, qabul qiluvchi qurilmalarni loyihalashda ular albatta inobatga olinadi.

2.5. Raqamli modulyatsiya va demodulyatsiya

Keyingi yillarda apparatli ta'minot va signallarga raqamli ishlov berishda erishilgan yutuqlar raqamli qabul qilgich va uzatkichlarni, analoglilariga nisbatan arzonroq, ishlashi tezkor va kam energiya talab qiluvchi qurilmalar sifatida namoyon etdi. Undan tashqari raqamli modulyatsiya analogli modulyatsiyaga nisbatan juda ko'p afzalliklarga egadir, ya'ni signal spektridan foydalanishda nisbatan

yuqori samaradorlikka ega, xatoliklarni to'g'rilashda samarali uslublarga ega, kanaldagi xalallarga chidamli, ko'p statsionar murojaatlar uchun samarali uslublarga ega, undan tashqari ruxsat etilmagan murojaatlardan himoyalash va axborot xavfsizligi juda yaxshi hisoblanadi. Xususan, yuqori darajali raqamli modulyatsiya qilish metodlari, ya'ni ko'p marotabali kvadraturali amplituda modulyatsiya, analogli modulyatsiyaga qaraganda spektrdan juda samarali foydalanishni ta'minlaydi. Signallarni raqamli uzatishda qo'llaniladigan kodlashtirish va kodli modulyatsiya qilishga erishish, bunday signallarni shovqinlarga va so'nib qolishlarga kam ta'sirchan qiladi va korreksiyalash metodlari va bir qancha tashuvchilardan foydalanish belgilar orasidagi interferensiyani kamaytirish imkoniyatini beradi.

Raqamli modulyatsiyada qo'llaniladigan spektrlarni kengaytirish metodlari, so'nish ta'sirlarini bir vaqtda yo'qotish yoki qabul qilishda ko'p nurli tarqaluvchi signallarni jamlash va interferensiyaga qarama-qarshi turishi va undan tashqari ko'p signallarni qabul qilish imkoniyatini yaratadi. Raqamli modulyatsiya qilishda berilganlarni shifrlash juda sodda bo'lib, bu ruxsat etilmagan murojaatlardan axborotlarni himoyalash va juda yuqori xavfsizlikni ta'minlaydi. Shuning uchun simsiz aloqa uchun keyingi yillarda yaratilayotgan va rejalashtirilayotgan sistemalarning barchasi raqamli hisoblanadi.

Raqamli modulyatsiya va demodulyatsiyada aloqa kanallari orqali axborotlar bitlar oqimlari ko'rinishida uzatiladi. Bit bu ikkilik belgilari bo'lib, 1 yoki 0 qiymatlarni qabul qiladi. Bunday bitlar axborot manbalaridan kelib tushadi va raqamli yoki analogli ko'rinishda (ARO' bilan birgalikda) bo'lishi mumkin. Manbadan raqamli yoki ARO'ga ega analogli bitli axborotlar ketma-ketligini olish uchun axborotlarni siqish talab etiladi.

Raqamli modulyatsiya axborotli bitlarni kanal bo'yicha uzatish uchun analogli signalga o'zgartiradi. Demodulyatsiya qilishda kanal bo'yicha qabul qilingan signal asosidagi dastlabki bitlar ketma-ketligini tiklash amalga oshiriladi. Raqamli modulyatsiya qilishning aniq uslubini tanlashda quyidagi asosiy qarashlarga tayaniladi:

-ma'lumotlarni uzatishda yuqori tezkorlik;

-spektrdan foydalanishda yuqori samaradorlik (chastota diapazonining minimal qiymati);

-quvvat byudjeti ma'nosida yuqori samaradorlik (uzatishda talab qilingan minimal quvvat);

-kanaldagi xalallarga chidamlilik (bitlar bo'yicha xatoliklarning minimal ehtimolligi);

-kam quvvatli va unchalik qimmat bo'lmagan qurilmalar yordamida amalga oshirish.

Ko'pincha bu talablar bir-biriga qarama-qarshi hisoblanib, ular orasida yaxshi kompromisga erishiladigan modulyatsiyalash uslublari tanlanadi.

Raqamli modulyatsiya qilishning ikkita asosiy kategoriyasi mavjuddir, ya'ni amplitudali, faza va chastotali modulyatsiya. Chastotali-modulyatsiyalangan signal ko'pincha doimiy egiluvchiga ega bo'lib, nochiziqli uslublardan foydalanib generatsiya qilinadi, uni yana doimiy egiluvchi yoki nochiziqli modulyatsiya qiluvchi deb ataladi, amplitudali va fazali modulyatsiyani esa, chiziqli modulyatsiya deb ataladi.

Chiziqli modulyatsiya qilish, nochiziqli modulyatsiya qilishga qaraganda yaxshi spektral xarakteristikalariga ega hisoblanadi, chunki nochiziqli ishlov berish spektrning kengayishiga olib keladi. Lekin amplitudali va fazali modulyatsiyada axborot uzatilayotgan signalning amplitudasida yoki fazasda mavjud bo'ladi va ular so'nish va interferensiya ta'sirlarini juda sezuvchan hisoblanadi. Undan tashqari amplitudali va fazali modulyatsiya uslublari ko'pincha chiziqli kuchaytirgichlarni talab qiladi, bunday qurilmalar nochiziqli modulyatsiyada qo'llaniladigan nochiziqli kuchaytirgichlarga qaraganda qimmat turadigan va quvvati jihatdan kam samarali qurilmalar hisoblanadi. Shuning uchun chiziqli va nochiziqli modulyatsiya o'rtasidagi kelishuv, bir tomondan, spektrdan foydalanish samaradorligi bilan, ikkinchi tomondan, quvvat bo'yicha samaradorligi va kanalning o'tkazuvchanligining yomonlashuviga bo'lgan turg'unlikni tanlash hisoblanadi.

Modulyatsiya uslubi aniqlangandan so'ng, kombinatsiya o'lchamini tanlash kerak hisoblanadi (holatlar diagrammasi o'lchamini). Ko'p sonli holatlarga ega modulyatsiya uslublari signalning berilgan o'tkazuvchanlik polosasida ma'lumotlarni yuqori tezkorlikda uza-

Ulloshini ta'minlaydi, lekin apparaturalarning deffektlariga, shovqinlarga va so'nishlarga juda sezgir hisoblanadi. Ba'zi bir demodulyatorlarda, uzatilayotgan signalga nisbatan kogerent bo'lgan tayanch faza talab qilinadi. Bunday kogerent fazani hosil qilish murakkab hisoblanadi yoki qabul qilgichning murakkabligini oshirib yuboradi. Shuning uchun qabul qilgichda kogerent tayanch faza talab qilmaydigan modulyatsiya uslublari kelajagi porloq uslublar hisoblanadi.

Chegaralangan o'tkazuvchanlik polosasida modulyatsiya qilish tamoyili. Polosali raqamli modulyatsiyaning asosiy tamoyili, axborotli bitlar oqimini chastota tashuvchi signallar orqali kodlashtirish va so'ngra aloqa kanali bo'yicha uzatish hisoblanadi. Qabul qilingan signaldan axborotli bitlar oqimini ajratib olish jarayoni demodulyatsiya deb ataladi. Uzatilayotgan signalga kanal orqali kiritilayotgan buzilishlar, demodulyatsiya jarayonida raqamli xatoliklarni keltirib chiqarishi mumkin. Chegaralangan o'tkazuvchanlik polosasida modulyatsiya qilishdan maqsad, ma'lumotlarda xatoliklar ehtimolligi minimal bo'lgan hollarda bitlarni yuqori tezkorlikda uzatishdan iboratdir.

Umuman modulyatsiyalashda axborotlar chastota tashuvchi signalning $\alpha(t)$ – amplitudasi, $f(t)$ – chastotasi, yoki $\Theta(t)$ – fazasi bo'yicha kodlashtirilishi mumkin. Shuning uchun modulyatsiyalangan signalni quyidagi ko'rinishda tasvirlash mumkin:

$S(t) = \alpha(t)\cos[2\pi(f_c + f(t))t + \Theta(t) + \varphi_0] = \alpha(t)\cos[2\pi(f_c t + \varphi(t) + \varphi_0)]$, (2.26) bu yerda, $\varphi(t) = 2\pi f(t)t + \Theta(t)$, φ_0 esa tashuvchi signal fazasining siljishi. Modulyatsiyalangan signalning bunday tasvirlanishi chastotali va fazali modulyatsiyalarni burchak modulyatsiyasiga birlashtiradi.

(2.26) ifodaning o'ng tomonini sinfazali va kvadratli tashkil etuvchilardan foydalanib quyidagicha yozish mumkin:

$$\begin{aligned} S(t) &= \alpha(t)\cos(\varphi(t) + \varphi_0) \cos(2\pi f_c t) - \alpha(t)\sin \varphi(t) + \varphi_0) \sin(2\pi f_c t) = \\ &= S_I(t)\cos(2\pi f_c t) - S_Q(t)\sin(2\pi f_c t), \end{aligned} \quad (2.27)$$

bu yerda $S_I(t) = \alpha(t)\cos(\varphi(t) + \varphi_0)$ – $S(t)$ signalning sinfazali tashkil etuvchisi, $S_Q(t) = \alpha(t)\sin \varphi(t) + \varphi_0$ – uning kvadraturali tashkil

etuvchisi. $S(t)$ signalni, uning ekvivalent past chastotali tasvirlanishi orqali ifodalash ham mumkin:

$$S(t) = \operatorname{Re}\{u(t)e^{j2\pi f_c t}\}, \quad (2.28)$$

bu yerda $u(t) = S_I(t) + jS_Q(t)$. Bunday tasvirlanishning foydaligi shundaki, qabul qilgichlar ko'pincha signalning sinfazali va kvadraturali komponentlariga alohida ishlov beradi.

Amplitudali va fazali modulyatsiya. Amplitudali va fazali modulyatsiya qilishda axborotlar oqimi uzatilayotgan signalning amplitudasi yoki fazasi bo'yicha kodlanadi. Bu quyidagicha amalga oshiriladi: T_s vaqt intervali davomida $K = \log_2 M$ bit, uzatilayotgan $s(t)$ signalning amplitudasi yoki fazasi bo'yicha kodlanadi, bunda $0 \leq t < T_s$. Bu davrda uzatilgan $S(t) = S_I(t)\cos(2\pi f_c t) - S_Q(t)\sin(2\pi f_c t)$ signalni, uning signalli fazosida, $\varphi_1(t) = g(t)\cos(2\pi f_c t + \varphi_0)$ va $\varphi_2(t) = -g(t)\sin(2\pi f_c t + \varphi_0)$ bazis funksiyalari bilan $S(t) = S_{I1}\varphi_1(t) + S_{I2}\varphi_2(t)$ kabi yozish mumkin, bu yerda $g(t)$ – shakllanilayotgan impuls. $[kT_s, (k+1)T_s]$ vaqt intervali davomida, $\varphi_0 = 0$ bo'lganda, i -xabarni uzatish uchun $S_I(t) = S_{I1g}(t)$, $S_Q(t) = S_{I2g}(t)$ deb qabul qilamiz. Bu sinfazali va kvadraturali tashkil etuvchilar bo'lib, modulyatsiyalashtirilayotgan signalning chastota polosasida joylashgan bo'lib, ularning spektral xarakteristikalari $g(t)$ impuls shakli orqali aniqlanadi.

Xususan, ularning V o'tkazuvchanlik polosalari $g(t)$ signal chastotasi polosasi kengligiga tengdir va $S(t)$ uzatilayotgan signal, f_c markaziy chastotali va $2V$ o'tkazuvchanlik polosasi kengligiga ega polosali signalni tasvirlaydi. Amaliyotda $V = K_g / T_s$ deb qabul qilinadi, bu yerda K_g impulsning shakliga bog'liq hisoblanadi, ya'ni to'g'ri burchakli impulslar uchun $K_g = 0,5$, ko'tarilgan kosinus impulsleri uchun $0,5 \leq K_g \leq 1$ teng hisoblanadi.

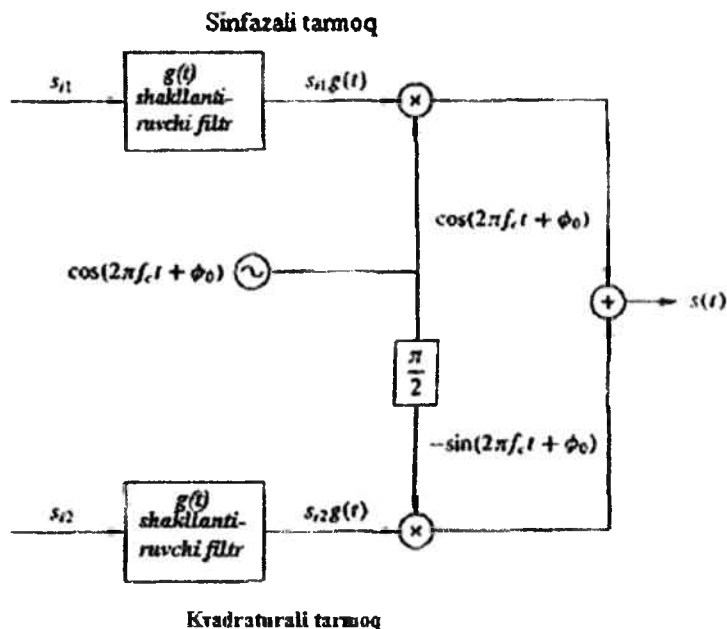
Shuning uchun to'g'ri burchakli impulslar uchun $g(t)$ signalning chastota polosasi kengligi $0,5 / T_s$ ni tashkil etadi, $S(t)$ signal polosasi kengligi esa $1 / T_s$ ga teng. Amplitudali va faza modulyatsiya uchun signalning yulduzsimonligi $\{(S_{i1}, S_{i2}) \in \mathbb{R}^2, i = 1, \dots, M\}$ yulduzsimon nuqtalar asosida shakllanadi. $S(t)$ ning ekvivalent past chastotali tasvirlanishi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$S(t) = \text{Re}\{x(t)e^{j\varphi_0} e^{j2\pi f_s t}\} \quad (2.29)$$

bu yerda $x(t) = (s_{i1} + js_{i2})g(t)$. Yulduzsimon nuqtalar $S_i = (s_{i1}, s_{i2})$ belgilar deb atalib, $\log_2 M$ bit uzunlikdagi xabarga mos keladi, T_s vaqt esa belgini uzatish vaqti deb ataladi. Bunday modulyatsiyada uzatish tezkorligi belgi uchun K bit yoki $R = \log_2 M / T_s$ sek/ bitni tashkil etadi.

Amplitudali va faza modulyatsiyasining asosiy uchta tipi mavjuddir:

- amplituda-impulsli modulyatsiya (AIM) – axborot faqat amplitudada mavjud bo‘ladi;
- fazali manipulyatsiya (FMN) - axborot faqat fazada mavjud bo‘ladi;
- kvadratli amplitudali modulyatsiya (KAM) – axborot ham amplitudada, ham fazada mavjud bo‘ladi.

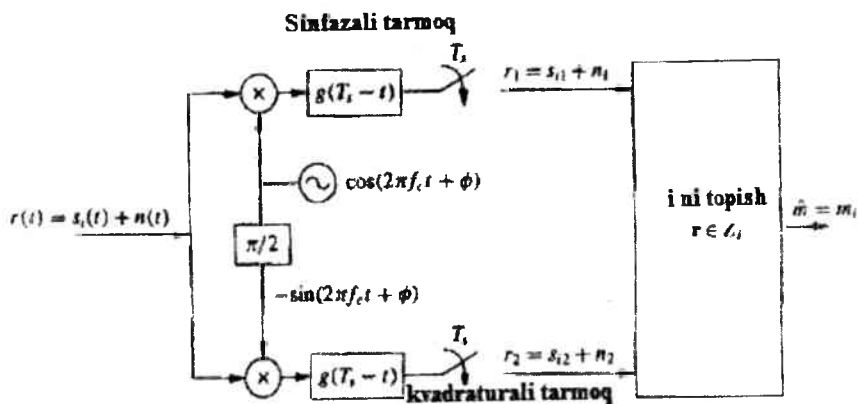


2.9-rasm. Amplitudali va fazali modulyator

Raqamli modulyatsiya sxemasi $K = \log_2 M$ belgidagi bitlar miqdori bilan, $\{S_i, i = 1, \dots, M\}$ signalning yulduzsimonligi va $g(t)$ impuls shakli bilan aniqlanadi. $g(t)$ impuls shaklini tanlashda spektrdan foydalanish samaradorligini oshirishga va belgilar orasidagi interferensiya bilan kurashishga ahamiyat beriladi.

Amplitudali va faza modulyatsiyasi, belgilarning berilgan ketma-ketligi davrida 2.9-rasmda ko'rsatilgan modulyatordan foydalanib amalga oshirilishi mumkin.

Rasmdan ko'rinib turibdiki, unda bazisli funksiya, uzatkich generatori bilan aniqlanuvchi ixtiyoriy φ_0 fazaga egadir. Har bir belgini demodulyatsiya qilish jarayoni 2.10-rasmda ko'rsatilgan demodulyatorda amalga oshiriladi. Ko'pincha qabul qiluvchi o'z tarkibiga tashuvchi signalni fazasini tiklovchi, ya'ni tashuvchi signalning φ fazasini, uzatkichdagi φ_0 tashuvchi signal fazasi bilan moslashtiradi, bu jarayon kogerent detektorlash deb ataladi.



2.10-rasm. Amplitudali va fazali demodulyator (kogerent: $\varphi = \varphi_0$).

Agar $\varphi - \varphi_0 = \Delta\varphi \neq 0$ bo'lsa, u holda sinfazali tarmoq, kvadraturali tarmoqqa bog'liq bo'lgan keraksiz tashkil etuvchilarga ega bo'ladi, yoki uning teskarisi: $r_1 = s_{i1} \cos(\Delta\varphi) + s_{i2} \sin(\Delta\varphi) + n_1$ va $r_2 = -s_{i1} \sin(\Delta\varphi) + s_{i2} \cos(\Delta\varphi) + n_2$, bu esa, ishchi xarakteristikalarni sezilarli yomonlashishiga olib keladi. Qabul qilgichning tuzilishida yana shu

e'tiborga olinadiki, har bir T_s sekunddan keyin sanashlardan olingan funksiya, belgining ketma-ketlik davrining boshlanishi bilan sinxronlashtiriladi, bu sinxronlash bilan tiklash deb ataladi.

Qabul qilgichni sinxronlash va tashuvchi signalning fazasini tiklash, simsiz muhitda sezilarli murakkab jarayon hisoblanadi.

Chastota modulyatsiyasi. Chastota modulyatsiyasida axborot uzatilayotgan signalning chastotasida bo'ladi. Har bir $K = \log_2 M$ belgini uzatish intervalida axborotli bit uzatilayotgan $S(t)$, $0 \leq t < T_s$, signal chastotasida kodlashtiriladi, natijada uzatilayotgan signal quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$S_i(t) = A \cos(2\pi f_i t + \varphi_i),$$

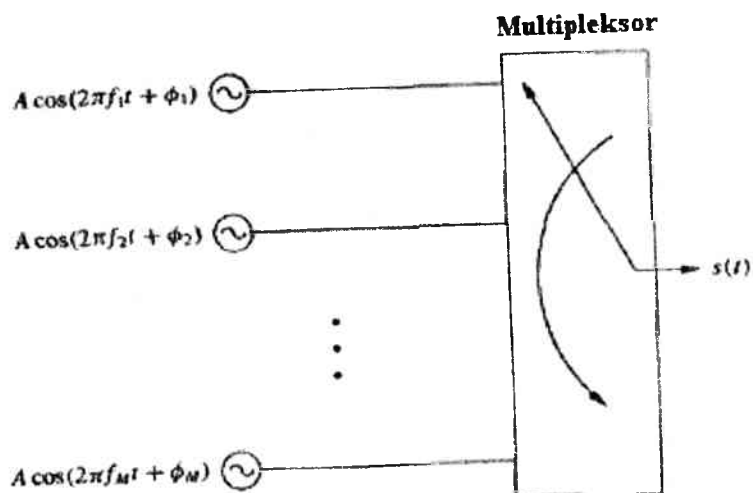
bu yerda $i - \log_2 M$ bitga mos keluvchi i - xabarning indeksi, φ_i esa, i - tashuvchi chastotaga mos keluvchi faza. Signal fazosidagi tasavvurlar quyidagini beradi:

$$S_i(t) = \sum_j s_{ij} \varphi_j(t),$$

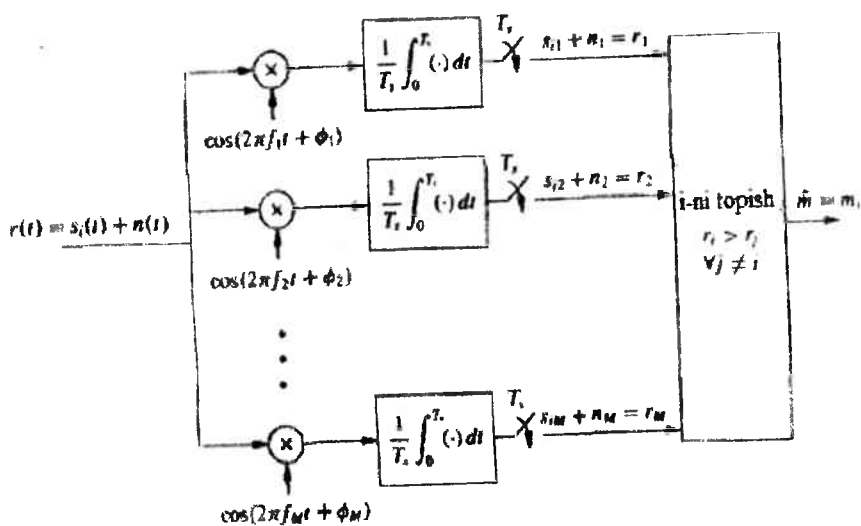
bu yerda $s_{ij} = A\delta(i-j)$, $\varphi_j(t) = \cos(2\pi f_j t + \varphi_j)$, bunda bazisli funksiya turli tashuvchi chastotalarga mos keladi va har bir vaqt intervalida faqatgina bitta shunday bazis funksiya uzatiladi.

Bazis funksiya tashuvchi chastotalarning minimal farqida ortogonal hisoblanadi, ya'ni $\varphi_i = \varphi_j$ uchun $\Delta f = \min_{ij} |f_j - f_i| = 0,5 / T_s$ va $\varphi_i \neq \varphi_j$ uchun esa, $\Delta f = 1 / T_s$.

Chastota modulyatsiyasida axborot signal chastotasining o'zgarishida bo'lgani uchun, uzatilayotgan $S(t)$ signal doimiy egiluvchi A ga ega bo'ladi. Bunday signal uchun quvvat bo'yicha yuqori samaraga ega noxiziqli kuchaytirgichlardan foydalanish mumkin, bundan kelib chiqib, modulyatsiyalangan signal kanallar yoki apparaturalar hosil qiladigan amplituda bo'yicha buzilishlarga kam ta'sirchan bo'ladi. 2.11-rasmda belgilarning berilgan ketma-ket davrli, oddiy chastotali modulyatsiyali signalni shakllantiruvchi modulyatorning tuzilishi ko'rsatilgan.



2.11-rasm. Chastotali modulyator.



2.12-rasm. Chastotali demodulyator

Qabul qilinayotgan har bir davrdagi belgilarni demodulyatsiya qilish 2.12-rasmda ko'rsatilgan demodulyator yordamida amalga oshiriladi. Rasmda ko'rsatilgan demodulyatorda j -tashuvchi signal, uzatkichdagi j -tashuvchi signalning fazasi bilan moslashtirilgan bo'lishi kerak. Bu esa, amplitudali va fazali modulyatsiyadagi kogerent tayanch fazaga talabni eslatadi.

Chastota modulyatsiyasidagi muammo bo'lib, turli tashuvchi chastotalar turlicha fazalarga ega bo'ladilar, ya'ni $i \neq j$ bo'lganda $\varphi_i \neq \varphi_j$, shuning uchun har bir T_s vaqt intervalida uzatilayotgan signalda faza sakrashi kuzatiladi. Bunday sakrashlar signalning chastota diapazonini sezilarli oshirib yuboradi. Shuning uchun amaliyotda uzluksiz fazaga ega chastotali modulyatsiyalangan signalni shakllantiruvchi alternativ modulyatordan foydalaniladi.

2.6. Tasodifiy signallar va ularning analizi

Tasodifiy signallarda ularning oniy vaqtlardagi qiymatlarini oldindan aytib bo'lmaydi. Tasodifiy signal vaqtning tasodifiy funksiyasi bo'lib hisoblanadi, uni vaqt funksiyasi ko'rinishida yozishning imkoni yo'q hisoblanadi. Demak, tasodifiy signalning xohlagan vaqt oralig'idagi qiymatini hisoblashning imkoni bo'lmaydi, faqatgina aniqlangan diapazonda, birdan kam bo'lgan ehtimollik bilan uning qiymatini aytib berish mumkin hisoblanadi. Lekin bunday tasodifiy signallarni kuzatishda, uning bir qator xarakteristikalarini ehtimollik nuqtai nazardan aniq izohlash mumkin hisoblanadi.

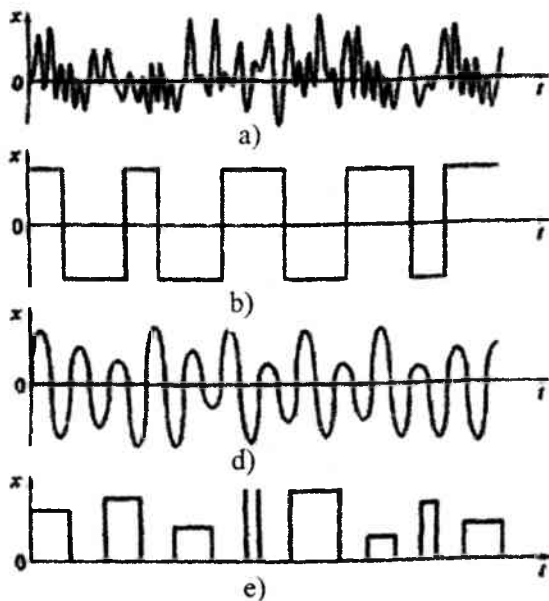
Bizga ma'lumki, tasodifiy jarayon har bir vaqt birligida tasodifiy kattalikka ega hisoblanadi. Ehtimollik nazariyasiga asosan tasodifiy kattaliklar statika asosida o'rganiladi. Tasodifiy signallar esa, vaqt bo'yicha yoki boshqa xohlagan o'zgaruvchisi bo'yicha dinamik hodisalardir. Tasodifiy signallarni dinamikada o'rganish va ularni tasodifiy hodisalarni tasvirlash kabi izohlashni tasodifiy jarayolar nazariyasida ko'riladi. Tasodifiy signallarning baholash va ularni taqqoslash imkomiyatini beruvchi miqdoriy xarakteristikalari statistik xarakteristikalar deb ataladi.

Radiotexnikada va aloqa nazariyasida ehtimollik nuqtai-nazardan izohlash kerak bo'ladigan, ikkita sinfga asoslangan signallar mavjuddir. Birinchidan, barcha axborot tashuvchi real signallar

tasodifiy bo'ladi, shuning uchun uzatiladigan xabarlarni izohlashda tasodifiy modellardan foydalaniladi. Ikkinchidan, shovqin signallar - bu zaryad tashuvchilarning tartibsiz harakatlari hisobiga turli fizik sistemalarda yuzaga keluvchi elektromagnit tebranishlarning vaqt bo'yicha xaotik o'zgarishi hisoblanadi.

Tuzilishi va xarakteri bo'yicha radiotexnik tasodifiy signallar turlicha hisoblanadi, shuning uchun bunday signallarning xususiyatlarini o'rganishga bo'lgan talab, ularni analiz qilishning yangi metodlarini yaratish va rivojlantirishni taqozo etadi.

Tasodifiy jarayonlar uzluksiz va diskret bo'lishi mumkin (2.13-rasm). Uzluksiz tasodifiy jarayonlarga misol qilib radiotexnik zanjirlardagi shovqinlarni keltirish mumkin. Uzluksiz shovqin imkoniyyat sohasidagi xohlagan qiymatga ega bo'lishi mumkin (2.13,a -rasm).



2.13-rasm. Tasodifiy jarayonlarning turlicha ko'rinishlari:

a-uzluksiz shovqin; b-telegraf signali; d-detektor kirishidagi tasodifiy jarayon;
e-impulslı tasodifiy signal.

Diskret tasodifiy jarayonlar faqatgina aniq qiymatlarni qabul qiladi. Uzlüksiz tasodifiy jarayonlarni vaqt bo'yicha diskretlashda hosil bo'ladigan tasodifiy jarayonlar ham diskret hisoblanadi. Bunday tasodifiy jarayonlar amplitudasi dastlabki uzlüksiz jarayonning oniy qiymatiga mos keluvchi impulsar ketma-ketligini tasvirlaydi.

Bunday jarayonga misol qilib, ideal cheklagich kirishiga uzlüksiz tasodifiy jarayon, ya'ni telegraf signal analogi berilgandagi chiqishidagi tebranishlarni keltirishimiz mumkin (2.13,b-rasm). Aralash tipdagi tasodifiy jarayonlar ham bo'lishi mumkin, masalan, qabul qilgichning kirishidagi tasodifiy jarayonlar (2.13,d-rasm). Impulslı tasodifiy jarayonlarni alohida ko'rsatish mumkin (2.13,e - rasm).

Ko'pgina radiotexnik va elektroaloqa masalalarni yechishda tasodifiy jarayonlarni extimollik jihatdan izohlashdan tashqari, doimiy yoki vaqt bo'yicha o'zgaruvchi sonli, tasodifiy bo'lmagan xarakteristikalarining qatorlari ko'rinishida tasvirlashdan ham foydalaniladi.

Signallar nazariyasida tekshirilayotgan tasodifiy jarayon qandaydir vaqt funksiyasining cheksiz to'plamini tasvirlaydi va analitik jihatdan $X(t)$ tasodifiy funksiya bilan izohlanadi. Radiotexnikada tasodifiy jarayonlarga misol bo'lib, radiotexnik qurilmalarning ishlashi jarayomida, uning tarkibidagi passiv va aktiv elementlarining issiqlik shovqinlari hisoblanadi.

Tasodifiy signallar asosan analitik izohlash asosida analiz qilinadi. Bunda tasodifiy jarayonlarni korrelyatsion va spektral analiz qilish metodlari juda keng qo'llaniladi.

Nazorat savollari

1. Elektr tebranishlari nima va uning vazifasi nimadan iborat?
2. Elektr signallarni tahlil qilishning qanday tashkil etuvchilari mavjud?
3. Radiosignallar qanday sinflarga bo'linadi?
4. Determinirlangan signallar nima va ular tasodifiy signallardan qanday farqlanadi?
5. Tasodifiy signallar nima?

6. Davriy signallarni spektral tasvirlash qanday amalga oshiriladi?
7. Tor polasali signallar deganda nimani tushunasiz?
8. Tashuvchi signallar modulyatsiyasi va demodulyatsiyasi qanday amalga oshiriladi?
9. Qanday modulyatsiya turlari va qurilmalari mavjud?
10. Detektorlarning ishlash tamoyillarini tushuntirib bering.
11. Radiotexnikada qanday tasodifiy jarayonlardan foydalaniladi?
12. Tasodifiy signallar qanday usullarda analiz qilinadi?

3. RADIOELEMENTLAR VA ELEKTRON ASBOBLAR

3.1. Passiv va aktiv radioelementlar

Zamonaviy radioelektron apparaturalar, prinsipial-elektrik sxemaga mos, o'zaro bog'langan juda ko'p sonli radio-komponentlardan tashkil qilinadi. Radiokomponentlar radioelektron apparaturalarning bo'linmaydigan tarkibiy qismi bo'lib hisoblanadi. Ular yig'ish-montaj qilish orqali radioqurilmalarga birlashtiriladi.

Radiokomponentlar ikkita guruhga, ya'ni passiv va aktiv komponentlarga bo'linadi. Passiv komponentlarga rezistorlar, kondensatorlar, induktivlik katushkalari, transformatorlar, kommutatsiyalovchi elementlar, ya'ni elektr energiyani qayta taqsimlashga mo'ljallangan komponentlar kiradi. Passiv radioelementlar elektronika sanoatida juda keng tarqalgan mahsulotlar bo'lib hisoblanadi.

Elektr sxemaning aniq funksiyani bajaruvchi va boshqa elementlar bilan bog'lanish uchun chiqishlarga ega elementi radioelektron qurilmaning detali yoki radiodetal deb ataladi. Radiodetallar radioapparaturalar komplektlari tarkibiga kiradi, shuning uchun ularni radioelektron apparaturalari elementlar bazalari hisoblangan komplektlovchi mahsulotlari deb ham ataladi. Zamonaviy radioelektron apparaturalar prinsipial sxemalarida diskret rezistorlar 15-50% ni, kondensatorlar esa 25%ni tashkil etadi. Amaliy jihatdan barcha induktivlik katushkalari va transformatorlar diskret komponentlar hisoblanadi.

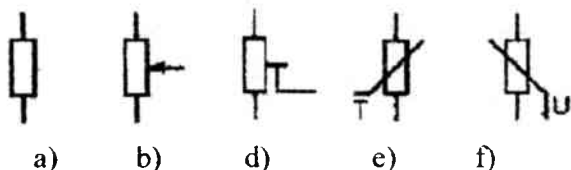
Passiv radioelementlar. Rezistorlar – bu kuchlanish va tokni chegaralash yoki boshqarish uchun mo'ljallangan, elektr zanjir orqali oqayotgan tokka qarshilik ko'rsatuvchi elementlardir (resistor – lotinchada “qarshilik ko'rsatmoq” ma'nosini anglatadi). Rezistorlarda elektr energiyasi issiqlik energiyasiga aylanadi. Rezistorlarni elektronlarni to'xtatuvchi elementlar deb ham atash mumkin. Rezistor aktiv va omli qarshilik kattaligi bilan xarakterlanadi. Ayrim hollarda rezistor o'tkazuvchanlik $g=1/R$ bilan xarakterlanadi va simenslarda (Sm) o'lchanadi.

Rezistorlarda tok va kuchlanish chiziqli bog'lanishga ega hisoblanadi, ya'ni $U=R \cdot I$. Rezistorda P quvvatning yoyilishi aktiv quvvat deb atalib, quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$P=U \cdot I; P=I^2 \cdot R; P= U^2 / R. \quad (3.1)$$

Fizik jihatdan rezistorlar elektr zanjirlarining komponentlari hisoblanib, ular yuqori omli materialdan yaratilgan plyonka va simdan foydalanib yaratiladi.

Rezistorlar vazifasiga ko'ra, umumiy, pretsizion, yuqori chastotali, yuqori megaomli, yuqori voltli va maxsus, ishiatilish xususiyatlariga ko'ra harorat va namlikka bardoshli, tebranishlarga va zarbga chidamli, yuqori darajada ishonchli, qarshilikning o'zgarish xarakteriga ko'ra o'zgarmas, o'zgaruvchan va sozlanuvchan turlarga bo'linadi (3.1-rasm).



3.1-rasm. Rezistorlarning elektr sxemalarda shartli belgilanishi:

a) o'zgarmas, b) o'zgaruvchan, d) sozlanuvchan, e) temistor, f) varistor.

O'zgarmas rezistorlar sxemalarda o'z qarshiligini o'zgartirmaydi, o'zgaruvchi va sozlanuvchi qarshilikli rezistorlar esa maxsus moslamaga ega bo'lib, bu moslama ularni talab etilgan nominaldagi qarshilik hosil qilish imkoniyatini beradi.

Rezistorlarning asosiy parametrlari bo'lib quyidagilar hisoblanadi:

R_{nom} – nominal qarshilik;

P_{nom} – nominal sochiluvchi quvvat;

U_{cheg} – chegaraviy ish kuchlanishi;

QHK – qarshilikning koeffitsiyenti va shovqinlar.

Rezistorning nominal qarshiligi ularga qo'yilgan tamg'alarda ko'rsatiladi. Umumiy maqsadlarga mo'ljallangan rezistorlarning

nominal qarshiliklarining 6 qatori mavjud: E6, E12, E24, E48, E96, E192. Bu raqamlar rezistorning nominal qiymatlari sonini ko'rsatadi.

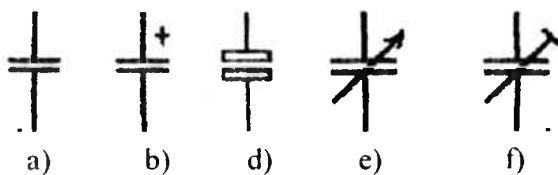
Nominal sochiluvchi quvvat rezistorning o'z parametrlarini belgilangan chegaralarda saqlagan holdagi ishlash sharoitida, uzluksiz elektr yuklamada uzoq vaqt sochilib turuvchi maksimal quvvatni bildiradi.

Rezistorning chiqishidagi simlariga qo'yilgan elektr parametrlarini buzmaydigan maksimal yo'l qo'yilgan kuchlanish chegaraviy ish kuchlanishi deyiladi.

QHK parametri rezistor qarshiligining atrof-muhit harorati 1°S ga o'zgargandagi nisbiy o'zgarishini ko'rsatadi.

Rezistorlarga o'zgarmas va o'zgaruvchan kuchlanish berilganda ularda shovqinlar paydo bo'ladi va ular signalning o'tishiga halaqit beradi. Radio qabul qiluvchilarning kirish zanjirlarida ishlatiladigan rezistorlar shovqinlari juda zararli hisoblanadi, chunki ular qabul qilinayotgan signal bilan birgalikda kuchaytiriladi.

Kondensatorlar. Kondensatorlarning ishlash tamoyillari uning qoplamlariga potentsiallar farqi berilganda ularda zaryad to'planish xususiyatiga asoslanadi. Kondensatorlar bajaradigan vazifasi bo'yicha blokirovka qiluvchi, ajratuvchi, filtrli, termokompensatsiyalovchi va sozlovchi, sig'imining o'zgarishi bo'yicha o'zgarmas, o'zgaruvchi va yarim o'zgaruvchi turlarga bo'linadi (3.2-rasm).



3.2-rasm. Kondensatorlarning elektr sxemalarda shartli belgilanishi:
a) o'zgarmas, b) qutbli, d) qutbsiz, e) o'zgaruvchi, f) sozlovchi.

Dielektrik materialiga ko'ra kondensatorlar gazsimon, suyuq va qattiq dielektrikli turlarga bo'linadi. Birinchi turga o'zgaruvchan va yarim o'zgaruvchan havo kondensatorlari va gaz to'ldirilgan o'zgarmas kondensatorlar, ikkinchi turga esa, radioappaturalarda

cheklangan holda ishlatiluvchi moy to'ldirilgan va sintetik suyuqlikli kondensatorlar kiradi.

Kondensatorlar dielektriklarining materiali ularning konstruktiv va texnologik ko'rsatkichlari yuqori bo'lishligini ta'minlashi kerak. Slyudali, shishali va shisha-keramik kondensatorlar ishonchsizroq bo'lib, qog'ozli va metall-qog'ozlilari pardaliga qaraganda past chastotali hisoblanadi, massasi elektrolitik va oksid-yarim o'tkazgichlilikka qaraganda katta bo'ladi. Hozirda ishlab chiqarishda asosan keramik pardali, elektrolitik va oksid-yarimo'tkazgichli kondensatorlar yaratilmoqda.

Barcha turdagi kondensatorlarning asosiy parametrlari bo'lib nominal sig'im, aniqlik sinfi, sig'imning harorat koeffitsiyenti, nominal ishchi kuchlanish, izolyatsiya qarshiligi, chastota xarakteristiklari, o'zgaruvchan va yarim o'zgaruvchan kondensatorlar uchun esa, sig'imning aylanish burchagiga ko'ra o'zgarish qonuni va uning diapazoni hisoblanadi.

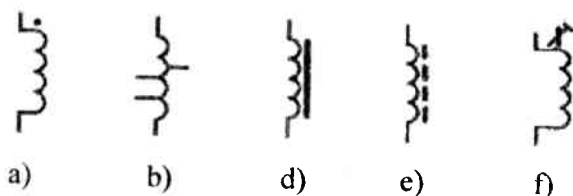
Yuqori chastotali kondensatorlar (keramik, slyudali, shisha-emal, shisha-keramika va shisha) kichik parazit induktivlikka ega bo'lib, ularda dielektrikdagi sarflanishlar ancha kam, barqarorligi (10^{-5} 1^0 C) va aniqligi ($\pm 2\%$ gacha) yuqori bo'lib, yetarlicha haroratga bardoshlikka, kichik o'lchamga va massaga ega hisoblanadi. Ular o'ta yuqori, yuqori va oraliq chastota generatorlari ya kuchaytirgichlari sxemalarida ishlatiladi.

Past chastotali o'zgarimas, pulslanuvchi va o'zgaruvchan tok zanjirlarida filtrlovchi, blokirovka qiluvchi va ajratuvchi kondensatorlar sifatida katta nominal sig'imli kondensatorlardan foydalaniladi.

Radioqabul qiluvchi va radiouzatuvchi qurilmalarda ish chastotasini o'zgartirish uchun tebranish konturining induktivligi yoki sig'imi o'zgartiriladi. Bunda o'zgaruvchan havo kondensatorlaridan foydalaniladi. Yarim o'zgaruvchan kondensatorlar radioqurilma chastotasini ishlatish jarayonida moslash yoki ishlab chiqarishda sozlashga mo'ljallangan. Bunday kondensatorlarda sig'im qayd etilgan holatda o'zgarimasligi kerak hisoblanadi.

Induktivlik g'altaklari. Radiotexnik apparaturaning yuqori chastotali qismlari va zanjirlarida turlicha induktivlik g'altaklaridan foydalaniladi (3.3-rasm).

Qo'llanish sohasiga qarab, g'altak o'lchamlari, ularning shakli, o'rash usuli, sim izolyatsiyasining qalinligi, karkas materiall turlicha bo'lishi mumkin. Induktivlik g'altaklarining konstruksiyasi, uning qaysi chastota diapazonida va necha qavatli tebranma konturlarda qo'llanishiga ham bog'liq bo'ladi. Uning asosiy elementlari bo'lib karkas, o'ram va ekran hisoblanadi.



3.3-rasm. Induktivlik g'altaklarining elektr sxemalarda shartli belgilanishi: a) drossel, b) tarmoqlangan drossel, d) magnit o'zakli, e) ferrit o'zakli, f) sozlovchi o'zakli g'altaklar

Karkas o'ram uchun asos bo'lib xizmat qiladi va o'ramning mexanik mustahkamligini, chiqishlar va o'zakning mahkamligini, hamda shassiga qulay mahkamlanishini ta'minlashi kerak. O'ramlar sifatida, o'rta va uzun to'lqin diapazonida ishlaydigan g'altaklarda linsendrat sim, qisqa to'lqinli g'altaklar uchun esa bir tolali emallangan simlardan foydalaniladi. Linsendrat – bu ipak bilan izolyatsiyalangan, emal bilan qoplangan, diametri 0,07 – 0,2 mm bo'lgan katta miqdordagi mis simlardan tashkil topgan o'ramdir. Ba'zi alohida tizimlar orasidagi parazit aloqalarni va tashqi magnit maydonlar ta'sirini kamaytirish maqsadida, induktivlik g'altaklari elektr o'tkazuvchi ekranlar bilan himoyalanaadi.

Radioqabul qilgich va radiouzatish qurilmalarida ko'pincha induktivligi boshqariladigan g'altaklar qo'llaniladi. Chunki ular keng diapazon polosasida tebranma konturni sozlovchi asosiy qism hisoblanadi.

Transformatorlar. Transformatorlar deb ikkita va undan ortiq sonli induktiv bog'langan o'ramlarga ega, o'zgaruvchan tok va kuchlanishni qiymatini o'zgartirishga mo'ljallangan elektromagnit qurilmaga aytiladi. Transformator ferritmagnitli magnit o'tkazgich (o'zak) va unga joylashtirilgan o'ramdan tashkil qilinadi. O'zgar-

tirilayotgan kuchlanish manbasiga ulangan o'ram birlamchi hisoblanadi, elektr energiyadan foydalanuvchilari ulangan o'ramlar esa ikkilamchi hisoblanadi. Mo'ljallanishiga qarab transformatorlar ta'minlovchi, moslovchi va impulsli transformatorlarga bo'linadi.

Ta'minlovchi transformatorlar radioqurilmalarning ta'minlash bloklarida qo'llanilib, apparaturaning normal ishlashlari uchun kerakli o'zgaruvchan kuchlanishni olish uchun xizmat qiladi. Ularni shartli ravishda kamquvvatli (1 kVtgacha chiqish quvvatli), va quvvatli (1 kVtdan yuqori chiqish quvvatiga ega), past voltli (o'ramlardagi kuchlanish 1000V dan oshmagan) va yuqori voltli turlarga bo'linadi.

Moslovchi transformatorlar foydali axborotlarni tashuvchi elektr signallar kuchlanishi (toki) sathini o'zgartirish uchun mo'ljallanadi. Ular kirishda, kaskadlararo va chiqishda foydalaniladigan turlarga bo'linadi. Kirish transformatorlari kuchaytirish qurilmalarining kirishiga signal manbasining chiqish qarshiligini moslash uchun ulanadi. Kaskadlararo transformatorlar oldingi kaskadning chiqish qarshiligini, keyingi kaskad kirish qarshiligiga moslash uchun ishlatiladi. Chiqish transformatorlari esa, kuchaytirgich chiqish qarshiligini tashqi yuklanish bilan moslaydi. Ular kuchaytirgichdan yuklanishga katta quvvatni uzatishni ta'minlashi kerak.

Impulsli transformatorlar kichik davomiylikdagi impulsnlarni shakllantirish va ishlab chiqish uchun mo'ljallangandir.

Ko'pgina holatlarda transformatorlar har bir alohida radioqurilma uchun ishlab chiqiladi, lekin hozirda unifitsirlashgan transformatorlardan foydalanilmoqda. Bunday transformatorlardan juda keng foydalanish juda katta texnik-iqtisodiy samaraga erishish, ya'ni har bir alohida qurilmaga transformatorlar ishlab chiqarishdan voz kechib, transformatorlarni maxsus tashkilotlarda ko'plab ishlab chiqarish va uni ishlab chiqarishni avtomatlashtirish hisobiga puxtaligini oshirish va tannarhini pasaytirish imkoniyatini beradi.

Transformatorlar radioelektron apparaturalarining komponentlari hisoblanadi. Keyingi yillarda ular sezilarli ravishda takomillashtirilganligiga qaramay, ularning o'lchamlari nisbatan katta hisoblanadi. Shu sababli hozirda zamonaviy REAlarida transformatorlardan foydalanishni qisqartirishga harakat qilinmoqda.

Aktiv radioelementlar. Aktiv elementlar deb gazlar, suyuqliklar, qattiq jismlarga elektrik, magnetik, yorug'lik va boshqa ko'rinishdagi maydonlar ta'sir etganda, yuzaga keluvchi elektron effektga asoslanib ishlovchi elektron asboblarga aytiladi. Aktiv radioelementlarga elektron lampalar, diodlar, tranzistorlar, mikro-sxemalar, ya'ni elektr signallarni o'zgartirish, ularni quvvatlarini kuchaytirish xususiyatiga ega radioelementlar kiradi. Elektron lampalar (radiolampalar) signallarni kuchaytirish, o'zgartirish va generatsiya qilishga mo'ljallangan bo'lib, ular tarkibidagi asosiy elektrodlar soni bilan sinflanadi. Ikkita elektrodga (anod va katod) ega radiolampalar diod deb, uchta elektrodli lampa, ya'ni anod va katoddan tashqari boshqaruvchi setkaga ega radiolampa triod deb, to'rtta elektrodli radiolampa tetrod deb, beshta elektrodli radiolampa pentrod deb ataladi. Elektron lampalarning ishlash tamoyillari elektron emissiya hodisasiga asoslanadi.

Elektron emissiya deb jismlarning o'zini o'rab turgan fazoga elektronlarni sochilishi jarayoniga aytiladi. Jismdan elektronlar chiqishini ta'minlash uchun ularga qo'shimcha energiya berish kerak bo'ladi. Shu sababli elektron emissiyaning bir qancha ko'rinishlari mavjud bo'ladi, ya'ni termoelektron, elektrostatik, fotoelektron va ikkilamchi emissiya.

Termoelektron emissiyada qo'shimcha energiya jismni qizdirish yo'li bilan beriladi. Elektrostatik emissiya jism yuzasidagi elektrik maydonning katta kuchlanganligi hisobiga yuzaga keladi. Fotoelektron emissiyada jism yuzasi kuchli yoritiladi. Ikkilamchi emissiya esa, birinchi emissiyaning elektron oqimlarining jism yuzasiga ta'siri natijasida yuzaga keladi. Birinchi elektronlar jism yuzasini bombardimon qilishi natijasida ikkilamchi elektronlar sochiladi va bu jarayon ikkilamchi emissiya deb ataladi.

Ko'pgina elektron asboblarda elektronlar oqimini hosil qilish uchun termoelektron emissiyadan foydalaniladi. Bunda elektron oqimlarini hosil qiluvchi elektrod katod deb ataladi. Termoelektron katodning toki uning haroratiga bog'liq bo'ladi. Termoelektron emissiya tokining zichligi (to'yinish toki) quyidagi tenglama bilan aniqlanadi.

$$I_e = I_{se} e^{-\varphi_0/\varphi T} \quad (3.2)$$

bu yerda φ_0 – katoddan elektronlar chiqishining solishtirma ishi, $\varphi_T = kT/q$ – issiqlik potentsiali, k – Bolsman doimiysi, T – K ning absolyut harorati, q – elektron zaryadi, $I_s = AT^2$, $A = 120 \text{ Asm}^{-2} \text{ K}^{-2}$ – Richardson doimiysi.

(3.2) tenglama I_e – emissiya toki zichligi T harorat oshib borishi bilan ko'payishini ko'rsatadi.

Katodning samaradorligi chegaraviy katod tokini, uni ishchi haroratgacha qizdirish uchun sarf qilingan quvvatga nisbatan xarakterlanadi va mA/Vt bilan o'lchanadi. Katodning uzoq muddat ishlashi va uning parametrlarining stabilligini ta'minlash uchun katodning chegaraviy toki emissiya tokiga nisbatan sezilarli kam qilib olinadi.

Katodning eng muhim ko'rsatkichi bo'lib, uning ekspluatatsion xususiyatini xarakterlovchi uzoq muddat ishlashi hisoblanadi.

Katodlar to'g'ri va bilvosita cho'g'lanishli bo'ladi. To'g'ri cho'g'lanishli katodlarni qiyin eriydigan metallardan, ya'ni volfram yoki molibdendan tayyorlanadi. Bilvosita cho'g'lanishli katodlar elektronlar chiqishiga kam ish sarf qilinadigan metal yotqizilgan isitkich va kernadan tashkil topadi. Isitiluvchi katodlarning ishchi harorati to'g'ri cho'g'lanadigan katodlarga nisbatan sezilarli past bo'ladi. Shuning uchun ularning samaradorligi juda yuqori hisoblanadi. Kern yuzasiga yotqiziladigan metall sifatida ko'pincha bariydan foydalaniladi.

Ishlash jarayonida katod yuzasining oksidlanishi yuz beradi, bunda solishtirma ish chiqishi ko'payadi. Masalan, oksidlangan volframdan ish chiqishi, oksidlanmagan yuzaga qaraganda ikki marotaba ko'payadi.

3.2. Elektron asboblari

Elektron asboblari – bu tashkil etuvchi qismlarining ishlashi elektromagnit energiyaning o'zgarishi tamoyiliga asoslangan asboblarga aytiladi. Elektron asboblarni mikroelektron elementlar bazasidan foydalanib yaratilgan radioelektron, elektron-hisoblash va boshqarish vositalariga ajratish mumkin. Elektron asboblari tarkibiga radioelektron vositalari ham, radioelektron apparaturalari ham kiradi.

Radioelektron apparaturalar axborotlarni uzatish, qabul qilish va o'zgartirish uchun elektromagnit energiyasi yordamidan foydalalanuvchi texnik vositalar hisoblanadi. Radioelektron vositalar esa, radiotexnika va elektronika elementlari asosida ishlab chiqilgan mahsulotlar hisoblanadi.

3.2.1. Yarim o'tkazgichli diodlar va ularning turlari

Yarim o'tkazgich bu solishtirma qarshiligi ρ metallning solishtirma qarshiligidan ($\rho_m = 10^{-6} - 10^{-4} \text{ Om sm}$) katta, o'tkazgichlarning solishtirma qarshiligidan ($\rho_m = 10^{11} - 10^{12} \text{ Om sm}$) kichkina materiallar hisoblanadi. Yarim o'tkazgichlarga Ge – germaniy, Si – kremniy, undan tashqari bir qancha aralashmalar kiradi. Past haroratlarda elektronlar kovalent bog'lanishlarni hosil qiladi va erkin elektronlar mavjud bo'lmaydi, bunda qarshilik juda katta bo'ladi.

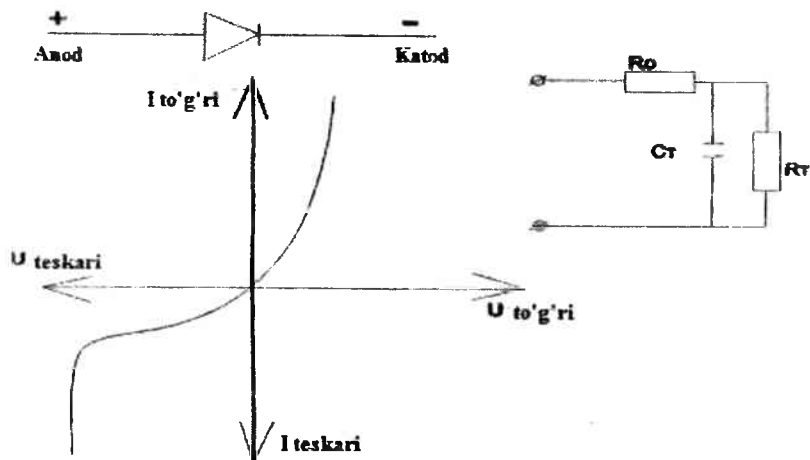
Harorat oshib borishi bilan elektronlarning bir qismi atomlardan ajraladi va erkin elektronlarga aylanadi. Bunda elektronlar uchun vakant joy hisoblangan teshikchalar paydo bo'ladi. Teshikchalar musbat zaryadlangan zarrachalar kabi bo'ladi. Erkin zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi oshib boradi, qarshilik kamayadi. Yarim o'tkazgichlarning xususiy o'tkazuvchanligi elektron – teshikchali hisoblanadi.

Kremniy kristallida har bir atom to'rtta qo'shnisi bilan bog'langan. Agar unga beshta valentli elektronli donor mishyak aralashmasi qo'shilsa, u holda har bir donor-atomning bitta elektroni erkin bo'lib qoladi. Bunda asosiy zaryad tashuvchisi elektron hisoblangan n turdagi yarim o'tkazgich hosil bo'ladi. Kremniyning toza kristalliga uch valentli indiyning akseptor aralashmasini qo'shilganda bitta bog'lanish to'ldirilmagan bo'lib qoladi, natijada teshikcha hosil bo'ladi. Bunda asosiy zaryad tashuvchilari teshikchalar hisoblangan p tipdagi yarim o'tkazgich hosil bo'ladi.

Yarim o'tkazgichlar asosida "diodlar" qurilgan. Diodning asosiy tavsiflaridan biri bo'lgan jarayon ularni volt-amper xarakteristikasi hisoblanadi (3.4-rasm).

Agar chizmadagi U to'g'ri kuchlanishni o'zgartirsak, dioddan o'tayotgan tok ham o'zgaradi. Agar berilgan kuchlanishdan ko'proq kuchlanish berilsa, albatta diod ishdan chiqadi.

Yarim o'tkazgichli diod deb, yarim o'tkazgichli kristallda n - p o'tishni hosil qilgan, ikki soha chegaralariga tok o'tkazgichi simlardan tayyorlangan elektrod eritib yoki kavsharlanib ulangan asbobga aytiladi. Diodlarning turlari shisha, metall, sopol yoki maxsus presslangan smoladan tayyorlangan korpusga joylashtiriladi. n - p o'tishning olinish texnologiyasiga qarah yarim o'tkazgichli diodlar nuqtaviy, kontaktli va yassi diodlarga bo'linadi.



3.4-rasm. Yarim o'tkazgichli diod, uning volt-ampere xarakteristikasi va sxemaga ulanishi.

Hozirgi paytda jahon sanoatida past va yuqori quvvatli yarim o'tkazgichli diodlar ko'plab ishlab chiqarilgan va ular turli sohalarda juda keng foydalaniladi (3.1-jadval). Yarim o'tkazgichli diodlarning ko'rinishlari 3.5-rasmda, elektr chizmalarda belgilanishi 3.6-rasmda ko'rsatilgan.

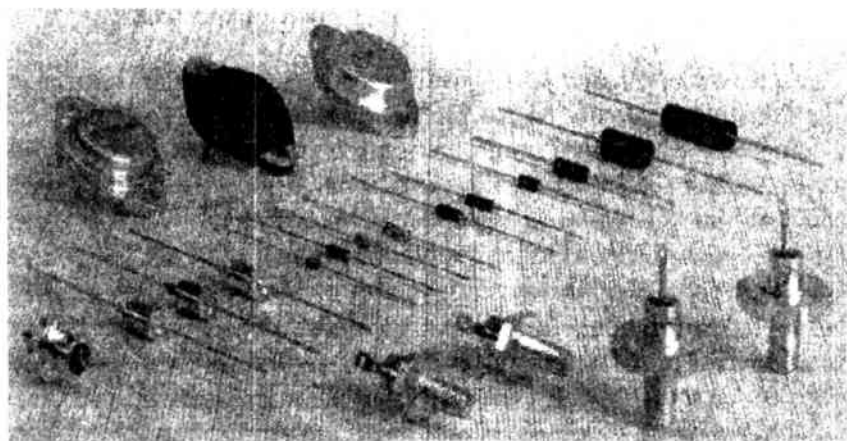
Diodlar yarim o'tkazgichli materiallardan tayyorlanadi. Diodlarning belgilanishida birinchi harfi qaysi materialdan tayyorlanganligini anglatadi, agar A bo'lsa germaniy asosidagi diod, V bo'lsa kremniy asosidagi diod hisoblanadi. Ular shisha, metal va plastik korpusga joylashtiriladi.

Sanoatda ishlab chiqarilgan diodlar sinflanishi

3.1-jadval

Yuqori va past chastotali diodlar	Variakaplar	O'ta yuqori chastotali diodlar	Fotodiodlar. Fotoelektriklar	Tristorli diodlar	Tristorli triodlar
Tunelli diodlar	Stabilitronlar	To'g'rilagichlar bloklari	Nur sochuvchi diodlar	O'tkazuvchan diodlar	Tok stabilizatorlari

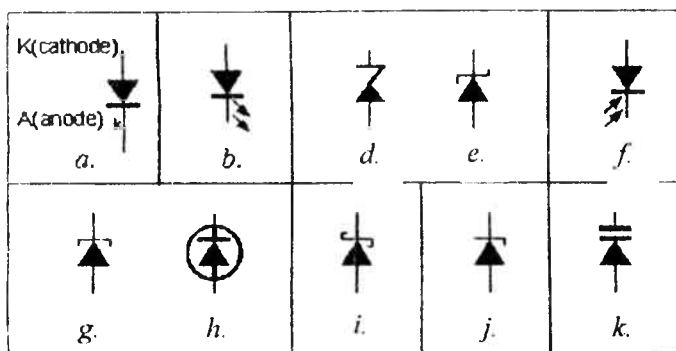
Diodlar ikkita o'tkazuvchanlikka ega, ya'ni K-katod va A-anod. Barcha diodlarning eng muhim xususiyatlari bo'lib, bitta yo'nalishda ularning qarshiliklari juda kam, unga teskari yo'nalishda qarshilik juda katta bo'lishi hisoblanadi.



3.5-rasm. Sanoatda ishlatiladigan turli diodlarning ko'rinishlari

Diodlarni multimetr yordamida o'lchashda, multimetr past Om qiymatini ko'rsatadi, bu qiymat diodning qarshiligi qiymati bo'lib hisoblanmaydi, balki diodning o'tishlaridagi kuchlanish tushishini anglatadi. Multimetr orqali faqatgina diodning ish holatini tekshirish mumkin hisoblanadi. Agar bir yo'nalishda past ko'rsatkich, boshqa

yo'nalishda juda yuqori ko'rsatkich olinsa, bunday holatda diod ishchi holatida bo'ladi.



3.6-rasm. Diodlarning sxematik belgilanishi:

a- to'g'rilovchi diod, b- yorug'lik diodi, d,e-Zener diodlari, f-foto diod, g,h-tunel diodldri, i-Shottki diodi, j-stablitron, k-varikap.

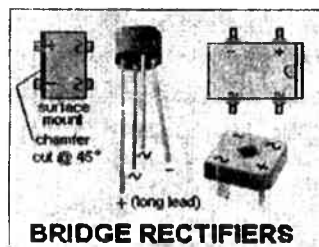
Agar diod zanjirga ulanganda anoddagi kuchlanish katoddagi kuchlanishdan yuqori bo'lsa, u holda diod huddi past qiymatli rezistor kabi ishlaydi va undan tok oqib o'tadi. Agar diod qarama-qarshi ulangan bo'lsa, u holda katta qarshilikka ega rezistor kabi ishlab, undan tok oqib o'tmaydi. Birinchi holatda diod o'tkazuvchi, ikkinchi holatda teskari aloqali diod deb ataladi.

Hozirda amaliyotda qo'llaniladigan maxsus yaratilgan diodlardan foydalanilmoqda. Ularga yuqori tok diodlarini, yuqori tezkorlikda ishiydigan diodlarni, past kuchlanish tushishida, yorug'likni sezuvchi va turli hajmdagi diodlarni kiritish mumkin.

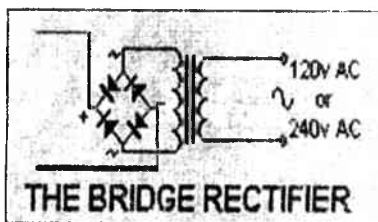
To'g'rilagich diodlar yarim o'tkazgichli diodlar ichida eng ko'p tarqalgan yarim o'tkazgichli diod hisoblanadi (3.6,a-rasm). Ular o'zgaruvchan tokni o'zgarmas tokka aylantirish uchun qo'llaniladi. To'g'rilagich diodlar uchun xarakterli bo'lib, katta tokni o'tkazish imkoniyatiga ega bo'lgan, o'tkazuvchanlik holatidagi unchalik katta bo'lmagan qarshilik hisoblanadi. Ularning ko'pchiligi 50 Hz chastotada ishlaydi, ishchi chastotasining yuqori chegarasi 20 kHz dan oshmaydi. To'rtta diodni ulash orqali diod ko'prigini hosil

qilish mumkin. Bunday qurilma ko'priqli to'g'rilagich deb ataladi. 3.7-rasmda ko'priqli to'g'rilagichlarining 4 xil ko'rinishi ko'rsatilgan.

Yuza montajlar uchun mo'ljallangan qurilma bir tomonidan 45° qiya qilib joylashtiriladi. Bu diodlar sxemaga 3.8-rasmda ko'rsatilgan tartibda ulanadi.



3.7-rasm. Ko'priqli to'g'rilagichlarining ko'rinishi



3.8-rasm. Ko'priqli to'g'rilagichining sxemaga ulanishi

Yuqori chastotali diodlar 100 megagersgacha bo'lgan chastotalarda signallarni nohiziqli elektrik o'zgartirish uchun mo'ljallangandir.

Yuqori chastotali diodlardan yuqori chastota signallar detektorlarida, chastota o'zgartirgichlarda, modulyatorlarda va boshqalarda foydalaniladi. Bu diodlarning asosiy xususiyatlari bo'lib, baryerli sig'imlarining unchalik katta emasligi hisoblanadi, bunga $p-n$ o'tish maydonini kamaytirish yo'li bilan erishiladi.

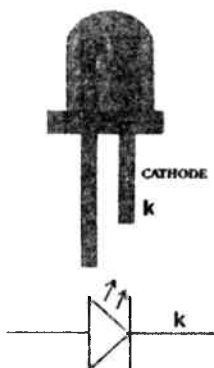
Impulsi diodlar tezkor impulsi sistemalarda ishlashga mo'ljallangandir. Ularning asosiy xususiyatlari bo'lib, yuqori chastotali diodlar kabi $p-n$ o'tish maydonini kamligi va turg'un bo'lmagan zaryad tashuvchilarining hosil bo'lish vaqtining unchalik katta emasligi hisoblanadi. Impulsi diodlarning asosiy parametri bo'lib, τ_{tik} - teskari qarshilikning tiklanish vaqti hisoblanadi. Bu parametr yuqori tezkorlikdagi diodlarda bir necha nanosekundni tashkil etadi.

Tezkor impulsi sxemalarda asosan o'tish maydoni diametri 20-30 mkm, baryer sig'imi 1 pF dan oshmaydigan Shottki diodlari qo'llaniladi.

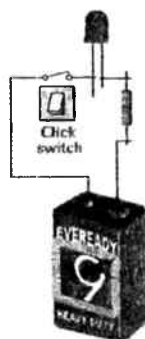
Shottki diodlari (3.6,i-rasm) yuqori chastota sxemalarida va sxemalarda, to'g'ri ulashda qayerda kichik kuchlanish tushishi kerak

bo'lganda ishlatiladi. Shottki diodlarining asosiy xususiyatlari bo'lib, yarim o'tkazgichda asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchi-larining injeksiyasi yo'qligi hisoblanadi. O'tish jarayoni davomiyligiga ta'sir ko'rsatuvchi asosiy faktor bo'lib, baryer sig'imining qayta zaryadlanishi hisoblanadi. Shottki diodlari 15 GHz gacha bo'lgan chastotalarda ishlaydi, ularning ulanish vaqti 0,1 ns ni tashkil etadi.

Yorug'lik diodlari (yorug'lik tarqatuvchi diodlar) (3.6,b-rasm) yorug'lik tarqatuvchi kristallardan yaratilgan bo'lib, undan tok o'tganda yorug'lik tarqaladi (3.9-rasm). Kristall materialning rangiga qarab, qizil, sariq, yashil, ko'k yoki boshqa rangli yorug'lik tarqaladi.



3.9-rasm. Yorug'lik diodi



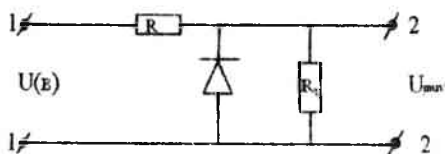
3.10-rasm. Yorug'lik diodlarining ulanish sxemasi

Yorug'lik diodlarining eng muhim xususiyatlaridan biri bo'lib, unga kuchlanish berilganda o'ziga xos kuchlanishining hosil bo'lishi hisoblanadi. Uni o'zgatirgan bilan yorug'lik o'zgarmaydi. Masalan, qizil rangli yorug'lik diodi uchun bu kuchlanish 1.7V ni tashkil qiladi, agar uni oshirilsa, diod ishdan chiqadi. Yorug'lik diod sxemaga ulash 3.10-rasmda ko'rsatilgan.

Stabilitronlar (3.6,i-rasm) kuchlanishni stabillash uchun mo'ljallangandir. Ular shiddatli to'lqim rejimida ishlaydi. Yarim o'tkazgichli diodning teskariga qarab siljishida $p-n$ o'tishda shiddatli elektrik oqim yuzaga keladi. Bunda diod orqali tokning keng diapazonda o'zgarishida, unda kuchlanish juda kam o'zgaradi, ya'ni

uning o'zgarishi sezilmaydi. Stabilitrondan o'tuvchi tokni chegara-lab turish uchun unga ketma-ket qarshilik ulanadi (3.11-rasm). Agar shiddatli oqim rejimida unga sarf qilinadigan quvvat belgilangan chegaradan oshib ketmasa, bunday rejimda stabiltron uzoq vaqt ishlashi mumkin. Agar 1-1 kirish joyida $U(v)$ kuchlanish ortsa, stabilitrondagi kuchlanish keskin oshadi, ichki qarshilik kamayadi.

Natijada R -qarshilikdagi potensial tushuvi ortib, R_1 -qarshilik-dagi potensial tushuvi o'zgarmay qoladi. 2-2 chiqishda stabillashgan kuchlanish olinadi.



3.11-rasm. Oddiy stabiltron

Stabilitronni dinamik qarshiligi dioddan o'tayotgan tokning o'zgarishi bilan stabillashgan kuchlanishni o'zgarishini tavsifini beradi.

- Dinamik qarshilik qancha kichik bo'lsa, kuchlanishni stabillash shuncha yaxshi bo'ladi.

- Statik qarshilik esa diodning o'zida yuqotiladigan quvvatni aniqlaydi.

- Nochiziqli koeffitsiyent dioddagi tokning nisbiy o'zgarishini stabillashgan kuchlanishning nisbiy o'zgarishiga bo'lgan nisbati bilan o'lchanadi. Stabillashgan kuchlanishning o'zgarishi qancha kichik bo'lsa, ya'ni β qancha katta bo'lsa, stabiltron shuncha yaxshi ishlaydi.

Stabilitronning asosiy parametrlari quyidagilardan iboratdir:

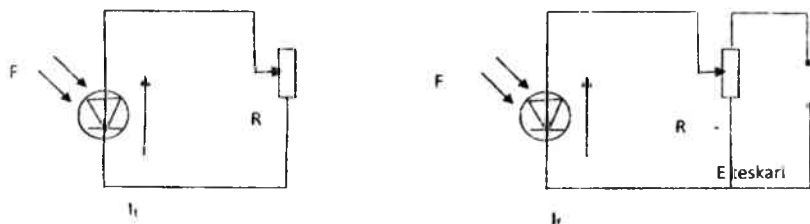
1. Stabillash kuchlanishi – U_{muv} ;
2. Dinamik qarshilik – $R_{din} = \frac{dU}{dI}$;
3. Statik qarshilik – $R_{stat} = \frac{U}{I}$;
4. Nochiziqli koeffitsiyent – $\beta = \frac{R_{stat}}{R_{din}}$;

Stabillash kuchlanishining harorat
koeffitsiyenti KXK_{ST} ; –

$$\alpha = \frac{1}{U_{max}} \cdot \frac{dU}{dT}.$$

Fotodiod deb – dioddagi teskari tokning qiymati kristall yuzasiga tushayotgan yorug‘lik oqimiga to‘g‘ri proporsional bo‘lgan yarim o‘tkazgich asbobga aytiladi (3.6,b-rasm). Fotodiod quyidagi xususiyatlarga ega: sezgirligi juda yuqori, massasi va hajmi juda kichik, ish vaqti juda katta va kichik manbalarda ishlaydi. Fotodiod shunday qurilganki, uning p - n o‘tishiga yorug‘lik tushishi bilan qo‘shimcha zaryad tashuvchilar paydo bo‘ladi, ya‘ni asosiy zaryad tashuvchi p sohada elektronlar, asosiy zaryad tashuvchi n sohada kovaklar konsentratsiyasi oshadi va natijada fotodioddan I_f -teskari tok oqadi. Fotodiod ikkita holatda, ya‘ni tashqaridan manba ulangan (fotoo‘zgartirgich) holatida va tashqaridan manba ulanmagan holatda (fotogenerator) ishlaydi.

Quyidagi 3.12-rasmda fotodiodning ulanish sxemasi keltirilgan.



3.12-rasm. Fotodiodning ulanish sxemasi.

Fotoo‘zgartirgich rejimida diodga teskari kuchlanish tushadi. Bu rejimda tok va kuchlanish, yuklanish liniyasi volt-amper xarakteristikalaridan bittasining kesishmasi bo‘yicha aniqlanadi. Yorug‘lik oqimi o‘zgarishi bilan zanjirdagi tok va dioddagi kuchlanish ham o‘zgaradi.

Fotogenerator rejimda zanjirda tashqi kuchlanish manbasi bo‘lmaydi. Bunday fotogeneratorlarni yarim o‘tkazgichli fotoelementlar deb ataladi. Ulardan yorug‘lik energiyasini to‘g‘ridan-to‘g‘ri elektr energiyaga o‘zgartirishda foydalaniladi.

Yorug'lik nurlantiruvchi diodlarda elektrik energiyani yorug'lik tarqatuvchi energiyaga bevosita o'zgartirish amalga oshiriladi. Ulardan qurilmalardagi raqamli-harfli indikatorlarni yaratishda foydalaniladi.

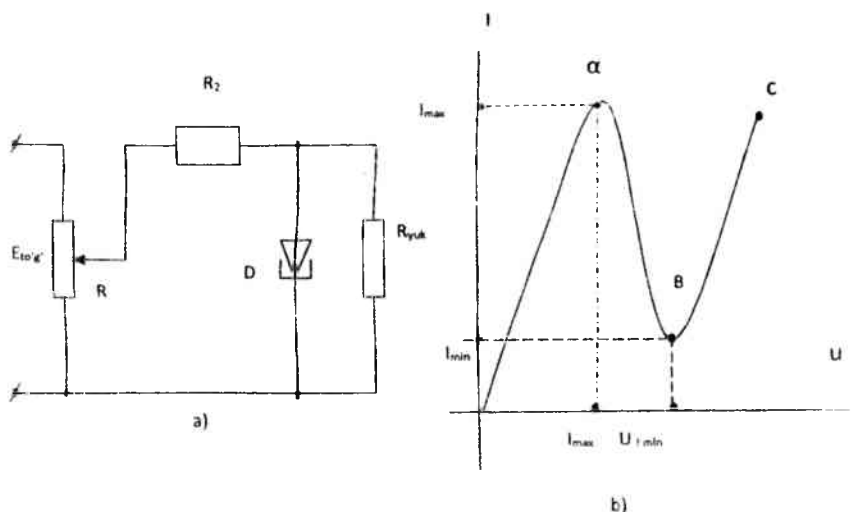
Fotodiodlarning asosiy parametrlari bo'lib $K=I_q/F$ – integral sezgirlik, U_{sh} – ishchi kuchlanish, I_q – qorong'i tok va ishlash mudдати hisoblanadi. Fotodiodlar bitta yo'nalishda katta qarshilikka, qarama-qarshi tomonda past qarshilikka ega bo'ladi. Fotodiod va yorug'lik diodlari optoparalarning asosiy elementlari bo'lib hisoblanadi.

Optoparalar deb nurlantirish manbasi va qabul qiluvchisi konstruktiv jihatdan birlashtirilgan va o'zaro optik aloqaga ega bo'lgan qurilmaga aytiladi. Optoparada yorug'lik nurlantiruvchi diod elektrik signalni yorug'lik signaliga aylantirib beradi, bu signal optik muhit orqali fotoqabul qilgichga uzatiladi, u yerda yana elektrik signalga aylantiriladi. Signalni bunday o'zgartirilishi signal manbasi bilan yuklanish orasidagi elektrik aloqadan voz kechish imkoniyatini yaratadi. Fotoqabul qilgichlar sifatida fotodiodlardan tashqari yana fototranzistorlardan, fototristorlardan va fotorezisitorlardan ham foydalanish mumkin.

Tunelli diod deb – $p-n$ to'siq sohasida tunel hodisasi sodir bo'lishiga moslab ishlaydigan asbobga aytiladi (3.6,g va 3.6,h-rasmlar).

Diodning volt amper tavsifida manfiy qarshilik qismi paydo bo'ladi (3.13- rasm). Boshqa diodlardan tunel diodlarning afzalligi shundan iboratki, ishchi chastotasi juda yuqori (10^{11} Hz) hisoblanadi. Diodlarni bir holatdan ikkinchi holatga o'tishi oniy tezlikda 10^{-9} ÷ 10^{-8} s amalga oshadi.

Tunel diodlarning asosiy parametrlari bo'lib quyidagilar hisoblanadi: I_{max} – maksimal to'g'ri tok, I_{min} – minimal tok, $U_{I_{max}}$ – maksimal tokdagi kuchlanish, $U_{I_{min}}$ – minimal tokdagi kuchlanish, C_g – diodning sig'imi.

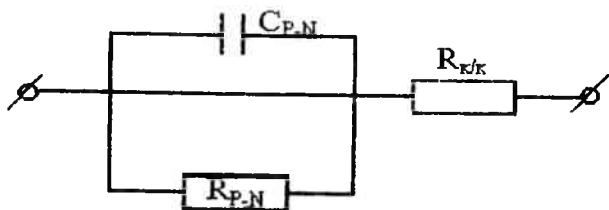


3.13-rasm. Tunelli diod,
a) sxemaga ulanishi, b) volt amper xarakteristikasi

Ziner diodlar (3.6,d,e-rasm) asosan stabistorlar (teskari yo'naltilgan) hisoblanadi. Ular turli qurilmalarda kuchlanishni himoyalash va boshqarish uchun ishlatiladi. Undagi kuchlanish o'rnatilgan kuchlanishdan katta bo'lsa, u tokni o'tkazadi.

Varikaplar (3.6,k-rasm) bu $p-n$ o'tishda baryerli sig'im foydalanilgan yarim o'tkazgichli diod hisoblanadi. Varikaplardan elektr sig'imini boshqaruvchi element sifatida foydalaniladi. Bu sig'im diodga berilgan teskari kuchlanishga bog'liq hisoblanib, uning kattalashishi bilan u kamayadi.

Varikaplar o'zgaruvchan kondensatorlar o'rniga yuqori chastota zanjirlarida foydalaniladi. Unda kuchlanish o'zgarganda, uning katod va anod orasidagi sig'imi o'zgaradi. Varikaplar radioqabul qilgichlarda, qabulqilgich-uzatgichlarda va generatorlarda qo'llaniladi. Varikapning eng oddiy chizmasi 3.14-rasmda keltirilgan. Varikapning asosiy parametrlaridan biri, uning ishonchliligidir.



3.14-rasm. Varikapning eng oddiy chizmasi

Yevropa standarti bo'yicha diodlar ikkita yoki uchta harf va raqamlar bilan belgilanadi. Birinchi harf diod qanday materialdan ishlab chiqilganligini bildiradi, masalan, A-germaniy, V- kremniy, agar Z bo'lsa stabilitron hisoblanadi. Ikkinchi va uchinchi harflar diodning turi va qo'llanilishini ko'rsatadi, masalan, A-past quvvatli diod, ya'ni AA111, AA113, AA121 va h. ulardan detektorlarda, radioqabul qiluvchilarda foydalaniladi; VA124, VA125 – varikaplar hisoblanib ulardan qabul qiluvchi qurilmalarda foydalaniladi. VV104, VV105 – bitta korpusda ikkita sig'imli diod hisoblanadi. Y – boshqaruvchi diodlarning belgilanishi bo'lib, BY240, BY243, BY244 – plastikli korpusdagi boshqaruvchi diodlar hisoblanib, maksimal 0.8A. tokda ishlaydi. Agar BYY44 ko'rinishda belgilangan bo'lsa, yuqori tokda ishlaydigan diod hisoblanadi. ZY10, ZY30 kabi belgilanishlar yuqori tokda ishlaydigan stabilitronlarni anglatadi. Undan tashqari Z, G, PD belgilanishlar stabilitronlar uchun cheklanishlar hisoblanadi, masalan, ZF12 (5% gacha), ZG18 (10% gacha), ZPD9.1 (5% gacha).

Amerika belgilanishi bo'yicha diodlarni 1N yordamida belgilash qabul qilingan, masalan, 1N4001 (boshqaruvchi diod), 1N4449 (boshqa holatga o'tuvchi diod).

Yaponiya stili bo'yicha belgilanish xuddi Amerikaning belgilanishiga o'xshash bo'ladi, lekin N o'rniga S harfidan foydalaniladi.

Barcha ishlab chiqarilgan diodlar tashqi harorati 60-70°C bo'lganda ham nuqsonsiz va bexato ishlayveradi.

Ishni turiga qarab diodlar: kuchaytirgichli, generatorli va kalit sifatida ishlatilishi mumkin.

Barcha diodlar musbat va manfiy chiqishlarga egadir. Bu chiqishlar maxsus nomlanadi, ya'ni musbat chiqishlar anod deb, manfiy chiqish katod deb ataladi. Diodning manfiy chiqishi uning korpusidagi qizil yoki qora chiziq orqali aniqlanadi.

3.2.2. Yarim o'tkazgichli tranzistorlar, ishlash tamoyili, turlari va ulanish usullari

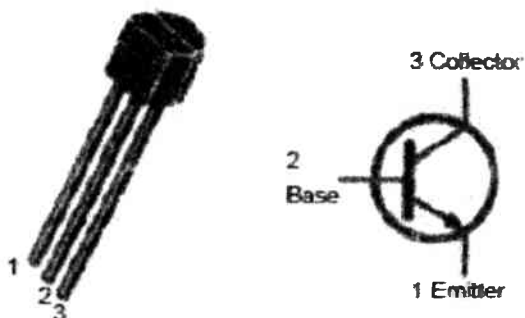
Agar diod kristallining ikkita $p-n$ o'tishiga uchinchi alohida element qo'shish orqali tranzistor deb ataluvchi qurilma shakllantiriladi. Tranzistorlar elektron qurilmalarning yangi elementlari hisoblanib, ular vakkumli trubkalardan farqli zaif signallarni sifatli kuchaytirishga mo'ljallangandir.

Tranzistorlar ikkita elektron – kovak o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan elektr o'zgaruvchi yarim o'tkazgichli asbob bo'lib, elektron sxemalarda elektr signallarini kuchaytirish uchun, har xil chastotali elektr signallarni hosil qilish, ularni bir shakldan ikkinchi shaklga aylantirish uchun ishlatiladi.

Tranzistor 1948-yilda AQShning "Bell Telephone Laboratories"da Dj. Bardin va V.H. Brattein tomonidan ixtiro qilingan va tranzistor ko'pgina elektron qurilmalarning asosiy elementi bo'lib hisoblanmoqda. Ixtiro qilinganiligiga ko'p bo'lmaganiga qaramasdan tranzistorlar juda tezlikda vakuumli lampalar o'rnini egallab bo'ldi. Bu qurilmani tranzistor deb atalishiga asosiy sabab, qurilma ikkita $p-n$ o'tishga egadir, uning bitta qismi to'g'ri, boshqasi teskari yo'nalishda bog'langan. To'g'ri yo'nalishli qism past qarshilikka, teskari yo'nalishli qism esa katta qarshilikka ega hisoblanadi. Zaif signal kichik qarshilikka ega zanjirga kiritiladi, chiqish signali esa, katta qarshilikka ega zanjirdan olinadi.

Shunday qilib, tranzistor kichik qarshilikka ega signalni katta qarshilikka tomon uzatadi. "Trans" so'zining ma'nosi signalni uzatuvchi ma'nosini, "istor" so'zining ma'nosi esa qattiq element ma'nosini anglatadi. Tranzistorlar uchta blokdan baza, emitter va kollektordan tashkil etiladi (3.15-rasm). Bir tomonlama zaryad tashuvchi (elektronlar yoki kovaklar) bo'lim emitter hisoblanadi. Unga qarshi tomondagi zaryad yig'uvchi kollektor deb ataladi va har doim teskari yo'nalishda harakatlanadi.

Qurilmaning o'rta qismi, emitter va kollektor orasidagi ikkita p-n o'tishni tashkil etib, baza deb ataladi. Baza-emitter to'g'ri yo'nalishga ega bo'lib emitterda kichik qarshilikka ega zanjirni hosil etadi. Baza-kollektor esa teskari yo'nalishli bo'lib, katta qarshilikka ega zanjir hisoblanadi[1].



3.15-rasm. Tranzistorning belgilanishi

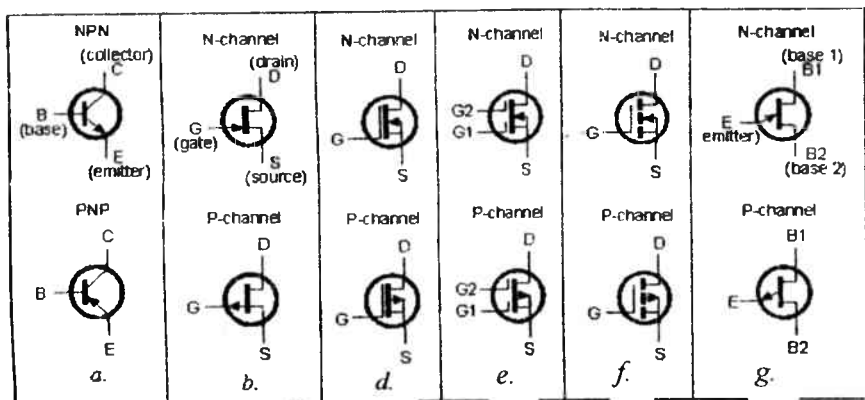
Hozirgi vaqtda tranzistorlarning har xil turlari mavjud. Ular quvvatiga qarab, ishchi chastotasiga qarab simflanadi (3.16-rasm).

Quvvat bo'yicha ular uch guruhga bo'linadi, ya'ni 0.3 Vt gacha bo'lgan kam quvvatli tranzistorlar, 0.3 dan to 1.5 Vt gacha bo'lgan o'rta quvvatli tranzistorlar, 1.5 Vt dan yuqori bo'lgan quvvatli tranzistorlar.

Ishchi chastotasi bo'yicha past chastotada ishlovchi tranzistorlar (3MHz gacha), o'rta chastotada ishlovchi tranzistorlar (3MHz dan to 30 MHz gacha) va yuqori chastotada ishlovchi tranzistorlarga (300 MHz dan yuqori) bo'linadi.

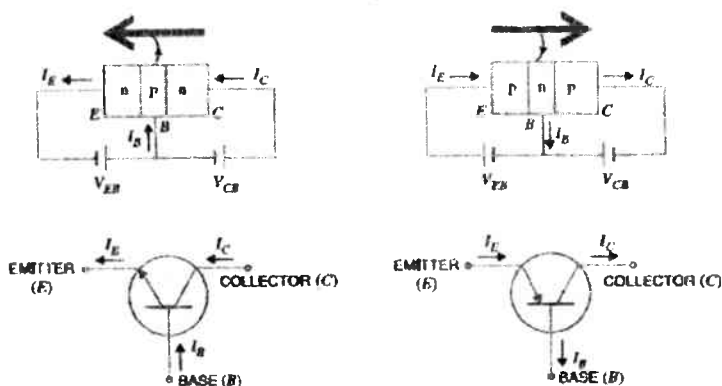
Tranzistorlar elektron – kovak o'tkazuvchanlikka qarab, bir va ikki, kam va ko'p o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan tranzistorlarga bo'linadi.

Texnologik ishlab chiqarish jarayoni bo'yicha quyma tranzistorlar, diffuzion tranzistorlar, kristallarni o'stirish orqali hosil qilinadigan tranzistorlarga bo'linadi.



3.16-rasm. Tranzistorlarning turlari:

a-bipolyar, b-maydonli, d-maydonli, e-ikkita kirishli MOP tranzistor, f-MOSFET induktiv kanalli tranzistor, g-bitta bog'lovchi tranzistor.



3.17-rasm. $p-n-p$ tipli va $n-p-n$ tipli tranzistorlar

Tokni hosil qiluvchi zaryadlarga qarab ular $p-n-p$ tipli (asosiy zaryad tashuvchilar kovaklar) va $n-p-n$ – tipli (asosiy zaryad tashuvchilar elektronlar) tranzistorlarga bo'linadi (3.17-rasm).

Tranzistorning kollektor zanjiriga – E_{kb} manba teskari ulanadi. Maydon kuchlanganligi kollektor o'tkazuvchanligida kuchayadi, natijada asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilarining barakati natijasida kichik teskari tok bazadan kollektorga qarab oqadi. Bu tokni

issiqlik toki deyiladi, chunki bu tok issiqlikka bog'liq bo'ladi va I_{ko} bilan belgilanadi.

Agarda kirish zanjiriga, ya'ni emitter va baza oralig'ida $+E_{eb}$ manbai to'g'ri ulansa, maydon kuchlanganligi emitter o'tkazuvchanligida pasayadi va natijada zaryadlarning harakati tezlashadi.

Kovaklar emitter qatlamidan baza qatlamiga (asosiy zaryad tashuvchilar), elektronlar baza qatlamidan emitter qatlamiga (asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilar) o'tadilar va kovaklar I_{ep} tokni, elektronlar I_{en} tokni hosil qiladilar. Natijada emitter zanjirida to'g'ri tok hosil bo'ladi, bu tokni emitter toki deyiladi:

$$I_e = I_{ep} + I_{en} \quad (3.3).$$

Tranzitorning asosiy xususiyati shundan iboratki, bunda $I_{ep} \gg I_{en}$, chunki emitterdagi asosiy zaryad tashuvchilarning konsentratsiyasi bazadagilarga nisbatan quyuqdir. Shuning uchun emitter tokining kovakli tashkil etuvchilari elektronlarga nisbatan ko'p hisoblanadi. Bazada asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilar – kovaklar yig'ilishi kuzatiladi. Emitterdan bazaga o'tgan zaryadlar diffuziya natijasida kollektor maydoni ta'sirida tortiladi va kollektor qatlamiga o'tadi va bir qism kovaklar bazada elektronlar bilan birlashib baza zanjirida I_b – baza tokini hosil qiladi. Lekin bazaning qalinligi juda kichik bo'lganligi (bir necha mikrometr) sababli birikkan kovaklar unchalik ko'p bo'lmaydi. Kollektor o'tishiga yaqin joyda kovaklar elektr maydon ta'sirida bo'ladi, ular kollektor sohasiga va kollektor chiqishiga o'tib, u yerda tashqi elektr yurituvchi kuch manbasi orqali berilgan elektronlar bilan birikib I_k – kollektor zanjirida kollektor tokini hosil qiladi.

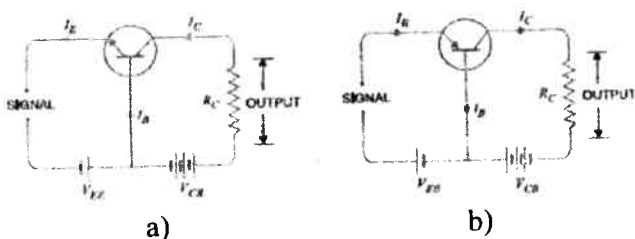
Shunday qilib, emitter toki baza va kollektor toklari yig'indisiga teng bo'ladi, ya'ni $I_e = I_k + I_b$, kollektor toki esa, emitter qatlamidagi kovaklar oqimidan baza tokini ayirmasi va kollektor o'tishidagi issiqlik tokidan tashkil topadi, ya'ni $I_k = I_{ep} - I_b + I_{ko} = \alpha I_e + I_{ko}$, bu yerda $\alpha = I_k / I_e$ – emitter tokini uzatish koeffitsiyenti, I_{ko} – kollektor o'tishiga teskari ulangan issiqlik toki.

Bulardan kelib chiqib, baza tokini quyidagicha hisoblash mumkin: $I_b = I_e - I_k = (1 - \alpha)I_e - I_{ko}$. Bu tok emitter tokining 1% dan ko'p bo'lmagan qismini tashkil etadi.

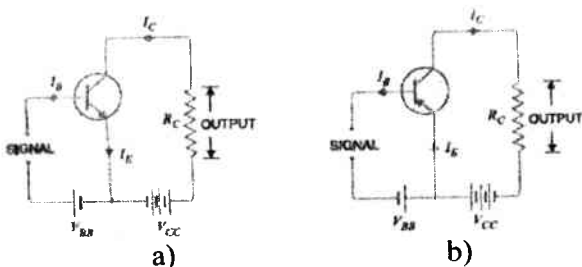
Tranzistor elektrodning qaysi biri boshqalari uchun umumiy bo'lishiga qarab uchta ulanish sxemasiga ega.

Umumiy baza ulanish sxemasi (UB) (3.18-rasm), umumiy emitter ulanish sxemasi (UE) (3.19-rasm) va umumiy kollektor ulanish sxemasi (UK) (3.20-rasm). Yaratilish texnologiyasi bo'yicha ikkita turdagi asosiy tranzistorlar mavjuddir: bipolyar va maydonli tranzistorlar.

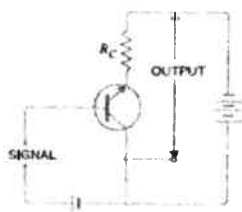
Bipolyar tranzistorlar juda ko'p tarqalgan tranzistorlar hisoblanib, ularning bazasiga unchalik katta bo'lmagan tok beriladi, o'z navbatida tranzistor kollektor va emitter orasidagi tok miqdorini boshqaradi. Bipolyar tranzistorlar strukturasi qarang $p-n-p$ va $n-p-n$ tipli tranzistorlarga bo'linadi. $p-n-p$ va $n-p-n$ tranzistorlarni ishlash tamoyili bir xil bo'lib, faqat sxemaga ulanganda manba qutblari almashtirilib ulanadi. $p-n-p$ tranzistorda asosiy tok tashuvchilar kovaklar, $n-p-n$ tranzistorlarda esa elektronlar hisoblanadi.



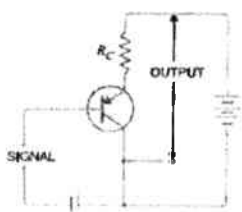
3.18-rasm. Umumiy baza ulanishi:
 a) $n-p-n$ tranzistor zanjiri uchun, b) $p-n-p$ tranzistori uchun



3.19-rasm. Umumiy emitter ulanishi:
 a) $n-p-n$ tranzistor zanjiri uchun, b) $p-n-p$ tranzistori uchun



a)



b)

3.20-rasm. Umumiy kollektor ulanishi:

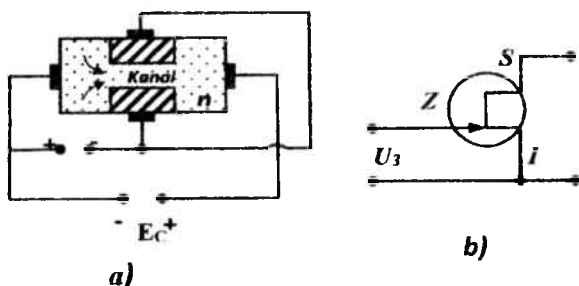
a) $n-p-n$ tranzistor zanjiri uchun, b) $p-n-p$ tranzistori uchun

Maydonli tranzistorlar ham uchta chiqishga ega bo'lib, ular zatvor (baza o'rnida), stok (kollektor o'rnida), istok (emitter o'rnida) deb ataladi (3.21-rasm). Rasmda chap tomondagi elektrod oqim boshlanishi – istok deb, o'ngdagi elektrod esa oqim quyilishi – stok deb, o'rtadagi boshqaruvchi elektrod zatvor deb ataladi. Istok bilan stok oraligidagi qatlam kanal deb yuritiladi. Bunday tranzistorlarda zatvorga tok emas kuchlanish berilib, stok va istok orasidagi tok boshqariladi.

Maydonli tranzistorlar turlicha qutblanishga egadir. Ular N-kanalli ($n-p-n$ bipolyar tranzistorning analogi), P-kanalli ($p-n-p$ bipolyar tranzistor analogi) turlarga bo'linadi. Odatda istok korpusga (yerga) ulanadi. Zatvorga istokka nisbatan musbat kuchlanish beriladi. Stokka ham istokka nisbatan kuchlanish beriladi.

Bu kuchlanish kanal (yarim o'tkazgich) turiga qarab musbat yoki manfiy bo'lishi mumkin. Masalan, r -tipdagi kanalli tranzistorda stokka manfiy kuchlanish beriladi. Zatvorga esa zatvor kanal o'tishini berkitadigan kuchlanish beriladi.

Maydonli tranzistorida chiqish toki istok stok kuchlanishiga bog'liq bo'ladi. Shuningdek, stok toki zatvor kuchlanishiga ham bog'liq bo'ladi. Bu kuchlanish ta'sirida kanalning kesim yuzasi o'zgaradi. Kanalning kesim yuzasi kamaysa uning qarshiligi oshadi. Stok-istok kuchlanishi kanaldagi qatlamning konfiguratsiyasini o'zgartiradi. Maydonli tranzistorlarda ishchi tok bir xil ishorali zaryad tashuvchilar orqali yuzaga keladi. Shuning uchun ular unipolyar tranzistorlar deb ham nomlanadi.



3.21-rasm. Maydonli tranzistor:
a) maydon tranzistorining tuzilishi va elektr sxemaga ulanishi,
b) maydon tranzistorlarining radiosxemada belgilanishi

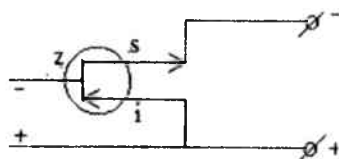
Maydon tranzistorlari radiotexnikada elektr signallarini generatsiyalash va uni kuchaytirishda keng qo'llaniladi. Zamonaviy ishlab chiqarilayotgan tranzistorlar asosan yassi tranzistorlardir. Bu tranzistorlar $p-n$ o'tish xossalariga asoslangan bo'lib, $p-n-p$ yoki $n-p-n$ strukturalarga ega bo'ladi. Ularning qanday materialdan tayyorlanishiga qarab, bir-biridan farq qilishi mumkin. Maydon tranzistorlari uch guruhga bo'linadi, ya'ni birinchi guruh tranzistorlar chastotasi 3 MHz signallarda ishlaydi, ikkinchi guruh tranzistorlar chastotasi 30 MHz signallarda ishlaydi va uchinchi guruh tranzistorlari chastotasi 120 MHz signallarda ishlaydi.

Maydon tranzistorlari ham bipolyar tranzistorlar kabi uch xil usulda elektr zanjiriga ulash mumkin, ya'ni umumiy zatvorli, umumiy istokli, umumiy stokli (3.22-rasm).

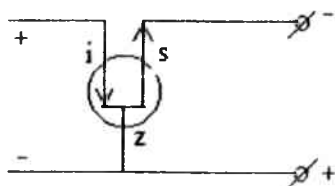
Hozirda tranzistorlarning yangi-yangi benuqson ishlaydigan, hajmi o'ta kichik, quvvati katta, issiqlikka chidamli va volt-amper xarakteristikasi belgilangan talablarga to'liq javob beradigan qilib yaratilmoqda. Tranzistorlar vakuum lampalarga nisbatan ancha afzalliklarga ega bo'lib, vakuum hosil qilish, cho'g'langan katod muhitini yaratish zaruriyati yo'qligi bu elektron ashoblarning o'lchamlarini, og'irliklarini keskin kamaytirishga, mexanik mustahkamlikka erishishga, ishlash vaqtini ancha oshirishga imkon yaratadi, ular arzon turadi va foydalanish uchun ancha qulayliklar yaratadi.

Maydon tranzistorlari radiotexnika, energetika, avtomatika, tele-mexanika va elektron hisoblash texnikasining sohalarida keng qoʻllanilishi natijasida, elektron vakuumli asboblari, ishlab chiqarishdan siqib chiqarilmoqda.

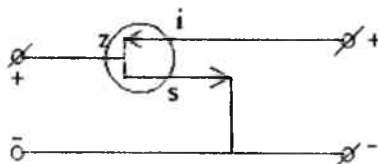
1- usul



2- usul



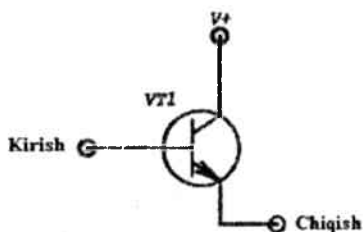
3- usul



3.22-rasm. Maydon tranzistorlarining ulanish sxemalari

Tranzistorlarni kalitlar sifatida (kalitli rejim) va kuchaytirgichlar sifatida (kuchaytirgich rejimi) qoʻllash mumkin.

Kalit sifatida ishlatilganda tranzistor tok uchun yoʻlni ochadi yoki yopadi. Shuning uchun bunday tranzistordan elektr boshqariluvchi kalit sifatida foydalanish mumkin. Tranzistorni tipik ulash sxemasi 3.23- rasmida koʻrsatilgan.



3.23-rasm. Tokni uzatishni boshqarish uchun qo'llanilgan tranzistor

Agar bazaga tok berilmasa, ya'ni kirish toki 0 ga teng bo'lsa, tranzistor o'chirilgan bo'lib, bu holat uzilgan mexanik ulagichga mos keladi. Tranzistorning boshqa chiqishlarida (emitter va kollektorda) potentsiallar farqi mavjud bo'lsa ham, tranzistorning qarshiligi katta bo'lib, undan tok o'tmaydi.

Agar bazaga tok berilsa, tranzistor yoqiladi va boshqa chiqishlardagi kuchlanishlar farqi tranzistor orqali o'tuvchi tokni yuzaga kellishiga olib keladi, bu tokdan kerakli maqsadda foydalanish mumkin bo'ladi.

3.3. Elektron kuchaytirgichlar

Elektron asboblarning asosiy vazifalaridan biri, elektr signallarini kuchaytirishdan iborat. Kuchaytirgich deb kirish signali quvvatini kuchaytirishga mo'ljallangan qurilmaga aytiladi. Kuchaytirish manbadan energiya iste'mol qilayotgan tranzistorlar hisobiga amalga oshiriladi. Ixtiyoriy kuchaytirgichda kirish signali faqat manbadan energiyani yuklamaga uzatishni boshqaradi. Kuchaytirgich qurilmalari texnikaning keng sohalarida qo'llaniladi. Ular turli xil radioelektron apparaturalar, elektron hisoblash mashinalarining yetakchi tarkibiy qismi sifatida ishlatiladi.

Kuchaytirgich qurilmalariga quyidagi ikki asosiy talablar qo'yiladi. Birinchidan, chiqish signali shaklining kirishdagiga nisbatan farqlanishi (buzilishi) darajasi – K_g talab darajasida bo'lishi va ikkinchidan, kuchaytirish qurilmasining foydali ish koeffitsiyenti η iloji boricha katta bo'lishi kerak.

Kuchaytirish qurilmasi alohida elektr manbai energiyasi hisobiga kuchaytirilayotgan signal quvvatini oshiradi. Kuchaytirish qurilmasi 3.24-rasmda keltirilgan ekvivalent sxema bilan ifodalanadi.

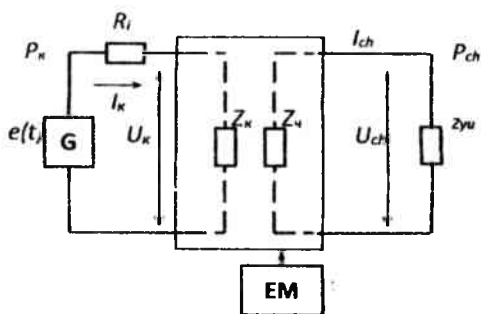
Kuchaytirish qurilmasining kirishiga berilayotgan kuchaytiriladigan signalning ichki qarshiligi R_i bo'lgan generator $e(t)$ dan iborat deb, uning kirish qarshiligi Z_k va o'tayotgan tok amplitudasini I_k desak, unda U_k amplitudali kuchlanish hosil bo'ladi. Bunda kuchaytirish qurilmasining kirishidagi signal quvvati quyidagicha aniqlanadi:

$$R_k = 0,5 I_k^2 \cdot R_k = 0,5 I_k \cdot U_k. \quad (3.4)$$

bu yerda R_k – kirish qarshiligining rezistiv tashkil etuvchisidir.

Kuchaytirish qurilmasining chiqish yuklamasi Z_{yu} qarshilikka ega, u orqali I_{ch} – yuklama tok oqib o'tgani uchun unda U_{ch} kuchlanishi hosil bo'ladi. Agar Z_{yu} yuklamani rezistiv qarshilik deb hisoblasak ($Z_{yu} = R_{yu}$), unda ajralayotgan foydali quvvat quyidagiga teng bo'ladi:

$$P_{ch} = 0,5 I_{ch}^2 \cdot R_{yu} = 0,5 I_{ch} \cdot U_{ch} \quad (3.5)$$



3.24-rasm. Kuchaytirgich qurilmasining keltirilgan ekvivalent sxemasi

Ma'lumki, kuchaytirish qurilmasi $P_{ch} > P_k$ ni ta'minlashi kerak. Kuchaytirish qurilmasining kirishidagi signal quvvati juda kichik

bo'lib, uning vazifasi chiqishida maksimal P_{ch} chiqish quvvatini olish, elektr manbaidan olinayotgan P_0 ni boshqarishdan iboratdir.

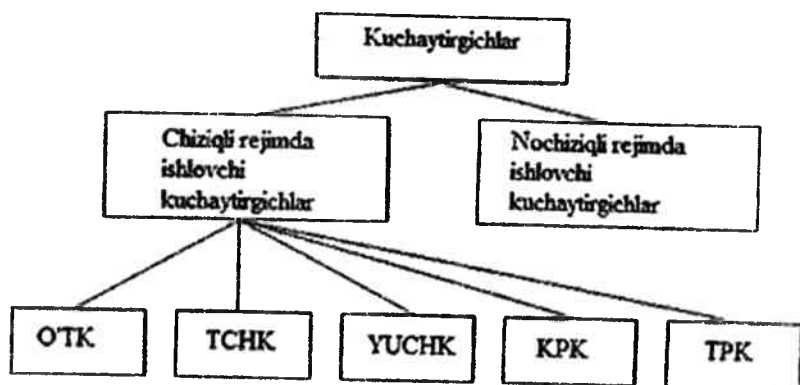
Odatda elektr quvvati manbai sifatida doimiy tok manbaidan foydalaniladi. Natijada kuchaytirish qurilmasini kuchsiz boshqaruvchi signal yordamida doimiy tok manbai energiyasini o'zgaruvchan tok energiyasiga almashtiruvchi qurilma deb qarash mumkin. Bu jihatdan kuchaytirish qurilmasini kirishdagi boshqarish kuchlanishi elektr manbaidan chiqish yuklamasi R_{yu} ga borayotgan energiyani boshqarib boruvchi to'rt qutblik deb hisoblasa bo'ladi. Buning uchun to'rt qutblik inersiyasiz boshqaruv elementidan iborat bo'lishi kerak, chunki u elektr manbaidan olinayotgan P_0 quvvat oniy qiymatini kirishdagi boshqaruv signali oniy qiymatiga mos ravishda boshqarib borishi kerak.

Boshqaruvchi elementi sifatida kuchaytirish jarayoni chiziqli bo'lishiga qaramasdan asosan nochiziqli aktiv elementlardan foydalaniladi.

Kuchaytirgichlar bir qancha belgilariga qarab sinflarga bo'linadi: kuchaytirmoqchi bo'lgan signalning xarakteriga qarab (garmonik signal kuchaytirgichlari, impuls signal kuchaytirgichlari va boshqalar), kuchaytirgichda ishlatiladigan elementlarga qarab (tranzistorli yoki lampali), kuchaytirgich kaskadlarining soniga qarab (bir kaskadli, ikki va ko'p kaskadli), ishlatiladigan manbaga qarab (o'zgarmas va o'zgaruvchan tok kuchaytirgichlari) va boshqalar. Ammo kuchaytirgichlarning asosiy belgilaridan biri bu ishlatilishi mumkin bo'lgan chastota chegarasi hisoblanadi. Hamma kuchaytirgichlar chiziqli va nochiziqli holatda ishlovchi kuchaytirgichlarga bo'linadi.

Chiziqli kuchaytirgichlarga chiqish signalining shakli kirish signali shakliga o'xshagan signal olish talabi qo'yiladi. Chiziqli holatda ishlovchi kuchaytirgichlarning asosiy ko'rsatkichlari amplituda xarakteristikasi (AX), amplituda-chastota xarakteristikasi (ACHX), amplituda-faza xarakteristikasi (AFX) dir.

ACHX ning turlicha bo'lishligiga qarab kuchaytirgichlar quyidagi sinflarga bo'linadi: o'zgarmas tok kuchaytirgichlari (O'TK); tovush chastota kuchaytirgichlari yoki past chastotali kuchaytirgichlar (TCHK); yuqori chastotali kuchaytirgichlar (YUCHK); keng polosali kuchaytirgichlar (KPK); tor polosali kuchaytirgichlar (TPK) (3.25-rasm).



3.25-rasm. Kuchaytirgichlarning sinflarga bo'linishi.

O'zgarmas tok kuchaytirgichlari, keng polosali va tanlov kuchaytirgichlari hisoblanib, analog mikroelektron apparatura-larining asosiy elementlari hisoblanadi. Bu kuchaytirgichlar sekin o'zgaruvchan chastotasi $f=0 \text{ Hz} \div 18 \text{ Hz}$ signallarni kuchaytirib berishga mo'ljallangan. Tibbiyot sohasida ishlatiladigan elektr asboblarda va uzatgichlar yordamida kichik signallarni kuchaytirishda, hamda fotouzatgich, termouzatgich va shu kabi kuchsiz, sezilarsiz signallarni kuchaytirishda qo'llaniladi. Bu kuchaytirgichlarning yuklamasiga elektromagnit rele, cho'lg'amli lamp va elektr o'lchov asboblari kiradi.

Past chastotali kuchaytirgichlar asosan tovush chastotasi $f=16\text{Hz} \div 20\text{kHz}$ bo'lgan tovush signallarni kuchaytiradi. Bu kuchaytirgich radiotexnikada, tovushni kuchaytirish sohalarida keng ishlatiladi. Tovush chastotasini qabul qiluvchi manbalar, mikrofon, magnit boshcha hamda radio va televideniye qurilmalarini signal qabul qiluvchi joylarida (antenna ulanadigan joy) qo'llaniladi. Bunday kuchaytirgichning yuklamasi bo'lib radiokarnay, telefon, magnetofon tovushni yozib olish qurilmasi, ossillograf va boshqa elektron qurilmalar hisoblanadi.

O'ta yuqori chastotali va keng polosali kuchaytirgichlar keng qamrovli kuchaytirgichlar hisoblanib, bunday rusumdagi kuchaytirgichlar keng spektrli chastotalarni kuchaytirish uchun mo'ljallan-

gan. Masalan, ossillograflar yordamida tadqiq etiladigan keng qamrovli signallar, yoki o'ta yuqori chastotali (O'YUCH diapazon) signallarni talab etilgan darajada kuchaytirib beradi. Detsimetrli to'liqlarlarda ishlaydigan barcha televideniye qurilmalarida foydalaniladi.

Tor polosa kuchaytirgichlari faqatgina past chastotada emas, yuqori chastotalarda filtr sifatida kerakli diapazondagi to'liqlarni ajratib olish uchun ishlatiladi. Shuning uchun, bu kuchaytirgichlar rezonansli kuchaytirgichlar ham deyiladi. Bajarayotgan vazifasiga qarab kuchaytirgichlar dastlabki kaskadda ishlovchi kuchaytirgichlarga va chiqish kuchaytirgichlariga bo'linadi. Dastlabki kaskadda ishlovchi kuchaytirgichlar kuchlanishni oshirish uchun ishlatilsa, chiqish kuchaytirgichlari quvvatni oshirish uchun xizmat qiladi.

Kuchaytirgich xossalari ifodalash maqsadida:

$$\text{kuchlanish bo'yicha: } K_U = \frac{U_{chiq}}{U_{kir}} \quad (3.6)$$

$$\text{tok bo'yicha: } K_I = \frac{I_{chiq}}{I_{kir}} \quad (3.7)$$

$$\text{quvvat bo'yicha: } K_P = \frac{P_{chiq}}{P_{kir}} \quad (3.8)$$

kuchaytirish koefitsiyentlari qo'llaniladi. Kuchaytirgichlar turli kuchaytirish koefitsiyenti qiymatlariga ega bo'lishi mumkin, lekin doim $K_p > 1$ bo'ladi.

Kuchlanish bo'yicha kuchaytirish koefitsiyenti detsibellarda (dB) o'lchanadi va quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$K_U = 20 \lg \frac{U_{chiq}}{U_{kir}} = 20 \lg K_U \quad (3.8)$$

Agar ko'p kaskadli kuchaytirgichning kuchaytirish koefitsiyenti detsibellarda ifodalansa, u holda kuchaytirgichning umumiy kuchaytirish koefitsiyenti barcha kaskadlar kuchaytirish koefitsiyentlari yig'indisiga teng bo'ladi.

Kuchaytirgich o'zining kirish R_{kir} va chiqish R_{chiq} qarshiliklari bilan, kirish signali manbai – elektr yurituvchi kuch – Eg esa, ichki qarshilik R_G bilan xarakterlanadi. Agar kuchaytirgichda $R_{kir} \gg R_G$ bo'lsa, kuchaytirgich kirishidagi signal manbai E_G ga yaqin kuchlanish yuzaga keltiradi. Bunday rejim potentsial kirish deb, kuchaytirgichning o'zi esa kuchlanish kuchaytirgichi deb ataladi.

Agar $R_{kir} \ll R_G$ bo'lsa, chiqish kuchlanishi va signal manbai quvvati juda kichik bo'ladi. Bunday rejim tok kirishi, kuchaytirgichning o'zi esa tok kuchaytirgichi deb ataladi.

Quvvat kuchaytirgichida $R_{kir} \approx R_G$ bo'ladi, ya'ni kirish signali manba bilan muvofiqlashgan bo'ladi.

R_{chiq} va kuchaytirgich yuklama qarshiligi R_{yu} qiymatlari nisbatlarini kuchlanish kuchaytirgichi ($R_{chiq} \ll R_{yu}$), tok kuchaytirgichi ($R_{chiq} \gg R_{yu}$) va quvvat kuchaytirgichi ($R_{chiq} \approx R_{yu}$) ga ajratish mumkin.

Bundan tashqari, o'zgarmas tok kuchaytirgichining yana bir parametri bo'lib nol dreyfi hisoblanadi. Nol dreyfi bu barqarorlikni buzuvchi ta'sirlar (kuchlanish manbai qiymatining tebranishi, temperatura va boshqalar) natijasida kuchaytirgich elementlari ish rejimlarining o'zgarishi bo'lib, natijada kuchaytirgich chiqishida soxta signal yuzaga keladi.

Kuchaytirgich odatda signalni kuchaytirishdan tashqari uning shaklini ham o'zgartiradi. Kirish va chiqish signallari shaklining normadan og'ishi – buzilishlar deb ataladi. Ular ikki turda bo'lishi mumkin: nohiziqli va chiziqli.

Barcha kuchaytirgichlar volt-ampere xarakteristikalarini (VAX) nohiziqli bo'lgan tranzistorlardan tashkil topadi. Bipolyar tranzistor VAXsi to'g'ri chiziqli emas, balki eksponenta shakliga ega. Shu sababli, sinusoidal shaklga ega bo'lgan kirish signali kuchaytirilganda, chiqishdagi signal shakli qisman sinusoidal ko'rinishga ega bo'ladi. Chiqish signali spektrida kirish signalida mavjud bo'lmagan boshqa chastotaga ega bo'lgan tashkil etuvchilar (garnikalar) paydo bo'ladi. Bu turdagi buzilishlar nohiziqli deb ataladi.

Agar kuchaytirgichning uzatish xarakteristikasi matematik funksiya ko'rinishida ifodalangan bo'lsa, nohiziqli buzilishlarni analitik usulda hisoblash mumkin. Uzatish xarakteristikasi (3.26, a – rasm) deganda o'zgarmas chastotadagi chiqish signali amplitudasi

U_{chiq} ning, kirish signali amplitudasi U_{kir} ga bog'liqligi tushuniladi. Nochiziqli buzilishlar koeffitsiyenti ko'p hollarda berilgan uzatish xarakteristikasidan grafik usulda aniqlanadi.

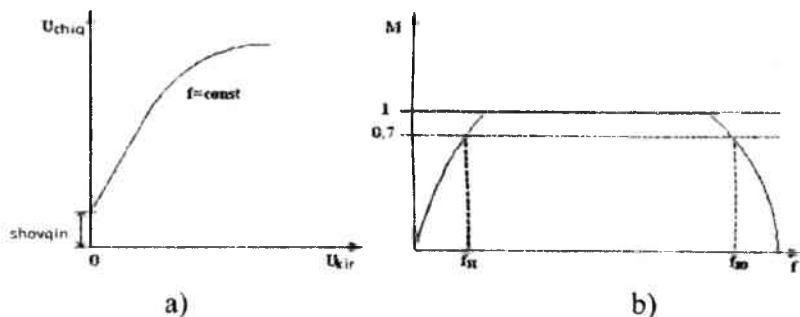
Chiziqli buzilishlar esa tranzistor parametrlarining chastotaga bog'liqligidan aniqlanadi. Kuchaytirgichning chastota xususiyatlari amplituda-chastota xarakteristikasi (ACHX) dan aniqlanadi. ACHX deganda kuchaytirish koeffitsiyentining chastotaga bog'liqligi tushuniladi. Ideal ACHX gorizontal chiziq hisoblanadi. Real ACHX esa kamayuvchi sohalarga ega bo'ladi. 3.26,b – rasmda normallashtirilgan ACHX keltirilgan, ya'ni,

$$M(f) = \frac{K(f)}{K_0}$$

bu yerda K_0 – nominal kuchaytirish koeffitsiyenti, ya'ni kuchaytirish koeffitsiyenti o'zgarmas bo'lgan chastota sohalari. Odatda chastota buzilishlarining ruxsat etilgan koeffitsiyent kattaligi 3 dB dan oshmaydi. $\Delta f = f_{yu} - f_p$ kattaligi kuchaytirgichning o'tkazish polosasi deyiladi.

O'zgarmas tok kuchaytirgichlari tok va kuchlanishning nafaqat o'zgaruvchan, balki o'zgarmas tashkil etuvchilarini ham kuchaytirishga mo'ljallangan qurilmalar hisoblanadi. Bunday kuchaytirgichlarning past chastotasi nolga teng ($f_p = 0$), yuqori chastotasi esa juda katta (f_{yu} - bir necha o'n MHz) bo'ladi. O'zgarmas tok kuchaytirgichlarining turlari ko'p (differensial, operatsion kuchaytirgichlar, signal o'zgartiruvchi kuchaytirgichlar va boshqalar).

Integral keng polosali kuchaytirgichlar berilgan past chastota f_p dan yuqori chegaraviy chastota f_{yu} gacha bo'lgan keng chastota diapazonidagi signallarni kuchaytiradilar. Keng polosali kuchaytirgichlarga qo'yiladigan asosiy talab - kirish signalini f_p dan f_{yu} gacha diapazonda berilgan kuchaytirish koeffitsiyentida bir tekis kuchaytirishdan iborat. Bu vaqtda f_p dan f_{yu} gacha oraliqdagi kuchaytirish koeffitsiyenti moduli 3 dB ($M(f) = 0,7$) dan oshmasligi kerak. f_{yu} chastota qiymati bir necha yuz megagersgacha yetishi mumkin.



3.26-rasm. Kuchaytirgichning a) uzatish xarakteristikasi va b) normallashtirilgan ACHX

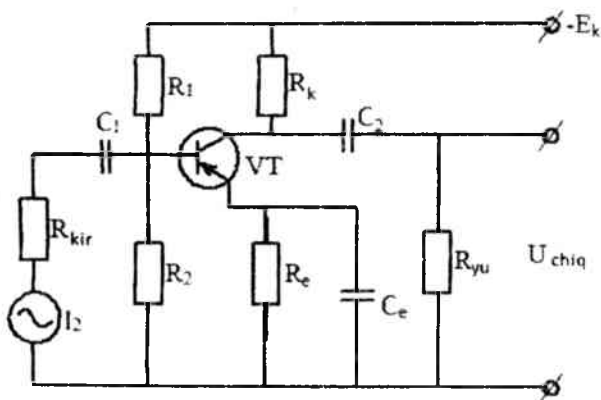
Tanlov kuchaytirgichlari (filtrlar) berilayotgan signallar majmuidan ma'lum chastota spektridagi sinusoidal shaklga ega bo'lganlarini tanlab, ularni kuchaytiradigan kuchaytirgichlar hisoblanadi. Tanlov kuchaytirgichlari maxsus shakldagi ACHX ga egadirlar.

Signalni kuchaytirish amalga oshiriladigan chastotalar oralig'i, o'tkazish polosasi deb ataladi. Signallar so'ndiriladigan chastota polosasi chegaralovchi chastota deb ataladi. O'tkazish va chegaralovchi chastotalarning o'zaro joylashishiga ko'ra quyidagi tanlov kuchaytirgichlari turlari mavjud: past chastota, yuqori chastota, polosali o'tkazuvchi, polosali chegaralovchi. Filtrlar RC zanjirlar va aktiv elementlar asosida amalga oshiriladi. Shuning uchun ular aktiv filtrlar deb ataladi.

Tranzistorlardan kuchaytirgichlar sifatida foydalanishni ko'rib chiqamiz (3.27-rasm). Kuchaytirgichni hosil qilgan tranzistor ochiq yoki yopiq holatda bo'lmisligi kerak, faqat qisman ochiq bo'lishi kerak. Bunday holatni ta'minlash uchun tranzistorning bazasiga unchalik katta bo'lmagan kuchlanish beriladi. Bu protsedura tranzistordagi siljish deb ataladi. 3.27-rasmda tranzistorni siljishini ta'minlash uchun uning bazasiga kuchlanish bo'luvchisi sxemasi bo'yicha ulangan R_1 , R_2 rezistorlar qo'shilgan. Qarshiliklar shunday tanlanadiki, bo'luvchining o'rtasidagi nuqtada kuchlanish tranzistorni yoqish va tranzistor orqali tok oqishi uchun yetarli bo'lishi kerak.

Bu kuchaytirgich tokni ham, kuchlanishni ham kuchaytirish imkoniyatiga ega. Kuchaytirish kaskadining asosiy zanjiri tranzistor

(VT), qarshilik R_k va manba E_k dan iborat bo'lib, qolgan elementlar yordamchi sifatida ishlatiladi. C_1 kondensator kirish sig'imini o'tkazmaydi, tranzistor bazasi U_b va R_2 qarshilikka bog'liq bo'lmaydi.



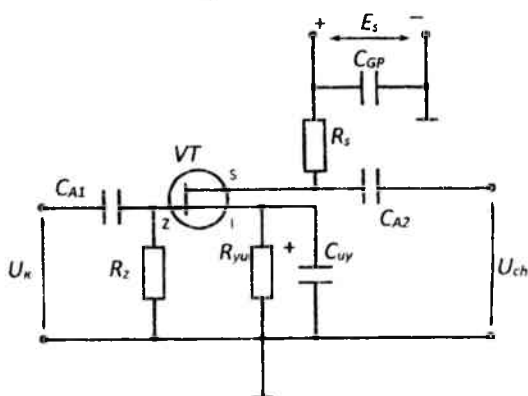
3.27-rasm. Bir taktli kuchaytirgich

Kondensator C_2 iste'molchi zanjiriga chiqish kuchlanishni o'tkazish uchun xizmat qiladi. R_1 va R_2 rezistorlar kuchlanish buluvchilar bo'lib, kaskadning boshlang'ich holatini ta'minlab beradi. Kaskadning chiqish kuchlanishi $U_{chiq} = i_k R_n$, kirish kuchlanishi $U_{kir} = i_b R_{kir}$, bu yerda R_{kir} – tranzistorning kirish qarshiligi. Tok $i_k \geq i_b$ va qarshilik $R_n \geq R_{kir}$ bo'lgani uchun sxemaning chiqishida kuchlanish katta bo'ladi.

Tranzistor bazasidagi siljish tranzistorning kuchaytirish yoki kalit rejimida qo'llanilishidagi asosiy farq hisoblanadi. Tranzistorni elektron kalit sifatida qo'llashda, uni yoqilgan yoki o'chirilgan holati kuzatiladi. Signallarni kuchaytirish uchun tranzistor bazasiga, uni qisman ochiq holatida bo'lishini ta'minlashi uchun, siljish kuchlanishi beriladi.

Maydon tranzistoridan aktiv element sifatida foydalanilgan, chiziqli yuklamasi rezistiv bo'lgan kuchaytirish qurilmasining sxemasi 3.28-rasmda keltirilgan. Kirishdagi boshqaruv signali ajratuvchi kondensator S_{AJ} , orqali tranzistor zatvoriga beriladi. Bu signal ta'sirida $S-U$ zanjiridan o'tayotgan tok qiymati o'zgaradi va $R_s = R_{yu}$ qarshiligida kuchlanish hosil bo'ladi. Kirish signalining oz

miqdorda o'zgarishi stok tokining katta miqdorda o'zgarishiga, natijada R_{yu} dagi kuchlanish ham unga proporsional o'zgarishiga olib keladi. Bu maydon tranzistori yordamida kuchlanish bo'yicha kuchaytirish amalga oshirilganini bildiradi. $R_s = R_{yu}$ yuklamadagi kuchlanish chiqish kuchlanishi U_{ch} deb hisoblanadi.



3.28-rasm. Maydon tranzistori asosidagi kuchaytirgich

Kuchaytirish qurilmasining elektr ta'minoti doimiy kuchlanishi E_s bo'lgan manba hisobidan bajariladi. U tranzistor stokiga R_s qarshilik orqali beriladi. Shunday qilib, R_s qarshilik ikkita vazifani, ya'ni tranzistorni elektr manbai bilan ta'minlash va yuklama vazifasini bajaradi.

S_{A1} kondensatori doimiy kuchlanishni tranzistor zatvoriga berilishini, S_{A2} kondensatori esa, tranzistor stokidagi doimiy kuchlanishni kuchaytirish qurilmasidan keyingi qurilmalarga tushmasligini ta'minaydi. S_{A1} va S_{A2} kondensatorlarida yo'qotishlar kam bo'lishi uchun ularning sig'imlarini katta qilib tanlanadi.

Kuchaytirish qurilmasi sxemasida alohida siljish kuchlanishi manbai yo'q, chunki tranzistor VAX ning kerakli qismida ish nuqtasini o'rnatuvchi kuchlanish uning istokiga ulangan R_{yu} qarshiligidan o'tayotgan tok hisobiga hosil bo'ladi. Bu rezistor orqali stok toki o'tadi va 3.26-rasmda ko'rsatilgandek, musbat kuchlanishi istokka, manfiy kuchlanish esa umumiy simga ulanadi. Manfiy potensial R_c

qarshilik orqali zatvorga beriladi. Shunday qilib, tranzistorning zatvor-istok qismiga manfiy siljish kuchlanishi beriladi. Bu kuchlanish avtomatik siljish kuchlanishi, yoki avtosiljish kuchlanishi deb ataladi, chunki u stok tokining doimiy tashkil etuvchisi hisobiga hosil bo'ladi. Stok tokining o'zgaruvchan tashkil etuvchisi R_s ga parralel ulangan katta sig'imli kondensator S_{yu} orqali umumiy simga o'tib ketadi.

R_{yu} qarshilikdan stok tokining foydali o'zgaruvchan tashkil etuvchisi o'tishi natijasida, doimiy kuchlanish bilan birga qisman o'zgaruvchan kuchlanish ham hosil bo'ladi. Siljish kuchlanishining bu o'zgaruvchan tashkil etuvchisi tranzistor zatvoriga kirish signali U_k fazasiga teskari fazada beriladi va uni qisman kuchsizlantiradi, natijada manfiy teskari bog'lanish paydo bo'ladi. Bu teskari bog'lanish ta'siri C_{GP} kondensatori sig'imiga bog'liq bo'lib, teskari bog'lanishli kondensatorning o'zgaruvchan tokka qarshiligi $\frac{1}{\omega C_{GP}}$ ni R_{yu} rezistor qarshiligiga nisbatan juda kamligini ta'minlash orqali erishiladi.

Kuchaytirilgan kuchlanish – U_{ch} tranzistor stoki va umumiy ulanish simi orasida hosil bo'ladi, ya'ni bir uchi stokka ikkinchi uchi o'zgaruvchan tok uchun umumiy simga ulangan $R_s = R_{yu}$ qarshiligida olinadi. Stok tokining o'zgaruvchan tashkil etuvchisini umumiy ulanish simiga o'tishni katta sig'imli C_{GP} kondensatori ta'minlaydi. Bunda stok toki foydali-o'zgaruvchan tashkil etuvchisi elektr manbai E_s ichki qarshiligidan o'tmaydi.

Kuchaytirish qurilmasining ishlash tamoyilini vaqt diagrammalari yordamida ko'rib chiqamiz (3.29-rasm).

Tranzistor zatvori va istoki orasidagi kuchlanish ikki tashkil etuvchidan, ya'ni doimiy kuchlanish va kirish kuchlanishi U_k dan iborat (3.29,a-rasm), ya'ni:

$$U_{zi} = -E + U_{kmax} \sin \omega_0 t. \quad (3.9)$$

Kirish signali chiziqli rejimda kuchaytirilganda stok toki zatvoridagi kuchlanishga proporsional bo'ladi (3.29,b-rasm):

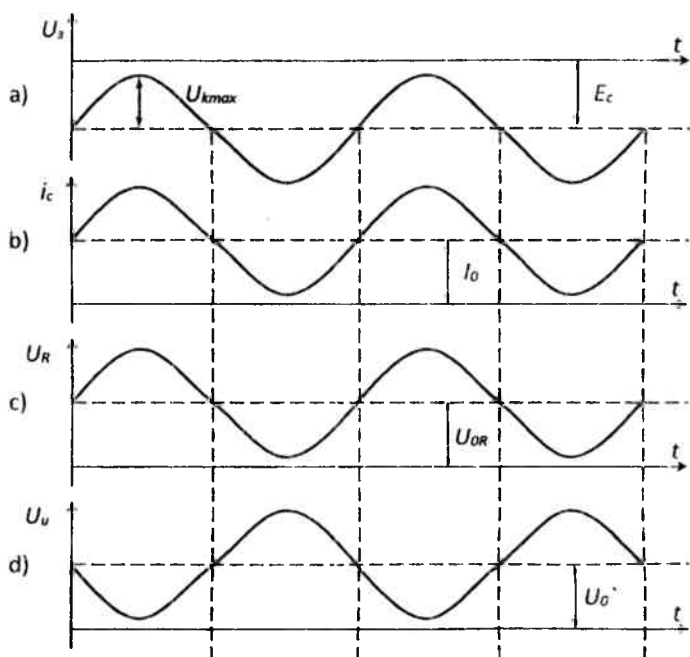
$$i = I_0 + I_m \sin \omega_0 t. \quad (3.10)$$

Om qonuniga asosan $R_s = R_{yu}$ yuklamadagi kuchlanish stok toki i_s ga proporsional (3.29,c-rasm)

$$U_R = U_f = U_{OR} + U_{mR} \sin \omega_0 t. \quad (3.11)$$

Yuklama R_{yu} dagi kuchlanishi U_R manba kuchlanishidan ayriladi, kuchlanishlarning bu farqi tranzistor stokidagi kuchlanishga teng bo'ladi (3.29, d-rasm).

$$U_T = U_0 - \sin \omega_0 t. \quad (3.12)$$



3.29-rasm. Kuchaytirish qurilmasining ishlash tamoyili vaqt diagrammalari

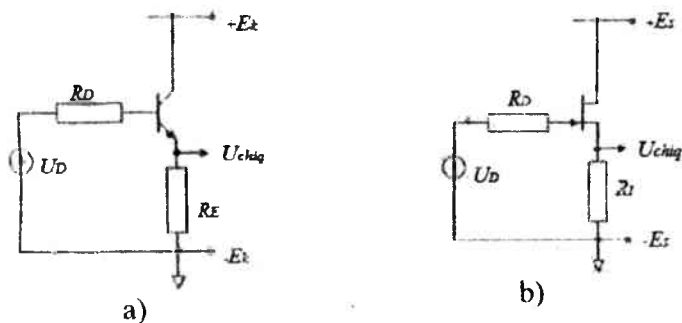
Bunda $U_0 = E_s - U_{OR}$ tranzistor stokidagi U_T kuchlanish amplitudasi, U_{mT} yuklamadagi kuchlanish amplitudasi U_{mR} ga teng. (3.12) ifodadagi manfiy belgi, chiqish kuchlanishi U_{ch} ning fazasi kirish kuchlanishi U_k fazasiga teskariligini bildiradi, ya'ni umumiy istokli maydon tranzistorli kuchaytirgich kirish signali fazasini 180° ga aylantiradi.

3.4. Bir kaskadli va ko'p kaskadli kuchaytirgichlar

Bir kaskadli kuchaytirgichlar ichida eng ko'p tarqalgan turlari bo'lib kuchlanish takrorlagichlari, tok takrorlagichlari va kuchlanish kuchaytirgichlari hisoblanadi.

Kuchlanish takrorlagichlari deb kuchlanish bo'yicha kuchaytirish ko'effitsiyenti $K=1$ bo'lgan kuchaytirgichlarga aytiladi. Bunday kuchaytirgichlar kuchlanishni ko'paytirmaydi, lekin ular tok va quvvat bo'yicha yuqori kuchaytirish ko'effitsiyentiga ega hisoblanadilar. Kuchlanish takrorlagichlari turli tranzistorlar, elektron lampalar va operatsion kuchaytirgichlar asosida yaratilishi mumkin. Bipolyar (umumiy emitter) va maydonli (umumiy istokli) tranzistorlar asosida yaratilgan oddiy kuchlanish takrorlagichning sxemasi 3.30-rasmda ko'rsatilgan.

Sxemada chiqish signali tranzistorning emitteridan (istokidan) olingani uchun, bu sxema emitter takrorlagichi (istokli takrorlagich) deb ataladi. Bunday qurilmalar kuchlanish bo'yicha musbat teskari bog'lanishga ega bo'lib, teskari bog'lanish chiqish zanjiridagi kuchlanish kirish zanjiriga kelib tushishi bilan yuzaga keladi.



3.30-rasm. Oddiy kuchlanish takrorlagich sxemasi:

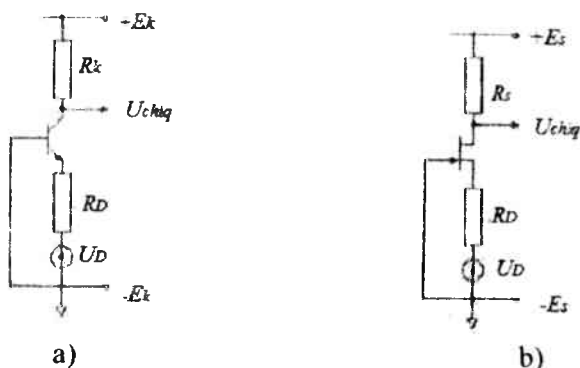
a) emitter takrorlagich, b) istokli takrorlagich

Bu teskari bog'lanish signali kaskadga kelib tushib uning chiqishida teskari fazali kuchlanishga aylanadi va U_D kuchaytiriladigan signal ta'sirida chiqishda yuzaga keladi. Kuchlanish bo'yicha manfiy teskari bog'lanish takrorlagichning kirish qarshiligini oshishiga

va chiqish qarshiligining chiqish qarshiligini pasayishiga olib keladi. Bu xususiyat past omli yuklanish bilan ishlashda juda muhim hisoblanadi. Bunday aloqa yana, atrof-muhit ta'sirlarida kuchlanish takrorlagichida yuzaga keladigan o'zgarishlarni stabillovchi vosita bo'lib ham hisoblanadi. Kuchlanish takrorlagichlari kuchaytirgichlarga nisbatan juda keng o'tkazish polosasiga ega bo'ladi.

Tok takrorlagichlari deb tok bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyenti $K=1$ bo'lgan kuchaytirgichlarga aytiladi. Bunday kuchaytirgichlar tokni ko'paytirmaydi, lekin ularda kuchlanish va quvvat bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyenti juda yuqori bo'ladi. Tok takrorlagichlari turli tranzistorlar, elektron lampalar va operatsion kuchaytirgichlar asosida yaratilishi mumkin.

Tok takrorlagichlari sifatida umumiy bazali (umumiy zatvorli) kaskadlardan foydalaniladi. Ular ham kuchaytiruvchi kaskadlar hisoblanadi, lekin ularda manfiy teskari bog'lanish kuchlanish bo'yicha emas, balki tok bo'yicha amalga oshiriladi. Bu aloqa kaskadning chiqish toki hisoblangan, kuchaytirilayotgan signal generatori R_D - ichki qarshiligining kuchlanish tushishi ta'sirida yuzaga keladi (3.31-rasm).



3.31-rasm. Oddiy tok takrorlagichlar sxemasi:

a) emitter takrorlagich, b) istokli takrorlagich

Sxemadagi teskari bog'lanish kaskaddagi tok parametrlarini stabilash va chiqish qarshiligini oshishini ta'minlaydi. Lekin bu bog'lanish tok bo'yicha kuchaytirishni amalga oshirmaydi, shuning uchun quvvat faqatgina R_D qarshilik R_k kollektor va R_s stok qarshi-

liklaridan kam bo'lgan hollarda yuzaga keladigan kuchlanishning kuchayishi hisobiga kuchaytiriladi.

Tok bo'yicha takrorlagichlarning asosiy xususiyatlari bo'lib ular kichkina kirish qarshiligiga ega ekanligi hisoblanadi. Ularda yuqori chastota sohalarida o'tkazish polosalari, kuchaytirish kaskadlariga nisbatan katta bo'ladi.

Differensial kuchaytirgichlar. Differensial kuchaytirgich (DK) deb ikki kirishga ega bo'lgan kuchaytirgichga aytiladi. Uning chiqishidagi signal kirish signaliari farqiga proporsional bo'ladi.

3.32-rasmda sodda simmetrik DK sxemasi keltirilgan. Kuchaytirgich ikkita simmetrik yelkaga ega bo'lib, birinchi yelka VT1 tranzistor va R_{K1} rezistordan, ikkinchi yelka esa VT2 tranzistor va R_{K2} rezistordan tashkil topgan.

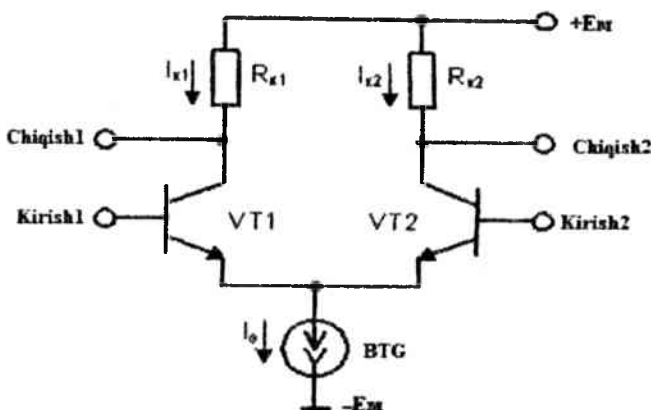
Sxemaning dastlabki ish rejimi I_E toki yordamida ta'minlanadi. Bu tokning barqarorligi esa barqaror tok generatori (BTG) tomonidan ta'minlanadi. Agar R_{K1} va R_{K2} qarshiliklar bir-biriga teng bo'lsa va VT1 tranzistor parametrlari VT2 niki bilan bir xil bo'lsa, u holda bu sxema simmetrik bo'ladi. Amaliyotda DKlarning to'rtta ulanish sxemalarining ixtiyoriy birdan foydalanish mumkin: simmetrik kirish va chiqish, simmetrik kirish va nosimmetrik chiqish, nosimmetrik kirish va simmetrik chiqish, nosimmetrik kirish va chiqish.

Simmetrik kirishda kirish signali manbai DK kirishlari orasiga (tranzistorlarning bazalari orasiga) ulanadi. Simmetrik chiqishda yuklama qarshiligi DK chiqishlari oralig'iga (tranzistorlarning kollektorlari orasiga) ulanadi.

Shuni ta'kidlash kerakki, DK kuchlanishlari qiymati (moduli bo'yicha) bir-biriga teng bo'lgan ikkita manbadan ta'minlanadi. Ikki qutbli manbadan ta'minlanish sokinlik rejimida umumiy shinagacha tranzistor baza potentsiallarini kamaytirishga imkon beradi. Bu holat DK kirishlariga signallarni qo'shiincha sath siljitish qurilmalarini kiritmasdan uzatishga imkon yaratadi.

Ikkala yelka ideal simmetrikligida kirish signallari mavjud bo'lmaganda ($U_{kir1}=0$, $U_{kir2}=0$) kollektor toklari va tranzistorlarning kollektor potentsiallari bir xil bo'ladi, chiqish kuchlanishi esa $U_{chiq1,2}=0$ bo'ladi. Sxema simmetrik bo'lganligi sababli, tranzistor xarakteristikasining sabablarga bog'liq bo'lmagan ravishda ixtiyoriy o'zgarishi, ikkala yelka toklarinig bir xil o'zgarishiga olib keladi.

Shu sababli sxema balansi buzilmaydi va *chiqish kuchlanishi dreyfi* deyarli nolga teng bo'ladi.



3.32-rasm. Simmetrik differensial kuchaytirgich sxemasi

DK ikkala kirishiga fazasi va amplitudalari bir xil bo'lgan signal (sinfaz signal) berilsa $U_{kir1} = U_{kir2}$, yelkalarining simmetrikligi va BTGning mavjudligi tufayli kollektor toklari o'zgarmaydi va ular o'zgarishsiz va bir - biriga tengligicha qoladi.

$$I_{K1} = I_{K2} = 0,5\alpha I_0 \quad (3.13)$$

bu yerda α - emitter tokining uzatish koeffitsiyenti.

Demak, kollektor potentsiallari tengligicha qoladi, chiqish kuchlanishi esa $U_{chiq} = U_{k1} - U_{k2} = 0$ bo'ladi. Bu degani, ideal DK sinfaz kirish signallariga sezilarisiz hisoblanadi.

Agar kirish signallari amplitudasi bo'yicha bir xil, lekin fazalari qarama-qarshi bo'lsa, u holda ular *differensial* deb ataladi.

Differensial signal ta'siri natijasida bir yelkadagi tok ikkinchi yelkadagi tok kamayishi hisobiga ortadi, yani $\Delta I_{E1} = -\Delta I_{E2}$ chunki toklar yig'indisi doim ΔI_E ($\Delta I_{E1} + \Delta I_{E2} = \Delta I_E$). Birinchi tranzistor kollektorining potentsiali kamayadi, ikkinchisining ham xuddi shu

qiymatga kamayadi. DK chiqishida potensillar farqi hosil bo'ladi, demak, chiqish kuchlanishi quyidagiga teng bo'ladi:

$$U_{chiq1,2} = U_{chiq1} - U_{chiq2}.$$

Ideal DKlarda sinfaz signallarni yo'qolishi natijasida nol dreyfi mavjud bo'lmaydi. Turli harorat o'zgarishlari, shovqinlar va boshqa xalallar sinfaz signallar bo'lishi mumkin. Real DKlarda yelkalarining absolyut simmetriyasiga erishish mukiin emas, shuning uchun nol dreyfi mavjud bo'lib, u juda kichik qiymatga ega bo'ladi. Differensial kirishda, ya'ni kirish simmetrik bo'lganda, DK kirish qarshiligi sxemaning chap va o'ng yelkalari kirish qarshiliklari yig'indisiga $R_{kir1} + R_{kir2}$ teng bo'ladi, chunki bu qarshiliklar signal manbaiga nisbatan ketma-ket ulanadi.

Differensial kuchaytirgichning kuchaytirish koeffitsiyenti kirish signallar generatorining ulanishi va chiqish signalining o'lchanish usuliga bog'liqdir.

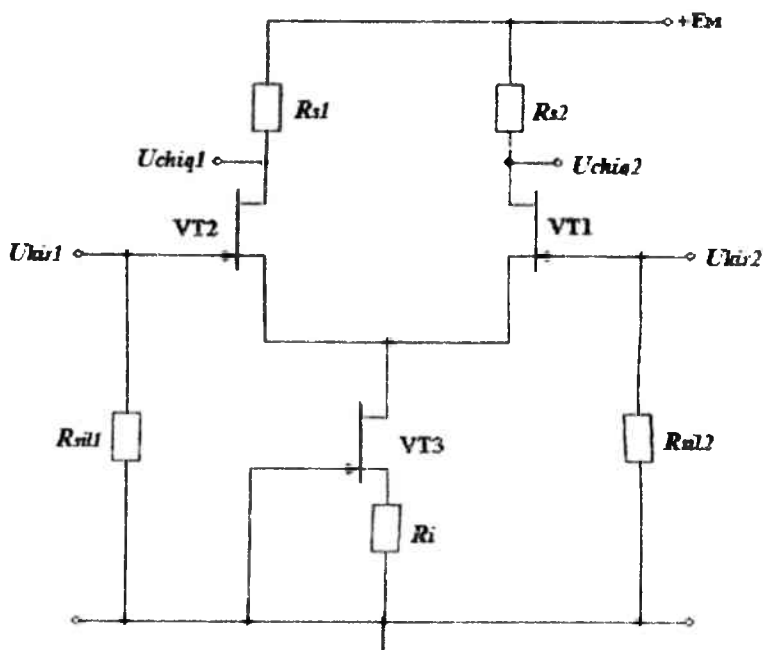
DK kuchaytirish koeffitsiyenti simmetrik kirishda ham, nosimmetrik kirishda ham bir xil bo'ladi.

Nosimmetrik chiqishda yuklama qarshiligining bir uchi tranzistor kollektoriga, ikkinchi uchi bilan esa – umumiy shinaga ulanadi. Bu vaqtda kuchaytirish koeffitsiyenti K_U simmetrik chiqishdagiga nisbatan 2 martaga kichik bo'ladi.

Yuklama qarshiligi ikkinchi chiqish va umumiy shina oralig'iga ulangan bo'lsin. Agar kirish signali 1 kirishga uzatilsa, u holda chiqish signali fazasi kirish signali fazasiga mos keladi. Bu vaqtda 1 kirishga "inverslamaydigan" kirish nomi beriladi. Agar kirish signali 2 kirishga uzatilsa, u holda chiqish va kirish signallari fazasi bir-biriga qarama-qarshi bo'ladi va 2 kirish "inverslaydigan" kirish deb ataldi.

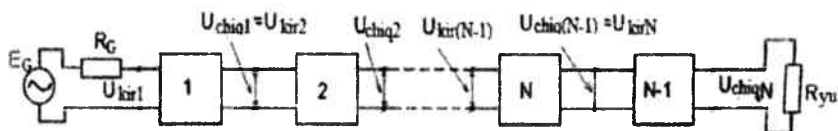
Kichik kirish toklariga ega bo'lgan maydon tranzistorlarini qo'llash natijasida differensial kuchaytirgich kirish qarshiligini sezilarli oshirish mumkin. Bu vaqtda $p-n$ bilan boshqariladigan maydonli tranzistorlarga katta e'tibor qaratiladi. $p-n$ bilan boshqariladigan, kanali n – turli maydonli tranzistorlarda bajarilgan DK sxemasi 3.33 – rasmda keltirilgan. Barqaror tok generatori VT3 va R_f da

bajarilgan. R_{SIL1} i R_{SIL2} rezistorlari VT1 va VT2 tranzistor zatvorlariga boshlang'ich siljishni berish uchun mo'ljallangan.



3.33-rasm. Maydon tranzistorlarda bajarilgan DK sxemasi

Ko'p kaskadli kuchaytirgichlar. Hozirgi zamon murakkab elektron qurilmalarining tarkibiy qismini ko'p kaskadli kuchaytirgichlar tashkil etadi. Agarda signallarni kuchaytirilganda, kuchaygan signal yetarli bo'lmasa unda kuchaytirgichlarni bir nechtasini ketma ket ulab kerakli signalni olish mumkin bo'ladi (3.34-rasm).



3.34-rasm. Ko'p kaskadli kuchaytirgich sxemasi

Kuchaytirgichlarni yagona bir zanjirga ulab ishga tushirish juda murakkab jarayondir. Hozirda eng mukammal va keng foydalalanadigan universal ko'p kaskadli kuchaytirgichlar yaratilgan bo'lib, ular har xil elektron qurilmalar tarkibiga kiritilgan bo'lib o'zgarmas va o'zgaruvchan signallarni kuchaytiradi.

Bunday qurilmalar maxsus texnologik jarayon asosida integral mikrosxemalar ko'rinishida tayyorlanadi. Bunda ko'p kaskadli kuchaytirgichlar integral sxemalarni ketma-ket ulanib hosil qilinadi. Ammo bu tor polosali kuchaytirgichlarda qo'l kelmaydi, chunki u yerda bog'lanishga transformator ham qo'shiladi. Integral sxemalarni hosil qilishda esa sig'im ham ishlatiladi ammo u osma ravishda ishlatiladi.

Kaskadlarni bir biriga bog'lashda sig'imlar OCHK larda, YUCHK larda va KPK larda ishlatiladi. Ko'p kaskadli kuchaytirgichlarda birinchi kaskadning chiqish kuchlanishi keyingi kaskadning kirish signali bo'lib xizmat qiladi. Yuk esa keyingi kaskadning kirish qarshiligi hisoblanadi. Ko'p kaskadli kuchaytirgichning kuchlanish bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyenti

$$K_U = \frac{U_{yu}}{E_g} = \frac{U_{chiq}}{E_g} \cdot \frac{U_{chiq2}}{U_{kir2}} \dots \frac{U_{chiqN}}{U_{kirN}} = K_{U1} K_{U2} \dots K_{Un} \quad (3.14)$$

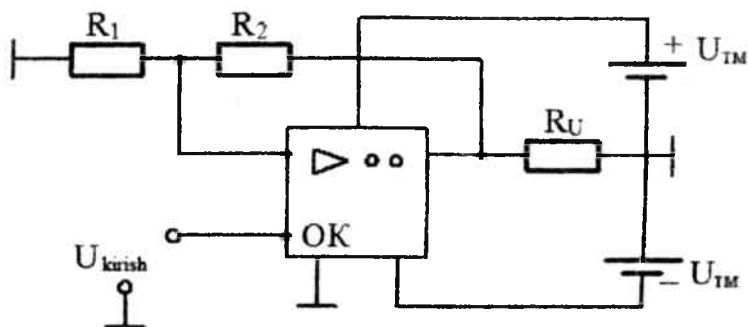
Ko'p kaskadli kuchaytirgichlarda ular orasidagi bog'lanish transformator orqali, sig'im orqali va to'g'ridan to'g'ri bo'ladi. Ko'p kaskadli kuchaytirgichlarning asosiy xarakteristikalar bo'lib amplituda, amplituda – chastota va amplituda – faza xarakteristikalaridir.

Signallarni kuchaytirish, o'zgartirish, ularga ishlov berish, shakllantirish va generatsiya qilishga mo'ljallangan universal ko'p kaskadli kuchaytirgichlar integral operatsion kuchaytirgichlardan foydalanib yaratilmoqda. Ular universal, ko'pfunksiyali mikrosxemalar hisoblanib, yarim o'tkazgichli monolit kremniy plastinasi asosida, bir necha kvadrat millimetrlarda o'nlab tranzistor, rezistor va unchalik katta bo'lmagan hajmga ega kondensatorlardan tashkil topadi. Integral operatsion kuchaytirgichlar (IOK) kirish kaskadi, kuchaytirishga mo'ljallangan oraliq kaskadlar va kuchaytirish

uchun kaskadlar orasini bevosita bog'lovchi chiqish kaskadidan tashkil topadi.

Barcha ishlab chiqarilayotgan IOKlarning ko'pchiligining kirishiga differensial kuchaytirgich ulanadi, bu esa kuchaytirgich chiqishidagi potensialni stabiligini, sinfazali kuchlanishlarni yo'qotish orqali oshirish va ikkita kirishga egaligi sababli ularning funksional imkoniyatlarini ko'paytirish imkoniyatini beradi.

Oraliq differensial kaskadlar va kuchaytirish kaskadini kiritilishi, IOK kuchaytirish koeffitsiyentini yuqori bo'lishligini ta'minlaydi. Chiqish kaskadi ikkita ikki taktli kuchlanish takrorlagichlaridan tashkil topadi. Bu esa, IOK chiqishidagi qarshilikni kamaytirib, quvvatli va past omli yuklanishni uzatish imkoniyatini beradi.



3.35-rasm. Operatsion kuchaytirgichni sxemaga ulanishi

Ko'p kaskadli kuchaytirgichlar uy-ro'zg'or maishiy-madaniy va boshqa vazifalarni bajarishga mo'ljallangan elektron qurilmalarda qo'llaniladi. Operatsion ko'p kaskadli kuchaytirgichlarni ikkita kirish qismi bo'lib, birinchi kirish joyiga, kirish kuchlanishi va ikkinchi kirish joyiga R_1 va R_2 kuchlanish bo'luvchisi orqali chiqish kuchlanishni bir qismi beriladi (3.35-rasm).

Ko'p kaskadli operatsion kuchaytirgichlarda kirish signali va kuchlanish deyarli nolga tengdir. Operatsion kuchaytirgichlarni kuchlanish bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyenti juda yuqori bo'lishi mumkin. Ayrim hollarda bu katta koeffitsiyentni kamaytirishga to'g'ri keladi, bu vazifani kuchlanish bo'luvchi qarshiliklar bajaradi.

IOKlarda ikkita kirishning mavjudligi ulardan foydalanish sohalari kengaytiriadi.

Shu xususiyati va yuqori kuchaytirish koeffitsiyentiga egaligi, ular asosida juda ko'p chiziqli va nochiziqli elektron qurilmalarni, uning kirishiga mos bog'lovchi tashqi zanjirlarni ulash yo'li bilan yaratish mumkin.

Nazorat savollari

1. Radiokomponentlarning qanday guruhleri mavjud?
2. Passiv radiokomponentlarga nimalar kiradi va ular qanday vazifalarni bajaradi?
3. Aktiv radiokomponentlar qanday vazifalarni bajaradi?
4. Transformatorlar nima va ularning qanday turlari bor?
5. Elektron emissiya hodisasi nima va uning qanday turlarini bilasiz?
6. Yarim o'tkazgichii diod deb nimaga aytiladi va ularning qanday turlarini bilasiz?
7. Yarim o'tkazgichli diodlarda issiqlik toki nima?
8. Dioddagi baryer va diffuzion sig'im nima?
9. Yarim o'tkazgichli tranzistorlar deb qanday qurilmalarga aytiladi va ularning qanday turlarini bilasiz?
10. Tranzistorlarning qanday ulanish sxemalarini bilasiz?
11. Bipolyar tranzistorlar maydonli tranzistorlardan qanday farqlanadi?
12. Elektron kuchaytirgichlar nima va ularning qanday turlarini bilasiz?
13. Elektron kuchaytirgichlarda kuchaytirish koeffitsiyenti qanday aniqlanadi?
14. Bir kaskadli kuchaytirgichlarga qanday qurilmalar kiradi?
15. Differensial kuchaytirgich nima va uning asosiy vazifasi nimadan iborat?
16. Ko'p kaskadli kuchaytirgichlar qanday tashkil qilinadi?

4. RADIOELEKTRON ZANJIRLAR VA QURILMALAR

4.1. Chiziqli zanjirlar va ularning analiz usullari

Radiotexnik qurilmalarda va aloqa sistemalarida turlicha radiotexnik signallar va elektrik zanjirlar (EZ) bilan ishlashga to'g'ri keladi. Elektrik zanjirlarda radioelektron qurilmalarning bajaradigan vazifalarini amalga oshiruvchi jarayonlar kechadi.

Radiotexnik yoki elektrik zanjir deb, elektr tokni ishlab chiqarish, uzatish, qabul qilish, o'zgartirish va foydalanish uchun mo'ljallangan, o'zaro bog'langan elementlarning to'plamiga aytiladi. Zanjir uchastkalari va elementlari aktiv va passiv zanjirlar ko'rinishida bo'ladi. Aktiv elektr zanjirlari energiya manbasiga ega bo'ladi, passiv elektr zanjirlari esa energiya manbasiga ega bo'lmaydi.

Elektr zanjirlari elektrik sxemalar ko'rinishida bo'ladi. Elektrik sxema – bu elektr zanjirining grafikli tasviri bo'lib, tarkibiga elementlar va qurilmalarning shartli belgilarini va ularning o'rtasidagi bog'lanishlarni kiritadi. Elektr zanjirini analiz qilishda uni o'rinbosar sxema bilan almashtiriladi. O'rinbosar sxema – parametrlari o'rinbosar elementlar parametrlaridan olingan ideal elementlar yordamida yaratilgan elektr zanjiri tasviri hisoblanadi.

Elementlar parametrlariga qo'yilgan kuchlanish va oqayotgan tokga bog'liqligi bo'yicha zanjirlar uchta sinfga bo'linadi:

- doimiy parametrlil chiziqli zanjirlar;
- o'zgaruvchi parametrlil chiziqli zanjirlar yoki parametrik zanjirlar;
- nochiziqli zanjirlar.

Chiziqli zanjirlar (4.1-rasm) passiv va aktiv elementlardan tashkil topadi. Agarda elektr zanjiri elementlari (R , L va C) parametrlari doimiy bo'lsa, ya'ni vaqt davomida o'zgarmas va ulardan o'tayotgan tok, yoki kuchlanishga bog'liq bo'lmasa bunday zanjirlar chiziqli elektr zanjirlar deb ataladi. Masalan, qarshilik uchun Ohm qonuni asosidagi chiziqli bog'lanish $U=RI$, $I=U/R$ va $I=GU$

bajariladi. O'zgaruvchan tok o'tuvchi doimiy sig'inli kondensator uchun

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{d}{dt}(CU) = C \frac{dU}{dt} \quad \text{yoki} \quad U = \frac{1}{C} \int i dt, \quad (4.1)$$

bunda $q=CU$ zaryad Kulonda bo'lib q va U orasida chiziqli bog'liqlik mavjud hisoblanadi.

Elektr zanjirining oddiy belgilaridan biri bo'lib, u orqali sinusoida o'tsa, faqatgina uning amplitudasi va fazasi vaqt bo'yicha siljib, chastotasi o'zgarmay qoladi. Bu xususiyat chiziqli sistemalarni analiz qilish uslublarida, ya'ni kirishdagi va chiqishdagi signallarni garmonikalarga yoyishda (Furye analiz) juda kerakli hisoblanadi.

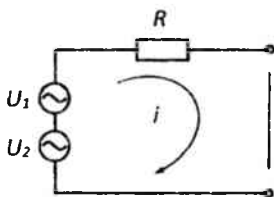
Funksional mo'ljallanishi bo'yicha chiziqli zanjirlar integrallovchi va differensiyalovchi zanjir va qurilmalarga, chastotali-tanlovchi zanjirlarga, chiziqli kuchaytirgichlar va filtrlarga bo'linadi. Radiotexnik qurilmalarda, zanjirlarda energiya sarf qilinishi hisobiga signal quvvatining kamayishi yuzaga keladi. Bunday sarflar asosan kuchaytirgichlar yordamida kompensatsiya qilinadi.

Turli shovqin va xalal signallar aralashmalari ichidan foydali signalni ajratib olish uchun rezonansli konturlar yoki ularning analoglari asosida yaratilgan chastotali-tanlovchi chiziqli zanjirlar kerak bo'ladi. Buning uchun berilgan chastota spektriga ega signallarni o'tkazuvchi yoki zaiflashtiruvchi filtrlardan foydalaniladi.

Chiziqli elektr zanjirlarga (CHEZ) nisbatan superpozitsiya prinsipini qo'llash mumkin, ya'ni CHEZ kirishiga bir necha sinal berilganda hosil bo'ladigan chiqish toki, har bir signal alohida – alohida berilgandagi chiqish toklari yig'indisiga teng. Masalan, CHEZ o'tayotgan tok qo'yilgan kuchlanish bilan $i=aU$ ifoda orqali bog'langan bo'lsin va $U_k=U_1+U_2$ bunda $i_{\Sigma}=a_1U_1+a_2U_2$ bo'ladi. Agar $U_2=0$ bo'lsa $i_1=aU_1$ bo'ladi va $U_1=0$ bo'lsa $i_2=aU_2$ va nihoyat $i_1+i_2=i_{\Sigma}=a_1U_1+a_2U_2$ ga teng bo'ladi (4.1-rasm).

Chiziqlilik tabiatning ajoyib xususiyati bo'lib, barcha qarshilik, sig'im, induktivlik va bog'lovchi simlardan tashkil topgan elektr zanjirlari chiziqli zanjirlarlar hisoblanadi. Demak, aloqa liniyalari fizik jihatdan chiziqli bo'lganligi uchun bitta o'tkazgichdan bir

vaqtda qarama-qarshi yo'nalishda ikkita signalni uzatish mumkin, lekin bunda o'zaro xalallar yuzaga kelmaydi.



4.1-rasm. Chiziqli elektr zanjiri

Xuddi shu fikrni yer yuzasi va kosmos fazosi uchun ham aytish mumkin, ya'ni turli tomonlarga tarqaluvchi juda ko'p elektromagnit tebranishlar manbalari (radiotexnik sistemalari uzatkichlari) mavjud bo'lib, ular bir-birlariga hech qachon xalal bermaydilar.

Elektr zanjirlarining chiziqliligi odatiy hol bo'lishiga qaramay, uni tabiatning universal xususiyati deb hisoblab bo'lmaydi.

Har bir signal sinfi uchun analogli, diskretli va raqamli zanjir yaratish mumkin. Bu zanjirlardan o'tuvchi signallar bir-birlaridan farqlanadi. Chiziqli radiotexnik zanjirlarning chiziqli elektr zanjirlardan farqi shundaki, radiotexnik zanjirlar radiochastota diapazonlari signallari bilan ishlash uchun mo'ljallangan bo'lib, tarkibida kuchaytiruvchi elementga ega bo'ladi. Bunday chiziqli zanjirlar elektr zanjirlardan farqli, uzatish, shakllantirish, bo'lish va filtrlash bilan bir qatorda kirish signalini chiziqli kuchaytirish imkoniyatiga ega hisoblanadi.

Chiziqli radiotexnik zanjirlar tuzilishi bo'yicha murakkab zanjirlar hisoblanadi. Ularni analiz qilish uchun klassik, operatorli, chastotali va integrallash uslublaridan foydalaniladi. Klassik uslub differensial tenglamalarni yechishga asoslangan bo'lib, impulsli signallarni chiziqli zanjirlardan o'tishini analiz qilish uchun qulay hisoblanadi.

Bu uslub juda oddiy, ko'rinalrli bo'lib, chiziqli zanjirda yuzaga keladigan jarayonlarni fizik jihatdan tasvirlaydi. Lekin uchinchi darajadan yuqori tartibli differensial tenglamalar orqali izohlangan zanjir va jarayonlarni analiz qilish juda murakkablashib ketadi. Agar

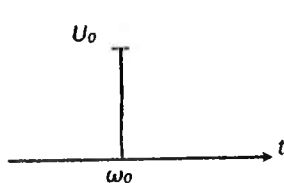
tuzilishi bo'yicha murakkab zanjirlarga spektral tarkibi bo'yicha murakkab signallar ta'sir ko'rsatsa, signallarni o'tishini analiz qilish uchun spektral va operatorli uslublarni, undan tashqari vaqt bo'yicha uslub hisoblangan integrallash uslubini qo'llash qulay hisoblanadi.

4.2. Nochiziqli va parametrik zanjirlar

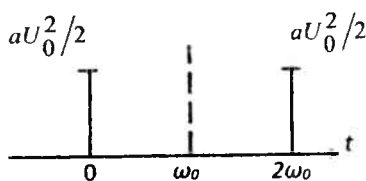
Signallarni nochiziqli kuchaytirish, modulyatsiyalash, demodulyatsiyalash, chieklash, generatsiya qilish, ko'paytirish, bo'lish va chastotani siljitish kabi signal spektrini o'zgartirish bilan bog'liq jarayonlar nochiziqli va parametrik zanjirlar yordamida amalga oshiriladi. Agar elektr zanjirida ko'rsatkichi kattaligi o'tayotgan tok qiymati yoki qo'yilgan kuchlanishga bog'liq biror-bir qarshilik, kondensator yoki induktivlik bor bo'lsa, bunday EZ nochiziqli elektr zanjir (NEZ) hisoblanadi. Bunda $R=F(u,i)$, $C=F(u)$ yoki $L=F(i)$ bo'ladi.

NEZga nisbatan superpozitsiya prinsipini qo'llash mumkin emas, chunki nochiziqli elementga bir vaqtda bir necha kirish signali berilgandagi chiqish toki, ular alohida-alohida berilganda paydo bo'ladigan toklar yig'indisiga teng bo'lmaydi.

Masalan: nochiziqli elementdan o'tayotgan tok undan o'tadigan tok bilan $i=aU^2$ ifoda shaklida bog'langan bo'lsin. Agar $U_k=U_1+U_2$ bo'lsa, $i_\Sigma=aU_1^2+aU_2^2+2aU_1U_2$ bo'ladi. Kirish signallari alohida-alohida berilsa $i_1=aU_1^2$ va $i_2=aU_2^2$ qiymatlarga ega bo'ladi, i_1 va i_2 toklarning yig'indisi $i_1+i_2 \neq i_\Sigma$ bo'ladi va farq $2aU_1U_2$ ga teng bo'ladi.



Kirish signali
spektri
(a)



Chiqish toki spektri
(b)

4.2-rasm. Kirish kuchlanishi va chiqish toki spektrlari

NEZ da yangi spektral tashkil etuvchilar hosil bo'ladi. Masalan, $i = aU^2$ va $U = U_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$ bo'lsa, tok dan iborat bo'ladi. Bunda tok o'zgarish tashkil etuvchi $aU_0^2/2$ va kirish signali ikkinchi garmonikasi bilan tebranuvchi tok tashkil etuvchisidan iborat bo'ladi. 4.2-rasmda kirish kuchlanishi va chiqish toki spektrlari keltirilgan.

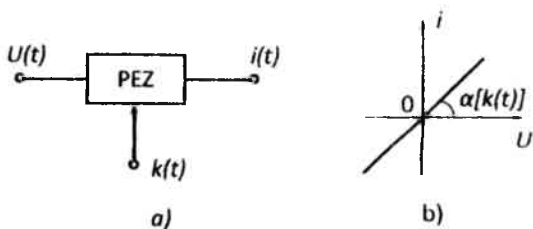
$$i = aU_0^2 \cos^2(\omega_0 t + \varphi_0) = aU_0^2/2 + aU_0^2/2 \cos(2\omega_0 t + 2\varphi_0) \quad (4.2)$$

NEZ dan signallar o'tganda tokning yangi spektral tashkil etuvchilari hosil bo'lishi radiotexnikada signallarni turlicha o'zgartirishda keng foydalaniladi.

Parametrik zanjirlar. Agarda elektrik zanjirdagi R , L , C elementlardan birortasining parametri, ya'ni qarshiligi, sig'imi yoki induktivligi vaqt bo'yicha o'zgarsa bunday zanjirlar parametrik elektr zanjirlar (PEZ) deb ataladi.

PEZ ikki ta'sir: kirish tebranish signali $U(t)$ va boshqaruvchi tebranish $K(t)$ ta'sirida bo'ladi (4.3-rasm). Bunda boshqaruvchi tebranish tok yoki kuchlanish bo'lishi shart emas. Boshqaruvchi tebranish elektrik, mexanik yoki issiqlik shaklida bo'lishi ham mumkin. PEZ uchun quyidagi matematik ifodani keltirish mumkin:

$$i(t) = K(t) \cdot U(t). \quad (4.3)$$



4.3-rasm. Parametrik elektr zanjirlarga ta'sirlar (a), uzatish ko'effitsiyenti K ning vaqt bo'yicha o'zgarishi (b).

Bu ifodadan tok kuchlanishga oniy bog'liqligi chiziqli bo'lib, bu bog'liqlik uzatish ko'effitsiyenti K ning vaqt bo'yicha o'zgarib turishi natijasida chiziqsiz bog'liq bo'lib qoladi. Uzatish ko'effitsi-

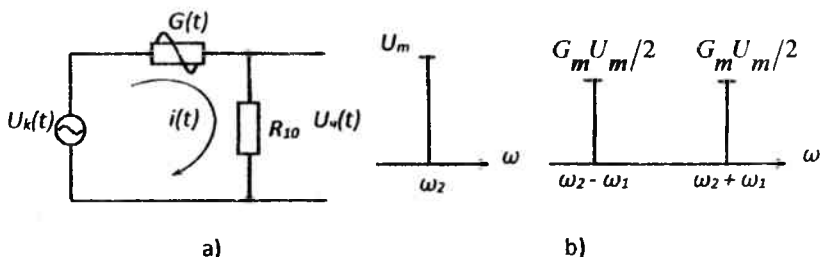
yenti K ning vaqt bo'yicha o'zgarishi qiyalik burchagi $\alpha = F[K(t)]$ ning vaqt bo'yicha o'zgarishiga sabab bo'ladi (4.3, b-rasm).

Parametrik element sifatida qarshiligi vaqt bo'yicha o'zgarib turuvchi rezistorni olamiz. Bunda $U = R(t)$ yoki $i = U/R(t) = G(t) \cdot U$ bo'lib, $G(t)$ – parametrik rezistor o'tkazuvchanligi hisoblanadi. Agar kirish tebranishi $U = U_1 + U_2$ bo'lsa, parametrik elementdan o'tayotgan tok

$$i = G(t) \cdot (U_1 + U_2) = G(t) \cdot U_1 + G(t) \cdot U_2 = i_1 + i_2 \quad (4.4)$$

bo'ladi. (4.4) ifodadan ko'rinib turibdiki, PEZlarga nisbatan superpozitsiya prinsipini qo'llash mumkin bo'ladi.

PEZ dan o'tayotgan tok spektri kirish signali spektridan farqlanadi, ya'ni bunday EZ da yangi spektral tashkil etuvchilar paydo bo'ladi.



4.4-rasm. Parametrik rezistor o'tkazuvchanligining vaqt bo'yicha garmonik tebranish qonuni bilan o'zgarishi (a), parametrik elementlar kirish signali spektrini boyitish xususiyati (b).

Masalan: parametrik rezistor o'tkazuvchanligining (4.4-rasm) vaqt bo'yicha garmonik tebranish qonuni bilan o'zgarishi, ya'ni parametrik rezistor o'tkazuvchanligi $G(t) = G_m \cos \omega_0 t$ qonun bo'yicha o'zgarsa va uning kirishiga $U_k = U_m \cos \omega_0 t$ garmonik o'zgaruvchi kuchlanish beriladi, bunda PE rezistordan o'tuvchi tok quyidagiga teng bo'ladi.

$$i = G_m \cos \omega_1 t \cdot U_m \cos \omega_2 t \quad (4.5)$$

(4.5) formulani trigonometrik funksiyalar ko'paytmasi shaklida o'zgartirsak

$$i=0,5G_mU_m\cos(\omega_2t-\omega_1t) + 0,5G_mU_m\cos(\omega_2t+\omega_1t) \quad (4.6)$$

ko'rinishini oladi.

(4.5) ifodadan PE lar kirish signali spektrini boyitish xususiyati ko'rinishini oladi (4.4,b-rasm).

Nochiziqli parametrik elektr zanjirlardagi rezistor, induktivlik va kondensatorlarning ba'zilar parametrik element bo'lish bilan bir vaqtda nochiziqli element xususiyatiga ega bo'ladi. Agar EZ da shunday elementlardan birortasi bo'lsa, u holda bunday EZ nochiziqli parametrik elektr zanjir deb hisoblanadi.

4.3. Garmonik signal generatorlari

Radiotexnikada elektromagnit tebranishlarni yaratuvchi tebratuvchi sistema juda muhim hisoblanadi. Tebratuvchi sistema yoki o'z-o'zidan qo'zg'aluvchi qurilma deb, doimiy tok manbasi energiyasini so'nmaydigan tebranishlar energiyasiga o'zgartirib beruvchi dinamik sistemaga aytiladi. Bunda tebranishlarning asosiy xarakteristikalar (amplituda, chastota, tebranishlar shakli va boshqalar) sistemaning parametrlari orqali aniqlanadi. Kerakli shakldagi va chastotadagi o'zgaruvchan signallarni hosil qilish jarayonini elektrik tebranishlarini generatsiya qilish deb ataladi.

Elektrik tebranishlarni generatsiya qilish uchun mo'ljallangan qurilma generator deb ataladi. Ishlash tartibi bo'yicha generatorlar avtogeneratorlarga va tashqi ta'sir ostida ishlovchi generatorlarga bo'linadi. Matematik modellari bo'yicha tebratuvchi sistemalar chiziqli, nochiziqli, avtonom va avtonom bo'lmagan sistemalar bo'linadi. Tebratuvchi sistemalar ichida avtotebratuvchi sistemalar alohida o'rinni egallaydi, bunday sistemalarni avtogeneratorlar deb ataladi.

Avtogenerator deb, doimiy tok energiyasini kerakli chastotaga va shaklga ega elektrik tebranishlar energiyasiga aylantirib beruvchi qurilmaga aytiladi. Avtogeneratorlarni tashqi ta'sirlarsiz elektromagnit tebranishlarni yaratuvchi manba deb hisoblash mumkin.

Tashqi ta'sir ostida ishlovchi generator deb, tebranishlarni generatsiya qilish, shakllantirish yoki kuchaytirish faqat kirishiga qo'zg'atuvchi signal berilganda amalga oshiriluvchi qurilmaga aytiladi.

Generatsiya qilinayotgan kuchlanishning shakliga qarab garmolik va relaksatsion (impulsli) tebranishlar generatorlari mavjuddir. Garmonik tebranishlar generatorlari tor polosalali tebratish sistemalariga ega bo'lishi kerak. Relaksatsion generatorlarning ishiash tamoyillari musbat teskari bog'lanishli, keng polosali zanjirlarda kechadigan zaryadlovchi va razryadlovchi hodisaga asoslanadi.

Garmonik tebranishlar generatorlari (ularga juda yuqori chastota generatolari ham kiradi) spektri bitta garmonikadan tashkil topgan tebranishlarni ishlab chiqaradi. Garmonik tebranishlar generatoring asosiy elementi bo'lib rezonator hisoblanadi. Oddiy rezonator bu tebratuvchi kontur bo'lib, unga kalit orqali energiya kiritilsa va energiyaning yetarli quvvatida vaqt bo'yicha so'nuvchi tok tebranishlari yuzaga keladi. Tebranishlar amplitudasining kamayib borishiga asosiy sabab bo'lib, konturdagi quvvatning sarflanib borishi hisoblanadi. Demak, garmonik tebranishlar avtogeneratorlarini yaratish uchun yetarlicha yuqori quvvatli rezonatordan foydalanish talab etiladi. Bu talabni qondirish uchun rezonatorga davriy ravishda qo'zg'atilgan tebranishiarga ega elektromagnit energiyani sinxron ravishda kiritib turish kerak bo'ladi.

Radiouzatuvchi aloqa sistemalarida avtogeneratorlardan asosan chastota tashuvchi elektromagnit tebranishlarni yaratuvchi kaskad sifatida foydalaniladi. Bunda asosiy talab generatsiya qilinayotgan chastotaning yuqori darajada stabil bo'lishligi hisoblanadi. O'ta yuqori chastota diapazonida avtogeneratorlardan uzatuvchining chiqish kaskadlari sifatida foydalaniladi. Bunday avtogeneratorlarga qo'yiladigan asosiy talab, quvvat kuchaytirgichlarga qo'yiladigan talab kabi, yuqori foydali ish koeffitsiyentiga ega chiqish quvvati va chastota stabiligini ta'minlash hisoblanadi.

Radioelektronika va aloqa texnikasida juda ko'p turlicha avtogenerator sxemalaridan foydalaniladi. Avtogeneratorlar bir qancha belgilar bo'yicha sinflanadi. Generatsiya qilinayotgan chastota diapazoni bo'yicha uchta guruhga, ya'ni past chastotali, yuqori chastotali va juda yuqori chastotali avtogeneratorlar mavjuddir. Bunday

avtogeneratorlardagi alohida belgi bo'lib, ularda ishlatiladigan elektr zanjirlarning turlari hisoblanadi. Past chastotali va yuqori chastotali generatorlarda jamlangan parametrlarga ega zanjirlardan, juda yuqori chastotali avtogeneratorlarda esa taqsimlangan parametrlarga ega zanjirlar foydalaniladi.

Radiotexnik qurilmalar tarkibida qo'llanilishi bo'yicha avtogeneratorlar quyidagi turlarga bo'linadi:

- qurilmaning barcha kaskadlari va zvenolarini ishlashini sinxronlovchi, yuqori chastota stabilligiga ega tayanchli yoki etalon;
- diapazonli, chastota bo'yicha qayta to'g'irlanuvchi, shuningdek, chastota sintezatori tarkibida ishlatiluvchi avtogenerator.

Boshqa apparaturalar qismlari bilan o'zaro ishlashi bo'yicha:

- avtonom rejimda ishlovchi avtogeneratorlar;
- tashqi signal orqali chastotani sinxronlovchi rejimda ishlovchi avtogeneratorlar;
- chastotani avtomatik yaratuvchi sxema tarkibida ishlovchi avtogeneratorlar.

Doimiy tok manbasi energiyasini tebranishlar energiyasiga o'zgartirish uchun aktiv element kerak hisoblanadi. Generatorlarda aktiv (kuchaytiruvchi) element bo'lib, elektron lampalar, bipolyar va maydonli tranzistorlar, integral mikrosxemalar (operatsion kuchaytirgichlar), undan tashqari generatorli diodlar – tunelli, Gann diodlari va boshqalar.

Tarkibidagi yarim o'tkazgichli kuchaytiruvchi qurilmaning turiga qarab avtogeneratorlar ikki turga bo'linadi:

- rezonator va musbat teskari bog'lanish zanjiridan foydalanilgan kuchaytirgich element (tranzistor, integral mikrosxema) asosidagi avtogenerator;

- generatorli juda yuqori chastota diodidan (Gann diodi, tunel va boshqalar), ya'ni ekvivalent sxemasida manfiy differensial qarshilikka ega ikki qutblikdan foydalanib yaratilgan avtogenerator.

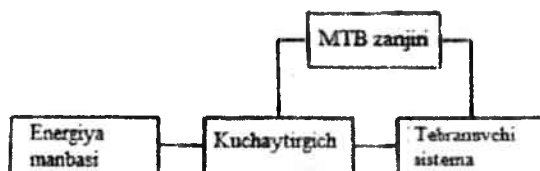
Avtogeneratorlarda musbat teskari bog'lanish ichki va tashqi bo'lishi mumkin. Kuchaytirgich asosidagi avtogeneratorning ishlash tamoyili xuddi quvvat kuchaytirgichi ishlash tamoyiliga yaqin hisoblanadi. Bunda kuchaytirgich kirishiga tashqi manbalardan emas, balki o'zining xususiy tebratgich sistemasidan, musbat teskari bog'lanish orqali tebranishlar kelib tushadi. Teskari bog'lanishni

kiritishning foydali tomoni, ko'pgina holatlarda zanjir xarakteristikalarini sezilarli yaxshilaydi, boshqa tomondan esa, aniqlangan sharoitlarda bu zanjirlar turg'unligi yo'qoladi va ularda avtotebranishlar yuzaga keladi. Xuddi shu tamoyil asosida avtotebranuvchi sistemalar, xususan garmonik tebranishlar avtogeneratorlari yaratiladi.

Diodli avtogeneratorlar generator diodlarida kechadigan ichki jarayonlar hisobiga stasionar avtotebranishlarni ta'minlab beradi. Ularda teskari bog'lanish ichki hisoblanib, maxsus qo'shimcha elementlarsiz, avtomatik ravishda amalga oshadi.

Avogenerator radiouzatuvchi va radioqabul qiluvchi qurilmalarning zaruriy kaskadi bo'lib hisoblanadi. Radiouzatuvchi qurilmalardagi boshqa kaskadlardan avtogenerator sezilarli farqlanadi, ya'ni unda tebranishlar chastotasi va amplitudasi tashqi manbalar bilan emas, balki o'zimg xususiy tebratuvchi sistemasi va aktiv elementi orqali aniqlanadi. Avtogenerator ishlashini quyidagi parametrlar aniqlaydi: chastota diapazoni yoki fiksirlangan chastota qiymati, yuklanishdagi avtotebranishlar quvvati, chastotaning stabil emasligi, ya'ni uzoq yoki qisqa davomiyligi.

Avtogeneratorlar nochiziqli kuchaytirgich, rezonator, musbat teskari bog'lanish va energiya manbasidan (doimiy tok ta'minlash manbasi) tashkil topadi (4.5-rasm).



4.5-rasm. Avtogeneratorning umumlashtirilgan sxemasi.

Musbat teskari bog'lanish zanjiri yordamida tebratuvchi sistemaning chiqish signali quvvatining bir qismi kuchaytirilib yana konturga kiritiladi. Bunda ikkita asosiy shart bajarilishi zarur hisoblanadi. Birinchidan, konturga kelib tushayotgan qo'shimcha energiya, unda aktiv qarshilik hisobiga sarf qilinayotgan energiya miq-

doriga teng bo'lishi kerak. Ikkinchidan, musbat teskari bog'lanish zanjiri orqali kuchaytirgich kirishiga kelib tushayotgan qo'shimcha tebranishlar faza bo'yicha asosiy tebranishlarga mos tushishi kerak.

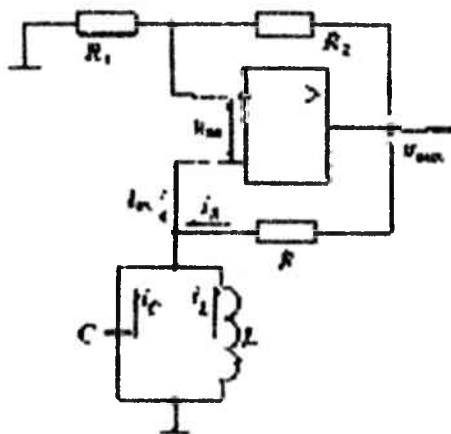
Rasmda ko'rsatilgan sxemada tebranishlar yuzaga kelishi mexanizmini ko'rib chiqamiz. Avtogenerator ishga tushirilishi bilan uning tebrantiruvchi sistemasida ta'minlash manbasi ulanishi, zanjirlar tutashuvi, kuchaytirish qurilmasidagi tok va kuchlanishlarning oshib ketishi hisobiga zaif tebranishlar yuzaga keladi. Zanjirdagi musbat teskari bog'lanish hisobiga kuchaytirgich chiqishida yuzaga keluvchi tebranishlarning bir qismi, uning kirishiga kelib tushadi. Parametrlarning bunday tanlanishida bunday tebratuvchi sistema turg'un bo'lmagan sistema hisoblanadi.

Agar kuchaytirgich elementidan olinuvchi quvvat, tebratuvchi sistema (rezonator) va yuklanishdan oshib ketsa, ya'ni o'z-o'zidan qo'zg'atish sharti bajarilsa, u holda xohlagan kichkina tebranishlar amplitudasi cheksiz orta boshlaydi. Lekin, amplitudaning oshib borishi bilan kuchaytirgich elementning nochiizliq xususiyati sezila boshlaydi, natijada quvvatning oshib borishi sekinlasha boshlaydi va tebranishlarning qandaydir amplitudasida beriladigan quvvat talab qilinadigan quvvatga teng bo'lib qoladi. Bu esa, avtotebranishlar amplitudasi qandaydir o'rnatilgan qiymatga yetib, keyinchalik doimiy bo'lib qolishiga olib keladi. Tor polosali tebratuvchi sistema borligi uchun izohlangan jarayon amaliy jihatdan bitta chastotada amalga oshadi, boshqa chastotalarda keskin kamayib boradi.

Radiotexnikada garmonik tebranishlar hosil qiluvchi, eng ko'p ishlatiladigan qurilma bo'lib, yuqori chastotali tebranishlarni hosil qilish uchun tebratuvchi konturga ega LC -generator, past chastotali tebranishlar uchun RC -generator hisoblanadi.

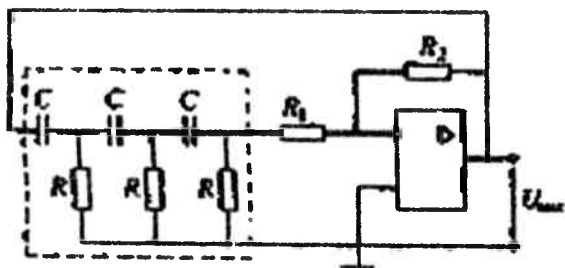
Operatsion kuchaytirgich asosidagi LC -generator sxemasi 4.6-rasmda ko'rsatilgan. LC -generator kuchaytirgichi amplituda va fazani balansini ta'minlovchi ikkita teskari bog'lanish zanjiri bilan o'ralgan. Amplituda balansini R_1 va R_2 rezistorlardan tuzilgan manfiy teskari bog'lanish zanjiri o'rnatadi. Uning yordamida kuchaytirgichning kerakli kuchaytirish koeffitsiyenti $K = R_2 / R_1$ beriladi. Faza balansi avtogeneratorida ketma-ket ulangan R rezistor va parallel ulangan tebratuvchi LC -konturdan tashkil topgan musbat teskari bog'lanish orqali ta'minlanadi.

Past chastota diapazonlarida tebratuvchi konturlar sig'imi va induktivligi qiymatlari va ularga mos o'lchamlarining keskin oshib ketishi hisobiga LC-generatorlar xarakteristikallari sezilarli yomonlashadi.



4.6-rasm. Operatsion kuchaytirgich asosidagi LC-generator

Shuning uchun past chastota generatorlarida tebratuvchi sistema va musbat teskari bog'lanish sifatida chastota-tanlovchi RC-zanjiridan foydalaniladi. Barcha zamonaviy kam va o'rtacha quvvatli RC-generatorlar operatsion kuchaytirgichlar asosida quriladi (4.7-rasm).



4.7-rasm. Operatsion kuchaytirgich asosidagi RC-generator

Operatsion kuchaytirgichli *RC*-generatorlarida musbat teskari bog'lanish orqali kuchlanishni invertlovchi yoki noinvertlovchi kirishlarga berish mumkin. Operatsion kuchaytirgichning noinvertlovchi kirishi orqali bog'langan *RC*-generator sxemalarida chatota tanlovchi musbat teskari bog'lanish zanjiri chiqishi signali faza bo'yicha siljmaydi. Invertlovchi kirish bilan bog'langan operatsion kuchaytirgichli *RC*-generatorlarida buning teskarisi, ya'ni *RC*-musbat teskari bog'lanish zanjiri, generatsiya chastotasida chiqish tebranishlari fazasini $\varphi_{\beta} = \pi$ burchakka siljitadi.

4.4. Avtogeneratorlarda chastota stabilizatsiyasi

Avtogeneratorlarga qo'yiladigan eng muhim talablardan biri bo'lib, chiqish tebranishlari chastotasining yuqori stabilligi hisoblanadi. Bu asosan generator ishlagan vaqtida tebranishlar chastotasi, turli destabillovchi ta'sirlar ostida tasodifiy qonuniyat bo'yicha qandaydir chegarada o'zgarishi bilan bog'liq hisoblanadi.

Destabillovchi faktorlarga haroratning o'zgarishi, namlik va taminlash kuchlanishi, tashqi elektromagnit maydonning majudligi, mexanik ta'sirlar kabilar kiradi. Bunday ta'sirlar natijasida tebratuvchi konturlar va chastotali-tanlovchi *RC*-zanjiri tarkibiga kiruvchi induktivlik katushkalari, kondensatorlar sig'implari va rezistorlar qarshiligi qiymatlari o'zgarishi mumkin.

Avtogeneratorlarning sifatli ishlashi chastotaning absolyut va nisbiy nostabilligi orqali baholanadi. Absolyut nostabillik tebranishlar chastotasining kechayotgan f va nominal f_p chastotalari orasidagi farq Δf bilan aniqlanadi. Chastotaning nisbiy nostabilligi $\Delta f/f_p$ yoki $\Delta f/f_k$ nostabillik koeffitsiyenti bilan aniqlanadi.

Nostabillik koeffitsiyenti *LC*-generatorlar uchun:

$$\Delta f/f_p = -0,5(\Delta L/L + \Delta C/C) \quad (4.7)$$

RC - generatorlari uchun:

$$\Delta f/f_k = -(\Delta C/C + \Delta R/R) \quad (4.8)$$

Bu yerda ΔL , ΔC , ΔR – induktivlik katushkasi, kondensatorlar sig‘imi va rezistorlar qarshiliklarining xohlagan destabillovchi faktorlar ta’sirida yuzaga keladigan, nominal qiymatga nisbatan o‘zgarishi qiymatlari.

Generatorlar tebranishlarining chastotalarini stabillashning bir qancha usullari mavjud:

- parametrik, ya’ni oddiy tebratuvchi sistemalardan foydalanib stabillash;

- kvarsli, ya’ni rezonator sifatida kvars kristalidan foydalanib stabillash;

- o‘ta yuqori chastota diapazonida qo‘llaniladigan dielektrik rezonator asosida stabillash;

- yuqori energetik sathda joylashgan atomlarni qo‘zg‘atish hisobiga stabillash.

10GHz chastota diapazonidan yuqori diapazonda ishlovchi molekulyar generatorlar etalon chastota sifatida qo‘llaniladi. Garmonik tebranishlar generatorlari sxemalarida ikkita usuldagi chastota stabillash usulidan, ya’ni parametrik va kvarsli stabillash usullaridan foydalaniladi.

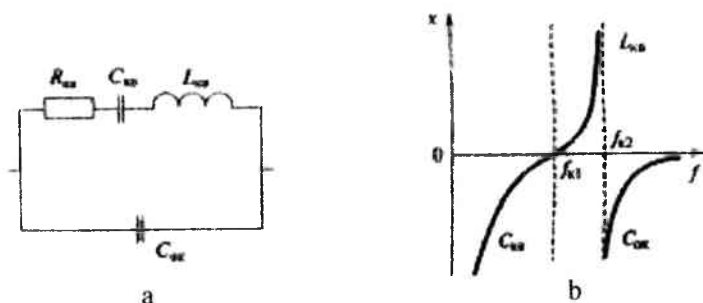
Chastotani parametrik stabillash usuli avtogeneratorlar tebratuvchi konturidagi yuqori chastotali va presizion elementlarni tanlash va destabillovchi faktorlarni ta’sirini kamaytirishga asoslanadi. Avtogeneratorning kuchaytirgich elementlari para-metrlariga harorat ta’sirini yo‘qotish uchun, ba’zida ularni termostatlarga joylashtiriladi. Mexanik ta’sirlarni kamaytirish uchun bosma montaj va keramikaga o‘rnatilgan induktiv o‘tkazgichlardan foydalaniladi. Parametrik stabillash nostabillikni 10^{-5} gacha kamaytirish imkoniyatini beradi (1MHz tebranishlarda 10 Hz ga chastota og‘ishi).

Chastotani kvarsli stabillash dastlab 1918-yilda amerikalik U.Kedi tomonidan lampali generatorlarni stabillashga asoslanib yaratilgan bo‘lib, hozirda elektrik sxemalarda LC-kontur yoki uning elementlari o‘rniga kvars rezonatorini qo‘llashga asoslanadi. Bu esa, avtogeneratorning tebranishlar chastotasi nostabilligini 10^{-7} gacha kamaytirish imkoniyatini yaratadi (1MHz tebranishlarda 0,1 Hz ga chastota og‘ishi).

Kvars rezonatori qirrasi kristal o‘qiga nisbatan aniq tarzda yo‘naltirilgan, yupqa to‘g‘ri burchakli plastinkaga joylashtirilgan

kvars mineralidir. Ma'lumki, kvars to'g'ri va teskari pyezoelektrik effektga egadir. To'g'ri pyzeoeffekt kvars plastinkasi mexanik siqilganda yoki cho'zilganda yuzaga keladi va uning qarama-qarshi qirralarida elektr zaryad yuzaga kelishi bilan kechadi.

Kvars plastinkasiga o'zgaruvchan elektr maydon ta'sir etsa, unda elastik mexanik tebranishlar yuzaga keladi, bu esa o'z navbatida uning qirralarida elektr zaryadini yuzaga kelishiga olib keladi. Kvarsni elektromexanik tebratuvchi sistema deb hisoblab, uni xususiyatini LC -kontur bilan tenglashtirish mumkin (4.8-rasm). Tebratuvchi konturning samaradorligi 300...400 dan oshmagan holda, kvars rezonatorining samaradorligi yuz mingtagacha yetadi. Mexanik chidamliligi va chastota xususiyatlarining haroratga zaif bog'liqligi kvars rezonatorlarining chastotasining yetarlicha yuqori etalonligini ko'rsatadi. Kvars rezonatorining ekvivalent sxemasida (4.8,a-rasm) L_{kv} , C_{kv} va R_{kv} kvarsning induktivligi, sig'imi va qarshiligi hisoblanadi. C_{kv} sig'im kvarsushlagich borligini tasvirlaydi. Kvars rezonatori reaktiv qarshiligining $x(f)$ chastotaga bog'liqligi 4.8,b-rasmida ko'rsatilgan. U f_{x1} – ketma-ket chastotada, f_{x2} – parallel chastotada ikkita rezonansga egadir.

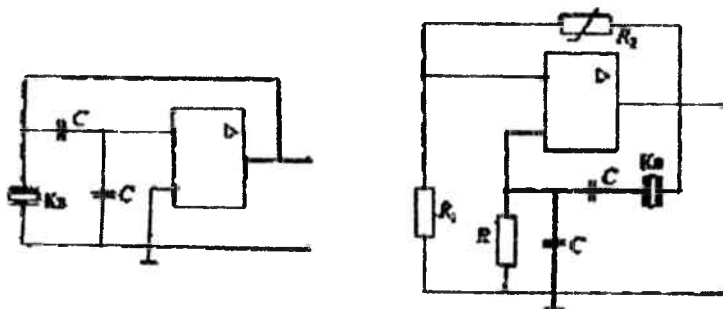


4.8-rasm. Kvars rezonatori

a-ekvivalent sxema, b-reaktiv qarshilikni chastotaga bog'liqligi.

Radiotexnika amaliyotida kvarsdan LC -generatorlarida induktivlik sifatida keng qo'llaniladi, bu esa uning konstruksiyasini soddalashtiradi va rezonatorlarda tarqalayotgan quvvatni kamaytiradi (4.9-rasm). Avtogeneratorlarda garmonik tebranishlarni yuzaga

keltirish shartlarini, sxemadagi kvars rezonatorini uning analogi bilan almashtirib, avtogeneratorning o'z-o'zini qo'zg'atish shartini xarakterlovchi umumiy tenglamani qo'llash orqali tahlil qilish mumkin.



4.9-rasm. Kvars avtogeneratorlarining sxemalari:
a) kvars-induktivlik analogi; b) kvars Vin ko'prigiga qarshilik sifatida ulangan.

4.9,b-rasmda Vin ko'priqli (musbat teskari bog'lanish) RC-generatorining soddalashtirilgan sxemasi ko'rsatilgan, unda rezistorlarning bittasi sifatida, kuchlanish rezonatori rejimida ishlovchi kvars rezonatori ulangan. Kvarsning rezonans chastotasi Vin ko'prigining kvazirezonans chastotasiga mos tushishi uchun, R rezistorining qarshiligini kvarsning aktiv rezonans qarshiligiga teng qilib tanlanadi. Manfiy teskari bog'lanish zanjiri, operatsion kuchaytirgichning invertlovchi kirishi va chiqishi orasiga kiritilgan R_2 termorezistor bilan birga kvarsning rezonans qarshiligining haroratli o'zgarishini kompensatsiyalab turadi va shu bilan avtogeneratorining chiqish tebranishlari amplitudasini stabillashtirib turadi. Avtogeneratorning prinsipial elektr sxemasida, chastotani yaratish uchun S kondensator qo'llaniladi. Buning uchun yarim o'tkazgichli varikapdan foydalaniladi.

Keyingi yillarda stabillashgan signal generatorlari (ossil-lyatorlar) juda keng qo'llanilmoqda. Bunday generatorlar juda oddiy, kam gabaritli va 20 MHz dan bir necha GHz chastota diapazonida

ishlaydi. Ularda chastotani elektron qayta qurish yoki chastotali modulyatsiya qilish imkoniyatlari mavjuddir.

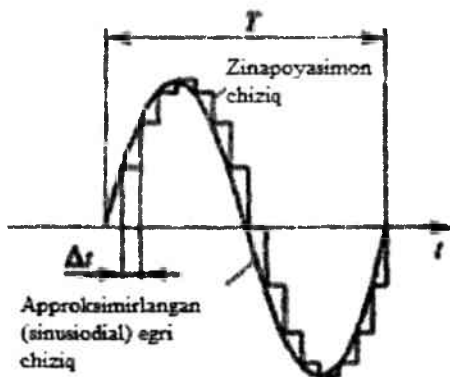
4.5. Raqamli generatorlar

Past chastotali raqamli generatorlar nisbatan samarali metrologik xarakteristikalarini bilan analogli generatorlardan farq qiladi, ya'ni chastotasining yuqori aniqlikda o'rnatilishi va stabiligi, nochi-zikli buzilishlar (sinusoidal shakldan) koeffitsiyentining kichkina-ligi, chiqishdagi signal sathining diomiyligi. Undan tashqari raqamli generatorlar analogli generatorlarga qaraganda ancha qulay hisobla-nadi, ularda tezkorlik juda yuqori, kerakli chastotani o'rnatish juda sodda, berilgan dastur asosida chastotani avtomatik qayta qurish imkoniyati yaratilgan.

Raqamli past chastota generatorlarining ishlashi raqamli kodlarni shakllantirish va ularni garmonik tebranishlarga aylanti-rishga asoslangan. Bunda chiqish tebranishlari shaklini approksi-matsiyalash uslubidan foydalaniladi. Approksima-tsiyalashning eng sodda ko'rinishi bo'lib zinapoyasimon approksimatsiyalash hisob-lanadi. Bunday uslubda kuchlanishning sinusoidal egri chizig'i, zinapoyasimon shakldagi kuchlanish sinusoidasi ko'rinishida tasvirlanadi (4.10-rasm).

Approksimirlangan sinusoidani $u(t) = U_m \sin \omega t$ diskretlanadi va t_i, t_{i+1} ikkita qo'shni vaqt oralig'i intervalida uni zinapoyadagi, balandligi t_i vaqtdagi approksimirlangan kuchlanish qiymatiga teng doimiy kuchlanish bilan almashtiriladi, ya'ni $u(t_i) = U_m \sin \omega t_i$. Bunday almashtirish natijasida sinusoida o'rnida zinapoyasimon chiziq olinadi.

Garmonik tebranishning berilgan T davrida, bitta davrdagi r -zinapoyalar soni diskretlash qadamini aniqlaydi, ya'ni $p = T/\Delta t$. Texnik nuqtai nazardan zinapoyalar soni ma'lum bo'lsa, diskretlash qadamini o'zgartirish shakllantirilayotgan kuchlanish davrini o'zga-rishiga olib keladi, chunki $T = p\Delta t$. Agar $t_i = i\Delta t$ ekanligini hisobga olsak, zinapoyasimon egri chiziq tenglamasi $u(i\Delta t) = U_m \sin(i\omega\Delta t)$, yoki p va $\omega = 2\pi/T$ ni hisobga olsak, $u(i\Delta t) = U_m \sin(i2\pi/p)$ bo'ladi.



4.10-rasm. Sinusoidani zinapoyasimon approksimatsiyalash

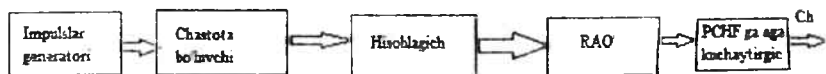
Agar r zinapoyalar sonini qancha ko'p tanlansa, zinapoyasimon egri chiziq shunchalik sinusoidaga yaqinlashadi. Bu son qanchalik katta bo'lsa, zinapoyasimon kuchlanishlarni biroz buzilgan yuqori chastotali xalallarga ega sinusoidal deb qarash mumkin hisoblanadi. Zinapoyasimon approksimatsiyalash orqali hosil qilingan kuchlanishni spektral tahlil qilish, uning spektri asosiy chastota garmonikasiga va bir qator yuqori garmonikalarga ega ekanligini ko'rsatadi.

Bunda asosiy garmonikaga yaqin yuqori garmonikaning tashkil etuvchilari $(r-1)$ tartibli, keyingisi $(r+1)$ tartibli, so'ngra $(2r-1)$ va $(2r+1)$ tartibli va shunga o'xshash garmonikalardan tashkil topadi. Masalan, $r=25$ va asosiy garmonikaning kuchlanish chastotasi f bo'lganda, yaqindagi yuqori garmonikalar bo'lib 24-, 26-, 49-, 51-garmonikalar hisoblanadi, ya'ni chastotalar kuchlanishi $24f$, $26f$, $49f$, $51f$. Asosiy va yuqori garmonikalar orasidagi bunday munosabat sifatli filtrlashni amalga oshirish va juda kam nochiqliq buzilishlarga ega sinusoidal kuchlanish hosil qilish imkoniyatini beradi.

Past chastotali raqamli generatorning struktura sxemasi 4.11-rasmda ko'rsatilgan.

Impuls generatori T_0 takrorlanish davrigi ega davriy qisqa impuls ketma-ketligini ishlab beradi. g-boshqariluvchi bo'lish koeffitsiyentiga ega chastota bo'luvchisi chiqishida, diskretlash qadamini beruvchi $\Delta t = gT_0$ takrorlanish davriga ega davriy

impulslar ketma-ketligi olinadi, so'ngra ular r sig'imga ega impulslar hisoblagichiga kelib tushadi.

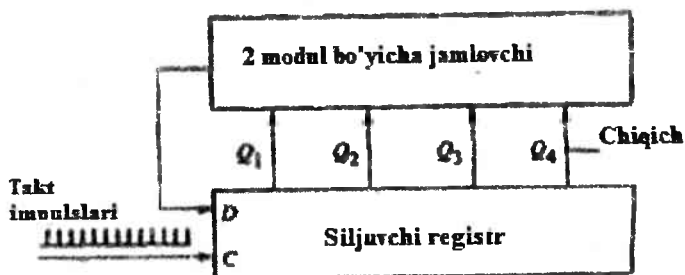


4.11-rasm. Past chastotali raqamli generatorning strukturaviy sxemasi

Hisoblagichda jamlangan i impulslar soni bilan aniqlanadigan kodli kombinatsiya raqamli analogli o'zgartirgichga uzatiladi, o'zgartirgach i soniga mos keluvchi signalni shakllantiradi, ya'ni $u(i\Delta t) = U_m \sin(i2\pi/p)$. Shu tartibda approksimirlanadigan r zinapoya yaratiladi va r impulslar yig'ilishi natijasida hisoblagichning to'lishi yuzaga kelib, nolga o'tib qoladi, $(r+1)$ - impulslar kelishi bilan hisoblagich yangi zinapoyasimon egri chiziqni shakllantira boshlaydi.

Shakllantirilayotgan tebranishlar chastotasi, r approksimatsiyalangan zinapoyalarning fiksirlangan sonlarida boshqariladi, Δt diskretlash qadamini o'zgartirish orqali chastota bo'luvchisining g bo'lish koeffitsiyentini o'zgartirishga erishiladi.

M ketma-ketlikdagi raqamli generatorlar. Raqamli M ketma-ketlikni sxemotexnik nuqtai nazardan, 2 modul asosida qo'shishni amalga oshiruvchi summator orqali teskari bog'langan m -razryadli ikkilik siljituvchi registrlar orqali shakllantiriladi.



4.12-rasm. M ketma-ketlikdagi 15 ta elementli generator.

4.12-rasmda misol tariqasida signalning bitta davrida 15 ta elementga ega M ketma-ketlikni shakllantiruvchi to'rt razryadli siljuvchi registr ko'rsatilgan. Registr to'rtta ketma-ket bog'langan trigger yacheykalaridan tashkil topadi. Triggerning to'g'ri chiqishlari $Q_1 - Q_4$ bilan belgilangan. Registrning Q_4 chiqishi generatorning chiqishi bo'lib xizmat qiladi. Registrning S kirishiga berilayotgan siljituvchi (takt) impuls barcha triggerlar kirishiga bir vaqtda kelib tushadi. Agar i -razryaddagi trigger 0 holatida bo'lsa (Q_i chiqishida 0), bu impuls unga ta'sir ko'rsatmaydi. Agar trigger 1 holatga o'tsa, siljituvchi impuls uni 0 holatga o'tkazadi, natijada 1 kodi ($i+1$)- razryaddagi triggerga yoziladi. Takt impulslari siljuvchi registrga uzluksiz F_c chastotada (Δt interval bilan) kelib tushadi va har bir yangi impuls birni registrning chiqishi tomonga siljitadi. Qachon 2 modul bo'yicha qo'shuvchi summator chiqishida bir hosil bo'lsa, u registrning D kirishiga kelib tushib, birinchi trigger yacheykasiga yoziladi. Kirishdagi navbatdagi takt impulsi birni keyingi yacheykaga suradi.

Masalan, dastlabki holatda registrda 1 000 soni yozilgan bo'lsin. Uni bir va nollarning birinchi kombinatsiyasi deb qaraymiz. Birinchi siljuvchi impuls kelishi bilan bu son o'zgaradi, ya'ni 1 100 - ikkinchi kombinatsiya hosil bo'ladi va hokazo. 15-kombinatsiyadan keyin yana registrning chiqishida birinchi son 1 000 hosil bo'ladi. Quyida 4.1-jadvalda 15 ta kombinatsiya ko'rsatilgan (qavs ichida 2 modul bo'yicha qo'shuvchi summator chiqishidan olinadigan raqam ko'rsatilgan). Shunday qilib, generatorning Q_4 chiqishida bitta T davrda nol va birlar ketma-ketligi yuzaga keladi (har bir kombinatsiyaning oxirgi raqami), ya'ni 000111101011001.

Generator sxemasida sonlarning kombinatsiyalari

4.1-jadval

Kombinatsiya tartibi	Son	Kombinatsiya tartibi	Son	Kombinatsiya tartibi	Son
1	1000(1)	6	1011(0)	11	0011(1)
2	1100(0)	7	0101(1)	12	1001(0)
3	1110(1)	8	1010(1)	13	0100(0)
4	1111(0)	9	1101(0)	14	0010(0)
5	0111(1)	10	0110(0)	15	0001(1)

Raqamli generatorning parametrlari va M ketma-ketlikning spektral zichlik xarakteristikalaridan, $0,05F_c$ chastota polosasida spektral chiziqlar balandligi doimiylikni aniqlash qiyin emas. $0,05F_c$ chastotada quvvatning kamayishi atigi 0,036 dB ni tashkil etadi. Quvvatning 0,1 dB ga o'zgarishi $0,085F_c$ chastotada 3 dB ga o'zgarishi esa $0,45F_c$ chastotada o'rinli bo'ladi. Shunday qilib, siljuvchi registr 20 razryadli bo'lsa, ya'ni ketma-ketlikning uzunligi $M=2^m - 1 = 1048575$, u holda siljuvchi impulslarning $F_c = 1$ MHz chastotasida doimiy quvvat polosasi 50 kHz ni tashkil etadi, spektral chiziqlar orasidagi masofa 1 Hz bo'ladi. Quvvatning 3 dB ga o'zgarishi polosasi 450kHz ni tashkil etadi.

M ketma-ketlikning doimiy uzunligida ($M=const$), F_c siljuvchi impulslar ketma-ketligini chastotasining o'zgarishi spektral chiziqlar orasidagi masofani proporsional o'zgartiradi, lekin chiziqlar sonini yoki signalning umumiy quvvatini o'zgartirmaydi. Quvvatning spektral zichligi F_c chastotaga teskari proporsional. $F_c = const$ bo'lganda, M ketma-ketlik uzunligining o'zgarishi spektral chiziqlar orasidagi masofaning teskari proporsional o'zgarishi bilan kechadi.

Shunga mos ravishda chiziqlar soni ham o'zgaradi, lekin generatsiya qilinayotgan signalning umumiy quvvati saqlanib qoladi. Demak, spektral chiziqlar balandligi shunday o'zgaradiki, bunda signal quvvatining spektral zichligi doimiy bo'ladi.

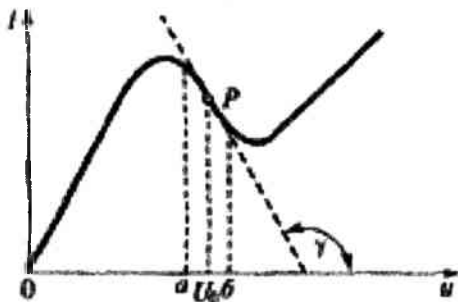
4.6. O'ta yuqori chastota generatorlari

O'ta yuqori chastota (O'YUCH) generatorlaridan 1...300GGs chastota diapazonida foydalaniladi va ular yarim o'tkazgichli generator diodlari, klistron, magnetron, yuguruvchi va teskari to'lqin lampalari asosida yaratiladi. Alohida O'YUCH generatorlarini optik kvant generatorlari tashkil etadi. Aloqa tizimi uzatuvchilarida qo'llaniladigan yarim o'tkazgichli O'YUCH generatorlarini ko'rib chiqamiz.

VAXning pasayuvchi uchastkasi elementlari asosidagi avto-generatorlar. Agar santimetrli to'lqin diapazonining detsimetrli va uzun to'lqinli qismida tranzistorli avtogeneratorlardan foydalanilsa, qisqa santimetrli va millimetrli diapazonlarda diod generatorlari

juda keng foydalaniladi. Bunday avtogeneratorlarida qo'llaniladigan O'YUCH diodlari VAXlari pasayuvchi uchastkalarga ega hisoblanadi, shuning uchun ular ishchi chastotalarda teskari qarshilikka ega bo'ladi. Generator diodlari bo'lib tunel diodlari, shiddatli-uchuvchi diodlari va Gann diodlari hisoblanadi. Hozirda yangi "kvant yamali" yarim o'tkazgich tuzilishga ega, keng chastota diapazonida manfiy qarshilikka ega qattiq materialli "Quantum Welle-diod" ham yaratilgan.

Tunel diodi asosidagi O'YUCH generatorini ishiash tamoyilini ko'rib chiqamiz. Tunel diodi deb, elektronlarning harakatiga to'sqinlik qiluvchi juda tor potensial to'siqqa ega yarim o'tkazgichli diodga aytiladi. Shuning uchun uning VAXning to'g'ri uchastkasida n -shaklli tokning kuchlanishga bog'liqligi kuzatiladi.



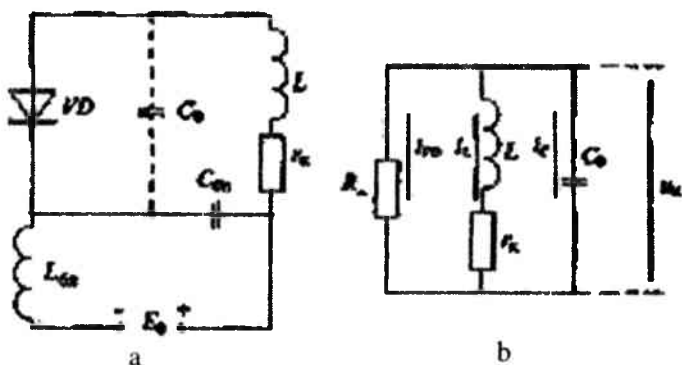
4.13-rasm. Tunel diodining VAXsi

4.13-rasmda tunel diodining to'g'ri tokini kuchlanishning musbat siljishiga bog'liqligini tasvirolovchi VAXsi ko'rsatilgan. Pasayuvchi $a-b$ uchastkada tunel diodining differensial qarshiligi manfiy bo'ladi, ya'ni $R = du/di = ctg\gamma$, bu yerda γ – P ishchi nuqtada VAX egri chizig'iga $i = f(u)$, ishchi kuchlanish $u = U_0$, bo'lgan holatdagi urinmaning egilish burchagi.

Bunday VAXga ega tunel diodini tebranuvchi zanjirga ulaganda yuqori chastotali tebranishlar generatsiya qilinishi mumkin va hosil qilingan sxema ichki teskari bog'lanishga ega avtogeneratorga aylanadi (4.14-rasm).

Tunel diodi asosidagi generatorning soddalashtirilgan sxemasi 4.14,a-rasmda ko'rsatilgan. Tebranuvchi zanjir L induktivlik va S_0 diodning xususiy sig'imi, r_k – kontur elementlari va dioddagi yo'qotishlarga ekvivalent qarshilik, E_0 – dioddagi kuchlanish slljishidan tashkil topadi. Blokirovka qiluvchi drossel L_{bl} va kondensator C_{bl} ($C_{bl} \ll C_0$) doimiy tok zanjiri orqali oquvchi yuqori chastota tokining oqishiga to'sqinlik qiladi.

Tebranuvchi konturning o'rinbosar sxemasi 4.14,b-rasmda ko'rsatilgan. Kontur tunel diodining manfiy differensial qarshiligi bilan shuntirlangan bo'lib, konturda harakatlanayotgan o'zgaruvchan kuchlanish u_k ni elektr yurituvchi kuch deb qarash mumkin. Bu harakat natijasida diod orqali $i_{VD} = -u_k / R$ tok oqib o'tadi.



4.14-rasm. Tunel diodi asosidagi generator:

a-sodda sxemasi; b-o'rinbosar sxemasi

i_{VD}, i_C, i_L konturidagi toklar va tebranuvchi kuchlanish u_k o'zaro birinchi va ikkinchi Kirxgof va Om qonunlari orqali aniqlanuvchi munosabat bilan bog'langandir:

$$\begin{aligned} i_{VD} &= i_C + i_L; \\ i_C &= C_0 u_k / dt; \\ u_k &= r_k i_L + L di_L / dt. \end{aligned} \quad (4.9)$$

Bu funksiyalar ichidan xohlaganini izlab topish mumkin. Masalan, tebranishlar konturidan i_L induktivlik tarmog'idagi tokni aniqlash kerak bo'lsin. Buning uchun (4.0) tenglamalarning birin-

chisidan i_C tokmi olib tashlab birinchi va ikkinchi munosabatlardan quyidagini aniqlaymiz:

$$i_{VD} = i_I + r_k C_0 \frac{di_L}{dt} + LC_0 \frac{d^2}{dt^2}. \quad (4.10)$$

Bu vaqtda diod toki

$$i_{VD} = -\frac{1}{R_-} u_k = -\frac{1}{R_-} (r_k i_L + L \frac{di_L}{dt}) \quad (4.11)$$

Keyingi ikkita ifodadagi diod tokini tenglashtirib quyidagi differensial tenglamani hosil qilamiz:

$$\frac{d^2 i_L}{dt^2} + \left(\frac{r_k}{L} + \frac{1}{C_0 R_-} \right) \frac{di_L}{dt} + \frac{r_k + R_-}{LC_0 R_-} i_L = 0 \quad (4.12)$$

Generatororda tebranishlarni o'sishi va so'nishini yuzaga keltiruvchi shartlarni aniqlaymiz. Tebranishlar tizimida yuqori chastotali tebranishlar yuzaga kelishi va uning amplitudasi oshishi uchun, (4.3)dagi birinchi hosilaning koeffitsiyenti manfiy bo'lishi kerak. Bu yerdan tebranishlarni yuzaga kelishi shartini aniqlaymiz.

$$\frac{r_k}{L} - \frac{1}{C_0} \left| \frac{1}{R_-} \right| < 0 \quad (4.13)$$

$$|R_-| < \frac{L}{r_k C_0} = R_0 = \rho Q = \frac{Q}{\omega_p C_0} \quad (4.14)$$

Oxirgi ikkita munosabatlarda R_- – tunel diodining manfiy qarshiligining absolyut qiymati bo'lib, u tebranishlar amplitudasiga bog'liq hisoblanadi, R_0 – rezonans qarshilik, Q – sifatlilik, tebranishlar konturining qarshiligi $\rho = \sqrt{L/C_0}$ ga teng.

Tunel diodining qarshiligi $|R_-| = |R_-(U_k)|$, $|R_-(U_k)| = |R_-(U_{kst})| = R_0$ gacha oshirib borsak, avtogeneratororda statsionar tebranishlar amplitudasi o'rnatiladi. Agar $|R_-(U_k)|$ qarshilikning R_0 egri chizig'ining kesishish nuqtasida musbat egilishga ega bo'lsa, tebranishlarning statsionar rejimi turg'un bo'ladi.

Fizik nuqtai nazardan bunday generatorning ishlashini quyidagicha tasvirlash mumkin: tunel diodining R manfiy qarshilik generator konturiga r_k qarshilik hisoblangan yuklanish qarshiligi energiyasi ajratadigan energiyaga nisbatan katta energiya beradi. Tunel diodi kam quvvatli asbob hisoblanib, undan ishchi rejimda, VAXning pasayish uchastkasidagi ishchi nuqtasida $I_0 = 1$ mA tok oqib o'tadi. Lekin yuklanishda yaratilayotgan quvvat 20...30 mW ni tashkil etadi. Bunday quvvat bir qator holatlarda yetarli hisoblanib, quvvatini kuchaytiriluvchi generatorlar yaratilishi mumkin bo'ladi.

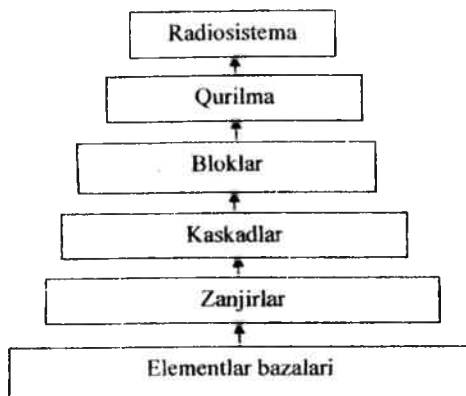
Nazorat savollari

1. Radiotexnik signallar qanday belgilarga ko'ra sinflanadi?
2. Qanday signallar analogli, diskret va raqamli signallar hisoblanadi?
3. Determinirlangan va tasodifiy signallar bir-birlaridan niasi bilan farqlanadi?
4. Signallardagi shovqinlar va xalallar nimani anglatadi?
5. Avtotebranuvchi tizim qanday qurilmaga hisoblanadi?
6. Avtogeneratorlarning qanday turlari mavjud?
7. Avtogeneratorning struktura sxemasini keltiring.
8. Avtogeneratorning o'z-o'zini qo'zg'atish sharti uning stasionar rejimidan nimasi bilan farqlanadi?
9. Garmonik tebranishlar generatori qanday uslub yordamida tahlil qilinadi?
10. Avtogeneratorlar sxemalarida qanday chastotami stabillash uslublari qo'llaniladi?
11. Kvars rezonatori ishlash tamoyili qanday va uning qaysi xususiyati avtogeneratorlarda qo'llaniladi?
12. Nima uchun kvars generatorlari chastotaning yuqori stabilligiga ega hisoblanadi?
13. Raqamli past chastota generatorlari qanday tamoyil asosida yaratiladi?
14. Tunel diodi asosidagi O'YUCH generatorlar ishlash tamoyilini tushuntirib bering.

5. RADIOTEXNIK SISTEMALAR VA ALOQA TARMOQLARI

5.1. Radiotexnik sistemalar va aloqa tarmoqlari to'g'risida asosiy ma'lumotlar

Yuqori chastotali elektromagnit to'liqlar yordamida axborotni qabul qiluvchi, tarqatuvchi, ishlov beriluvchi va qayta ishlanuvchi texnik sistema radiotexnik sistema (radiosistema) deb ataladi. Radiosistemalarni quyidagi iyerarxik darajalar ko'rinishida tasvirlash mumkin (5.1-rasm). Quyi iyerarxik darajada radiosistemaning fundamenti hisoblangan elementlar bazasi turadi. Uning tarkibiga rezistorlar, induktivlik katushkalari, kondensatorlar, transformatorlar, diodlar, bipolyar va maydonli tranzistorlar, analogli va raqamli mikrosxemalar, mikroprotsessorlar, rezonansli zanjirlar, monolitli filtrlar, o'ta yuqori chastota texnikasi elementlari kabilar kiradi. Radiosistemaning elementlar bazalari radioapparatuning texnik darajasini aniqlaydi.



5.1-rasm. Radiosistemalarning iyerarxik darajalari

Radioelementlardan foydalanib radiosistemaning keyingi iyerarxik darajasi hisoblangan zanjirlar yaratiladi (tebranuvchi konturlar, differensiallovchi va integrallovchi zanjirlar, filtrlar, cheklovchilar, shakllantiruvchi zanjirlar). Zanjirlar konstruktiv va texnologik jihatdan birlashtirilib, yetarlicha murakkablikdagi zanjirlar, ya'ni kaskadlar hosil qilinadi (avtogeneratorlar, modulyatorlar, demodulyatorlar, chastota o'zgartirgichlar, juda yuqori, yuqori, o'rtacha va past chastota kuchaytirgichlari va boshqalar).

Keyingi iyerarxik daraja bloklar hisoblanib, ularga antenna-fider trakti, qabul qilgichning kam shovqin beruvchi o'ta yuqori chastota kuchaytirgichi, kodek, modem, qabul qilgichning chiziqli trakti, qabul qilinayotgan signalga raqamli ishlov berish qurilmasi, boshqarish qurilmasi va boshqalar kiradi.

Keyingi murakkab iyerarxik daraja bo'lib, funksional tugallangan qurilmalar hisoblanadi. Ularga qabul qilgichlar, uzatgichlar va shularga o'xshagan, radiosistemalar tarkibida mustaqil ishlaydigan radioappaturalar kiradi. Bu qurilmalardan radiotexnik sistemalar tashkil etiladi.

Keyingi yillarda radiotexnik vositalarining elementlar bazasi juda rivojlanib borishi natijasida, ularni yaratishda KIS va o'ta KISlar qo'llanilmoqda. Buning natijasida iyerarxik darajalarning pastki uchta darajasi texnologik jihatdan bittaga darajaga birlashtirilmoqda.

Axborotlar qo'llanilishi bo'yicha radiotexnik sistemalar to'rt xil texnik sistema ko'rinishida ishlatiladi:

- axborotlarni uzatish sistemasi (radioaloqa, radioeshittirishlar);
- axborotlarni aniqlash va o'lchash sistemasi (radiolokatsiya, radionavigatsiya va b.);
- radioteleboshqarish sistemasi;
- axborotlarni buzuvchi sistema.

Hozirga kelib zamonaviy radiotexnikada bir qancha radiosistemalardan tashkil topgan radiotexnik majmualardan foydalanilmoqda. Bunday majmualarni boshqarish uchun quvvatli kompyuterlar qo'llaniladi. Bunday sistemalar sputnikli va kosmik aloqalar, global aloqa sistemalari, havodagi harakatlarni nazorat qilish va boshqarish sistemalari, raketali va kosmik majmualari kiradi.

Barcha radiotexnik sistemalar qabul qiluvchiga kerakli axborotlarni yetkazish uchun mo'ljallangan bo'ladi. Shuning uchun

ularni axborotli sistemalar deb ataladi. Ularning barchasida axborotlar tarkibi, ularni hosil qilish uslublari va qabul qiluvchining foydalanishi turlicha bo'lishi bilan, ularga ishlov berish, tasvirlash va uzatish uslublari umumiy hisoblanadi.

Axborotlarni uzatish sistemalarida uzatiladigan xabarlar qandaydir manbalardan kelib tushadi, sistemaning asosiy vazifasi uni qabul qiluvchiga uzatish hisoblanadi. Barcha radiotexnik sistemalar xabar o'zgartirgich qurilmalardan boshlanadi. Ularning vazifasi uzatiladigan xabarni uzatish uchun qulay bo'lgan elektr signaliga aylantirish hisoblanadi. Qabul qilgichning chiqishida ham olingan signalni qabul qiluvchiga tushunarli bo'lishligini ta'minlab beruvchi o'zgartirgich qurilmasidan foydalaniladi.

Axborotlarni aniqlab, ularning ichidan qabul qiluvchiga kerakligini chiqarib oluvchi sistemalarda axborotlarni uzatuvchi signallari mavjud bo'lmaydi. Ba'zi hollarda axborotlar sistemasida uzatkichlar umuman bo'lmaydi. Bunday sistemalarda ko'pincha elektromagnit to'lqinlari tarqaladigan trassa parametrlarini xarakterlovchi axborotlar bilan ishlanadi. Axborotlarni trassa yo'nalishlari olib yuradi.

Keyingi yillarda harbiy va fuqarolik holatlari uchun mo'ljallangan radiolokatsiya qiluvchi sistemalar sezilarli rivojlanib bormoqda. Bu boroda alohida o'rinmi yer yuzasida va sputnikli navigatsiya uchun foydalaniladigan kilometrli (uzun to'lqinli) va metrli (ultra qisqa) sistemalar egallaydi. Bunday sistemalar korabllar harakatini va samolyotlar uchishini xavfsizligini ta'minlaydi.

Radioteleboshqarish sistemasi uchish apparatlarini, kerakli rayonlarda berilgan trayektoriyalarda harakatlanishini ta'minlaydi. Ular kosmik obyektlarni distansion boshqarish masalasini yechishda keng qo'llaniladi.

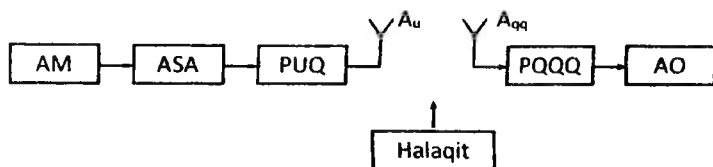
Axborotlarni buzuvchi radiosistemalar normal ishlovchi raqobatdosh radiosistemalar uchun xalal beruvchi signallar tarqatib, atayin ularni buzadilar.

5.2. Axborot uzatuvchi va qabul qiluvchi radiotexnik sistemalar

Radiotexnik sistemasining asosiy vazifasi axborotlarni fazoga elektromagnit to'lqinlar orqali erkin tarqatishdan iboratdir. Elektromagnit to'lqinni tarqatish esa, antenna orqali amalga oshiriladi.

Tarqatuvchi antennadan qabul qiluvchi antennaga yuqori chastotali elituvchi tebranishlar yetib keladi. Ularning biror bir parametri uzatilayotgan xabar qonuniyati bo'yicha o'zgartiriladi (modullash-tiriladi). Radioto'lqimlar aniq yo'nalish bo'yicha tarqalib, qabul qiluvchi antennaga yetib boradi. Uning ta'sirida elektr yurituvchi kuchga (yuqori chastota toklari) aylantirilib, o'zatilayotgan axborotga o'zgartiriladi.

Axborotni manbadan axborot oluvchiga yetkazib berish uchun foydalaniladigan texnik qurilmalar aloqa tizimi deb ataladi (5.2-rasm).



5.2-rasm. Aloqa tizimi

Aloqa tizimi: axborot manbai (AM), axborotni signalga aylantirish (ASA) qurilmasi, radiouzatkich (RUQ), radiouzatish antenasi (A_u), radioqabul qilish antenasi (A_{qq}), radioqabul qilish qurilmasi (RQQQ) va axborot oluvchidan (AO) iborat.

Axborotlarni (xabarlarni) uzatuvchi radiotexnik sistemalar elektromagnit tebranishlar yordamida uzoq masofalarga axborotlarni uzatish uchun mo'ljallangan. Bunday sistemalariga birinchi navbatda turli telekommunikatsiya yoki elektr aloqa sistemalari kiradi. Ular aloqa sistemasi, radioeshittirishlar, televideniye va video konferensiya aloqalari hisoblanadi. Radiouzatish sistema antenasi tarqatgan radioto'lqinlar fazoda (efirda) tarqaladi va radioqabul qilish antenasi yordamida RQQQ kiritiladi. Odatda radiouzatkich chiqishini RQQQ kirishi bilan bog'lovchi vositalar radioliniya (RL) yoki aloqa liniyasi (AL) deb ataladi. Radiolin-yadagi halaqitlarning strukturasi sxemada 5.3-rasmda ko'rsatilgan shaklda ko'rsatiladi. Radiouzatkich qurilmasi (RUQ), RL va RQQQ radioaloqa kanali (RK) deb ataladi. Ba'zan radioaloqa tizimining

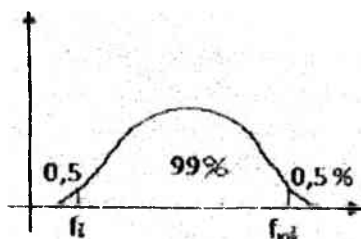
ma'lum ikki nuqtasidagi qurilmalar ketma-ketligi ham radiokanal (RK) deb tushuniladi va tahlil etiladi.

Axborot uzatuvchi va qabul qiluvchi radiotexnik sistemalari radiouzatuvchi qurilma, aloqa kanali va radioqabul qiluvchi qurilmadan tashkil topadi.

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

Radiosignal spektri ish chastotasi f , chastota turg'unligi $\Delta f/f$, band qilingan chastota kengligi va parazit to'lqinlar, ya'ni kerakmas bo'lgan to'lqinlar miqdori bilan xarakterlanadi (5.3-rasm). Band qilingan chastota kengligi bu yuqori f_{yu} va quyi f_q chastotalar oralig'i bo'lib, bu oraliqda signalning 99% quvvati yig'ilgan bo'ladi. Yuqori f_{yu} va quyi 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_c va t davomida o'zgarishi chastota turg'unligi bilan aniqlanadi ($\Delta f/f$). Chastota turg'unligi iloji boricha kichik bo'lishi kerak va shu ish chastotasiga va qurilmaning quvvatiga bog'liq buladi.



5.3- rasm. Radiosignalning tarkibi

Radio signallarni uzatuvchi qurilmalarni turlari. Radio-uzatuvchi qurilmalar quyidagi turlarga bo'linadilar:

- bajaradigan vazifasi bo'yicha qurilma – radioaloqa bog'lovchi, radio va telesignallarni uzatuvchi, professional aloqa bog'lovchi, telemetrik, radiolokatsion va radionavigatsiyali;

- 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 RUQ larda AE sifatida tranzistor, radiolampa va mikrosxemalar, tebranish konturi sifatida esa oddiy sig'im va induktivliklar ishlatiladi. O'ta yuqori chastotali RUQ da AE element sifatida magnetron, klilstron, LOV(qaytgan to'lqin lampasi), LEV (yuguruvchi to'lqin lampasi) lar, tebramish konturi sifatida esa volnovodlar va rezonatorlar ishlatiladi. Optik diapazonda esa lazer generetorlari va svetovodlar ishlatiladi;

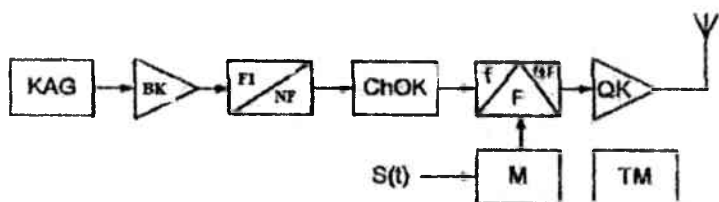
- quvvat bo'yicha RUQ lar juda kichik quvvatli, ($R_n < 3 \text{ Vt}$), kichik quvvatli (3-100 Vt), o'rta quvvatli (0,1-3 Kvt), kuchli quvvatli (3-100 Kvt) va o'ta kuchli quvvatli ($R > 100 \text{ Kvt}$) bo'lishi mumkin;

- modulyatsiya turi bo'yicha RUQ lar amplituda bo'yicha modulyatsiyalashtirilgan (AM), chastota bo'yicha modulyatsiyalashtirilgan (CHM) va faza bo'yicha modulyatsiyalashtirilgan (FM) bo'lishi mumkin. AM RUQlar radioaloqa bog'lanishda, radio-telesignallarni uzatishda, radiolokatsiyada ishlatiladi. CHM RUQlar radioaloqa bog'lashda, sifatli radiosignallarni uzatishda, radio relelyli sistemalarda, radiolokatsiyada ishlatilishi mumkin. FM RUQlar esa, radioaloqa qilishda ishlatiladi;

- ish sharoiti bo'yicha RUQ statsionar va harakatdagi (mobil) bo'lishi mumkin.

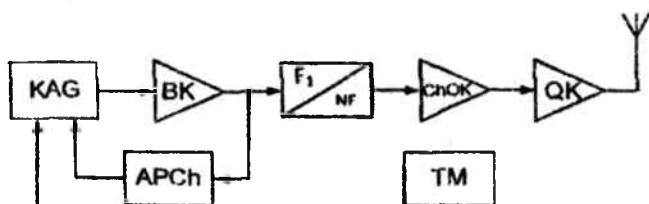
Endi radiouzatuvchi qurilmaning strukturaviy sxemasi bilan tanishib chiqamiz. 10-2000 m to'lqin oralig'ida radiosignallarni uzatuvchi qurilmalarda AM ishlatiladi. Ishlab berilayotgan signal siftiga va uni chastotasini turg'unligiga katta talab qo'yiladi. Odatda tashuvchi signallar ishlab beruvchi avtogenerator kvars tebratgichli bo'lib, kichik quvvatli bo'ladi. Shuning uchun radiouzatuvchi qurilmaning strukturaviy sxemasi ko'p kaskadli qilib quriladi. Qurilmam strukturaviy sxemasi 5.4-rasmda keltirilgan. Qurilma

quyidagi qismlardan iborat: 1-kvars tebratgichli avtogenerator (KAG), 2 - bufer kaskadi (BK), 3 - chastota ko'paytirich (CHK), 4-chiqish oldi kaskadi (SHOK), 5 - quvvat kuchaytirgich (QK), 6-modulyator (M), 7 - ta'minlovchi manba (TM). KAG - yuqori chastotali tashuvchi to'liqlarni 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 shakllantirib beradi. Quvvat kuchaytirgich radiosignallarni quvvatini kerakli bo'lgan miqdorgacha oshirib, antennaga uzatadi. M - uzatilishi kerak bo'lgan axborotni va yuqori chastotali tashuvchi signallarni bir-biriga qo'shib, ya'ni amplitudali modulyatsiyani amalga oshiradi.



5.4-rasm. AM RUQ ning strukturaviy sxemasi

Metrli diapazonda ishlovchi va radiolakatsion RUQlarda chastotali modulyatsiya qurilmaning avtogeneratorida amalga oshiriladi. Bunday qurilmalar yuqori sifatli radio eshittirishda, ko'p kanalli radioreleyli liniyalarda ham qo'llaniladi. Chastotali RUQ ni strukturaviy sxemasi 5.5 - rasmda keltirilgan.



5.5-rasm. CHM RUQ ni 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 avtogenerated ishlab berayotgan tashuvchi signal chastotasiga ta'sir qilib chastota buyicha modulyatsiyalashtiradi.

Radio qabul qilish qurilmasi. Radioaloqa sistemalarida axborotli signallarni yuqori chastotali tebranishlar parametrlari orqali boshqariladi. Yuqori chastota tebranishlari yordamida bu signallar uzoq masofalarga simsiz uzatiladi. Uzatilayotgan axborotni tiklash funksiyasini radioqabul qiluvchi qurilmalar amalga oshiradi. Buning uchun radiouzatuvchi qurilmadan uzatilayotgan radioto'lqinga ta'sir ko'rsatiladi. Uzatilayotgan axborot asosida modulyatsiya qilingan tebranishlardan radioqabul qiluvchi qurilma xabarni tiklaydi.

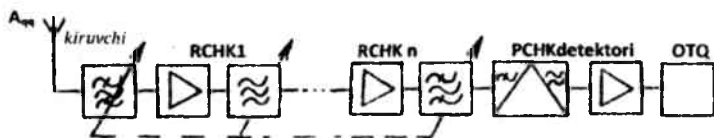
Radioqabul qiluvchi qurilmadan radioeshitirishlarda, televizion uzatishlarda, radiolokatsiya qilishda, radioboshqaruvda, kosmik aloqalarda, harakatdagi obyektlar bilan aloqada va boshqalarda juda keng foydalaniladi. Lekin foydalanish doirasi juda ko'p bo'lishiga qaramay, barcha radioqabul qiluvchi qurilmalar umumiy struktura-viy sxemaga ega hisoblanadi.

Juda keng foydalaniladigan oddiy radioqabul qiluvchi qurilmalar antennaga, radioqabul qiluvchiga va oxirgi tiklovchi qurilmadan tashkil topadi.

Radioqabul qiluvchi qurilmalar bir qancha belgilar bo'yicha sinflanadi, ya'ni qabul qilinayotgan signal ko'rimshi bo'yicha, strukturaviy sxemasini yaratish bo'yicha, ishlatiladigan elektron qurilmalar bo'yicha, konstruktiv tuzilishi bo'yicha va elektr ta'minoti bo'yicha. Yaratilishi bo'yicha radioqabul qiluvchi qurilmalar to'g'ridan-to'g'ri kuchaytiruvchi qabul qilgichlar, regenerativ, yuqori regenerativ va supergeterodinli qabul qilgichlarga bo'linadi. Konstruktiv tuzilishi bo'yicha statsionar, olib yuriluvchi (avtomobillarda, lokomotivda, korabllarda, samolyotlarda, sputniklarda), ko'chiriluvchi qabul qiluvchi qurilmalar mavjud.

Signalni kuchaytirish va to'lqinlarni tanlab qabul qilish xususiyati bevosita qabul qilinayotgan signal chastotasida amalga oshiriladigan traktli radioqabul qiluvchi qurilma to'g'ridan-to'g'ri kuchaytiruvchi qabul qilgichlar deb ataladi (5.6-rasm).

Kirish zanjiri chastota-selektiv elektr zanjir hisoblanib, hirinchi radiochastota kuchaytirgichi (RCHK) kirishidagi signalni dastlabki chastotali seleksiya qilishni ta'minlaydi. Radiochastota kuchaytirgichlari qabul qilingan signalni, qabul qilgich to'liqlarni tanlab qabul qilishini ta'minlash va sifatli detektorlash uchun kerakli darajagacha kuchaytirib berish uchun mo'ljallangandir.



5.6-rasm. To'g'ridan-to'g'ri kuchaytiruvchi qabul qilgichlar

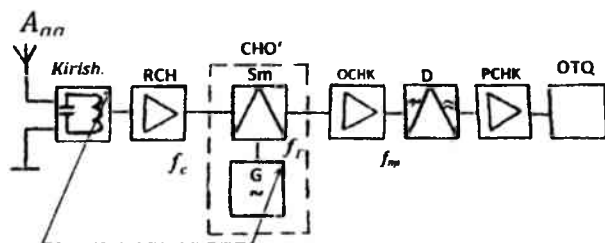
RCHK qabul qilingan signalning tashib yuruvchi chastotasiga sozlanadigan tebranishlar konturiga yuklatilgandir. Detektor qabul qilingan modulyatsiyalangan signalni past chastota kuchaytirgichi kirishiga kehib tushayotgan past chastota signaliga o'zgartiradi. Bu signal oxirgi tiklovchi qurilma normal ishlashini ta'minlovchi darajagacha kuchaytiriladi.

To'g'ridan-to'g'ri kuchaytiruvchi qabul qilgichlar murakkab sozlanuvchi sistemaga, past sezgirlik va tanlovchanlik xususiyatiga ega hisoblanadi. Bunday kamchiliklar 1919-yilda amerikalik olim Armstrong tomonidan yaratilgan supergeterodin qabul qilgichlarda kuzatilmaydi.

Supergeterodin qabul qilgichlar. Supergeterodin qabul qilgichlar radiotraktlarida qabul qilingan signal chastotasi o'zgartiriladi, bunda u qabul qilinayotgan signal chastotasiga bog'liq bo'lmaydi, oraliq chastota esa fiksirlangan bo'ladi. Radiotraktda bitta chastota o'zgaruvchili supergeterodin qabul qilgichning struktura sxemasi 5.7-rasmda ko'rsatilgan bo'lib, to'g'ridan-to'g'ri kuchaytirgichli radioqabul qilgichning struktura-raviy sxemasidan chastota o'zgartirgichiga (CHO') va oraliq chastota ko'chaytirgichiga (OCHK) egaligi bilan farqlanadi.

Chastota o'zgartirgich aralashtirgich va generatordan tashkil topadi. Bu generator geterodin deb atalib, f_g chastotali tebranishlarni ishlab chiqaradi. Sistemada qabul qilinayotgan signalning f_c ta-

shuvchi chastotasi, boshqa doimiy va nisbatan past oraliq f_o chastotaga, modulyatsiya qonuniyatini o'zgartirmasdan o'zgartiriladi.



5.7-rasm. Supergeterodin qabul qilgichning strukturaviy sxemasi.

O'zgartirgichning kirish toki o'z tarkibiga signal chastotasiga ega tashkil etuvchini va bir qator $|f_c + kf_g|$ chastotaga ega kombinatsion tashkil etuvchilarni kiritadi va ko'pincha $|f_g - f_c|$ chastotalar farqidan foydalaniladi. f_o oraliq chastotada OCHK kuchaytirgichining selektiv zanjiri sozlangan bo'lib, u super-geterodin radioqabul qiluvchi qurilmaning radiotraktida asosiy kuchaytirishni va tanlash xususiyatini ta'minlaydi.

Supergeterodin radioqabul qiluvchi qurilmada to'g'ridan-to'g'ri kuchaytiruvchi radioqabul qiluvchiga nisbatan uni sozlash sistemasi sezilarli osonlashadi va sezgirlik va tanlovchanlik xususiyati yaxshilanadi, undan tashqari buzilishga barqarorligi oshadi. Bunday radioqabul qiluvchi quyidagi asosiy vazifalarni bajaradi: seleksiya, ya'ni qabul qiluvchi antennaga elektromagnit to'lqinlar orqali turli signallar va xalallarni yetkazib keladigan elektr yurituvchi kuch yig'indisidan foydali signallarni ajratib olish, antenna chiqishidagi radiochastota tebranishlarini kuchlanish va quvvat bo'yicha kuchaytirish, radiochastotalar tebranishlarini demodulyatsiya qilish, ya'ni yuqori chastotali modulyatsiyalangan signalni past chastotali signalga yoki videosignalga o'zgartirish, ajratilgan signalni oxirgi tiklovchi qurilma normal ishlashini ta'minlovchi kerakli sathgacha kuchaytirish.

Radioqabul qiluvchi qurilmalarning asosiy elektrik parametrlari. Radioqabul qiluvchilarning asosiy elektrik parametrlarini ko'rib chiqamiz. Qabul qiluvchining ishchi chastotasi shu radio-

liniyadagi uzatuvchining ishchi chastotasi bilan mos tushishi kerak. Bitta ishchi chastotasiga ega qabul qilgich fiksirlangan sozlanuvchi qabul qilgich deb ataladi. Bir qancha uzatkichlardan signallarni qabul qiluvchi qurilma, ya'ni bitta chastotadan boshqa chastotaga ketma-ket moslashuvchi qabul qilgichlar diapazonli qabul qilgichlar deyiladi. Ularda ishchi chastota diapazonlari ko'rsatkichi kiritilgan bo'ladi.

Qabul qilgichning sezgirliги uning zaif signallarni qabul qilish xususiyatini xarakterlaydi. Antennadagi elektroyurituvchi kuch E juda kichik amplitudaga ega bo'ladi. Elektroyurituvchi kuch E qabul qilgichning sezgirliğini xarakterlaydi, uni kuchaytirish koeffitsiyenti $K = U_{chiq} / E_A$ chiqishda telefon, telegraf yoki boshqa signal uchun kerakli U_{chiq} – kuchlanish (R_{chiq} – quvvat) amplitudasini ta'minlab berishi kerak bo'ladi. K koeffitsiyentini oshib borishi bilan, qabul qilgich faqat foydali signalni kuchaytiruvchi bo'lib qolmay, xalal signallarni ham kuchaytiradi. Shuning uchun qabul qiluvchilar uchun real sezgirlik ko'rsatkichi kiritiladi. Bu ko'rsatkich kirishdagi E_A ning, chiqishda U_{chiq} – kuchlanish (R_{chiq} – quvvat) signali kerakli amplitudada signal/xalal munosabatiga yetishi uchun kerakli minimal qiymati bilan baholanadi. Zamonaviy qabul qilgichlarning real sezgirliги $(R_{chiq} / R_{shk}) = 20\text{dB}$ bo'lganda $E = (0,1 - 5) \text{ mV}$.

Detsimetr va santimetr to'liq diapazoni qabul qilgichlarida shovqin koeffitsiyenti N tushunchasi kiritiladi:

$$N = 1 + \frac{P_{shxus}}{P_{shk}} \cdot K_p, \quad (5.1)$$

bu yerda R_{shxus} – xususiy issiqlik shovqinlari, R_{shk} – kirish shovqini, K_p – quvvat bo'yicha real kuchaytirish koeffitsiyenti.

Qabul qilgichning boshqa parametrlari bilan E va N ning bog'lanishi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$E_A = \sqrt{4kT_0 r_A \Delta f_d \left[t_A - 1 + \frac{N}{K_d} \right] \gamma p}, \quad (5.2)$$

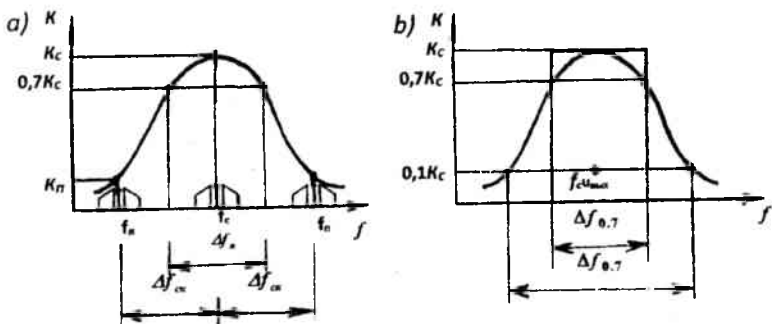
bu yerda kT_o – Bolsman doimiysini atrof-muhitning absolyut haroratiga ko'paytmasi;

Δf_{ef} – shovqinli kuchlanishlar o'lchanadigan chegaradagi chastota polosasi, f_r qabul qilgichning o'tkazuvchanlik polosasi bilan mos tushadi;

$t_A - r_A$ qarshilikka ega antannaning nisbiy shovqinli harorati;

K_{rf} – quvvat bo'yicha fiderning uzatish koeffitsiyenti;

γ_r – xabarni normal registratsiya qilish uchun kerakli qabul qilgichning chiqishidagi quvvat bo'yicha signal/shovqin munosabati.



5.8-rasm. Kuchaytirish koeffitsiyentini chastotaga bog'liqligi

Qabul qilgichning tanlovchanligi radiosignalning barcha foydali tarkibini kuchaytirish va xalal signallarni iloji boricha kamroq kuchaytirishi imkoniyatini ta'minlash xususiyati bilan xarakterlanadi. Bunday xalal signallar ichidan eng xavfli $\Delta f_{\text{ck}} = 25$ kGs intervalga ega qo'shni chastota kanallari uzatkichlari nurlanishi orqali antennaga olib boruvchi elektr yurituvchi kuch hisoblanadi. Tanlovchanlik xususiyati qabul qilgichga tebranishlar sistemasini beradi, bunga ko'ra K kuchaytirish koeffitsiyenti chastotaning funksiyasi $K=\varphi(f)$ bo'lib hisoblanadi (5.8-rasm).

Bitta signalli tanlovchanlik $V_{\text{ck}} = k_c / k_n$, f_c chastotali qabul qilmayotgan kanalning kuchaytirish koeffitsiyenti, qo'shni kanalning $f_n = f_c \pm \Delta f_{\text{ck}}$ chastotali xalallarni kuchaytirish koeffitsiyentidan necha barobar katta ekanligini ko'rsatadi. Qo'shni kanallar bo'yicha ikki signalli tanlovchanlik $V_{\text{ckp}} = U_{\text{ck}} / U_c$ ga teng hisoblanadi, bunda U_{ck} , U_c – qo'shni kanalning xalal kuchlanishlari va kirishdagi

signallar amplitudalari. O'tkazuvchanlik polosasi bu Δf_n chastota diapazoni bo'lib, bu chegarada kuchaytirish koeffitsiyenti nisbatan doimiy bo'lib qoladi. Qabul qilinayotgan signal Δf_s polosasi kengligida modulyatsiyalangan bo'lganligi uchun, $\Delta f \leq f_n$ shart bajarilishi kerak.

Real o'tkazuvchanlik polosasini ideal to'g'ri burchakli o'tkazuvchanlik polosasiga yaqinlashish darajasi to'g'ri burchaklik koeffitsiyenti $k_{tb} = \Delta f_{n0,7} / \Delta f_{n0,1}$ bilan baholanadi (5.8,b - rasm).

R_{chiq} – chiqishdagi foydali signalning quvvati (televizion, telegraf, telefon va boshqalar) bo'lib, signalni xabarga o'zgartirish uchun kerakli hisoblanadi.

Nochiziqli buzilish bu signal shaklining buzilishi hisoblanib, radioqabul qiluvchining kaskadlaridagi elektron elementlarning xarakteristikalarini nochizilqliligi hisobiga, katta amplitudada yuzaga keladi. Miqdoriy jihatdan nochiziqli buzilish koeffitsiyenti bilan baholanadi:

$$K_H = \frac{\sqrt{U_1^2 + U_2^2 + \dots + U_n^2}}{U_1} \quad (5.3)$$

bu yerda U_1, U_n – birinchi va eng yuqori garmonik signal amplitudasi.

Chastota buzilishlari foydali signal spektrini turli tashkil etuvchilarini turlicha kuchaytirilishi, radiochastota kuchaytirgichlaridagi tebranishlar sistemalari va past chastota kuchaytirgichlaridagi parazit reaktiv qarshiliklar hisobiga yuzaga keladi. Zamonaviy radioqabul qilgichlarning asosiy turi bo'lib supergeterodinli qabul qilgichlar hisoblanadi.

5.3. Telekommunikatsiya tarmoqlari va sistemalari

Telekommunikatsiya bu masofadan turib muloqat qilish, ya'ni maxsus texnik vositalardan foydalanib axborot almashish hisoblanadi. Bunday muloqot asosan aloqa vositalari yordamida amalga oshiriladi. Telekommunikatsiya muloqotini amalga oshiruvchi texnik vositalar va aloqa liniyalari yig'indisi telekommunikatsiya tarmoqlari va sistemalari deb ataladi.

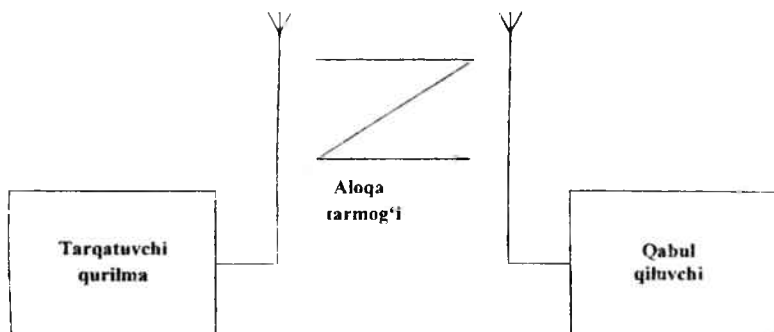
Xalqaro elektraloqa ittifoqining telekommunikatsiyani standartlashtirish bo'yicha sektori (ITV-T – International Telecommunications Union Standartization Sector), kommutatsiya qilishni so'rov bo'yicha tashkil etiluvchi va axborot almashish uchun talab qilingan vaqtda, sistemaning kirish-chiqish juftligida ko'p kirishlaridan birini, uning ko'p chiqishlaridan biriga ulash deb aniqladi. Boshqa so'z bilan aytganda, telekommunikatsiyada ulash, chaqirila-yotgan foydalanuvchining liniya raqami bilan moslikda amalga oshiriladi va ulardan bittasi tarmoqdan uzilmaguncha saqlanib turadi. Bunday aloqada tarmoq bo'yicha nutq, ma'lumotlar yoki videoaxborotlarni uzatish mumkin. Shunday qilib, telekommutatsiya sistemasida aloqaga so'rov olganda, chaqirayotgan va chaqirila-yotgan foydalanuvchilar (TA, kompyuterlar yoki modemlar) orasida tarmoqli ulanish o'rnatiladi, bu ulanish faqat aloqa vaqti davomidagina foydalanuvchilarga to'la va mutloq foydalanish imkoniyatini beradi. Bu vaqt davomida tarmoqning texnik va dasturiy resurslari boshqa talabnomalarga xizmat ko'rsatish uchun ishlatilmaydi. So'zlashuvdagi yoki ma'lumotlarni uzatishdagi tabiiy tanaffuslar boshqa so'zlashuvlar yoki boshqa ma'lumotlar bilan to'ldirilishi mumkin emas. Aloqa tugagach ulanish buziladi, shundan so'ng tarmoq ulanishda qatnashgan resurslar boshqa ulanishni tashkil etish uchun ishlatiladi. Shunday qilib, kommutatsiya bu bir necha bir-biriga bog'liq bo'lmagan doimiy mavjud bo'lgan kanallarni bitta ulama kanalga ketma-ket ulanish jarayonidir, bu ulanish faqat aloqa vaqti davrida bo'lib, bu vaqt davomida kommutatsiyalanadigan kanalning chetki nuqtalaridagi foydalanuvchilar o'zaro muloqat, ya'ni axborot almashinuvi imkoniga ega bo'lishlari kerak. Kommutatsiyalanadigan kanal komponentlari bo'sh, ulana oladigan va ulanishning zarur yo'nalishida joylashgan sonidan tanlab olinadi. Kanallar kommutatsiyasi analogli yoki raqamli bulishi mumkin.

Analogli kommutatsiya deb analogli signallar ustidan muolajalar vositasi bilan kommutatsiyalanadigan kanalning chetki nuqtalari o'rtasida ulash o'rnatish jarayoniga aytiladi.

Raqamli kommutatsiya deb raqamli signallarni analogli signallarga aylantirmay, ular ustida muolaja bilan kommutatsiyalanadigan kanalning chetki nuqtalari o'rtasida bog'lanish o'rnatish jarayoniga aytiladi.

5.4. Aloqa kanallari

Radiotexnik sistemalarning asosiy tarkibini radiotexnik kanallar (radiokanallar) tashkil qiladi. Radiokanallar esa, radio to'liqlarni uzatuvchi va qabul qiluvchi qurilma, hamda aloqa tarmog'idan tashkil topadi. Aloqa tarmog'i deb fizik muhit (kosmik fazo, fazo bo'shlig'i, optik tola yoki to'liq o'tkazuvchi o'tkazgich va boshqalar) va signallarni uzatgichdan qabul qilgichga uzatish uchun ishlatiladigan apparat vositalari to'plamiga aytiladi. Radiokanalning umumlashtirilgan strukturaviy sxemasi 5.9-rasmda keltirilgan.



5.9-rasm. Radiokanalning strukturaviy sxemasi

Radiotexnik tarqatuvchi deb, axborotni elektromagnit to'liqlar orqali kerakli masofaga tarqatuvchi qurilmaga aytiladi. Bularga aloqa sistemasi, radio, televideniye kiradi. Undan tashqari xohlagan radiotexnik sistemalarining tarkibiy qismlari bo'lib, ta'minlash qurilmalari, fider-antennalari, elektron hisoblash qurilmalari va boshqa qurilmalar hisoblanadi.

Axborotlarni qabul qilishda radiosistemalarda yechiladigan asosiy masalalar bo'lib quyidagilar hisoblanadi:

- xalallar fonida signallarni aniqlash;
- xalallar fonida signallarni ajratib olish;
- signal parametrlarini baholash;
- xabarlarni qaytadan tiklash.

Radioaloqa sistemasi o'zida radiotexnik sistemalarini jamlagan bo'lib, ikkita katta sinfga bo'linadi, ya'ni simpleks va dupleks aloqa sistemasi.

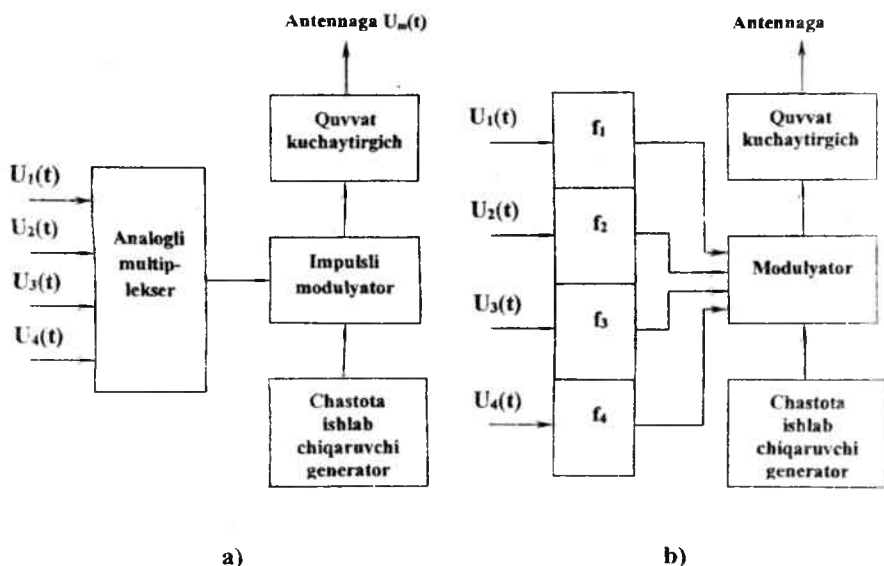
Simpleks aloqada axborot tarqatuvchi bilan qabul qiluvchi qurilmalar orasidagi aloqa bitta elituvchi to'liq chastotasi orqali galma-galdan amalga oshiriladi. Simpleks aloqa ko'pincha bitta yo'nalishli aloqa uchun ishlatiladi, masalan, radio va televideniya axborotlarni tarqatishi.

Dupleks aloqa ikki tomonlama radioaloqa bo'lib, ikkita punkt orasida har xil elituvchi to'liq chastotasi orqali galma-galdan aloqa qilinadi. Hozirda simpleks aloqaning bir qancha ko'rinishlaridan, ya'ni yarimdupleks aloqa yoki ikki chastotali simpleks aloqadan foydalanilmoqda. Bu aloqa retranslyatorlar (uzatuvchi qurilma) orqali amalga oshiriladi. Retranslyator oraliq qabul qiluvchi va uzatuvchi radioaloqa tarmog'i punkti kabi foydalaniladigan radiotexnik qurilma hisoblanadi.

Tarmoq aloqa sistemasi bitta kanalli va ko'p kanalli bo'ladi. Ko'p kanalli aloqa sistemalarida axborot bir nechta manbalardan bir vaqtning o'zida bitta kanal orqali (trakt) amalga oshiriladi. Ko'p kanalli aloqa sistemasining asosiy vazifasi, bir qancha manbalardan bir vaqtda xabarlarini uzatish, ya'ni uning o'tkazuvchanlik xususiyatini kengaytirishdir. Aloqa kanalidan foydalanishning samaradorligini oshirishga, ortiqcha xabarlarini qisqartirish va abonentlarning ko'p kanalli bog'lanishlarini tashkil qilish hisobiga bog'lanish kanallarini zichlashtirishning turli uslublarini qo'llash yo'li bilan erishiladi.

Ko'pgina aloqa sistemalarini o'tkazuvchanlik xususiyatlarini oshirish uchun signalni chastota bo'yicha yoki vaqt bo'yicha siqishdan (zichlashtirish) foydalaniladi (5.10-rasm). Elituvchi tebramishlarni amplitudali, chastotali va fazali modulyatsiya qilish, kanallarni chastota bo'yicha zichlashtirilgan, ko'p kanalli radioelektron sistemalarini yaratish imkoniyatini beradi.

Vaqt bo'yicha zichlashtirilganda axborot ma'lum vaqtda ma'lum chastotada kanal orqali berilishi belgilab qo'yiladi. Bitta elituvchi chastota orqali galma-galdan har xil manbalardan kelayotgan axborotlar uzatiladi.



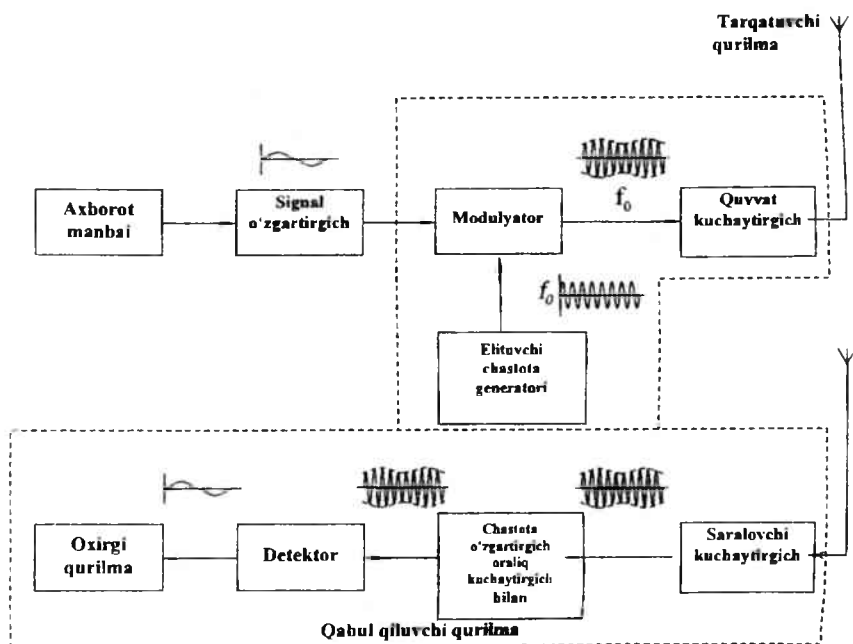
5.10-rasm: a) – tarqatuvchi qurilmaning vaqt bo'yicha,
b) – chastota bo'yicha zichlashtiradigan qurilmani srukturaviy sxemasi.

5.10-rasmda tarqatuvchi qurilmaning vaqt va chastota bo'yicha zichlashtiradigan qurilmaning strukturaviy sxemasi keltirilgan. Signallar analogli multipleksor orqali (analogli kommutator yoki selektor) impuls modulyatoriga beriladi. Axborot signali vaqt bo'yicha ajratilib (diskretlab), ishlab chiqaruvchi generatordan chiqqan yuqori chastotali elituvchi chastotani amplituda-impulsi (AI), impuls kengligi bo'yicha (IK), fazo-impulsi (FI) yoki impuls-kodli modulyatsiyalab quvvat kuchaytirgichga beriladi. Quvvat kuchaytirgichida kuchaytirilgan signal antenna orqali fazoga tarqatiladi.

Ko'pgina radiotexnik sistemalarda chastota bo'yicha zichlash varianti ishiatiladi (5.10,b rasm). Bunda manbalardan kelayotgan har xil chastotali axborot signallari modulyatorga beriladi. U yerda chastota ishlab chiqaruvchi generatordan chiqayotgan elituvchi to'liqin chastotasi chastota, amplituda yoki faza bo'yicha modulyatsiyalanadi va quvvat kuchaytirgichida kuchaytirilib, antenna orqali fazoga tarqatiladi.

5.5. Analogli va raqamli aloqa sistemalari

Analogli aloqa sistemasining strukturaviy sxemasi 5.11-rasmda keltirilgan. Bu yerda elituvchi tebranishlarning amplitudali modulatsiya varianti qo'llanilgan. Aloqa sistemasining asosiy va muhim zvenosi bo'lib tarqatilishi kerak bo'lgan axborot manbai hisoblanadi. Axborot manbai elektr kattalikda bo'lmaganligi uchun axborotni elektr signallga o'zgartirish talab qilinadi. Bu jarayon esa, signalni elektrofizik o'zgartirgich yoki elektroo'zgartirgich orqali amalga oshiriladi.



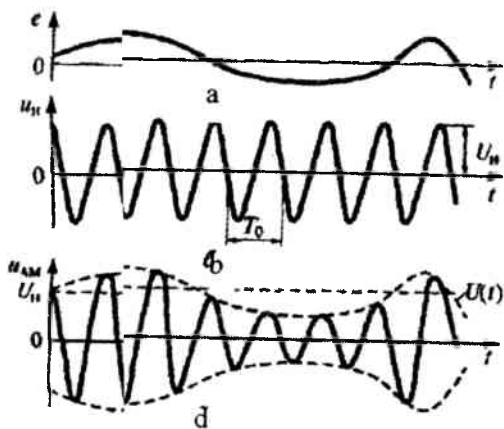
5.11-rasm. Analogli aloqa sistemasining strukturaviy sxemasi

Elektroo'zgartirgich ko'pincha kodlovchi qurilma hisoblangan – koder bilan birlashtiriladi. Musiqa, nutqlarni uzatishda signal o'zgartirgich va koder bo'lib mikrofon hisoblanadi, ya'ni u orqali

signallar o'zgartiriladi, noelektrik signallar (datchiklar orqali hosil bo'lgan) yoki tasvirni uzatuvchi television trubkalar elektr o'zgartirgichlari orqali bir fizik kattalikdan boshqa fizik kattalikka aylantiriladi.

Hozirgi radiotexnikada radiokanalning strukturaviy sxemasida manba signali va signal o'zgartirgich bitta zvenom tashkil qiladi va birlamchi axborot manbai deb ataladi, koder esa alohida ulanadi. Signal tarqatuvchi durilma signal manbai va o'zgartirgichdan tashqari modulyator, elituvchi chastota generatori, quvvat kuchaytirgich va tarqatuvchi antenadan tashkil topgan. Axborotni tarqatish uchun avval uni yuqori chastotali elektromagnit to'lqinga olib kiriladi, bu amal uzatkich modulyatorida amalga oshiriladi. Yuqori chastotali elituvchi to'lqinni elituvchi chastota deyiladi. Elituvchi to'lqinni elituvchi chastota ishlab chiqaruvchi generator ishlab beradi.

Keyingi yillarda chastota elituvchi generator sifatida chastota sintezatorlaridan foydalanilmoqda. Elituvchi to'lqinning bir yoki bir nechta parametr tarqatilayotgan axborot qonuni asosida o'zgarishiga modulyatsiya deyiladi. Modulyatsiyalangan yuqori chastotali tebranishlar ikkilamchi signal bo'lib, radiosignallar deyiladi.



5.12-rasm. Amplitudali modulyatsiyalash jarayonining vaqt diagrammasi,

a) modulyatsiyalovchi signal, b) tebranishlarni tashuvchi; d) AM signal

Radiokanal orqali axborot tarqatilganda bir necha modulyatsiya turlaridan foydalaniladi, ya'ni amplitudali, chastotali, fazali, impulsli va boshqalar. Amplitudali modulyatsiya oddiy, juda keng tarqalgan modulyatsiya turiga kiradi, chunki elituvchi yuqori chastotali to'liqinni faqat amplitudasi o'zgaradi, boshqa parametrlari esa o'zgarmaydi. 5.12-rasmda uzatilayotgan axborotning elituvchi chastotaga olib kirilganidagi radioto'liqlarning hosil bo'lishi vaqt diagrammasi orqali keltirilgan.

Axborot signali uzluksiz funksiya $\ell(t)$ ko'rinishda bo'lsa, elituvchi chastota esa radiotexnikada yuqori chastotali garmonik signal deb qaraladi (5.12,b rasm).

$$U_e(t) = U_e \cos(\omega_o t + \varphi_o) = U_e \cdot \cos \psi(t) \quad (5.4)$$

bu yerda U_e – amplituda, ω_o – burchak chastotasi, φ_o – boshlang'ich faza, $\psi(t) = (\omega_o t + \varphi_o)$ – to'la faza.

Burchak chastotasi ω_o , tebranish davri – T_o , to'liqin chastotasi $f_o = 1/T_o$ bir biri bilan quyidagicha bog'langan

$$\omega_o = 2\pi/T_o = 2\pi f_o. \quad (5.5)$$

Modulyatsiyalangan signal (U_{AM}) shakli modulyatsiya qilinishi kerak bo'lgan signal $e(t)$ signal shakli bilan mos tushadi (21,d-rasm) va quyidagicha aniqlanadi.

$$(U_{AM})(t) = U_e(t) \cdot \cos(\omega_o t + \varphi_o) = [U_n + R_A e(t)] \cdot \cos(\omega_o t + \varphi_o) \quad (5.6)$$

bu yerda R_A – o'lchovsiz proporsional koeffitsiyent, ya'ni $U_e(t) \geq 0$ har doim o'rinli.

Modulyatorning chiqishidan olingan (5.12,d rasm) radiosignal quvvat kuchaytirgichi orqali kerakli kuchaytirilib antennaga tarqatish uchun yuboriladi.

Radiosignalni qabul qilish va tarqatish antenna orqali amalga oshiriladi. Modulyatsiyalangan radio signalni antennadan qabul qilingandan so'ng, qabul qiluvchi qurilmaga uzatiladi.

Modulyatsiya qilingan signal saralovchi kuchaytirgichda kuchaytiriladi. Saralovchi kuchaytirgichda foydali signal kuchayishi bilan bir vaqtda foydali bo'lmagan signallar, ya'ni halaqitlar kuchaytirilmaydi, ya'ni ularga ta'siri bo'lmaydi. Radiosignalni keyingi kuchaytirgichda yana kuchaytiriladi.

Agarda boshqa stansiyadan chiqayotgan modulyatsiyalangan radiosignalni qabul qilish kerak bo'lsa, saralovchi kuchaytirgichni o'sha chastotaga sozlanadi.

Agarda qabul qiluvchi qurilmaga aralashtirgich singari qo'shimcha zveno kirgazilsa, har xil chastotali elituvchi chastotani yordamchi generator orqali (geterodin) bir xil chastotaga keltiriladi, ya'ni o'zgartirgich funksiyasi bajariladi. Yuqori chastotali signaldan past chastotali signalga aylantiriladi. Natijada saralovchi kuchaytirgichni sozlamasdan turib oraliq kuchaytirgich chastotasi orqali kuchaytiriladi. Bunda qabul qiluvchi qurilmani supergeterodinli deyiladi.

Detektor – (ajratib chiqaruvchi) yoki demodulyator modulyator funksiyasining teskarisini bajaruvchi qurilma bo'lib, modulyatsiyalangan yuqori chastotali radiochastotadan past chastotali foydali chastotani ajratib chiqaradi. Oxirgi pog'onada esa past chastotali signal foydali axborotga aylanadi.

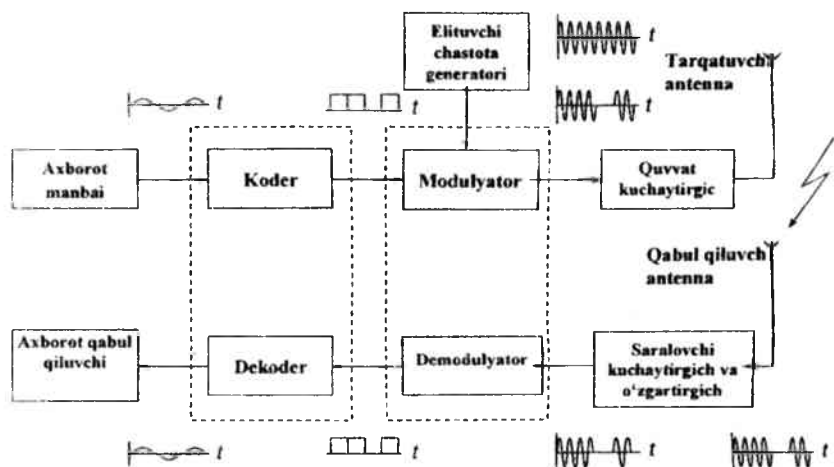
Raqamli aloqa sistemasi. 1960-yillargacha barcha aloqa sistemalari analogli aloqa sistemasi hisoblanardi. Dastlabki real diskret aloqa sistemasida impulsli-kodli modulyatsiyalash 1947-yilda e'lon qilingan.

Zamonaviy raqamli aloqa sistema radiokanalining qisqartirilgan strukturaviy sxemasi 5.13-rasmda keltirilgan.

Uzluksiz axborot (analogli) diskret aloqa (raqamli) sistemasi orqali uzatilishi mumkin. Buning uchun uzluksiz axborotni vaqt bo'yicha diskretlanadi, sath bo'yicha bo'linadi va kodlanadi. Kodlash – bu uzlukli axborotlarni kodlovchi belgilar ketma-ketligi yordamida hosil qilishdir (masalan, ikkilik kodlarida, ya'ni 0 va 1lar yordamida). Keyingi yillarda diskretlash va kodlash metodlarini shakllantirish manbani kodlash deb atalmoqda.

Formatlash jarayoni dastlabki axborotlarni raqamli shaklga o'zgartirish bo'lib, shu yo'l bilan raqamli aloqa sistemasida signallarga ishlov berish funksiyasi bilan axborotlarni mos tushishligi

ta'minlanadi. Formatlash natijasida uzatilayotgan dastlabki signal raqamli kod orqali tasvirlanadi yoki davomiyligi bir xil bo'lgan standart impulslar ("bir" va "nol") ketma-ketligi orqali tasvirlanadi. Formatlashdan tashqari ma'lumotlarni zichlashtirishdan ham foydalaniladi, bu jarayon esa manbani kodlashtirish hisoblanadi. Manbani kodlashtirish bu analogli manbalarda analogli signalni raqamli signalga o'zgartirish va o'zatilayotgan keragidan ortiq axborotlardagi ortiqcha olib tashlashlarni amalga oshirish hisoblanadi.



5.13-rasm. Zamonaviy raqamli aloqa sistema radiokanalining qisqartirilgan strukturaviy sxemasi

Raqamli radioaloqa sistemalari signal uzatuvchi qurilmalarida, uzatilayotgan signalni kodlash koder deb ataluvchi zamonaviy raqamli mantiqiy mikrosxemada bajariladi.

Xabar uzatishning keyingi bosqichi bo'lib xalallarga bardoshli kodlashtirishni amalga oshirishdir, ya'ni o'zatilayotgan xabarga axborotli bo'lmagan ortiqcha belgilar ham qo'shiladi. Bu ortiqcha belgilar aniq matematik munosabatlar bilan bog'langan bo'lib, ularni kiritilishidan maqsad, xabarlarni kodlashtirishda ularni bir-birlaridan farqlanadigan qilish, bu bilan uzatish jarayonida yuzaga keladigan ba'zi bir xatoliklarni to'g'rilashni ta'minlash hisoblanadi. Xalallarga bardoshli kodlar qabul qilingandan so'ng, xabarlar

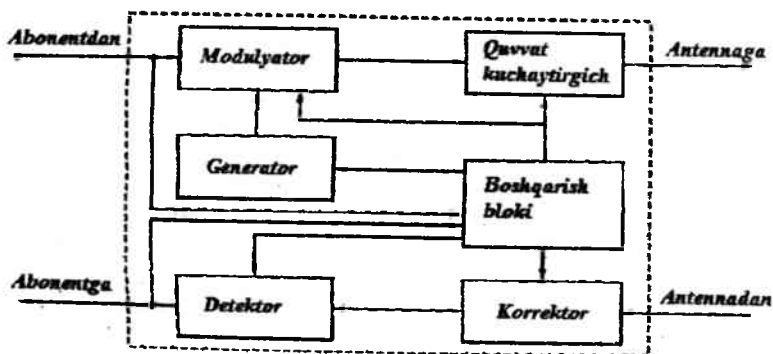
modulyatorga kelib tushadi. Radiouzatovchining modulyatorida raqamli xabarlar, berilgan chastota polasasini egallaydigan analogli modulyatsiyalashtirilgan signalga o'zgartiriladi. Buning uchun tebranishlarni tashuvchi koderdan olingan impulslar ketma-ketligini modulyatsiyalashtiradi. Raqamli sistemalarda odatda impuls-kodli modulyatsiya (IKM) amalga oshiriladi.

Impuls-kodli modulyatsiyada uzlukli signalning diskret qiymati kod kombinatsiyasi ko'rinishida bo'ladi.

Qabul qiluvchi qurilmada radiochastota qabul qilingandan so'ng, saralovchi kuchaytirgich orqali radiochastota kuchaytiriladi va demodulyator orqali kodlangan simvollar ketma-ketligi ajratib olinadi. Dekoderda esa, analog signal qayta tiklanadi va axborot qabul qiluvchiga beriladi.

Zamonaviy raqamli axborot tarqatuvchi sistemada ikkita mustaqil birga qo'shilgan mitti sxema ishlatiladi. Kodeklar deb tarkibida koder va dekoder bo'lgan o'zgartirgichga, modem deb esa, tarkibida modulyator va demodulyator bo'lgan o'zgartirgichga aytiladi.

Modemlar ishlatilish sohasiga va bajaradigan funksiyasiga qarab quyidagilarga bo'linadi: simli yoki telefonli modemlar, sotoviy modemlar, paketli radiomodemlar, bog'langan yuqori chastotali radiomodemlar, raqamli, faksli modemlar va boshqalar. Simli modemlar tarmoq telefonining simi bilan boshqariluvchi kompyuter orasiga ulanadi.



5.14-rasm. Simli modemning strukturaviy sxemasi.

Simli modemning strukturaviy sxemasi 5.14-rasmda ko'rsatilgan. Shunga o'xshash modemlar dupleks holatda ishlaydi.

5.6. Televizion sistemalar

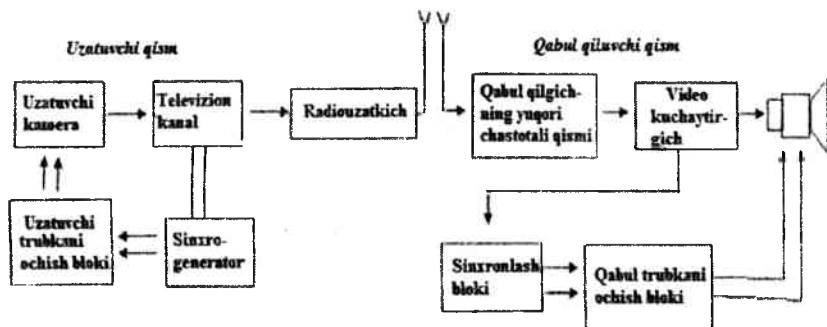
Televideniye atamasi ilk bor 1890-yilda paydo bo'lgan, u "masofadan ko'rish" ma'nosini anglatadi. Uni birinchi bor rus elektrik-muhandisi Perskiy Fransiyaning poytaxti Parijda o'tkazilgan xalqaro kongressda "Elektron televideniye" deb nomlangan ma'ruzasida ishlatgan. Televideniye deb fazoda joylashgan qo'zg'almas va harakatdagi jism tasvirlarini elektr aloqa vositalari yordamida real va o'zgartirilgan vaqt mashstablarida uzatish va qabul qilish bilan shug'ullanadigan zamonaviy radioelektronikaning sohasiga aytiladi. Televideniye asosiy masalasi qabul qilish qurilmasidagi tasvirni uzatilgan obyektidagi tasviriga nechog'lik yaqin bo'lishligini ta'minlashdan iboratdir. Ushbu masala ko'p funksiyali murakkab o'zgartirish apparaturalar majmuasi, tasvirlarni uzatish, kodlash, dekodlash va tiklash (aks ettirish) va boshqa ko'rsatkichlarga bog'liq bo'lgan axborotlarni qayta ishlash operatsiyalarini bajarilishini taqozo etadi.

Teleko'rsatuvlarni amalga oshirishda asosan uchta fizik jarayon yotadi:

- yorug'lik energiyasini elektr signallariga aylantirish;
- elektr signallarini aloqa kanali orqali uzatish va qabul qilish;
- qabul qilingan elektr signallarini optik signallariga aylantirish.

Televizion tasvirning parametrlariga – koordinatalar, vaqt va yorug'lik o'zgarishlari kiradi.

Zamonaviy televizion ko'rsatuv tizimi o'zaro aloqa liniyasi tizimi bilan bog'langan ikki qismdan, ya'ni uzatuvchi va qabul qiluvchi qismlardan iboratdir (5.15-rasm). Tizimning uzatuvchi qismida uzatilishi kerak bo'lgan obyekt tasviri optik qurilmaning obyektiv yordamida uzatuvchi televizion kamerada joylashgan uzatuvchi trubkaga proyeksiyalanadi. Uzatuvchi trubkada optik tasvir elektron tasvirga, so'ngra u tasvirni yoyish yordamida televizion signalga aylantiriladi va televizion kameradagi kuchaytirgich yordamida kuchaytirilib televizion kanalga uzatiladi.



5.15-rasm. Televizion tizimning tarkibiy sxemasi.

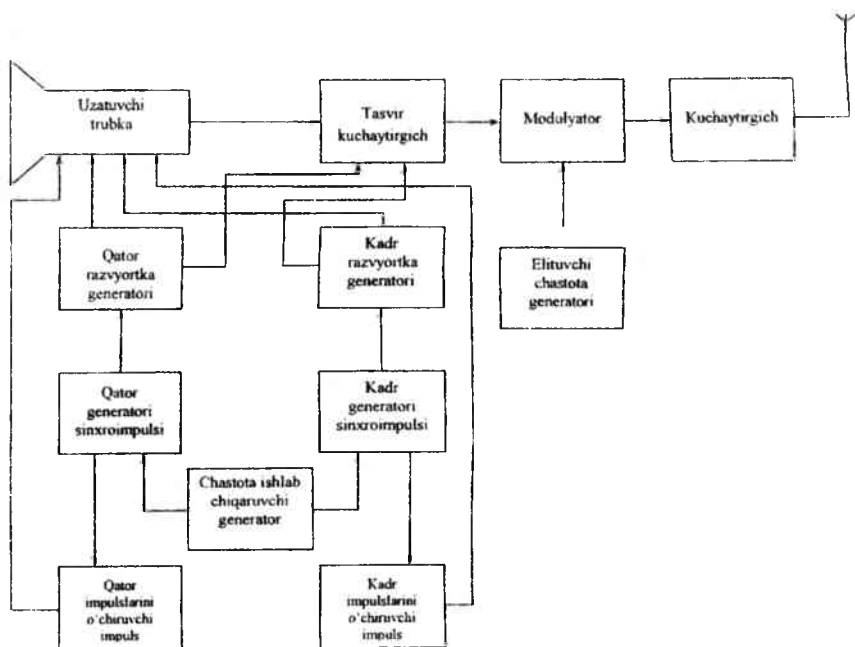
Teleko'rsatuv sistemasi. Bu sistema radioeshittiruv sistema-sining xususiy holi bo'lib, simpleks aloqa turi orqali ishlaydi. Teleko'rsatuv (televideniye – grekcha uzoqdagini ko'rish ma'nosini bildiradi) sistemasi radiotexnik qurilmalarning birlashmasidan tashkil topgan bo'lib, tasvirni tarqatish va qabul qilish radiokanal orqali, sputnik orqali, optik tola orqali va kabel tarmog'i orqali amalga oshiriladi.

Zamonaviy televizion signallarning tasviri va ovozi har xil radiokanallar, ya'ni metrli, detsimetrli, santimetrli radioto'lqinlari orqali tarqaladi va qabul qilinadi. Televizion sistemalarning ishlash tamoyili tasvirni tashkil qiladigan mayda elementlarni qatorga ketma-ket taxlab chiqish va bu axborotni uzatishdan iboratdir (bu elementni piksel-pixel deb ataladi).

Qatorda elektr signalni tasvirga aylantirishni tasvir signali–razvertkani yoyilishi deyiladi. Bunday razvertkada bitta namunaning yuzadagi ko'rinishini (kadr) ikkita bog'langan perpendikulyar yo'nalishda qoraladi: gorizontaal yo'nalish bo'yicha yuqori tezlikli (qator razvertkasi), vertikal yo'nalish bo'yicha sekin tezlikli (kadr razvertkasi).

5.16-rasmda rangsiz, ovozsiz tasvir tarqatuvchi televizion qurilmaning strukturaviy sxemasi keltirilgan. Tarqatuvchi qurilmaning uzatuvchi trubkasida televizion signal shakllanadi. Qator razvertkasi va kadr razvertkasi uchun ko'rish signali qator razvertka generatori va kadr razvertka generatoridan arrasimon shaklli kuchlanish kiradi. Qator razvertkasining arrasimon kuchlanishi elektron nurni gori-

zontal yo'nallish bo'yicha suradi, kadr razvertkasining arrasimon kuchlanishl elektron nurini yuqoridan pastga suradi. Ikkala generatoring birlikda ishlashi natijasida nur chapdan o'nga ekranda harakatlanib tasvirni chizadi. Oxirgi qatorning tasvirini chizgandan so'ng to'liq kadrning tasviri hosil bo'ladi va nur yana avvalgi ekranning teng qismiga qaytib keladi.



5.16-rasm. Ovozsi tasvir tarqatuvchi television qurilmaning strukturaviy sxemasi

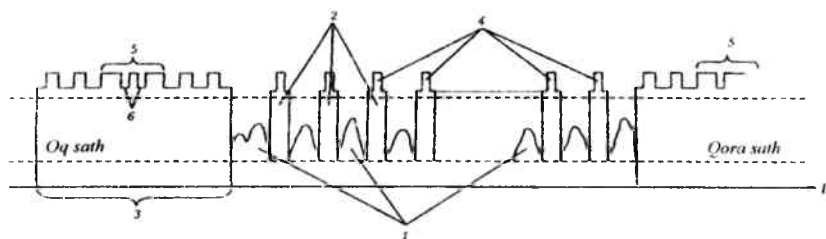
Har bir ekranda hosil bo'lgan qator qabul qiluvchi television sistemaning ekranida sinxron ravishda yoritilish kerak. Qator generator sinxroimpulsi va kadr generator sinxroimpulsi tasvir signali bilan qo'shilib to'g'ri burchakli impuls va kadr impuls uzatiladi va buni sinxroimpuls (SI) deyiladi. Tasvir sinxroimpulsi kuchaytirgichga beriladi va qator razvertka generatori, kadr razvertka generatorini sinxronizatsiyalaydi. Shu bilan bir qatorda tarqatuvchi television qurilmadagi nurni o'chirish uchun, bir qatordan

ikkinchi qator boshlanishiga o'tkazish, kadrlarni tasvirini almash-tirish uchun, o'chiruvchi qator va kadr impulsi ishlab chiqiladi.

Sinxronizatsiyalovchi va o'chiruvchi impulslar vaqt orqali moslashtirilishi lozim. Buning uchun ular yuqori aniqlik bilan ishlaydigan chastota ishlab chiqaruvchi generator orqali chastota bilan ta'minlanadi.

Shunday qilib, televizion tasvir tarqatuvchi sistemada to'liq televizion signal hosil qilinadi. Qisqacha vaqt xarakteristikasi orqali televizion signalni analiz qila olamiz (5.17-rasm).

Yordamchi signallar qora sathdan yuqorida joylashgan. Vaqt diagrammasidagi rasmning qiyinchiligi shundaki kadr impulsi (3) bilan qator sinxroimpulsi (5) bir vaqtda beriladi. Tasvir signali modulyatsiyalangandan so'ng kuchaytiriladi va fazoga tarqatiladi yoki alohida tarmoq orqali teleqabul qiluvchi qurilmaga uzatiladi. Tarqatuvchi qurilmaning ovoz signali simpleks aloqa sistemasiga o'xshash tamoyilda ishlaydi, ya'ni bir tomonga bir xil chastotada signal tarqatadi.



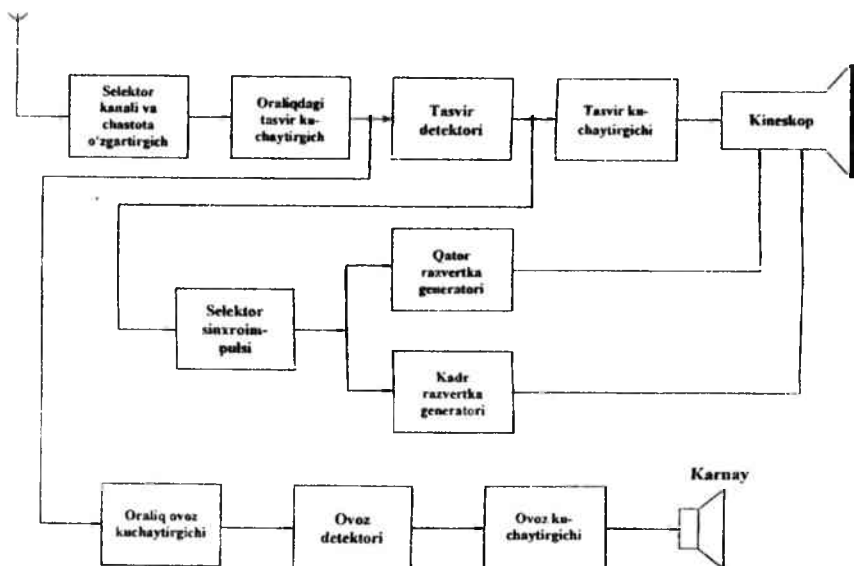
5.17-rasm. To'liq television signalning qisqacha vaqt xarakteristikasi

bu yerda 1—tasvir signali, 2—qatorni o'chiruvchi impuls, 3—kadrlarni o'chiruvchi impuls, 4—qator, 5—kadr sinxroimpulsi, 6—impuls chuqurligi va muvozanatlovchi impuls (diagrammada ko'rsatilmagan).

Zamonaviy televizion sistemalarida tasvir signalini uzatishda eltuvchi chastota amplituda bo'yicha modulyatsiyalanadi, ovoz esa chastota bo'yicha modulyatsiyalanadi. Qator razvertkali televizion sistemada har bir kadrning almashishi 1 sekundda 25 taga to'g'ri keladi. Ammo bu chastotada kadrning o'tishi ko'zni jimirlashtirib

yuboradi. Shuning uchun elektron nur avval qatorlarni chizadi, so'ngra juft qatorlar chiqadi. Natijada chastota ikki barobar oshib tasvir tiniq ko'rinadi.

Modulyatsiyalangan elektromagnit to'liqini, ya'ni tasvir signali qabul qiluvchi antenna orqali selektor kanali va chastota o'zgartigichga kiradi, televizor tomosha qiluvchi kerakli kanalning stansiyasiga qayta ulaydi (5.18-rasm). Bu blokda radiochastota kuchaytiriladi va eltuvchi chastota ovoz va tasvir signallariga o'zgartiriladi va oraliq tasvir kuchaytirgichiga kiradi. Tasvir detektorda tasvir signali detektorlanadi. Detektorlangan signal ikkiga ovoz va tasvir signaliga ajraladi. Tasvir signali tasvir kuchaytirgich orqali kuchaytiriladi, so'ngra kineskop (televizion trubka) ga kiradi. Oraliq ovoz kuchaytirgichi orqali ovoz signali kuchaytiriladi. So'ngra detektorda ovoz signali detektorlanadi. Detektorlangan ovoz signali ovoz kuchaytirgich orqali kuchaytiriladi va karnayga beriladi (ovozni baland eshittiruvchi qurilma).



5.18-rasm. Tasvirni qabul qiluvchi sistemaning strukturaviy sxemasi

Tarqatuvchi va qabul qiluvchi televizion qurilmalarning elektron nurini sinxronlash selektor sinxroimpulsi orqali amalga oshiriladi, ya'ni olingan tasvir signalidan sinxroimpuls ajratib olinadi. Bu impulslar qator razvertka generatori va kadr razvertka generatori orqali kineskopdagi elektron nurni qator bo'yicha va kadr bo'yicha boshqarib boradi. Rangsiz televizor xarakteristikasi quyidagicha:

- kadrning almashinish chastotasi – $F_k=25$ Hz;
- ekranda chastotaning o'zgarishi (qator oralab) 50 Hz;
- kadrda qatorlar soni – $Z=625$;
- qatodagi chastota ketma-ketligi – $F_k \cdot Z=25 \cdot 625=15625$ Hz;
- bitta kadrda elementlar soni (piksel) – $n=521000$;
- qator oraliq razvertka bitta qatorni chizish va orqaga qaytish vaqti – 65 mksek;
- bitta kadrni chizish va orqaga qaytish vaqti – 0,04 sek;
- tasvir chastotasining kengligi – 6,5 mHz;
- tasvir signalni ovoz chastotasi bilan birgalikda kengligi – 8 mHz.

Rangli teleko'rsatuv. Hozirgi zamon televideniyesida tasvir rangli uzatilmoqda. Rangli televideniya axborotlarning rangli tasvir signali rangsiz tasvir televideniyesidagi signallarga nisbatan katta hajmda bo'lib sistemaning strukturaviy sxemasi esa ancha murakkabdir.

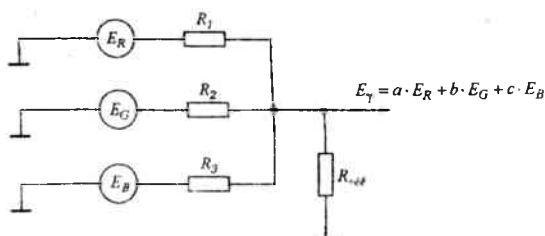
Rangli televideniye sistemasi rangsiz televideniye sistemasi bilan mos tushadi va o'sha kanaldan, o'sha chastota kengligidan foydalaniladi. Umumiy xarakteristikalari ham rangsiz televideniye sistemasi bilan mos tushadi.

Rangsiz televizor ekranida signal oq-qora tasvir ko'rsatsa, rangli televideniya televizor rangli tasvir ko'rsatadi. Rangli tasvirni ko'rinishi signalning tarkibiga bog'liq. Tasvir hosil qiluvchi signallarning ichida oq rang-tayanch yorug'lik hisoblanadi. Uch komponentli ranglar qo'shilishini ko'rish nazariyatsiga muvofiq oq rangli yorug'likni qizil (*red*) E_R , yashil (*green*) E_G va ko'k (*blue*) E_B ranglar hosil qiladi.

Shunga muvofiq, yorug'lik signali uchta rangli nurning kodlanishidan hosil bo'ladi:

$$E_y = a \cdot E_R + b \cdot E_G + c \cdot E_B \quad (5.7)$$

a , b , c koeffitsiyentlarning qiymati birdan kichik bo'lib, ranglarga nisbatan ko'zning sezgirlikni aniqlaydi. Yorug'lik signalining spektr kengligi rangsiz televideniya yorug'lik signalining spektr kengligiga tengdir.



5.19-rasm. Yorug'lik signalini uchta rangli yorug'lik nuridan hosil qilinishi

Rangli signallar tor palasali bo'lishi lozim, chunki inson ko'zi katta rangli detallarni ko'ra oladi va rangni ajrata oladi. Mayda detallar esa inson ko'ziga oq-qora bo'lib ko'rinadi.

5.19-rasmda yorug'lik signalini uchta rangli yorug'lik nuridan hosil bo'luvchi qayta ishlovchi sxema (elektrik matrisa) keltirilgan: Bu yerda R_1 , R_2 , R_3 — kuchlanishni bo'luvchi qarshiliklar; R_{chiq} — chiqish qarshiligi.

Hamma rangli E_Y, E_R, E_G, E_B signallarni olish uchun quyidagi amallarni bajarish lozim:

$$E_R = E_Y + (E_B - E_Y);$$

$$E_R = E_Y + (E_R - E_Y); \quad (5.8)$$

$$E_G = \frac{[E_Y - (a \cdot E_R + c \cdot E_B)]}{b};$$

Uchta rangli yorug'lik nuridan E_Y - yorug'lik signalini hosil qilishda elektrik matrisa yordamida quyidagi tashkil etuvchilar hosil qilinadi:

$$(E_R - E_Y), (E_G - E_Y) \text{ da } (E_B - E_Y) \quad (5.9)$$

Signallarni bir-biridan ayirishda teskari fazali signallarni qo'shish natijasida hosil qilinadi. Buni amalga oshirishda kirish signalining fazasi bilan chiqish signalining fazasi teskari bo'lgan kuchaytirgichdan foydalaniladi. Qayd qilinadiki, rangli televideniye ni tarqatuvchi kamerasi rangli yorug'lik nurlarini alohida tarqatuvchi ko'zguli (dixronik) bo'limlardan, yoki yorug'lik filtrlari bilan uchta yorug'lik nuri tarqatuvchi kameradan (hamma trubkalar bitta korpusga mahkamlanadi) iborat bo'lib, qizil, yashil ko'k yorug'lik nuri tarqatadi. Televizion sistemada yorug'lik nuri signalini tarqatish uchun elituvchi chastota spektrining past qismidagi kichik amplitudali signal bilan yorug'lik signali modulyatsiyalanadi va signal qayta ishlanadi. Rangli elituvchi signalning pastki qismi asosiy elituvchi chastotadan kichik bo'lib 4 kHz ga teng bo'ladi. Rangli televideniye ning qabul qiluvchi sistemasida rangsiz televideniye sistemasiga o'xshab tasvir va ovoz kanali mavjud. Bundan tashqari rangli televideniye sistemasida dekoderlovchi qurilma (rangli blok) mavjud. Bu qurilma olingan rangli signalni rasshifrovka qiladi. Dekoderlanish natijasida to'rtta signal hosil bo'ladi: $E_Y, E_R - E_Y, E_G - E_Y, E_B - E_Y$, bu signallar kineskop ekranida rangli tasvir hosil qiladi. Ovoz kanali rangsiz televizordan farqlanmaydi va o'sha tamoyilda ishlaydi.

Hozirgi vaqtda televideniye ni rivojlanishi uchun yuqori chastotali televideniye va raqamli televideniye yo'nalishini rivojlanishiga katta e'tibor berilayapti. Bu sistemalarda rangli tasvirni sifatli uzatish va televizorda timiq tasvir hosil qilish masalasi ijobiy hal bo'layapti.

Yuqori chastotali televizion sistema. Yuqori chastotali televizion sistemaning yutug'i shundaki katta ekranda tasvir hosil qilinadi. Ekranning kattaligi katta formatli kino ekraniga to'g'ri keladi (odatda televizorning ekrani 3:4 bo'lsa, bunda 9:16 razmerda). Bunday katta o'lchamda tasvir hosil qilish uchun albatta tasvir signalining chastotasi yuqori bo'lishi lozim.

Masalan: rangsiz televizorda qatordagi elementlar soni 833 bo'lsa, yuqori chastotali rangli televizorda 1920 taga teng bo'ladi,

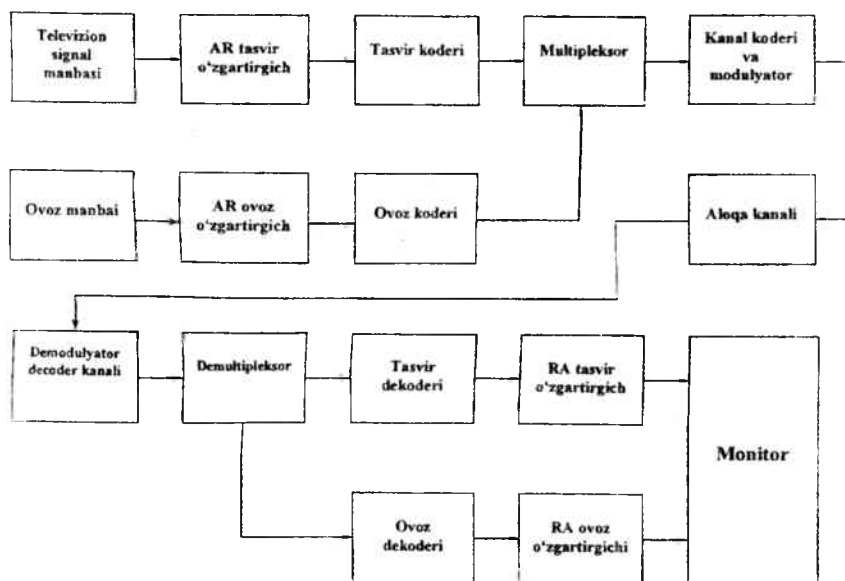
yoki qatorlar soni rangsiz televizorda 625 ta bo'lsa, yuqori chastotali rangli televizorda 1000 tadan ortiq bo'ladi. Bu parametrlar yuqori sifatli va aniq rangli tasvir olishga zamin yaratadi.

Raqamli televizion sistema. Zamonaviy raqamli televizion sistemaning strukturaviy sxemasi 5.20-rasmda keltirilgan. Televizion signal manbai bo'lib (rangli) tarqatuvchi kamera yoki tasvir magnitafoni (videomagnitafon) xizmat qiladi. Ulardan tarqalgan signal AR tasvir o'zgartirgichga kiradi. Raqamli televizion sistemada alohida-alohida kanalda yorug' nur va rangli nur signaliga aylanadi. Bu signal tasvir koderiga beriladi. Kodlovchi sxema ancha murakkab. Tarqatuvchi rangli televizion sistemada tasvir signali bilan birgalikda ovoz signali ham qayta ishlanadi. Ovoz signali AR ovoz o'zgartirgich orqali ovoz koderiga beriladi. Ovoz signali bilan tasvir signali multipleksorda birlashtirilib kanal koderi va moduliyatoriga beriladi.

Bu yerda signallar halaqitlarga turg'un qilib elituvchi signal modullanadi. Raqamli televizion sistema moslashtirilgan kanal orqali signalni qabul qiluvchi sistemaga tarqatadi. Tarqatilgan signal demodulyator dekoder kanaliga kiradi, elituvchi chastotani dekoderlaydi va umumiy tasvir va ovoz signalini halaqitlarga berilmaydigan qilib kodlaydi.

Bu signallar demultipleksorda umumiy signallar oqimidan ovoz va tasvir signallari ajratib olinib tasvir dekoderi va ovoz dekoderiga beriladi. RA tasvir o'zgartirgichiga va RA ovoz o'zgartirgichiga kirgan signallar analog signallariga o'zgartiriladi va manitorga (kineskopga) kiradi va kineskopda rangli tasvir hosil qiladi. RA ovoz o'zgartirgichdan chiqqan analog signal manitoringning radio-karnayiga kiradi va ovoz beradi.

Hozirgi vaqtda interaktiv televizion sistema varianti qo'llanilmoqda, ya'ni ikki yoqlama televizion aloqa hosil qilish orqali o'ziga mos dupleks aloqa sistemasi hosil qilinadi. Tasvir signalini tarqatuvchi manbaga teskari bog'lanish orqali tamoshabindan tor polosali tarqatuvchi qurilma orqali tasvir signali olinadi. Misol tariqasida Rossiya Prezidenti bilan rus xalqi orasidagi 2005-2006-yillarda tasvir aloqa va savol-javob 8 marotaba amalga oshirildi. Oxirgi vaqtda dunyoda kabelli, sputnikli sotali televizion eshittirish sistemasi variantlari keng qo'llanilmoqda.



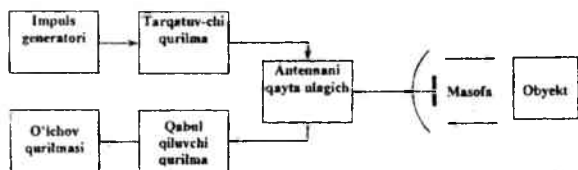
5.20-rasm. Raqamli televideniyeining strukturaviy sxemasi.

5.7. Izlovchi va o'lovchi sistemalar

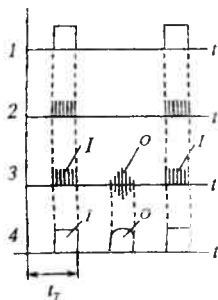
Izlovchi va o'lovchi radiotexnik sistemalar kelayotgan signal-lar ichidan foydali signalni ajratib oladi. Bunday holat radiolo-katsiya, radionavigatsiya va radioteleometriya sistemalarida amalga oshiriladi.

Radiolokatsion sistema obyektni topish, yo'nalishini, koordina-tasini va uning nimaligini aniqlashdan iboratdir. Bunday obyekt-larga samolyotlar, raketalar va kemalar kiradi.

Radiolokatsion stansiyaning asosiy qurilmalari quyidagilardan iborat: impuls generatori, tarqatuvchi qurilma (elituvchi generator va modulyatordan tuzilgan), antenna qayta ulagichl (o'tkir yo'-naltirilgan qabul qiluvchi va o'lovchi qurilmasidan iborat). Quril-maning ishlash tamoyili 5.21, b-rasmda vaqt diagrammasi orqali keltirilgan (t_T – signalni ushlab turuvchi vaqt).



a)



b)

5.21-rasm: a) impulsli RLSning strukturaviy sxemasi,
b) vaqt diagrammasi.

Impuls generatori qisqa to'liqlar (mks ning ulishlarida) impuls ishlab chiqaradi, (1) grafik. Bu izlovchi radiosistemasining (IRS) yuborayotgan radioto'liqini hisoblanadi. Tarqatuvchi qurilmada modulyator orqali elituvchi to'liq yuqori chastotali impulsga shakllanadi, ya'ni (impulsli modulyatsiya bo'ladi) *radioimpuls* hosil bo'ladi va fazoga tarqaladi. Antennani qayta ulagichi tarqatiluvchi signal chiqarishi bilan radioimpuls oralig'ida qabul qiluvchi qurilmam ulaydi. Antenna orqali obyektдан qaytgan radioimpuls qabul qiluvchi qurilmaga tushadi. Obyektдан qaytgan impuls «O» bilan, obyektga yuborilgan impuls esa «I» bilan vaqt xarakteristikasida belgilangan. Obyektдан kelgan impuls detektorlanib, kuchaytirilib o'lovch qurilmasida o'lanadi, (4) xarakteristika. Signalni ushlangan vaqti t_y yordamida obyektgacha M —masofa quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$M = \frac{C \cdot t_y}{2} \quad (5.9)$$

bu yerda C — yorug'lik tezligi. IRS ko'pincha detsimetrli, santimetrli, millimetrli to'liq uzunligidagi diapozonda ishlaydi. So'ngi vaqtda fazalangan panjarali antenna ishlatilmoqda.

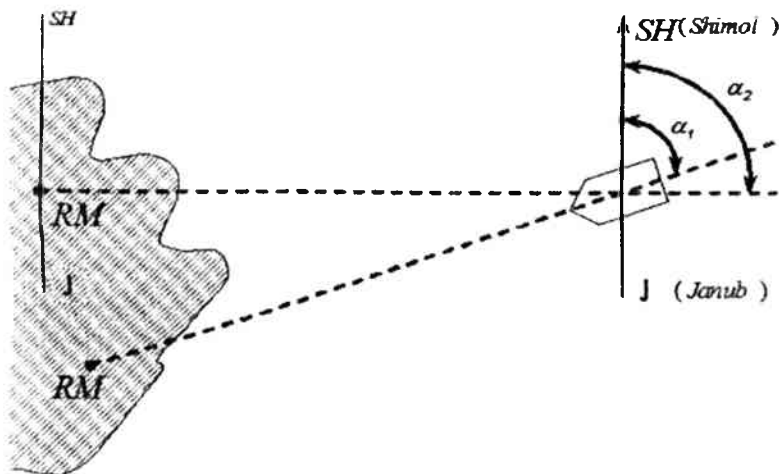
Radionavigatsiya sistema — samolyotlarni, boshqarilib uchuvchi obyektlarni, korabllar va kosmik kemalarni geografik koordinatasini aniqlab beradi. Bunday radiotexnik qurilma uchuvchi obyektlarning bortida yoki Yerga o'rnatilgan bo'ladi. Yerga o'rnatilgan

radiotexnik qurilma ikkita yoki undan ko'proq bo'lib, joylashgan koordinatasi aniqlanadi. 5.22-rasmda dengizda suzuvchi kemalarni koordinatasini aniqlaydigan radionavigatsiyali sistemaning strukturaliy sxemasi, ishlash tamoyili keltirilgan. Dengiz qirg'og'ida ikkita radionavigatsion sistema o'rnatilgan: radiomayak RM1 va RM2 (radioto'lqin tarqatuvchi qurilma).

5.8. Radioboshqaruvchi va radiotelemetrik sistemalar

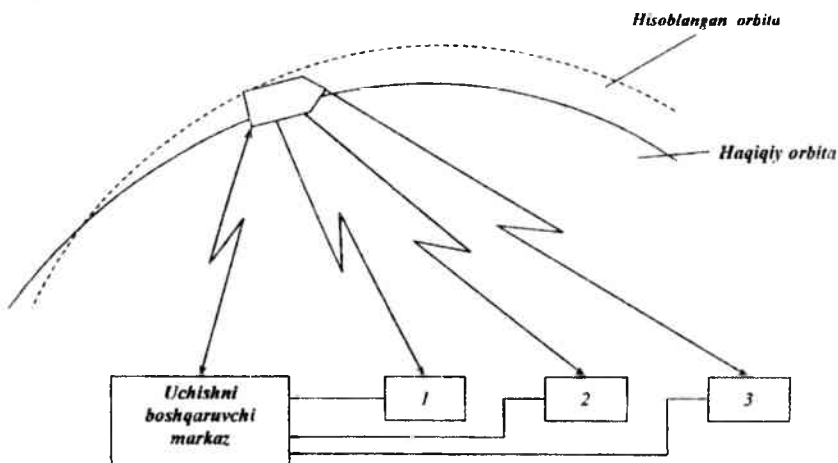
Radioteleboshqaruv sistemasi – uchuvchi apparatlarining harakatini avtomatik ravishda belgilangan trayektoriya orqali uchishini ta'minlaydi. Hozirgi vaqtda uchayotgan kosmik apparatlarini boshqarishda ishlatiladi. Misol tariqasida Yer orbitasida uchayotgan kosmik kemani (KK) korreksiyalash jarayonini ko'rib chiqamiz.

Kosmik kema Yer orbitasida uchayotgan vaqtda unga Yerning tortish kuchi ta'sirini o'tkazadi. Albatta kemalarning uchish davomida Yerning qaysi orbita qismida qancha tortish hisobga olib uning trayektoriyasini tuzish qiyin. Shuning uchun rejalashtirilgan orbita trayektoriyasi bilan amaliy uchish trayektoriyasi farqlanadi. Bu esa kosmik kemaga yuklatilgan masalani xato yechimga olib keladi.



5.22-rasm. Radionavigatsiya tamoyilini tushuntirish

Shuning uchun, KK ning haqiqiy uchayotgan trayektoriyasini va joyini aniqlash maqsadga muvofiqdir. Nazariy trayektoriyadan chetga chiqilganda real orbitaning parametrini aniqlab, korreksiya komandasini tuzib uni kemaga yuborish masalasini teleradio boshqarish sistemasi bajaradi. 5.23-rasmda teleradio boshqarish tamoyili ko'rsatilgan:



5.23-rasm Teleradio orqali boshqarish sistemasining strukturaviy sxemasi.

Uchishni boshqaruvchi markazga Yerdan, dengizdan kosmik kemaning haqiqiy uchayotgan joyining koordinatasi 1, 2, ..., N lar (o'lchovchi punktlar orqali) radioto'lqin yordamida aniqlanib axborot beriladi. Markazda esa quvvatli kompyuterlar orqali hisoblanadi va real koordinatasi aniqlanadi. Markazda og'ish trayektoriyasiga qarshi korreksiya komandasi ishlanadi va bu komanda radioto'lqinlariga aylantirilib kosmik kemaga yuboriladi. Komandaga qarab kosmik kema boshqa rejimga o'tadi, shu bilan birga bortdagi qurilmalar ayrimlari korreksiya komandasiga mos ravishda ishlaydi va hisoblangan orbita bo'yicha kosmik kema harakatlanadi.

5.9. Mobil aloqa sistemalari

Kelajagi porloq radioaloqalardan biri uyali (ko'chma) radioaloqa bo'lib, ma'lum bir territoriyada ko'p sonli abonentlarni aloqa bilan ta'minlab beradi. Uyali radioaloqa sistemasining uslubi hamma radiostansiyalarga kirishdir. Ko'p radiostansiyalarga kirish deyilganda uzatuvchi va qabul qiluvchi baza stansiyasi bilan bog'lanish yoki bir nechta uyali radiostansiyalar bilan aloqada bo'lgan sputnik retranslyatori bilan bog'lanishga aytiladi. Bunda baza radioaloqa stansiyasi orqali radiosignallarni tarqatish va qabul qilish jarayoni bajariladi. Ko'p stansiyalarga kirish uslubining samardorligi deyilganda radiostansiyadan aloqani o'tkazish xususiyati, hajmi va tezligiga aytiladi.

Eng qulay aloqadan biri ko'p radiostansiyalar kirish kanallariga har xil chastotalarni belgilash orqali amalga oshiriladi. Ya'ni, har bir radiostansiyaga o'zining ishchi chastotasi belgilangan bo'lib, ular orasida esa muhofazalovchi chastota polosasi mavjuddir. Shu bilan bir qatorda baza stansiyaga kirish va baza stansiyadan axborot olish ikki xil chastota orqali amalga oshiriladi. Chastota spektrining kam imkoniyatlilik, vaqt bo'yicha bo'linish usulini qabul qiladi. Ya'ni, bir kanalni vaqt bo'yicha har xil chastotalarga aniqlab qo'yiladi. Bu uslubning amalga oshirishda baza bilan uyali stansiya orasida aloqa ulanadi va bir xil vaqtda aloqa ulanmaydi. Aabonent bilan radiostansiya orasidagi aloqada kanallarni kod orqali bo'linadi, ya'ni ko'p kanalli radiostansiyalarga kod orqali kiriladi (KRKK).

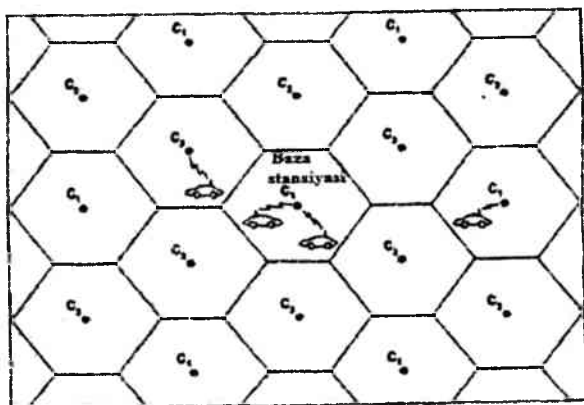
Yuqorida o'rganilgan radioaloqa bitta o'lehovli signallarga tegishlidir. Ko'p stansiyali radioto'lqin uzatuvchi fazoviy bo'linishlar ham mavjuddir (FTUBK). Hozirgi vaqtda ko'chma radioaloqa sistemasi beshta katta guruhga bo'linadi:

- uyali aloqa sistemali ko'chma aloqa;
- professional sistemali ko'chma aloqa;
- shaxsiy sistemali ko'chma aloqa yoki peyjingli aloqa;
- sputnik orqali ko'chma aloqa;
- simsiz telefon aloqa sistema.

Uyali sistemali, yoki sotali ko'chma (mobil) radioaloqa 1946-yilda AQSH ning Missisuri shtati, Sent-Luise shahrida birinchi

marotaba o'rnatilgan. Sotali sistemalar ikki tomonlama telefon aloqalarini amalga oshiruvchi sistemalar hisoblanib, mahalliy, davlatlararo va xalqaro masshtabda ma'lumotlarni uzatib, qabul qilish uchun mo'ljallangandir. Dastlab sotali sistemalar transport vositalarida mobil terminal qurilmalarga xizmat ko'rsatish uchun yaratilgan edi. Bugungi kunga kelib, bu sistemalar binolar ichida ishlaydigan, ko'chalarda va transport vositalarida aloqa qiluvchi yengil personal mobil aloqa apparatlari darajasiga yetib bordi.

Sotali aloqa sistemalarining yaratilishining asosi bo'lib, chastotalardan ko'p marotaba foydalanish tamoyiliga asoslanganligi hisoblanadi. Masofa oshib borishi bilan signal zaiflasha boradi, bu esa shu chastota diapazonidan yana takroran fazoda bir-biridan uzoqdagi masofalarda foydalanish imkoniyatini beradi. Buning uchun sotali aloqaning qoplash zonasi bir-birlari bilan kesishmaydigan yacheykalarga (sotalarga) bo'lmadi. Har bir sotaga aniqlangan kanallar to'plamlari ajratiladi. 5.24-rasmda ko'rsatilgandek, o'sha kanallar komplektlaridan, yetarlicha uzoq masofalarda bo'lgan boshqa yacheykalarda ham foydalaniladi (S berilgan sotada foydalaniladigan kanallar komplektlari). Yacheykalar ichida ishlash markazlash-tirilgan holda baza stansiyalari orqali boshqariladi. Bitta kanal komplektlarida ishlovchi turli sota abonentlari tomonidan keltirib chiqarilgan o'zaro ta'sirlar sotalararo xalallar deb ataladi.



5.24-rasm. Sotali sistema

Yacheykalarning fazoda qaytadan ishlatiluvchi bir xil kanal komplektlariga ajratilishi, ya'ni ko'p marotaba foydalaniladigan chastotalar orasidagi masofasi, imkoni boricha kam bo'lishi kerak, chunki chastotalardan iloji boricha tez-tez foydalanish orqali, spektrdan foydalanish samaradorligi maksimallashtiriladi. Lekin bunda bir-biriga ta'sir ko'rsatuvchi yacheykalar orasidagi masofalarning qisqarishi hisobiga sotalar orasidagi xalallar oshib boradi. Sotali aloqa sistemasining sifatli ko'rsatkichlarini qo'llab-quvvatlash uchun, sotalararo xalallar berilgan chegaradan pastda qolishi kerak, bo'lmasa ko'p ishlatiladigan chastotalar orasidagi masofani aniqlangan minimal qiymatdan kamaytirib bo'lmaydi.

Amaliyotda bu minimal qiymatni aniqlash juda murakkab hisoblanadi, chunki uzatilayotgan va xalal berayotgan signallar, radiosignallarni tarqalish xarakteristikalariga asoslangan, quvvatni tasodifiy o'zgartirishga bog'liq hisoblanadi. Ko'p foydalaniladigan chastotalar orasidagi yaxshi masofani aniqlash va baza stansiyasini joylashtirish uchun, yacheykalar ichida signal tarqalishining aniq xarakteristikalari kerak bo'ladi.

Dastlabki sotali aloqa loyihalari, baza stansiyalarining narhlarining yuqori, ya'ni har biri bir million dollar bo'lganligi bilan ajralib turadi. Shu sababli birinchi sotali aloqalarda, shaharlarni va regionlarni qoplash uchun unchalik ko'p bo'lmagan yacheykalardan foydalanilgan. Ularda baza stansiyalari eng baland binolarda yoki tog'larda joylashtirilgan bo'lib, juda yuqori darajali quvvatlarda, bir necha kvadrat metrli yacheykalarni qoplash zonalarida ishlardi. Bunday katta yacheykalar makrosotalar deb ataladi. Ularda signal quvvatlari bir xilda barcha yo'nalishlarda tarqaladi, shuning uchun mobil aloqa apparatining harakatida, baza stansiyasining atrofida signal sathi, signal tarqalishiga qandaydir xalal beruvchi obyekt xalal bermagan hollarda doimiy bo'ladi. Bunday doimiy quvvatli aylanma kontur sistemada olti burchakli shaklda aniqlanadi, chunki olti burchak aylanaga eng yaqin geometrik shakl hisoblanib, u berilgan zonani kesishmaydigan ko'p yacheykalar bilan qoplashi mumkin.

Hozirda shahar va rayonlarning sotali sistemalarida ko'pincha kichik o'lchamdagi yacheykalardan foydalaniladi, baza stansiyalari esa, shaharga ko'chalariga yaqiniga joylashtiriladi va kamroq

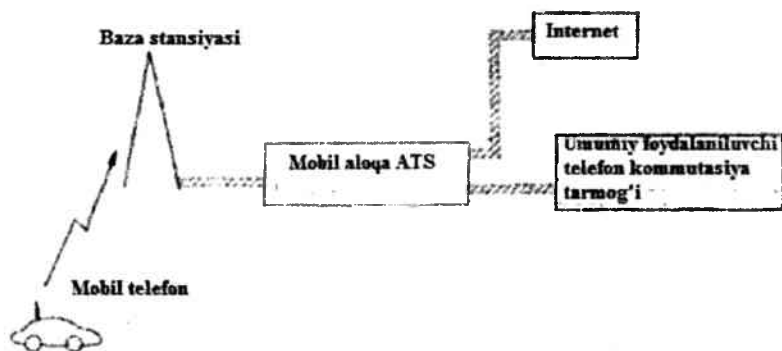
nurlanish quvvati bilan ishiydi. Bunday kichik o'lchamli yacheykalar, o'lchamlariga qarab mikrosotalar yoki pikosotalar deb ataladi. Kichik o'lchamli yacheykalarga o'tishga ikkita asosiy sabab bo'ldi: bu - juda zich aholiga ega regionlardagi katta o'tkuzuvchanlik xususiyatiga talab va baza stansiyasining elektron qurilmalarining hajmini va narhining pasayishidir. Agar sistema xuddi shu tarzda loyihalansa, u holda xohlagan o'lchamli yacheyka bir xil sondagi foydalanuvchilar ishlashlarini qo'llab quvvatlaydi. Shunday qilib, berilgan qoplash zonasi sistemalar uchun ko'p sonli mikrosot, yagona zona maydonida bir necha makrosotli sistemalariga qaraganda, ko'proq abonentlar soniga ega bo'ladi. Undan tashqari mikrosotali sistemalarda mobil terminallarining kanali sathli uzatishi kerak bo'ladi, chunki ular baza stansiyalariga yaqinroq joylashgan bo'ladi.

Lekin kichik yacheykalarga o'tish tarmoqni loyihalash jarayonini murakkablashtiradi. Mobil aloqa vositalari kichkina yacheykalarni, katta yacheykalarga nisbatan tezroq kesib o'tadi, shuning uchun chaqiruvga xizmat ko'rsatish bo'yicha uzatish tezkor amalga oshirilishi kerak hisoblanadi. Undan tashqari mobil apparati joylashgan zona ichida yacheykalar ko'pligi uchun, uning joylagan joyini aniqlash ham murakkablashadi. Yana kichik yacheykalar uchun signallarni tarqalishining umumiy modelini yaratish ham murakkabdir, chunki bu yacheykalardan signalni o'tishi baza stansiyasining joylashishiga qattiq bog'liq hisoblanadi.

Shunday qilib, sotaning olti burchakli shakli mikrosotalarda signalning tarqalishiga yaxshi yaqinlashishni bermaydi. Mikrosotali sistemalarda ko'pincha yacheykalarining kvadratli va uchburchakli shakldan foydalaniladi, lekin bu shaklda mikrosotalar signallarni tarqalishini approksimatsiyalashda xatoliklar koeffitsiyenti juda yuqori hisoblanadi.

Berilgan geografik zonadagi barcha baza stansiyalari yuqori tezkorlikdagi aloqa liniyalari bilan kommutatsion mobil aloqa stansiyalari, ATS MS avtomatik telefon mobil aloqa stansiyalari bilan bog'langan hisoblanadi (5.25-rasm). Kommutatsion stansiyalar tarmoqning markaziy nazoratchisi vazifasini bajaradi, ya'ni har bir yacheyka ichidagi kanallarni taqsimlaydi, agar mobil apparat yacheyka chegarasini kesib o'tsa, yacheykalar orasidagi chaqiriqlarga xizmat ko'rsatishni koordinatsiya qiladi, undan tashqari mobil

abonentlarga va ulardan chiqqan chaqiriqlarni marshrutlashni amalga oshiradi.



5.25-rasm. Zamonaviy sotali tarmoq arxitekturası

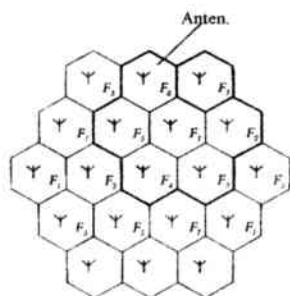
Kommutatsion stansiya umumiy foydalanish uchun mo'ljallangan telefon tarmog'i bilan telefon bog'lanishlarini va Internetga ulanishni ta'minlashi kerak bo'ladi. Yacheykaga joylashgan yangi har bir abonent, alohida boshqaruvchi signal kanali bo'yicha sotali aloqa baza stansiyasiga chaqiruv yuborish orqali kanalni so'raydi. So'rov ATS MS ga uzatiladi va shu yacheykadagi kanalga bog'lanish mumkin bo'lsa so'rov qabul qilinadi.

Agar shu vaqtda bitta ham kanalga bog'lanish mumkin bo'lmasa, bog'lanish amalga oshirilmaydi. Agar baza stansiya yoki mobil apparat shu yacheykada qabul qilinayotgan chaqiruv signali berilgan minimum chegaraga yaqinlashishini aniqlasa, chaqiruvga xizmatni uzatish amalga oshiriladi.

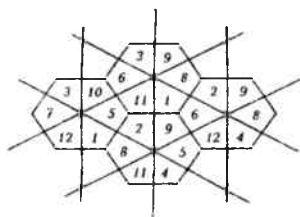
Baza stansiya shahar aloqa tarmog'i bilan sim orqali yoki optik tolali aloqa orqali bog'langan bo'ladi. Bu aloqa baza stansiya chiqishidagi terminal bilan shahar tarmog'ining telefoni orasida bog'langan bo'ladi. Har bir bazaning markazida antenna o'rnatilgan bo'lib, bu antenna radioto'lqinni atrof dan qabul qiladi va atrof ga tarqatadi. Xizmat qilayotgan zonadagi har xil chastotali signallar bilan aloqani tiklayotgan bazalar *klaster* deb ataladi.

5.26-rasmda klaster 7 ga teng. 12 chastotali aloqa modeli 5.27-rasmda ko'rsatilgan. Har bir baza kanalida hosil bo'lgan halaqit (agarda aloqa qo'shni kanal orqali bo'layotgan bo'lsa), qo'shni

kanal bazasiga ham tegishli bo'ladi, ya'ni bazalardagi halaqitlar aloqa vaqtida qo'shiladi va kanallar halaqitini hosil qiladi. Halaqitni kamaytirish uchun aloqa signalini chastotasi har xil kattalikda qabul qilinadi.



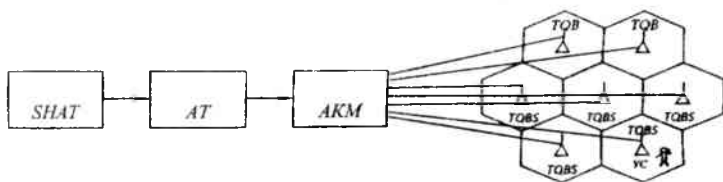
5.26-rasm. Aloqa klasterlari



5.27-rasm. 12 ta chastotah sotali aloqa modeli

5.27-rasmda 12 chastotada ishlovchi va 60° kenglikda aloqa qiluvchi 4 ta radioaloqa bazasining modeli keltirilgan. Abonent aloqani bir bazadan ikkinchi baza orqali o'tib uzoq masofalardagi obyektlar bilan aloqa bog'lash mumkin.

Hamma abonentlar aloqasini ta'minlovchi baza radiostansiya abonentlarni chaqirig'iga doim tayyor holda turadi. Abonentni chaqirilganda kodlangan chaqirig'i hamma baza stansiyalarga keladi, albatta shu zonadagi stansiyalardan uyali stansiyaga chaqiriqni olinganligi haqida signal keladi, so'ngra AKM gaplashilmoqchi bo'lgan uyali telefon joylashgan TQBS sig' ulaydi.



5.28-rasm. Mobil aloqa sistemasi strukturasi

bu yerda *AT* – aloqa liniyasi; *SHAT* – shahar aloqa tarmog‘i; *AKM* – aloqa kommutatsiya markazi; *TQBS* – tarqatuvchi, qabul qiluvchi baza stansiya; *US* – uyali stansiya.

Agarda chaqiriq uyali stansiya abonentidan bo‘lsa, uning uyali stansiyasi avtomatik ravishda yaqinidagi baza stansiyaning kanaliga ulaydi. Barcha uyali aloqa sistemalari 5.28-rasmda ko‘rsatilgan tipli struktura orqali quriladi.

5.10. Yerning sun‘iy yo‘ldoshlari orqali aloqa qiluvchi sistemalar

Bunday aloqa sistemasi shahar aloqa tarmog‘i bilan harakatda yuruvchi avtomobil, poyezd, kema, samolyot singari transportlardagi ko‘chma uyali stansiya sistemalari bilan aloqa o‘rnatish lozim topilganda, ya‘ni sputnikli aloqa o‘rnatish lozim topilganda qo‘llaniladi. Yoki yuqorida aytilgan ko‘chma harakatdagi transportlardan turib, shahar aloqa tarmog‘i bilan bo‘ladigan aloqa turida ham ishlatiladi. Elektromagnit to‘lqinlar Yer atrofida aylanayotgan sun‘iy yo‘ldoshga tarqatiladi va uning retranslyatorlaridagi antenna xabarni qabul qiladi. Olingan signalni Yerning yo‘ldoshida qayta ishlab, kuchaytirib, o‘zgartirib Yerdagi aloqa bazasiga yuboradi. U yerdan esa radiosignalni xabarga aylantiriladi va abonentga uzatiladi.

Sputnikli aloqa sistemalari asosan sputnik orbitasining balandligi bilan xarakterlanadi. Ular quyidagilarga bo‘linadi: Yer orbitasi atrofidagi past (balandligi taxminan 2000 km. - LEO⁶), Yer atrofida o‘rtacha (MEO⁷ — taxminan 9000 km), geostatsionar orbita (GEO⁸ — 40000 km).

Geostatsionar orbita Yerga nisbatan statsionar qilib ko‘riladi, shu vaqtda boshqa orbitalar bo‘yicha aylanayotgan sputniklar o‘zlarining qoplash zonalarini vaqtga bog‘liq ravishda o‘zgartiradilar.

Birinchil geostatsionar sputnik 1963-yilda «Xyuz» va NASA kompaniyasi tomonidan uchirilgan bo‘lib, bu sputniklardan bir qancha o‘n yilliklar davomida tijorat va davlat sputnikli aloqa sistemalarida foydalanib kelindi.

Geostatsionar sputniklarining qoplash zonolari juda katta, shuning uchun juda keng va global zonalarini qoplash uchun unchalik ko‘p bo‘lmagan sputniklar talab qilinadi. Lekin, bunday sputnikka

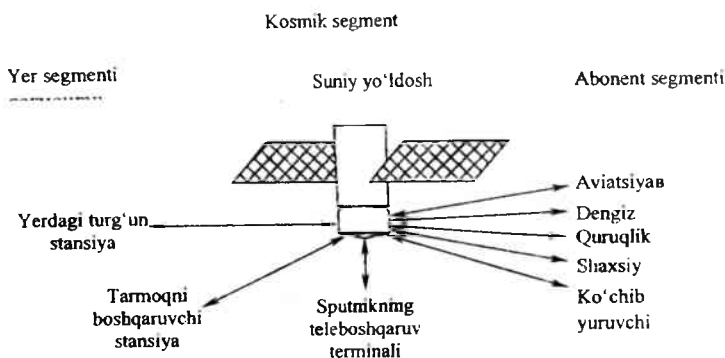
yetib borishi uchun juda quvvatli signal talab qilinadi, undan tashqari signalni o'tishidagi ushlanishlar shunchalik kattaki, cheklangan kattalikdan oshib ketadi, ayniqsa, telefoniyada. Bunday noqulayliklar 1990-yillarda orqaga, ya'ni Yer orbitasi atrofidagi past sputniklarga qaytishga sabab bo'ldi. Undan tashqari sotali aloqa vositalariga raqobatdosh so'zlashuvli va axborotli xizmatlarni ham uzatish imkoniyatini yaratish masalasi ham qo'yildi.

Lekin sputnikli mobil terminallar, zamonaviy sotali aloqa vositalariga qaraganda o'lchamlari katta, ko'proq energiya talab qiladigan va narxлари yuqori vositalar bo'lib, bu jihatlari ularni keng tarqalishiga to'sqinlik qiladi. Bu sistemalarning eng o'ziga tortadigan xislati shundan iboratki, ular orqali butun dunyo bo'yicha to'liq qoplash imkoniyatining borligi va ayniqsa, uchinchi dunyo mamlakatlaridagi yer yuzasi bo'ylab aloqa o'rnatish mumkin bo'lmagan, yoki sotali aloqa yetib bormagan joylar bilan ham aloqa o'rnatish mumkinligi hisoblanadi. Lekin bunday territoriyalarda sputnikli aloqa vositalaridan foydalanish talabi yoki resurslari, to'lash uchun mablag'lar mavjud emas. Sputnikli aloqa sistemalariga qaraganda sotali aloqa sistemalari dunyo bo'ylab juda keng tarqalganligi va juda ko'p foyda keltirishi sababli, ko'pgina Yer orbitasi atrofidagi past sputniklar bozor munosabatlari tufayli biznesdan chiqib ketdilar.

Yagona sputniklardan foydalanuvchi sistema bo'lib, turli qiziqitiruvchi ko'rsatuvlarni translyatsiya qiluvchi sistemalar bo'lib qoldi. Bunday ko'rsatuvlarni translyatsiya qilish 12 GHz chastota diapazonida amalga oshirilmoqda. Bu sistemalar yuzlab telekanallarni tavsiya etib, kabel televideniyesiga bosh raqobatchi bo'lib hisoblanmoqda. Hozirda sputnik orqali translyatsiya qiluvchi raqamli radiolar ham ommalashib bormoqda. Bunday sistemalar Yevropada va Amerikada yuqori sifatli, CD sifatiga yaqinlashtirilgan raqamli tovushli eshittirishlarni taklif qilmoqdalar.

Sputnik orqali aloqada foydalaniladigan orbitalar quyidagilar: geostatsionar, yuqori elitik va Yerning past orbitasi. Pastki orbitada 200 ÷ 700 km gacha sun'iy yo'ldosh joylashtiriladi. Keng tarqalgan xalqaro ko'chma aloqa global tarmoq-Inmarsat_M. Bu tarmoq ko'chma stansiyaning Yerning xohiagan nuqtasidan turib aloqa qilishga va internet orqali aloqa bog'lashga sharoit yaratadi.

Kosmik segmentda bu tarmogʻ Atlantik, Tinch va Hind okeanlari tepasida joylashgan yoʻldoshlar orqali dunyoning hohlagan nuqtalari bilan aloqa bogʻlashga imkon beradi. Rossiya bilan chet el ixtisoschilari Iridium Globalstar aloqa loyihasini amalga oshirganlar. Bu aloqa tarmogʻiga 66 ta sunʼiy yoʻldosh 3 har xil balandlikdagi orbitada meridianlar boʻyicha joylashgan boʻlib, koʻchma stansiyalarga aloqa vositachi boʻlib xizmat qiladi. Yerda yoʻldosh aloqalari bogʻlovchi 4500 km diametrli aloqa maydoniga ega boʻlgan baza stansiyalar boʻlib turgʻun holatda aloqa vositachisi boʻlib xizmat qiladi, yaʼni Yer yuzi zonalarga boʻlinib, har bir zonada yoʻldoshlar bilan aloqa qiluvchi turgʻun baza stansiya mavjuddir.



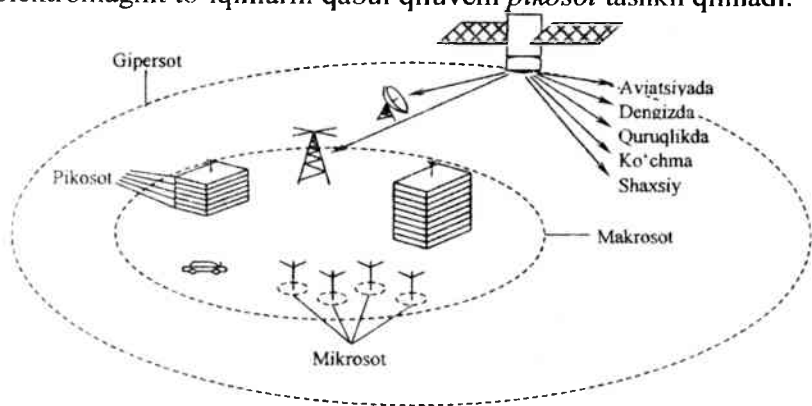
5.29-rasm. Sunʼiy yoʻldosh orqali aloqa qiluvchi koʻchma aloqa stansiyasi

5.29-rasmda hozirgi zamon harakatdagi aloqa sistemalari bilan sunʼiy yoʻldosh orqali shahar aloqa tarmogʻi bilan bogʻlanishini koʻrsatuvchi struktura sxemasi keltirilgan. Shu bilan bir qatorda Rossiyaning *signal* aloqa sistemasida 55 ta sunʼiy yoʻldosh retranslyatori 700 ÷ 1500 km balandlikdagi Yer orbitasida elektromagnit toʻlqinni uzatish, qabul qilish, qayta ishlash vazifalarini bajarib kelmoqda.

Kelajakdagi global aloqa sistema. Hozirda xalqaro elektr aloqa birlashmasi boshchiligidagi global uyali aloqa sistemasini tashkil qillishda ancha koʻp ishlar amalga oshirildi. Uyali aloqa siste-

masining FPLMTS (jamo'a foydalanadigan quruqlikdagi uyali telefonlar sistemasi) nomli uchinchi avlodi yaratildi.

5.30-rasmda ko'chma, mobil uyali telefonlardan Yer yo'ldoshlari yordamida, global aloqa sistemasini hosil qilish varianti keltirilgan. Binoning ichki qismidan ko'p sig'imli, 100 m radiusli elektromagnit to'lqinlarni qabul qiluvchi *pikosot* tashkil qilinadi.



5.30-rasm. Global ko'chma sistemasining arxitekturası

Aeroportda, vokzallarda, savdo shahobchalarida, ko'chalarning markaziy chorraha qismida radiusi 1 km li *mikrosot* tashkil qilinadi.

Avtomobil haydovchilarning ko'chma aloqasini hosil qilish uchun *makrosot* tashkil qilinadi. Sun'iy yo'ldosh xizmat qiladigan segmentning radiusi bir necha 10 minglab km bo'lib *gipersot* deb ataladi va samolyotlar, dengizda suzuvchi paroxodlar, poyezdlar, avtomobillar bilan bo'ladigan aloqani bog'laydi.

5.11. Optik tolali aloqa sistemalari

Zamonaviy davr jamiyatni axborotlashtirish jarayonini keskin rivojlanishga olib kirmoqda. Bu jarayon axborot-kommunikatsiyalar xizmatlaridan foydalanuvchilarni telekommunikatsiyalar tarmoqlariga yuqori tezlik bilan (keng polosali) ulanishga undaydi. Bunday talab Internetdan foydalanuvchilarning keskin o'sib borishi va multimediya, videokonferensiya, elektr raqamli imzodan foydala-

nish, elektron tijorat, elektron hujjat aylanish va boshqa bir qancha zamonaviy xizmatlarni hayotga kirib kelishidan chiqib keladi.

Ma'lumki, yuqori tezlikdagi signallarni uzatish va qabul qilib olish uchun yuqori darajada o'tkazish qobiliyatiga ega bo'lgan yo'naltiruvchi muhit bo'lishi kerak. Bunday talablarga javob beradigan optik aloqa vositalariga teng keluvchi vositalar hozirgi kunda mavjud emas. Bundan tashqari, optik aloqa tizimlari orqali katta hajmdagi axborotlarni xohlagan masofalarga uzatish mumkin.

Shuning uchun optik aloqa jamiyatni axborotlashtirish jarayonini rivojlantiruvchi mukammal va istiqbolli aloqa vositasi hisoblanadi.

Optik aloqa liniyasi eng qisqa to'liq aloqa vositasi bo'lib, yaqin infraqizil ko'rinishidagi nur diapazonida ishlaydi. Konstruktiv – ekspluatatsion xususiyatlariga qarab optik aloqa liniyalari ikki xil bo'ladi: ochiq nur bilan ishlaydigan aloqa liniyalar va yorug'lik o'tkazgichlari (svetovodlar) orqali aloqa qiluvchi liniyalar. Ochiq nur bilan ishlaydigan turdagi liniyalarning ish holati nur tarqalayotgan muhit tiniqligiga bog'liq bo'ladi va aloqa masofasi to'g'ri ko'rinish masofasiga bog'liq hisoblanadi. Yorug'lik o'tkazgichlari orqali aloqa qiluvchi aloqa liniyalarida signal optik to'liq tarqatuvchi sistemalarda uzatiladi. Bunday sistemalar ochiq nur bilan ishlaydigan liniyalarda ko'rilgan kamchiliklardan holi hisoblanadi va amalda juda keng qo'llaniladi. Ular optik tolali aloqa liniyalari (OTAL) deb ataladi. OTAL sining ochiq nurlar bilan ishlaydigan aloqa liniyasiga qaragandagi afzalligi bo'lib, ularning polosa kengligi juda ham kengligi, ya'ni taxminan 10GGs/km ni tashkil etishi hisoblanadi. Uzatilayotgan axborotlarga tashqi muhitning ta'siri deyarli bo'lmaydi, ishlatish jihatdan universal bo'lib, kichik hajm va massaga egadir.

Axborotlarni OTAL orqali uzatish mis kabellar va boshqa uzatish muhitlariga qaraganda bir qancha afzalliklarga ega. Shu afzalliklari tufayli OTA dan nafaqat telefon aloqasini tashkil etishda, balki teleuzatishlarda, ovoz eshittirishlarini uzatishda, hisoblash texnikasida, transport vositalarida va boshqa sohalarda ham keng foydalanilmoqda.

OTAda uzatish kanali sifatida qo'llaniladigan optik tolalarning afzalliklari quyida keltirilgan.

O'tkazish oraliq'i keng. Bu tashuvchi chastotasining juda yuqoriligi (10^{14}) Hz bilan tushuntiriladi. Bitta optik tola bo'ylab sekundiga bir necha terabit axborotlar oqimini uzatish imkoniyati mavjud. O'tkazish oraliq'ining kengligi optik aloqaning mis va boshqa axborot uzatish muhitlaridan ustun turuvchi eng muhim afzalligidir.

Optik tolada yorug'lik signallarining kam so'nishi. Hozirgi kunda ko'plab kompaniyalar tomonidan ishlab chiqarilayotgan optik tolalar, bitta kanalda kilometr hisobida 1,55 mkm to'liq uzunligida 0,2-0,3 dB/km so'nishga ega. So'nish va dispersiya qiymatlarining kichikligi optik signallarni aloqa liniyalari bo'ylab regeneratsiyasiz 100 km va undan uzoq masofalarga uzatish imkonini beradi. Shovqin sathining kichikligi optik tolaning o'tkazish qobiliyatini oshiradi.

Shovqindan himoyalanganligi yuqori. Optik tola dielektrik materiallar – kvars, ko'p tarkibli shisha, polimerlardan tayyorlanganligi uchun u elektromagnit nurlanishni induksiyalash xususiyatiga ega, atrofidagi mis kabelli tizim va elektr qurilmalarning (elektr uzatish liniyalari, elektrodvigatelli uskuna va boshqalar) tashqi elektromagnit shovqinlariga ta'sirchan emas. Shuningdek, ko'p tolali optik kabellarda ko'p juftli mis kabellarga xos elektromagnit nurlanishlarning o'zaro ta'siri kabi muammolar yuzaga kelmaydi [1]. Bu afzalligi tufayli optik kabellardan ishlab chiqarish korxonalarida, boshqaruv markazlarida, samolyot va kema kabi transport vositalarida foydalangan ma'quldir. Chunki shu kabi kichik joylarda ham energetik qurilmalar, ham avtomatika va teleboshqaruv tizimlari, ham ko'p sonli abonent qurilmalaridan iborat tarmoqlangan aloqa tarmoqlari joylashgan bo'ladi [2]. Bunday holatda elektromagnit va o'zaro shovqinlar yuzaga keladi. Optik kabellar esa bunday shovqinlarga ta'sirchan emas.

Yengilligi, hajmi va o'lchamlarining kichikligi. Optik kabellar mis kabellar bilan solishtirilganda, ancha yengil va hajmi kichik. Masalan, 900 juftli 7,5 sm diametrli mis telefon kabeli 0,1 sm diametrli bitta optik tola bilan almashtirilishi mumkin. Agar optik tola bir necha himoya qobiqlaridan iborat va bron po'lat lenta bilan qoplangan bo'lsa, bunday tola diametri 1,5 sm ga teng bo'ladi, bu esa ko'rilayotgan mis kabel diametridan bir necha marta kichik.

Optik tolaning bu afzalligi optik kabelli liniya traktlarini qurishda ancha yengilliklar yaratadi. Yengilligi va o'lchamining kichikligi tufayli optik tolaning samolyot, vertolyot va boshqa transport vositalarida ishlatilishi optik aloqaning juda muhim yutug'idir. Masalan, axborotlarni yig'ish va boshqarish vazifalarini bajarish uchun maxsus jihozlangan samolyotlarda bog'lovchi kabellar og'irligini 1 tonnadan ortiq kamaytiradi.

Aloqaning mahfiyligi. Optik tolali kabellar radio diapazonida umuman nur uzatmasligi sababli, undan uzatilayotgan axborotni uzatib-qabul qilishni buzmasdan ruxsatsiz tashqi ulanishlarda eshitish juda qiyin. Optik aloqa liniyasining monitoring tizimi (uzluksiz nazorat) tolaning yuqori sezgirlik xususiyatini qo'llab, darhol ruxsatsiz tashqaridan eshitalayotgan aloqa kanalini o'chirishi va xavf (trevoga) signalini uzatishi mumkin.

Tarqaluvchi optik signallarning interferensiya effektini qo'llovchi tizimlar tebranishlarga, bosimning ozgina og'ishlariga sezuvchanligi juda yuqori. Hukumat, bank va ma'lumotlar himoyasiga yuqori talablar qo'yiladigan boshqa maxsus xizmatlarning aloqa liniyalarini tashkil etishda bunday tizimlar ayniqsa zarurdir [1].

Yong'indan himoyalangan. Optik tolada uchqun hosil bo'lmashligi kimyoviy, neftni qayta ishlovchi korxonalarda, portlash va yong'in xavfi mavjud bo'lgan binolarda xavfsizlikni oshiradi.

Iqtisodiy samarador. Optik tola kvarsdan ishlab chiqariladi. Uning asosini tabiatda keng tarqalgan kremniy ikki oksidi - SiO_2 tashkil etadi. Demak, optik tolali kabellarni ishlab chiqarish uchun noyob rangli metall sarflanmaydi. Mis va qo'rg'oshinning dunyoviy zahiralari chegaralangan hozirgi vaqtda noyob bo'lmagan mahsulotga o'tish kabelli aloqa texnikasining kelgusi rivojlanishi uchun muhim omil hisoblanadi. Natijada optik kabellarning narxi mis kabellarga nisbatan arzonlashadi.

Optik tolali kabellar signallarni uzoq masofalarga retranslyatsiyasiz uzatish imkonini beradi. Uzoq masofali aloqa liniyalarida optik kabellarning qo'llanilishi retranslyatorlar soni qisqarishiga olib keladi. Natija sarf harajatlari ham kamayadi.

Foydalanish muddati uzoq. Tola vaqt o'tgan sari eskiradi, ya'ni yotqizilgan kabellarda so'nish asta-sekin oshib boradi. Biroq optik tola ishlab chiqarishning zamonaviy texnologiyalarining

mukammallashuvi bu jarayonni sekinlashtiradi va foydalanish muddatini uzaytiradi. Optik tolali kabellardan foydalanish muddati taxminan 25 yilni tashkil etadi.

Masofaviy elektr ta'minotga ega ekanligi. Ba'zi hollarda tarmoq tugunlarining masofaviy elektr ta'minoti talab etiladi. Buni optik tola orqali amalga oshirib bo'lmaydi. Bu holda optik tola bilan birgalikda mis o'tkazish elementi bilan jihozlangan aralash kabellardan foydalanish mumkin. Bunday kabellar ko'pgina mamlakatlarda keng qo'llaniladi.

Hozirgi kunda turli vazifalarni bajaruvchi va turli tuzilishga ega optik tola va kabellar ishlab chiqarilmoqda. Keng polosali aloqa tizimlari, jumladan magistral aloqa uchun, faqatgina asosiy to'lqin tarqaladigan bir modali kabellarning yangi turlari ishlab chiqarilmoqda. Magistral aloqa liniyalarida signal uzatishda tolaning so'nish va dispersiya parametrlariga ham yuqori talablar qo'yiladi. Bundan tashqari, optik nurlanish qutblanishi saqlanishini ta'minlovchi tolalar ham ishlab chiqarilmoqda.

Magistral aloqada qo'llaniladigan bunday kabellarni ishlab chiqish murakkab va qimmat hisoblanadi. Bunday kabellar qo'llanilganda lazer uzatgichlardan foydalaniladi. Lazer uzatgichlarga ham nurlanish spektrining tozaligiga, nurlanish tasvirlarining barqarorligiga yuqori talablar qo'yiladi.

Tezligi 100 Mbit/s gacha bo'lgan va aloqa masofasi chegaralangan (taxminan 10 km gacha) tizimlarda nisbatan arzon va oxirgi qurilmalar bilan oson moslashadigan ko'p modali kabellardan foydalangan ma'qul. Bunda to'lqin manbai sifatida ko'p modalarni nurlantiruvchi oddiy turdagi yarim o'tkazgich yorug'lik diodlarini ishlatish mumkin.

Yangi turdagi optik tolalarning (siljigan dispersiyasi nolga teng bo'lmagan), keng polosali kvant optik kuchaytirgichlarning yaratilishi to'liq optik tizim va optik traktlarni qurish imkoniyatini yaratmoqda. Bunday texnologiyalardan 100 va 1000 Gbit/s o'tkazish oraliqlil tizimlarni yaratishda foydalaniladi.

OTA bir qancha afzalliklarga ega bo'lishiga qaramay, kamchiliklari ham mavjuddir. Bu OTA qurilmalarining qimmatligi va ba'zi optik texnologiyalarning mukammal darajaga yetmaganligi

bilan tushuntiriladi. Bunga bog'liq holda quyidagi kamchiliklarni aytilish mumkin:

- elementlar bazasining qimmatligi, ya'ni optik uzatgich va qabul qilgichlarning narxi qimmat. Ayniqsa, lazer nurlanish manbalarining narxi qimmat va xizmat qilish muddati chegaralangan. Shuningdek, passiv optik qurilmalarni (multipleksor, kommutator, attenuator va boshqalar) ishlab chiqarish ham katta sarf-xarajatlarga olib keladi;

- optik tolali aloqa llniyalarini montaj qilish va ularga xizmat ko'rsatish murakkab hisoblanadi. Elektr kabelli tizimlarga nisbatan optik kabelli tizimlarni qurish, undan texnik foydalanish, o'lchov va montaj ishlari murakkab bo'lib, juda yuqori malakani talab etadi;

- tolani maxsus himoyalash zaruriyati. Mikrooyoriqlarda signal-larning yo'qolmasligi uchun tolani ortiqcha yuklash va bukilish-lardan himoyalash kerak. Maxsus himoyalashni tashkil etish, ishonchlilikni oshirish maqsadida optik tolani ishlab chiqarish jara-yonida tola epoksiakrilad asosidagi maxsus lak bilan qoplanadi. Bundan tashqari, kabel maxsus po'lat tross va shisha plastik ster-jenlar hisobiga yanada mustahkamlanishi mumkin.

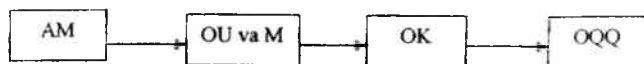
Bularning barchasi optik kabel narxini oshiradi. Bu kamchiliklar OA texnologiyasining kelgusi rivojlanishida qisman yoki to'liq bartaraf etiladi.

OA tizimlarining tuzilish tamoyillari. OA da axborotlarni yorug'lik yoki optik signallar ko'rinishida uzatish va qayta ishlash amalga oshiriladi. OA uchun yorug'lik nurlanishi va to'lqin uzunligi turini tanlash uzatilayotgan axborot xarakteriga, shuningdek, nurlanish hosil qilish imkoniyalariga, undan signal shakllanishiga, yorug'lik to'lqinini uzatish va qayta ishlashga va nihoyat, axborotga ega signalni qabul qilishga bog'liq.

OA tizimining umumlashgan tuzilish sxemasi 5.31-rasmda keltirilgan. Sxema OA ning turlari OTA va OOA (ochiq optik aloqa)ga xos standart bloklardan (elementlardan) tashkil topgan.

Axborotlar manbaidan uzluksiz yoki raqamli signallar beriladi. So'ng signallar yorug'lik oqimi-tashuvchi chastotaning elektro-magnit tebranishlarini modulyatsiyalaydi. So'ng yorug'lik nuri ko'rinishidagi optik signallar uzatuvchi muhit - optik kanal orqali

tarqaladi. Uzatuvchi muhit yuqorida aytib o'tilgandek, ochiq fazo, atmosfera, ya'ni OOA liniyasi yoki OTA liniyasi bo'lishi mumkin.



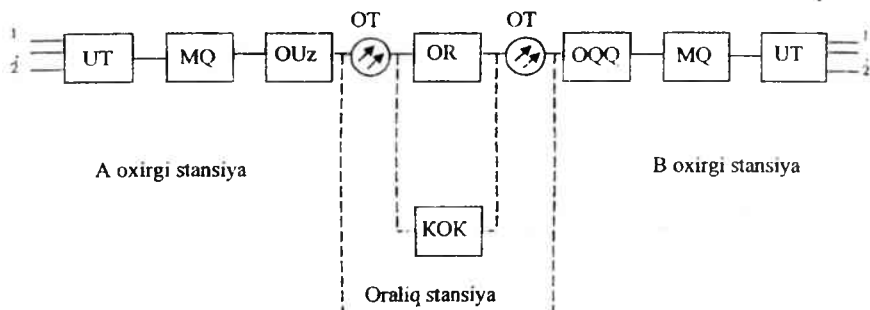
5.31-rasm. OA tizimining umumlashgan tuzilish sxemasi:

AM – axborotlar manbai; OU va M – optik uzatgich va modulyator; OK – optik kanal; OQQ – optik qabul qilgich.

Uzatilgan axborotlar optik qabul qilgich demodulyatorida demodulyatsiyalanadi. Demodulyatorning asosiy elementi optik fotodetektor hisoblanadi. Signallarni uzoq masofalarga uzatishda, qachonki qabul qilgich kirishida signal/shovqin nisbati talab darajasidan past bo'lganda, liniyada retranslyatorlar o'rnatiladi.

OTA tizimining tuzilish sxemasini to'liq ko'rib chiqamiz (5.32-rasm). OTA tizimining tuzilish sxemasi tarkibiga quyidagilar kiradi: UT, MQ, OUz va UT, MQ, OQQ mos ravishda A va B oxirgi stansiyalarining uzatish va qabul qilish traktlarini tashkil etadi. Oraliq stansiyalarda OR, KOK o'rnatiladi. Optik tolali liniya traktiga OUz, OT, OR, KOK, OQQ kiradi. 5.32-rasmda ko'rsatilganidek, uzatuvchi stansiyadan N birlamchi elektrik signallar uzatish tizimiga tushadi. UT chiqishidan ko'p kanalli elektr signali moslashtiruvchi qurilmaga beriladi. MQ da bu signal optik tolali liniya trakti bo'ylab uzatiladigan ko'rinishga o'zgartiriladi. Optik uzatgichda elektr signali optik tashuvchini modulyatsiyalash yo'li bilan optik signalga aylanadi. So'ng bu optik signal optik tola bo'ylab uzatiladi.

Optik signal tola bo'ylab tarqalganda so'nadi va buziladi. Optik signallarni uzoq masofalarga uzatish maqsadida ma'lum oraliqlarda signallarning buzilish darajasiga qarab regenerators yoki kvant optik kuchaytirgichlar o'rnatiladi. Regenerator kirishida optik signallar elektr signaliga, chiqishida esa elektr signaldan optik signalga aylantiriladi, ya'ni regeneratlorda elektr signallar kuchaytiriladi, sozlanadi va boshlang'ich shakli tiklanadi. Kvant optik kuchaytirgichlari qo'llanilganda esa so'ngan optik signallar elektr signaliga aylantirib o'tilmasdan kuchaytiriladi.



5.32-rasm. OTA tizimining tuzilish sxemasi:

UT – uzatish tizimi; MQ – moslashtiruvchi qurilma; OUz – optik uzatgich;
 OT – optik tola; OR – optik regenerator; KOK – kvant optik kuchaytirgichi;
 Oqq – optik qabul qilgich.

Qabul quluvchi B oxirgi stansiyada teskari jarayon amalga oshiriladi. OA da optik tashuvchini informasion signal bilan modulyatsiyalash uchun chastota modulyatsiyasi (CHM), faza modulyatsiyasi (FM), amplituda modulyatsiyasi (AM), qutblangan modulyatsiya (QM), jadallik bo'yicha modulyatsiyalash va modulyatsiyaning boshqa turlarini qo'llash mumkin. Optik nurlanishning jadallik bo'yicha modulyatsiyalash turi ko'proq qo'llaniladi. Bunga sabab, bu modulyatsiya turi keng chastota diapazomida, optik uzatgichlarda qo'llaniladigan oddiy texnik qurilmalar yarim o'tkazgich nurlanish manbalari (yorug'lik diodi, lazer diodlar) uchun bajariladi. Yarim o'tkazgich manbaning nurlanish jadalligini boshqarish uchun modulyatsiyalaydigan signal bilan mos holda injeksiya tokini o'zgartirish yetarlidir. Bu tok kuchaytirgich ko'rinishidagi elektron sxema yordamida oson amalga oshiriladi. Optik nurlanishning jadallik bo'yicha modulyatsiyasi teskari jarayon-optik signalni elektr signaliga aylantirish masalasini yengillashtiradi. Darhaqiqat, fotoqabul qilgich tarkibiga kiruvchi fotodetektor kvadratik asbob hisoblanib, uning chiqishidagi tok optik maydon amplitudasining kvadratiga proporsional. Jadallik bo'yicha modulyatsiyalangan optik signalni bevosita fotodetektorga berib, osongina uning boshlang'ich signal ko'rinishini saqlagan elektr signaliga aylantirish mumkin. Optik

signallarni qabul qilishning bu usuli to'g'ridan-to'g'ri fotodetektorlash usuli deyiladi.

Hozirgi kunda OA ning oxirgi qurilmalari sifatida raqamli uzatish tizimlari (RUT)dan foydalanilmoqda. Chunki RUT analog uzatish tizimlariga qaraganda quyidagi afzalliklarga ega: shovqin bardoshliligi yuqori, signalni uzatish sifati liniya trakti uzunligiga kam bog'liq, texnik iqtisodiy ko'rsatkichlari yuqori va boshqalar. Kanallari chastota bo'yicha bo'lingan analog uzatish tizimlarining bir qancha kamchiliklari tufayli ularning OA da qo'llanilishi chegaralangan.

OA tizimlarining sinflanishi. Qo'llaniladigan modulyatsiya turiga qarab OA tizimlari analog va raqamli turlarga bo'linadi.

Analog OA tizimlarida modulyatsiyaning analog usullari: jadallik bo'yicha modulyatsiyalash, amplituda, chastota va faza modulyatsiyasi turlari qo'llaniladi. Optik nurlanish manbalarining yuqori nochiziqliligi va analog uzatish uchun talab etiladigan shovqin bardoshlilikni ta'minlash texnik murakkabligi sababli analog OA tizimlaridan foydalanish chegaralangan. Shunga qaramay, bir qator sohalarida qo'llaniladi (optik kabelli televideniya, telemetriya, operativ va xizmat aloqa tizimlarida).

Raqamli OA tizimlarida modulyatsiyalashning diskret usullaridan foydalaniladi. Bunda signal tashuvchining biron-bir parametri diskret o'zgaradi, ya'ni boshlang'ich parametrning qiymatlar sohasi kvantlash sathlariga bo'linadi, har bir kvantlash sathiga mos ravishda aniq diskret signal qo'yiladi.

Vazifasi va signallarni uzatish masofasiga ko'ra OA tizimlari magistral, zona, shahar va qishloq aloqa tizimlariga bo'linadi. Magistral OA tizimlari signallarni 1000 km ga, zona OA tizimlari signallarning 600 km ga uzatish, shahar OA tizimlari shahar telefon tarmog'ining bog'lovchi liniyalarini zichlashtirish uchun xizmat qiladi.

OTA tizimlari liniya trakti tuzilishiga qarab quyidagilarga bo'linadi:

- ikki tolali bir polosali bir kabelli (to'rt o'tkazgichli bir polosali bir kabelli);

- bip tolali bir polosali bir kabelli (ikki o'tkazgichli bir polosali bir kabelli);

- bir tolali ko'p polosali bir kabelli yoki spektr bo'yicha zichlashtirilgan tizimlar.

5.33-rasmda ko'rsatilgan OTAning tuzilish sxemasida faqat uzatishning bir yo'nalishi ko'rsatilgan. Bunday tuzilishda optik signallarni uzatish va qabul qilish ikki tola bo'ylab, bitta λ to'lqin uzunligida amalga oshiriladi. Hap bir optik tola ikki simli fizik zanjirga o'xshaydi, chunki kabelning optik tolalari orasida o'zaro o'tishlar bo'lmaydi. Shuning uchun OTAning uzatish va qabul qilish traktlari bitta kabel bo'ylab tashkil etiladi, ya'ni OTA bir kabelli hisoblanadi. Shu tarzda, berilgan optik liniya traktini tashkil etish sxemasi ikki tolali bir polosali bir kabelli hisoblanadi. Ushbu aloqani tashkil etish sxemasining afzalligi, bu oxirgi va oraliq stansiyalarning uzatish va qabul qilish qurilmalarining bir turdaligidir. Kamchiligi esa optik tola (OT) o'tkazish qobiliyatidan foydalanish koeffitsiyenti juda kichik.

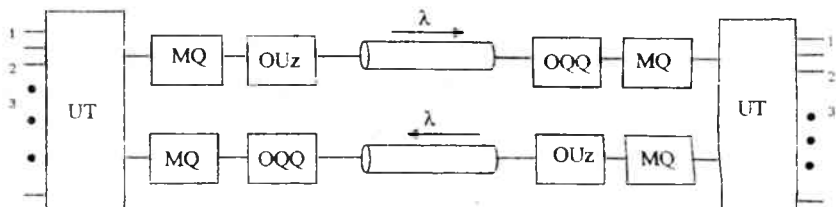
Kabel qurilmalariga ketadigan xarajatlar optik aloqa tizimlari narxining katta qismini tashkil etishini, optik kabel narxi yetarli darajada qimmatligini hisobga olsak, optik toladan bir vaqtda katta hajmdagi axborotni uzatish hisobiga, uning o'tkazish qobiliyatidan foydalanish samaradorligini oshirish masalasi yuzaga keladi. Bunga masalan, bitta optik tola (OT) bo'ylab qarama-qarshi yo'nalishdagi signallarni uzatish hisobiga erishish mumkin.

Bir tolali, bir polosali, bir kabelli optik liniya traktining tuzilish sxemasi 5.34-rasmda ko'rsatilgan bo'lib, OTni bir to'lqin uzunligida ikkala yo'nalish signallari uchun qo'llanilishi bu sxemaning xususiyati hisoblanadi.

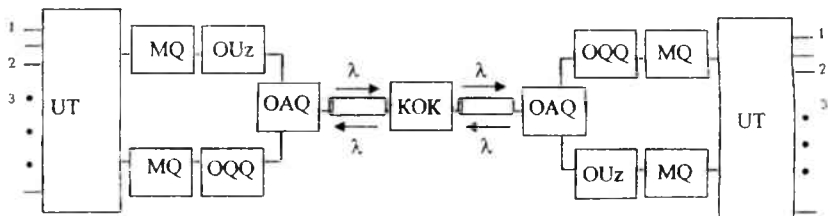
Qarama-qarshi ikki yoqlama signallarni uzatganda oqimlar orasida o'zaro o'tish shovqinlari hosil bo'ladi. O'tish shovqinlari OT vaarmoqlagichlardagi teskari yutilishdan, yorug'likning ulangan joylardan va liniya oxiridagi ajraladigan ulagichlardan qaytishi natijasida vujudga keladi.

Shovqin sathi va uning spektr tarkibi uzatilayotgan signalning uzatish tezligiga, impuls shakliga va liniya trakti parametrlari (tola so'nishi, to'lqin uzunligi, sonli apertura, sindirish ko'rsatkichi)ga bog'liq.

To'lqin uzunligi 1,55 mkm va uzatish tezligi 35 Mbit/s dan yuqori bo'lsa, bir OTdan qarama-qarshi yo'nalishli signallarni uzatuvchi OTAda o'tish shovqinlari kichik bo'lib, optimal ish rejimiga ega bo'ladi.



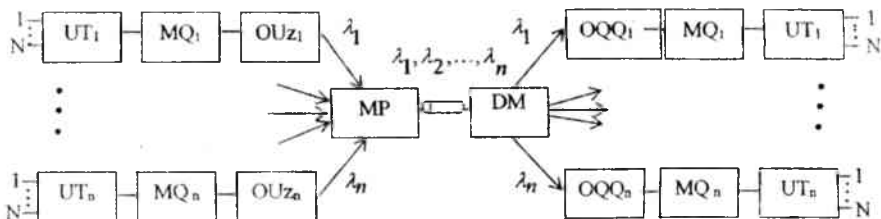
5.33-rasm. Ikki tolali bir polosali bir kabelli TOA sxemasi



5.34-rasm. Bir tolali bir polosali bir kabelli TOA sxemasi

Spektr bo'yicha zichlashtirilgan (bir tolali ko'p polosali bir kabelli) OTAda bir optik tola bo'ylab bir vaqtda spektr bo'yicha ajratilgan bir necha optik tashuvchilar uzatiladi. Bunday tizimlarni tuzish qo'llanadigan spektr oralig'ida optik kabelning so'nish koeffitsiyentini optik tashuvchi chastotasiga (yoki to'lqin uzunligiga) nisbatan kam bog'liqligiga asoslanadi. Shuning uchun bir optik tola bo'ylab axborotlarni uzatishning natijaviy tezligini oshirib, bir necha keng oraliqli optik kanallarni tashkil etish mumkin.

Optik kanallari spektr bo'yicha ajratilgan OTAning tuzilish sxemasi 5.35-rasmda ko'rsatilgan.



5.35-rasm. Spektr bo'yicha ajratilgan OTAning tuzilish sxemasi

Uzatuvchi stansiyaning n tizimlaridan signallar n optik uzatgichi OUz ga uzatiladi. OUz chiqishidagi $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ to'liq uzunlikli turli optik tashuvchilar multipleksor (MP) yordamida bir optik tolaga kiritiladi. qabul qiluvchi stansiyada demultipleksor (DM) yordamida $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ to'liq uzunlikli turli optik tashuvchilar ajratiladi va optik qabul qilgich (Oqq) ga beriladi. Shu tarzda, bir optik tola orqali n spektr bo'yicha ajratilgan optik kanallar tashkil qilinadi, ya'ni o'tkazish qobiliyatidan foydalanish koeffitsiyenti boshqa an'anaviy tuzilgan optik tizimlarning liniya traktiga nisbatan n marta oshadi.

Optik tashuvchilarni birlashtirish va ajratish uchun turli optik spektral qurilmalar qo'llanilishi mumkin: multipleksor va demultipleksorlar. Ularning ishi fizik optikaning dispersiya, difraksiya va interferensiya hodisalariga asoslangan. Multipleksor va demultipleksorlarning tuzilishi asosida optik prizma, ko'p qatlamli dielektrik, difraksion panjara va boshqalar bo'lishi mumkin.

Nazorat savollari

1. Radiotexnik sistemalar deb nimaga aytiladi?
2. Radiosistemalarning qanday iyerarxik darajalarini bilasiz?
3. Axborotlar qo'llanilishi bo'yicha qanday radiotexnik sistemalar mavjud?
4. Axborotlarni uzatish sistemalarining vazifalari nimadan iborat?
5. Axborotlarni aniqlash va o'lchash sistemasining qanday turlari mavjud?
6. Radioteleboshqarish sistemasining asosiy vazifasi nimadan iborat?
7. Axborotlarni buzuvchi sistema deganda nimani tushunasiz?
8. Aloqa tizimining struktura sxemasini tushuntirib bering.
9. Radio signallarni uzatuvchi qurilmalarning qanday turlari mavjud?
10. Radioqabul qiluvchi qurilmalarning asosiy vazifalarini tushuntirib bering.
11. Telekommunikatsiya tarmoqlari va sistemalari qanday vazifalarni bajaradi?

12. Axborotlarni qabul qilishda radiosistemalarda yechiladigan asosiy masalalar nimadan iborat?
13. Qanday aloqa sistemalarini bilasiz?
14. Aloqa sistemalarini o'tkazuvchanlik xususiyatlarini qanday oshirish mumkin?
15. Zamonaviy raqamli aloqa sistemaning tuzilishini tushuntirib bering.
16. Teleko'rsatuvlar qanday amalga oshiriladi?
17. Mobil aloqa sistemalari haqida nimalarni bilasiz?
18. Yerning sun'iy yo'ldoshlari orqali aloqa sistemalarini tushuntirib bering.
19. Optik aloqa liniyasining qanday afzalliklari mavjud?
20. Optik aloqa tizimlarining qanday sinflari mavjud?

XULOSALAR

Zamonaviy radioelektronika fan-texnikaning rivojlanib borishi bilan takomillashib bormoqda. Radioelektronikaning uslub va g'oyalarining inson hayoti va faoliyatining turli sohalariga chuqur kirib borishi, aloqa sohasining jadal takomillashishiga olib keldi. Ayniqsa, aloqa sohasiga kompyuter texnologiyallarini qo'llab, axborotlarni raqamli uzatish uslublaridan foydalanish, radioelektronikaning va aloqa texnikasi vositalarining rivojlanishida juda muhim o'rinni egallaydi.

Ushbu o'quv qo'llanmada radioto'lqinlarni fazoda tarqalishi nazariyasi, radio signallar va ularni tahlil qilish, radiozanjirlar, radioelementlar va ularning qo'llanilishi, signallar modulyatsiyasi, axborotlarni uzatuvchi va qabul qiluvchi turli radiosistemalar, telekommunikatsiya tarmoqlari va sistemalari, izlovchi va o'lchovchi sistemalar, radioboshqaruvchi va radiotelemetrik sistemalar, mobil aloqa sistemalari haqida nazariy ma'lumotlar keltirilgan.

Hozirda zamonaviy radioelektromika va texnikaning rivojlan-tirish tendensiyalari bo'lib quyidagilar hisoblanadi:

- nisbatan qisqa to'lqin diapazonlariga ega elektromagnit to'l-qinlarni tadqiq qilish va o'zlashtirish. Keying yillarda millimetrlil, submillimetrlil, infraqizil va optik diapazon to'lqinlarini o'rganishga katta ahamiyat qaratilmoqda. To'lqin uzunligini qisqartirish, radio-signalning Δf chastota polosasiga proporsional bo'gan, axborot-larni uzatish tezkorligini keskin oshirish bilan bog'liqdir. Undan tashqari axborotlarni uzatishda xalaqitbardosh modulyatsiya qilish-dan foydalanish imkoniyatini beradi, masalan, $u(t)$ radiosignallar aralashmasi va $r(t)$ xalallar ichidan foydali signalni ajratib olish mumkin bo'lgan impuls-kodli modulyatsiyani;

- radioqabul qiluvchi qurilmalar quvvatini va sezgirligini oshirishda tabiatga zarar yetkazmaslikka harakat qilish;

- elektron qurilmalarni ishlab chiqarishda integral va optik ishlab chiqarish texnologiyalariga o'tish va o'ta yuqori chastota diapazoniga ega integral mikrosxemalarni ishlab chiqarish;

- signallarga raqamli ishlov berishga o'tish, uzatilayotgan ax-borotlarni qabul qilishda to'liq tiklash imkoniyatiga ega qilib zich-

lashtirish, bu esa aloqa kanalini o'tkazuvchanlik xususiyatini sezilarli oshirish imkoniyatini beradi;

- dunyo bo'yicha global radioaloqa sistemasini yaratish va ularni turli aloqa sistemalarining markaziy kompyuterlari bilan yagona avtomatlashtirilgan sistemaga birlashtirish. Bu turli radioaloqa sistemalarini yaratish imkomiyatlarini beradi.

O'quv qo'llanma soha mutaxassislari va uni o'rganuvchilar uchun, bu tendensiyalarni amalga oshirishga xizmat qiladi.

QISQARTIRISHLAR

A – antenna	OOA – ochiq optik aloqa
AE – aktiv element	PCH – past chastota
AL – aloqa liniyasi	PEZ – parametrik elektr zanjir
AIM - amplituda-impulsli modulyatsiya	QK – quvvat kuchaytirgichi
AM - amplitudali modulyatsiya	QTL – qaytgan to‘lqin lampasi
ARO‘ – analog-raqamli o‘zgartiruvchi	RAO‘ – raqamli-analogli o‘zgartiruvchi
ACHX – amplituda-chastota xarakteristika	REV – radioelektron vositalar
AFX – amplituda-faza xarakteristika	RK – radiokanal
BM - burchakli modulyatsiya	RL – radioliniya
BTG – barqaror tok generatori	RQQQ – radio qabul qiluvchi qurilma
DK – differensial kuchaytirgich	RUQ – radio uzatuvchi qurilma
EZ – elektr zanjir	TM – ta‘minlash manbasi
FM - fazali modulyatsiya	TPK – tor polosali kuchaytirgich
FMN - fazali manipulyatsiya	TCHK – tovush chastotasi kuchaytirgichi
FPA- fazalashgan panjarali antennalar	UB – umumiy baza
IM - impulsli modulyatsiya	UE – umumiy emitter
KAG - kvars tebratgichli avtogenerator	UK – umumiy kollektor
KAM - kvadratli amplitudali modulyatsiya	YCHK – yuqori chastota kuchaytirgichi
KIS – katta integral sxema	YUTL – yuguruvchi to‘lqin lampasi
KPK – keng polosali kuchaytirgich	O‘YUCH – o‘ta yuqori chastota
MTB – musbat teskai bog‘lanich	O‘TK – o‘zgarmas tok kuchaytirgichi
NEZ – nohiziqli elektr zanjir	CHM - chastotali modulyatsiya
OK – operatsion kuchaytirgich	CHEZ – chiziqli elektr zanjir
OTAL – optik tolali aloqa liniyalari	CHO‘ – chastota o‘zgartirgich

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. John Wiley & Sons. Radio-frequency and microwave communication circuitss.Inc. Hoboken New Jersey, 2014.
2. A.Goldsmith. Wireless communications.-Stanford University, 2004.
3. B.P.Lathi, Zhi Ding. Modern digital and analog communication systems.- New York: Oxford University press, 2009.
4. John Wiley & Sons. Antenna Design for Mobile Devices. Pte Ltd. Published 2011.
5. Abduazizov A.A. Elektr aloqa nazariyasi. Darslik. – T.: TATU, 2013.- 366 b.
6. Abduazizov A.A., Yusupov Ya.T. Radiotexnik tizimlar. O'quv qo'llanma 1- va 2-qism. – T.: "O'quv-ta'lim metodika" DUK, 2015. 296/264b.
7. Нефедов В.И. Основы радиоэлектроники.- М.: «Высшая школа», 2009.
8. Петров И.В. Радиоматериалы, радиокомпоненты и электроника.- СПб. Изд. Питер, 2004.
9. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах: Учебник для вузов/ Нефедов В.И., Хахин В.И. и др. Под. ред. Нефедова В.И.-М.: «Высшая школа», 2001 – 383с.
10. Брамлер Ю.А., Каплун В.А. Радиотехнические устройства.- М.: «Высшая школа», 2002.

MUNDARIJA

KIRISH	3
 1. AXBOROT UZATISH VA QABUL QILISH RADIOTEXNIK TIZIMLARI	
1.1. Axborot, xabar va signal tushunchalari.....	6
1.2. Radioto'liqlarning tarqalishi nazariyasi asoslari.....	9
1.3. Radioaloqa to'g'risida umumiy ma'lumotlar.....	19
1.4. Radioaloqa tizimlarida foydalaniladigan to'liq diapazonlari.....	21
1.5. Antennalar.....	28
Nazorat savollari.....	36
 2. RADIOSIGNALLAR NAZARIYASI ASOSLARI	
2.1. Radiotexnik signallar haqida umumiy ma'lumotlar.....	38
2.2. Determinirlangan signallar va ularning analizi.....	44
2.3. Tor polosali signallar.....	49
2.4. Tashuvchi signallar modulyatsiyasi va demodulyatsiyasi.....	50
2.5. Raqamli modulyatsiya va demodulyatsiya.....	54
2.6. Tasodifiy signallar va ularning analizi.....	63
Nazorat savollari.....	65
 3. RADIOELEMENTLAR VA ELEKTRON ASBOBLAR	
3.1. Passiv va aktiv radioelementlar.....	67
3.2. Elektron asboblari.....	74
3.2.1. Yarim o'tkazgichli diodlar va ularning turlari	75
3.2.2. Yarim o'tkazgichli tranzistorlar, ishlash tamoyili, turlari va ulanish usullari.....	86
3.3. Elektron kuchaytirgichlar.....	94
3.4. Bir kaskadli va ko'p kaskadli kuchaytirgichlar.....	106
Nazorat savollari.....	114

4. RADIOELEKTRON ZANJIRLAR VA QURILMALAR

4.1. Chiziqli zanjirlar va ularning analiz usullari.....	115
4.2. Nochiziqli va parametrik zanjirlar.....	118
4.3. Garmonik signallar generatorlari.....	121
4.4. Avtogeneratedlarda chastota stabilizasiyasi.....	127
4.5. Raqamli generatorlar.....	131
4.6. O'ta yuqori chastota generatorlari.....	135
Nazorat savollari.....	139

5. RADIOTEKNIK SISTEMALAR VA ALOQA TARMOQLARI

5.1. Radiotexnik sistemalar va aloqa tarmoqlari to'g'risida asosiy ma'lumotlar	140
5.2. Axborot uzatuvchi va qabul qiluvchi radiotexnik siste- malar.....	142
5.3. Telekommunikatsiya tarmoqlari va sistemalari.....	152
5.4. Aloqa kanallari.....	154
5.5. Analogli va raqamli aloqa sistemalari	157
5.6. Televizion sistemalar.....	163
5.7. Izlovchi va o'lchovchi sistemalar.....	172
5.8. Radioboshqaruvchi va radiotelemetrik sistemalar.....	174
5.9. Mobil aloqa sistemalari.....	176
5.10. Yerning sun'iy yo'ldoshlari orqali aloqa sistemalari.....	182
5.11. Optik tolali aloqa sistemalari.....	185
Nazorat savollari.....	196
XULOSALAR.....	198
FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.....	201

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ И ПРИЕМА ИНФОРМАЦИИ	
1.1. Понятия информации, сообщения и сигнала	6
1.2. Основы теории распространения радиоволн.....	9
1.3. Общие сведения о радиосвязи.....	19
1.4. Диапазоны волн, используемые в системах радио- связи	21
1.5. Антенны.....	28
2. ОСНОВЫ ТЕОРИИ РАДИОСИГНАЛОВ	
2.1. Общие сведения о радиотехнических сигналах.....	38
2.2. Детерминированные сигналы и их анализ.....	44
2.3. Узкополосные сигналы.....	49
2.4. Модуляция и демодуляция несущих сигналов.....	50
2.5. Цифровая модуляция и демодуляция.....	54
2.6. Случайные сигналы и их анализ.....	63
3. РАДИОЭЛЕМЕНТЫ И ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ	
3.1. Пассивные и активные радиоэлементы.....	67
3.2. Электронные приборы.....	74
3.2.1. Полупроводниковые диоды и их разновидности.....	75
3.2.2. Полупроводниковые транзисторы, принцип рабо- ты, виды и способы включения.....	86
3.3. Электронные усилители.....	94
3.4. Однокаскадные и многокаскадные усилители.....	106
4. РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ ЦЕПИ И УСТРОЙСТВА	
4.1. Линейные цепи и способы их анализа.....	115
4.2. Нелинейные и параметрические цепи.....	118
4.3. Генераторы гармонических сигналов.....	121
4.4. Стабилизация частоты в автогенераторах.....	127
4.5. Цифровые генераторы.....	131
4.6. Генераторы сверхвысокой частоты.....	135

5. РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ СВЯЗИ

5.1. Основные сведения о радиотехнических системах и сетях связи.....	140
5.2. Радиотехнические системы передачи и приема информации.....	142
5.3. Сети и системы телекоммуникации.....	152
5.4. Каналы связи.....	154
5.5. Системы аналоговой и цифровой связи.....	157
5.6. Телевизионные системы.....	163
5.7. Следящие и измерительные системы.....	172
5.8. Радиоуправляемые и радиотелеметрические системы.....	174
5.9. Мобильные системы связи.....	176
5.10. Спутниковые системы связи.....	182
5.11. Оптоволоконные системы связи.....	185
ЗАКЛЮЧЕНИЯ.....	198
ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	201

CONTENT

PREFACE.....	3
1. RADIO SYSTEM TRANSMIT AND RECEIVE INFORMATIO	
1.1. The concepts of information, communication and signal.....	6
1.2. Fundamentals of radio wave propagation theory.....	9
1.3. General information on radio.....	19
1.4. Wavelengths used in radio communication systems.....	21
1.5. Antennas.....	28
2. FUNDAMENTALS OF THE THEORY OF RADIO SIGNALS	
2.1. General information about the radio signals.....	38
2.2. Deterministic signals and analysis.....	44
2.3. Narrow-band signals.....	49
2.4. Modulation and demodulation carrier signals.....	50
2.5. Digital modulation and demodulation.....	54
2.6. Random signals and their analysis.....	63
3. RADIOELEMENTS AND ELECTRONIC DEVICES	
3.1. Passive and active radioactive elements.....	67
3.2. Electronic devices.....	74
3.2.1. Semiconductor diodes and their varieties.....	75
3.2.2. Semiconductor transistors, operating principles, types and methods of inclusion.....	86
3.3. Electronic amplifiers.....	94
3.4. Single stage and multistage amplifiers.....	106
4. RADIOELECTRONIC CIRCUITS AND DEVICES	
4.1. Linear chain and methods of analysis.....	115
4.2. Nonlinear and parametric circuit.....	118
4.3. Generators of harmonic signals.....	121
4.4. Frequency Stabilization in oscillators.....	127

4.5. Digital generators.....	131
4.6. Ultra-high-frequency generators.....	135

5. RADIO SYSTEM AND COMMUNICATION NETWORK

5.1. Basic information about radio systems and communication networks.....	140
5.2. Radiotechnical transmission and reception of information.....	142
5.3. Networks and Telecommunications Systems.....	152
5.4. Channels of communication.....	154
5.5. System analogue and digital communication.....	157
5.6. TV systems.....	163
5.7. Tracking and measuring systems.....	172
5.8. RC and radio telemetry system.....	174
5.9. Mobile Communication Systems.....	176
5.10. Satellite communication systems.....	182
5.11. Fiber optic communication systems.....	185
CONCLUSION	198
REFERENCES	201

ARIPOVA M.X.

RADIOELEKTRONIKA ASOSLARI

Toshkent – «Fan va texnologiya» – 2018

Muharrir:	Sh.Kusherbayeva
Tex. muharrir:	A.Moydinov
Musavvir:	F.Tishabayev
Musahhih:	Sh.Mirqosimova
Kompyuterda sahifalovchi:	N.Raxmatullayeva

E-mail: tipografiyacent@mail.ru Tel: 71 245-57-63, 71 245-61-61.

Nashr.lits. AI №149, 14.08.09. Bosishga ruxsat etildi 22.11.2018.

Bichimi 60x84 $\frac{1}{16}$. «Timez Uz» garniturası. Ofset bosma usulida bosildi.

Shartli bosma tabog'i 12,75. Nashriyot bosma tabog'i 13,0.

Tiraji 100. Buyurtma № 471.

**«Fan va texnologiyalar Markazining bosmaxonasi» da chop etildi.
100066, Toshkent sh., Olmazor ko'chasi, 171-uy.**