

V. A. Krivopishin
A.N. Mannapov

RADIOALOQA ASOSLARI

Toshkent – 2009

O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta‘lim vazirligi

DATK «O‘ZBEKISTON TEMIR YO‘LLARI»

Toshkent temir yo‘l muhandislari instituti

V. A. Krivopishin

A.N. Mannapov

RADIOALOQA ASOSLARI

O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta‘lim vazirligi oliy yurtlari aro Muvofiqlashtirish Kengashining ilmiy-uslubiy birlashmasi tomonidan darslik sifatida chop etishga tavsiya etilgan

Toshkent – 2009

UDK 656.254.16:621.396.931

Taqrizchilar: X.M. Axmedjanov – texnika fanlari doktori,
Toshkent Davlat aviatsiya instituti
yetakchi mutaxassisi;
M.I. Nasirov – DATK "O‘zbekiston temir yo‘llari"
ogohlantirish va aloqa Markazi
boshlig‘i o‘rinbosari

“Radioaloqa asoslari” kursi bo‘yicha tayyorlangan darslik ushbu kurs dasturida ko‘zda tutilgan hamma mavzularni o‘z ichiga oladi. Unda uzatgichlarning nazariy asoslari va qurish prinsiplari, elektrmagnit to‘lqinlarning tarqalishi va nurlanish nazariyasi asoslari, elektrmagnit to‘lqinlarni kabul qilish nazariyasi asoslari xamda radioqabulqilgich kurilmalari o‘z ifodasini topgan.

“Radioaloqa asoslari” darsligi texnik o‘quv yurtlarining 5522200 – «Telekommunikatsiya», 5140900–«Kasbiy ta’lim» «Telekommunika-siya» yo‘nalishi bo‘yicha ta’lim olayotgan bakalavrlar, 5A522210 – “Temir yo‘l transportida aloqa tarmoqlari va tizim-larini ishlatish va xizmat ko‘rsatish” mutaxassisligi magistrleri uchun mo‘ljallangan. Temir yo‘l kolledjlari o‘quvchilari va muxandis-texnik xodimlar uchun ham foydali bo‘lishi mumkin. 206 bet, 129 rasm, 3 jadval, 6 adabiyot.

V.A. Krivopishin, A.N. Mannapov. Radioaloqa asoslari.
Darslik. 2007. – 206 bet.

V.A. Krivopishin, A.N. Mannapov

Radioaloqa asoslari

Darslik

Muharrir Yu. Nurmetova

Nashrga ruxsat etildi

Xajmi

b.t.

Qog'oz bichimi 60x84 1/16

Adadi

Buyurtma №

ToshTYMI bosmaxonasida chop etildi. Toshkent, Odilxo'jayev ko'chasi, 1.

Toshkent temir yo‘l muhandislari instituti

Chop etishga ruxsat beraman
O‘quv ishlar bo‘yicha prorektor
dotsent F.F. Karimova

«___» _____ 2009 y.

V.A. Krivopishin
A.N. Mannapov

RADIOALOQA ASOSLARI

O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta‘lim vazirligi oliy yurtlararo Muvofiqlashtirish Kengashining ilmiy-uslubiy birlashmasi tomonidan darslik sifatida chop etishga tavsiya etilgan

Toshkent – 2009

MUNDARIJA

KIRISH	3
1. RADIO TIZIMLARNING SINFLANISHI	
1.1. Radioaloqa tarixidan qisqacha ma'lumotlar.....	5
1.2. Radioaloqaning umumiy prinsiplari.....	6
1.3. Temir yo'l transportida asosiy radiovositalarini qo'llanilishi.....	8
2. RADIOUZATGICH QURILMALAR	
2.1. Tebranma tizimlar.....	10
2.2. Ketma-ket ulangan tebranma kontur.....	11
2.3. Parallel tebranma kontur.....	14
3. RADIOCHASTOTA TEBRANISHLARINI ISHLAB CHIQARISH	
3.1. Avtogeneratorlar.....	20
3.2. Chastota ko'paytirgichlar.....	22
4. TASHKI UYG'OTISHLI GENERATOR	
4.1. Tashki uyg'otishli generatorning sxemasi.....	26
4.2. Birinchi turli tebranish rejimi.....	27
4.3. Ikkinchi turli tebranish rejimi.....	28
5. RADIOCHASTOTA TEBRANISHLARINI BOSHQARISH	
5.1. Amplitudali modulyatsiya	31
5.2. Balansli modulyatsiya	37
5.3. Biroraliqli modulyatsiya.....	39
5.4. Burchak modulyatsiya.....	43
5.5. Fazaviy modulyatsiya.....	49
5.6. Chastota modulyatorlari.....	53
5.7. Impulsi modulyatsiya.....	54
5.8. Impuls-kodli modulyatsiya.....	61
5.9. Differensial impulsi modulyatsiya.....	69
5.10. Delta-modulyatsiya.....	72
5.11. Modulyatsiyaning diskretli turlari.....	75
5.12. Bir karali absolut FMN.....	78
5.13. Bir karali CHMN manipulyatori.....	87
5.14. Amplitudali manipulyatsiya.....	89
5.15. Shovqinsimon signal tashuvchilar modulyatsiyasi.....	90
5.16. Minimal chastotali manipulyatsiya.....	93
5.17. Signal-kodli konstruksiyalar.....	98

6. RADIOUZATGICHNING FUNKSIONAL SXEMASI VA ASOSIY ELEKTR PARAMETRLARI

6.1. Radiouzatgichning strukturaviy sxemasi.....	103
6.2. Chastota uyg'otgichlar	105
6.3. Chastota sintezatorlari.....	106

7. MODULYATOR VA OXIRGI KASKADLARNI QURISH PRINSIPLARI

7.1. Amplitudali modulyatorlar.....	110
7.2. Quvvat kuchaytirgichlar... ..	112
7.3. Muvofiqlashtiruvchi chiqish qurilmalari.....	112

8. ANTENNO-FIDER QURILMA

8.1. Radiochastota tokining energiyasini uzatish.....	116
8.2. Fiderda yuguruvchi to'liqlar rejimi.....	117
8.3. Fiderda turuvchi to'liqlar rejim.....	118
8.4. Fiderda aralash to'liqlar rejimi.....	118

9. ELEKTRMAGNIT TO'LIQLARINI NURLATISH

9.1. Elektrmagnit energiyani nurlatishni ilakishgan e.yu.k. usuli orqali tushuntirish.....	122
9.2. Elektrmagnit energiyani nurlatishni ochiq tebranma kontur usuli orqali tushuntirish.....	125
9.3. Nurlanish quvvatini hisoblash... ..	126

10. UZATUVCHI ANTENNALAR VA ULARNING ELEKTR XUSUSIYATLARI

10.1. Antennaning ta'sir uzunligi.....	1
10.2. Antennaning nurlatish quvvati.....	64
10.3. Antennaning yo'nalish diagrammasi.....	65

11. UZATUVCHI VA QABULQILUVCHI ANTENNALARNING TURLARI

11.1. Kilometrli, gektometrli va dekametrli to'liqlar antennalari... ..	70
11.2. Metrli va detsimetrli to'liqlar antennalari.....	71
11.3. Santimetrli va millimetrli to'liqlar antennalari.....	73

12. RADIOTO'LIQLARNING TARQALISHI

12.1. Qabulqilish nuqtasida elektr maydon kuchlanganligini aniqlash.....	75
12.2. Elektrmagnit to'liqlarining qutblanishi tushunchasi.....	76
12.3. Elektrmagnit to'liqlarining kuchsizlanish ko'paytiruvchisi	

va uning tashkil etuvchilari.....77

13. TURLI ORALIQQDAGI RADIOTO‘LQINLARNING TARQALISHI

- 13.1. Kilometrli (1 – 10 km) to‘lqinlarda radioaloqa.....85
13.2. Gektometrli (100 – 1000 m) to‘lqinlarda radioaloqa.....88
13.3. Dekametrli (10 – 100 m) to‘lqinlarda radioaloqa.....89

14. ULTRA QISQA TO‘LQINDAGI RADIOALOQA

- 14.1. Ultra kiska to‘lqin (UQT) oralig‘ida radiotulqinlarni tarqatishining uziga xos xususiyatlari.....91
14.2. UQT radiolinyaning qabul qilish antenmasida signal quvvatini hisoblash.....92
14.3. Kuchsizlanish ko‘paytuvchisini hisoblash.....93

15. RADIOQABULQILUVCHI QURILMALAR

- 15.1. Bevosita ko‘chaytirishli qabulqiluvchi qurilma.....99
15.2. Supergeterodin qabulqiluvchi qurilma.....102
15.3. Radioqabulqiluvchi qurilmaning asosiy elektr parametrlari.....101

16. QABULQILGICHNING KIRISH QURILMASI, RADIOCHASTOTA KUCHAYTIRGICHI VA CHASTOTA O‘ZGARTIRGICHLARI

- 16.1. Kirish qurilmasi.....105
16.2. Radiochastota kuchaytirgichi.....105
16.3. Chastota o‘zgartirgichlar.....108

17. QABULQILGICHNING ORALIQ CHASTOTA KUCHAYTIRGICHI VA DETEKTORLARI

- 17.1. Oraliq chastota kuchaytirgichi.....112
17.2. Amplituda detektori.....113
17.3. Chastota detektori.....114
17.4. Fazaviy detektor.....116

18. QAYTA TIKLASH QURILMALAR VA TEMIR YO‘L RADIOSTANSIYALARINI QURISHNING O‘ZIGA XOS XUSUSIYATLARI

- 18.1. Tovush chastota kuchaytirgichlari.....121
18.2. Qabulqilgichning radiokarnaylari.....122
18.3. Temir yo‘l radiostansiyalarini qurishning o‘ziga xos xususiyatlari.....123
ADABIYOT.....126

KIRISH

Temir yul transportida turli vazifalarni bajaradigan radio-stansiyalarning «efirda» nurlatishining doimo ko‘payib borishi, energetika tizimlari va turli xil elektrotexnik xamda boshqa qurilmalarning yaratilishi, radiohalaqit manbalarining ko‘payishiga olib kelmoqda.

Bunday sharoitlarda elektrmagnit resurslardan samarali foydalanish, radioaloqaning kelajakda rivojlanishini belgilay-digan bosh masala hisoblanadi.

Radio bo‘yicha Xalqaro konsultativ qo‘mita (**RXKQ**) tavsiyasiga muvofiq elektrmagnit tebranishlarning keng spektridan ($10^{-3} - 10^{24}$ Gs dan $3 - 3 \cdot 10^{12}$ Gs gacha) radiochastotalar ajratilib, ular 12 ta diapazonga bo‘lingan.

Diapazon – $0,3 \cdot 10^n$ dan $3 \cdot 10^n$ Gs gacha bo‘lgan radiochastota sohasi hisoblanadi, bu yerda: $n = 1, 2, 3 \dots 12$ – oraliqlar raqami. Bunda radiochastota ”diapazon”i bilan “oralig‘i” ni aralashtirib yuborish mumkin emas. Ular har xil tushunchalardir. “Oraliq” radiochastota sohasi bo‘lishi ham mumkin, lekin u bitta yoki ikkita diapazonlarning bir qismiga tegishli bo‘ladi. Radiochastota diapazonlari va radioto‘lqinlarning nomlari hamda chegaralari K.1-jadvalda keltirilgan.

K.1-jadval

Radiochastota va radioto‘lqinlar diapazonlari nomlari va chegaralari

Diapazonlar chegarasi	Parallel atama		Diapazon chegaralari	
	radiochastotalar	radioto‘lqinlar	radiochastotalar	radioto‘lqinlar
1	O‘ta quyi (O‘QCH)	Dekamegometrli	3 – 30 Gs	100000 – 10000 km
2	O‘ta yuqori (O‘YUCH)	Megometrli	30 – 300 Gs	10000 – 1000 km
3	Infraqizil (IQCH)	Gektokilometrli	300 – 3000 Gs	1000 – 100 km
4	Juda quyi (JKCH)	Miriametrli	3 – 30 kGs	100 – 10 km
5	Quyi (QCH)	Kilometrli	30 – 300 kGs	10 – 1 km
6	O‘rta (O‘CH)	Gektometrli	300 – 3000 kGs	1000 – 100 m
7	Yuqori (YU)	Dekametrli	3 – 30 MGs	100 – 10 m
8	Juda yuqori (JYUCH)	Metrlil	30 – 300 MGs	10 – 1 m
9	Ultra yuqori (UYUCH)	Detsimetrli	300 – 3000 MGs	100 – 10 sm
10	O‘ta yuqori (O‘YUCH)	Santimetrli	3 – 30 GGs	10 – 1 sm
11	O‘ta yuksak (UYUCH)	Millimetrli	30 – 300 GGs	10 – 1 mm
12	Giper yuksak (GYUCH)	Detsimillimetrli	300 – 3000 GGs	1 – 0,1 mm

Temir yo‘l tarmoqlarida radioaloqa radiochastota yoki radio-to‘lqinlarning turli diapazonlarida tashkillashtiriladi. Masalan, poyezdli va stansion radioaloqa gektometrli va metrli diapazonlarda tashkil qilinadi. Induktiv aloqa esa kilometrli to‘lqin diapazonida tashkillashtiriladi. Radiorele aloqa tizimlari detsimetrli, santimetrli va millimetrli diapazonlarda ishlaydi. Radiolokatsion tezlikni o‘lchagichlar santimetrli va millimetrli diapazonlarda ishlaydi. Temir

yoʻl transportida yuqorida nomlari sanab oʻtilgan hamma diapazonlardagi radiochastota oraliqlarida ishlashga ruxsat etilgan.

Terminalogiya nuqtai nazaridan chastotani yoki chastota oraligʻini taqsimlash, ajratish va berish kabi soʻzlarning farqiga borish lozim. Taqsimlash-xizmatlarga, ajratish-mamlakat, zona va sohalarga, berish-radiostansiyalarga taaluqlidir. Xalqaro radioaloqa reglamenti tomonidan xizmatlar aniq belgilangan, yer ustida harakatlanuvchi, radioeshittirish va boshqalarga boʻlinadi.

Muayyan radiostansiyalarga radiovositalarning oʻzaro bir-biriga halaqit qilishi mumkinligini hisobga olgan holda, ajratilgan chastota oraligʻidan chastota beriladi.

“Radioaloqa asoslari” kursi boʻyicha tayyorlangan darslik ushbu kurs dasturida кўзда tutilgan barcha mavzularni oʻz ichiga oladi. Unda radiouzatgichlar, tebranma tizimlar nazariyasi, radiochastotalarni ishlab chiqarish prinsiplari, radiochastota tebranishlarni boshqarish, radio-uzatgichlarning funksional sxemalari va ularning asosiy xarakteristikalari, radioqabulqilgichlarning nazariy asoslari va qurish prinsip-lari, elektrmagnit toʻlqinlarning tarqalishi va nurlanish nazariyasi, elektrmagnit toʻlqinlarni qabul qilish nazariyasi asoslari hamda radioqabulqilgich qurilmalari oʻz ifodasini topgan. Bulardan tashqari ushbu oʻquv qoʻllanmada radiochastota energiyasini uzatish, uzatuvchi va qabul qiluvchi antennalar xarakteristikalari, turli diapazondagi radiotoʻlqinlarning tarqalish shartlari hamda signallarni kuchaytirish va oʻzgartirish nazariyasi, elektr tebranishlarni detektirlash masalalari xam keltiriladi.

Yuqorida aytilganlardan tashqari, ushbu darslikda keyingi vaqtlarda radioaloka sohasida muhim oʻrinni egallayotgan impulsli modulyatsiya turiga taaluqli boʻlgan modulyatsiyaning diskret koʻrinishini amalga oshiradigan axborotni raqamli uzatish qurilmalari haqidagi kerakli materiallar ham oʻz ifodasini topgan.

1. RADIO TIZIMLARNING SINFLANISHI

1.1. Radioaloqa tarixidan qisqacha ma'lumotlar

XIX asr oxirlarida hech qanday sezilarli darjada so'nmay uzoq masofalarga tarqaladigan xususiyatga ega bo'lgan, ko'zga ko'rinmas elektrmagnit to'lqinlari kashf qilindi va tadqiq etila boshlandi. Ular radioto'lqinlar deb atalib, «radio» so'zi radiatsiya so'zidan olingan bo'lib, nurlanishni anglatadi.

Ingliz fizigi Maksvell XIX asrning 60-yillarida yorug'lik to'lqinlari va radioto'lqin hamda ularning tarqalish qonunlari tabiatiga umumiy o'xshaydigan elektrmagnit maydonini yaratdi. Keyinchalik ultrabinafsha, infraqizil, rentgen va boshqa nurlanishlar o'rganildi. Olib borilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, yuqorida sanab o'tilgan nurlanishlar turlicha bo'lgani bilan, ularning tabiati bir xil bo'lib, elektrmagnit to'lqin hisoblanadi. Ularning xususiyatlari faqat to'lqin uzunliklari bilangina farqlanadi.

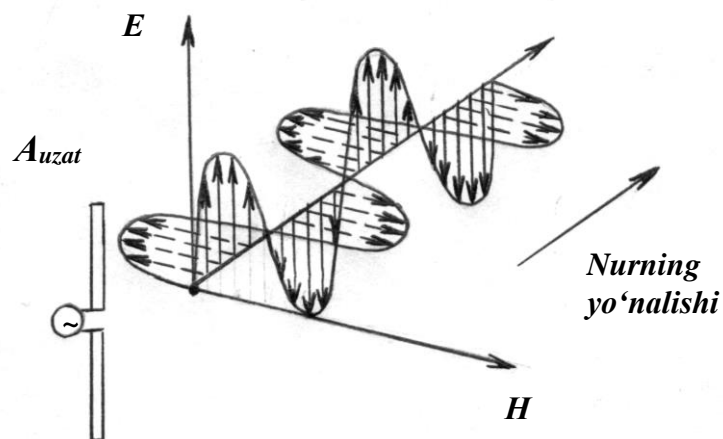
1886 – 1888 yillarda G. Gers tajribada Maksvell nazariyasining asosiy xulosalarini yana bir bor isbotladi. Ya'ni, radioto'lqinlarning tarqalishi, qaytishi va sinishi yorug'likning tarqalish qonunlariga o'xshash bo'lar ekan.

Maksvellning elektrmagnit maydon nazariyasiga qo'shgan asosiy hissasi o'zgaruvchan elektr maydoni o'zgaruvchan magnit maydonini yaratishiga oid xulosasi bo'ldi. Elektrmagnit induksiya qonunini hisobga olganda, ya'ni o'zgaruvchan magnit maydoni o'zgaruvchan elektr maydonini hosil qiladi. Ya'ni o'zgaruvchan elektr va magnit maydonlari hamma vaqt birgalikda mavjud va ular o'zaro miqdor jihatidan bog'langandir. Shuning uchun har qanday elektr yoki magnit maydonlarining o'zgarishi yagona o'zgaruvchan elektrmagnit maydonini vujudga keltiradi.

O'zgaruvchan elektrmagnit maydonining yana bir muhim xususiyatlaridan biri, uning paydo bo'lgan joyidan bo'linib ketmay, balki shu nuqtadan atrofga uzoq masofaga elektrmagnit to'lqini sifatida tarqalishidir.

Maksvell nazariyasi va tajribadan elektrmagnit to'lqin hamma vaqt va har qanday nuqtada **ko'ndalang to'lqinlar** rusumiga kirishi ma'lum. Elektr va magnit maydon to'lqinlarining harakat yo'nalishi, ularning tarqalish yo'nalishiga doimo perpendikular bo'ladi. Bunda elektr maydoni yo'nalishi har vaqt magnit maydon yo'nalishiga perpendikular bo'ladi (1.1-rasm).

Ilk bor elektrmagnit to'lqinini rus fizigi va elektrotexnigi A.S. Popov 7 may 1895 yili radiopriyemnikni yaratish bilan tatbiq etdi. 1896 yili 24 martda jahonda birinchi marotaba 250 m masofaga radioaloqa o'rnatildi. Bunda ikkita so'z «Genrix Gers» telegraf kod orqali uzatilib, qabul qilindi. Turli davlatlardagi ko'pgina.



1.1-rasm

olimlar elektrmagnit to'liqindan aloqa maqsadida foydalanish bilan shug'ullandilar. Masalan, italiyalik radiotexnik va tadbirkor Markoni Gulyelmoni 1894 yilda Italiyada, 1896 yilda esa Velikobritaniyada elektrmagnit maydondan amalda foydalanish bo'yicha tajriba utkazdi. U 1897 yilda simsiz telegraf usuli ixtirosi uchun patent oldi va apparaturani ishlab chiqarish bo'yicha aksionerlik jamiyatini yaratib, radioaloqani rivojlanishiga o'z xissasini qo'shdi. U 1909 yilda K.F. Braun bilan xamkorlikda Nobel mukofatiga sazovor bo'ldi.

Yuz yillardan ortiq davrda elektrmagnit to'liqlar radioaloqa tizimlarida, televideniya, radiolokatsiya va radionavigatsiya tizimlarida, radioboshqarishlarda, meditsina va boshqa yo'nalishlarda qo'llanila boshlandi.

1.2. Radioaloqaning umumiy prinsiplari

Radioaloqa – bu radioto'liqlar yordamida axborotni almashish jarayonidir. Bularga radiotexnik tizimlardan radioeshittirish, xizmatli radioaloqa, televideniye, radiolokatsiya, radionavigatsiya, radioteleboshqarish, harakatdagi obyektlar bilan radioaloqa, kosmik aloqa, telefon xizmati, telegraf va yerdagi xamda kosmosdagi maxsus signallar kiradi.

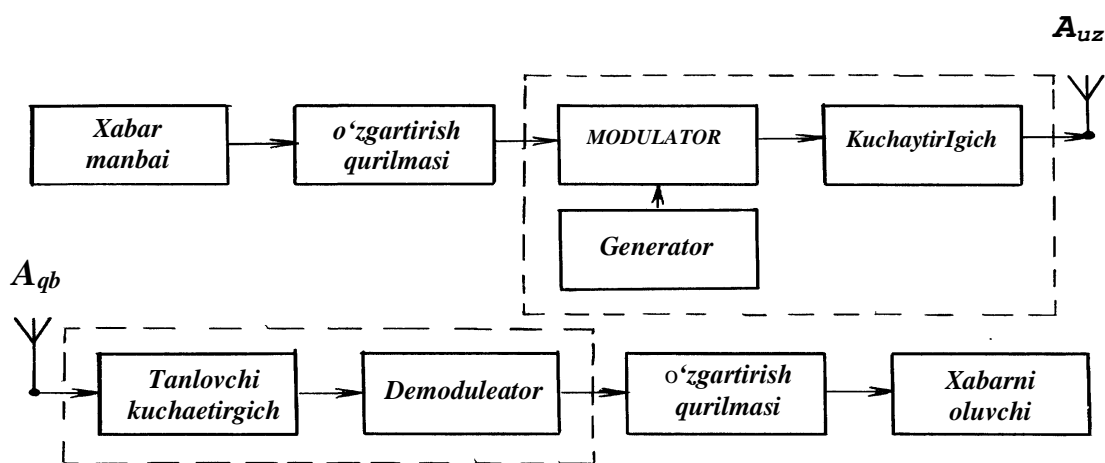
Radioaloqa prinsipini tushunish uchun radioaloqada eng ko'p uchraydigan ba'zi bir tushunchalar bilan tanishib chiqish lozim bo'ladi.

Xabar – bu axborotni tasvirlash shaklidir. U nutq, tasvir, raqam, harf, buyruq, va shartli belgilar bo'lishi mumkin.

Radio – fazoda tarqaladigan yuqori chastotali elektrmagnit to'liqin yordamida signallarni masofaga simsiz uzatishdir.

Radioaloka – radio orqali xabarlarni uzatish va qabul qilish. Xabarlarni turiga bog'liq ravishda radioaloqa radiotelegrafli, radiotelefonli, televizionli va boshqalarga bo'linadi.

Radio orqali axborotni uzatish uchun (1.2-rasm) uzatish punktida radiochastotada boshqariladigan tok manbai (generator) bo'lishi kerak. Generatsiya jarayoni yuz beradigan va uni yuqori chastota toki bilan boshqariladigan (modulyatsiya) hamda kuchaytiradigan qurilmani radiouzatish qurilmasi yoki oddiy qilib, uzatgich (peredatchik) deb yuritiladi. Uzatgichning chiqishidan radiochastota energiyasi elektrmagnit energiyani nurlatadigan qurilmaga tushadi. Sim, simlar tizimi va yuza hisoblangan bu qurilmani ko'pincha uzatadigan antenna (A_{uz}) deyiladi. Antennada nurlanadigan erkin elektrmagnit tebranishlar fazoda tarqalib, o'z yo'lida elektr yurituvchi kuchni hosil qiladigan qurilma bilan duch keladi. Bu qurilmani qabulqilish antennasi (A_{qb}) deyiladi.



1.2-rasm

Qabul qilingan tebranishlarning amplitudasi odatda juda kichik bo'ladi, chunki uzatish punktidan qabul qilish punktigacha bo'lgan masofada radioto'lqinlarning tarqalish jarayonida ularning energiyasini juda kuchli so'nishi kuzatiladi. Shuning uchun radiochastota kuchlanishini kuchaytirib, keyinchalik bu uzatilgan signalni o'zgartirib, so'ngra undan tovush chastotali signalni (nutq va muzikani qabul qilishda) yoki telegraf signallarni qabul qilishda o'zgarimas tok impulslarini ajratib olinadi. Qabul qilingan tebranishlarni kuchaytirib, undan uzatilishi lozim bo'lgan signalni ajratish vazifasini bajaradigan qurilmani radio qabul qilish qurilmasi yoki oddiy qilib aytganda, qabulqilgich (priyemnik) deyiladi. Qabul qilgich chiqishidan signallar telefonga, radiokarnayga yoki telegraf apparatiga uzatiladi. Bunday aloqani bir tomonlama aloqa deyiladi (1.2-rasm). Ikki tomonlama aloqadan xar bir punktda uzatgich va qabulqilgich bo'lishi lozim. Radiostansiya – bu radioaloqani amalga oshiradigan radiotexnik apparatlar majmuasidir.

Radioaloqa tizimi – signalni uzatayotganda uni radiosignalga o'zgar-tirish, qabulqilish va qayta eshittirish vazifasini bajaradigan radioaloqa kanallari va vositalari to'plamidir.

1.3. Temir yo‘l transportida asosiy radiovositalarning qo‘llanilishi

Temir yo‘l transportida temir yo‘lda ishlatiladigan texnologik jarayenni boshqarishda, yuk va yo‘lovchilarni tashishni rejalashtirishda xamda tashkil etishda xizmatli radioaloqadan foydalaniladi. Temir yo‘l transportidagi hamma tashkiliy tuzilmalarning tutgan o‘rniga qarab, radioaloqaning hamma zamonaviy vositalarini uchta asosiy guruhga bo‘lish mumkin:

1. Quyi texnologik radioaloqa. Bunga radioaloqaning poyezdli, stansiyali va remont-tezkor ko‘rinishlari kiradi;

2. Yo‘lli radioaloqa. Bu radioreleli liniyalari bazasida amalga oshiriladi;

3. Magistral radioaloqa. Bu qisqa to‘lqin liniyada va yo‘ldoshli aloqada amalga oshiriladi.

Yirik temir yo‘l stansiya va saralash punktlarida vagonlarni saralash va poyezdlarni ulash jarayonlarida qattiq tovushli aloqadan foydalaniladi. Bu tizim stansiyali ikki tomonlama aloqa hisoblanib (*SITA-M*), u stansiya miqyosida bir vaqtda bir nechta abonentlarning gaplashish imkonini beradi.

Saralash stansiyalarida baland tovushli parkli aloqadan (*BTPA*) foydalaniladi.

Bulardan tashqari park navbatchilari, dispetcherlarning saralash parkini, vokzal platformalarida yo‘lovchilarni poyezddan tushish-chiqishlarini keng oraliqda kuzatib turish imkonini beradigan sanoat televideniyesidan ham foydalaniladi.

Tarkibni qiyalikka qo‘yib yuborishda vagonlarni tezligini o‘lchash uchun *RIS-V2* rusumli tezlikni o‘lchaydigan radiolokatsion asbobidan foydalaniladi. Bu o‘lchov asbobining ishlash prinsipi Dopler effektiga asoslangan.

Yo‘lovchilarga madaniy xizmat ko‘rsatishda yo‘lovchi poyezdi brigada a‘zolarining ishini tezkor boshqarishda uzoq masofaga qatnaydigan yo‘lovchi poyezdi radiotranslyatsion tarmoq bilan jihozlanadi. U orqali radioeshittirish, magnit lentalariga yozib olingan turli konsert dasturlari hamda poyezda yurish va yo‘lovchilarga xizmat ko‘rsatish tartib qoidalari xaqida ma‘lumotlar olib boriladi.

Yaqin kelajakda yo‘lovchilarni ATS abonentlari bilan radiokanal orqali bog‘lash, poyezdda televizion kanallarni ko‘rsatib borish masalalari ham ko‘rib chiqilmokda.

Kalit so‘zlar

1. To‘lqin uzunligi λ – muhitda bir T davr mobaynida elektrmagnit maydonning minimal ko‘chish masofasi, bu yerda: **T**-elektromagnit tebranishlar davri.

2. Uzatuvchi (qabul qiluvchi) antenna – elektrmagnit energiyani nurlatadigan (qabul qiladigan) qurilma.

3. Radio – ochiq fazoda tarqaladigan yuqori chastotali elektrmagnit to‘lqinlar yordamida signallarni masofaga simsiz uzatish.

4. Radiouzatgich (uzatgich) – xabarlarni o‘zgarish qonuni bo‘yicha radiochastota tokining biror parametrini boshqarish va генерация jarayoni yuz beradigan qurilma.

5. Radioqabulqilgich (qabulqilgich) – qabul qilinayotgan xabarning o‘zgarish qonuniga mos bo‘lgan radiochastota signalini kuchaytiruvchi va undan quyi chastota tokini ajratib oluvchi qurilma.

6. Radioaloqa – radio orqali xabarlarni uzatish va qabul qilish.

7. Xabar – axborotni tassavur qilish shakli.

8. Elektrmagnit to‘lqinlarning tarqalish tezligi – vakuumda yorug‘lik tezligiga teng bo‘lib, u $S = 299792458 \pm 1,2$ m/s yoki $S \approx 300000$ km/s ni tashkil qiladi. Ihtiyoriy muhitda tarqalish tezligi to‘lqin uzunligiga bog‘liq

bo‘lib, uni $v = \frac{C}{\sqrt{\epsilon\mu}}$ ifoda orqali hisoblash mumkin, bu yerda: ϵ , μ -mos ravishda muxitning dielektrik va magnit singdiruvchanligi.

9. Elektrmagnit maydon – materiyaning alohida ko‘rinishi bo‘lib, unda zaradlangan zarrachalarning o‘zaro bir-biriga ta’siri amalga oshiriladi. U elektr va magnit maydon kuchlanganliklari (yoki induksiyasi) bilan xarakterlanadi.

10. Elektrmagnit to‘lqinlar – fazoda muhit xususiyatiga bog‘liq ma’lum tezlikda tarqaladigan elektromagnit maydon.

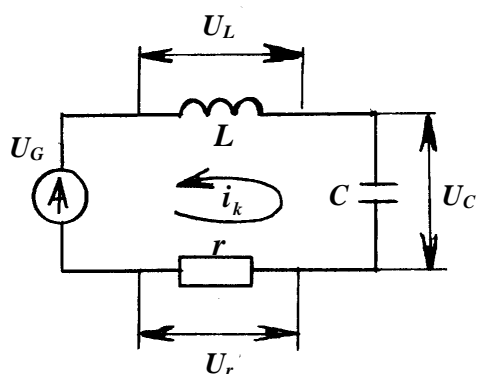
Sinov savollari

1. Elektrmagnit maydonning fizik ma’nosini tushuntiring.
2. Elektrmagnit to‘lqinning fazoda tarqalish tezligi nimaga bog‘liq?
3. Elektrmagnit tebranishlarning to‘lqin uzunligini tariflang.
4. Axborot bilan xabarning farqini tushuntirig?
5. Radioqabulqilgich bilan radiouzatgichning farqini tushuntiring?
6. Temir yo‘l transportida radioaloqadan qanday maqsadlarda foydalaniladi?

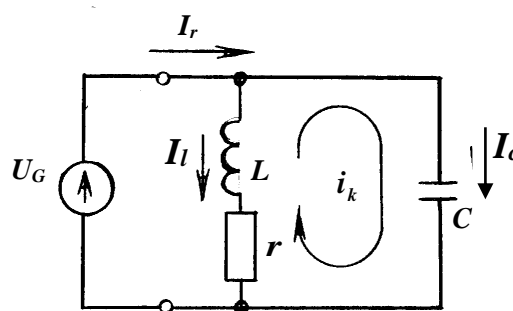
2. RADIOUZATGICH QURILMALAR

2.1. Tebranma tizimlar

Radiouzatgich va radioqabulqilgich qurilmalarning asosiy element-laridan biri tebranma kontur hisoblanib, u C sig' im va L induktiv elementlar ketma-ket ulangan yopiq elektr zanjiridir. Ushbu zanjir induktiv g'altakning faqat simining qarshiligiga teng bo'lgan juda kichik r aktiv qarshilikli zanjir hisoblanadi. O'zgaruvchan kuchlanish (tok) manbaiga ulanish usuliga bog'liq ravishda tebranma konturlar ketma-ket (2.1-rasm) va parallel (2.2-rasm) konturlarga bo'linadi.



2.1-rasm



2.2-rasm

Konturga qisqa birlik impuls U_G ta'sir qilganda (2.3, a-rasm), $\tau = t_1 - t_2$ vaqt davomida S sig' im zaradlanadi va tok o'zining I_m maksimal qiymatiga erishadi (2.3, b-rasm). Impuls tugagandan so'ng, $t > t_2$ vaqtda kondensatorning elektr maydoni va induktiv g'altakning magnet maydonlari energiyalarining taqsimlanishi hisobiga va

$$r = \sqrt{L/C}$$

shart bajarilganda, konturda

$$i_k = I_m e^{at} \sin(\omega_0 t + \varphi), \quad (2.1)$$

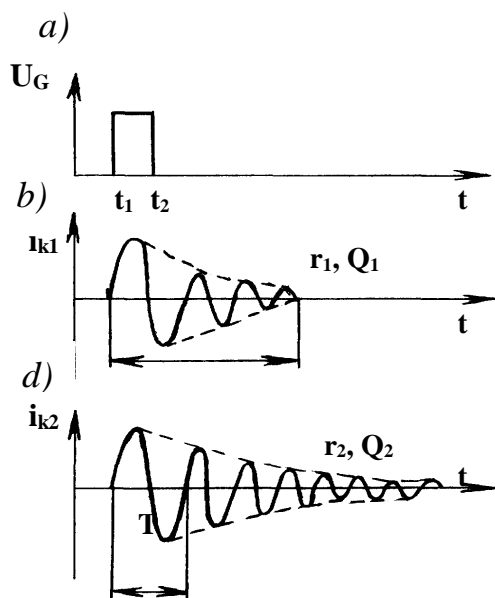
qonun bo'yicha o'zgaradigan xususiy so'nuvchi tebranishlar vujudga keladi (2.3, b-rasm).

Bu yerda:

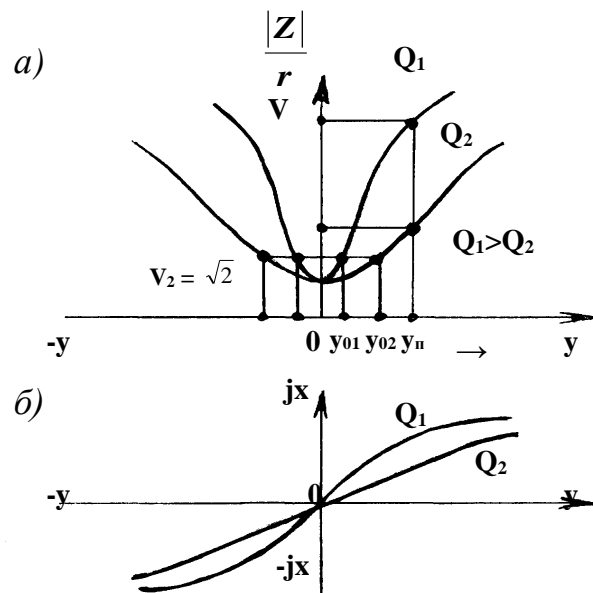
$$a = \frac{r}{2L} = \frac{\omega_0}{2Q} - \text{so'nish koeffitsiyenti};$$

$$Q = \frac{\omega_0 L}{r} - \text{kontur sahiyligi};$$

$\omega = 1/\sqrt{LC}$ – konturning xususiy tebranishlari chastotasi;
 φ – tebranishning boshlang'ich fazasi.



2.3-rasm



2.4-rasm

Isrof qarshilik qanchalik kichik bo'lsa $r_2 < r_1$, konturning sahiyligi shunchalik katta bo'lib ($Q_2 > Q_1$), konturdagi tebranma jarayon shunchalik uzoq bo'ladi (2.3, d-rasm). Konturning L va C parametrlarga bog'liq chastotali o'zgaruvchan tokni xosil qilish xususiyatidan, radiochastota tebranishini ishlab chiqaradigan generatorlarda foydalaniladi. Bunday generatorlarda konturning aktiv isroflari aktiv element yordamida kompensatsiya qilinadi, natijada quyidagi

$$i_k = I_m \cdot \sin(\omega_0 \cdot t + \varphi) \quad (2.2)$$

o'zgarimas amplitudali tebranma jarayonni olish imkoni tug'iladi.

Radiotexnikaning ko'pgina elementlarida tebranma kontur radiochastotali o'zgaruvchan kuchlanish va tok ta'sirida bo'ladi, shuning uchun ushbu tebranma kontur qarshilik xarakterida bo'lib, uning qiymati (moduli) va xarakteri xususiy ω_0 va tashqi chastota ω munosabatlariga bog'liq bo'ladi.

2. 2. Ketma-ket ulangan tebranma kontur

Ketma-ket rusumli tebranma kontur (1-rasm) tok uchun

$$Z = r + j\omega L + (j\omega C)^{-1} \quad (2.3)$$

qarshilikka ega bo'ladi.

Faraz qilaylik, ω chastota ω_0 chastotadan $\Delta\omega$ ga farq qilsin. U holda

$$\omega = \omega_0 \pm \Delta\omega; \quad \Delta\omega/\omega \ll 1$$

bo'lib, qarshilik esa

$$Z = r + j\omega_0 L \left[1 + \frac{\Delta\omega}{\omega_0} - \frac{1}{1 \pm \frac{\Delta\omega}{\omega_0}} \right]. \quad (2.4)$$

ifoda orqali yoziladi.

Ifodadagi $(\Delta\omega/\omega_0) \ll 1$ bo'lgani sababli, $1/\left(1 \pm \frac{\Delta\omega}{\omega_0}\right) \approx \frac{\Delta\omega}{\omega_0} \pm \frac{\Delta\omega}{\omega_0}$ yozsa bo'ladi. U holda yuqoridagilarni hisobga olganda, konturning qarshiligini

$$Z = r \left[1 \pm j \left(\frac{\omega_0 L}{r} \right) \frac{2\Delta\omega}{\omega_0} \right]. \quad (2.5)$$

ifoda orqali ham aniqlash mumkin.

Quyidagi belgilashlarni kiritamiz:

$$\frac{\omega_0 L}{r} = Q \text{ – kontur sahiyligi;}$$

$$\frac{2\Delta\omega}{\omega_0} = y \text{ – nisbiy rasstroyka.}$$

U xolda (2.5) ifoda quyidagi ko'rinishni oladi:

$$Z = r(1 \pm jQy); \quad \frac{|Z|}{r} = \sqrt{1 + (Qy)^2}; \quad x = j\omega_0 Ly.$$

Yuqoridagi ifodalarning y rasstroykaga bog'liqlik grafigi 2.4-rasmda tasvirlangan. $\omega = \omega_0$ va $y = 0$ da konturda rezonans xodisasi yuz berib, quyidagi tenglik o'rinli bo'ladi

$$j\omega L + \frac{1}{j\omega C} = 0.$$

Bunda konturning qarshiligi aktiv va minimal bo‘ladi ($x = 0, Z_p = r$). Tashqi manbaning chastotasini $\omega_0 (\omega \neq \omega_0, y \neq 0)$ rezonans chastotadan og‘ishi to‘liq qarshilik moduli $|Z|$ va mos ravishda rasstroyka y hamda konturning sahiyligi ($Q_1 > Q_2$) ning oshishiga olib keladi. $\omega > \omega_0, y > 0$ da konturning qarshiligi induktiv xarakterda, $\omega < \omega_0, y < 0$ da esa mos ravishda sig‘imiy xarakterda bo‘ladi (2.4, b-rasm).

$|Z| = f(y)$ bog‘lanish rezonans konturning chastota xarakteristikasi deb yuritilib, u konturning tanlovchanligini (selektiv) baholash imkonini beradi. Faraz qilaylik, konturda ikkita tok oqayotgan bo‘lsin. Ulardan biri ω_s chastotali i_c foydali signal hisoblansin, ikkinchisi esa mos ravishda ω_x chastotali xalaqit i_x toki bo‘lsin. Agar kontur ($\omega_0 = \omega_s$) signal chastotasiga sozlangan bo‘lsa, u holda i_c tokka kontur $Z_c = r$ qarshilik ko‘rsatadi. Bunda $\omega_s \neq \omega_x$ bo‘lib, kontur i_x tok uchun sozlanmagan hisoblanadi, ya’ni:

$$|\omega_s - \omega_x| = |\omega_0 - \omega_x| = \Delta\omega_x, (2 \Delta\omega_x / \omega_0) = y_x.$$

Va $|Z_x| > Z_c$ qarshilikka ega bo‘ladi. U holda $V = |Z_x| / Z_c$ munosabat (2.5) ifodani hisobga olganda quyidagi ko‘rinishni oladi, ya’ni:

$$V = \frac{|Z_n|}{r} = \sqrt{1 + (Qy)^2}. \quad (2.6)$$

(2.6) ifoda konturning tanlovchanligini miqdoriy xarakterlaydi.

Konturning qarshiligi amalda o‘zgarmas qoladigan $(|Z|/r) \leq \sqrt{2}$ chastotaning $\Delta\omega_0$ oralig‘i konturning o‘tkazish oralig‘i deyiladi. O‘tkazish oralig‘i chegarasini belgilaydigan nisbiy chastota y_0 , quyidagi munosabatdan aniqlanadi:

$$\frac{|Z|}{r} = \sqrt{1 + (Qy)^2} = \sqrt{2};$$

Qoida bo‘yicha:

$$y_0 = \frac{2\Delta\omega}{\omega_0} = \frac{1}{Q}, \quad \text{undan} \quad \Delta\omega = \frac{\omega_0}{2Q}. \quad (2.7)$$

Konturga spektr kengligi $\Delta\omega_0$ bo‘lgan ko‘pchastotali signal qo‘yilganda $\Delta\omega_s \leq \Delta\omega_0$ shartning bajarilishi talab qilinadi. Aks holda signalda chastota buzilish-

lar paydo boʻladi. (2.6), (2.7) ifodalar va (2.4-rasm) grafiklardan koʻrinib turibdiki, kontur sahiyligi Q qancha katta boʻlsa (2.4, a -rasmga qarang, $Q_1 > Q_2$), tanlovchanligi shunchalik katta ($V_1 > V_2$) boʻlib, oʻtkazish oraligʻi esa mos ravishda ($y_{01} < y_{02}$, $\Delta\omega_{01} < \Delta\omega_{02}$) kichik boʻladi.

Koʻrsatilgan qarama-qarshi fikr radioqabulqilgichlarda radiochastota signali kuchaytirgichlarini qurishda birmuncha qiyinchilik tugʻdiradi.

Konturda rezonans holati ($\omega_s = \omega_0$) yuz berganda

$$\frac{U_L}{U_r} \cong j\omega_0 \frac{L}{r} = jQ. \quad (2.8)$$

munosobat oʻrinli boʻladi.

Shu bilan birga chiqish zanjirini induktiv (sigʻimiy) shohobchaga ulab,

$$U_{chik} = U_L \gg U_{kir} = U_r$$

ni olamiz. Bu esa oʻz navbatida ketma-ket ulangan rezonans konturning kuchlanish boʻyicha kuchaytirgichga ekvivalent boʻlishligidan dalolat beradi.

2.3. Parallel tebranma kontur

Parallel ulangan zanjirning (2.2-rasm) ω chastotali tok uchun qarshiligi

$$Z = \frac{r + i\omega L}{\left[r + i\omega L + \frac{1}{i\omega C} \right]}. \quad (2.9)$$

ifoda orqali yoziladi.

$Q \gg 1$ da chastota rezonans chastotaga yaqin boʻlganda r isrof qarshilik reaktiv qarshilikka nisbatan kichik boʻladi. U holda kasrning surati tahminan (L/C) munosobatga, maxraji esa (2.3) ifoda orqali aniqlanadigan ketma-ket rusumli zanjir qarshiligining aynan oʻzi boʻladi.

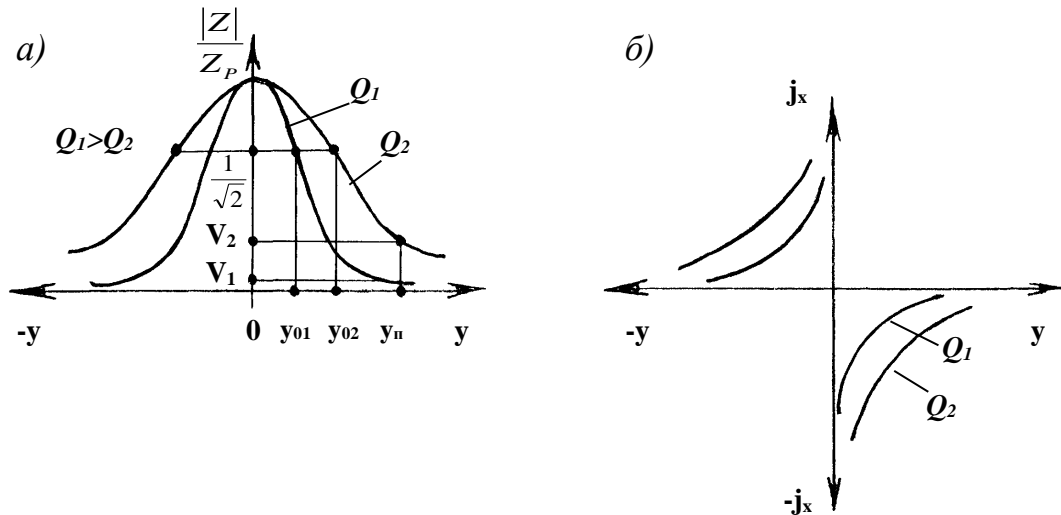
Unda yuqoridagilarni hisobga olib, (2.9) ifodani quyidagicha yozsak boʻladi, yaʼni:

$$|Z| = \frac{L}{C_r} \frac{1}{(1 + jQy)}; \quad |Z| = \frac{L}{C_r \sqrt{1 + (Qy)^2}}; \quad x = \frac{1}{j\omega_0 C y}. \quad (2.10)$$

Rezonansga sozlangan kontur ($\omega = \omega_0, y = 0$), maksimal aktiv qarshilikka ega:

$$Z_P = \frac{L}{C_r}. \quad (2.11)$$

Kontur rasstroykasi ($\omega \neq \omega_0, y \neq 0$) Z ning kamayishiga (2.5, a- rasm) va uning reaktivlik xarakterini o'zgarishiga olib keladi. Ya'ni: $\omega < \omega_0, y < 0$, $x > 0$, $\omega > \omega_0, y > 0, x > 0$ (2.5, b-rasm).



2.5-rasm

Bunday holatda konturning tanlovchanligi

$$V = \frac{|Z_p|}{Z_r} = \frac{1}{\sqrt{1 + (Qy_0)^2}},$$

ga teng bo'lib, $\frac{|Z|}{Z_r} = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0,707$ oraliqda, chastota o'tkazish oralig'i (2.7) ifoda-

ga muvofiq, $\Delta\omega_0 = \frac{\omega_0}{2Q}$ munosabat orqali aniqlanadi.

Rezonans holatda konturning umumiy shohobchasidagi (2.2-rasm) tokning amplitudasi $I_1 = \frac{U_G}{Z_r}$ ga teng bo'ladi. Shohobchalardagi toklar amplitudalari esa mos ravishda

$$I_L = \frac{U_r}{(j\omega L + r)} \approx \frac{U_r}{j\omega_0 L}; \quad I_c = \frac{U_r}{j\omega_0 C}$$

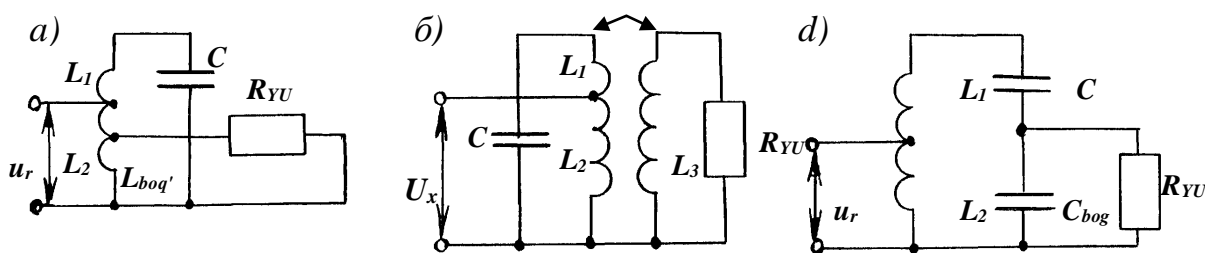
ifodalar orqali aniqlanadi. Bundan $\frac{I_L}{I_c} = -1$, $\frac{I_c}{I_1} \cong \frac{j\omega_0 L}{r} = jQ$ ekanligi ravshan bo'ladi.

Parallel rusumli rezonans konturlar o'zgaruvchan kuchlanish manbaini ulash usullariga bog'liq ravishda birinchi (2.6, *a*-rasm), ikkinchi (2.6, *b*-rasm) va uchinchi (2.6, *d*-rasm) ko'rinishli konturlarga bo'linadi.

Ularning toklar rezonansi holatidagi ekvivalent qarshiliklari quyidagi ifodalar orqali aniqlanadi:

$$Z_{RI} = \frac{L}{C_r}; \quad Z_{RII} = P^2_1 Z_{RI}; \quad Z_{RIII} = P^2_2 Z_{RI}.$$

Bu yerda: $P_1 = L_1/L_2$, $P_2 = C/C_1$ – manbaning ulanish koeffitsiyentlari. Bunda $P_1 \leq 1$, $P_2 \leq 1$ bo'lgani uchun, $Z_{RII} \leq Z_{RI}$, $Z_{RIII} \leq Z_{RI}$ bo'ladi.



2.6-rasm

Yuqoridagi sxemalarda amalda, avtotransformatorli (2.6, *a*-rasm), transformatorli (2.6, *b*-rasm) va sig'imli (2.6, *d*-rasm) kabi uchta xil bog'lanishli sxemalardan foydalaniladi.

Bunda konturning aktiv qarshiligi oshadi, ya'ni: $r_k = r + r_{ich}$. Bu yerda: $r_k = x^2_{bog}/R_{YU}$ – kiritilgan qarshilik bo'lib, yuqoridagi uchta kontur uchun (2.6-rasm) uning kattaligi mos ravishda quyidagi ifodalar orqali aniqlanadi:

$$r_k = \frac{(\omega_0 L_{bog})^2}{R_{YU}}; \quad r_k = \frac{(\omega_0 M)^2}{R_{YU}}; \quad r_k = \frac{1}{(\omega_0 \tilde{N}_{bog})^2 R_{YU}}, \quad (2.12)$$

Sxemalarga yuklama qarshilikni ulash konturdagi isrofnı ko'paytiradi, shu bilan birga uning tanlovchanligini kamaytiradi va o'tkazish oralig'i $\Delta\omega_0$ ni oshiradi.

Konturning tanlovchanligini oshirish maqsadida uni ikki yoki undan ortiq o‘zaro bog‘langan konturlardan iborat sxemalardan foydalaniladi. Bulardan tashqari ishlash prinsipi mexanik va pyezoelektrik effektlarga asoslangan elektromexanik va kvarsli tebranma tizimlardan ham filtrlarni kurishda keng foydalaniladi.

Radioaloqaning ultra va o‘ta yuqori chastota apparaturalarida parametrlari bir nuqtaga to‘plangan tebranma tizimlar o‘rniga ikki simli va koaksial liniya bo‘lagidan tashkil topgan tarqalgan parametrli tebranma tizimlardan xamda koaksial va hajmli rezonatorlardan ham foydalaniladi.

Kalit so‘zlar

1. Kiritilgan qarshilik (vnosimoye soprotivleniye) – parallel rusumli tebranma konturning yuklama qarshilik bilan bog‘lanishi hisobiga o‘zgargan isrof qarshiligi bo‘lib, ushbu bog‘lanishlar avtotransformatorli, transformatorli va sig‘miy bo‘lishi mumkin.

2. Kontur saxiyliigi – tebranma konturning rezonans xususiyatini xarakterlovchi kattalik bo‘lib, u rezonans vaqtida erkin tebranishlar amplitudasini majburiy tebranishlar amplitudasidan necha karra oshib ketishini ko‘rsatadi.

3. Konturning tanlovchanligi – tebranma konturning o‘tkazish oralig‘i bo‘lib, u ketma-ket kontur uchun 1,41, parallel kontur uchun esa 0,707 sathlarni tashkil qiladi.

4. Tebranma kontur – induktiv va sig‘im elementlar o‘zaro ketma-ket ulangan berk elektr zanjiri hisoblanib, u o‘zgaruvchan tok manbaining ulanish usuliga ko‘ra mos ravishda ketma-ket va parallel rusumli konturlarga bo‘linadi.

5. O‘tkazish oralig‘i – chastota oralig‘i bo‘lib, unda konturning qarshiligi amalda o‘zgarmay qoladi.

6. Xususiy tebranishlar chastotasi – qisqa vaqtli impulsli ta’sir tugagandan so‘ng sig‘imning elektr va induktivlikning magnit maydon energiyalarining o‘zaro taqsimlanishi.

Sinov savollari

1. Tebranma kontur va tebranma tizimlarning aniq tushunchasini bering hamda ularning farqini tushuntiring?

2. Kuchlanish va tok rezonanslari tushunchalarining fizik ma’nosini tushuntiring?

3. Tebranma konturning saxiyliigi tushunchasining fizik ma’nosi?

4. Tebranma konturning tanlovchanligi uning saxiyliigi bilan qanday bog‘langan?

5. Parallel rusumli tebranma konturga yuklamani ulash usullarini ayting?

6. Parallel tebranma konturning kiritiladigan qarshiligi, yuklama ulanganda nimaga bog‘liq?

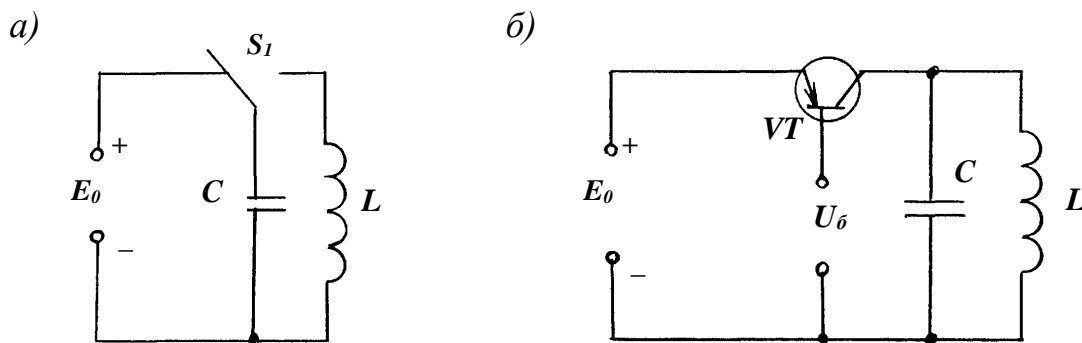
3. RADIOCHASTOTA TEBRANISHLARINI ISHLAB CHIQRISH

3.1. Avtogeneratorlar

Radiochastota tebranishlarini olish vazifasini bajaradigan elektron qurilmaga avtogenerator deyiladi. Undagi tebranma kontur chastotani belgilaydigan asosiy element hisoblanadi.

Agarda konturning aktiv isrofi davriy ravishda qo‘shimcha e.y.u.k manbai bilan kompensatsiya qilinib turilsa, tebranma kontur so‘nmas radiochastota tebranishlari manbai bo‘lishi mumkin. Masalan, sxemasi 3.1, *a*-rasmدا tasvirlangan konturni ω_0 chastota bilan o‘zgaras kuchlanish manbaiga ulab-uzib turilishi mumkin.

Mexanik kalit o‘rnida bazasiga U_b boshqaruv (uyg‘otuvchi) kuchlanishi berib turiladigan inersiyasiz *VT* tranzistordan foydalanish ham mumkin (3.1, *b*-rasm).



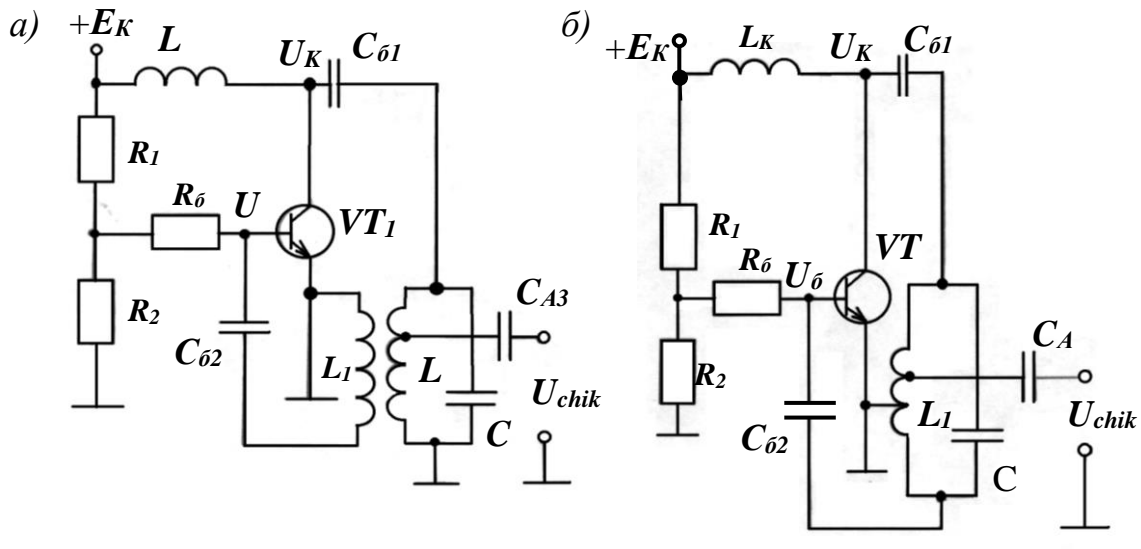
3.1-rasm

Agar U_b boshqaruv kuchlanishini konturning o‘zidan olinsa (3.1, *b*-rasm) va uni teskari bog‘lanish zanjiri orqali tranzistorning bazasiga berilsa, u holda o‘z-o‘zidan uyg‘onuvchi hamda ma‘lum shartlar bajarilganda so‘nmas radiochastota tebranishlarini ishlab chiqaradigan generator hosil bo‘ladi. Agar U_b boshqaruv kuchlanishi tashqi manbadan berilsa, bunday generatorni tashqaridan uyg‘onuvchi generator deyiladi.

Radiochastota tebranishlari manbai hisoblangan o‘z-o‘zidan uyg‘onuvchi generator (avtogenerator) tebranma kontur, manba zanjirli va teskari bog‘lanish zanjirli tranzistordan iborat asosiy elementlardan quriladi. 3.2,*a*-rasmدا transformatorli teskari bog‘lanishli o‘zi uyg‘onadigan generatorning prinsipial sxemasi tasvirlangan, unda teskari bog‘lanish L_1 g‘altakdan olingan.

O‘zgaras kuchlanish manbai $+E_{ek}$ ni ulaganda o‘tkinchi jarayon vujudga kelib, bunda C_1 kondensator zararlana boshlaydi va konturda tebranma jarayon vujudga keladi. Oddiy konturda bu jarayon so‘ngan bo‘lur edi (2.3-rasm). Berilgan sxemada L induktivlikdan oqayotgan o‘zgaruvchan tok teskari bog‘lanish zanjiridagi L_1 chulg‘amda e.y.u.k. ni induktirlaydi.

Natijada VT tranzistorning bazasida o'zgaruvchan kuchlanish hosil bo'ladi va u kollektor



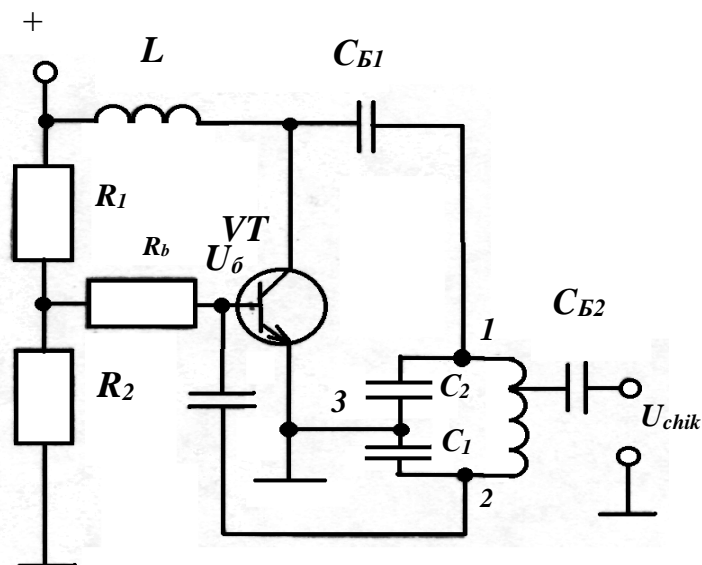
3.2-rasm

zanjirida o'zgaruvchan tokni vujudga keltiradi. Bu kollektor toki kontur orqali o'tib, unda ikkilamchi tokni hosil qiladi. Agar bu tokning amplitudasi yetarli va fazasi birlamchi tok bilan bir xil bo'lsa, u holda yig'indi tok amplituda bo'yicha o'sib ketadi. Natijada, konturda so'nuvchi tebranishlar o'rniga amplitudasi oshib boradigan so'nmas tebranishlar vujudga keladi. Tranzistor xarakteristikasining egriligi tufayli amplitudaning cheksiz o'sishi chegaralanadi. Shunday qilib, qurilmaning chiqishida chastotasi tebranma kontur elementlari bilan aniqlanadigan o'zgarmas chastotali va ma'lum amplitudali tebranishlar hosil bo'ladi.

3.2, b va 3.3 - rasmlarda avtotransformatorli va sig'imli teskari bog'lanishli o'z-o'zidan uyg'onadigan generatorning variantlari tasvirlangan. Ularning ishlash prinsipi oldingi sxemaning ishlash prinsipiga o'xshash bo'ladi.

i_1 va i_2 kontur toklar o'zaro sinfazada bo'lishi uchun U_6 va U_k kuchlanishlar orasidagi fazaning 180° bo'lishligini ta'minlash kerak bo'ladi. Bu esa o'z-o'zidan uyg'otishning birinchi shartidir.

i_2 tokning amplitudasi yetarli darajada katta bo'lishi uchun isrofnii kompensatsiyalash kerak bo'lib, uni teskari bog'lanish ko'effitsiyentini o'z-o'zidan uyg'otishning ikkinchi sharti hisoblangan $K_{t.b.} = \frac{U_b}{U_k} \geq (I/Y_{2I} \cdot Z_R)$ shartidan tanlanadi. Avtogeneratorlar sxemasi quyidagi qo'shimcha elementlardan tashkil topgan: L_K – kollektor zanjiridagi induktivlik bo'lib, u E_K manba orqali kollektor zanjiridagi radiochastota tokini o'tishiga yo'l qo'ymaydi (buning



3.3-rasm

uchun uning qarshiligi $\omega_0 L_{\hat{E}} \geq 10Z_R$ juda katta); $\tilde{N}_{\delta 1}$ – to‘siq kondensator hisoblanib, u konturning L induktivligi orqali E_K manbaning qisqa tutashuvligini va VT tranzistor bazasiga E_K manba kuchlanishini tushishini bartaraf qilish vazifasini bajaradi; $C_{\delta 2}$ – to‘siq kondensator bo‘lib, u teskari bog‘lanish zanjiri orqali o‘tadigan o‘zgaras tokni baza zanjiri bilan qisqa tutashuvini bartaraf qilish vazifasini bajaradi [uning qarshiligi $(1/\omega_0 C_{\delta 2}) \leq (Z_R/10)$ ga teng]; C_A – ajratuvchi kondensator bo‘lib, u o‘zgaras tok bo‘yicha sxemani keyingi kaskadlarda uyg‘onadigan kuchlanishdan ajratadi.

3.2. Chastota ko‘paytirgichlar

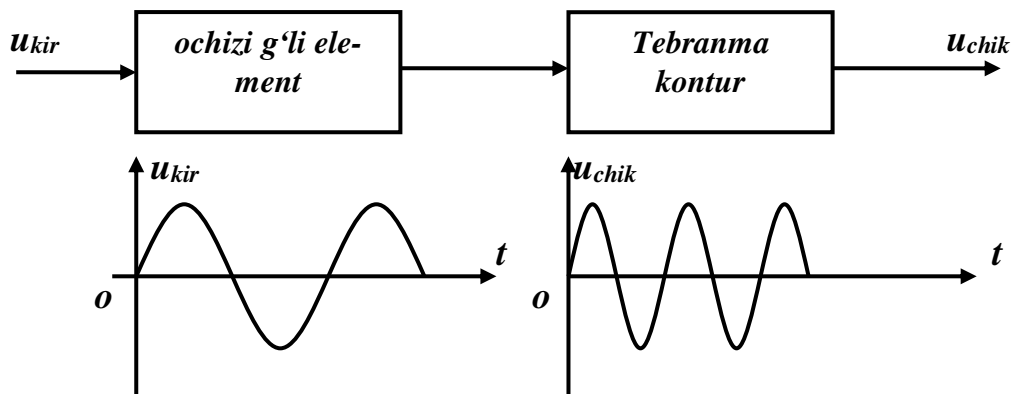
Chastota kupaytirgichlar tebranish chastotasini butun son marta ko‘paytirish vazifasini bajaradi. Chastotani ko‘paytirish amalini quyidagi ko‘rinishda yozish mumkin.

$$U_{kir} = U_1 \cos \omega t \rightarrow u_{chik} = U_2 \cos n \omega t.$$

Bu yerda: $n = 1, 2, 3 \dots$ – ko‘paytirish koeffitsiyenti. Chastotani ko‘paytirish maqsadida nochiziqli yoki parametrik elementlardan foydalaniladi. Ularda kosinusoidal kuchlanishda tokining spektrida karra chastotali cheksiz garmonikalar vujudga keladi.

Cheksiz spektrlar orasidan kerakli spektrli garmonikani ajratib olish uchun chastotasi shu chastotaga sozlangan tebranma kontur yoki filtdan foydalaniladi. Shunday qilib chastota ko‘paytirgich nochiziqli parametrik element va tebranma konturdan tarkib topgan bo‘lar ekan (3.4-rasm).

Parametrik elementlarda qurilgan chastota ko'paytirgichlar varaktorli kupaytirgichlar sinfiga mansub. Nochiziqli elementlarda qurilgan kupaytirgichlarni garmonik ko'paytirgichlar deyiladi. Odatda ular tashqi uyg'otishli generatorlarda quriladi. Chastota uchlantirgichning ishlash prinsipi 3.5-rasmda tasvirlangan vaqtli diagrammada ko'rsatilgan.



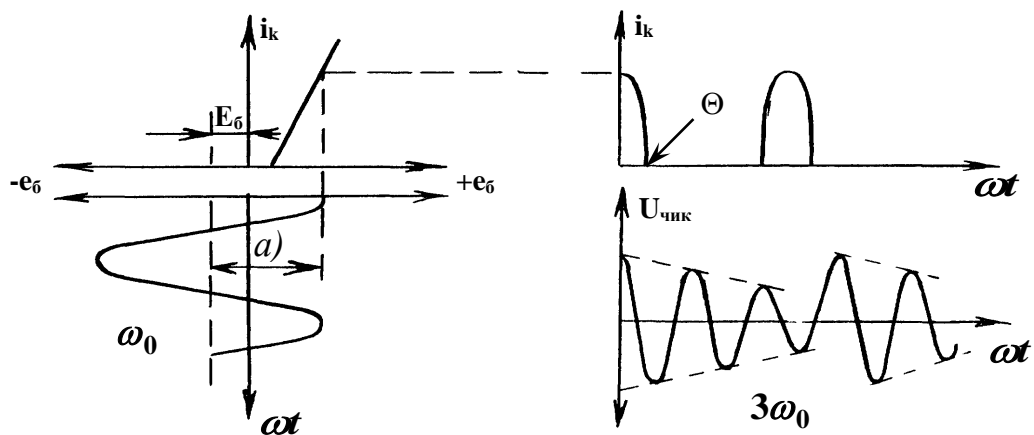
3.4-rasm

i_k tokning n -garmonika amplitudasi $i_k = f(e_\delta)$ xarakteristikani bo'lakchiziqli approksimatsiyalaganda, I_{mk} impuls amplitudasi bilan $I_{nk} = I_{mk} \alpha_n(\Theta)$ munosabat orqali bog'langan bo'lsin, bu yerda: $\alpha_n(\Theta)$ – $n = 2, 3, \dots$ uchun kesilish burchagi funksiyasi (3.6-rasm). Xar bir n uchun Θ_{opt} optimal kesilish burchagi mavjud bo'lib, uni tanlashda $\alpha_n(\Theta)$ funksiya, undan kelib chiqadigan I_{nk} va $U_{\bar{n}hik} = U_k$ lar maksimal bo'ladi.

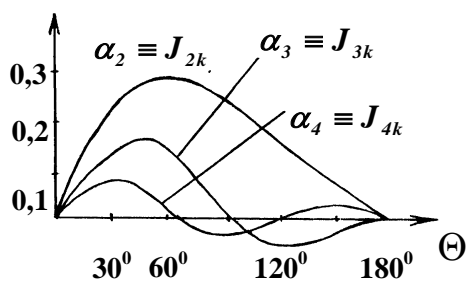
Θ_{opt} ning qiymati $\Theta_{opt} = 120^\circ/n$ ifoda orqali aniqlanib, unda chastota ikkilantirgich uchun ($n = 2$), chastota uchlantirgich uchun ($n = 3$) Θ_{opt} ning qiymati mos ravishda 60° va 40° ga teng bo'ladi. Θ_{opt} burchakning o'zi esa E_δ va U_δ larni tanlash orqali amalga oshiriladi. Ma'lumki, yuqori garmonikalar ko'payishi bilan, ularning amplitudalari tez kamayib boradi, shuning uchun amalda chastotani ikkilantirgich va uchlantirgichlardangina foydalaniladi.

Chastotani yanada ham ko'paytirish ($n > 3$) uchun, chastota ikkilantirgich va uchlantirgichlarni o'zaro ketma-ket ulash kerak bo'ladi. Misol tariqasida 3.7-rasmda mikrosxemali differensial kuchaytirgichda qurilgan chastota ko'paytirgichning sxemasi keltirilgan.

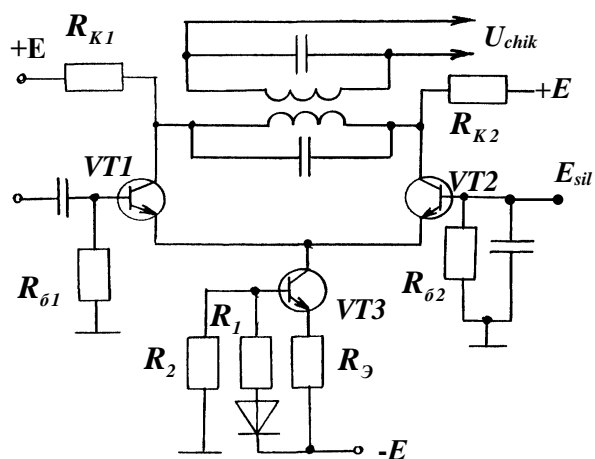
Bunda nochiziqli ish rejimi tranzistorning siljish kuchlanishini tanlash orqali o'rnatilib, kerakli tok garmonikasini ajratib olish esa, VTI tranzistor-



3.5-rasm



3.6-rasm



3.7-rasm

ning kollektor zanjiriga ulangan ikki konturli filtr orqali amalga oshiriladi.

Kalit soʻzlar

1. Avtogenerator – oʻz-oʻzidan uygʻonadigan generator hisoblanib, u musbat teskari bogʻlanish zanjiri orqali qurilma chiqishidagi oʻzgaruvchan kuchlanishning bir qismini qurilma kirishiga uzatib, soʻnmas elektr tebranishlarni ishlab chiqaradi.

2. Teskari bogʻlanish – kuchaytirgichning chiqishidan oʻzgaruvchan kuchlanishning bir qismini kirishiga uzatish usuli.

3. Manfiy teskari bogʻlanish – chiqishdan kirishga uzatilayotgan kuchlanishning fazasini teskari fazaga aylantirib berish vazifasini bajaradi. Undan kuchaytirishni sozlash avtomatik qurilmalarda foydalaniladi.

4. Musbat teskari bogʻlanish - uzatilayotgan kuchlanishning fazasini kirishdagi kuchlanish fazasi bilan moslashtiruvchi teskari bogʻlanish hisoblanib, undan avtogeneratorlarda foydalaniladi.

5. Radiotoʻlqinlar - chastotasi **6000 GGs** (toʻlqin uzunligi **100 mkm** dan ortiq) dan kichik boʻlgan elektrmagnit toʻlqinlar hisoblanib, ular oʻta uzun ($\lambda > 10 \text{ km}$), uzun (**10 – 1 km**), oʻrta (**1000 – 100 m**), qisqa (**100 – 10 m**) va ultra qisqa ($\lambda < 10 \text{ m}$) toʻlqinlarga boʻlinadi. **UQT** oʻz navbatida metrli, detsimetrli, santimetrli, millimetrli va submillimetrlilarga boʻlinadi.

6. Radiochastota – radiotoʻlqinlarga mos elektr tebranishlar chastotasi.

7. Tebranishning statsionar rejimi – vaqtga bogʻliq boʻlmagan tebranish rejimi.

8. Chastota ikkilantirgich va uchlantirgich – mos ravishda chastotani ikki va uch marta kupaytirgichlar.

9. Chastota kupaytirgichlar – kirishiga berilgan elektromagnit tebranishlar chastotasini chiqishda butun son marta koʻpaytirib beradigan elektron qurilma hisoblanib, ulardan radiouzatgich, radiolokatsion, oʻlchash va boshqa qurilmalarda bir maromdagi tebranishlar chastotasini koʻpaytirishda foydalaniladi.

Sinov savollari

1. Avtogeneratorning sxemasini chizing va undagi elementlarning vazifasini ayting?

2. Avtogeneratorning statsionar rejimiga tushuncha bering?

3. Qanday usulda parallel konturdan musbat teskari bogʻlanish zanjirini hosil qilish mumkin?

4. Radiochastotani kupaytirich kurilmasining ishlashini tushuntiring?

5. Chastota ikkilantirgich va uchlantirgichlarning tebranma konturlari qaysi chastotaga sozlanadi?

6. Chastota koʻpaytirgichdagi nochiziqli elementning vazifasini tushuntiring?

7. Avtogeneratorlarda amplitudalar balansi qanday usulda amalga oshiriladi?

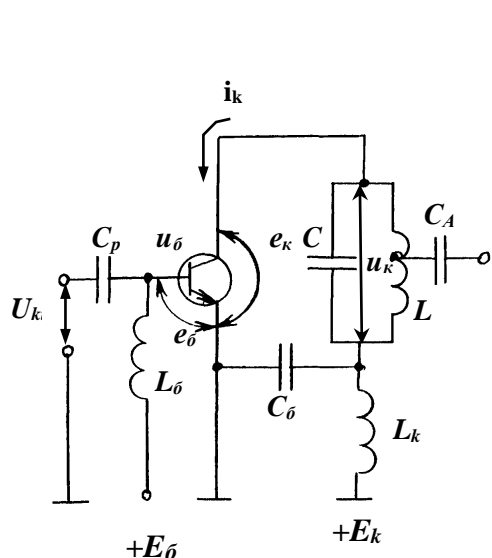
8. Avtogeneratorlarda amplitudalar balansiga erishilmasa nima boʻladi?

9. Chastota koʻpaytirgichlarda nochiziqli element sifatida qanday yarim oʻtkazgichli elementlardan foydalaniladi?

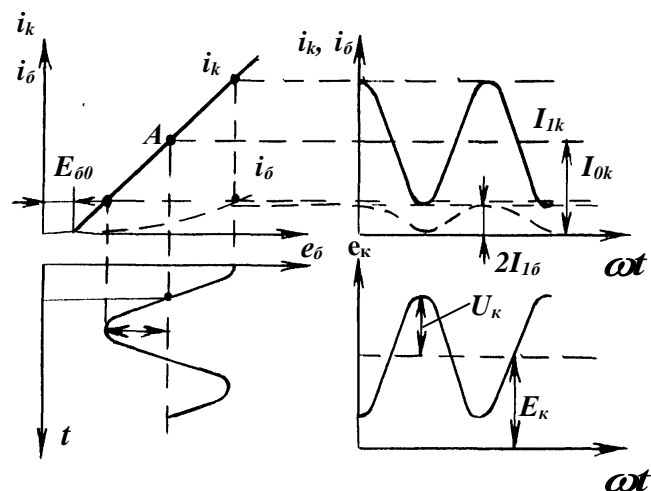
4. TASHQI UYG‘OTISHLI GENERATOR

4.1. Tashqi uyg‘otishli generatorning sxemasi

Tashqi uyg‘otishli generator radiochastota tebranishlarini kuchlanish va quvvat bo‘yicha kuchaytirish vazifasini bajaradi. Bunda u o‘zgarmas tok manbai quvvatidan foydalanadi (4.1-rasm).



4.1-rasm



4.2-rasm

VT tranzistorning bazasiga quyidagi ikkita kuchlanish beriladi:

$$e_{\delta} = E_{\delta} + u_{\delta} = E_{\delta} + U_{\delta} \cos \omega t, \quad (4.1)$$

bu yerda: E_{δ} – siljish kuchlanishi (o‘zgarmas kuchlanish);

u_{δ} – tashqi radiochastota generatoridan beriladigan U_{δ} amplitudali uyg‘otuvchi kuchlanish.

Kollektor zanjirida E_{δ} va u_{δ} kuchlanishlar munosabatiga bog‘liq bo‘lgan i_k kollektor toki oqadi.

Kollektor tokining shaklini tahlil qilishda tranzistorning o‘tish xarakteristikasidagi ishchi nuqtada $\Delta i_k / \Delta e_{\delta} = Y_{21}$ qiyalikda va boshlanishi $e_{\delta} = E_{\delta 0}$ nuqtada bo‘lgan (U_{δ} katta amplitudali tebranishda) to‘g‘ri chiziq yordamida ap-proksimatsiyalash lozim bo‘ladi:

$$i_k = Y_{21}(e_{\delta} - E_{\delta 0}). \quad (4.2)$$

Kollektor tokining shakliga bog‘liq ravishda generator ikki rejimda ishlashi mumkin: birinchi turli tebranish rejimi (tokning shakli kesilmasdan) va ikkinchi turli tebranish rejimi (tokning shakli kesilib).

4.2. Birinchi turli tebranish rejimi

Birinchi turli tebranish rejimida (chiziqli rejim) E_{δ} siljish kuchla-nishi shunday tanlanadiki, xarakteristikadagi A ishchi nuqta $i_k = f(e_{\delta})$ xarakteristikaning o'rtasida joylashsin va uyg'otish kuchlanishning amplitudasi nisbatan kichik bo'lsin. Bunday holatda kollektor toki kosinusoidal shaklda uzluksiz oqib, uyg'otish kuchlanishining shaklida bo'ladi va uning tarkibida I_{0K} o'zgarmas hamda o'zgaruvchan tashkil etuvchilar bo'ladi (4.2-rasm). Ya'ni:

$$i_k = I_{0K} + I_{1K} \cos \omega_0 t.$$

(4.1) ifodani (4.2) ga qo'ysak, quyidagini olamiz:

$$\begin{aligned} i_k &= Y_{21}(e_{\dot{a}} - E_{\dot{a}\dot{a}}) = Y_{21}(E_{\dot{a}} + U_{\dot{a}} \cos \omega_0 t - E_{\dot{a}\dot{a}}) = \\ &= Y_{21}(E_{\dot{a}} - E_{\dot{a}\dot{a}}) + Y_{21}U_{\dot{a}} \cos \omega_0 t. \end{aligned}$$

Bunda $I_{0K} = Y_{21}(E_{\delta} - E_{\delta o})$, $I_{1K} = Y_{21}U_{\delta}$ ga teng.

Kollektor zanjiriga LC parallel tebranma kontur ulangan bo'lib, uning $\omega_k = 1/\sqrt{LC}$ xususiy chastotasi ω_0 bilan mos bo'lsin. U xolda kontur kollektor tokining i_k o'zgaruvchan tashkil etuvchisiga $Z_R = \frac{L}{Cr}$ maksimum qarshilik ko'rsatadi va nisbatan katta $U_{\dot{E}} = I_{\dot{E}} Z_R$ amplitudali kuchlanish C_A kondensator orqali tashqi zanjirga beriladi.

Kollektordagi kuchlanishning oniy qiymati

$$e_k = E_k - U_k \cos \omega_0 t = E_k - I_k Z_p \cos \omega_0 t.$$

ko'rinishida bo'ladi.

Z_R katta rezonans qarshilik kattta amplitudali kuchlanishini olish kafolatini beradi. Generator kuchlanish bo'yicha radiochastota tebranishlarni kuchaytirishga xizmat qilib, uning kuchaytirish koeffitsiyenti

$$K_u = \frac{U_K}{U_b} = Y_{21} Z_R \quad (4.3)$$

ifoda yordamida hisoblanadi.

Birinchi turli tebranish rejimida ishlaydigan generatorning foydali ish koeffitsiyenti juda kichik bo'lib, u quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$\eta = \frac{P_{Ik}}{P_{k0}} = \frac{U_k I_{Ik}}{2E_k I_{0k}}$$

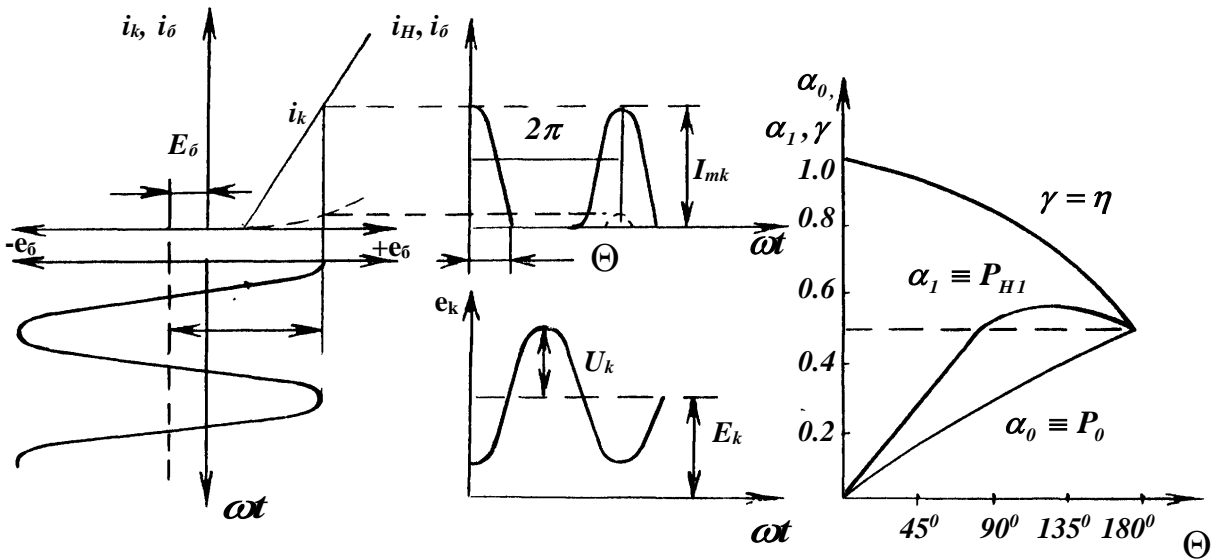
$I_{Ik} \leq I_{0k}$ va $U_k \leq E_k$ bo'lgani uchun, f.i.k. $\eta \leq 50\%$ bo'ladi.

Generatorni, tebranish quvvatni kuchaytiruvchi kuchaytirgich deb atasa ham bo'ladi, chunki $K_p = (P_{Ik}/P_{Ia}) \gg 1$.

4.3. Ikkinchi turli tebranish rejimi

Ikkinchi turli tebranish rejimida (nochiziqli rejim) E_{δ} ni tanlash orqali A ishchi nuqtani $i_k = f(e_{\delta})$ xarakteristikaning pastki ishchi uchastkasiga yoki pastki chegarasiga o'rnatiladi. Natijada U_{δ} katta amplitudada kollektor toki, I_{mk} amplitudali va davomiyligi 2τ bo'lgan sinusoidal impulslar ko'rinishida bo'ladi (4.3-rasm).

Impulsning davomiylilik o'qi bo'ylab $\Theta = \omega\tau$ ($0 \leq \Theta \leq \pi$) kesilish burchagini qo'ygan qulay bo'ladi.



4.3-rasm

4.4-rasm

$\Theta \rightarrow 0$ da impulslar cheksiz kichik davomiylikka ega bo'lib, $\Theta = \frac{\pi}{2}$, $E_{\delta} = E_{\delta 0}$ da esa tok u_{δ} baza kuchlanishining yarim davri davomida oqadi.

$\Theta = \pi, (E_{\delta} = U_{\delta} + E_{\delta 0}) - i_k$ da kollektor toki kosinusoidal ko‘rinishda bo‘lib, generator birinchi turli tebranish rejimida ishlaydi.

$\omega t = \theta$ da (4.1) ifodadagi kattaliklarni (4.2) ifodaga qo‘ysak, quyi-dagilarni olamiz

$$I_{mk} = Y_{2l} U_{\delta} (1 - \cos \Theta), \quad (4.4)$$

bu yerda:

$$\Theta = \arccos \left[-\frac{E_{\delta} - E_{\delta 0}}{U_{\delta}} \right].$$

Impulsi i_k tokni Furiye qatori orqali quyidagi ko‘rinishda yozish mumkin.

$$i_k = I_{0k} + I_{1k} \cos \omega_0 t + I_{2k} \cos 2\omega_0 t + I_{3k} \cos 3\omega_0 t + \dots \quad (4.5)$$

Uzgarmas tashkil etuvchi I_{0k} va birinchi garmonika amplitudasi I_{1k} lar fakat I_{mk} hamda Θ ga bog‘liq buladi, ya’ni:

$$\begin{aligned} I_{0k} &= I_{mk} \alpha_0(\Theta); \\ I_{1k} &= I_{mk} \alpha_1(\Theta). \end{aligned} \quad (4.6)$$

i_k tokning birinchi garmonikasi $U_k = I_{1k} Z_p \alpha_1(\Theta)$ amplitudali kuchlanishni vujudga keltiradi.

Konturdagi tebranishlar quvvati va E_k kuchlanish manbaida sarflanadigan quvvatlar mos ravimda quyidagi ifodalar orqali aniqlanadi:

$$\begin{aligned} P_{1k} &= 0,5 I_{mk} U_k \alpha_1(\Theta); \\ P_{0k} &= I_{mk} E_k \alpha_0(\Theta). \end{aligned}$$

U xolda generatorning f.i.k. η

$$\eta = \frac{P_{1k}}{P_{0k}} = \frac{U_k}{E_k} \gamma(\Theta), \text{ ga}$$

teng bo‘ladi. Bu yerda:

$$\gamma(\Theta) = \frac{\alpha_1(\Theta)}{2\alpha_0(\Theta)}.$$

(4.4) ifodadan ko‘rinib turibdiki, ikkinchi turli tebranish rejimida $90^\circ \leq \Theta \leq 120^\circ$ da P_{1k} va η kattaliklar birinchi turli tebranish rejimidagi ko‘rsatgichlarga ($\Theta = 180^\circ$ da) nisbatan katta bo‘lar ekan.

Metrlı va detsimetrli to‘lqin diapazonidagi tranzistorli generatorlarda kuchaytiriladigan tebranishlarning davri, tranzistor bazasi sohasidagi zarad tashuvchilarning diffuziyalanish vaqti bilan barobarlashib qolar ekan. Shuning hisobiga kollektor toki impulslari deformatsiyalanadi, kuchaytirish koeffitsiyenti esa kamayadi.

Ammo hozirgi zamon ko‘pemitlerli planar tuzilmali yuqori chastota tranzistorlarida zarad tashuvchilar harakatining inersionligini **1000 MGs** chastotagacha hisobga olmasa ham bo‘ladi. Tashqi uyg‘otishli sxemalarni qurishda o‘z-o‘zidan uyg‘onuvchi generatorlardagi L_{δ} , C_{δ} , L_k , C_A qo‘shimcha elementlardan ham foydalaniladi.

Avtogenerator, chastota ko‘paytirgich va tashqi uyg‘otishli generatorlarni o‘zaro ketma-ket ulansa, chiqishida berilgan amplitudali va quvvatli radiochastota tebranishlarini olish mumkin bo‘lgan uzatgichning radiotrakti xosil bo‘ladi. Ushbu tebranishlarni tarqatish antenasiga berishdan avval, uni modulyatsiyalash yoki manipulatsiya qilish talab etiladi.

Kalit so‘zlar

1. Birinchi garmonika amplitudasi – radiochastota kuchaytirgichining chiqishidagi tokning bir garmonika amplitudasi.
2. Tashqi uyg‘onishli generator – kuchlanish va quvvat bo‘yicha radichastotalarni kuchaytirgich.
3. Tokning kesilishi – kuchaytiriladigan kuchlanish bo‘lganda tranzistorning kollektor tokining bo‘lmasligi.
4. Birinchi garmonika – birinchi turli rejimda ishlovchi kuchaytirgich ning chiqishidagi radiochastotaga teng bo‘lgan nosinusoidaning chastota spektri.
5. Tranzistorning o‘tish xarakteristikasi – kollektor tokining baza kuchlanishiga bog‘liqligi.
6. Ikkinchi turli tebranish rejimi – xarakteristikaning tok kesilishli nochizikli uchastkasidagi kuchaytirish rejimi.
7. Birinchi turli tebranish rejimi – xarakteristikaning tok kesilishsiz chizikli uchastkasidagi kuchaytirish rejimi.
8. Ko‘pemitlerli planar tuzilma – o‘rta tezlikdagi integral mikrosxemani tayyorlash usuli.

Sinov savollari

1. Avtogenerator bilan tashqi uyg‘onishli generatorning farqi nimada?
2. Energiya nuqtai nazardan birinchi turli rejim yoki ikkinchi turli rejim qulaymi?
3. Qanday xollarda tashqi uyg‘onishli generatoridan foydalaniladi?

5. RADIOCHASTOTA TEBRANISHLARINI BOSHQARISH

5.1 Amplitudali modulyatsiya

$\lambda(t)$ xabarni uzatish uchun, uni unga proporsional bo'lgan $b(t)$ (birlamchi signal) elektr kattalikka o'zgartiriladi. Tovushni uzatishda, ushbu o'zgartirishni mikrofon, tasvirni uzatishda esa televizion kamera va boshqalar amalga oshiradi. Birlamchi signal odatda past chastota tebranishlari hisoblanib, uni radio orqali uzatishda, modulyatsiya natijasida yuqori chastota tebranishlariga o'zgartiriladi. Modulyatsiya deganda, qandaydir $S(t)$ yuqori chastota tebranishning bir yoki bir nechta parametrini uzatilishi lozim bo'lgan $\lambda(t)$ xabarning o'zgarish qonuni bo'yicha o'zgartirilishi tushuniladi. Faraz qilaylik,

$$S(t) = U_m \cos(\omega_0 t + \varphi_0) = U_m \cos \theta(t),$$

modullashtirilmagan yuqori chastota garmonik tebranishlari berilgan bo'lsin. Bu yerda: U_m – tebranish amplitudasi; ω_0 – burchak chastota; φ_0 – boshlang'ich faza, u o'zgarmas yoki sekin o'zgaradigan kattalik bo'lishi mumkin; $\theta(t) = \omega_0 t + \varphi_0$ – tebranishning t vaqt onidagi to'liq burchagi (faza).

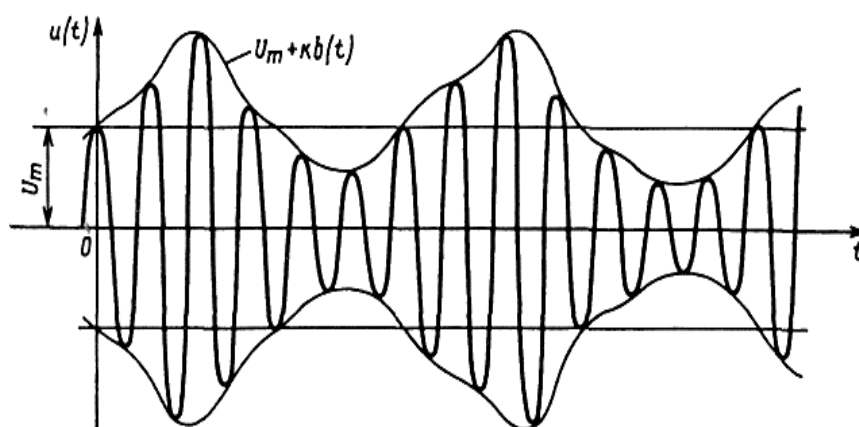
Garmonik tebranishlarning $\lambda(t)$ uzatiladigan xabarning o'zgarish qonuni bo'yicha U_m o'zgarishida amplitudali, $\theta(t)$ o'zgarishida esa mos ravishda burchakli kabi modulyatsiyaning ikkita asosiy ko'rinishi mavjud.

Modullashtirilgan signallar, modullashtiruvchi $b(t)$ signal va modullashtiriladigan $S(t)$ signallarning ko'rinishi bo'yicha ham ajratiladi. Modullashtiriluvchi signal sifatida garmonik tebranish, davriy impulslar ketma-ketligidan, halaqitsimon signallardan foydalanilib, modullashtiruvchi signal sifatida esa, uzluksiz (analogli), analog-impulslari, raqamli va diskret signallardan foydalaniladi. Shunga mos ravishda modulyatsiyaning o'zi ham analogli, analog-impulslari, raqamli va diskretlilarga bo'linadi.

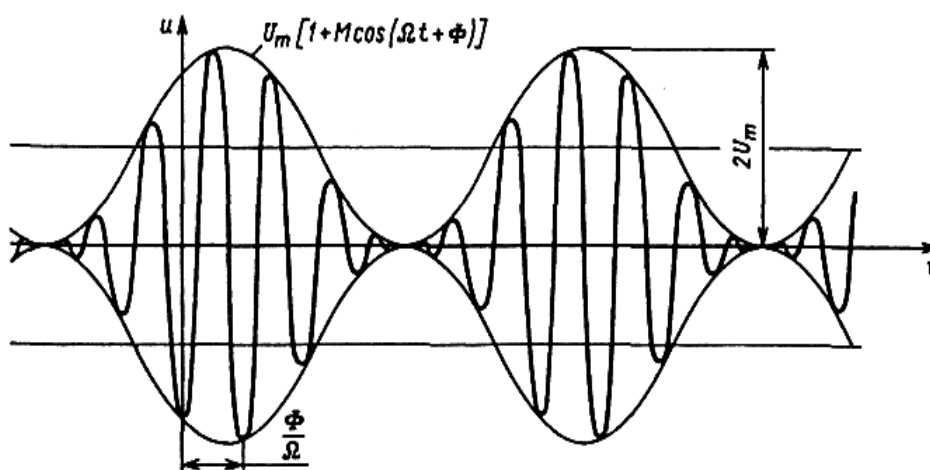
Amplitudali modulyatsiyada yuqori chastotali $u(t) = U_m(t) \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$ garmonik tebranishning ω_0 chastotasi va φ_0 fazasi o'zgarmas bo'lib, amplitudasi esa, o'zining U_m o'rtacha qiymati atrofida $U_m(t) = U_m + k b(t)$ ifoda ko'rinishida modullashtiruvchi $b(t)$ signalning o'zgarish qonuni bo'yicha o'zgartiriladi. Bu yerda: k – vaqt bo'yicha o'zgarmas bo'lgan proporsionallik koeffitsiyenti bo'lib, u shunday tanlanadiki, $U_m(t)$ amplituda hamma vaqt musbat bo'lsin. U xolda

$$u(t) = [U_m + k b(t)] \cos(\omega_0 t + \varphi_0) \quad (5.1)$$

ifoda, amplitudasi modullashtirilgan tebranish (*AMT*) ni ifodalaydi (5.1-rasm).



5.1-rasm



5.2 - rasm

(5.1) ifoda $b(t)$ birlamchi signalga nisbatan to'g'ri chiziq tenglamasi bo'lgani uchun amplitudali modulyatsiya chiziqli tizim deb hisoblanadi. Oddiy holatda $b(t)$ burchak chastotasi Ω va fazasi F bo'lgan $b(t) = B\cos(\Omega t + F)$ garmonik tebranishlardir. Shuni nazarda tutib, (5.1) ifoda

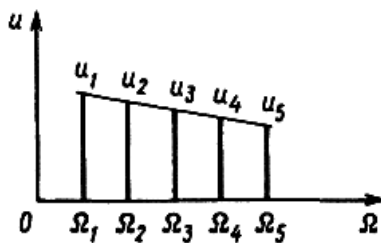
$$u(t) = U_m [1 + M\cos(\Omega t + F)] \cos(\omega_0 t + \varphi_0), \quad (5.2)$$

ko'rinishni oladi. Bu yerda: M - amplitudali modulyatsiya chuqurligi (koeffitsiyent) bo'lib, u KB/U_m ga teng. Amplituda hamma vaqt musbat bo'lgani uchun, $0 < M < 1$ bo'ladi. $M=0$ da, (5.2) ifoda oddiy garmonik tebranishlari ifodasiga aylanib qoladi. Agar $M=1$ bo'lsa, oxirgi ifoda

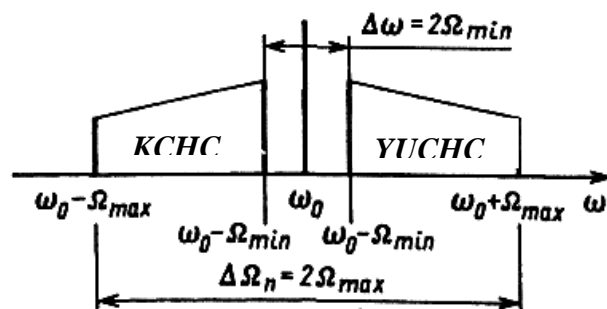
$U_{max} = U_m + B = 2U_m$ maksimum va minimumlarga ega bo‘ladi (5.2-rasm). $M > 1$ da (keragi $U_{min} = U_m - B = 0$ dan ortiq modulyatsiya) nochiziqli buzilishlar namoyon bo‘la boshlaydi. (5.2) ifodada ba’zi bir o‘zgartirishlarni bajarib, amplitudasi modullashtirilgan tebranishning spektrini olamiz. Ya’ni:

$$u_{AM}(t) = U_m \cos(\omega_0 t + \varphi_0) + 0,5MU_m \cos[(\omega_0 + \Omega)t + \varphi_0 + F] + 0,5MU_m \cos[(\omega_0 - \Omega)t + \varphi_0 - F] ,$$

Uning spektri uzatuvchi (birinchi had), $\omega_0 + \Omega$ yuqori chetki (**YUCHCH**) va $\omega_0 - \Omega$ quyi chetki chastotali (**KCHCH**) tebranishlardan tashkil topganligini ko‘ramiz.



5.3-rasm

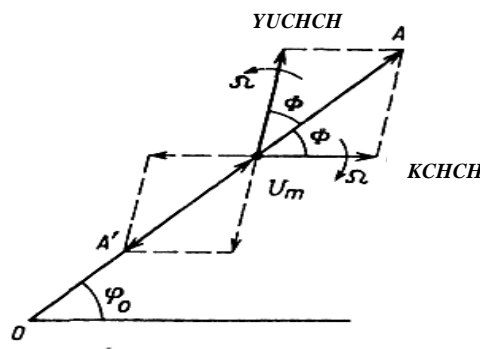


5.4-rasm

Agar $b(t)$ qator garmonik tashkil etuvchilardan tashkil topsa (5.3-rasm), ya’ni $b(t)$ chastota oralig‘ini egallasa, u holda amplitudali modulyatsiya tebranishlari (**AMT**) chetki chastotalarga emas, mos ravishda yuqori chetki (**YUCHO**) va quyi chetki (**CHKO**) oraliqlarga ega bo‘ladi. Bunday holda chetki oraliqlar to‘g‘ri burchakli trapetsiyalar ko‘rinishida tasvirlanadi (5.4-rasm). Chetki oraliqlarning yaqin tashkil etuvchilari orasidagi masofa $\Delta\Omega_{min} = 2\Omega_{min}$ bo‘lib, **AMT** ning barcha chastota oraliqlarining kengligi $\Delta\omega_n = 2\Omega_{max}$ ga teng bo‘ladi.

Modulyatsiya masalasini yanada tushunarali bo‘lishi uchun amplitudasi modullashtirilgan tebranishning vektor diagrammasidan foydalanish maqsadga muvofiq. 5.5-rasmda modullashtiruvchi signal garmonik bo‘lib, vektorlar o‘qining proyeksiyasi esa soat ko‘rsatgichi bo‘yicha ω_0 burchak tezlikda aylanma harakat qilyapti degan tasavvurda uzatuvchi, yuqori va quyi chetki tebranishlarning vektorlari tasvirlangan. Bunda uzatuvchi tebranish vektorining uzunligi U_m proyeksiya o‘qining dastlabki holatiga nisbatan φ_0 burchak ostida

qo'zgalmas vektor tarzida tasvirlangan. Yuqori va quyi chetki tebranishlar esa uzunliklari $MU_m/2$, proyeksiya o'qining dastlabki holatiga nisbatan turli burchak (masalan, $YUCHCH - \varphi_0 + F$), $KCHCH$ esa $\varphi_0 - F$ burchak ostida) ostidagi vektorlar ko'rinishida tasvirlangan bo'lib, bunda $YUCHCH$ vektori soat ko'rsatgichi ning harakati bo'yicha, $KCHCH$ vektori esa unga teskari yo'nalishda Ω burchak tezlikda aylanma harakatda bo'ladi. Vaqt o'tishi bilan chetki tebranishlarining vektorlari yig'indisining moduli o'zgaradi, ammo u hamma vaqt uzatuvchi vektor uzunligida joylashib, yo'nalishi esa uning yo'nalishi bilan mos yoki mos bo'lmasligi mumkin. Shuning uchun AMT ning yig'indi vektorini moduli ham vaqt bo'yicha o'zgaradi.



5.5-rasm

Amplitudali modulyator. Amplitudali modulyator AMT larni shakllantiradigan qurilma bo'lib, ular tranzistorlarda quriladi va uzatgichlarning chiqish kaskadi (quvvatli) hisoblanadi. Unda amplitudali modulyatsiya tranzistor bazasidagi siljish kuchlanishi yoki kollektor kuchlanishining o'zgartirilishi hisobiga amalga oshirilib, birinchi holatda AM bazoviy, ikkinchi holatda esa mos ravishda kollektorli (mujassamlangan AM bulishi ham mumkin) deb yuritiladi.

5.6-rasmda bazoviy AM modulyatorining sxemasi va $Y_{ek} = const$ da tranzistorning $i_k = f(E_{eb})$ o'tish xarakteristikasi tasvirlangan. Ushbu modulyatorlarda VT tranzistor umumiy emitter sxema bo'yicha ulangan bo'lib, uning bazasiga ω_0 chastotali uzatuvchi tebranish va shu bilan birga parallel ravishda quyi chastotali $b(t)$ modullashtiruvchi kuchlanish hamda o'zgarmas E_b siljish kuchlanishlari beriladi. Tranzistor kollektoriga, xususiy chastotasi uzatuvchi tebranishning ω_0 chastotasiga sozlangan tebranma kontur orqali E_k ta'minot manbai beriladi. Drossel L va kondensator birgalikda o'zgarmas kuchlanish manbaiga $YUCH$ tebranishlarini o'tkazmaydigan G - simon filtrni hosil qiladi. U yuqori chastota toklariga katta, quyi chastota toklariga esa mos ravishda juda kichik qarshilik ko'rsatadi. Tranzistor bazasidagi $E_{sil} = E_b + b(t)$ siljish kuchlanishi $b(t)$ qonuni bo'yicha, uzatuvchi chastota yuqori tebranishlari esa

$b(t)$ atrofida xudda o'zining o'rtacha qiymati atrofida tebranganidek o'zgarib, amplitudasi esa, unga proporsional bo'lgan bir qutbli impulsli turli amplitudali i_k kollektor tokini vujudga keltiradi. Bu impulsning birinchi garmonika kollektor kuchlanishi kollektor konturida ajratiladi va shu yo'sinda (5.2) ifodaga muvofiq AM vujudga keltiriladi.

Shuni aytish joizki, AM nochiziqli jarayondir, bunda yuqori chastotali uzatuvchi kuchlanish tranzistorning o'tish xarakteristikasining pasidan kesilishda vujudga kelgan kollektor toki impulsari shakllantiriladi (5.6, b - rasm). Bunga tranzistor bazasiga qo'yilgan E_b siljish kuchlanishini, tranzistorning o'tish xarakteristikasining egilish uchastkasiga yaqin qilib (ishchi nuqta) tanlash bilan erishiladi. Siljish kuchlanishi tranzistorning o'tish xarakteristikasining chiziqli uchastkasiga mos bo'lgan qiymatidagi chiziqli rejimda, AM jarayoni yuzaga kelmaydi. Bunday holatda, baza zanjiridagi kuchlanishlarning chiziqli yig'indisi o'zgarishsiz kollektor zanjiriga o'tib, undagi tebranma kontur uzatuvchi chastota tebranishiga sozlangan bo'lgani sababli aynan faqat mana shu uzatuvchi tebranish chastotasi ajraladi.

Agar (5.6-rasm) sxemada (T) transformatorning ikkilamchi chulg'amini baza zanjiridan uzib, uni kollektor zanjiriga tebranma kontur bilan ketma-ket ulansa, u xolda ushbu sxemada kollektorli AM jarayoni vujudga keladi. Bunday modulyatorning ishlashini, tranzistorning chiqish xarakteristikasi va yuklama to'g'ri chizig'i yordamida tushintirish mumkin. Kollektorli AM modulyatori ortiqcha kuchlanishli rejimda ishlaydi. U uzatgichning katta f.i.k. ini ta'minlash bilan birga, unda signalning nochiziqli buzilishi bazoviy AM ga nisbatan kichik bo'ladi, shuning uchun ulardan quvvatli uzatgichlarda foydalaniladi.

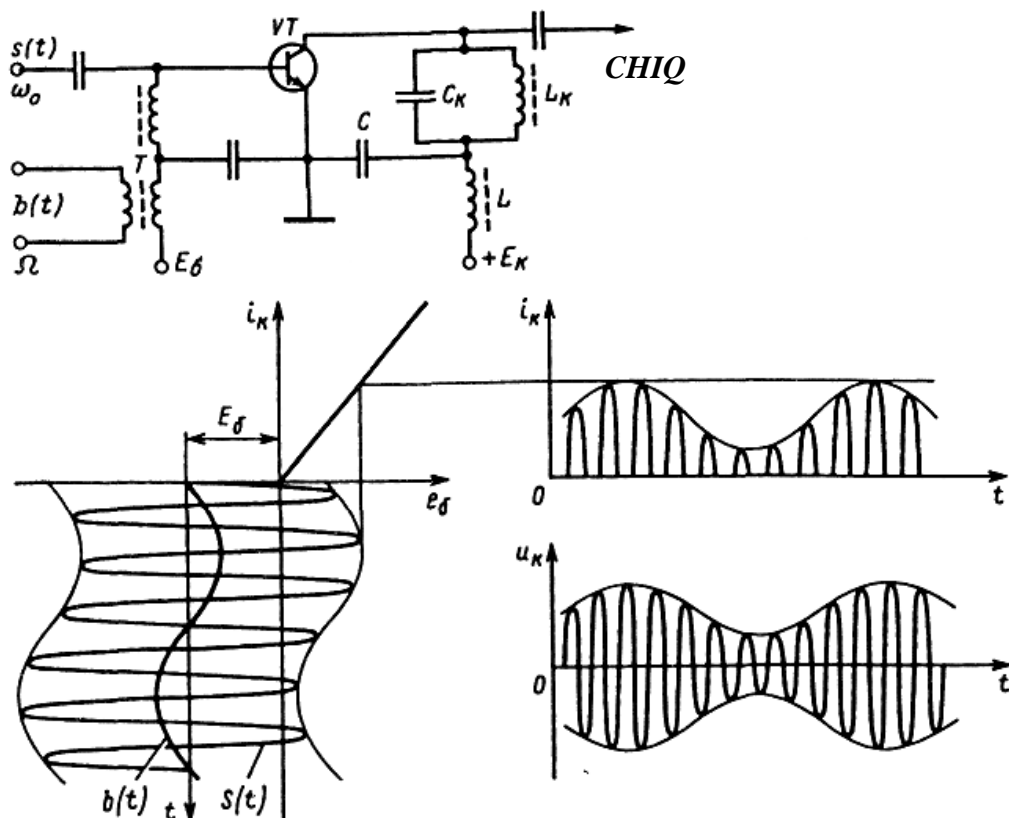
AM ning avzalligi va kamchiliklari. Sxemasining oddiyliigi, uning avzalligi **hisoblanib**, kamchiligini esa quyidagicha izohlash mumkin. (5.2) ifodadan modullashtirilgan tebranishning amplitudasi $U_{min}=U_m(1 - M)$ dan $U_{max}=U_m(1 + M)$ gacha, quvvati esa mos ravishda $P_{min}=P_{yu}(1 - M)^2$ dan $P_{max}=P_{yu}(1 + M)^2$ gacha o'zgaradi. Bu yerda: $P_{yu} = U_m^2/2R_{yu}$ - uzatuvchi chastotaning R_{yu} yuklamadagi quvvati.

AM tebranishning $\kappa_{\text{yи}}$ chastota (T) davri mobaynidagi o'rtacha quvvati

$$P_{o'r} = \frac{U_m^2}{2R_{yu}} \frac{1}{T} \int_0^T U_{AM}^2(t) dt = \frac{U_m^2}{R_{yu}} \frac{1}{2T} \int_0^T (1 + M \cos \Omega t)^2 dt = P_{yu} (1 + 0,5M^2)$$

ifoda orqali aniqlanadi.

$M = 1$ da quvvat $P_{max} = 4P_{yu}$ va $P_{o'r} = 1,5P_{yu}$ ni tashkil qiladi.



5.6-rasm

Bunda R_{or}/R_{max} bo'ladi, ya'ni, uzatgichdan quvvat bo'yicha juda yomon foydalaniladi, aynan mana shu AM ning muhim kamchiligi hisoblanadi. Buning sababi, signalning iqlab chiqarilayotgan umumiy quvvatining katta qismi, uzatiladigan axborot quvvatiga emas, balki uzatuvchi chastota tebranishini uzatishga sarflanadi. $M=1$ da uning qismi

$$g = \frac{D_{YU}}{D_{YM}} = \frac{D_{YU}}{D_{YU} + D_{CHET}} = \frac{1}{1 + \frac{D_{CYET}}{D_{YU}}} = \frac{1}{1 + 0,5I^2} = \frac{2}{3} = 0,67; \quad g \approx 70\%$$

ni tashkil etadi. Bu yerda: R_{chet} – har ikkala chetki oraliq tebranishlar quvvati bo'lib, u

$$M^2 U_m^2 / 0.25 R_{yu}$$

ga teng. Bu kamchilikni, AMT tarkibidan uzatuvchi chastota tebranishining tashkil etuvchisini chiqarib tashlash yo'li bilan bartaraf qilish mumkin bo'lib,

uzatuvchi chastota tebranishisiz AM ni balansli modulyatsiya (BM) deb yuritiladi.

5.2. Balansli modulyatsiya

Balansli modullashtirilgan tebranish (BMT) (5.2) ifodadan uzatuvchi tashkil etuvchisiz

$$u_{BM}(t) = kb(t) U_m \cos(\omega_0 t + \varphi_0) = kb(t) S(t) \quad (5.3)$$

ifoda orqali yoziladi. Ya'ni, u $b(t)$ modullashtiruvchi signal bilan $S(t)$ kuchiruvchi signallarning o'zaro ko'paytirish natijasida olinadi. Agar ikkala signal

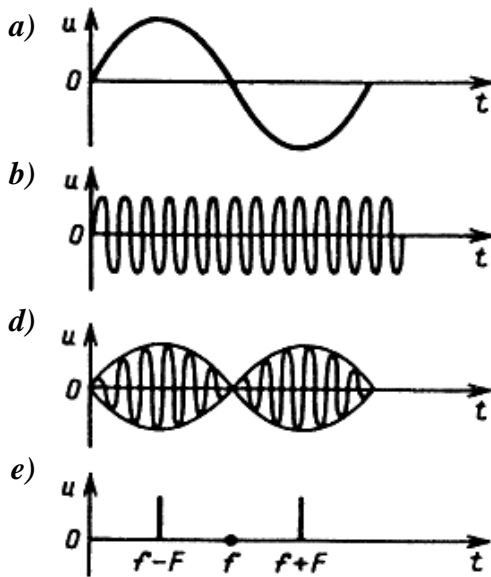
$$b(t) = U_m \cos \Omega_0 t \quad \text{va} \quad S(t) = U_m \cos \omega_0 t$$

garmonik bo'lsa, u holda balansli modullashtirilgan tebranishlar

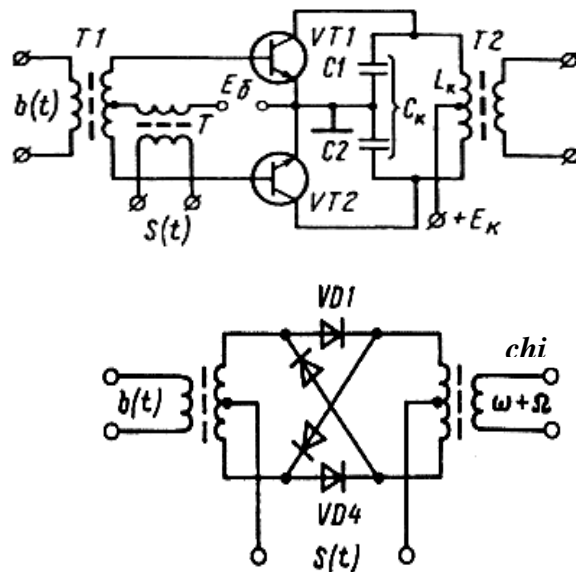
$$u_{BM}(t) = k U U_m \cos \Omega_0 t \cos \omega_0 t = 0.5k U U_m [\cos(\omega_0 + \Omega_0)t + \cos(\omega_0 - \Omega_0)t] \quad (5.4)$$

ifoda ko'rishida yoziladi. Demak, BMT faqat $\omega_0 + \Omega_0$ chastotali yuqori va $\omega_0 - \Omega_0$ chastotali quyi kabi ikkita chetki chastota (oraliq) tebranishidan tarkib topgan bo'lar ekan.

Bu signallarni o'zaro ko'paytirish jarayoni 5.7 a, b, d –rasmda, BMT ning chastota spektri esa 5.7, e –rasmda tasvirlangan. Ravshanki, BMT ning



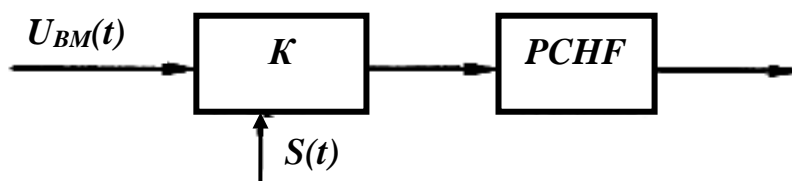
5.7-rasm



5.8-rasm

chastota oralig'i AMT nikiday $\Delta f_{BM} = 2f_{max}$ ga teng, chetki oraliqlari esa bir biridan $\Delta f = 2f_{min}$ ga farq qiladi. (5.3) ifodani amalga oshiradigan qurilma (5.8-rasm) signallarni balansli modulyator-ko'paytirgich qurilmasi hisoblanadi. Modulyatorning quvvatli kaskadi, ikki taktli tranzistorli sxema asosida qurilgan bo'ladi (5.8,a-rasm). Ammo uning chiqishida na faqat ikkita chetki, balki $b(t)$ modullashtiruvchi signal ham bo'lib, aynan shu xol sxemaning kamchiligi hisoblanadi. Agar modulyatorni, ikkilangan diodli ikki taktli sxema (5.8,b-rasm) bo'yicha amalga oshirilsa, u xolda uning chiqishida $b(t)$ signal bo'lmaydi.

BMT ni demodulyatsiyalash, kogerent yoki sinxron detektorlarda bajarilib, ularning xar biri signallar ko'paytirgichi (K) va chiqishiga ulangan past chastota filtridan tashkil topgan ($PCHF$) (5.9-rasm). Blok K da BMT va $u_{tk}(t)$ tayanch kuchlanishlari o'zaro ko'paytiriladi. Agar $u_{tk}(t) = kS(t)$ tayanch kuchlanishi uzatuvchi chastota tebranishi bilan mos bo'lsa, ya'ni ularning bir xil chastota va fazasi yoki fazalari o'zaro kattiq bog'langan bo'lsa, bunday detektor kogerent deyiladi. Agar faqat chastotalari mos bo'lib, fazalari turlicha bo'lsa, bunday detektor sinxron deyiladi. AMT lar uchun faqat kogerent detektorlardan foydalanish mumkin, aks xolda uning chiqish signalining kuchlanishi vaqt bo'yicha o'zgaradi.



Ris. 5.9

BMT larni detektorlash uchun yuqorida nomlari qayd etilgan hamma detektorlardan foydalanish mumkin. Faraz qilaylik, $u_{tk}(t) = kS(t)$ bo'lsin, ya'ni kogerent detektordan foydalanilyapti. Uning K blokida o'zaro kirish BMT (5.3) va

$$u_{tk}(t) = kS(t) = kU \cos \omega_0 t$$

tayanch kuchlanishlar ko'paytirilyapti. U xolda ko'paytirgichning chiqishida

$$u_n(t) = kb(t) S^2(t) = k b(t) U_m^2 \cos^2 \omega_0 t = k b(t) U_m^2 \frac{1 + \tilde{n} \cos 2\omega_0 t}{2} =$$

$$\frac{1}{2}kU_m^2b(t) + YUCH,$$

ifoda ko‘rinishidagi tebranishni olamiz. Bu yerda: **YUCH** - yuqori chastotali tashkil etuvchilar.

PCHF, yuqori chastotali tashkil etuvchilarni filtrlaydi va uning chiqishida **b(t)** uzatilayotgan signal bo‘ladi.

BMT ning har ikkala oralig‘i bitta va aynan shu xabarni uzatadi. Kogerent detektorning ko‘paytirgichi kirishida

$$u_n(t) = U_{BM}(t) k S(t) = kU_m[\cos(\omega_0 + \Omega)t + \cos(\omega_0 - \Omega)t] kU_m \cos \omega_0 t$$

signal bo‘ladi.

PCHF chiqishida, yuqori chastota tashkil etuvchilarining filtrlanganligini xisobga olgan holda va ba’zi murakkab bo‘lmagan o‘zgartirishlardan so‘ng filtrlash chiqishida

$$U_f = 0,5 k U U_m (\cos \Omega t + \cos \Omega t) = 0,5 k U_m [b(t) + b(t)] = k U_m b(t)$$

signalga ega bo‘lamiz. Bu esa **BMT** da har ikkala detektordan foydalanish mumkinligining isboti bo‘ladi. Bundan tashqari, chetki oraliqlardan birini umuman o‘chirib, xabarni ikkinchisi orqali uzatish ham mumkin. Bunday holat uzatilayotgan signalning chastota oralig‘ini 2 barobar qisqartirib, aloqaning halaqitlarga chidamligini oshiradi. Bunday uzatish biroraliqli amplitudali modulyatsiya yoki bitta chetki chastota oralig‘ini uzatish deyiladi.

5.3. Biroraliqli modulyatsiya

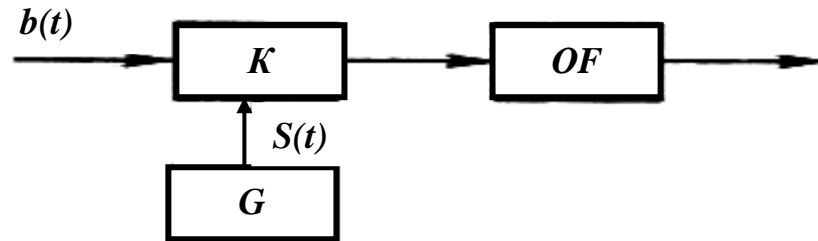
Bizga ma’lumki, amplitudali modulyatsiyada bitta chetki oraliq (**BCHO**) chastotali tebranishlarni shakllantirish uslublari bir nechta bo‘lib, ular filtrlil, fazaviy, faza-filtrlil, filtrl-fazali, sintetik va boshqalardir. Ular orasida eng asosiysi, filtrlil uslub hisoblanib, uning mohiyati **BMT** strukturasi bilan belgilanadi (5.4) va undan oraliq filtrl yordamida

$$u_0(t) = U \cos(\omega_0 + \Omega) t$$

bitta chetki oraliq ajratiladi.

5.10-rasmda **K** ko‘paytirgich va (**OF**) oraliq filtrlidan tashkil topgan **BCHO AM** ni shakllantirish qurilmasining strukturaviy sxemasi keltirilgan.

K blok, ko‘pincha chiqishida signalning nohiziqli buzilishlari minimal bo‘lgan, modullashtiruvchi $b(t)$ signal va uzatuvchi chastotali $S(t)$ tebranishlar bo‘lmagan halqali diodli sxema bo‘yicha quriladi (ikkilangan balansli) (5.8-rasm).



5.10-rasm

Oraliq filtr (OF) sifatida odatda 500 kGs li uzatish chastotada ishlaydigan elektrmexanik filtrlardan (EMF) foydalaniladi. Undan ko‘p yuqori chastotalarda ishchi bo‘lmagan, chetki oraliq 60 dB da o‘chiradigan filtrning amplituda-chastota xarakteristikasining talab qilinadigan $0,1\text{ dB/Gs}$ qiyaligini ushlab turish birmuncha qiyin bo‘ladi.

Agar uzatuvchi chastota $f_U > 500\text{ kGs}$ bo‘lsa, u holda, juda bo‘lmaganda ikkita qo‘shimcha o‘zgartirgich, ya‘ni ikkita shakllantirgichni ketma-ket ulash talab qilinadi (5.10-rasm). Bunda ikkinchi o‘zgartirgichda uzatish chastota $f_{U2} > f_U$, uchinchisida esa mos ravishda $f_{Y3} > f_{Y2}$ bo‘ladi. Shuning uchun $BCHO\ AM$ ni shakllantirishning filtrli uslubini yana ketma-ket o‘zgartirishlar uslubini deb ham yuritiladi.

Bitta oraliqli signalni shakllantirishning filtrli uslubining avzalligi, uning yuqori darajada ishchimas chetki oraliqni o‘chirishi (60 dB) bo‘lib, kamchiligi esa sxemasining murakkabligidir.

Shakllantirishning fazaviy uslubini ($YUCHO$) yuqori chetki oraliq uchun

$$u_0(t) = kUU_m \cos(\omega_0 + \Omega)t = kUU_m (\cos \omega_0 t \cos \Omega t - \sin \omega_0 t \sin \Omega t),$$

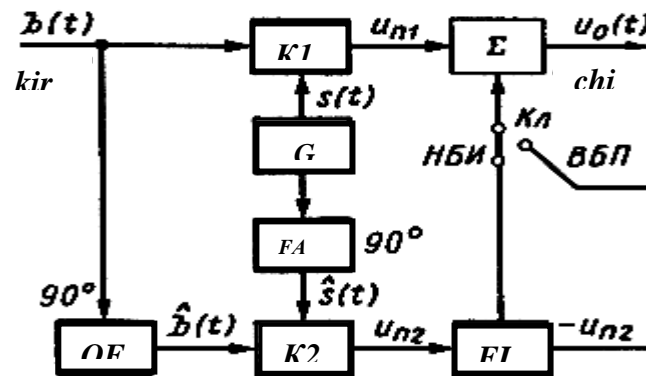
bir oraliqli signalning ifodasidan kelib chiqadi. Quyi chetki oraliq ($KCHO$) uchun ifodadagi ishora teskarisiga o‘zgartirilib, umuman olganda ifodani quyidagicha yozish mumkin:

$$u_0(t) = kUU_m (\cos \omega_0 t \cos \Omega t \mp \sin \omega_0 t \sin \Omega t) = k[S(t)b(t) \mp \hat{S}(t)\hat{b}(t)]. \quad (5.5)$$

(5.5) ifodadagi tepa ishora *YUCHO* ga, pastdagisi esa *KCHO* ga taaluqli; $\hat{S}(t)$ $\hat{b}(t)$, $-b(t)$, $S(t)$ funksiyalarni Gilbert bo'yicha o'zgartirilganligi, ya'ni $b(t)$, $S(t)$ lar o'zaro kvadraturada yoki o'zaro 90° ga siljigan.

5.11-rasmda (5.5) ifodaning o'ng qismiga muvofiq *BCHO AM* ni shakllantirishning fazaviy uslubi bo'yicha qurilgan shakllantirgichning strukturaviy sxemasi keltirilgan bo'lib, u (*OFA*) $b(t)$ signalni 90° ga aylantiradigan oraliqli faza aylantirgich; (*K1* va *K2*) signallarni o'zaro ko'paytirgichlar, (*G*) uzatuvchi chastota tebranishlari generatori, (*FA*) uzatuvchi chastota tebranishini 90° ga aylantiruvchi faza aylantirgich, (*FI*) fazoinvertor va (Σ) summatorlardan iborat.

Sxemaning ishlashi (5.5) ifoda bilan belgilanadi.



5.11-rasm

K1 va *K2* ko'paytirgichlarning chiqishida mos ravishda quyidagi tebranishlar mavjud bo'ladi:

$$\begin{aligned} u_{K1}(t) &= kb(t)S(t) = kU\cos\Omega t U_m \cos\omega_0 t = \\ &= 0,5kUU_m [\cos(\omega_0 - \Omega)t + \cos(\omega_0 + \Omega)t] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} u_{K2}(t) &= k\hat{b}(t)\hat{S}(t) = kU\cos\Omega t U_m \cos\omega_0 t = \\ &= 0,5kUU_m [\cos(\omega_0 - \Omega)t - \cos(\omega_0 + \Omega)t] \end{aligned}$$

Ular qo'shilganda (Σ summator bloki chiqishida)

$$u_{\Sigma}(t) = u_{K1} + u_{K2} = kUU_m \cos(\omega_0 - \Omega)t, \quad (5.6)$$

ayrilganda esa, mos ravishda

$$u_{\Sigma}(t) = u_{K1}(t) - u_{K2}(t) = kUU_m \cos(\omega + \Omega)t . \quad (5.7)$$

ifodalarni olamiz. (5.6) ifoda **KCHO** ga, (5.7) ifoda esa mos ravishda **YU-CHO** ga mos bo'ladi.

Ushbu uslubning fazaviy deyilishiga sabab, unda ishchimas chetki oraliq, fazaviy kompensatsiyalash tufayli o'chiriladi. Bu o'chirishning darjasi quyidagi ifoda yordamida hisoblanadi:

$$a = 20 \lg \left| \frac{1 + \alpha}{\sqrt{\alpha^2 - 2\alpha \cos \Delta\varphi}} \right| ,$$

Bu yerda: $\alpha, \Delta\varphi$ — mos ravishda amplituda va faza xatoliklari.

$\alpha = 1$ da (amalga oshirish uncha qiyin emas) $a = 20 \lg |\sin(0.5\Delta\varphi)|$. $a = 60 \text{ dB}$ ni olish uchun filtrli uslubdagidek $\Delta\varphi = 7^\circ$ bo'lishi lozim, buni esa **OFA** bloki bo'lgani sababli amalga oshirib bo'lmaydi.

Ma'lum 90° ga aylantiradigan **OFA** lar minimum $\Delta\varphi = 1^\circ$ ni ta'minlaydi, unga muvofiq $a = 40 \text{ dB} < 60 \text{ dB}$ ni tashkil etadi (u ham bo'lsa faqat laboratoriya sharoitlarida va $\Delta F = 3,1 \text{ kGs}$. tovush signali chastota oralig'ida). Amalda esa $\Delta\varphi > 1^\circ$ va $a < 40 \text{ dB}$ bo'lib, aynan shu fazaviy uslubning kamchiligi hisoblanib, uni keng ko'lamda qo'llanilishiga to'sqinlik qiladi.

Shakllantiruvchi sxemalarning soddaligi, ushbu uslubning avzalligi hisoblanib, nazariya bo'yicha bitta chetki o'zgartirishli amplitudali modulyatsiyani (**BCHU AM**) shakllantirish har qanday uzatish chastotali signal chastotasini bir marotaba o'zgartirish natijasida amalga oshiriladi va u signal, nisbatan katta quvvatli bo'lishi mumkin. (5.5) ifodaga muvofiq **BCHU AM** tebranish, ikkita **CHMT** lardan tashkil topgan bo'lib, ulardan biri ikkinchisiga kvadraturada bo'ladi. Uzatilayotgan $b(t)$ signalga nisbatan **CHMT** ifodasi (5.3) koordinata boshidan o'tuvchi o'ziga xos to'g'ri chiziq bo'ladi, shuning uchun **BM** modulyatsiya chiziqli tizim hisoblanadi. Balansli va amplitudali modulyatsiyalar chiziqli va modulyatsiyaning bevosita tizimi hisoblanadilar.

Temir yo'l transportida **AM** dan bevosita (poyezd ichidagi radioeshitirishdan tashqari) foydalanilmaydi. Undan temir yo'l radiostansiyalarining qabulqilgichi tarkibidagi **CHM** signallari detektorlarida, modulyatsiyaning oraliq ko'rinishi sifatida foydalaniladi. Balansli modulyatsiya **BCHU AM** ni shakllantirishda oraliq modulyatsiya hisoblanadi.

5.4. Burchakli modulyatsiya

Fazaviy va chastotali modulyatsiya prinsiplari. Burchakli modulyatsiya (**BM**) da uzatilayotgan xabarning o'zgarish qonuni bo'yicha uzatuvchi tebranishning $\Psi(t)$ to'la burchagi (faza) o'zgartiriladi. O'z navbatida, **BM** fazaviy (**FM**) va chastotali (**CHM**) modulyatsiyalarga bo'linadi.

Fazasi modullashtirilgan tebranish

$$u_{FM}(t) = U_m \cos[\omega_0 t + \varphi(t)]$$

ifoda orqali yozilib, uning faza siljishi $< p_0$ boshlang'ich qiymatidan boshlab $b(t)$ modullashtiruvchi signalga proporsional ravishda o'zgaradi. Ya'ni:

$$\varphi(t) = \varphi_0 + kb(t).$$

Bu yerda: k – o'lchamsiz o'zgarmas proporsionallik koeffitsiyenti. Shuning uchun fazasi modullashtirilgan tebranishning ifodasini quyidagicha yozsak bo'ladi:

$$u_{FM}(t) = U_m \cos[\omega_0 t + \varphi_0 + kb(t)] \quad (5.8)$$

(5.8) tenglama $b(t)$ modullashtiruvchi signalga nisbatan nohiziqli hisoblanadi, chunki u trigonometrik funksiya ostida ifodalangan. Shuning uchun **FM** modulyatsiyaning bevosita nohiziqli ko'rinishi hisoblanadi. Oddiy holatda $b(t)$ modullashtiruvchi tebranish

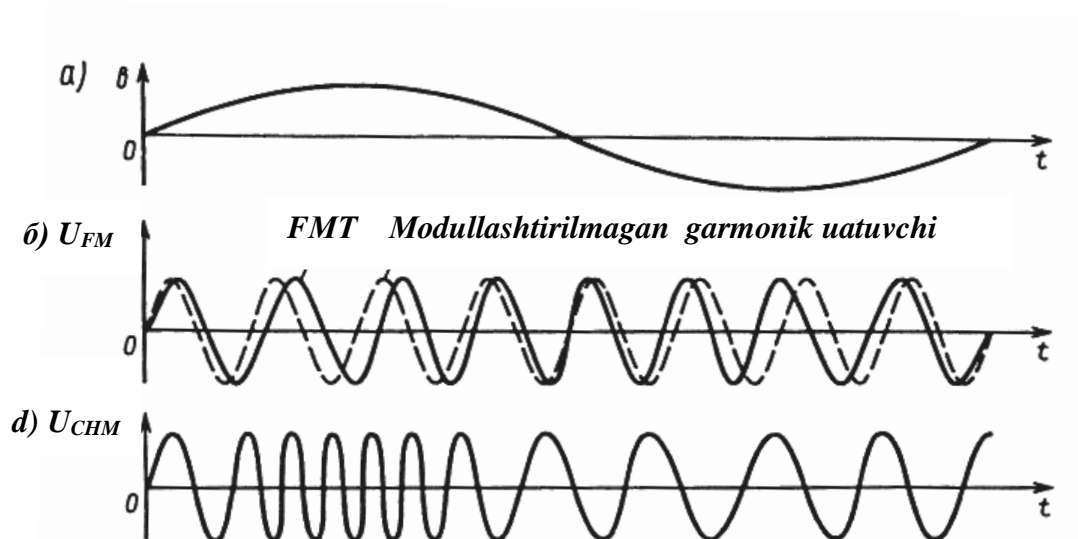
$$b(t) = U \cos(\Omega t + \varphi),$$

ko'rinishdagi garmonik tebranish bo'lib, uni (5.8) ifodaga qo'ysak quyidagini olamiz:

$$\begin{aligned} u_{FM}(t) &= U_m \cos[\omega_0 t + \varphi_0 + kU \cos(\Omega t + \varphi)] = \\ &= U_m \cos[\omega_0 t + \varphi_0 + m_{FM} U \cos(\Omega t + \varphi)] \end{aligned} \quad (5.9)$$

$m_{FM} = kU$ qiymat **FMT** indeksi yoki faza deviatitsiyasi deb yuritilib, u miqdor jihatidan tebranishning boshlang'ich fazasining φ_0 o'rtacha qiymatidan maksimal og'ishiga teng bo'ladi.

5.12,a-rasmda $\varphi = \pi/2 \text{ rad.}$ uchun $m\cos(\Omega t + \varphi)$ ning vaqtli bogʻlanishi, 5.12,b-rasmda esa, **FMT** (qalin chiziq) va $\varphi_0 = 0$ da modullashtirilmagan uzatuvchi (shtrixlangan chiziq) signallar tasvirlangan.



5.12-rasm

FMT faza boʻyicha uzatuvchi chastotadan $m\sin\Omega t > 0$ da orqada qoladi, $m\sin\Omega t < 0$ da esa oldinda boʻladi. Ushbu fazaviy siljishning moduli $\sin\Omega t = \pm 1$ da maksimal boʻlib, $\sin\Omega t = 0$ da esa umuman mavjud boʻlmaydi.

Chastotasi modullashtirilgan tebranish (**CHMT**) deganda, $\omega(t)$ chastotasi oʻzining ω_0 oʻrtacha qiymati atrofida nisbatan sekinroq oʻzgaruvchi $b(t)$ modullashtiruvchi signalga proporsional oʻzgaradigan tebranish tushuniladi. Yaʼni:

$$\omega(t) = \omega_0 + kb(t).$$

Tebranishning fazasi $\psi(t)$, chastota $\omega(t)$ bilan

$$\psi(t) = \int \omega(t) dt .$$

munosabat orqali bogʻlangan.

CHMT ning analitik ifodasini quyidagi koʻrinishda yozsak boʻladi:

$$u_{CHM}(t) = U_m \cos \psi(t) = U_m \cos \int_0^t \omega(t) dt = U_m \cos \int_0^t [\omega_0 + kb(t)] dt = \\ = U_m \cos[\omega_0 t + j_0 + k \int_0^t b(t) dt].$$

Chastotasi modullashtirilgan tebranishlarni fazasi $b(t)$ modullashtiruvchi signalning o'ziga emas balki uning integraliga proporsional o'zgaradigan **FMT** lar deb qaralsa bo'ladi. Shu sababli chastotali modulyatsiyani, **FM** dan farqli o'laroq (bevosita nohiziqli tizim) nohiziqli integral tizim hisoblanadi.

Oddiy xolda

$$b(t) = U \cos(\Omega t + \varphi)$$

bo'ladi, unda

$$u_{CHM}(t) = U_m \cos[\omega_0 t + \varphi_0 + kU \int_0^t \cos(\Omega t + \varphi) dt] = \\ = U_m \cos[\omega_0 t + \varphi_0 + \frac{kU}{\Omega} \sin(\Omega t + \varphi)] = \quad (5.10) \\ = U_m \cos[\omega_0 t + \varphi_0 + m \sin(\Omega t + \varphi)].$$

ifodani olamiz.

Bu yerda $m = kU/\Omega$ qiymat **CHM** ning indeksi bo'lib, u $b(t)$ modullashtiruvchi signalning U amplitudasiga proporsional, uning Ω chastotasiga esa teskari proporsional bo'ladi. $kU = \Delta\omega_{\dot{A}}$ ko'paytma esa, chastota deviyatsiyasi deb yuritilib, u ω_0 o'rtacha qiymatidan chastotaning eng ko'p oniy og'ishiga ko'rsatadigan kattalik hisoblanadi. Shuning uchun $m = \Delta\omega_{\dot{A}}/\Omega$ ga teng bo'ladi.

5.12, d -rasmda $u_{chm}(t)$ ning vaqt bo'yicha bog'lanishi tasvirlangan. U $m \sin \Omega t > 0$ da $\omega(t) > \omega_0$ bo'lib, $\sin \Omega t = 1$ nuqtada maksimumga, $m \sin \Omega t < 0$ da esa aksincha $\omega(t) < \omega_0$ bo'lib, $\sin \Omega t = -1$ nuqtada mos ravishda minimumga ega bo'ladi. Oxiri $m \sin \Omega t = 0$ da chastota $\omega(t) = \omega_0$ ga teng.

Ma'lumki, $\omega(t)$ chastota va $\varphi(t)$ fazalar o'zaro $\omega(t) = d\varphi(t)/dt$ munosabat orqali bog'langanini hisobga oladigan bo'lsak, **FM** doimo **CHM** orqali va aksincha kechishini guvohi bo'lamiz.

Yuqorida ko‘rilgan *FMT* ning burchak chastotasini quyidagi ifoda orqali hisoblasak bo‘ladi. Ya’ni:

$$\omega(t) = \frac{d\varphi(t)}{dt} = \frac{d}{dt} [\omega_0 t + \varphi_0 + kb(t)] = \omega_0 + k \frac{db(t)}{dt}.$$

Shunday qilib, *FMT* ni chastotasi $b(t)$ modullashtiruvchi signalning o‘ziga emas balki uning

$$\Delta\omega(t) = k \frac{db(t)}{dt}.$$

vaqt bo‘yicha hosilasiga proporsional o‘zgaradigan *CHMT* lar deb qaralsa bo‘ladi. Garmonik modulyatsiya holatida chastotaning o‘zgarishini quyidagi ifoda orqali yozsak bo‘ladi:

$$\omega(t) = \frac{d\varphi(t)}{dt} = \frac{d}{dt} [\omega_0 t + \varphi_0 + m \cos(\Omega t + \varphi)] = \omega_0 - m\Omega \sin(\Omega t + \varphi).$$

Maksimal qiymat $\sin\Omega t = 1$ da bo‘lgani uchun, $\Delta\omega_{max} = m\Omega = kU\Omega$ ifoda *FMT* chastotasining ω_0 o‘rtacha chastotadan maksimal og‘ishi, ya’ni chastota deviatsiyasi hisoblanadi. Shu bilan birga, *FM* da chastota deviatsiyasi, $b(t)$ modullashtiruvchi signalning na faqat ($m = kU$) amplitudasiga, balki Ω chastotasiga ham proporsional bo‘ladi. Yuqorida ko‘rilgan *CHMT* da esa chastota deviatsiyasi Ω chastotaga bog‘liq bo‘lmas edi. Bu degani, demak *FM* bilan kechadigan *CHM* buzilgan bo‘ladi. Uni to‘g‘rilash uchun, deviatsiyadan Ω ni yo‘qotib, $b(t)$ modullashtiruvchi signalni vaqt bo‘yicha integrallashga to‘g‘ri keladi. Ya’ni:

$$b_I(t) = \int_0^t b(t) dt = \int_0^t U \cos(\Omega_s t + j) dt = \frac{U}{\Omega} \sin(\Omega t + j) + C$$

Oxirgi ifodaga $b_I(t)$ ni qo‘ysak, natijada bilvosita deb ataladigan buzilmagan *CHM* ni olamiz. Bilvosita deyishimizga sabab, uning *FM* dan olinganidir. Aynan shunga o‘hshash bilvosita *FM* ni olish mumkin. Buning uchun (5.9) ifodaga muvofiq, *CHM* modulyatoriga modullashtiruvchi signalni vaqt bo‘yicha differensiallovchi qurilma orqali berish kerak bo‘ladi.

FMT [(5.9) ifodaga qaralsin] va *CHMT* [(5.10) ifodaga qaralsin] larni yagona (*BMT*) burchakli modulyatsiya ifodasi orqali tasvirlash mumkin. Ya'ni:

$$u_{um}(t) = U_m \cos[\omega_0 t + \varphi_0 + m \sin(\Omega t + \varphi)] \quad (5.11)$$

Agar garmonik qonunli modulyatsiyada $m = kU/\Omega$ bo'lsa, u holda (5.11) ifoda *CHMT* ni, agar $m = kU$ bo'lib, φ faza $\pi/2$ radianga farq qilsa, u holda (5.11) ifoda, o'ziga xos *FMT* ni ifodalaydi.

FMT va *CHMT* larning spektrlarini aniqlash uchun, (5.11) ifodani ikki argument yigindisining kosinusi ifodasi bo'yicha o'zgartiramiz:

$$u_{um}(t) = U_m \cos(\omega_0 t + \varphi_0) \cos[m \sin(\Omega t + \varphi)] - \\ - U_m \sin(\omega_0 t + \varphi_0) \sin[m \sin(\Omega t + \varphi)],$$

va Bessel funksiyasi nazariyasi munosabatlaridan

$$\sin(m \sin \Omega t) = 2 \sum_{n=1}^{\infty} I_{2n}(m) \sin[(2n-1)\Omega t];$$

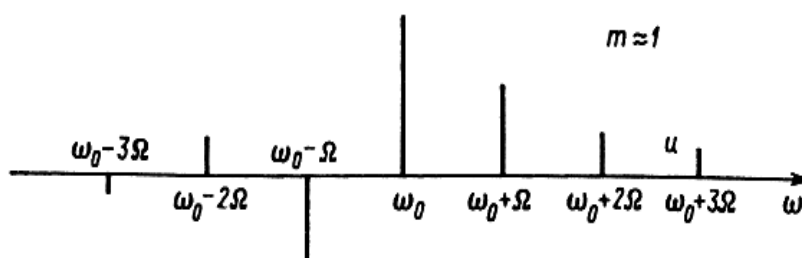
$$\cos(m \sin \Omega t) = I_0(m) + 2 \sum_{n=1}^{\infty} I_{2n}(m) \cos(2n\Omega t).$$

foydalanib, natijada quyidagilarni olamiz:

$$u_{um}(t) = U_m \cos(\omega_0 t + \varphi_0) + \\ + U_m \sum_{n=1}^{\infty} J_{2n}(m) \cos[(\omega_0 + n\Omega)t + \varphi_0 + n\varphi] + \\ + U_m \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n J_{2n}(m) \cos[(\omega_0 - n\Omega)t + \varphi_0 - n\varphi]. \quad (5.12)$$

Bu yerda: $J_n(m)$ – m argument bo'yicha birinchi turli n tartibli Bessel funksiyasi.

Ushbu ifoda garmonik uzatuvchi signalning Ω chastotali garmonik modulyatsiya qonunida *FMT* va *CHMT* larning o'ziga xos garmonik tashkil etuvchilariga yoyilmasi hisoblanadi. Hatto mana shu oddiy xolda ham *FMT* va *CHMT* lar nazariy jihatidan ω_0 (birinchi had) uzatuvchi



5.13-rasm

chastotali tashkil etuvchi va ikkita chetki chastota oraliqlar: yuqori (*YUCHO*) $\omega_0 + n\Omega$ hamda quyi (*KCHO*) $\omega_0 - n\Omega$ dan (ikkinchi va uchinchi hadlar) iborat cheksiz spektrga ega bo‘ladi (5.13-rasm).

KCHO ning tok garmonikalari, *YUBO* ning mos toq garmonikalariga teskari fazada bo‘ladi, bu haqda *KCHO* dagi $(-1)^n$ ko‘paytuvchidan ham bilsa bo‘ladi. Chetki chastotalar amplitudalari $J_n(m)$ ga proporsional bo‘lib, ular garmonikalar tartibi o‘sgan sari yetarli darajada tezda so‘nib boradi. Spektr kengligi, amplitudalari modullashtirilmagan uzatuvchi signalning amplitudasining 1 % ni tashkil etadigan chetki chastotalarni hisobga olmaganda, $(1 + m + \sqrt{m})$ juft chetki tashkil etuvchilar bilan chegaralanadi. Bunday holda *BM* li signalning spektri kengligi

$$\Delta f_{um} = 2F(1 + m + \sqrt{m}). \quad (5.13)$$

ifodaga teng bo‘ladi.

$m \gg 1$ da \sqrt{m} qo‘shiluvchini hisobga olmasa ham bo‘ladi. Shunga o‘hshash boshqa ifodalar ham mavjud. Ayniqsa tasodifiy modullashtiruvchi signalda *FMT* va *CHMT* larning spektr kengligini aniqlash anchagina murakkab hisoblanadi.

Ammo, ushbu xolda ham (5.13) ifodaga modullashtiruvchi signalning $F = F_{max}$ maksimal chastotasini va $m = m_{max}$ maksimal indeksini qo‘yib, spektr kengligini hisoblasa bo‘ladi.

CHMT spektrining *FMT* spektridan farq qiladigan xususiyatlaridan asosiysi, uning kengligini (5.13) modulyatsiya chastotasi F ga boglik bulmasligidir.

F ning ortishi bilan modulyatsiya indeksi $m = \Delta f_A / F$ kamayadi, spektral tashkil etuvchilari «surilib ketadi» va hisobga olinadigan uning

$2(1+m+\sqrt{m}) = 2\left(1 + \frac{KU}{F} + \sqrt{\frac{kU}{F}}\right)$ soni kamayadi. **FMT** da m indeks F ga bog'liq bo'lmaydi. Shuning uchun F oshishi bilan spektrning kengligi oshadi. Bunda spektral tashkil etuvchilarning amplitudalari va miqdori o'zgarishidan faqat chastota bo'yicha «suriladi».

$m \ll 1$ da bittadan yuqori va quyi chetki tashkil etuvchilarnigina hisobga olsak bo'ladi, u holda **BM** li signalning spektr kengligi **AM** nikiday bo'lib, $\Delta f_{um} = \Delta f_{AM} = 2F_{max}$ ga teng bo'ladi.

Uning tuzilishi

$$u_{um}(t) = U_m \cos(\omega_0 t + \varphi_0) + \frac{mU_m}{2} \cos[(\omega + \Omega)t + \varphi_0 + \varphi] - \frac{mU_m}{2} \cos[(\omega_0 - \Omega)t + \varphi_0 - \varphi],$$

AMT nikidan faqat quyi chetki tebranishning ishorasi bilangina farq qiladi. Ammo, aynan mana shu manfiy ishora **AMT** ni, **BM** li signalga aylanishiga olib keladi. 5.14-rasmda **BM** li signalning $m \ll 1$ dagi vektor diagrammasi tasvirlangan. Yuqorida eslatib o'tilgan ishora (manfiy) tufayli natijaviy chetki chastota tebranishlari doimo uzatuvchi signalning vektoriga perpendikular bo'lib, natijaviy vektor esa na faqat $\varphi(t)$ burchak bo'yicha, balki juda yuqori tartibli chetki tashkil etuvchilarni e'tiborga olinmagani va ifodaning taxminiyligi inobatga olsak, amplituda bo'yicha ham o'zgaradi. **AMT** da natijaviy chetki chastota vektori doimo uzatuvchi vektorning liniyasida yotadi, shuning uchun **BM** bo'lmaydi.

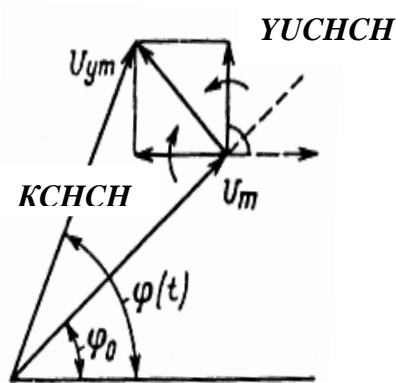
BM li signalning quvvati modullashtirilmagan tebranishlarning quvvatiga teng bo'lib, undan farqli o'laroq na faqat uzatuvchi, balki yana chetki chastota oraliqlaridan ham tarkib topgan bo'ladi.

5.5. Fazaviy modulyator

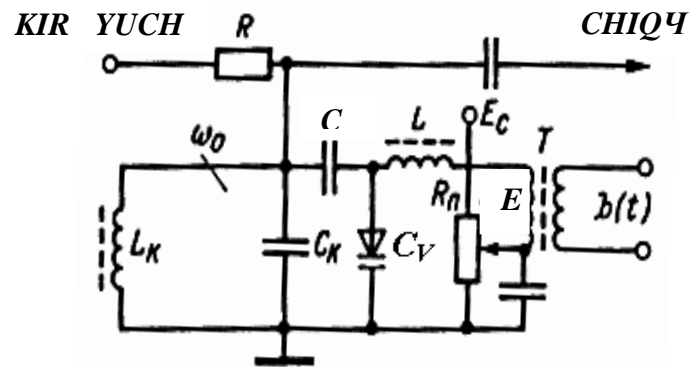
Oddiy xolda fazaviy modulyatorni chastotasi uzatilayotgan xabarning chastotasi bo'yicha sozlanadigan bitta tebranma konturda ham qursa bo'ladi (5.15-rasm).

Buning uchun konturga (C_A) ajratuvchi kondensator orqali (C_V) varikap (o'zgaruvchan sig'imli kondensator) ulanadi. Varikapga R_{YU} potentsiometrning o'rta nuqtasidan o'zgarish siljish kuchlanishi E_{sil} va C_V ni o'zgartiradigan ketma-ket past chastotali modullashtiruvchi $b(t)$ kuchlanish beriladi. C_A kondensator, o'zgarish siljish kuchlanishini, T transforma-

torning ikkinchi cho'lg'ami, L drossel va L_K kontur cho'g'gamlari o'zaro ketma-ket ulangan zanjir orqali bo'lishi mumkin bo'lgan qisqa tutashuvni bartaraf qiladi.



5.14-rasm



5.15-rasm

Konturning ekvivalent sig'imining qiymati quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$\tilde{N}_{KE} = C_K + \frac{C_V C_A}{C_V + C_A}.$$

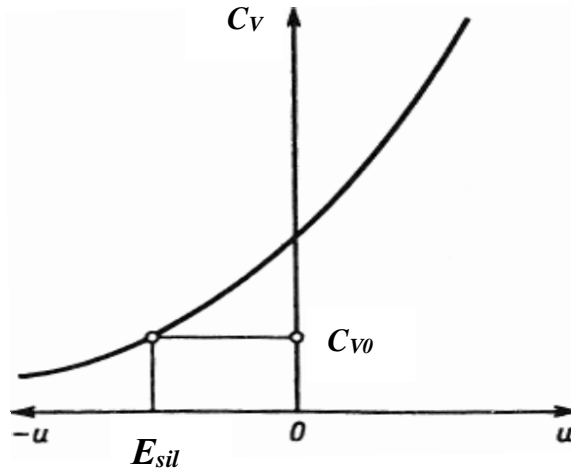
L drossel uzatuvchi chastotaning $\omega_0(x_{dr}=L_{dr})$ yuqori chastotali tebranishlariga katta qarshilikka ega bo'lib, uni o'zining chiqishiga o'tkazmaydi va drosselga ulangan sig'imli konturni shuntlanishiga yo'l qo'ymaydi. Modullashtiruvchi $b(t)$ signalga L drosselning qarshiligi juda kichik, ya'ni $\Omega \ll \omega_0$.

5.16-rasmda varikap sig'imining kuchlanishga bog'liqligi noxiziqli hisoblangan chizmasi tasvirlangan. Siljish kuchlanishi E_{sil} , $b(t)$. modullashtiruvchi signalga nisbatan proporsional o'zgaradigan varikapning boshlang'ich sig'imini (C_{V0}) belgilaydi (ishchi nuqta).

Fazaviy modulyatorning ishlash prinsipining asosi, tebranma konturning faza-chastota xarakteristika ($FCHX$) bilan belgilanadi.

$$\varphi = \arctg \alpha,$$

Bu yerda: α – konturning umumlashtirilgan sozdan chiqishi bo'lib, u



5.16-rasm

quyidagi ifoda orqali hisoblanadi:.

$$a = \frac{2\Delta\omega}{\omega_0} Q,$$

Bu yerda: ω_0 , Q – mos ravishda konturning rezonans chastotasi va sahiyligi;

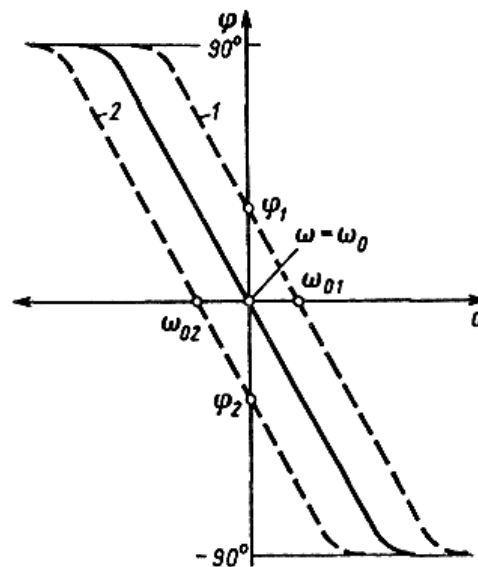
$\Delta\omega$ – kirish chastotaning rezonans chastotadan og‘ishi, ya’ni:

$$\Delta\omega = \omega_0 - \omega.$$

Oxirgi ifodadan, $\varphi = \varphi_1(a) = \varphi_2(a) = \varphi_3(a)$ ekanligi kelib chiqadi.

5.17-rasmda $\alpha = 0$ ($\omega = \omega_0$) nuqta atrofida $\pm 30^\circ$ ga erishadigan chiziqli uchastkaga va $\varphi_{AS} = \pm 90^\circ$ dagi gorizontotalarga ega bo‘lgan **FCHX** tasvirlangan. **FCHX** chikish signalining fazaviy siljishini yuqori chastotali kirish signalining ω chastotaga yoki $\Delta\omega = \omega_0 - \omega$ sozdan chiqishga bog‘liqligini belgilaydi. Bunga kirish signalining ω o‘zgarmas chastotasida va $b(t) = 0$ da konturning rezonans chastotasini o‘zgartirish yo‘li bilan erishish mumkin. Agar siljish kuchlanishi E_{sil} konturning $\omega_0 = \omega$ rezonans chastotasini belgilasa, u xolda $b(t) = 0$ bo‘ladi. Siljish kuchlanishi o‘zgarganda varikapning sig‘imi va shu bilan birga, konturning ekvivalent sig‘imlari ham o‘zgaradi. $C_v < C_{v0}$ da konturning ekvivalent sig‘imi ka-

mayadi, uning rezonans chastotasi oshadi va ω_{01} ga teng bo'lib qolib, **FCHX** o'ng tomonga suriladi (shtrixlangan chiziq 1).



5.17-rasm

Bunda kirish signalining uzatuvchi chastotasi ω o'zgarmasdan qolgani bilan chiqish signalining fazasi 1 chiziq orqali aniqlanadi ($\varphi_1 > 0$). Bu degani, uzatuvchi chastotasi chiqish kuchlanishi faza bo'yicha kirish kuchlanishining fazasiga nisbatan $\varphi = \varphi_1 > 0$ burchakka orqada qoladi.

Agar varikapning sig'imi $C_V > C_{V0}$ bo'lsa, unda **FCHX** ω ga nisbatan chapga suriladi (2-egri chiziq). Bunday xolatda $\varphi = \varphi_2 > 0$ bo'ladi. **FCHX** E_{sil} tufayli surilmaydi (quyuq chiziq), lekin ishchi nuqta xarakteristika bo'ylab siljish kuchlanishiga proporsional ravishda «sirpanadi» desak bo'ladi.

Ushbu proporsiyaga **FCHX** ning chizikli uchastkasida ishlanganda ham rioya qilinadi. Shuni aytish joizki, **FCHX** modullashtiruvchi $b(t)$ signal berilganda, **FM** ni belgilaydigan statik modulyatsion xarakteristika hisoblanadi.

Fazaviy modulyator sxemasida na faqat bita, balki har qaysisi kirish signaliga rezonansga sozlangan bog'langan konturlardan (ikkitadan to'rttagacha) ham foydalaniladi. Bunday xolda **FCHX** ning maksimal chizikli uchastkasining qiymati, $\Delta\varphi_{MLn} = \pm(n-1) \pi/2$ rad. (n -bog'langan konturlarning soni) ifoda orqali hisoblanadigan qiymatgacha kattalashadi.

$n=2$ da $\Delta\varphi_{ML2} = \pi/2$ rad, $n=3$ da $2\Delta\varphi_{1\dot{E}1}$, $n=4$ da esa $\Delta\varphi_{mML4} = 3\pi/2$ bo'ladi.

5.6. Chastota modulyatorlari

Chastota modulyatorlari, modulyatsiyaning bevosita yoki bilvosita usullari bo'yicha qurilishi mumkin.

Bilvosita usul bo'yicha ular, modullashtiruvchi kirishida integratorga ega bo'lgan o'ziga xos fazaviy modulyator hisoblanadi.

Bevosita usulli **CHM** li modulyatorlar esa, chastotasi uzatilayotgan xabar qonuni bo'yicha boshqariladigan avtogeneratorlar hisoblanadi.

Ma'lumki, oddiy **LC**-avtogeneratorining tebranish chastotasi taxminan, uning tebranish konturining rezonans chastotasi

$$\omega_G = \frac{1}{\sqrt{L_{\hat{E}\hat{A}}\tilde{N}_{\hat{E}\hat{E}}}}$$

orqali aniqlanadi. Shu sababli ω_A chastotani boshqarish, ya'ni **CHM** ni amalga oshirish, konturning bevosita ekvivalent sig'imi C_{KE} ni yoki induktivligi L_{KE} ni modullashtiruvchi $b(t)$ signalning o'zgarish qonuni bo'yicha o'zgartirish orqali bo'ladi. Aynan shundan **CHM** ning bevosita usuli nomi kelib chikkan.

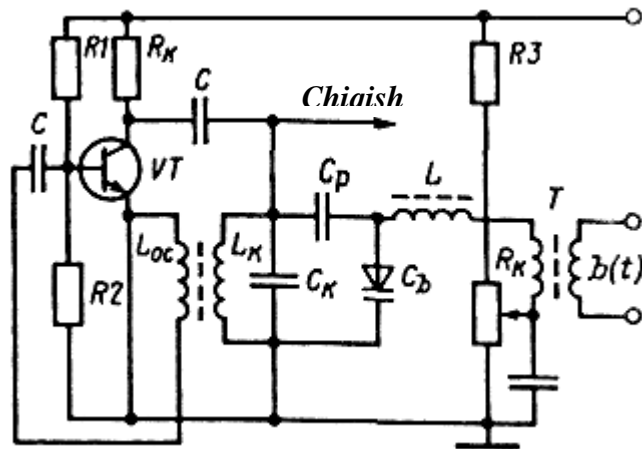
5.18-rasmda oddiy chastotasi modullashtirilgan tranzistorli **LC**-avtogeneratorning sxemasi tasvirlangan. Unda ω_G tebranishlari chastotasi fazaviy modulyatordagidek (5.15), avtogenerator konturiga ulangan C_V varikap sig'imini o'zgartirish orqali o'zgartiriladi.

Keltirilgan $\omega_G \cong 1/(\sqrt{L_{KE}C_{KE}})$ ifodadan va $C_V = f(u)$ (5.16-rasm) bog'lanishlardan foydalanib, $\omega_G = f(E_{sil})$ bog'lanishni qurish mumkin. U chiziqli uchastkaga ega bo'lgan o'ziga xos statik modulyatsion xarakteristika (**FCHX**) hisoblanib, uning uchastkasini o'rtasi generatorning jimlik rejimidagi (modullashtiruvchi kuchlanish bo'lmaganda) avtotebranish chastotaga mos bo'lishi kerak. Modullashtiruvchi kuchlanish berilgandan so'ng, avtotebranish chastotasi $\omega(t)$ bilan $b(t)$ ning chiziqli bog'lanishi, ya'ni **CHM** ga ega bo'lamiz.

Agar avtogeneratorda (5.18-rasm) L_{tb} teskari bog'lanishni uzib, **VT** tranzistorning bazasiga tashqi manbadan uzatuvchi chastota tebranishini bersak, u xolda fazaviy modulyator (mustaqil uyg'onishli generator) sxemasi xosil bo'ladi.

Chastotali modulyatsiyani na faqat **LC** generatorlarida, balki turli rusumdagi **RC**-avtogeneratorlarida, multivibratorlarda, bloking-generatorlarida ham amalga oshirsa bo'ladi. Ular tarkibidagi aktiv element, faqat tranzistorlar bo'lmasdan, boshqa elementlar, masalan integral mikrosxemalar ham bo'lishi mumkin.

Chastotali modulyatsiyadan temir yoʻlining barcha radiostansiyalarida foydalaniladi. Masalan, *JRU* rusumli radiostansiyalarida – bilvosita *CHM*, «*Transport*» rusumlilarida esa – bevosita modulyatsiya qoʻllaniladi. Shunga



5.18-rasm

mos ravishda *JRU* rusumli radiostansiyalarda, chastotasi modullashtirilgan tebranishlarning kasrli detektoridan, «*Transport*» rusumlilarida esa, kvarts asosida qurilgan detektordan foydalaniladi. Temir yoʻlda ilk bor davrlardagi radiostansiyalarda ham *CHM* qoʻllanilgan.

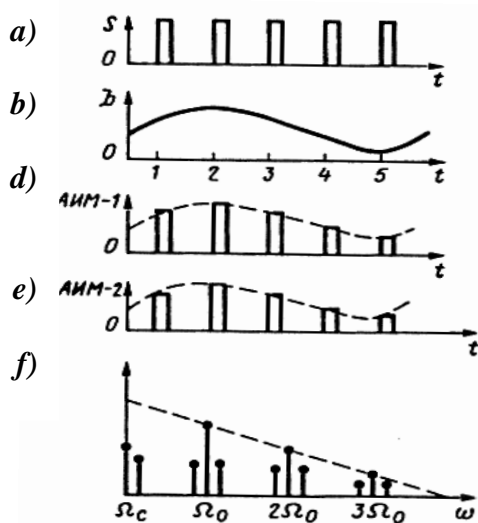
5.7. Impulslı modulyatsiya

Analog-impuls koʻrinishidagi modulyatsiyalar. Analog-impuls koʻrinishidagi modulyatsiyada amplituda, qaytarilish chastota, faza (vaqti holat) bilan xarakterlanadigan davriy videoimpulslarning ketma-ketligi uzatuvchi signal hisoblanadi. Shunga bogʻliq ravishda, impulslı modulyatsiya uzluksız (analogli) signallar vaqt boʻyicha diskretlanadigan amplituda-impulslı (*AIM*), kenglik-impulslı (*KIM*), chastota-impulslı (*CHIM*) va faza-impulslı (*FIM*) modulyatsiyalarga boʻlinadi. Shuning uchun uzatuvchi impulsning qaytarilish chastotasi Kotelnikov teoremasiga muvofiq tanlanadi.

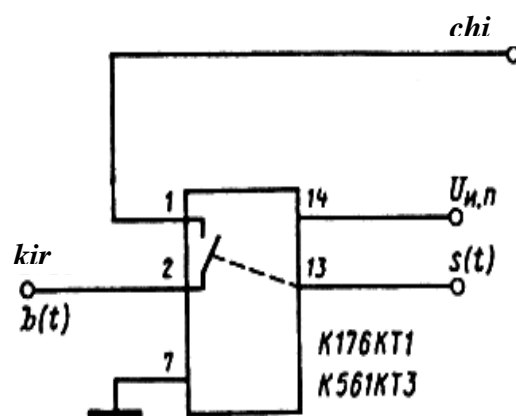
Radiotexnik uzatish tizimlarida «Analog-impulslı modulyatsiya» termini birlamchi va ikkilamchi kabi ikkilangan modulyatsiyani anglatadi. Impulslı uzatuvchining birlamchi modulyatsiyasi, uzatilayotgan analogli xabar (*AIM*, *KIM*, *FIM*) boʻyicha modulyatsiya, ikkilamchisi esa garmonik uzatuvchi tebranish kuchlanishining birlamchi modulyatsiyadan olgan modulyatsiyasi hisoblanib, *AM*, *BCHU AM*, *CHM*, *FM* uzluksız modulyatsiyalarning hammasi ikkilamchi modulyatsiya boʻlishi mumkin. Koʻpincha, uzatishning analog-impulslı tizimlari *AIM-FM*, *FIM-CHM* va boshqalar kabi xarflarning ikkita guruhi orqali belgilanadi.

Modulyatsiyaning analog-impulsli ko‘rinishidan kelajakda quriladigan, jumladan raqamli yo‘ldoshli, uyali, optik-tola aloqali va boshqa tizimlarda, ya’ni kanallari vaqt bo‘yicha ajratiladigan ko‘pkanalli aloqa tizimlarida foydalaniladi.

Amplituda-impulsli modulyatsiya. Amplituda-impulsli modulyatsiya (*AIM*), modulyatsiyaning oddiy ko‘rinishi hisoblanadi. Bunda davriy impulslar ketma-ketligi (impulsli uzatuvchi) (5.19, *a*-rasm) amplitudasi modullashtiruvchi analogli signal (5.19, *b*-rasm) qonuni bo‘yicha o‘zgartirilib, natijada *AIM* ni olinadi (5.19, *d*-rasm). *AIM* ning *AIM1* va *AIM2* kabi ikkita turi mavjud. *AIM1* da xar bir uzatuvchi impulsning amplitudasi o‘zining τ_I davomiyligi davomida modullashtiruvchi signalning, o‘zgarish qonunini takrorlaydi. *AIM2* da esa, xar bir impuls ketma-ketligi amplitudasi, modullashtiruvchi signalning ma’lum belgilangan onidagi qiymati bilan belgilanadi (Masalan, impulsning boshlanish oniga mos qiymatida) (5.19, *e*-rasm). Agar uzatuvchi impulsning τ_I davomiyligi juda kichik bo‘lsa, u xolda impulslarniki esa o‘zgaradi. Bunda tayanch va o‘lchash impulslari orasidagi vaqt intervali aynan foydali axborotni tashuvchilar



5.19–pacm



5.20–pacm

hisoblanadi. *FIM* signalining analitik ifodasi quyidagicha yoziladi: *AIM1* va *AIM2* oralaridagi farq juda sezilarsiz bo‘lib qoladi.

Odatda bunday shart xar doim bajarilgani uchun *AIM* dagi raqamni keyinchalik qo‘ymasak ham bo‘ladi.

Modullashtirilmagan uzatuvchi davriy impulslar ketma-ketligini (5.19, *a* - rasm) quyidagicha Furiye qatoriga yoyishimiz mumkin:

$$s_I(t) = \frac{\alpha_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} \cos k\Omega_0 t = \frac{\tau_I}{T_0} U_0 + 2 \frac{\tau_I}{T_0} U_0 \sum_{k=1}^{\infty} 2 \frac{\sin \frac{k\Omega_0 \tau_I}{2}}{k\Omega_0 \tau_I} \cos k\Omega_0 t$$

bu yerda: τ_I , T_0 , U_0 – mos ravishda impulslar davomiyligi, impulslar ketma-ketligi davri va amplitudasi.

AIM signalning spektrini topish uchun, avvalgi ifodadagi U_0 o‘rniga $U_0 [1 + M_{AIM} \lambda(t)]$ ifodani qo‘yamiz, bu yerda: M_{AIM} – chuqurlik (**AIM** koeffitsiyenti); $\lambda(t)$ – normalashtirilgan modullashtiruvchi signal (ya’ni maksimal sathi birga teng bo‘lgan $b(t)$ signal). Agar $\lambda(t) = \cos \Omega t$, bo‘lsa, u xolda

$$S(\lambda(t)) = \frac{\tau_I}{T_0} U_0 + \frac{\tau_I}{T_0} U_0 M_{AIM} \cos \Omega t + 2 \frac{\tau_I}{T_0} U_0 \sum_{k=1}^{\infty} 2 \frac{\sin(0,5k\Omega \tau_I)}{k\Omega \tau_I} (1 + \cos \Omega t) \cos k\Omega_0 t$$

ifodani olamiz.

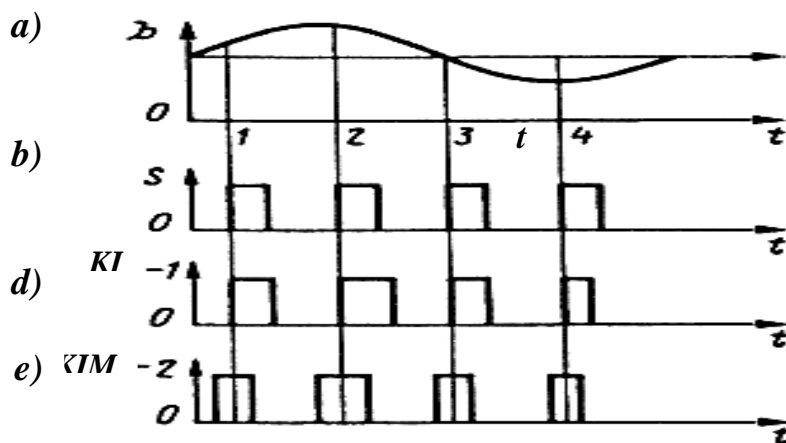
AIM signalning spektri $2 \frac{\tau_I}{T}$ o‘zgaras tashkil etuvchi, modullashtiruvchi signal (2-had) va $k\Omega_0 \pm \Omega$ ikkita chetki oraliqli Ω_0 , $2\Omega_0$, ..., $k\Omega_0$ (5.19, d-rasm) uzatuvchilar to‘plamidan tarkib topgan bo‘ladi.

AIM signali modulyatorlari. Modulyatorlar o‘ziga xos ko‘paytuvchilar hisoblanib, kirishlarining biriga modullashtirilmagan uzatuvchi impulsli tebranshlar, ikkinchisiga esa modullashtiruvchi $b(t)$ analogli signal beriladi. Ko‘pincha modulyator sifatida matematik ko‘paytirgichlarga ekvivalent bo‘lgan kalitli sxemalardan foydalaniladi. U ham bu ham tranzistorlarda yoki diodlarda, kalitlar esa integral mikrosxemalarda (**IMS**) quriladi.

5.20-rasmda **K176KT1** yoki **K561KTZ IMS** da kurilgan **AIM** ning kalitli sxemasi tasvirlangan. Analogli signal 13 boshqaruvchi kirishda boshqaruvchi impuls bo‘lganda 2,1 kontaktlar orqali chiqishga ulanadi, impuls bo‘lmaganda mos ravishda uziladi.

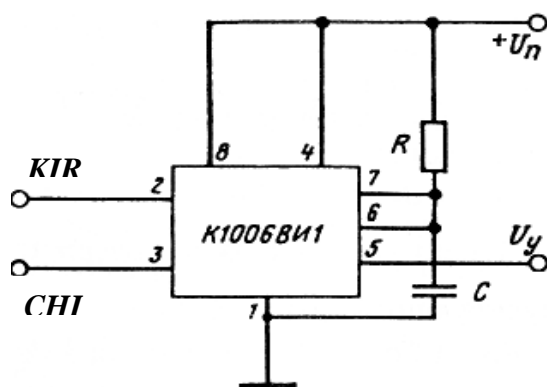
AIM signallari demodulyatori. Oxirgi ifodadan ko‘rinib turibdiki, interpolyator o‘rnini bajaradigan **PCHF** lari demodulyator bo‘lib ishlashlari mumkin. Bunda **PCHF** chiqishidagi signalning amplitudasi nisbatan kichik bo‘lgani tufayli **PCHF** yordamida foydali signalni bevosita ajratib olish unchalik samara bermaydi. Samaradorligini oshirish uchun kuchaytirgichlar va videoimpulslar kengaytirgichlaridan foydalaniladi.

Kenglik-impulsi modulyatsiya. Kenglik-impulsi modulyatsiyada, analogli $b(t)$ modullashtiruvchi signalning (5.21, *a*-rasm) qonuni bo'yicha impuls kengligi (davomiyligi) o'zgaradi (5.21, *b* -rasm).



5.21-rasm

Bunda uzatuvchining amplitudasi va qaytarilish chastotasi o'zgarmas bo'lishi kerak. Kenglik-impulsi modulyatsiyani b'zida davomiy-impulsi modulyatsiya (*DIM*) deb ham yuritishadi. *KIM* da impuls kengligining o'zgarishi faqat impulsning kesilishini surilishi hisobiga (*KIM1*) (5.21, *d*-rasm), ikki tomonli *KIM* da esa, impulsning kesilishi va fronti hisobiga (*KIM2*) (5.21, *e* -rasm) bo'ladi.



5.22-rasm

Ko'pincha bir tomonlama *KIM* dan foydalaniladi. *KIM* signalining spektrini topish uchun modullashtirilmagan impulslar ketma-ketligini quyidagi ko'rinishda ifodalaymiz:

$$u = U_0 \left(\frac{\theta}{2\pi} + \frac{2}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\sin \frac{k\theta}{2}}{k} \cos k\Omega_0 t \right),$$

va impulsning

$$\theta = \Omega\tau_I = \theta_0 + \Delta\theta \sin \Omega t$$

kengligida modullashtiruvchi signal garmonik konun buyicha uzgaradi deb faraz kilamiz. Bu yerda: $\Delta\theta$ - impulsning davomiyligi devitsiyasi.

θ ning bu qiymatini avvalgi ifodaga qo'ysak, u holda **KIM** signalining spektral tarkibini olamiz:

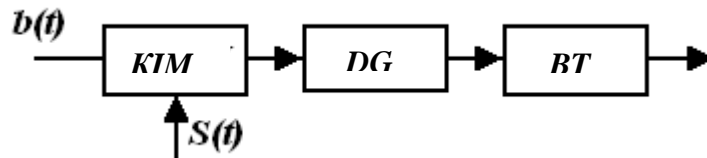
$$u = U_0 \left[\frac{\theta_0}{2\pi} + \frac{\Delta\theta}{2\pi} \sin \Omega t + \frac{2}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\sin \frac{k}{2} (\theta_0 + \Delta\theta \sin \Omega t)}{k} \cos k\Omega_0 t \right].$$

Signalning **KIM** bilan **AIM** signali spektrlari o'rtasida anchagina umumiylik mavjud bo'lib, **KIM** spektri o'zining faqat murakkabroq tuzilishi bilan farq qiladi. Unda foydali signalning buzilmagan va $k\Omega_0 \pm l\Omega$ ko'rinishidagi tashkil etuvchilar mavjud. Foydali signal egallagan spektr uchastkasi $\Omega_0 - l\Omega$ ko'rinishidagi kombinatsion chastotalar bilan «to'lgan» bo'lishi mumkin bo'lib, bu holat signalni o'ziga xos qo'shimcha buzilishlarga olib keladi.

KIM signalli modulyatorini hammadan ko'ra **IMS K1006VII** (taymer) da qurgan qulay bo'lib, uning sxemasi 5.22-rasmda tasvirlangan. Impulsi uzatuvchi signal 2-kirishga berilib, 5-kirishga esa analogli $b(t)$ modullashtiruvchi signal beriladi. **KIM** signali o'z navbatida 3- chiqishdan olinadi. **KIM** signali demodulyatori sifatida ko'pincha **PCHF** dan foydalaniladi.

Faza-impulsi modulyatsiya. Faza-impulsi modulyatsiyada (**FIM**) analogli $b(t)$ modullashtiruvchi signal qonuni bo'yicha uzatuvchi videoimpulslarning faqat vaqtli holatigina o'zgartirilib, ularning amplitudalari va davomiyligi o'zgarmasdan qoladi. Agar **KIM** signalini vaqt bo'yicha differensiyalansa, u holda musbat va manfiy impuls olinadi. Bunda olingan musbat impuls **KIM** signalining frontiga, manfiy impuls esa uning kesilishiga mos bo'ladi. Bir tomonlama **KIM** da musbat impuls qo'zgalmas bo'lib, manfiylari esa vaqt o'qi bo'yicha $b(t)$ modullashtiruvchi signalga proporsional suriladi. Qo'zg'almas impulslar aktiv yuklamali bir yarim davrli to'g'rilagich yordamida bartaraf qilinishi mumkin, qolgan impulslar esa **FIM** signali hisoblanadi. Bunda **FIM** signali modulyatori, chiqishiga differensiallovchi qurilma (**DQ**) ulangan **KIM** modulyatori va aktiv yuklamali bir yarim davrli to'g'rilagich (**BT**) dan tashkil

topgan bo‘ladi (5.23-rasm). Ba’zi xollarda faza (vaqt) bo‘yicha modullashtirilgan qat’iy to‘g‘ri to‘rtburchak shaklli impulslarni olish maqsadida BT chiqishiga birvibrator ulanadi.



5.23-rasm

Demodulyatsiya va sinxronizatsiyani ta’minlash uchun ko‘pincha, *FIM* signalini tayanch va ulchash impulslari deb yuritiladigan seriyalar (yig‘indi) ko‘rinishida tasavvur qilinadi. Tayanch impulslarining holati vaqt o‘qi bo‘yicha o‘zgarmas bo‘lib, o‘lchash

$$S(b, t) = U_0 \sum_{k=1}^{\infty} S_I(t_k - \tau_D b_k),$$

bu yerda: U_0 – impuls amplitudasi;

$S(t)$ – o‘lchash impulsi eguluvchisini ifodalovchi funksiya;

τ_D -- o‘lchash impulsining vaqtli holati deviatsiyasi;

b_k – uzatilayotgan xabarning t_k vaqt onidagi qiymati.

FIM signalining spektrini analitik ifodalash juda murakkab hisoblandi. *FIM* spektridagi uzatilayotgan garmonik signal amplitudasining tahminiy ifodasini quyidagicha yozishimiz mumkin:

$$u_0(t) \cong \Omega \frac{\tau_D \tau_I}{T_0} U_0 \cos \Omega t,$$

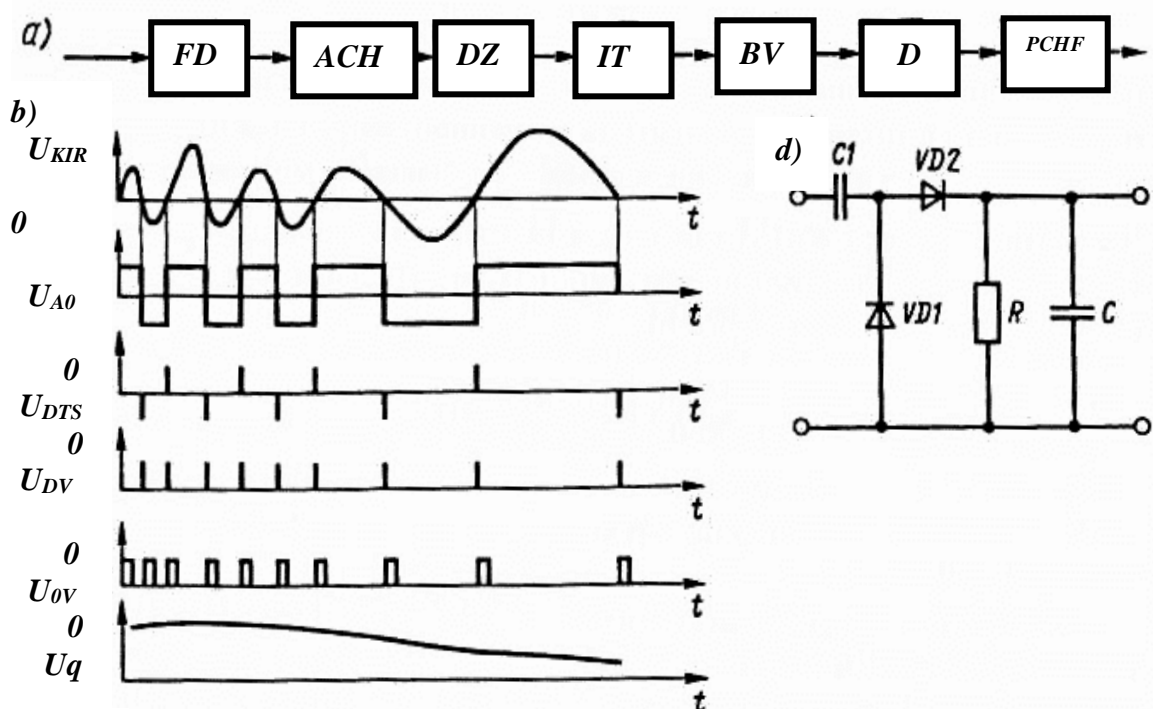
bu yerda: Ω – xabar chastotasi; τ_I – impuls davomiyligi.

FIM signal spektridagi uzatilayotgan signalning amplitudasi *AIM* va *KIM* spektridagiga qaraganda anchagina kichik bo‘lib, u modullashtiruvchi Ω chastotaning funksiyasi hisoblanadi, ya’ni buzilgan bo‘ladi. Shuning uchun *PCHF* yordamida *FIM* signallarini bevosita demodulyatsiyalash mumkin emas. Avval ularni *AIM* yoki *KIM* signaliga o‘zgartirish lozim bo‘ladi. Agar tayanch va o‘lchash impulslari yuborilsa, u xolda *RS*-trigger yordamida uning *S* kirishiga tayanch impulslarni, *R* kirishiga esa mos ravishda o‘lchash impulslarni berib, *FIM* ni osongina *KIM* ga o‘zgartirish mumkin bo‘ladi. So‘ngra *KIM* signallari *PCHF* yordamida demodulyatsiyalanadi.

Chastota-impulsli modulyatsiya. Chastota-impulsli modulyatsiya (*CHIM*) impulsli avtogeneratorlar, masalan, Royer multivibratorlari, past kollektor

ta'minotli simmetrik tranzistorli multivibratorlari, statik modulyatsion xarakteristikasida katta cho'zilgan chiziqli uchastkaga ega bo'lgan **K1008PS1**, **K1108PP1** rusumli integral mikrosxemalar yordamida amalga oshiriladi. **CHIM** signalini umuman olganda, analog signalning amplitudasini ikkitomonlama cheklash orqali olish mumkin. **CHIM** va **FIM** signallari, analogli **CHM** va **FM** signallari singari o'zaro bog'langan bo'ladi.

CHIM signalli detektor. Detektorni 5.24, *a*-rasmدا tasvirlangan sxema bo'yicha qurish mumkin bo'lib, uning tarkibiga kannali filtr (**F**), amplitudani cheklagich (**ACH**), differensiyalovchi zanjir (**DZ**), aktiv yuklamali ikki yarim davrli to'g'rilagich (**IT**), birvibrator (**BV**), kuchlanish ikkilantirgichli detektor (**D**) lar kiradi. Ushbu detektor sxemasining ishlashini vaqtli diagramma (5.24, *b*-rasm) yordamida tushuntirish mumkin.



5.24-rasm

CHIM signali aloqa kanalining tor oraliqli zanjiridan o'tish jarayonida, 5.24, *b* –rasmدا ko'rsatilganidek, analogli **CHM** signaliga o'xshash bo'lib qoladi. **ACH** blokida, u amplituda bo'yicha ikki tomonlama cheklanib, uning chiqishida turli qaytarilish chastotali va davomiyligi to'g'ri to'rtburchak shaklli bir xil impulsi $u_{ach}(t)$ signalga ega bo'lamiz. Bu impulslar **DZ** blokida vaqt bo'yicha differensiyalanib, natijada uning chiqishida o'ziga xos frontli va kesilishli $i_{az}(t)$ kuchlanishni olamiz. Oxirgi impulslar turli ishorali tor impulslar bo'lib, ular **IT** blokida bir vaqtning o'zida qaytarilish chastotasi 2 karra ko'paygan bir ishorali $i_{im}(t)$ impulslarga o'zgartiriladi. **BV** blokida esa turli chastotali, ammo davomiyligi bir xil bo'lgan impulslar shakllantirilib, ular o'z

navbatida detektor D ning kirishiga beriladi. Detektorning prinsipial sxemasi 5.24, d –rasmda ko‘rsatilgan bo‘lib, uning chiqishida uzatilgan analogli $i_d(t)$ signalga ega bo‘lamiz. Ba’zi xollarda BV bloki bo‘lmasligi ham mumkin. Ushbu detektorning parametrlari juda stabil bo‘lganligi sababli, undan hatto analogli CHM signallarida xam keng ko‘lamda foydalanilmokda. Tebranma konturlarda qurilgan detektorlarga nisbatan halaqitga chidamligi kichik bo‘lishi, ushbu detektorlarning kamchiligi hisoblanadi.

Temir yo‘l transportida modulyatsiyaning analog-impulsli ko‘rinishidan asosan radioreleli tizimlarda ($FIM-CHM$) hamda uzatishning raqamli tizimlarida foydalaniladi.

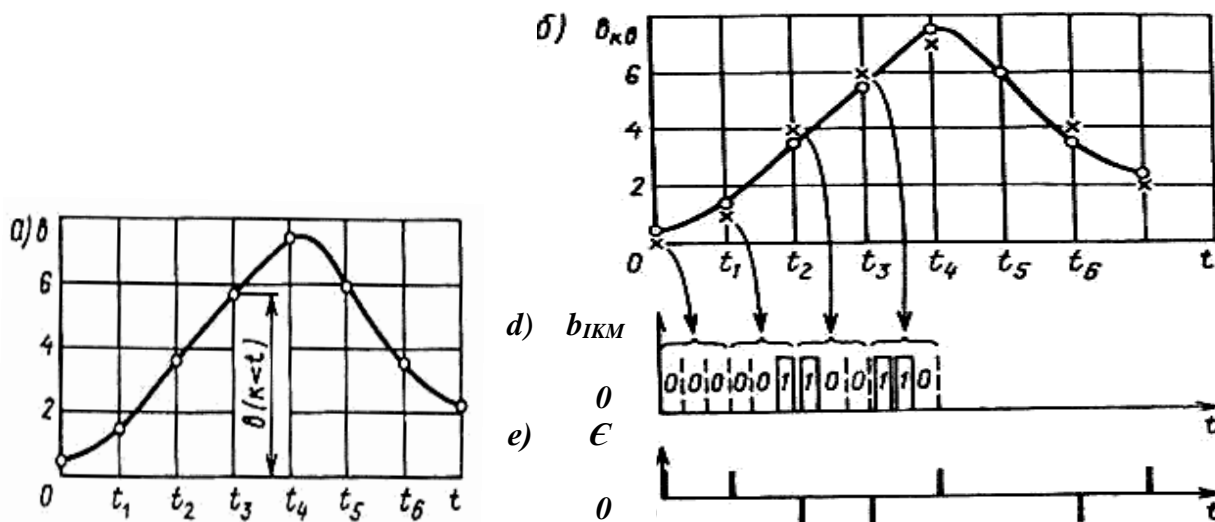
5.8. Impuls-kodli modulyatsiya

Har qanday diskretli modulyatsiya ikkilamchi bo‘lishi mumkin. Modulyatsiyaning raqamli turi, analogli xabarlarni raqamli shaklda uzatishni ta’minlaydi. Raqamli uzatish tizimlari impuls-kodli modulyatsiya (IKM) tizimlari, differensialli IKM ($DIKM$) tizimlari, delta-modulyatsiyali (DM) kabi uch sinfga bo‘linadi.

Impuls-kodli modulyatsiya (IKM), vaqt bo‘yicha uzluksiz xabarni har bir Δt vaqt intervalida diskretlash, olingan hisob boshlarda $b(k \Delta t)$ sathlar bo‘yicha kvantlash va kvantlangan $b_{KV}(\Delta t)$ qiymatlarni kodlash jarayonlarini o‘z ichiga oladigan o‘zgartirishdir (5.25, a -rasm).

Berilgan dastlabki uzluksiz signalning spektri cheklangan uzluksiz egri chiziq ko‘rinishida tasvirlangan. Uzatilayotgan $b(t)$ xabarning (ordinata o‘qi) uzluksiz sathlar shkalasi, ma’lum sonli kvantlash sathlariga ajratiladi (kvantlanadi).

Har bir xil $\Delta t = 1/(2F_v)$ vaqt intervalida absissa o‘qidagi (Kotelnikov teoremasi) t_1, t_2 va boshqa nuqtalarda $b(t)$ uzluksiz jarayonni diskretlanadi (AIM), natijada 5.25, b -rasmda nuqtalar bilan belgilangan $b(k \Delta t)$ oniy qiymatlarning hisob boshlari olinadi.



5.25-rasm

Sath bo'yicha kvantlash deganda, hisob boshi oniy qiymatining eng yaqin ruhsat etilgan $b_{KV}(\Delta t)$ kvantlash sathigacha yaxlitlash tushunilib, u 5.25, b-rasmda o'zaro kesishgan chiziqli nuqtalar bilan belgilangan. Kodlash deganda, kvantlangan hisob boshi sathini raqamlarda yozish tushiniladi (ko'pincha, ushbu raqamlarni ikkilik sanoq tizimida yoziladi). Masalan, 5.25, b –rasmda uch razradli ikkilik kodda kodlash tasvirlangan. Bu amallar uzatilayotgan tomonda analog-raqam o'zgartirgichida (*ARO'*), qabul qilish tomonda esa, mos ravishda raqam-analog o'zgartirgichida (*RAO'*) amalga oshiriladi.

Kodlashda boshqa sanoq tizimlaridan ham foydalanish mumkin. Bizga ma'lumki, har qanday L sonini ixtiyoriy sanoq tizimida quyidagi elementar raqamlar kombinatsiyasi ko'rinishida ifodalash mumkin:

$$L = \sum_{i=0}^{k-1} \beta_i a^i = \beta_0 a^0 + \beta_1 a^1 + \beta_2 a^2 + \dots + \beta_{k-1} a^{k-1},$$

Bu yerda: k – kodning razradlari soni, ya'ni kodli kombinatsiyadagi elementar simvollar (raqam) soni;

$\beta_i - 0, 1, 2, \dots, a - 1$ larni qabul qiladigan razradning raqami bo'lib, u raqam kombinatsiyada qaysi o'rinda turishi lozimligini ham ko'rsatadi;

a – kodning asosi.

Kvantlashda paydo bo'ladigan $\varepsilon(t)$ yaxlitlash xatoligini (5.25, e -rasm) yo'qotish mumkin emas, lekin u δ kvantlash qadamining yarmidan oshib ketmaganligi uchun, uni nazorat qilib turish mumkin. Dastlabki xabar $b(t)$ bilan kvantlanishdan so'ng, tiklangan xabarlarning farqi hisoblangan kvantlash xatoligi, kvantlash shovqini deyiladi.

Kvantlash shovqinining additiv shovqinlardan ajralib turadigan muhim xususiyatlaridan biri uning $b(t)$ xabar paydo bo'lishi bilan bir vaqtda paydo bo'lishidir. Kvantlash shovqini xabar bilan korrelatsiyalangan bo'lib, uning oniy quvvati qancha kichik bo'lsa, xabarning ham sathi shunchalik kichkina bo'ladi.

Zamonaviy *IKM* tizimlarida kichik sathli signallar, katta sathlilarga qaraganda kamroq xotolikli kvantlanadigan notekis kvantlashdan foydalaniladi. Kirish signalining sathiga proporsional kvantlash qadamini o'zgartirib, P_S / P_{KV} quvvatlar munosabatini signal sathi o'zgarganda ham doimiy saqlab turish mumkin.

Notekis kvantlashni shartli ravishda kirish signali sathini, kompressiyalovchi qurilma bilan tekis kvantlovchi qurilmalarning ketma-ket ulangani kabi tasavvur qilish mumkin. Bunda kirish sathlarining keng diapazonida P_S / R_{KV}

munosabatni saqlab turish uchun kompressiya xarakteristikasi logarifmnikiga yaqin bo'lishi kerak.

Kirish signali sathini kompressiyalash (siqish),uzatuvchi tomonda, qabul qiluvchi tomonda esa ekspandirlash (kengaytirish) amalga oshirilib, bunda dastlabki dinamik diapazon tiklanadi. Yuqorida aytilgan har ikkala jarayon komandirlash deyiladi.

Kompressor va ekspander xarakteristikalari o'zaro qaytuvchi bo'lishi kerak. Kompanderning amplituda xarakteristikasi A - qonun yoki μ -qonun deb ataladigan qonunlar orqali yoziladi.

Nochiziqli kodlashda kvantlash va kodlash jarayoni odatda birlashtirilib, nochiziqli kvantlovchi xarakteristika bevosita koderning o'zida shakllantiriladi.

Yevropa iyerarxiya tizimlaridagi koderda quyidagi chiziqli urinma kesma ko'rinishidagi A - qonunli kvazilogarifmik xarakteristika qo'llaniladi:

$$y = \begin{cases} \frac{Ax}{1 + \ln A} \operatorname{sign} x, & x \in [0; 1/A] \\ \frac{1 + \ln Ax}{1 + \ln A} \operatorname{sign} x, & x \in [1/A; 1] \end{cases}$$

bu yerda: $A = 87,6$ – kompressiya parametri; $x = u_{kir} / u_{kir,max}$; $y = u_{chig} / u_{chig,max}$.

Kompressiyaning tekis xarakteristikasi. uzatilayotgan signallarning dinamik diapazonining ko'rsatilgan siqish qonunini tahminiy approksimatsiyalaydigan to'g'ri chiziqli kesma-segmentlardan tashkil topgan siniq chiziq bilan almashtiriladi.

Sakkizrazradli kodlanadigan $MSE-T$ tizim uchun 16 segmentdan tashkil topgan kompressiya xarakteristikasi tavsiya qilinadi. Bunda 8 tadan segment signalning musbat va manfiy o'zgarish sohalariga to'g'ri kelib, xar qaysisi 16 ta chiziqli kvantlashdan iborat bo'ladi.

Kvantlash shovqini, IKM li tizimda qabul qilingan xabarning yuborilgan xabardan farq qilinishiga olib keladigan omillardan biri hisoblanadi.

Bunday farqning vujudga kelishiga yana boshqa sabab, kanaldagi xalaqitlar bo'lib, ular uzatilayotgan simvollar kodli kombinatsiyalariga qo'shib borib, xatolikni yuzaga chiqarishlari mumkin. Simvollardagi xatolar ham kodli kombinatsiyalarning xato dekodlanishiga olib kelishi mumkin.

Bularning natijasida, xabarning uzatilgan xaqiqiy diskret qiymati boshqasi bilan almashadi. Bunda xatolik, kodli kombinatsiya simvollaridan qaysi biri xato bilan qabul qilinganligiga bog'liq bo'ladi. Shovqinning ushbu tashkil etuvchisini, yolg'on impulslar shovqini deb yuritiladi.

Shu bilan birga, xalaqitga chidamlilikni baholashda kvantlash va dekodirlashdagi yolg'on impulslar tufayli vujudga keladigan yig'indi shovqinlarni hisobga olishga to'g'ri keladi. Uni sathlar soni $L = a^k$ ni oshirish orqali xar qancha kichkina qilish mumkin. Bunda xar bir hisob boshiga to'g'ri keladigan

kodli simvollar sonini oshirish, simvollar davomiyligini qisqartirish va kanaldagi signal spektrini kengaytirishga to‘g‘ri keladi.

Shunday qilib, modulyatsiyaning xalaqitga chidamli analogli ko‘rinishiga o‘hshab, yuqorida aytilgan shovqinni kamaytirish, signal spektrini kengaytirish orqali erishiladi. Yolg‘on impulslar shovqini anomal hisoblanib, u kanaldagi xalaqitlar va uzatuvchining modulyatsiya turi bilan belgilanadi. Signal spektrini kengaytirilganda anomal shovqinning quvvati qoidaga ko‘ra oshadi. Shuni aytish joizki, anomal xato ehtimolligi R_{an} xabarni baholash rostligini, o‘rtacha kvadratik xato $\varepsilon^2(t)$ (normal) esa, bu baholashning aniqligini (sifat) belgilaydi.

Analog-raqam o‘zgartirgich (ARO‘). Analog-raqam o‘zgartirgichi analogli signalning raqamli signalga aylantirib berish vazifasini bajaradi. **ARO‘** lar, qurish strukturasi bo‘yicha raqam-analog o‘zgartirgichli (**RAO‘**) va u siz kabi ikkita rusumga bo‘linadi.

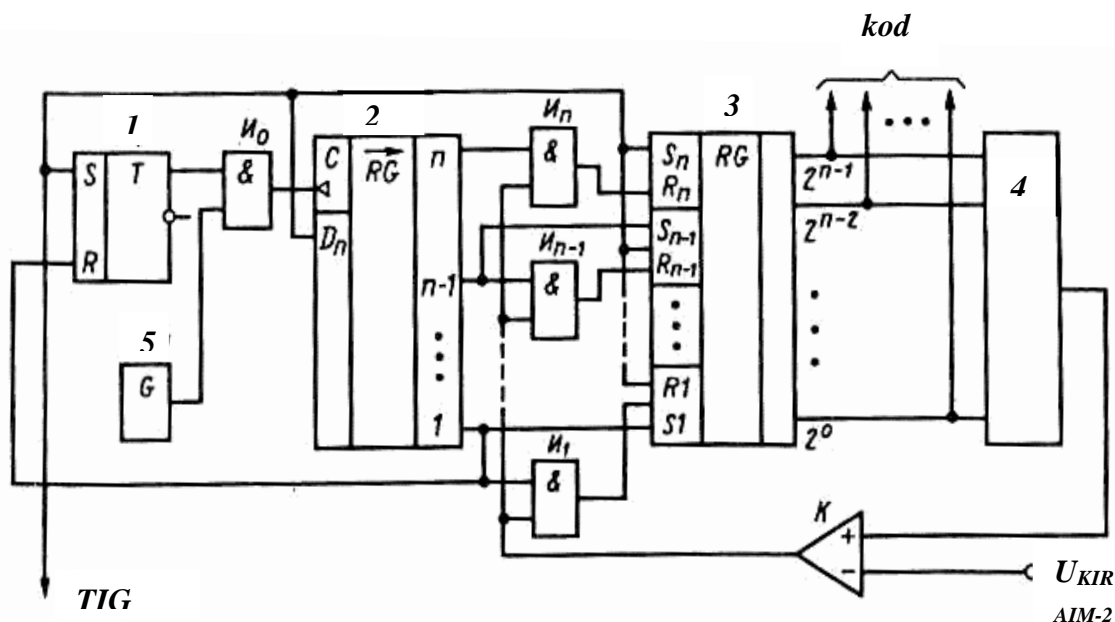
5.26-rasmda razradlar bo‘yicha rusumli **ARO‘** ning **RAO‘** bilan birgalikdagi strukturaviy sxemasi tasvirlangan. Komparator (**K**), siljish registri (**2**), kod registri (**3**) va **RAO‘** (**4**) lar uning asosiy bloklari hisoblanadi.

Kod registrining (**3**) soni kodli so‘z razradlari soniga teng bo‘lgan **RS** – triggerlardan tashkil topgan.

Siljish registrining chiqishlari ularga mos kod registri triggerlarining **R** kirishlariga, $I_1 - I_{n1}$ mos kelish elementlari orqali triggerlarning **S** kirishlariga bevosita ulangan.

Har bir triggerning chiqishi **RAO‘** ning o‘z kirishi bilan ulangan. Komparator (**K**) ning bevosita kirishiga **RAO‘** ning chiqishlari ulangan bo‘lib, uning inversli kirishiga to‘g‘ri to‘rtburchak shaklli (**AIM-2**) kirish signali ulanadi.

Komparator (**K**) ning chiqishi, barcha $I_n - I_1$ mos kelish elementlarining ikkinchi kirishi bilan ulangan. Siljish registri (**2**) ning **S** kirishiga **IO** mos kelish elementi orqali (**SIM**) siljish impulslari generatoridan siljish impulslari beriladi. Takt impulslari generatoridan (**TIG**) takt impulslari (**TI**) sikl triggerining (**I**) **S**-kirishiga, (**S₂**) siljish registrining **D**-kirishiga, (**3**) kod registri **n**-triggerining **S**-kirishiga va qolgan hamma triggerlarning **R**-kirishlariga



5.26-rasm

beriladi. I ning R -kirishi 2 ning oxirgi chiqishi bilan, I ning chiqishi esa I_0 sxemaning ikkinchi kirishi bilan ulangan. $I_n - I_1$ sxemalar ham shunga o'xshash funksiyani bajaradi.

ARO' qurilmaning ishlashini quyidagicha tushuntirish mumkin. TIG dan takt impulslari I ning S -kirishiga va bir vaqtda 2 ning D -kirishiga, 3 ning T_n triggeri S -kirishiga va qolgan uning hamma triggerlarini R -kirishlariga beriladi. Bunda I 1 holatga o'tkazilib, 2 va 3 registrnlarning chiqishlarida ham 1 paydo bo'lib, 2 ning qolgan chiqishlarida 0 paydo bo'ladi. 3 ning chiqish kodini 4 komparatorning bevosita kirishiga kelib tushadigan qiymati U_0 ga mos bo'lgan tayanch kuchlanishga o'zgartiradi. Uning inversli kirishiga uzluksiz xabarning hisob boshi U_{kir} kuchlanish beriladi. Agar $U_{kir} < U_0$ bo'lsa, K ning chiqishida 1 signal shakllanib, hamma $I_n - I_1$ mos kelish elementlarining ikkinchi kirishlariga kelib tushadi. Berilgan onda 1 faqat I_n sxemaning birinchi kirishida bo'lgani uchun, ushbu signal oxirgi elementning chiqishiga ham berilib, R ning T_n triggerini 0 holatga o'tkazadi. Agar $U_{kir} > U_0$ bo'lsa, u xolda K ning chiqishida 0 bo'lib, T_n triggerda 1 ni tashlash yuz bermaydi. Shu yo'sinda, kodli so'zning katta va qolgan razradlarining xaqiqiyliigi tekshiriladi. I 1 xolatda bo'lgani uchun, SIG dan siljish impulsi I_0 sxema orqali 2 registrning S - kirishiga o'tib, n -chiqishdan 1 ni $(n - 1)$ -chiqishga suradi. K ning bevosita kirishida U_0 ning yangi qiymati mavjud bo'lib, u $(n - 1)$ - razrad va boshqalarning xaqiqiy qiymatini aniqlash uchun U_{kir} bilan taqqoslanadi. Qachonki 1 2 registrning oxiriga yetganda 3 ning chiqishida berilgan hisob boshining to'la raqamli kodi shakllantiriladi va I nolli xolatga o'tkazilib, navbatdagi takt impulsi kelgunga qadar I_0 kalitni yopib turadi. Takt impulsi kelishi bilan jarayon takrorlanadi.

SI larning qaytarilish chastotasi TI larning qaytarilish chastotasidan minimum n marta katta bo'lishi kerak bo'lib, K kirishidagi hisob boshining davomiyligi shunday bo'lishi kerakki, ushbu vaqt davomida mos kod shakllanishga ulgursin va hisoblansin.

Raqam-analogli o'zgartirgich (RAO'). Raqam-analogli o'zgartirgich kodni analogli signalga aylantirib beradi. 5.27-rasmda attenyuator qarshiliklarda kuchlanishlarni qo'shishli uch razradli RAO' ning strukturaviy sxemasi tasvirlangan bo'lib, u kod registri (KR) ni hosil qiluvchi triggerlar, kalitlar (KI), kuchlanish manbai (E) va $R - 2R$ matritsalaridan (attenyuator) tashkil topgan. Bunda KR dagi triggerlar soni kirish kodli so'zning razradlar soniga, kalitlar soni esa undan 2 barobar ko'p bo'lishi kerak. KR ning xar bir triggerining bevosita chiqishi KI I ning boshqaruvchi kirishi bilan, uning inversli chiqishi esa KI 0 ning boshqaruvchi kirishi bilan ulangan bo'ladi, ya'ni xar qaysi trigger o'zining juft kaliti ishini boshqaradi. Ushbu kalitlarning chiqishlari o'zaro ulangan bo'lib, ular $2R$ rezistor

orqali A matritsaning tuguniga ulanadi. $KI 1$ kalit orqali $R - 2R$ matritsaga E kuchlanish, $KI 0$ orqali esa nol kuchlanish beriladi.

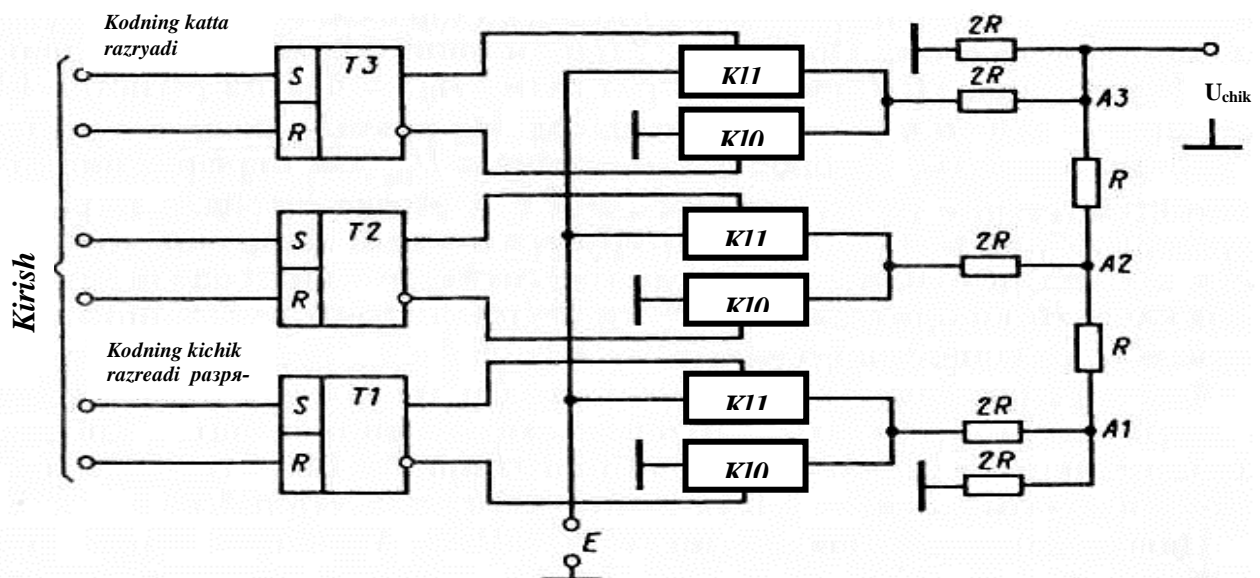
RAO' ning ishlashini quyidagicha tushuntirish mumkin. Faraz qilaylik, KR registrga $G = (4)_{10} = (100)_2$ (bu yerda indeks sanok tizimini ko'rsatadi) soniga mos kodli so'z kiritilgan bo'lsin. Bunday xolatda T_3 trigger 1 xolatda bo'lib, uchinchi razradda $KI 1$ kalit ochiq, qolgan razradlarda esa triggerlar 0 xolatda va $KI 0$ kalitlar ochiq bo'ladi. $R - 2R$ matritsani ekvivalent sxemaga o'zgartira borib, RAO' ning chiqish kuchlanishini $U_{chik} = U_{A3} = E/3$ ga teng bo'lishligini ko'rsatish mumkin. Agar KR ga $G = (2)_{10} = (010)_2$ soni yozilgan bo'lsa, u holda chiqish kuchlanish mos ravishda $U_{chik} = 0,5U_{A2} = 0,5E/3$ bo'ladi. $G = (1)_{10} = (001)_2$ sonida esa $U_{chik} = 0,25E/3$ ni tashkil etadi. Umuman olganda n -razradli registrda chiqish kuchlanishi

$$U_{chik} = \frac{1}{3} E 2^{-(n-1)} (2^{n-1} \beta_n + 2^{n-2} \beta_{n-1} + \dots + \beta_1) = \frac{1}{3} E 2^{-(n-1)} G,$$

ifoda orqali hisoblanadi. Ya'ni, kuchlanish KR ga kiritilgan G sonining qiymatiga proporsional bo'ladi.

Uzatishning raqamli tizimining (URT) avzalligi va kamchiliklari. Uzatishning raqamli tizimi, uzluksiz tizimlarga nisbatan yuqori xalaqitga chidamlik kabi texnik avzallikka ega. Bu avzallik ayniqsa signallarni ko'pmartalab retranslatsiyali URT da, masalan, radioreleli uzoq masofaga cho'zilgan aloqa liniyalarida yanada xam namoyon bo'ladi. Bunday uzluksiz tizimlarda xalaqitlar va ayrim zvenolardagi signalning buzilishi odatda yig'ilib boradi.

URT da retranslatsiyali uzatishda xalaqitlarni yig'ilib borish effektini susaytirish uchun, impulslarni kuchaytirishdan tashqari ularni regeneratsiyalash qo'llaniladi, ya'ni uzatilgan kodli impulslarni qayta tiklashli demodulyatsiyalash va qabul qilish punktida ularni qayta modulyatsiyalash.



5.27-rasm

Bunda retranslyatorning kirishidagi additiv xalaqit uning chiqishiga berilmaydi. Lekin, u demodulyatsiya jarayonida xatolikni vujudga keltirib, keyingi regeneratordagi uzatiladi. Bari bir xatolik yig'ilaveradi, lekin regeneratsiya bo'lmagandagiga qaraganda ancha kichik bo'ladi. Uzlüksiz xabarlarni raqamli uzatishda xalaqitga chidamlilik kodlashni qo'llab,uzatishning aniqligini oshirish mumkin.

URT ning yuqori xalaqitga chidamliligi undan sifati nisbatan yuqori bo'lmagan kanallarda ham aloqaning cheklanmagan uzoqligida xabar uzatishni amalga oshirish imkonini beradi. Tizimning yana bir avzalligi, unda keng ko'lamda zamonaviy element baza hisoblangan raqamli hisoblash mashinalar va mikroprotsektorlardan foydalanish imkonidir. Kamchiliklaridan shuni ko'rsatish joizki, ya'ni **URT** da yuqori xalaqitga chidamlikka **IKM** signalining spektrini dastlabki uzluksiz xabarning spektriga nisbatan kengaytirish hisobiga erishiladi.

Agar dastlabki xabarning kengligi F_c bo'lsa, u xolda diskretlashning minimal chastotasi $F_o = 2F_s$ bo'ladi (Kotelnikov teoremasi). Xar bir hisob boshi kvantlangandan so'ng, $L = (2B_{max}/\Delta Ab) + 1$ mumkin bo'lgan diskret qiymatlarni qabul qiladi va $n = \log L$ ikkilik impulslardan iborat kodlangan kombinatsiyalar bilan almashtiriladi. Jumladan, xar qaysi impulsning davomiyligi $\tau_1 = 1/2F_s n$ dan oshib ketishi mumkin bo'lmaganidek, kerakli chastota oralig'i

$$\Delta f_1 = \frac{1}{2\tau_1} = F_s n$$

ifoda orqali aniqlanadi.

Bu degani, raqamli signal spektri dastlabki uzluksiz signalnikiga qaraganda $\gamma_1 = \Delta f_1 / F_s = n$ marotaba katta. Odatda,aloqa uchun kodli so'zdagi razradlar soni $p = 8$ ni tashkil etadi. Qoidaga ko'ra, **URT** da modulyatsiyaning ikkinchi zinasidan foydalanilgani sababli, spektr qo'shimcha $u2$ marotaba kengaytirilib, uning umumiy kengayishi $\gamma = \gamma_1 \times \gamma_2$ bo'ladi. Ikkilamli modulyatsiyada: **BCHU AM** uchun $\gamma_2 = 1$ va $\gamma = \gamma_1 \times \gamma_2 = n = 8$ marotaba; **AM, BM** uchun $\gamma_2 = 2$ va $\gamma = \gamma_1 \gamma_2 = 2n = 16$ marotaba; **CHM** uchun $\gamma_2 = 2(1 + m + \sqrt{m})$, xususan $m = 1,5$ da (xarakatdagi radioaloqa) $\gamma_2 = 7,5$; $\gamma = 7,5 n = 60$ marotabani tashkil qiladi.

URT da chastota oraliq'ida, modulyatsiyaning xalaqitga chidamli uzluksiz tizimlaridagidek (*CHM, FM, FIM*) signal quvvatini «almashtirish» amalga oshiriladi

Analogli tizimlar chiqishida xabarning quvvatini, shovqinning quvvatiga nisbati signal spektri kengligi kvadratiga proporsional ravishda o'sib, shu vaqtda *URT* da bu nisbat yanada xam tezroq (eksponensial) o'sadi.

Xozirda, agar uzatiladigan xabarning spektri bir tekis bo'lsa, *URT* dan boshqa ideal modulyatsiya tizimiga yanada yakinroq tizim mavjud emas.

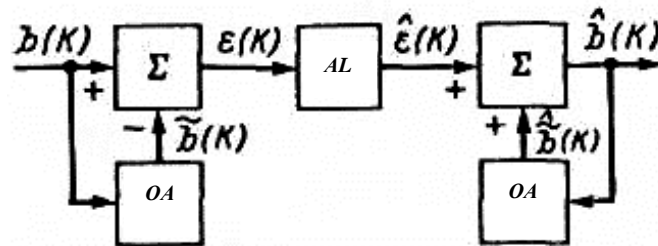
5.9. Differensial impuls-kodli modulyatsiya

Differensial *IKM (DIKM)* oldindan xabar berish tizimi hisoblanib, uning asosiy g'oyasi, hisob boshi tarkibidagi ortiqcha xabarlarni oldindan bartaraf etishdir. Ma'lumki b_1, b_2, \dots, b_{i-1} hisob boshilarida b_i hisob boshi xaqidagi ma'lum belgilangan axborot saqlanadi. Bunda saqlanayotgan axborotni oldindan aytish mumkin ekan, demak ushbu axborot ma'lum va ortiqcha bo'lib, unda axborot bo'lmaydi. Bu degani, avvalgisi bo'yicha ushbu b_i hisob boshini ma'lum $\varepsilon(t)$ xatolik bilan oldindan aytish mumkin bo'lib, uni b_i real hisob boshidan ayirib bartaraf etish mumkin ekan. Natijada faqat oldindan aytilgan xato signaligina (tasodifiy qiymat) qoladi. Unda yangi xabar bo'lib, uni alo $\varepsilon(t) = b_i - b_{iqb}$ qa liniyasiga uzatiladi. *RAO'* da $\varepsilon(t)$ signal ustida odatdagidek kvantlash va kodlash amali olib borilib, natijada *DIKM* signali xosil bo'ladi. $\varepsilon(t) \ll b_i$ bo'lgani uchun hisob boshi sathlarining soni *IKM* dagi hisob boshi sathlari soni bilan bir xil bo'lgan xolatda *DIKM* da kvantlash shovqini kamayadi. Agar shovqin saqlangan xolda, juda bo'lmasa siqishga ekvivalent bo'lgan kodning razradlar sonini kamaytiriladi va shunga bog'liq ravishda axborot uzatish tezligi ham kamayadi.

Qabul qilish tomondagi *DIKM* da xam uzatish tomondagidek oldindan aytgich mavjud bo'lib, u xam avvalgi hisob boshilar bo'yicha \hat{b}_{inp} yangi hisob boshi qiymatini uzatish tomondagidek avvaldan aytishni amalga oshiradi. Unga qabul qilingan oldindan aytilgan $\hat{\varepsilon}(t)$ xato qiymatni qo'shib, uzatilgan hisob boshini qayta tiklash mumkin. Ya'ni $\hat{b}(k) = \hat{b}_{OA}(k) + \hat{\varepsilon}(t)$, bu yerda: yuqoridagi belgi aloqa liniyasidagi xalaqitlar tomonidan ushbu elementning buzilganligini bildiradi.

5.28-rasmda oldindan aytishli uzatish tizimining umumiy ko'rinishdagi strukturaviy sxemasi tasvirlangan bo'lib, u oldindan aytgich (*OA*), aloqa liniyasi (*AL*), summator (Σ) lardan tuzilgan. Sxemaning ishlashi yuqorida aytilganlardan tushunarli bo'lib, faqat oldindan aytgich o'ziga xos qanday

qurilma ekanligi xaqida tushutirish berish talab etiladi. Qachonki hisob boshining oldindan aytilgan b_{iqb} qiymati avvalgi hisob boshining puxta $b_{iOA} = (ab_1 + bb_1 + cb_3 + \dots) \pm \delta$, bu yerda: $\delta < 0,5\Delta b$, yig'indisi hisoblanadigan bo'lsa, u xolda avvaldan aytish chiziqli deyiladi. Bu oldindan aytishning sodda va keng ko'lamda foydalaniladigan xolidir. a, b, s koeffitsiyentlar $\varepsilon(t)$ ning o'rtacha kvadratik qiymatining minimumi shartidan, ya'ni $\bar{\varepsilon}^2(t) = 0$ dan tanlanadi.



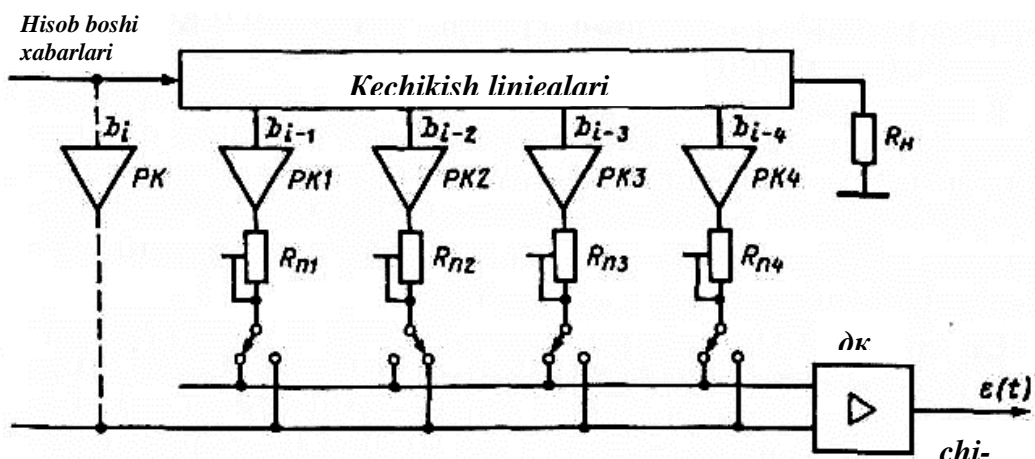
5.28-rasm

Chiziqli oldindan aytgichning strukturaviy sxemasi oldingi ifodaga muvofiq 5.29-rasmda tasvirlangan. U otvodli kechiktirish liniya, ajratuvchi kaskadlar (AK), potensiometrlar (R_n) va differensiyalovchi qo'shuvchi kuchaytirgich (DKK) dan tashkil topgan.

Kechiktirish liniyalarining otvodlari bir biridan hisob boshilar orasidagi vaqt oralig'iga mos masofada turib, bu liniya yordamida b_{i-1}, b_{i-2}, \dots avvalgi hisob boshilar xotirada tutiladi. Kechiktirish liniyaning xar qaysi otvodi ajratuvchi kaskad va mos koeffitsiyentlarning (a, b ili s, \dots) absolut qiymati o'rnatiladigan R_p potensiometr orqali differensial kushuvchi kuchaytirgichning biror kirishiga ulangan bo'ladi.

Koeffitsiyentning (+ yoki -) ishorasi, R_p potensiometrni DKK ning birinchi yoki ikkinchi kirishlaridan biriga ulash bilan o'rnatiladi. Oxirgi xolda oldindan aytilgan qiymat xaqiqiyidan shunday ayriladiki, natijada uning chiqishida quyidagi oldindan aytilgan xato signali olinsin:

$$\varepsilon(t) = b_i(k) - b_{iOA}(k).$$



5.29-rasm

Oldindan aytilgan $b_{jOA}(k)$ qiymatni ayirish, xabarni kvantash porogini $b_{jOA}(k)$ qiymatga surishga ekvivalent bo'ladi. **DIKM** li tizimlarda $\varepsilon(t)$ xato signalini notekis kvanlash qo'llaniladi, chunki bunda kichkina xatolarnigina ehtimolligi anchagina

Chiziqli oldindan aytish **DIKM** ning texnik amalga oshirishning katta sonli variantlari ma'lum bo'lib, 5.28-rasmda juda ko'p tadqiqotlar o'tkazilgan **DIKM** ning tipik sxemasi tasvirlangan. U kvantlagich (**KV**), oldindan aytgich (**OA**) larga ega bo'lib, qolgan elementlar (5.28 -rasm) sxemadagi elementlardir. Kvantlash xatoligi quyidagicha bo'ladi:

$$E_i = \varepsilon_i - \varepsilon_{\hat{E}Vi} = b_i - b_{iOA} - \varepsilon_{RVi} = b_i - (b_{iOA} + \varepsilon_{\hat{E}Vi}) = b_i - \bar{b}_i.$$

Sxemaning ishlash sifatini baholashda kriteriya sifatida quyidagi «signal-shovqin» nisbati tanlanadi:

$$\left(\frac{P_s}{P_{KV}} \right)_{DIKM} = \frac{\langle b_i^2 \rangle}{\langle (b_i - \bar{b}_i)^2 \rangle} = \frac{\langle b_i^2 \rangle}{\langle E_i^2 \rangle} = \frac{\langle b_i^2 \rangle}{\langle \varepsilon_i^2 \rangle} \frac{\langle \varepsilon_i^2 \rangle}{\langle E_i^2 \rangle},$$

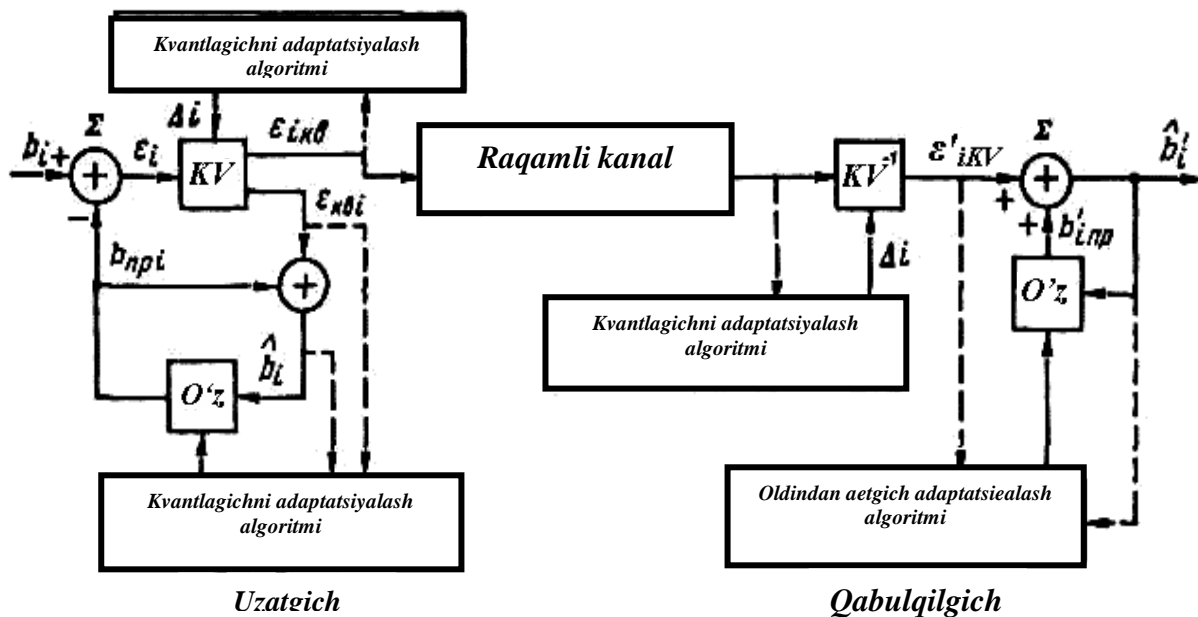
Bu yerda: $\langle \rangle$ belgi – o'rtalashni bildiradi.

Ushbu ifodadagi ikkinchi ko'paytuvchi **IKM** dagi signal-shovqin nisbati bo'lib, birinchi ko'paytuvchi esa kvanlagichlarning parametrlari bir xil bo'lganda **DIKM** tizimini xarakterlaydigan nisbat. Bu nisbat iloji boricha maksimal bo'lishi kerak.

Nostatsionar jarayon hisoblangan nutq signalini o'zgartirishda uning avtokorrelatsiya funksiyasi vaktga bog'liq bo'ladi.

Bundan optimal xarakteristikani olish uchun a_i oldindan aytish koeffitsiyentlari o'zgarishi kerak, ya'ni tizimni adaptiv qurish talab qilinadi. **DIKM** ning zamonaviy tizimlarida a_i larni adaptatsiyalashdan boshqa kvantlagichni xam adaptatsiyalashdan foydalaniladi.

Oldindan aytgich va kvantlagichi adaptatsiyalanadigan **DIKM** ni adaptiv **DIKM** (**ADIKM**) tizimi deb yuritiladi. Uzatish tezligi 32 kbit/s (**IKM** dagi 64 kbit/s o'rniga) bo'lgan **ADIKM** algoritmini belgilaydigan **G 721 MKKTT** tavsiya ishlab chiqilgan. Koderda 6-tartibli ($N = 6$) adaptiv oldindan aytgichdan foydalanish tavsiya etiladi.



5.30-rasm

5.10. Delta - modulyatsiya

Hisob boshlari orsidagi korrelatsiya ular orasidagi intervalning qisqarishi sari oshib boradi. Shuning uchun katta diskretizatsiya chastotada $\varepsilon(t)$ xato signalining kvantlash sathlari sonini ikkitaga kamaytirib, so'ngra bitta razradli tizimga o'tish mumkin bo'ladi.

Kodlashning bunday usuli delta-modulyatsiya (**DM**) deb yuritilib, oldindan ko'zlangan xato signalini kvantlash ikkita sathda amalga oshirilganda va mos ravishda diskretlash chastotasi uzatish tezligiga teng bo'lganda uni **DIKM** ning xususiy xoli deb qarash mumkin. **DM** da kvantlangan xato signali

$$\varepsilon_{KV}(k) = \gamma(k) \Delta b;$$

$$\gamma(k) = \begin{cases} +1, & \text{agar } \varepsilon(k) \geq 0; \\ -1, & \text{agar } \varepsilon(k) \leq 0. \end{cases}$$

ifodalar ko'rinishida bo'ladi.

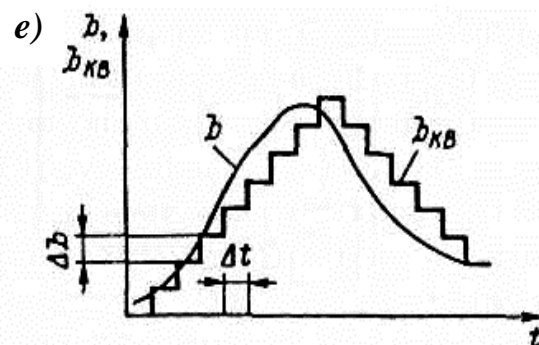
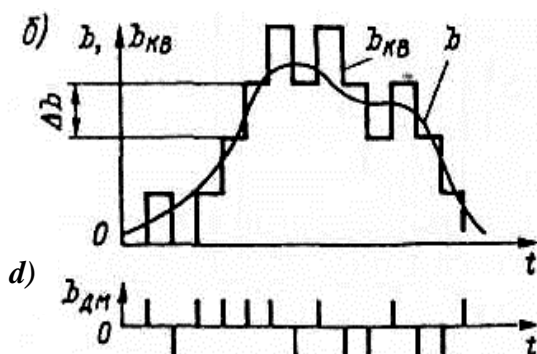
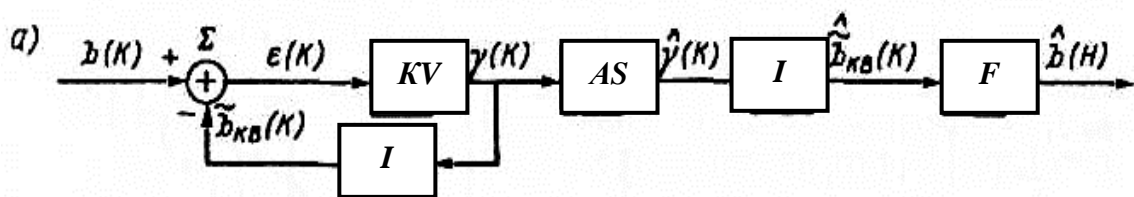
Umuman olganda, delta-modulyatorning chiqishidagi signal faqat xato signalning ishorasi xaqidagina ma'lumot beradi (5.31, d - rasm). Qabul qilish tomondagi integrator Δb ni qo'shadi yoki ayiradi, shu bilan birga hisob boshi

qiymati bilan qayta tiklangan qiymatlar orasidagi xatolikni kamaytirishni ta'minlaydi. DM signalini shakllantirish prinsipi 5.31, a – rasmda tasvirlangan. Uzatiladigan xabarning $b(k)$ hisoblash boshlari oldingi kvantlangan xato signallarini qo'shish natijasida olingan kvantlangan $\bar{b}_{KV}(k-1)$ hisoblash boshlari bilan taqqoslanadi.

$$\bar{b}_{KV}(k-1) = \sum_{i=0}^{n-1} \varepsilon_{KV}(i) = \Delta b \sum_{i=0}^{n-1} \gamma(i).$$

Agar $b(k) > b_{KV}(i-1)$ bo'lsa, u xolda kvantlagich (KV) $\gamma(k) = 1$ ni, aks xolda $\gamma(k) = -1$ ni shakllantiradi. Olingan γ simvollar aloqa kanali (liniya) orqali yuboriladi. Bir vaqtning o'zida $\Delta b \gamma(i)$ impulslar $b_{KV}(i)$ kvantlangan hisoblash boshlarini shakllantirish uchun integrator (I) ga tushib, u yerda navbatdagi xabarning hisob boshi bilan taqqoslanadi.

Summatorning chiqishida kvantlangan signal zinasimon funksiya ko'rinishida bo'lib (5.31, b –rasm), xar bir $+1$ impuls zinasimon funksiyani bitta Δb kvantlash qadamida oshiradi, xar bir -1 impuls esa aksincha kamaytiradi. Qabul qilish tomonida DM signalini dekodirlash amalini integrator bajarib, uning chiqishida yolg'on impulslar bo'lmaganda zinasimon $\hat{b}_{ev}(t)$ kuchlanish olinadi. Ushbu kuchlanish ($PCHF$) past chastota filtri yordamida silliqlangandan so'ng, uzatilgan $b(t)$ signalga yaqin signalni olinadi. $\hat{b}(t) - b(t)$ farq o'ziga xos shovqin bo'lib, uning qiymati diskretizatsiya chastotasi qancha katta va kvantlash qadami



5.31-rasm

Δb qancha kichik bo'lsa, shunchalik kichik bo'ladi. Lekin, zinasimon funksiyaning tez o'zgaradigan $b(t)$ (5.32, *a*-rasm) xabar bo'yicha o'zgarishga ulgirolmasligidan kelib chiqadigan va nishab bo'yicha qayta yuklanish deb ataladigan qo'shimcha buzilishlarni oldini olish maqsadida, Δb ni juda kichik tanlash mumkin emas.

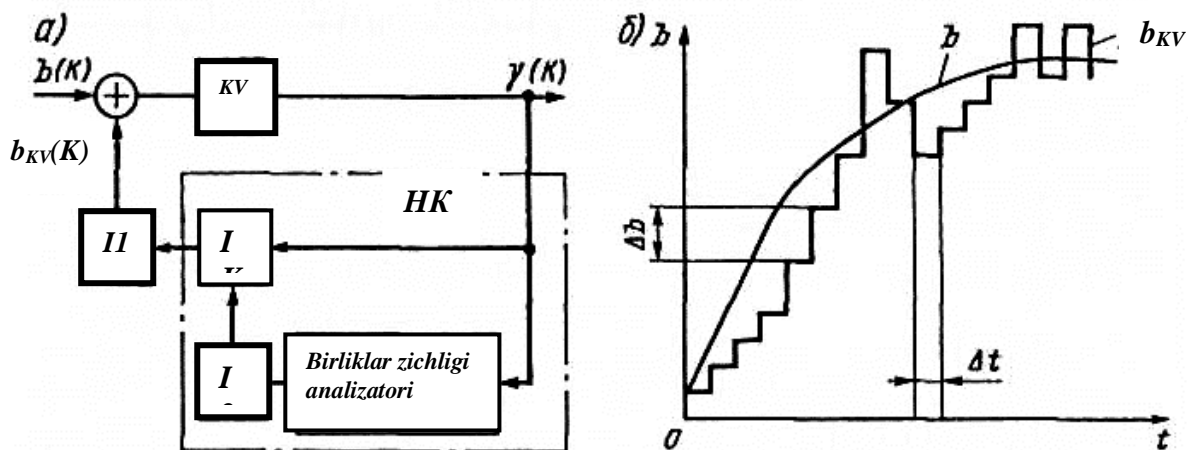
Buzilmas uzatishning sharti

$$|b'(t)|_{max} \Delta t \leq \Delta b.$$

tengsizlik hisoblanib, uni amalga oshirish uchun adaptiv **DM** dan (**ADM**) foydalaniladi. Bunda uzatuvchi tomonidagi (5.32, *a*-rasm) teskari bog'lanish zanjiriga, ya'ni integrator (**I**) ga ketma-ket kvantlash qadami Δb ni boshqaradigan hisoblash qurilmasi (**HK**) ulanadi.

Agar orttirma uch-to'rt diskretizatsiya intervalida o'zgarmasdan qolsa, bu degani yuklanish mavjud bo'lib, **HK** impulsi kuchaytirgich **IK** dan integrator **II** ning kirishiga kelayotgan impuls amplitudasini ikkilantiradi degani bo'ladi. Agar bunday vaziyatda orttirma ishorasi o'zgarmasa, u xolda Δb qadam o'lchami yana ikkilantiriladi va sh.u.(5.32, *b*-rasm).

IKM va **DIKM** larga nisbatan **DM** signali, juda katta qaytarilish chastotaga ega bo'ladi va undagi xar bir hisoblash boshiga bitta impuls to'g'ri kelib, aynan shu vaqtda **IKM** da birnechta impuls (razradlar) to'g'ri kelardi.



5.32-rasm

Shuning uchun uzatish ehtimolligi bir xil bo'lganda **IKM** va **DM** da impulslarning qaytarilish chastotasi xam bir xil bo'ladi. Ya'ni, bu ikkala tizim tahminan bir xil chastota oralig'ini egallaydi.

DM li uzatish tizimlarining muhim afzalliklaridan biri, ularning kodlash va dekodlash qurilmalarining nisbatan oddiyligi hisoblanadi. Bundan tashqari, kanalda hato ehtimoli bir xilda bo'lganda noto'g'ri impulslar shovqini **IKM** dagiga qaraganda **DM** da kichik bo'ladi. **DM** ning kamchiliklariga, noto'g'ri impulslardan vujudga keladigan (**DIKM** dagidek) xatolarning ko'payib ketish xodisasini xamda qiyalik bo'yicha qayta yuklanish bo'lishligini aytish mumkin.

Raqamli aloqa tizimlaridan temir yo'l transportida **ROSSIYA-ADIKM** yo'ldoshli aloqada, **IKM** va **DM** radioreleli alokada keng ko'lamda foydalanilyapti.

5.11. Modulyatsiyaning diskretli turlari

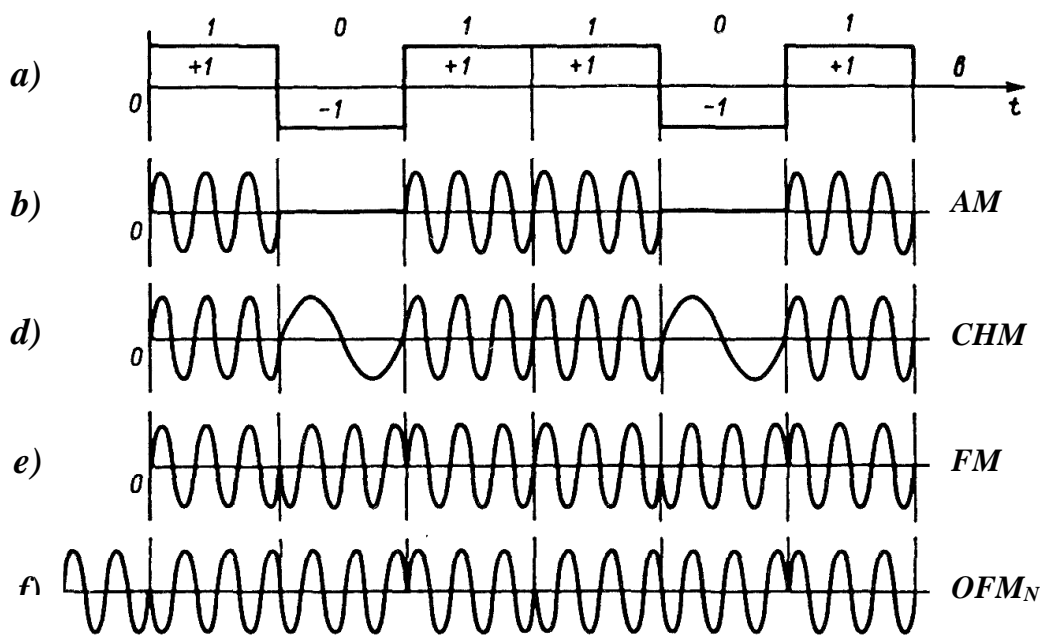
Modulyatsiyaning diskretli turlari. Diskretli modulyatsiyada modullashtiruvchi signal diskret (raqamli) signal hisoblanib, modullashtiriladigan signal esa odatda garmonik tebranish bo'ladi. Diskret modullashtiruvchi signalda modulyatsiyani ko'pincha manipulyatsiya deb yuritilib, ular amplitudali (**AM_N**), chastotali (**CHM_N**), fazali (**FM_N**) va nisbiy fazali (**NFM_N**) larga bo'linadi.

Manipulyatsiya usulining muhim parametrlaridan, modulyator va demodulyatorning (modem) chiqishidagi signalning variantlari soni yoki chiqish signalning manipulyatsiyalanadigan parametrining variantlari soni hisoblanadi. Bu raqam signalning pozitsionligi va manipulyatsiya usuli deyiladi. «**m**-pozitsion **FM_N**» so'zlar birikmasi, modulyatorning chiqishidagi signalning xar bir elementining yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan **m** ta boshlang'ich fazalar ichidan biriga ega degan tushunchani bildiradi. Agar signalning barcha **m** variantlari bir xil ehtimolikka ega bo'lsa, u xolda uzluksiz aloqa kanali kirishida informatsiya manbai modulyatorning unumdorligi **m** sonining ikkilik logarifmiga to'g'ri proporsional bo'ladi, ya'ni: $k = \log_2 m$. Ushbu kattalikni modulyatsiya karrasi deyilib, u berilgan tizimning informatsion sig'imi elementar simvolining bir xil davomiyligida ikkipozitsion (birkarrali) tizimga nisbatan necha marotaba oshib ketishini ko'rsatadi. Ko'pgina xollarda pozitsionlikni 2 ning butun sonli darajasiga teng qilib tanlanib, unda karralik **k** butun son bo'ladi.

5.33-rasmda garmonik ko'rinishidagi uzatish signalining oddiy ikkipozitsiyali (bir karrali) modulyatsiyasining oddiy usullari tasvirlangan. 5.33,*b* –rasmda modulyator kirishidagi ikki qutbli impulslar ko'rinishidagi 0 va 1 simvollarni aks ettiruvchi ikkilik signal, 5.33, *b*, *d*, *e*-rasmlarda esa ikkipozitsiyali **AM_N**, **CHM_N**, **FM_N** dan foydalanilgan ideal modulyatorning chiqishidagi signallar tasvirlangan.

Bu signallar xabarlarini uzatishning raqamli tizimlariga poydevor qo'yadigan aloqa kanalidagi diskretlik prinsipining asosini tashkil qiladi.

Modulyatsiyaning keltirilgan xar bir usuli uchun kanalda signalning faqat ikkita variantiga ruhsat beriladi. **AM_N** da bu variantlar $0 < t \leq T$ bitta yuborish



5.33-rasm

intervalida quyidagicha yoziladi:

$$u_{AMI}(t) = U_m \sin(\omega_0 t + j_0); \quad u_{AM2}(t) = 0.$$

Variantlar teng qiymatli hisoblanmay, CHM_N da $u_{CHM1}(t) = U_m \sin(\omega_1 + j_1); u_{CHM2}(t) = U_m \sin(\omega_2 + j_2)$ bo'ladi, bunda $\omega_1 = 2\pi/T$, $\omega_2 = 4\pi/T$ (5.33,d-rasm). Bunday signallar ortogonal sinfli signallarga taaluqli bo'lib, $[0, T]$ intervalida ularning ko'paytmasining integrali xar qanday φ_1 va φ_2 fazalarda 0 ga teng bo'ladi. CHM_N li signallar esa hamma vaqt xam ortogonal bo'lavermaydi. Tor oraliqli CHM_N li tizimlarda signallarning quyidagi tahminiy ortogonallik shartidan foydalaniladi. Ya'ni:

$$|\omega_2 - \omega_1| = k2\pi/T,$$

bu yerda: k – butun son.

Agar keng oraliqli CHM_N signallardan foydalanilganda tahminiy ortogonallik shartiga, ω_1 va ω_2 chastotalar orasidagi farqni oshirish orqali erishish mumkin.

CHM_N signallarida (5.33, d -rasm) signalning navbatdagi elemen-ting boshlang'ich fazasi uning chastotasiga bog'liq bo'lmasdan, tamom bo'lgan oldingi elementning fazasiga teng bo'ladigan uzluksiz fazali signallar sinfiga

kiradi. Bunday signallar ixtiyoriy boshlang'ich fazalar xoliga qaraganda ancha yuqori xalaqitga chidamlilikni ta'minlaydi.

Ikkipozitsiyali FM_N signallarining bitta yuborishli $0 < t \leq T$ intervalidagi analitik ifodasi quyidagicha yoziladi:

$$u_{FM1}(t) = U_m \sin(\omega t + \varphi_0);$$

$$u_{FM2}(t) = U_m \sin(\omega t + \varphi_0 + \pi) = -U_m \sin(\omega t + \varphi_0),$$

(5.33, e –rasm, $\omega = 4\pi/T$ va $\varphi_0 = 0$ da). Umumiy xolda FM_N li ikkilik signal variantlari ixtiyoriy φ_0 boshlang'ich fazaga ega bo'ladi va ularning fazasi signalning fazasidan 180° ga farq qiladi, ya'ni ishorasi o'zgaradi. Shuning uchun bunday signallarini ikkipozitsiyali CHM_N ortogonal signallaridan farqli o'laroq, qarama-qarshi signallar deyiladi.

FM_N yordamida xabarlarni raqamli uzatishga bo'lgan qiziqish birinchi navbatda barcha ikkipozitsiyali signallar orasida qarama-qarshisi eng katta potensial xalaqitga chidamlikka ega bo'ladi degan nazariyaga muvofik paydo bo'lgan. Lekin bunday avzallikni amalga oshirish yo'llari bir qancha qiyinchiliklar, shu bilan bir qatorda prinsipial qiyinchiliklarga duch kelinadi.

Absolut FM_N li signallari demodulyatori faqat kogerent bo'lishi mumkin. Bunda uzatiladigan signalning chastota va faza b'yiicha yetarli darajada aniq mos namunaviy variantlari shakllanishi va saqlanishi kerak. Bu muhim shart bajarilgan bo'lardi, agarda uzatilayotgan ikkilik signallar ichidan qaysi biri tayanch tebranish bilan mos bo'lishini aniqlashga erishilganda. Agar uzatiladigan signalga qandaydir belgilar, masalan sinxroimpuls yoki ortiqcha element kiritilmasa, bu prinsipial masalani xal qilib bo'lmaydi. Agar buni ham amalga oshirishning iloji bo'lmasa, u xolda absolut FM_N uchun boshlang'ich fazalarida noaniqlik mavjud bo'lib, aynan mana shu xolat nisbiy FM_N (NFM_N) ga o'tishning bosh sababchisi bo'ldi.

NFM_N da bo'ladigan noaniqlik muammosi fazalari o'zgaras va 0 yoki 180° ga teng bo'lgan qo'shni uzatishlarning fazalari farqini hisoblash yo'li bilan xal qilinadi. 5.33, f –rasmda absolut FM_N li signalga o'xshash (5.33, e -rasm) faza bo'yicha modullashtirilgan 180° uzatishli signal tasvirlangan. Ular bir biridan shu bilan farq qiladiki, NFM_N signalida berilgan uzatish fazasi FM_N ga o'xshab na faqat uzatilayotgan simvolga, balki avvalgi uzatishning boshlang'ich fazasiga xam bog'liq bo'ladi. Boshlang'ich fazalarni shakllantirish prinsipi quyidagicha. Agar berilgan uzatishda ikkilik 0 simvol uzatilayotgan bo'lsa, u xolda faza avvalgi uzatish fazasidek o'rnatiladi (fazalar farqi 0 ga teng), agar ushbu uzatishda simvol 1 uzatilayotgan bo'lsa, u xolda uning fazasi avvalgi uzatish fazasiga nisbatan 180° ga o'zgaradi (fazalar farqi 180°).

NM_N da uzatilgan ikkilik simvol ikkita uzatish bilan belgilanib, bunda hamma NFM_N li signallarini qabul qilish usuli ikkita qo'shni uzatishlar bosh-

lang'ich fazalarini taqqoslashga asoslanadi. Shunga bog'liq ravishda NFM_N li tizimda birinchi ikkilik simvolni uzatish uchun signalni kushimcha uzatilishi kerak bulib, bu uzatilish aloqa seansi oldidan uzatilgan va sanoq boshining rolini uynaydigan signal bo'lishi ham mumkin (5.33, f -rasm). FM_N li tizimda tayanch tebranishining ishorasi o'zgargandan so'ng hamma avvalgi simvollarning teskari qabul qilinadi (masalan, 1 lar 0 ga, 0 lar 1 ga). Oxirgi xolat «teskari ishlash» deb atalib, tayanch tebranishi yoki kirish signali fazasining navbatdagi faza sakrashigacha yuz beradi. NM_N li tizimda tayanch tebranishi ishorasining sakrashsimon o'zgarishi birgina xatolikka olib kelib, boshqa salbiy oqibatlar yuz bermaydi. Ammo bunday natijaga quyidagi shartlarga ko'nish bilan erishiladi. Xato ehtimoli tahminan ikki barobar ko'payadi; aloqa seansi boshida bitta hisob boshining uzatilishi talab qilinadi; raqamli oqimda asosan ikki xatolik paydo bo'lib, bu korrektorlovchi koddan foydalanishni qiyinlashtiradi; NFM_N li modem FM_N li modemga qaraganda murakkabroq.

Shuni aytish joizki, NFM_N li signallarini qabul qilish na faqat kogerent balki nokogerent usullarda ham amalga oshirilishi mumkin.

Yuqorida sanab o'tilgan manipulatsiyaning turli ko'rinishlarining xarakteristikasi va avzalliklari umumiy bo'lib, xar qaysisiga alohida to'htalib o'tamiz.

5.12. Bir karrali absolut FM_N

Fazasi manipulatsiyalangan tebranishni (FMT)

$$u_{FMI}(t) = U_m \sin(\omega_0 t + \Delta\varphi\gamma(t) + j_0) = U_m \cos[\Delta\varphi\gamma(t)] \sin(\omega_0 t + \varphi_0) + U_m \sin[\Delta\varphi\gamma(t)] \cos(\omega_0 t + \varphi_0),$$

ifoda ko'rinishida yozishimiz mumkin, bu yerda: $\gamma(t) - \Delta\varphi$ fazaning o'zgarishini belgilaydigan funksiya.

Agar $\gamma(t)$ funksiya $T = 2\tau_0$ vaqt intervalida davriy bo'lsa, ya'ni:

$$\gamma(t) = \begin{cases} 1 & \text{ï ðè } 0 < t < \tau_0; \\ -1 & \text{ï ðè } -\tau_0 > t > 0. \end{cases}$$

ifoda bajarilsa, u xolda FMT ning spektri kengligi eng katta bo'ladi.

Ushbu $\gamma(t)$ ning qiymatini avvalgi ifodaga qo'ysak, u xolda

$$u_{FM}(t) = U_m [\cos\Delta j_1 \sin(\omega_0 t + \varphi_0) + \gamma(t) \sin\Delta\varphi \cos(\omega_0 t + \varphi_0)].$$

ko'rinishdagi ifodaga ega bo'lamiz.

Ikkinchi haddagi $\gamma(t)$ funksiyani "sinus" belgisidan chiqaramiz, chunki bu funksiya toq va ± 1 qiymatni qabul qiladi. Bundan tashqari kosinusga o'z ar-

gumenti ishorasining o'zgarishi ta'sir qilmagani uchun, birinchi hadda $\gamma(t)$ funkiya bo'lmaydi. U xolda $\gamma(t)$ ni quyidagi Furiye qatoriga yoyamiz:

$$\gamma(t) = \frac{2}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1 - \cos k\pi}{k} \sin k\Omega t.$$

U xolda FMT ni

$$\begin{aligned} u_{FM}(t) &= U_m \cos \Delta\varphi \sin(\omega_0 t + \varphi_0) + \frac{2U_m}{\pi} \sin \Delta\varphi \cos(\omega_0 t + \varphi_0) \times \\ &\times \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1 - \cos k\pi}{k} \sin k\Omega t = U_m \cos \Delta\varphi \sin(\omega_0 t + \varphi_0) + \frac{U_m}{\pi} \sin \Delta\varphi \times \\ &\times \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1 - \cos k\pi}{k} [\sin(\omega_0 t + k\Omega t + \varphi_0) - \sin(\omega_0 t - k\Omega t + \varphi_0)]. \end{aligned}$$

ifoda ko'rinishida yozishimiz mumkin.

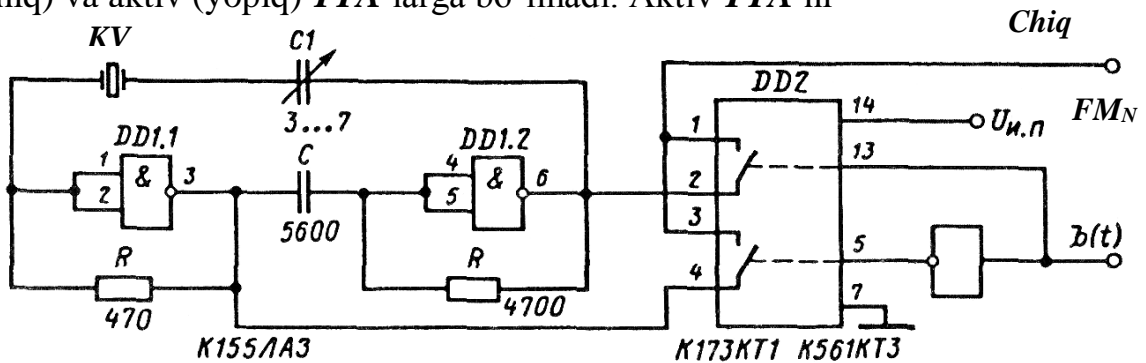
Bundan ko'rinish turibdiki, FM_N signalining spektri uzatuvchi chastota va nazariya bo'yicha kengligi cheksiz bo'lgan ikkita chetki oraliq chastotali tashkil etuvchilardan tashkil topgan bo'lar ekan. Uzatuvchi chastota tashkil etuvchining sathi ko'paytuvchi bilan belgilanadi, ya'ni $\Delta\varphi$ ga bog'liq bo'ladi.

Faza 180° ga manipulyatsiyalanganda burchak $\Delta\varphi = \pi/2$ rad ni tashkil qiladi, bundan uzatuvchi chastotaning tashkil etuvchisi bo'lmasligi va FM_N signalining hamma energiyasi chetki oraliqlarda bo'lishligi kelib chiqadi. Chetki tashkil etuvchilar amplitudalari ham sinus qonuni bo'yicha $\Delta\varphi$ ga bog'liq bo'ladi ($\cos \Delta\varphi$ ga emas).

180° li fazaviy manipulyator. Manipulyator signallar ko'paytirgichida yoki kalit sxemada bajarilishi mumkin bo'lib, ulardan birining sxemasi 5.34-rasmda tasvirlangan. Kalitlarning 2 va 4 chiqishlariga $DD1.1$ va $DD1.2$ elementlarda qurilgan generatordan uzatuvchi chastotaning teskari fazali tebranishlari beriladi. Manipulyatsiyalovchi $b(t)$ signal bevosita 13 boshqaruvchi kirishga, invertor orqali esa 5- boshqaruvchi kirishga beriladi. $b(t) = 1$ da 1,2 kontaktlar ulanadi va kalitning chiqishiga bitta faza tebranishi qo'yiladi. Bunda 3, 4 kontaktlar ochiq buladi. Agar $b(t) = 0$ bo'lsa, aksincha 3, 4 kontaktlar bekilib, 1, 2 kontaktlar ochiladi va kalit chiqishiga teskari fazali uzatuvchi chastota tebranishi qo'yiladi. Shu tarzda FM_N signali 180° ga aylantiriladi.

FM_N signallari detektori (kogerent detektor). Detektor chiqishida integratorli yoki $PCHF$ li signallar ko'paytuvchisidan tashkil topgan. Unda qabul qilingan FM_N signal unga kogerent bo'lgan tayanch tebranishi bilan ko'paytiriladi. Tayanch tebranishini shakllantiruvchi qurilmani tayanch teranishini ajratuvchi (TTA) qurilma deyilib, u maxsus sinxrosignal va informatsion

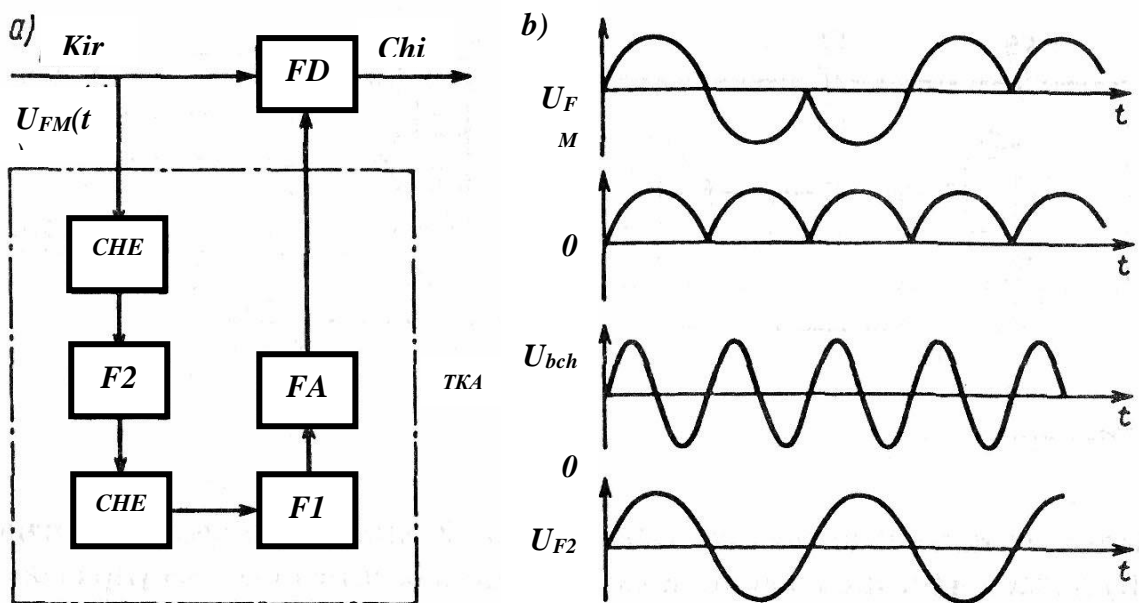
tebranish bo'yicha ishlashi mumkin. Ishlash prinsiplariga ko'ra *TTA* passiv (ochiq) va aktiv (yopiq) *TTA* larga bo'linadi. Aktiv *TTA* ni



5.34-rasm

boshqaruvchi avtogeneratorda tayanch tebranishi shakllantiriladigan chastotani avtosozlash qurilmasi ko'rinishida amalga oshiriladi

FM_N signallarni kogerent qayta ishlash masalalarida informatsion signal bo'yicha *TTA* usuli katta qiziqish uyg'otdi. Chunki signalning informatsion fazasi tasodifiy bo'lib, *TTA* ni qurish usullari fazaviy manipulyatsiyani olishga asoslanadi. Bu operatsiya remodulyatsiya deb atalib, informatsion signaldan tayanch tebranishlarini ajratib olish usullari remodulyatsiyalash usuli bo'yicha sinflanadi. *TTA* ning signallarni remodulyatsiya usullari bo'yicha farqlanadigan beshta asosiy sinflari ma'lum bo'lib, ular quyidagilar hisoblanadi: chastotani ko'paytirish, fazalarni ko'paytirish, fazalarga keltirish, qabul qilinadigan signalni bevosita remodulyatsiyalash va FM_N –signalni regeneratsiyalash. Qoidaga ko'ra *TTA* ning barcha usullarida remodulyatsiya passiv va aktiv sxemalar bo'yicha qurilishi mumkin. Chastota ko'paytirishli *TTA* ning passiv



5.35-rasm

sxemasini Pistol Kors sxemasi, chastota ko'paytirishli aktiv sxemani esa mos ravishda Siforov sxemasi deb yuritiladi. Bulardan Pistol Kors sxemasi dastlabki birinchi **TTA** sxemasi bo'lib, u keng ko'lamda tarqalgan.

U nisbatan oddiy, ishda chidamli va boshqariluvchi generatorlardan foydalanilganda yopiq tizimga o'xshab yolg'on qamrab olishlardan xoli.

Kogerent detektor sxemasida (5.35, *a* -rasm) Pistol Kors sxemasi bo'yicha **TTA** shtrixlangan chiziq bilan o'ralgan bo'lib, uning tarkibiga chastota ikkilantirgich (**CHI**), ikkinchi garmonika filtri (**F2**), chastota bo'lgich (2 marta) (**CHB**), birinchi garmonika filtri (**F1**), fazaaylantirgich (**FA**) lar kiradi. Birinchi blok (chastota ikkilantirgich) remodulyator hisoblanib, uning ishlashini vaqtli diagramma (5.35, *b* -rasm) orqali tushuntiriladi. Chastota ikkilantirgich chiqishidagi signal juft garmonikalardan tashkil topgan bo'lgani uchun, **F2** filtr tomonidan garmonikalar ichida eng quvvatlisi bo'lgan ikkinchi garmonika ajratiladi. So'ngra uni chastota bo'lgichda chastotasini 2 ga bulib, **F1** filtrning chiqishida tayanch kuchlanishini olamiz. Bunda fazaaylantirgich ajratgichdagi tayanch tebranishini vaqt bo'yicha kechikishini kompensatsiyalaydi.

Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, Pistol Kors sxemasida **TTA** ning boshqa hamma sxemalaridek tayanch tebranishining fazasi noaniq (0 yoki 180°) bo'ladi. Xatto shunday xolat bo'ladiki, faza dastlab to'g'ri fazirovka qilinganda ham real aloqa kanallarida hamisha tayanch tebranishi fazasining to'satdan «sakrash»i kuzatilib, qurilmani «teskari ishlashiga» olib kelish xollari bo'ladi. Masalan, hisobga olish mumkin bo'lmagan tayanch tebranishi traktidagi xalaqitlar, sxemada sodir bo'ladigan o'tish jarayonlari, elektr ta'minot manbaining o'zgarishi va qator boshqa ta'sirlar.

Fazaviy detektorning teskari ishlashini bartaraf etish uchun qator choralar, jumladan manipulatsiya burchagi $\Delta\varphi$ ni kamaytirish tavsiya etilgan. Bunday xolatda FM_N signalining spektrida pilot-signalning rolini bajaradigan va kogerent tayanch tebranishning boshlangich fazasi xaqidagi axborotga ega bo'lgan uzatuvchi chastota tashkil etuvchisi saqlanadi.

Ushbu choralar qurilmaning teskari ishlashini bartaraf qilgani bilan elementar simvolni xato qabul qilish ehtimolini sezilarli ko'paytiradi:

$$p_0 = 0,5 - \hat{O}(\sqrt{2}h_0 \sin \Delta\varphi), \quad \hat{O}(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x \exp\left(-\frac{y^2}{2}\right) dy,$$

bu yerda: $F(x)$ – ehtimollik integrali;

h_0^2 – elementar simvolning energiyasi E ni gauss xalaqitlarining quvvati spektral zichligi N_0 ga nisbati:

$$h_0^2 = E/N_0.$$

p_0 ning ko'payishi na faqat $\Delta\varphi$ burchakning kamayishi tufayli, balki h_0 ning kamayishi hisobiga xam buladi. Bunda signalning $P_C = E/\tau_0$ (bu yerda: τ_0 – elementar simvolning davomiyligi) umumiy generatsiya quvvatining bir qismi uzatuvchi chastota tashkil etuvchisini uzatishga sarflanadi. Bu degani, detektorning teskari ishlashi FM_N ning avzalligini 180° kamaytirish hisobiga bartaraf qilinadi. Albatta, bunga yo'l quyib bo'lmaydi. Ammo agar manipulatsiya burchagi $\Delta\varphi$ ni uzatuvchi tomonda emas, balki qabul qilish tomonda FM_N kirish signalning chastotasini n marotaba (n – butun son) bo'lish orqali kamaytirilsa, yuqorida aytilgan yo'qotishni bartaraf etish mumkin. Bu chastotasi n marotaba bo'lingan FM_N signalini quyidagicha yozsa bo'ladi degani, ya'ni:

$$u_{FM}(t) = U_0 \sin \left[\frac{\omega_0}{n} t + \gamma(t) \frac{\Delta\varphi}{n} + \frac{\Delta\varphi_0}{n} \right]. \quad (5.16)$$

$\gamma(t) = \pm 1$ bo'lgani uchun, yuqoridagi ifodani

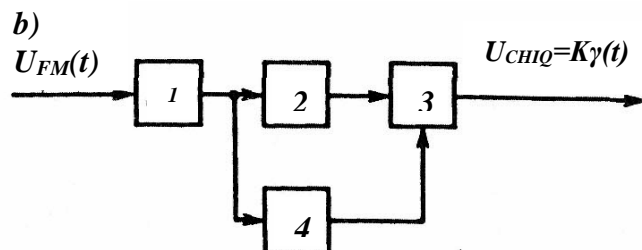
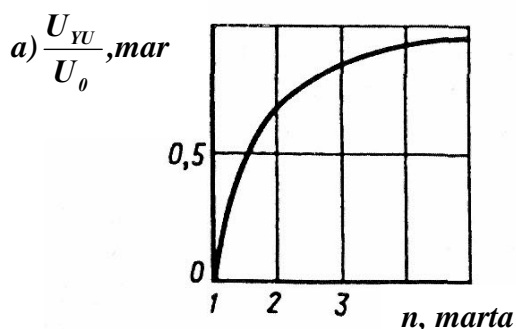
$$u_{FM}(t) = U_0 \left[\cos \frac{\Delta\varphi}{n} \sin \left(\frac{\omega_0}{n} t + \frac{\varphi_0}{n} \right) + \gamma(t) \sin \frac{\Delta\varphi}{n} \cos \left(\frac{\omega_0}{n} t + \frac{\varphi_0}{n} \right) \right]. \quad (5.17)$$

ko'rinishida yozsa bo'ladi.

Ifodadagi birinchi had uzatuvchi chastota tashkil etuvchisi bo'lib, FM_N da 180° da $\Delta\varphi = 90^\circ$, chunki chastota bo'linmaganda ($n = 1$) birinchi had nolga teng bo'ladi (chunki $\cos 90^\circ = 0$). Chastotani n ga bo'linganda ($n > 1$) $\cos \frac{90}{n}$,

FM_N tebranishi spektrida aplitudasi $U_{YU} = U_0 \cos \frac{\Delta\varphi}{n}$ bo'lgan uzatuvchi

chastota tashkil etuvchisi mavjud bo'lib, u 5.36, a –rasmda tasvirlangan. $n = 2$ da amplituda mos ravishda $U_{YU} = 0,707 U_0$ ni tashkil qilib, n ning ortishi bilan amplituda o'sib, asimptotik U_0 ga yaqinlashib boradi. Uzatuvchi chastotaning bu tashkil etuvchisi FM_N signaliga kogerent bo'lib, u bilan qattiq bog'langan. Shuning uchun fazaviy detektorning teskari ishlashini bartaraf etishda uni ajratib olinib, undan tayanch tebranishini shakllantirish kerak bo'ladi.



5.36-rasm

5.36, b –rasmda shunday kogerent detektorning (fazaviy) strukturaviy sxemasi tasvirlangan bo‘lib, u ketma-ket ulangan chastota bo‘lgich (1), uzatuvchini ajratgich (2), ikkinchi kirishi 1 ning chikishi bilan kechiktirish liniyasi (4) orkali ulangan fazaviy detektor (3) kabi bloklardan tashkil topgan.

Chastota bo‘lgichning chiqishida (5.17) ifodali signal bo‘lib, uzatuvchini ajratgich (2) chikishida esa uzatuvchining mos ravishda birinchi hadi bo‘ladi. Ushbu birinchi had 3 blokida o‘ziga-o‘zi ko‘paytiriladi. Oxirgi *PCHF* chiqishi quyidagi uzatilgan signalga ega bo‘ladi:

$$u_{chiq}(t) = k\gamma(t),$$

Bu yerda: k – proporsionallik koeffitsiyenti.

Chastotani bo‘lish va ko‘paytirish amallaridan yuqorida ko‘rilgan Pistolkors sxemasida foydalaniladi, unda avval ko‘paytirish, so‘ngra bo‘lish amali bajari-ladi. Ko‘paytirishda FM_N signalining srukturasi to‘liq buziladi, shuning uchun turli ta’sirlarda tayanch tebranishi fazasiga noanikliq va noturg‘unlik kirib ke-ladi. Ushbu sxemada (5.36, b –rasmga qaralsin) chastotani n marta bo‘lgich birinchi blok hisoblanib, unda FM_N signalning strukturasi buzilmay, faqat uning spektrida FM_N -signaliga kogerent va u bilan qattiq bog‘langan uzatish chastotali tashkil etuvchi paydo bo‘ladi.

Birkarrali NFM_N manipulyatori. Ko‘p xollarda NFM_N li signallarini shakllantirishda uni uzatiladigan ikkilik kombinatsiyada qayta kodlash (yoki ayirmali, differensial kodlash) orqali absolut FM_N (180° ga) signalning shaklliga keltirish maqsadga muvofiq bo‘ladi. Qayta kodlash algoritmi oddiy hisoblanadi. Agar $b_n = \pm 1$ orqali signalning n -uzatishida uzatilishi lozim bo‘lgan infor-matsion signalini belgilansa, u xolda NFM_N qoidasiga muvofiq, qayta ko-dlangan simvol $b_{nk} = b_n \oplus b_{n-1}$ bo‘ladi. Bu yerda: \oplus - modul 2 bo‘yicha n va oldingi ($n - 1$) uzatishlarning qo‘shilmasi. Qayta kodlangan signalni 180° li ab-solut FM_N manipulyatorining quyi chastotali kirishiga beriladi (manipulyator-ni mos strukturaviy sxemasi 5.37-rasmda tasvirlangan). Koderning ishlashini 5.1-jadval orqali tushuntirish mumkin. Uning birinchi qatoriga 1 summatorning kirishiga keladigan dastlabki kod yozilgan bo‘lib, ikkinchi qatoriga esa summa-tor chiqishidagi (3-kator) elementar simvolda ushlanib qolgan (ko‘rsatgich bilan belgilangan) kod yozilgan. Bunda dastlabki holatda summatorning chiqishida signal $b_{nk} = 0$ deb faraz qilinib, bu uning ikkinchi kirishiga xam mos keladi. 5.2-jadvalning birinchi ustunidagi xar ikkala kirishdagi signallarning modul 2 bo‘yicha yig‘indisi $1 + 0 = 1$ jadvalning ikkinchi qatori bilan ikkinchi ustuni kesishgan joyga yozib qo‘yiladi va sh .u. 5.1-jadval tagida dastlabki va qayta ko-dlangan videoimpulslar tasvirlangan bo‘lib, ular 180° li absolut FM_N (FM bloki) manipulyatorining quyi chastotali kirishiga beriladi, uning yuqori chastotali kirishiga generator (G) dan uzatish chastotali tebranish beriladi. Koder modul 2

bo'yicha Σ summator, elementar simvol davomiyligi $\tau = T$ da kechikish liniya (KL) lardan tuzilgan bo'lib, summatorning chiqishi uning ikkinchi kirish bilan KL orqali ulangan.

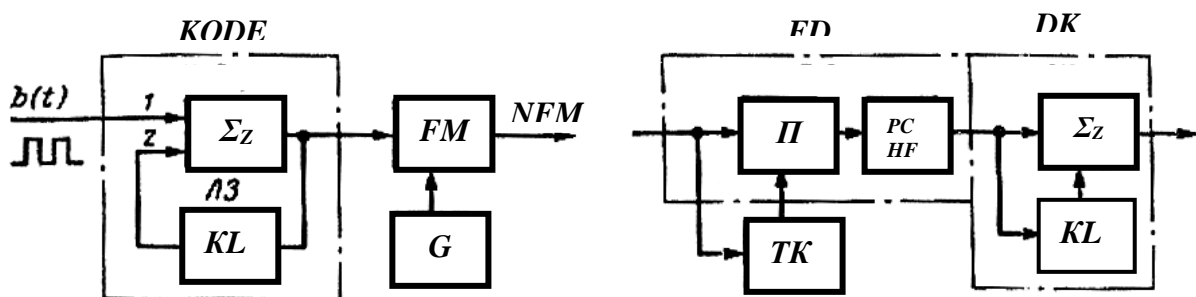
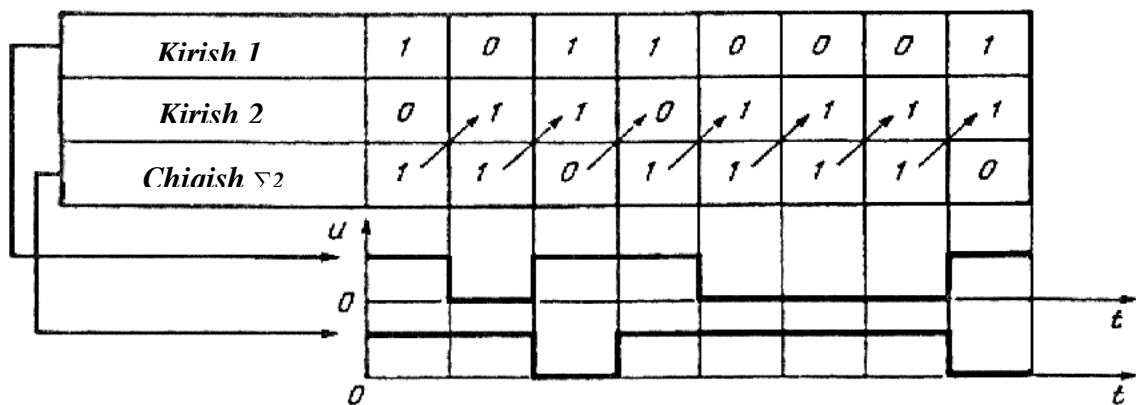
NFM_N da uzatilgan ikkilik simvol ikkita uzatish bilan aniqlanadi. Shuning uchun birkarrali NFM_N signali variantlari 0 dan $2T$ gacha bo'lgan intervalda ikkita uzatishda quyidagicha yoziladi:

$$u_{FMI}(t) = \begin{cases} U_m \sin(\omega t + \varphi_0), & 0 < t \leq T; \\ U_m \sin[\omega(t - T) + \varphi_0], & T < t \leq 2T; \end{cases}$$

$$u_{\Delta\varphi 2}(t) = \begin{cases} U_m \sin(\omega t + \varphi_0), & 0 < t \leq T; \\ -U_m \sin[\omega(t - T) + \varphi_0], & T < t \leq 2T. \end{cases}$$

5.1-jadval

Manipulyatorlarda kodli signalni olish prinsipi



5.37-rasm

5.38-rasm

$u_{FMI}(t)$ signali fazalar farqi $\Delta\varphi = 0$ uzatishga mos bo'lib, $u_{FM2}(t)$ signal esa mos ravishda $\Delta\varphi = \pi$ rad uzatishga mos bo'ladi. Agar T davomiylikli uzatishda, uzatuvchi chastota tebranishining butun son davrlari joylashadigan

bo'lsa, u xolda $0 < t \leq 2T$ vaqt intervalida signalning ifodasi quyidagicha yoziladi:

$$u_{FM1}(t) = U_m \sin(\omega t + j\varphi); \quad u_{FM2}(t) = \operatorname{sgn}\left(\sin \frac{\pi t}{T}\right) U_m \sin(\omega t + \varphi_0).$$

Bunda $u_{FM1}(t)$ signali $[0, 2T]$ intervalda faza sakrashiga ega bo'lmay, **sgn** ishorali funkiya orqali ifodalangan $u_{FM2}(t)$ signali esa $t = T$ vaqt onida fazaning π radianga sakrashiga ega bo'ladi.

Birkarrali NFM_N signalining variantlari bir uzatishda FM_N dagidek qarama-qarshi bo'lib, ikkita uzatish intervalida esa har qanday φ_0

da qanoatlantiriladigan $\int_0^{2T} u_{FM1}(t) u_{FM2}(t) dt = 0$ tenglikdan kelib chiqadigan ortogonal bo'ladi.

Birkarrali NFMN signallari demodulyatori (18.6-rasm). Birkarrali NFM_N signallari demodulyatori xam FM_N signallari demodulyatoridek bloklardan tuzilgan. Undagi chiqishida **PCHF** ulangan ko'paytuvchi (**K**) ning ikkinchi kirishiga qabul qilinayotgan signalning variantlaridan biri bilan fazasi mos bo'lgan **TTA** dan tayanch tebranishi beriladi. Keyinchalik, hisoblangan fazalar farqi va uzatilgan ikkilik simvolni aniqlash, fazaviy detektorning **PCHF** chiqishiga ulangan dekoder (**DK**) da amalga oshiriladi. Dekoder elementar simvolning τ intervalida kechikish liniyasi (**KL**) orqali ikkala kirishi o'zaro ulangan o'ziga xos 2 modulli summator hisoblanadi.

Ushbu NFM_N signallari demodulyatori katta xalaqitga chidamli qabul qilishni ta'minlaydigan kogerent hisoblanadi. Bundan tashqari nokogerent demodulyatorlar xam mavjud bo'ladi. Ular avtokorrelyatsion, optimal nokogerent demodulyatorlarga bo'linadi.

Demodulyatorlarni ishlashining matematik algoritmini tuzish uchun $u_{FM1}(t)$ va $u_{FM2}(t)$ yuborish signallarini signallarning funksional fazosida \vec{U}_{n-1} va \vec{U}_n vektorlar ko'rinishida, xalaqitlar tufayli buzilgan $Z_1(t)$ va $Z_2(t)$ yuborishlarni esa signal va xalaqitlarning funksional fazosida \vec{Z}_n , \vec{Z}_{n-1} vektorlar ko'rinishida tasvirlash qulaylik tug'diradi.

Ikki vektorning skalyar ko'paytmasiga muvofiq, vektorlar orasidagi burchak

$$\cos \Delta_n \varphi_\zeta = \frac{(\vec{Z}_n \vec{Z}_{n-1})}{|\vec{Z}_n| |\vec{Z}_{n-1}|},$$

ifoda yordamida hisoblanadi.

Bu yerda:

$$(\vec{Z}_n; \vec{Z}_{n-1}) = \int_0^T Z_n(t) Z_{n-1}(t) dt$$

\vec{Z}_n va \vec{Z}_{n-1} - vektorlarning skalyar ko'paytmasi;

$|\vec{Z}_n|, |\vec{Z}_{n-1}|$ – vektorlar uzunligi (myor):

$$|\vec{Z}_{n-1}| = \sqrt{\int_0^T Z_{n-1}^2(t) dt}; \quad |\vec{Z}_n| = \sqrt{\int_0^T Z_n^2(t) dt}.$$

Yuborilgan informatsion simvolni aniqlash uchun, avvalgi ifoda bo'yicha $\Delta_n \varphi_\zeta$ larni topish va ularni bo'lishi mumkin bo'lgan $\Delta_n \varphi_i$ qiymatlari bilan taqqoslash kerak. Bunda boshqa qabul qilingan $\Delta_n \varphi_\zeta$ qiymatlarga yaqin bo'lgan fazalar farqi yuborilgan hisoblanadi. Birkarrali NFM_N da yuboriladigan fazalar farqining $\Delta_n \varphi_1 = 0$ va $\Delta_n \varphi_2 = \pi$ rad kabi ikkita varianti mavjud bo'lib, bu farqlarning kosinusi +1 qiymatni qabul qiladi. Binobarin, birkarrali NFM_N da yuborilgan simvollarni aniqlash

$$b_n = \text{sgn} \cos \Delta_n \varphi_\zeta,$$

ifodaga muvofiq $\cos \Delta_n \varphi_\zeta$ ning ishorasini aniqlashga olib keladi, ya'ni, uzatilgan informatsion signalning n - yuborishi bo'lgan b_n kosinus $\Delta_n \varphi_\zeta$ ning ishorasiga teng bo'ladi. Vektorlar ko'paytmasining normasi musbat bo'lgani uchun, $b_n = \text{sgn}(\vec{Z}_n; \vec{Z}_{n-1})$ bo'ladi. Bu degani, yuborilgan informatsion simvolni aniqlash uchun \vec{Z}_n va \vec{Z}_{n-1} vektorlarning skalyar ko'paytmasining ishorasini topish lozim bo'ladi.

Oxirgi ifoda NFM_N nazariyasida fundamental hisoblanib, uning yordamida mohiyati bo'yicha skalyar ko'paytmani hisoblash usuli (algoritmi) bilan farqlanadigan ushbu signallarni olish va qabul qilishning matematik algoritmini yaratish hamda sinflash mumkin.

5.13. Birkarrali CHM_N manipulyatori

Manipulyator odatda chastota-belgilash zanjirining parametri manipulyatsiyalovchi $b(t)$ signal qonuni bo'yicha o'zgaradigan avtogenetorda qurilib, uning sxemasi 5.38-rasmda tasvirlangan. Ushbu manipulyator sxemasida chastota $KV1$ va $KV2$ kvarslarni ulash natijasida o'zgartiriladi. Demak sxemada $DD1.1$, $DD1.2$ elementlarda qurilgan bitta avtogenetordan foydalanilib, chastotaning sakrashsimon o'zgarishida faza tekis o'zgaradi.

CHM_N signalning effektiv chastota oralig'i

$$\Delta f_{es} = \frac{1}{\tau_s} (M_{chmn} + 1),$$

ifoda yordamida aniqlanadi, bu yerda: τ_s – elementar simvolning davomiyligi; $M_{CHMP} - CHM_N$ ning pikli (maksimal) indeksi.

O'z navbatida

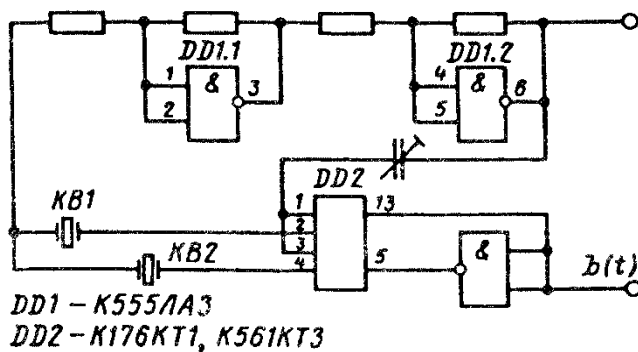
$$M_{CHMP} = 2F_{DP} \tau_s.$$

Pikli chastota deviatsiyasi

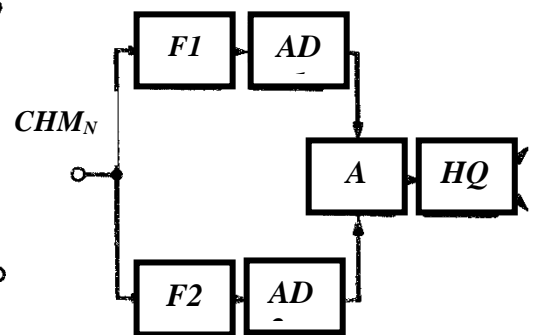
$$F_{DP} = (f_1 - f_2)0,5,$$

ifodaga teng. Bu yerda: f_1 – birlar chastotasi; f_2 – nollar chastotasi.

Demak chastotalar farqi $f_1 - f_2 = 2F_{DP}$ bo'ladi. Bundan tashqari $F_{DP} = M_{chmp}/2\tau_s$, ortogonal ikkilik CHM_N signallar uchun $M_{chmp} \geq 1$, u xolda chastotalar farqi $f_1 - f_2 \geq 1/\tau_s$ bo'ladi..



5.38-rasm



5.39-rasm

Birkarrali CHM_N signallari demodulyatori. Ikkilik CHM_N signallarini olishda egiluvchi, oniy chastota bo'yicha tor oraliqli va detektordan so'ng integrallashli keng oraliqli qabul qilish sxemalaridan keng ko'lamda foydalanilmokda. 5.39-rasmda egiluvchi bo'yicha qurilgan demodulyatorning sxemasi tasvirlangan bo'lib, u ($F1$) va ($F2$) tor oraliqli filtrlar, ($AD1$) va ($AD2$) amplitudali detektorlari, (A) ayirish qurilma va (HQ) hisoblash qurilmalardan tuzilgan. $F1$ va $F2$ filtrlar f_1 va f_2 elementar uzatish chastotalariga sozlangan. $AD1$ va $AD2$ detektorlarning chiqishlaridagi kuchlanishlar ayirish sxemasi (A) da o'zaro taqqoslanib, bunda chiqishdagi kuchlanishning ishorasi kattasining ishorasi bilan belgilanadi. HQ blokida ushbu kuchlanishning ishorasi bo'yicha qaysi simvolni

(1 yoki 0) uzatish xaqida qaror shakllantiriladi. $F1$ va $F2$ filtrlar kvazioptimal bo‘lib, ular kirish signali bilan faqat Δf_e effektiv utkazish oralig‘i bo‘yicha moslashtirilgan. Agar kirish signali to‘g‘ri burchakli impulslar ko‘rinishida bo‘lsa va filtrlar esa o‘ziga xos yagona tebranish konturlari hisoblansa, u xolda effektiv o‘qlar oralig‘i $\Delta f_e = 0,65/\tau_s$ orqali aniqlanadi. Bu yerda: τ_s – elementar simvolning davomiyligi.

Oniy chastota bo‘yicha qabul qilish sxema tor oraliqli filtr va chastota detektoridan (kasrli yoki boshqa) tashkil topgan bo‘ladi.

Detektordan keyin integrallovchili keng oraliqli qabul qilish sxemasidan nisbatan chastota mutadilligi past bo‘lgan xollarda foydalaniladi.

5.14. Amplitudali manipulyatsiya

Manipulyator o‘ziga xos uzatish chastotali tebranish va 180° li ΦM_N dagidek (5.33,b-rasm) $-U_m$ dan $+U_m$ gacha emas, balki 0 dan $+U_m$ gacha o‘zgaradigan manipulyatsiyalovchi signallarni o‘zaro ko‘paytiruvchi qurilma hisoblanadi. Pauzalarni uzatishda manipulyatorning chiqishida tebranish bo‘lmaydi, u xolda amplitudali manipulyatsiyani (AM_N) passiv pauzali tizim deyiladi. Amplitudali manipulyator sifatida uzatish chastota tebranishi beriladigan kalit (rele) kontakti bo‘lishi mumkin. Bunday xolatda kalit kontaktining yopilish va ochilishi manipulyatsiyalovchi signal qonuni bo‘yicha bo‘lib, aynan mana shunday manipulyatordan temir yo‘lda raqam kodli avtoblokirovkada va optik-tolali uzatish tizimidagi lazerni boshqarishda foydalaniladi.

AM_N signalini

$$u_{\Delta t}(t) = \gamma(t)U_m \sin(\omega_0 t + \varphi_0),$$

ifoda ko‘rinishida yozish mumkin. Bu yerda: $\gamma(t)$ – amplitudaning o‘zgarish qonunini belgilaydigan funksiya.

Agar $\gamma(t)$ funksiya $T = 2\tau_0$ intervalida davriy bo‘lsa, ya’ni:

$$\gamma(t) = \begin{cases} 1, & 0 < t < \tau_0 \\ 0, & -\tau_s < t < 0 \end{cases}$$

u xolda AM_N signalining spektr kengligi katta bo‘ladi.

$\gamma(t)$ funksiyani Furiye qatoriga yoyamiz:

$$\gamma(t) = 0,5 + \frac{1}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1 - \cos k\pi}{k} \sin k\Omega t.$$

Unda AM_N signali

$$u_{\lambda i}(t) = U_m \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1 - \cos k\pi}{k} \text{sinc} k\Omega t \right) \sin(\omega_0 t + \varphi_0).$$

ifoda ko‘rinishini oladi.

Uning spektrini egiluvchisi quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi:

$$A(\omega) = \frac{U_m \tau_0}{2} \frac{\text{sin} 0,5(\omega - \omega_0) \tau_0}{0,5(\omega - \omega_0) \tau_0}.$$

AM_N signalining chastota oraliq‘ining kengligi FM_N , 180° li NFM_N signallari chastota oraliqlari kengligidek, ammo CHM_N nikidan anchagina kichik bo‘ladi.

CHM_N , FM_N va 180° li NFM_N tebranishlarini AM_N li ikkita tebranishlariga bo‘lish mumkin. Ulardan har qaysisi CHM_N da bir xil amplitudaga, lekin turli uzatish chastotasiga (f_1 yoki f_2), FM_N da esa bitta uzatish chastotaga, lekin qarama-qarshi fazalarga va bir xil amplitudalarga ega bo‘ladi. FM_N tebranishni ikkilnagan amplitudali AM_N tebranishlari va yana amplitudasi AM_N tebranishlar amplitudasidan 2 marotaba kichik bo‘lgan qarama-qarshi fazali uzatish chastota tebranishlarga ajratish mumkin. NFM_N tebranishlarining FM_N tebranishlariga o‘xshab, AM_N orqali ifodalash mumkin.

AM_N signallari demodulyatori odiy egiluvchining yoki sinxron detektor hisoblanadi.

AM_N manipulyatsiya, manipulyatsiyaning boshqa ko‘rinishlariga nisbatan, qabul qilishda juda past xalaqitga chidamlilikni ta‘minlab, berilgan xato ehtimoliga erishish uchun AM_N signalining quvvati FM_N signalinikiga qaraganda 4 barobar, CHM_N signalinikiga qaraganda esa 2 barobar katta bo‘lishi kerak.

5.15. Shovqinsimon signal tashuvchilar modulyatsiyasi

Shovqinsimon signallar ($SHSS$) ulkan xususiyatlarga ega bo‘lib, ularning amalda juda muhim o‘rin tutishi ularga bo‘lgan qiziqishga sabab bo‘ldi. $SHSS$ larning bu xususiyatlariga quyidagilar kiradi: signal sathi xalaqitning o‘rtacha sathidan past bo‘lgan xollarda uni turg‘un qabul qilish imkoniyati; band chastota diapazonida ishlashi, chunki bunday signallarning seleksiyasi shakl bo‘yicha amalga oshiriladi; tor oraliqli uzluksiz va impulsli xalaqitlarga bo‘lgan yuqori xalaqitga chidamlilikni ta‘minlash; ko‘pnurlikning (multiplikativ xalaqit) mavjudligida yukori xalaqitga chidamlilik; obyektning harakati parametrlarini (tezlik, koordinatalar va boshqalar) anchagina aniqliqda o‘lchash; har turli funksional vazifalarni birga olib borish.

Shovqinsimon signallar tasodifiy bo'lmay, balki ma'lum algoritm bo'yicha shakllanadi. Ammo ularning xususiyatlari shovqin xususiyatiga yaqin bo'lib, chastota bo'yicha chegaralangan bo'ladi. Ularning energospektri tahminan o'zgarimas bo'lib, korrelatsiya funksiyasi tor asosiy cho'qqiga va uncha katta bo'lmagan «chiqarib tashlash» larga ega (*SHSS* deb atalishi shundan). Shovqinsimon signallar o'ziga xos uzunligi M (M -ketma-ketlik) bo'lgan raqamli ketma-ketlik hisoblanadi. M ketma-ketlikda bir va nollarning almashinish qonuni noaniq bo'lgani tufayli, ularni yana psevdotasodifiy ketma-ketlik deb ham yuritishadi. Bunday ketma-ketlikni hammadan osoni mantiqiy teskari bog'lanishli siljish registri yordamida shakllantirishdir.

SHSS larning ayniqsa axborotni uzatishning raqamli tizimlarida imkoniyatlari katta bo'lib, ular yordamida informatsion raqamli signalning chastota oralig'i suniy kengaytiriladi. Buning uchun davomiyligi T bo'lgan elementar uzatishli raqamli signal uzatish davomiyligi $\tau_0 \ll T$ bo'lgan *SHSS* bilan kupaytiriladi. Agar raqamli signalning ishorasi o'zgaruvchan ($+I, -I$) va shakli to'g'ri burchakli bo'lsa, u xolda ko'paytirishda to'rt burchak shaklli informatsion raqamli signalda to'g'ri burchak shaklli *SHSS*-tashuvchi 180° li absolut FM_N ega bo'lamiz. Bundan informatsion signal elementi N binar (ikkilik) elementlarga bo'linadi:

$$N = T/\tau_0 = T\Delta f_e = B,$$

bu yerda: V – signal bazasi.

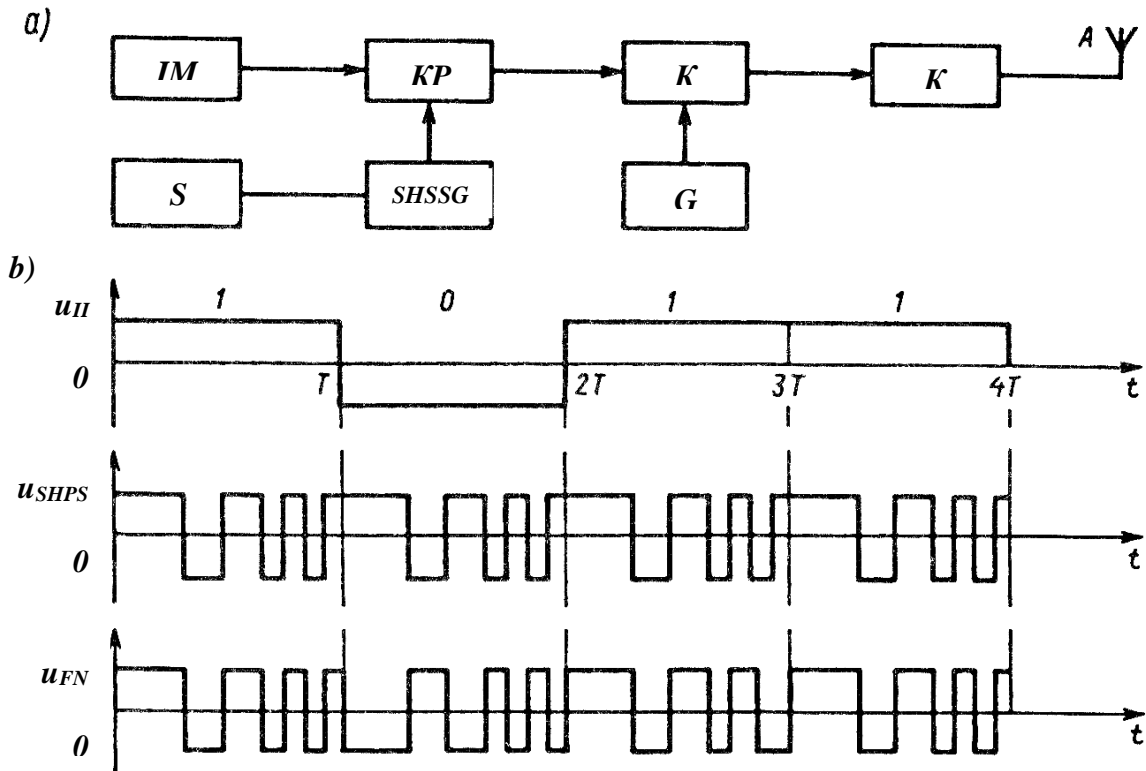
Ma'lumki $V \gg 1$, shuning uchun *SHSS* keng oraliqli ($1/\tau_0 \gg 1/T$) hisoblanadi. Tor oraliqli tizimlarda $V = 1$ bo'ladi. *SHSS* bazasini uning yuqorida sanab o'tilgan avzalliklaridan kelib chiqib, oldindan o'ylab signalga kiritilgan ortiqchalik bilan xarakterlanadigan parametr deb qarash ham mumkin

5.40,*a*-rasmda raqamli uzatish tizimidagi *SHSS* tashuvchi modulyatorining strukturaviy sxemasi tasvirlangan bo'lib, uning tarkibiga raqamli informatsiya manbai (*RIM*), signallar ko'paytirgichi (*SK*), *SHSS* generatori (*SHSSG*), sinxronizator (*S*), balansli modulyator (*BM*), garmonik uzatuvchi generatori (*G*), kuchaytirgich (*K*) lar kiradi. Raqamli signal (1 yoki 0) *RIM* blokidan ko'paytirgich (*K*) ning bitta kirishiga berilib, uning ikkinchi kirishiga generator-dan *SHSS* beriladi. Agar 1 uzatiladigan bo'lsa, u xolda *K* blokining chiqishida signal fazasi 0 ga teng bo'ladi. Aks xolda u 180° ga teng bo'lib, 180° li FM_N ga mos bo'ladi (5.40,*b*-rasm).

Informatsion manbadan raqamli T signalni elementar uzatishda τ_0 davomiylikli *SHSS* ning $N=T/\tau_0$ elementar uzatishlari joylashtiriladi. *SHSS* spektrining kengligi $F = 1/\tau_0$ bo'lgani uchun, FM_N signalning bazasi $V = FT = N \gg 1$ bo'ladi.

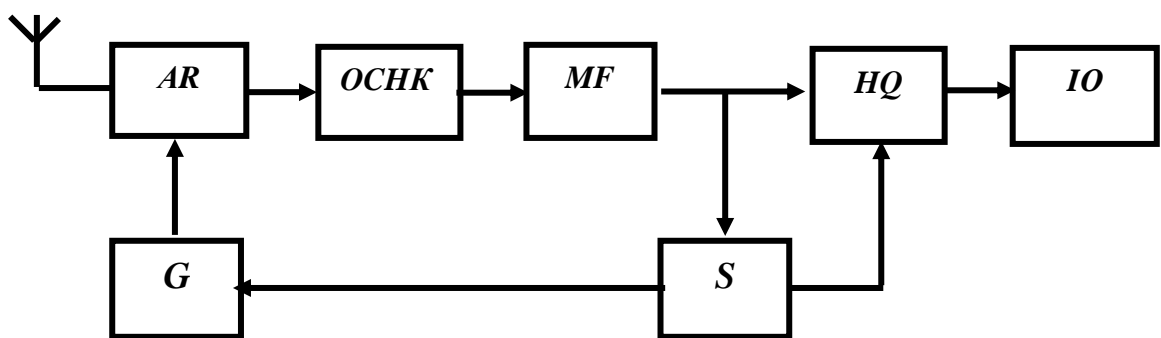
BM blokida informatsion *SHSS* uzatgichning ishchi chastotasida uzatiladi va *K* blokida kuchaytirilgandan so'ng antenna (*A*) yordamida nurlatiladi.

Qabulqilgichdagi (5.41-rasm) signal, aralastirgich (*AR*) orqali o'tib, geterodin



5.40-rasm

(*G*) yordamida oraliq chastotada uzatiladi, soʻngra u oraliq chastota kuchaytirgichida (*OCHK*) kuchaytirilib muvofiqlashtiruvchi filtr (*MF*) tomonidan qayta ishlanadi. Signal *MF* ning chiqishidan sinxronizator (*S*) va hisoblash qurilma (*HQ*) ga tushadi. Sinxronizator *FMN* signalini chastota va vaqt boʻyicha qidirishni amalga oshiradi,



5.41-rasm

sinxronizatsiyaning puxtaligini oshirish uchun signalni yigʻadi, hisoblash qurilmaning ish rejimini boshqaradi.

Qidiruv tugagandan keyin va sinxronizatsiyaga kirgandan so'ng, HQ ning chiqishida ikkilik simvollar ko'rinishidagi informatsion ketma-ketlik paydo bo'lib, u informatsiya oluvchi (IO) ga uzatiladi.

Yukorida qurilgan $SHSS$ modulyator va demodulyatori oddiy hisoblanib, ular birgina emas.

5.16. Minimal chastotali manipulyatsiya

Minimal chastotali manipulyatsiya ($MCHM_N$) o'ziga xos chastota-fazali manipulyatsiya ($CHFM_N$) hisoblanadi.

$0 \dots T_S$ bir simvol intervalida M -pozitsiyali FM_N ($FM_N - M$) signali quyidagi ko'rinishda buladi:

$$S_i(t) = U_0 \cos(\omega_0 t - \varphi_i). \quad (5.18)$$

Signal fazasining diskret qiymati $\varphi_i = 2\pi a_i / M$ ga teng bo'ladi. Bu yerda: M – bo'lishi mumkin bo'lgan signallar soni; a_i - ($0, 1, 2, \dots, M-1$) ko'plikdan olinadigan M -simvollar. Odatda $M = 2^K$ bo'lib, bu yerda: K - FM_N ning karraligi. U xolda a_i ning M -simvoli $K = \log_2 M$ ichidan davomiyligi $T_S = KT$ (bu yerda: T – bitta bitning davomiyligi bo'lib, u manipulyatsiya tezligi $V = \frac{1}{T}$ ni belgilaydi) bo'lgan ikkilik informatsion simvollar to'plamiga mos bo'ladi.

Umumiy xolda $S(t) = U_0 \cos(\omega_0 t - \varphi(t))$ ni FM_N tebranishining quyidagi kvadraturali tashkil etuvchilar ko'rinishida yozish mumkin:

$$\begin{aligned} S(t) &= [U_0 \cos \varphi(t)] \cos \omega_0 t + [U_0 \sin \varphi(t)] \sin \omega_0 t = \\ &= U_0 [I(t) \cos \omega_0 t + Q(t) \sin \omega_0 t], \end{aligned} \quad (5.19)$$

Bu yerda: $I(t) = \cos \varphi(t)$, $Q(t) = \sin \varphi(t)$;

$\varphi(t)$ – uzatish fazasining o'zgarish qonunini belgilaydigan parametr.

$I(t)$ va $Q(t)$ manipulyatsiyalovchi funksiyalar quyidagi ko'rinishda beriladi:

$$I(t) = \sum_n a_n p(t - nT_c); \quad Q(t) = \sum_n b_n q(t - nT_c),$$

Bu yerda: a_n, b_n – informatsion simvollar;

$p(t), q(t)$ – kvadraturali kanallardagi elementar modullashtiruvchi signallar.

a_n va b_n ketma-ketlikni dastlabki $\mathcal{S}(t)$ informatsion ketma-ketlikni juft va toq simvollarga ajratilib olinadi. $p(t)$ va $q(t)$ modullashtiruvchi signallarni shunday tanlanadiki, ular ketma-ket uzatishda kvadraturali kanallarni simvollar aro interferensiyadan xoli bo'lib, qayta berkitib qo'ymasinlar.

Kiritilgan belgilashlarga muvofiq

$$I^2(t)+Q^2(t) = const, \quad (5.20)$$

bo'lib, uni quyidagi to'g'ri burchakli impulslar ko'rinishidagi elementar modullashtiruvchi signallar qanoatlantiradi:

$$p(t) = q(t) = \begin{cases} 1 & \text{ï ðè } 0 \leq t \leq T_s, \\ 0 & \text{ï ðè } T_s < t < 0. \end{cases}$$

Bunda a_n va b_n ikkilik informatsion simvollarni $\pm I$ ga teng deb faraz qilamiz. Ushbu xolatda ikki karrali FM_N (IFM_N) ga ega bo'lamiz. Bunda xar qaysi kvadraturali kanallardagi simvollarning bir vaqtda almashishida egiluvchining nolgacha barbod bo'lishiga olib keladigan (o'rinsiz) fazaning π radianga sak-rashi vujudga keladi. Bu signalning oldini olish uchun, kanallardan birini $\frac{T_s}{2}$ vaqtga suriladi. FM_N signalining spektr kengligini siqish uchun, to'g'ri burchakli manipulatsiyalovchi impulslarning frontlarini dumaloqlanadi, ya'ni uni yarim davrli kosinusoida shakliga o'zgartiriladi. Bunday xolda signallar quyidagi ko'rinishda tanlanadi:

$$\left. \begin{aligned} p(t) &= \begin{cases} \pm \cos\left(\frac{\pi t}{2T}\right) & \text{ï ðè } -T \leq t \leq T; \\ 0 & \text{ï ðè } T < t < -T; \end{cases} \\ q(t) &= \begin{cases} \pm \sin\left(\frac{\pi t}{2T}\right) & \text{ï ðè } 0 \leq t \leq 2T; \\ 0 & \text{ï ðè } 2T < t < 0. \end{cases} \end{aligned} \right\} \quad (5.21)$$

Shunday qilib, kvadraturali kanallardagi a_n va b_n simvollar T vaktga siljigan bo'lsa, u xolda modullashtirilgan signal (3.15) quyidagi ko'rinishni oladi:

$$S(t) = U_0 \left[\sum_n a_n \cos\left(\frac{\pi t}{2T}\right) \cos \omega_0 t + \sum_n b_n \sin\left(\frac{\pi t}{2T}\right) \sin \omega_0 t \right] \quad (5.22),$$

yoki yoyilgan ko'rinishda a va b belgilarning to'rtta bo'lishi mumkin bo'lgan kombinatsiyasida kvadraturali kanallardagi modullashtiruvchi signallarning $0..2T$ davomiyligi intervalida

$$S_0(t) = U_0 \left[\cos\left(\frac{\pi t}{2T}\right) \cos \omega_0 t + \sin\left(\frac{\pi t}{2T}\right) \sin \omega_0 t \right] = U_0 \cos\left(\omega_0 t - \frac{\pi t}{2T}\right).$$

ko‘rinishga ega bo‘ladi.

$a = 1, b = 1$ da mos ravishda

$$\left. \begin{aligned} S_1(t) &= U_0 \cos\left(\omega_0 t + \frac{\pi t}{2T}\right) && \text{ï ðè } a = 1; b = 1; \\ S_2(t) &= -U_0 \cos\left(\omega_0 t + \frac{\pi t}{2T}\right) && \text{ï ðè } a = -1; b = -1; \\ S_3(t) &= -U_0 \cos\left(\omega_0 t + \frac{\pi t}{2T}\right) && \text{ï ðè } a = -1; b = 1. \end{aligned} \right\} \quad (5.23)$$

larga teng bo‘ladi.

Signallarning fazasi t vaqt bo‘yicha $\Delta\varphi = \frac{\pi t}{2T}$ ga musbat yoki manfiy qiymatlarda o‘zgarib, elementar simvolning T davomiyligi oxirida bu o‘zgarish birni uzatishda $+\frac{\pi}{2}$ radian va nolni uzatishda esa mos ravishda $-\frac{\pi}{2}$ radianga erishadi. Faza o‘zgarishining daraxt ko‘rinishidagi xarakteristikasini bir nechta taktida qurish mumkin. Ravshanki, informatsiyaning navbatdagi bitini uzatish onida signallar fazasida uzilishlar bo‘lmaydi. Manipulatsiyalangan signalning chastotasi fazadan vaqt bo‘yicha olingan xosilaga teng bo‘lib, u sakrab $\pm \frac{\pi}{2T}$ ga maksimal o‘zgaradi. Bu degani, $MCHM_N$ da chastota deviatsiyasi $\Delta\omega_g$ ni tashkil qiladi degani. Agar oxirgi ifodani Gerslarda ifodalasak, u xolda chastota deviatsiyasi $\Delta f_g = \frac{1}{4T} = \frac{V}{4}$ ga teng bo‘ladi. Bu yerda: V - raqamli informatsiyani uzatish tezligi.

Bundan tashqari chastota deviatsiyasining $\Delta f_g = \frac{1}{4T} = \frac{F_M}{4}$ ko‘rinishi ham mavjud. Bu yerda: F_M - manipulatsiyalovchi (kirish) signalning maksimal chastotasi. Ta’rif bo‘yicha $MCHM_N$ ning indeksi $m = \frac{\Delta f_g}{F_M} = \frac{F_M}{2F_M} = 0,5$ bo‘lib, ushbu modulyatsiya usulining nomini belgilaydi.

Xar bir $S_0(t), \dots, S_3(t)$ signallarning strukturasi AM tebranishining yuqori $(\omega_0 + 0,5\Omega_M)$ yoki quyi $(\omega_0 - 0,5\Omega_M)$, musbat yoki manfiy ishorali bitta chetki oraliq chastotasi bilan mos bo‘ladi. Bu degani, $MCHM_N$ CHM_N va AM tebranishlarning chetki chastotasi quyidan yuqoriga yoki yuqoridan quyiga o‘tish tufayli, FM_N esa xar bir yuqorida aytilgan chetki chastotaning fazasini 180° ga aylanishi tufayli amalga oshiriladigan o‘ziga xos chastota-fazali manipulatsiya ($CHFM_N$)

ning spetsifikasi hisoblanadi. Bu CHM_N va FM_N larning qonuni kirish raqamli signalning strukturasi bilan belginadi.

(5.20) ifodadan $MCHM_N$ ning shakllantirish algoritmi $BCHU AM$ ni fazaviy usulda shakllantirish algoritmi bilan mos kelishligi kelib chiqadi. 5.42, *a*-rasmda $MCHM_N$ modulyatorining strukturaviy sxemasi tasvirlangan bo'lib, u kommutator (K), ketma-ketlikni T vaqtga surish bloki (T), signallarni ko'paytirgich (Kup), 90° ga fazaaylantirgich (FA) va summator (Σ) lardan tashkil topgan.

Kommutator (K) dagi raqamli kirish oqimi $\mathfrak{g}(t)$ 5.42, *b* –rasmda ko'rsatilganidek ikkita $a(t)$ va $b(t)$ ketma-ketliklarga ajratiladi. Ulardan birinchi $a(t)$ ketma-ketlik $K1$ ko'paytirgichning bitta kirishiga bevosita berilib, ikkinchisi $b(t)$ esa T blok orqali $K2$ ning kirishiga beriladi. Unda signal 5.42, *b* –rasmda

kursatilganidek T vaqtga suriladi ($\tilde{b}(t)$ diagramma). $\cos(\frac{\pi t}{2T})$ aylanalash funksiyasi $K2$ ning birinchi kirishiga bevosita, $K2$ ning ikkinchi kirishiga esa 90° ga fazaaylantirgich orqali beriladi. To'g'ri burchak shaklli $a(t)$ va $b(t)$ kirish informatsion simvollar $K1$ va $K2$ bloklarda 5.42, *b* –rasmda ko'rsatilganidek kosinusoidal va sinusoidal ko'rinishga aylantirilib, DFM blokida (5.42, *a* –rasmga qaralsin) ikkilangan fazaviy manipulyatsiya amalga oshiriladi.

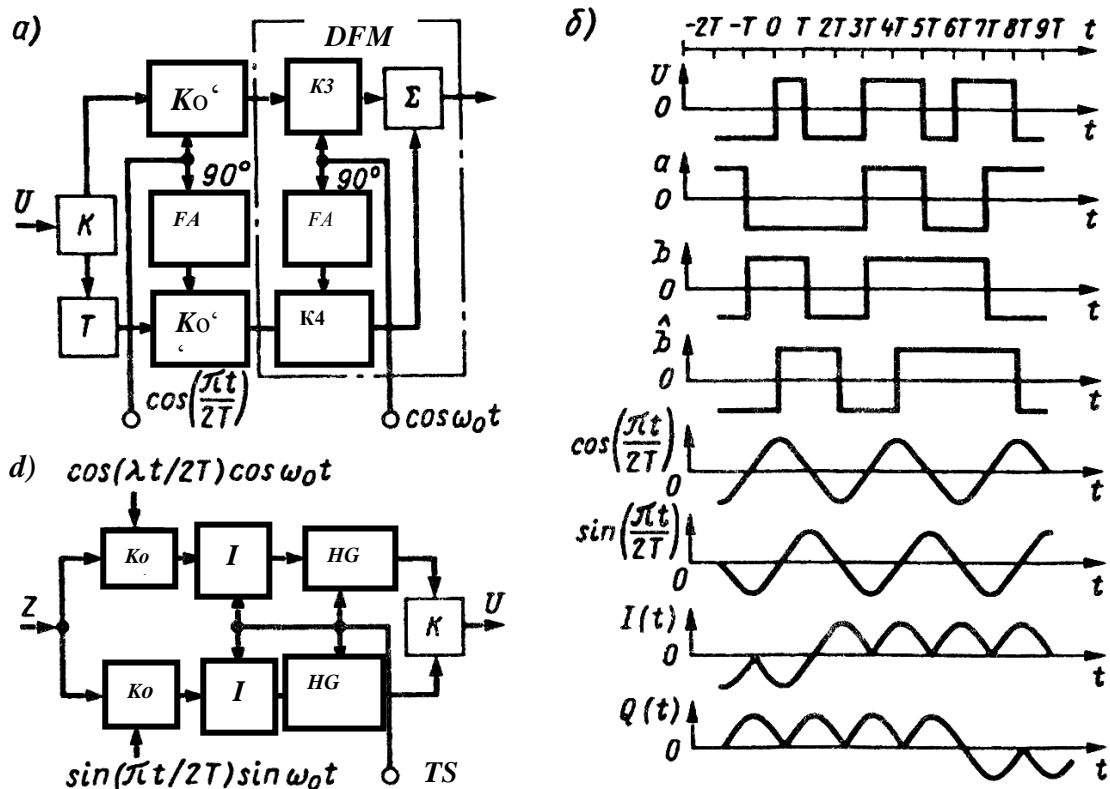
5.42, *d* –rasmda $MCHM_N$ signallari demodulyatorining strukturaviy sxemasi tasvirlangan bo'lib, u signallar ko'paytirgichi (Ko'), integratorlar (I), kanallardagi simvollarning ishorasini aniqlaydigan hisoblash qurilmalari (HQ) va kommutator (K) lardan iborat. Bu qurilmalarning ishlashi uchun takt sinxronizatsiyasi (TS) signallari kerak bo'ladi. Kommutator (K) da kvadraturali kanallardagi yechimni demodulyator chiqishida simvollar ketma-ketligiga o'zgartiriladi.

$MCHM_N$ signalarni $\cos(\frac{\pi t}{2T})\cos\omega_0 t$ va $\sin(\frac{\pi t}{2T})\sin\omega_0 t$ tayanch tebranishlari «vesovoy» funksiyasi vazifasini bajaradigan (5.21) elementar modullashtiruvchi signallarning shaklini hisobga olib qabul qilinadi. Integrallash natijasini qayta ishlab, kvadraturali kanallarda T vaqt intervalida signallarning surilishi hisobga olinadi. (5.21) signallar $2T$ vakt intervalida biortogonal signallar ansamblini hosil qilib, amalda kanallarni fazaviy ajratishga erishiladi, ya'ni ularni qabul qilishdagi xalaqitga chidamliligi birqarrali FM_N signallarnikiday eng yuqori bo'ladi.

$MCHM_N$ signallarining spektral xarakteristikasi

$$G(F) = \frac{8E_6}{\pi^2} \times \frac{1 + \cos 4\pi FT}{(1 - 16F^2 T^2)^2},$$

ifoda orqali yoziladi. Bu yerda: F – spektrning joriy chastotasini $f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi}$ [3]



5.42-rasm

dan ogishi. Signalning spektri $(F/V)^{-2}$ ga proporsional tezlikda kamayib boradi (bu yerda: V – informatsiyani uzatish tezligi). FM_N da bu kamayish $(F/V)^{-2}$ ga proporsional bo‘ladi. Agar modulyatsiya oldi gauss filtratsiyali $MCHM_N$ dan foydalanilganda spektrning pasayishi $(F/V)^{-4}$ ga proporsional bo‘lar edi. Ushbu ifoda $MCHM_N$ signalining maksimum spektrga ($F_0 = 0,64V$) nisbatan -3 dB sath bo‘yicha asosiy F_0 chastota oralig‘i kengligini baholash imkonini beradi.

$MCHM_N$ dan hozirda raqamli uyali aloqa tizimlarida keng ko‘lamda foydalanilmokda va kelajakda yo‘ldoshli tizimlarda ham undan samarali foydalanish istiqbollari yanada o‘rganilib, undan amalda samarali foydalanish yo‘lga qo‘yilmokda.

5.17. Signal-kodli konstruksiyalar

180° li absolut FM_N nazariya bo'yicha ikkilik kodda diskret xabarlarni uzatishning optimal usuli hisoblanib, uning asosida signal-kodli konstruksiyadan (SKK) foydalanib ikkilik signallarning xalaqitga chidamligini yanada ham oshirish mumkin. Bu raqamli uzatish texnikasi va nazariyasida kelajagi porloq sohalardan biri bo'lib, u sifat bo'yicha yangi natijalarga «yorib kirish» imkonini beradi. Ya'ni, SKK ba'zida kodlashni modulyatsiyadan ajratib olish qiyin bo'lgani kabi kodlash va modulyatsiyalash amalini yagona protseduraga birlashtiradi. SKK ni qabul qilish barcha signal-kodli blokni qabul qilish kabi amalga oshiriladi. Bunda demodulyatsiya va dekodirlash amali ajratilmay, yechim elementlar bo'yicha emas, balki butun signal-kodli blok uchun qabul qilinadi. Bunday xolatda butunligicha optimallashtirish qismlar bo'yicha optimallashtirishga nisbatan yutuqqa ega degan tizimli yondoshishning asosiy postulati amalga oshiriladi.

Fazaviy SKK , qabul qilish bilan qo'shilganda, chastota va energetik resurslar chegaralangan xollarda bir vaqtda signallarni katta tezlikda uzatish va kichik ehtimollik xatolikda signallarni qabul qilish imkonini beradi

Fazaviy SKK larni shakllantirish va qabul qilish nazariyasi umuman olganda tiklanish bosqichida turgan zamonaviy aloqa nazariyasining murakkab sohasidir. Shuning uchun uning mohiyatini tushuntirishda oddiy misolda to'g'ri o'tamiz. Buning uchun ko'p pozitsiyali FM_N tebranishlarining xalaqitga chidamligini taqqoslovchi baho talab qilinadi. Radiusi R bo'lgan aylana $\varphi = 2\pi/m$ rad burchak intervalli bir xil masofada soni $m = a^k = 2^k$ ta signalli nuqtalarni joylashtiramiz. Aylana radiusi $R = \sqrt{E}$ ga teng, bu yerda: E – signalning uzatish energiyasi. Agar uzatishda davomiyligi T bo'lgan $u(t) = U_m \sin(\omega t + \varphi)$ garmonik tebranishi jo'natilsa, u xolda aylana radiusi

$$R = \sqrt{E} \sqrt{\int_0^T U_m^2 \sin^2(\omega t + \varphi) dt} = \frac{U_m \sqrt{T}}{\sqrt{2}}.$$

ifoda orqali aniqlanadi.

Radiusning ushbu qiymati aylana markazi bilan uning xar qanday nuqtasi orasidagi Yevklid masofaga mos bo'ladi.

5.43, a –rasmda 0 i π rad fazali va 0 va 1 mos ikkipozitsiyali (birkarrali) FM_N signal ko'rsatilgan. Aylana dagi signalli nuqtalar orasidagi masofa ushbu xolda $d_2 = 2\sqrt{E}$ ga teng bo'lib, bu $R = \sqrt{E}$ radiusli aylananing nuqtalari orasidagi berilgan ikkipozitsiyali tizimning potensial xalaqitga chidamligini belgilaydigan bo'lishi mumkin bo'lgan maksimal masofa. Xaqiqatan qarama-qarshi signallarning (bir karrali FM_N signallar) elementar simvolini qabul qilish xato aniqligi

$$P_0 = V \left(\frac{2E}{N_0} \right) = V \left(\frac{d^2}{2N_0} \right), \quad (5.24)$$

ifoda orqali yoziladi. Bu yerda:

$V(x)$ – ehtimollik integralini birgacha to‘ldirish;

N_0 – bir tekis energetik spektrli additiv gaussli xalaqitning bir tomonlama spektral quvvati zichligi.

Umumiy xolda, davomiyligi T bo‘lgan va faqat bir-biridan φ fazaga farq qiladigan ikkita S_1 va S_2 garmonik signallari orasidagi masofa

$$\begin{aligned} d(S_1, S_2) &= \sqrt{\int_0^T [S_1(t) - S_2(t)]^2 dt} = \sqrt{\int_0^T [U \sin(\omega t + \varphi) - U \sin \omega t]^2 dt} = \\ &= \sqrt{2E} \sqrt{1 - \cos \varphi} = 2\sqrt{E} \sin(0,5\varphi), \end{aligned}$$

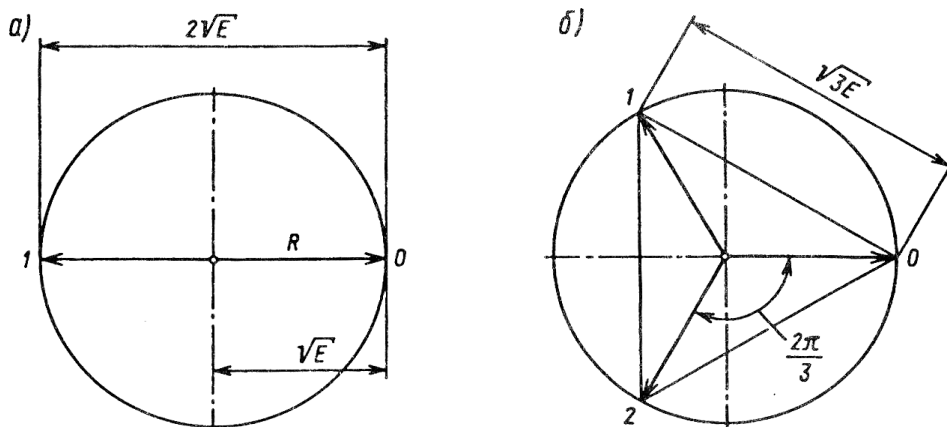
ifoda orqali aniqlanadi. Ushbu ifoda, xar qanday karrali FM_N signallari uchun avvalgi ifodaning to‘g‘riligini ko‘rsatadi. $d_2 = \sqrt{2E}$ masofa hisobli qiymat bo‘lib, u orqali turli ko‘ppozitsion tizimlardagi signalning variantlari orasidagi masofa taqqoslanadi. 5.43, b –rasmda ko‘rsatilgan uch pozitsion signal uchun

$$\varphi = 120^\circ \Rightarrow d_3 = \sqrt{3E} \approx 1,73\sqrt{E} < d_2$$

d parametr turli tizimdagi signallarni sifatli taqqoslash uchun ham juda qulay hisoblanadi.

Uchrazradli ikkilik kodli kombinatsiyani ko‘ramiz. Bunda hammasi bo‘lib $2^3 = 8$ ta shunday ortiqchasiz kombinatsiyalar mavjud bo‘lib, ular 5.2-jadvalning 1-3 ustuniga yozilgan. Ushbu kombinatsiyalarni jadvalning 4-5 ustunida ko‘rsatilganidek xar qaysi ikkilik simvolga 0 yoki π radian fazani solishtirib, bir karrali FM_N yordamida tasavvur qilishimiz mumkin. Bunda $(0, 3T)$ uchta uzatish intervalida mos kombinatsiyalar orasidagi minimal masofa $d_{min} = d_2 = 2\sqrt{E}$ ga teng bo‘ladi, bu yerda: E – davomiyligi T bo‘lgan uzatish signalining energiyasi (5.43, a –rasmga qaralsin).

O‘sha uch razradli ikkilik kombinatsiyalarni 0, 1, 2 simvollardan tuzilgan ikkirazradli uchlik kod yordamida kodlash mumkin.



5.43-rasm

Hammasi bo‘lib, ikkirazradli uchlik kombinatsiyalar soni $3^2 = 9$ ta, ya‘ni bitta kombinatsiya uchrazradli ikkilik kombinatsiyaga nisbatan ortiqcha bo‘lib qoladi. Undan sinxronizmni ushlab turishning to‘g‘riligini nazorat qilish uchun foydalanish mumkin. 5.2-jadvalning 7, 8 –ustunlarida dastlabki ikkirazradli uchlik sonli uch razradli ikkilik kombinatsiyani kodlash keltirilgan. Izlanayotgan **SKK** ni tuzish uchun uchlik kodning xar bir ortiqchasiz ikkirazradli kombinatsiyasiga yana bir tekshiruvchi uchlik simvolni (9-ustun) qo‘shamiz. Uchlik simvol shunday bo‘lishi kerakki, uning modul bo‘yicha uchta simvollarining yig‘indisi 0 ga teng bo‘lishi kerak. Shakllantirilgan (3, 2) kod 5.2-jadvalning 7 – 9 ustunlarida keltirilgan. Ushbu kod simvollarini $0, 2\pi/3$ va $4\pi/3$ rad (5.43, b –rasmga qaralsin) uchta ruhsat etilgan fazali FM_H signalning uzatishi bilan solishtiramiz. Natijada fazalari 5.2-jadvalning 10 – 12 ustunlarida ko‘rsatilgan **SKK** ning uchta uzatishini olamiz.

Bu konstruktsiya oltio‘lchovli bo‘lib, u uchta ikkio‘lchovli signallardan tashkil topgan. U bir karrali FM_N q ga qaraganda katta uzatish tezlikka ega, ya‘ni $\log_2 3^2 > \log_2 2^3$. Qushni vektorlar (garmonik signallar) orasidagi masofa $d_{3min} = \sqrt{6E} = 2,45\sqrt{E}$ bo‘lib, d_{2min} dan $1,76 dB$ ga katta.

Shuni aytish joizki, energetik masofada ko‘rsatilgan yutuq, faqat yaxlit uch uzatishli signalni ideal kogerent qabul qilingan xolatdagina amalga oshiriladi. Buning uchun qabulqilgichda **SKK** variantlari (5.2-jadval, 10 – 12 ustunlar) uzatishlarining fazalari bo‘yicha mos keladigan sakkizta tebranishlarni shakllantirish kerak bo‘ladi. So‘ngra fazaviy detektor-korrelyatorlar yordamida qabul qilinadigan signal bilan ko‘rsatilgan tayanch tebranishlar ko‘paytmasidan olingan integralni hisoblashga to‘g‘ri keladi.

5.2-jadval

Signal-kodli konstruktsiyani olish

O‘nlik son	Ikkilik kod (2, 3)	Bir karrali FM_N yoki	Uchlik kod (3, 2)	Signal-kodli konstruktsiya
------------	--------------------	-------------------------	-------------------	----------------------------

	OFM_N											
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0		0	1	2	0	$2\pi/3$	$4\pi/3$
2	0	1	0	0	π	0	0	2	1	0	$4\pi/3$	$2\pi/3$
3	0	1	1	0	π	π	1	0	2	$2\pi/3$	0	$4\pi/3$
4	1	0	0	π	0	0	1	1	1	$2\pi/3$	$2\pi/3$	$2\pi/3$
5	1	0	1	π	0	π	1	2	0	$2\pi/3$	$4\pi/3$	0
6	1	1	0	π	π	0	2	0	1	$4\pi/3$	0	$2\pi/3$
7	1	1	1	π	π	π	2	1	0	$4\pi/3$	$2\pi/3$	0
							2	2	2	$4\pi/3$	$4\pi/3$	$4\pi/3$

Uzatilgan uchrazradli kombinatsiya xaqidagi qaror, olingan qiymatlar ichidan maksimali bo'yicha qabul qilinadi. Bunday xolda absolut FM_N signalini **222** (5.2-jadvalning oxirgi qatori) kodli kombinatsiyada oddiygina qabul qilishni amalga oshirish mumkin. Aynan aloqa seansi boshida uning yordamida tayanch tebranishlarining fazalari bilan uzatiladigan uchrazradli kombinatsiyalar fazalarining bir qiymatda moslanishi o'rnatiladigan sinxrosignal uzatiladi. Shundan so'ng, xatosiz qabul qilishda, hech qanday ruhsat etilgan kodli kombinatsiyalar o'z chegarasida foydalanilmaydigan **222** kombinatsiyani shakllantirmaydi. Shu bilan birga qabul qilish qurilmasining chiqishida **222** kombinatsiyaning bo'lmasligi, sinxronizmni ushlab turilishi to'g'riligining alomati hisoblanadi. Agar u paydo bo'lsa, unda tayanch tebranishlari fazalari bilan uzatilayotgan signallar fazalarining o'zaro to'g'ri moslashuvining buzilishi mavjud bo'ladi. Aynan mana shu alomat bo'yicha fazaviy sinxronizmga qayta kirib, qabul qilish qurilmaning to'g'ri ishlashini qayta tiklash mumkin. Qurilgan oddiy **SKK** da birkarrali FM_N dagi uzatish tezligi saqlangani bilan, u xato ehtimolligini anchagina kamaytirish imkonini beradi.

Kalit so'zlar

1. Amplitudali modulyatsiya–radiochastota amplitudasining uzatilayot–gan xabar qonuni bo'yicha o'zgarishi.

2. Manipulatsiya – diskret xabarlarni uzatishdagi uzatish chastotaning parametrlarini o'zgarishi.

3. Modulyatsiya – o'lchovli, qonuniy o'zgarish, xolatning almashinishi.

4. Tebranish modulyatsiyasi – elektrmagnit tebranishlarining amplituda, chastota, faza yoki boshka xarakteristikasining davri, ushbu tebranishlarning davriga nisbatan kichik bo'lgan sekin o'zgaruvchan qonun bo'yicha o'zgarishi.

5. Uzatuvchi chastota - radiochastota sinusoidal tebranishi.

6. Chastotali, fazali modulyatsiya – chastota, fazaning xabarning o'zgarish qonuniga muvofiq o'zgarishi.

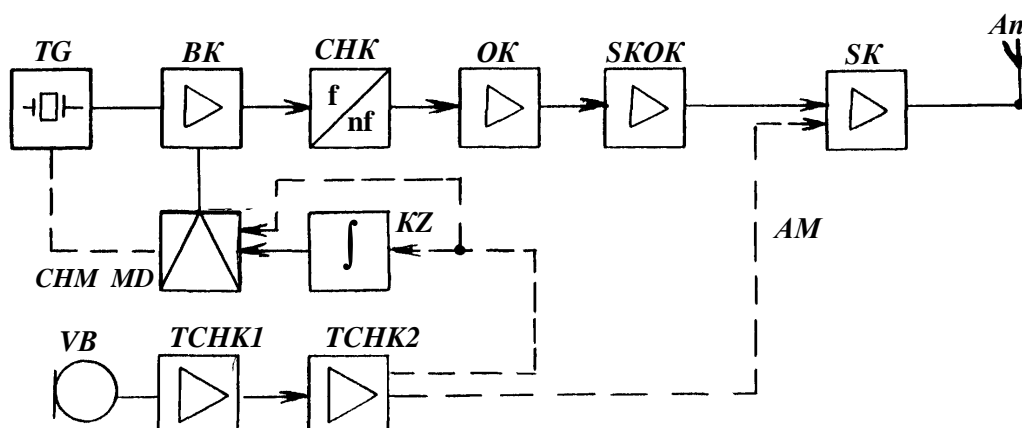
Sinov savollari

1. Modulyatsiya jarayoni chiziqlimi yoki nochiziqli.
2. Analogli modulyatsiya turlarini xalaqitga chidamlilik bo'yicha terib chiqing.
3. Manipulatsiya prinsipini tushuntiring va uning modulyatsiyadan farqini ayting.
4. Nisbiy fazoviy manipulatsiya xususiyatlari.

6. RADIOUZATGICHNING FUNKSIONAL SXEMASI VA ASOSIY ELEKTR PARAMETRLARI

6.1. Radiouzatgichning strukturaviy sxemasi

Radiouzatgichning asosiy funksiyasi, radiochastotani ishlab chiqarish va uning parametrlaridan birini uzatilishi lozim bo'lgan signalning qonuni bo'yicha boshqarish hisoblanadi. Uzatgich radiotrakt va boshqaruv-chi traktdan iborat bo'ladi (6.1-rasm).



6.1-rasm

Radiotrakt tarkibiga quyidagi kaskadlar kiradi:

– uyg'otuvchi yoki tayanch generatori (**TG**). U amplitudasi U_G va chastotasi f_G bo'lgan tebranishlarni ishlab chiqaruvchi, kvars orqali stabillashtirilgan, o'z-o'zidan uyg'onuvchi kichik quvvatli generator hisoblanadi;

– tashqi uyg'otishli generator sinfiga mansub buferli kaskad (**BK**). U **TG** chastotasi stabilligiga keyingi kaskadning ta'sirini kamaytirish uchun yuqori omli kirish qarshilikka ega bo'ladi;

– chastota ko'paytirgich (**CHK**). U **TG** ning chastotasini p butun son marta ko'paytirib berish vazifasini bajaradi. $F_p = f_r \cdot n$, bu yerda: f_r - uzatgichning ishchi

chastotasi bo‘lib, **CHM** da bir vaktning o‘zida chastota deviasiyasini ko‘paytiradi;

– oraliq kaskad (**OK**). U kuchlanish bo‘yicha radiochastota tebranishlarini kuchaytirib beradigan tashqi uyg‘onishli generator hisoblanadi;

– so‘ngi kaskad oldi kaskad (**SKOK**). U tashqi uyg‘otishli generator hisoblanib, radiochastota tebranishlarini quvvat bo‘yicha avvaldan kuchaytirishni ta‘minlaydi;

– oxirgi chiqish kaskadi (**OCHK**). U tashqi uyg‘onishli generator hisoblanib, (A_N) uzatgich antenasiga radiochastota tebranishlarning berilgan quvvatini ta‘minlaydi;

–uzatuvchi antenna. U modullashtirilgan radiochastota tebranishlarini radioto‘lqinlarga aylantirib, fazoda nurlatish vazifasini bajaradi.

Boshqarish traktining strukturasi uzatgichning rusumiga va xabarning manbaiga bog‘liq bo‘ladi. Xizmatli radiotelefon va radioeshittirish uzatgichlarida tovush chastota trakti deb ataladigan bu trakt o‘z tarkibiga yana quyidagi asosiy elementlarni oladi (6.1-rasm):

– mikrofon (**VM**). U akustik tebranishlarni tovush chastotali elektr signaliga aylantirib beradi;

– tovush chastota kuchaytirgichi (**TCHK1**). U mikrofon chiqishidagi tovush chastota kuchlanishining amplitudasini kuchaytirib berishga mo‘ljallangan;

– quvvat bo‘yicha tovush chastota kuchaytirgichi (**TCHK2**);

– modulyator (**MD**). U radiochastota tebranishlarining biror paramet-rini tovush chastota tebranishlari qonuniga muvofiq boshqarish jarayonini ta‘minlashga mo‘ljallangan.

Xizmatli radioaloqa radiostansiyalari tarkibiga kiradigan bilvosita usulli **CHM** uzatgichlarda chastotani boshqarish jarayoni buferli kaskadda amalga oshiriladi. Bunda ko‘pincha modulyator sifatida varikapdan foydalaniladi. Modulyator (**MD**) kirishidagi korrektorlovchi zveno (**KZ**) fazali modulyatsiyani **CHM** ga aylantirib berish vazifasini bajaradi.

Shuni aytib o‘tish joizki, uzatgichlarning radiotrakt va tovush chastota traktlari maxsus funksiyalarni bajaruvchi yana qator qo‘shimcha elementlarni o‘z ichiga olishi mumkin bo‘lib, ularni konkret rusumli radio aloqa apparaturalarini o‘rganishda ko‘rib chiqamiz.

Uzatgichning asosiy elektr parametrlariga quyidagilar kiradi:

– ishchi chastota f_i . U modullashtirilgan tebranishning uzatish chastotasiga mos bo‘lgan asosiy nurlanish spektrining o‘rtacha chastotasi hisoblanadi. Bitta f_i li uzatgichlar, bir kanalli, bir nechta f_i lilar esa, ko‘pkanalli uzatgichlar sinfiga taaluqlidir. Ular uchun Δf_i – ishchi chastotalar oralig‘i parametri kiritilgan bo‘lib, bu oraliqda uzatgichni bir kanaldan ikkinchi bir kanalga tezkor qayta sozlash mumkin;

– ishchi chastotaning nisbiy nostabilligi ($\Delta f/f_p$). U tashqi destabillashtiruvchi omillar ta‘sirida myoriy qiymatdan Δf_i nisbiy og‘ish qiymat bilan xarakterlanib, tayanch generatori chastotasining stabilligiga bog‘liq bo‘ladi;

– qo‘shni kanallar orasidagi chastota rezonansi (Δf_{GK}). U bitta ko‘pkanalli yoki ikkita birkanalli o‘zatgichlarning qo‘shni ishchi chastotalari orasidagi interval hisoblanadi. Zamonaviy me‘yor bo‘yicha **O‘YUCH** diapazonli xizmatli radio tizimlarda $\Delta f_{GK} = 25$ kGs ni tashkil qiladi;

– modullashtirilgan tebranishlar spektrining kengligiga mos bo‘lgan asosiy nurlanish chastota oralig‘i (Δf_{GK}). U **AM** da $\Delta f_{SIM} = 2F_{max}$, **CHM** da esa $\Delta f_{SCHM} = 2(F_{max} + \Delta f_{\phi})$ ga teng. Bu yerda: Δf_{ϕ} -chastota deviatsiyasi;

– asosiy nurlanish quvvati (P_A). U uzatgichning oxirgi kaskadining antennada vujudga keltiradigan radiochastota tebranishlari quvvatidir.

Asosiydan tashqari xar qanday uzatgich asosiy bo‘lmagan nurlanishga ega bo‘lib, u o‘z navbatida tashqi oraliqli (внеполосные) va qo‘shimcha (побочные) ko‘rinishlarga bo‘linadi;

– tashqi oraliqli nurlanish quvvati (P_T). U modulyatsiyaning ortiqcha chuqurligi hisobiga Δf_s chastota oraligiga kelib qo‘shiladigan spektr tashkil etuvchilarining quvvati;

– qo‘shimcha nurlanish quvvati (P_K). U tranzistorlar xarakteristikasining nochiziqli tufayli chastotani ko‘paytirish hamda kuchaytirish kaskadlarida paydo bo‘ladigan ishchi chastotaning garmonika va subgarmonika hisoblangan spektr tashkil etuvchilarining quvvati. Qo‘shni radiolinilyalar xalaqitini bartaraf etish uchun $P_T \ll P_A$, $P_n \ll P_A$ shart bajarilishi kerak. Bunda P_A / P_T va P_A / P_n munosabatlar **60 – 70 dB** dan kam bo‘lmasligi lozim.

6.2. Chastota uyg‘otgichlar

Chastota uyg‘otgichlar xar bir uzatgichning tarkibida bo‘lib, uning tebranish chastotasini belgilaydi. Cheklangan soni aniq belgilangan chastota kanallarida (10 gacha) ishlaydigan radiouzatgichlarda chastota uyg‘otgich bir yoki birnecha kvarsli avtogeneratorlardan iborat bo‘ladi.

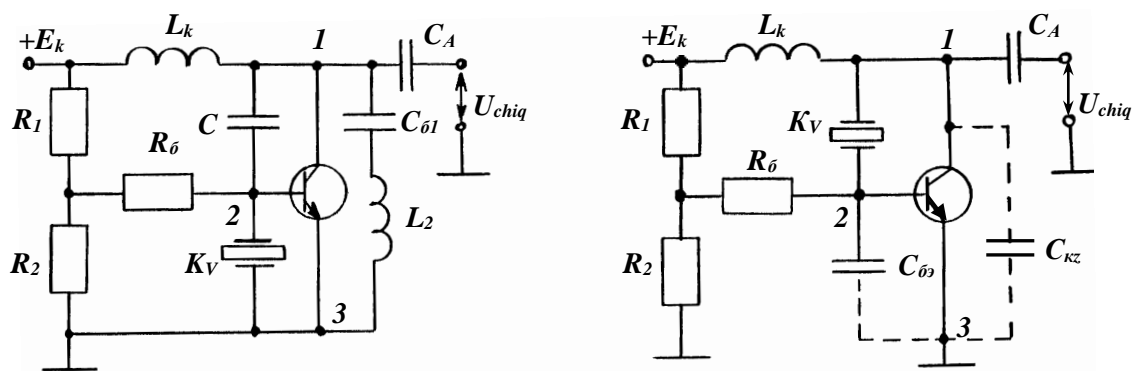
Kanallar soni katta bo‘lganda, uyg‘otgichlarda chastota sintezatorlaridan foydalaniladi. Uyg‘otgich quyidagi asosiy texnik ko‘rsatgichlar bilan xarakterlanadi: ishchi chastota oralig‘i; qo‘shni kanallar orasidagi chastotalar farqi (tur qadami); ishchi chastotalar soni; chastota nostabilligi; qo‘shimcha tashkil etuvchilar sathi; bir ishchi kanaldan boshqasiga o‘tish vaqti; chiqish kuchlanish satxi; yuklama qarshiligi; ekspluatatsiya shartlari.

Ilgari ko‘rsatib o‘tilganidek, avtogeneratorlar-nochiziqli qurilma bo‘lib, ta‘minot manbai energiyasini tashqi ta‘sirlarsiz yuqori chastota tebranishlari energiyasiga aylantirib berishga mo‘ljallangan.

Avtogeneratorlarning ko‘pgina ko‘rinishlari mavjud bo‘lib, ular tranzistorlarda bir va ikki konturli sxemalarda, volt-amper xarakteriskalarida tushuvchi uchaskaga ega bo‘lgan elektron asboblarida **RC**-zanjir-laridan foydalanib quriladi (**RC**-generatorlar).

Ammo ularning barchasida chastota stabiligi past bo‘lib, bu ularning umumiy kamchiligi hisoblanadi. Shu boisdan, chastota uyg‘otgichlar si-fatida kvarsli avto-generatorlardan foydalaniladi (6.2-rasm). Amaliyotda kvarsli avto-generatorlarning boshqa sxemalaridan ham foydalaniladi, masalan, konturda kvarsli, ikki kaskadli (Batler sxemalari), ko‘prik.

Xozirda parametri bir nuqtaga to‘plangan elementlarda yoki poloskov liniyalarida ($150 - 200 \text{ MGs}$ chastotada va undan yuqori), gibrid yoki integral elementlardagi uyg‘otgichlar qo‘llanila boshlangan. Gibrid sxemada avto-generatorning asosiy qismi mikrosxema ko‘rinishida bajarilgan bo‘lib, unga kvars, aktiv elementlar (tranzistorlar, tunnel diodlari va boshqalar) va tebranma kontur elementlari kiritiladi.

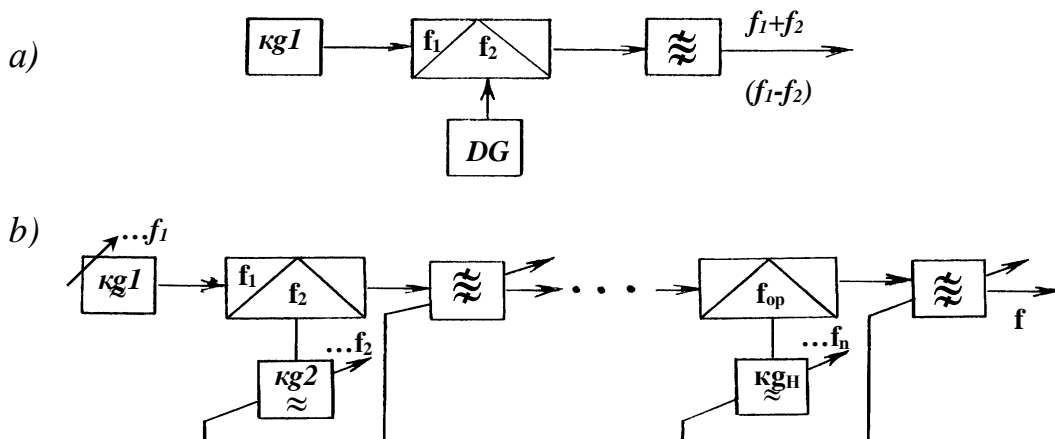


6.2-rasm

6.3. Chastota sintezatorlari

Agarda ishchi kanallar soni N , 10 tadan katta bo‘lsa, chastota uyg‘otgich, chastotani diapazon-kvars stabilizatsiyali sintezator sxemasi bo‘yicha quriladi. Bunday rusumdagi uyg‘otgichlar interpolyatsion pritsipda yoki garmonikalar generatori prinsipi bo‘yicha quriladi.

Interpolyatsion pritsipda, chiqish tebranishlarni ishlab chiqarish ishchi chastotani qo‘shimcha chastota bilan qo‘shish yoki ayirish orqali amalga oshiriladi (6.3, a-rasm).



6.3-rasm

O'zgartirgichga (**KG**) kvarts generatoridan f_1 chastotali va (**DG**) diapazon generatoridan f_2 chastotali signallar keladi. Filtr yordamida $f_1 + f_2$ yoki $f_1 - f_2$ chastotali signallar ajratiladi.

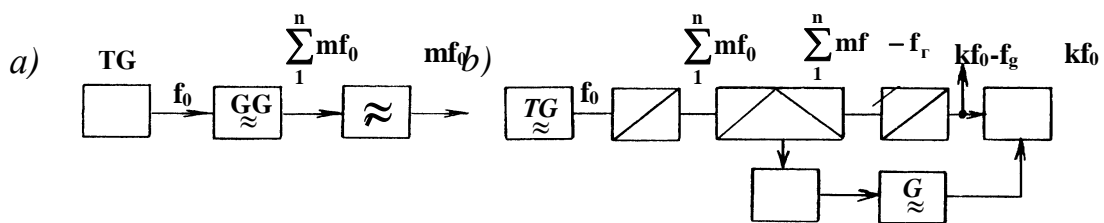
Chastotani o'zgartirish va filtrni sozlashda chiqish signalning chastotasi o'zgaradi. f_1 va f_2 chastotalarni diskret o'zgartirib, fiksatsiya qilingan chastotalar sonini ko'paytiriladi va cheksiz ishchi chastotalar olinadi. Bunda ko'p karrali interpolyatsiya prinsipidan foydalanish ko'prok samara beradi (6.3, b-rasm).

KG1, KG2, ..., KGn kvarts generatorlarining har biri mos ravishda **A1, A2, ..., Ap** fiksatsiya qilingan chastotalarni ta'minlaydi.

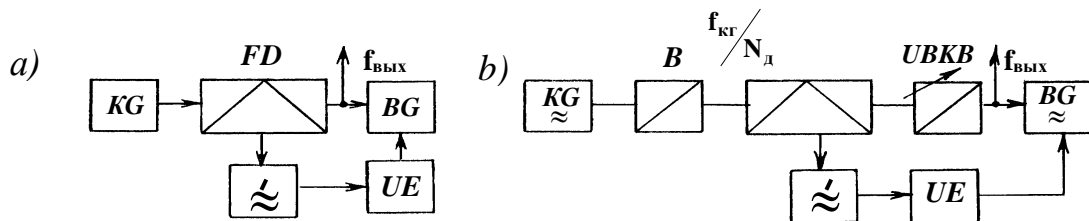
Uyg'otgichning chiqishidagi fiksatsiya qilingan chastotalarning umumiy soni $N = A_1 \cdot A_2 \cdot \dots \cdot A_n$ bo'ladi. Chastotani diapazon-kvarts stabilizatsiyadan ishchi chastotalar ($10 < N \leq 200$) soni nisbatan kamroq xollarda qo'llaniladi. Chastotalar soni ko'proq xollarda esa, bitta tayanch kvarts generatori chastotasini kogerent o'zgartirish natijasida ishchi chastotalarni shakllantiradigan chastota sintezatorlaridan foydalaniladi.

Amaliyotda sintezatorlar bevosita yoki bilvosita sintez uslubi asosida quriladi.

Bevosita sintez uslubida qurilgan chastota sintezatorlarida chiqish tebranishi qo'shimcha tayanch chastotani qo'shish, ayirish, ko'paytirish va bo'lish operatsiyasi orqali shakllantiriladi. Sodda qilib aytganda, sintezator garmonikalar generatoridan foydalanilgan holda quriladi. Tayanch generatori (**TG**) tebranishidan garmonikalar generatori (**GG**) garmonikalarga boy spektrli qisqa impulslarni shakllantiradi. Impulslar spektridan oraliq filtr yordamida kerakli mf_0 ishchi chastotali signallarni ajratib olinadi (6.4, a-rasm).



6.4-rasm



6.5-rasm

Ishchi chastotalar soni katta bo'lgan xollarda, chastotani ikki marotaba o'zgartiradigan sxemadan foydalaniladi (6.4, *b*-rasm). Birinchi o'zgartirgich **GG** va qo'shimcha generatorlardan kelayotgan hamma garmonikalar chastotasini pasaytiradi. Oraliq filtri, ikkinchi o'zgartirgichga kelayotgan $kf_0 - f_r$ garmonikalardan biriga sozlangan bo'lib, kf_0 signalni ajratadi. Chastotani o'zgartirish (**G**) generatorning chastotasini o'zgartirish bilan amalga oshiriladi.

Bilvosita sintez usuli asosida qurilgan chastota sintezatorlari tarkibida faza avtomatik sozlanadigan (**FAPCH**) halqa qamrab olgan chastota bo'yicha boshqariladigan avtogenerator bo'ladi (6.5, *a*-rasm). Kvarsli generator (**KG**) va boshqariladigan generator (**BG**) dan keladigan signal (**FD**) fazaviy detektorga tushadi. Uning chiqish kuchlanishi kirishlaridagi kuchlanishlarning fazalari farqi bilan belgilanadi va past chastota filtri orqali chiqishga qo'shimcha chastota tashkil etuvchilarini o'tkazmaydi.

Bilvosita sintez usuli bo'yicha qurilgan chastota sintezatori sxemalari ikki tur ko'rinishga bo'linadi: sintez traktida chastotani qo'shishli; sintez traktida chastotani bo'lishli (6.5, *b*-rasm).

Signal (**KG**) kvars generatoridan bo'lish koeffitsiyenti o'zgarmas bo'lgan (**B**) bo'lgichga va uning chiqishidan (**FD**) fazaviy detektorga beriladi. Fazaviy detektorga bir vaqtning o'zida (**UBKB**) o'zgaruvchan bo'lish koeffitsiyentli bo'lgich chiqishidan xam signal keladi. **UBKB** ning kirishiga (**BG**) boshqariladigan generatoridan signal beriladi. **FD** ning chiqish kuchlanishi **PCHF** orqali o'tib, **YƏ** ga ta'sir ko'rsatadi. U esa o'z navbatida **BG** boshqarish generatorining chastotasini o'zgartirib, **UBKB** ning bo'lish koeffitsiyentini o'zgarishiga olib keladi. Natijada sintezator chiqishidagi tebranishlar chastotasi o'zgaradi. **B** va **UBKB** bo'lgichlar sifatida asosan impuls hisoblagichlardan foydalaniladi. Bunday sintezatorlar «Transport» uzatish apparaturasida ishlatiladi (metrli va detsimetrli diapazondagi **UPP-2** va **UPP-3** rusumli qabul-uzatgichda).

UPP-2 rusumli uzatgichda kvars generatori 1 MGs da ishlab, $N_D = 80$ (taqqoslash chastota 12,5 kGs). $N_{UBKB} = 12138 - 12480$, boshqarish generator **151,725 - 156,000** MGs oraligida ishlaydi.

Kalit so'zlar

1. Chastota uyg'otgich – radiokanallar soni 1 dan 10 gacha bo'lgandagi avtogenerator (avtogeneratorlar).
2. Garmonika – chastotasi asosiy chastotadan butun son marta katta bo'lgan garmonik tebranish.
3. Garmonikalar generatori – garmonikalari chastotasi bir biridan n ($n = 1, 2, 3, \dots$) butun son marta farq qilinadigan garmonikalardan tashkil topgan elektr tebranishlarni ishlab chiqaradigan qurilma.

4. Geterodin – supergeterodinda chastotani o‘zgartiradigan yuqori chastota elektr tebranishlari generatori.

5. Radiochastota oraligi – bir xil xususiyatli barcha radiochastota sohasining shartli ajratilgan uchastkasi.

6. Kvarsli chastota generatori – tarkibida kvarsli rezonator bo‘lgan avtogen-erator.

7. Chastota o‘zgartirgichlar – elektr tebranishlari chastotasini o‘zgarti-rib beradigan qurilma hisoblanib, ular ko‘paytirgich, bo‘lgich va supergeterodinlarga bo‘linadi.

8. Oralik chastota – supergeterodin tomonidan qabul qilingan signal-larni o‘zgartirilgandan so‘ng olinadigan tebranishning ma’lum chastotasi.

9. Sintezator – radiokanallar soni 10 dan oshganda kanallarni avtomatik hosil qiladigan chastota uyg‘otgich.

10. Subgarmonika – chastotasi asosiy chastotadan butun son marta kichik bo‘lgan garmonik tebranish.

11. Supergeterodin – u yoki bu chastotali qabul qilinadigan tebranishlarni qandaydir oralik chastotali tebranishlarga aylantirib, keyinchalik asosiy signalni kuchaytirib beradigan qabulqilgich.

Sinov savollari

1. Radiouzatgichning vazifasi?
2. Radiotrakt tarkibi?
3. Boshqaruvchi traktning strukturasini chizing?
4. Radiouzatgichning asosiy parametrlarini sanab o‘ting?
5. Uzatgichning chastota uyg‘otgichini ta’riflang?
6. Uyg‘otgichlarning asosiy texnik ko‘rsatgichlarini ko‘rsating?
7. Kvars generatori sxemalarini keltiring?
8. Interpolyatsion chastota sintezatori sxemasini keltiring?
9. Bevosita sintez usuli bo‘yicha qurilgan sintezatorlarning sxemasini keltiring?

7. MODULYATOR VA OXIRGI KASKADLARNI QURISH PRINSIPLARI

7.1. Amplitudali modulyatorlar

Radio tebranishlarining parametrlarini o'zgartirilishiga mos ravishda modulyatorlar amplitudali, fazali va chastotali modulyatorlarga bo'linadi. Umuman olganda, modulyatorlar o'ziga xos tashqi o'ygotishli generator hisoblanib, unda sxemaning maxsus ish rejimi yordamida radiosignalning amplitudasi (**AM**), fazasi (**FM**) va chastotasini (**CHM**) o'zgarishiga erishiladi.

Radiochastotaning hamma oralig'ida telefon xabarlarini, radio va teleeshittirishni uzatishda modulyatorni qurish prinsipini ko'rib chiqamiz.

Amplitudasi modullashtirilgan (**AM**) tebranish, modulyatsiya koeffitsiyenti va spektr kengligi bilan xarakterlanadi:

$$i_{AM} = I(1 + M \cos \Omega t) \cos \omega_0 t, \quad (7.1)$$

bu yerda: I – tinch rejimdagi tebranish amplitudasi (modulyatsiya yo'q);

$M = \Delta I/I$ – modulyatsiya chuqurligi koeffitsiyenti yoki oddiy qilib aytganda, amplitudali modulyatsiya koeffitsiyenti;

Ω – modullashtiruvchi kuchlanish chastotasi.

(7.1) ifodani ma'lum o'zgartirishlardan so'ng, quyidagi ko'rinishni olamiz:

$$i_{AM} = I \cos \omega_0 t + \frac{M}{2} I \cos(\omega_0 + \Omega)t + \frac{M}{2} I \cos(\omega_0 - \Omega)t. \quad (7.2)$$

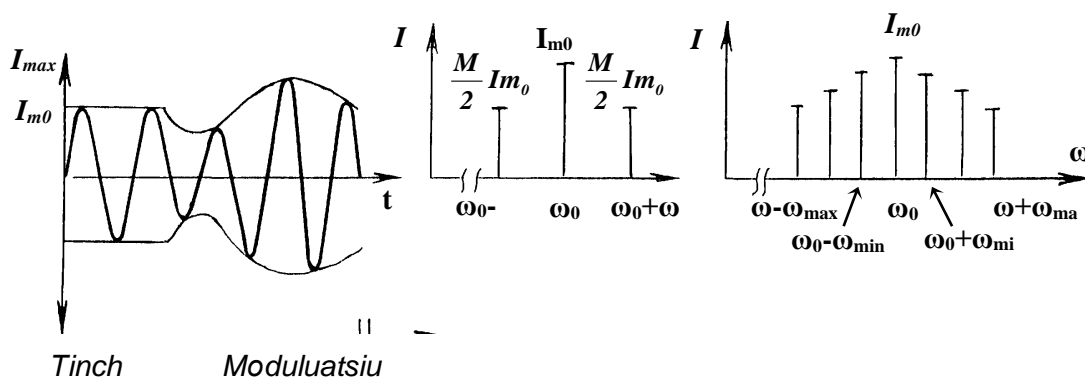
Ifodadan ko'rinib turibdiki, amplitudasi modullashtirilgan tebranish, uzatish va ikkita yon chastotalardan iborat bo'lar ekan. Bu ikkita yon chastotalar uzatuvchi ω_0 chastotadan $\pm \Omega$ ga farq qiladi. Agar modullashtiruvchi tebranish murakkab bo'lsa va Ω_{min} dan Ω_{max} gacha oraliqda joylashsa, u holda uning spektri uzatuvchi ω_0 va ikkita oraliq kengligi $\omega_0 - (\Omega_{min} + \Omega_{max})$ hamda $\omega_0 + (\Omega_{min} + \Omega_{max})$ bo'lgan yon tebranishlardan iborat bo'ladi (7.1-rasm).

Tranzistorli uzatgichlarda modulyatorlar baza siljishli, baza uyg'otishli, oddiy kollektorli, mujassamlangan va boshqa amplitudali modulyatorlarga bo'linadi.

Siljishli bazoviy modulyatorning sxemasi 7.2, a-rasmda keltirilgan bo'lib, bunda amplitudali modulyatsiyaga VT tranzistorning bazasiga siljish kuchlanishini berish bilan erishiladi:

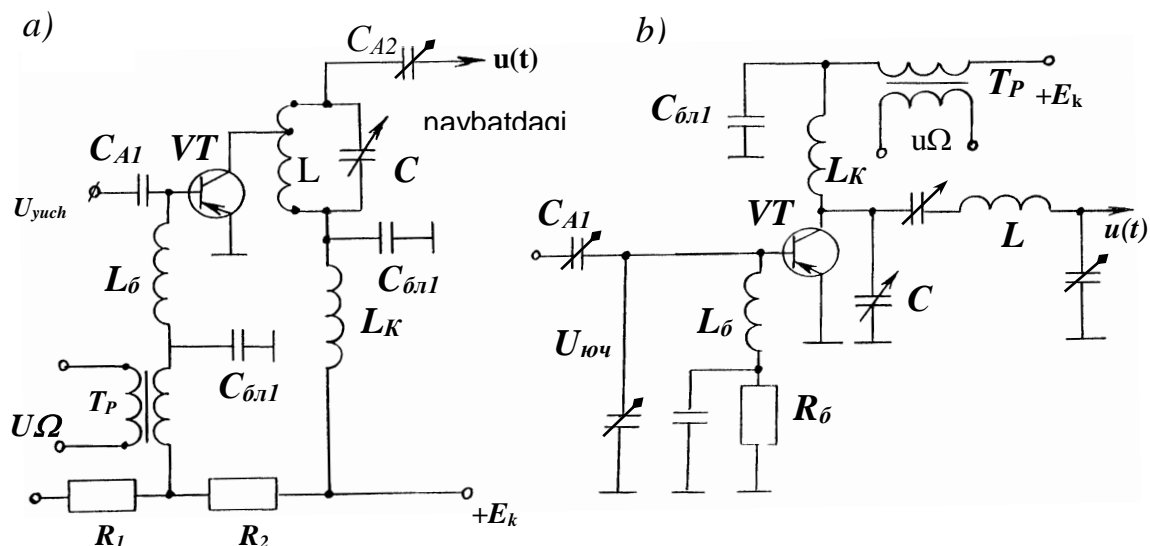
$$\dot{A}_a = \dot{A}_{a10} + U_{\Omega} \cos \Omega t. \quad (7.3)$$

Tranzistor T_1 siljish kuchlanishi manbai bilan ketma-ket ulangan, shuning uchun birlamchi chulg'anda $U_{\Omega} \cos \Omega t$ modullashtiruvchi kuchlanish paydo bo'lganda siljish kuchlanishi va tranzistor bazasidagi YEB kuchlanishlar o'zgaradi. Bu esa kollektor tokining amplitudasini o'zgarishiga olib keladi. Bunday modulyatorli uzatgichlar past f.i.k. ga ega bo'ladi. Bunday uslub televideniya qo'llaniladi.



7.1-rasm

Kollektorli modulyatorlarda kollektor manbai va modullashtiruvchi kuchlanish manbalari o'zaro ketma-ket ulangan bo'ladi (7.2, b-rasm).



7.2-rasm

$$E_{KAM} = E_K + U_{\Omega} \cos \Omega t = E_K (1 + M \cos \Omega t), \quad (7.4)$$

Bu yerda: $M = U_{\Omega} / E_K$ – modulyatsiya koeffitsiyenti.

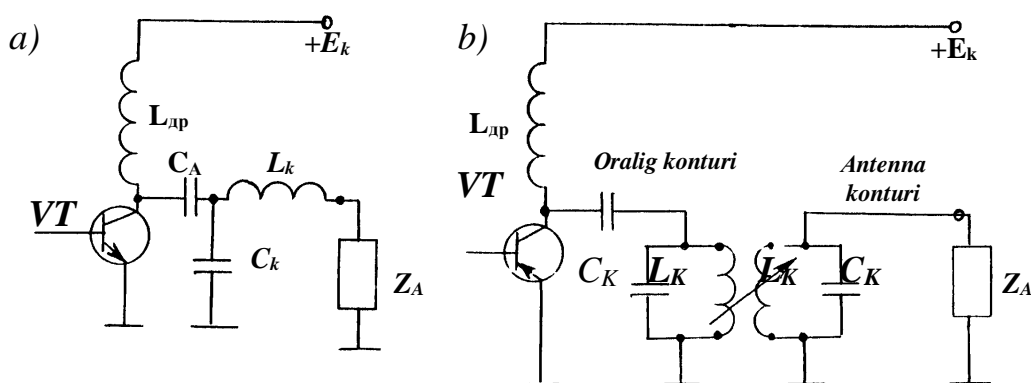
Kollektorli modulyatsiya uzatgichning chiqish kaskadlarida qo‘llanilib, uning f.i.k. i siljishli modulyatornikiga nisbatan yuqori, ammo nochi-ziqli buzilish nisbatan kattaroq bo‘ladi.

Mujassamlangan modulyatsiyada modullashtiruvchi signal, uzatgichning chiqish kaskadi tranzistorining kollektoriga va quvvat kuchaytirgichning avvalgi kaskadiga beriladi. Chiqish kaskadda ikkilangan amplitudali modulyatsiya, ya’ni kollektorli va bazali modulyatsiyalar namoyon bo‘ladi. Bunda nochi-ziqli buzilish koeffitsiyenti kichik va f.i.k. i yetarlicha yuqori bo‘ladi.

Fazali va chastotali modulyatorlarning sxemasi va ularning ishlash prinsipi oldingi materiallarda ko‘rib chiqilgan.

7.2. Quvvat kuchaytirgichlar

Uzatgichning chiqish kaskadi (quvvat kuchaytirgich), antennada radio-signalning berilgan quvvat sathini yaratishga, antannaning kompleks qarshiligini ($Z_A = R_A + jx_A$) aktiv qarshilikka transformatsiyalash va yuklamada yuqori garmonikalarni filtrlash vazifasini bajaradi.



7.3-rasm

Antannaning qarshiligini transformatsiyalash uchun oddiy va murakkab chiqish sxemalaridan foydalaniladi (7.3-rasm).

Murakkab chiqish sxemalari chekka (pobochnyy) nurlanishlarni yaxshi bartaraf etishni ta'minlaydigan sxemalar hisoblanib, unda kollektor zanjiriga ulangan bitta yoki birnechta oraliq konturlari orqali radiosignal quvvati chiqish kaskadidan antennaga beriladi (7.3,b-rasm).

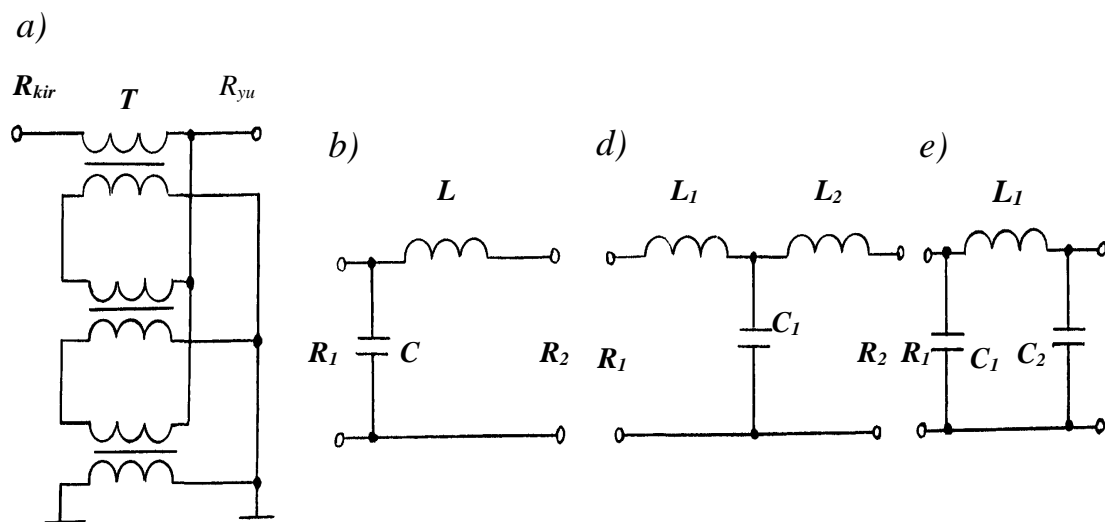
7.3. Muvofiqlashtiruvchi chiqish qurilmalari

Kaskadlararo bog'lanish, navbatdagi kaskadning kirish qarshiligini yuklamaga transformatsiyalaydigan reaktiv to'rtqutbliklar orqali amalga oshiriladi. Bunday muvofiqlashtirish, avvalgi kaskadda maksimal quvvat-ni olish uchun kerak bo'ladi. Transformatsiyalash uchun uzun liniya oralig'i-da yuqori chastota (*YUCH*) transformatoridan (7.3, a-rasm) va reaktiv elementlardan tuzilgan to'rtqutbliklardan foydalaniladi. Muvofiqlashtiruvchi G-simon zanjir (7.3, b-rasm) R_2 aktiv qarshilikni f chastotada R_1 aktiv qarshilikka transformatsiyalaydi.

L va C elementlarning qiymatlari quyidagi ifodalar orqali hisoblanadi:

$$C = \frac{1}{2\pi f R_1} \sqrt{\frac{R_1}{R_2} - 1}, L = \frac{R_2}{2\pi f} \sqrt{\frac{R_1}{R_2} - 1}, R_1 > R_2. \quad (7.5)$$

T va II-simon zanjirlar (7.4, d va e-rasm) ikkita Γ -simon zanjirning ketma-ket ulanganidan hosil bo'ladi. Qarshiliklar nisbati ixtiyoriy bo'lishi kerak ($R_1 \geq R_2$)



$$R_{KIR} = N^2 R_{YU};$$

$$R_{YU} = \frac{Z_0}{3} = \frac{R_{KIR}}{9}$$

7.4-rasm

T-simon zvenoning elementlari quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$\begin{aligned} L_1 &= \frac{R_1}{2\pi f} \sqrt{\frac{R_0}{R_1} - 1}; \\ L_2 &= \frac{R_2}{2\pi f} \sqrt{\frac{R_0}{R_2} - 1}; \\ C &= \frac{1}{\pi R_0} \left(\sqrt{\frac{R_0}{R_1} - 1} + \sqrt{\frac{R_0}{R_2} - 1} \right); \end{aligned} \quad (7.6)$$

$R_0 > R_1; R_0 > R_2; R_1 > R_2$. Bunda $R_0 = R_1 + R_2$ ligini hisobga olsak, u holda quyidani yozish mumkin:

$$L_1 = L_2 = \frac{1}{2\pi f} \sqrt{R_1 \cdot R_2}, \quad C = \frac{1}{2\pi f \sqrt{R_1 \cdot R_2}}. \quad (7.7)$$

II-simon zvenoning elementlari quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$C_1 = \frac{1}{2\pi f R_1} - \sqrt{\frac{R_1}{R_0} - 1}; \quad C_2 = \frac{1}{2\pi f R_2} - \sqrt{\frac{R_2}{R_0} - 1}; \quad (7.8)$$

$$L_1 = \frac{R_0}{2\pi f R_1} \left(\sqrt{\frac{R_1}{R_0} - 1} + \sqrt{\frac{R_2}{R_0} - 1} \right), \quad R_0 < R_2. \quad (7.9)$$

Bunda $R_0 = R_1 R_2 / (R_1 + R_2)$ ligini hisobga oladigan bo'lsak, u xolda II-simon sxema uchun quyidagi munosobatlarga ega bo'lamiz:

$$C_1 = C_2 = \frac{1}{2\pi f \sqrt{R_1 \cdot R_2}}; \quad L_1 = \frac{\sqrt{R_1 R_2}}{2\pi f}. \quad (7.10)$$

Qator holatlarda (7.5 – 7.10) ifodalardan foydalanib sxemaning elementlarini hisoblaganda, induktivlikning shunday qiymatlariga zarurat tug'iladiki, amalda uni amalga oshirishning iloji bo'lmaydi. Bunday hollarda, R_0 ni tanlashda tengsizlikni kuchaytiriladi yoki konstruktiv nuqtai nazardan amalga oshirilishi mumkin bo'lgan induktivlikka o'tib, ortiqchasini kompensatsiyalaydigan sig'imdan foydalaniladi.

Kalit so'zlar

1. Amplitudali modulyator – amplitudali modulyatsiyani amalga oshiradigan uzatgichning bir qismi.

2. Bazaviy modulyator – bazasiga o‘zgarish siljish kuchlanishi, uzatuvchi va modullashtiruvchi tebranishlar berilgan tranzistorda qurilgan amplitudali modulyator.

3. Kollektorli modulyator – bazasiga uzatuvchi, kollektoriga modullashtiriladigan tebranishlar berilgan tranzistorda qurilgan amplitudali modulyator.

4. Amplitudali modulyatsiya koeffitsiyenti – uzatuvchi tebranish amplitudasining maksimal orttirma qiymatini jimlik rejimidagi tebranish amplitudasiga nisbati bilan o‘lchanadigan kattalik.

5. Amplitudali modulyatsiya chuqurligi – yuqori chastota amplitudasining nisbiy o‘zgarish qiymati.

6. Modulyator – uzatgichning tarkibiy qismi bo‘lib, uning yordamida garmonik elektr tebranishlarning parametrlarini boshqarish amalga oshiriladi.

7. Tebranishlar modulyatsiyasi – yuqori chastota tebranishlarining amplituda, chastota va faza yoki boshqa xarakteristikalarini nisbatan sekin o‘zgaradigan uzatilayotgan xabarning qonuni bo‘yicha o‘zgarishi.

8. Spektr – vaqtning istalgan onida oniy qiymatlari yig‘indisi, elektr signalning oniy qiymatiga teng bo‘lgan garmonik tebranishlar to‘plami.

9. Amplitudasi modullashtirilgan tebranish spektri – uzatuvchi va ikkita chetki oraliq kengligi $\omega_0 - (\Omega_{min} \div \Omega_{max})$ va $\omega_0 + (\Omega_{min} \div \Omega_{max})$ bo‘lgan tebranish.

10. Quvvat kuchaytirgich – antennada kerakli signal quvvatini ta‘minlab beradigan uzatgichning modullashtirilgan tebranishlarini kuchaytiradigan keng oraliqli kuchaytirgich.

11. Amplitudali modulyatsiya spektr kengligi – modullashtiruvchi tebranishlari spektri maksimal chastotasining ikkilangan qiymatiga teng chastota oraliq.

Sinov savollari

1. Amplitudali modulyatsiya ta‘rifini bering?

2. Amplitudali modulyatsiyada qanday sharoitlarda chetki chastotalarning chiziqsimon va quyuq spektrlari olinadi?

3. Amplitudali modulyatsiya koeffitsiyenti tushunchasini ta‘riflang?

4. Amplitudali modulyatsiya chuqurligi quvvatni o‘lchashga qanday ta‘sir etadi?

5. Qanday amplitudali modulyatorlarda f.i.k. katta va nimaga?

6. Uzatgichning chiqish kaskadi qurilmasini tushuntiring?

7. Uzatgichning quvvat kuchaytirgichi va muvofiqllovchi qurilmasining vazifasini tushuntiring?

8. Uzatgichning oxirgi kaskadidagi yuqori chastota transformatorining vazifasini tushuntiring?

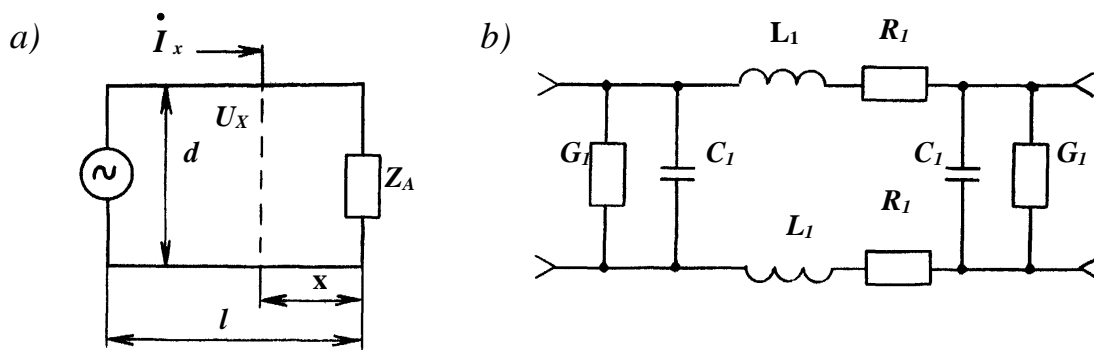
9. Muvofiqlovchi T-simon zvenoning elementlarini hisoblaydigan ifodalarni yozing?

10. Muvofiqlovchi II-simon zvenoning elementlarini hisoblaydigan ifodalarni yozing?

8. ANTENNO-FIDER QURILMA

8.1. Radiochastota tokining energiyasini uzatish

Qoidaga ko'ra, uzatgichning chiqish kaskadi va antenna bir-biridan anchagina uzoqda joylashgan bo'ladi. Bunday holatda radiochastota toki energiyasini uzatgichdan antennaga fider orqali uzatish muammosi tug'iladi. Fiderni konstruksiyasiga bog'liq bo'lmagan holda uzunligi l , oralaridagi masofa d dan ancha katta bo'lgan ikkita parallel utkazgich ko'rinishida tasavvur qilish mumkin (8.1, *a*-rasm). Umuman olganda fider, induktivligi L_1 , aktiv qarshiligi R_1 , sig'imi C_1 va simlari orasidagi o'tkazuvchanligi G_1 bo'lgan tarqalgan parametrlil uzun liniya (8.1, *b*-rasm) sinfiga mansub



8.1-rasm

bo'lib, uning $R_1 = 0, G = 0$ dagi kompleks kuchlanishi va toki quyidagicha bo'ladi:

$$\begin{cases} \dot{U}_x = \dot{U}_2 \cos \alpha x + j \dot{I}_2 \sin \alpha x; \\ \dot{I}_x = \dot{I}_2 \cos \alpha x + j \frac{\dot{U}_2}{\rho} \sin \alpha x. \end{cases} \quad (8.1)$$

Bu yerda: $\rho = \sqrt{\frac{L_1}{C_1}}$ – liniyaning to‘lqin qarshiligi;

$\alpha = \omega \sqrt{L_1 C_1}$ – faza doimiysi. Agar $\frac{f}{1} = \lambda \sqrt{LC}$ belgilash kiritsak, u

holda quyidagi ifodaga ega bo‘lamiz: $\alpha = \frac{2\pi}{\lambda}$,

bu yerda:

$\dot{U}_2 = U_{2m} e^{j\alpha x}$, $\dot{I}_2 = I_{2m} e^{j\alpha x}$ – mos ravishda liniya oxiridagi kuchlanish va tokning kompleks amplitudalari;
 λ – to‘lqin uzunligi.

To‘lqin qarshilik ρ bilan yuklama qarshiligi Z_A munosabatiga bog‘liq ravishda liniya yuguruvchi, turuvchi yoki aralash to‘lqinlar rejimida ishlashi mumkin.

8.2. Fiderda yuguruvchi to‘lqinlar rejimi

Liniya bilan yuklama muvofiqlashganda, ya‘ni qachonki, uning aktiv qarshiligi to‘lqin qarshilikka teng bo‘lganda ($R_A = \rho$), liniyada yuguruvchi to‘lqin o‘rnatiladi. Bunday holatda qaytuvchi to‘lqinlar paydo bo‘lmaydi ($\dot{I}_2 \rho = \dot{U}_2$) va (8.1) tenglama quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$\begin{cases} \dot{U}_x = U_{2m} e^{j(\omega t + \alpha x)}; \\ \dot{I}_x = I_{2m} e^{j(\omega t + \alpha x)}. \end{cases}$$

Agar u_x va i_x o‘zgaruvchanlarni haqiqiy qiymatga o‘tkazadigan bo‘lsak, u holda quyidagi ko‘rinishlarni olamiz:

$$\begin{cases} u_x = U_{m2} \sin(\omega t + \alpha x); \\ i_x = I_{2m} \sin(\omega t + \alpha x). \end{cases} \quad (8.2)$$

Demak, liniyaning har bir kesimida kuchlanish va tok o‘zaro sinfazda bo‘lib, vaqt bo‘yicha sinusoidal qonunda o‘zgaradi. u_x (i_x) ning fazasi manbadan uzoqlashgan sari u_l (i_l) fazasidan $\alpha(l-x)$ burchakka orqada qoladi.

Bu degani, kuchlanish (tok) to‘lqini manbadan yuklama tomon $V = I / \sqrt{LC}$ tezlikda harakatlanadi. u_x va i_x larning sinfazligi hisobiga liniya manba uchun aktiv qarshilik hisoblanadi, ya’ni:

$$R_{kir} = \rho = U_{m1} / I_{m1}.$$

Real liniyalarda u_x va i_x larning amplitudalari yuklama tomon yaqinlashgan sari

$$\begin{cases} \dot{U}_{mx} = U_{m1} e^{-\beta(l-x)}; \\ \dot{I}_{mx} = I_{m1} e^{-\beta(l-x)}, \end{cases} \quad (8.3)$$

qonun bo‘yicha kamayadi. Bu yerda: $\beta = \frac{Rl}{2\rho} + \frac{Gl}{2}$ – liniya bo‘ylab tarqalganda energiyaning isrofini xarakterlaydigan so‘nish koeffitsiyenti.

8.3. Fiderda turuvchi to‘lqin rejimi

Liniyada turuvchi to‘lqinlar rejimi, yuklama bilan liniya muvofiq lashganda o‘rnatiladi (masalan, liniya oxirida qisqa tutashuv yoki uzilish bo‘lganda). Oxirgi holatda, ya’ni $Z_A \rightarrow \infty$, $I_A = 0$ da qaytgan to‘lqin vujudga kelib, ularning oniy qiymati (8.1) ifodani hisobga olganda quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi:

$$\begin{aligned} u_x &= (U_{m2} \cos \alpha x) \sin \omega t; \\ i_x &= \left(\frac{U_{m2} \sin \alpha x}{\rho} \right) \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right). \end{aligned} \quad (8.4)$$

Shu bilan birga, bu rejimda liniyaning har bir kesimida u_x va i_x lar vaqt bo‘yicha sinusoidal qonunda o‘zgarib, ular orasidagi faza siljisi 90° bo‘ladi. Liniya bo‘ylab u_x (i_x) ning amplitudasini o‘zgarishi, tushuvchi (padayimiy) va qaytuvchi to‘lqinlarning interferensiyasi orqali tushuntiriladi, ya’ni liniyaning sinfazli nuqtalarida maksimum kuchlanish (tok), qarama-qarshi fazali nuqtalari-

da esa minimum kuchlanish (tok) vujudga keladi. Bunda u_x (i_x) ning fazasi liniyaning barcha kesimida bir xil bo'ladi, ya'ni kuchlanish (tok) bir vaqt onida maksimum yoki minimumga erishadi. Bu to'liqining fazoviy xarakatsizligi bilan teng kuchli bo'lib, aynan rejim nomi ham shundan kelib chiqqan. Isrofsiz uzuq liniya u_x va i_x orasidagi faza siljishi hisobiga reaktiv xarakterda bo'ladi ($x = l$), ya'ni:

$$Z_{kir} = ix_{kir} = -ipctgal. \quad (8.5)$$

8.4. Fiderda aralash to'liqlar rejimi

Agar antenaning R_A aktiv qarshiligi liniyaning to'liq qarshiligi ρ bilan mos bo'lmasa, u holda liniyada aralash to'liqlar rejimi vujudga keladi. Uning xarakteristikasi uchun yuguruvchi (K_{YUG}) va turuvchi (K_{TUR}) to'liq koef-fitsiyentlari kiritiladi. $R_A > \rho$ da $K_{YUG} = R_A/\rho$, $K_{TUR} = \rho/R_A$ bo'lib, $R_A < \rho$ da esa, K_{YUG} va K_{TUR} lar R_A va ρ bilan teskari munosabatda bo'ladi.

Fider orqali energiyani uzatishning samaradorligi, chiqishdagi (antennada) quvvatning ($P_2 = 0,5 U_{m2} I_{m2}$), kirishdagi quvvatga ($P_1 = 0,5 U_{m1} I_{m1}$) nisbatiga teng bulgan f.i.k. bilan xarakterlanadi. Yuklama bilan moslashtirilgan liniyada ($R_A = \rho$), isroflarni hisobga olganda ($R_I \neq 0$, $G_I = 0$) (8.3) ifodaga muvofiq

$$\eta_F = \frac{P_2}{P_1} = e^{-\beta l}. \quad (8.6)$$

bo'ladi.

Agar liniya yuklama bilan muvofiqlashmagan bo'lsa (ya'ni, $R_A \neq \rho$), u holda qaytuvchi va tushuvchi to'liqlarning interferentsiyasi hisobiga P_2 va η_F larning yana qo'shimcha kamayishi kuzatiladi. Ya'ni:

$$\eta_F = \frac{4K_{\tilde{a}} \tilde{a}^{-bl}}{(K_{bog} + 1)^2 - (1 - \hat{E}_{bog})^2 \tilde{a}^{-4bl}}. \quad (8.7)$$

Fiderning f.i.k. ini ko'paytirish uchun, qaytgan to'liqlarni kompensatsiyalab, shu bilan birga yuguruvchi to'liqlar rejimini ta'minlaydigan moslashtiruvchi qurilmalardan foydalanib, turuvchi to'liq koef-fitsiyentini kamaytiriladi. Bunday qurilmalarga to'rt to'liqli transformatorlar va qisqa tutashgan shleyflar kiradi.

Konstruksiya nuqtai nazardan qaraganda, fiderlar ikki o'tkazgichli va koaksial liniyalar ko'rinishida amalga oshiriladi. Ikki o'tkazgichli liniyalar past, o'rta va yuqori chastota uzatgichlarida qo'llanilib, uning to'liq qarshiligi

$$\rho = \frac{\sqrt{\frac{\mu}{\xi}} \ln \frac{d}{r}}{\pi}, \quad (8.8)$$

bo‘ladi. Bu yerda: E , μ – izolatorning mos ravishda dielektrik va magnit sing-diruvchanligi.

Juda katta yuqori chastotalarda nurlanishdagi (antenna effekti) isrofnii bartaraf qilish uchun, to‘lqin qarshiligi

$$\rho = \frac{\sqrt{\frac{\mu}{\xi}} \ln \frac{D}{a}}{2\pi}. \quad (8.9)$$

ga teng bo‘lgan koaksial liniyalar qo‘llaniladi.

O‘ta yuqori chastota oralig‘ida energiya, uzatgichdan antennaga maxsus volnovodlar bo‘yicha uzatiladi.

Kalit so‘zlar

1. Antenna – radio to‘lqinlarni nurlatuvchi (uzatuvchi) va qabul qiluvchi qurilma.

2. Antenna fideri – uzatgich yoki qabulqilgichni antennaga ulashga xizmat qiladigan, yuqori chastota tebranishlari energiyasini iloji boricha isrofsiz uzatishga mo‘ljallangan ikki utkazgichli (ba’zi xollarda murakkab) liniya yoki yuqori chastota kabeli.

3. Yuguruvchi elektrmagnit to‘lqinlar – manbadan iste‘molchi (yuklama) tomon yo‘nalish bo‘ylab energiyani tarqatadigan to‘lqinlar.

4. Uzatish liniyaning to‘lqin qarshiligi – to‘lqinlar tarqalayotgan liniyaning istalgan nuqtasidagi kuchlanishni tokka nisbati.

5. Uzun liniya – uzunligi odatda tarqalayotgan elektrmagnit tebranishlarining to‘lqin uzunligidan anchagina katta bo‘lgan elektr liniya.

6. To‘lqinlar interferensiyasi – fazoda ikkita (yoki bir nechta) to‘lqin-larning qo‘shilishi natijasida, uning bir nuqtasida natijaviy to‘lqinlar amplitudasi kuchayib, boshqa bir nuqtasida susayishi xodisasi.

7. Yuguruvchi to‘lqin koeffitsiyenti – yuguruvchi to‘lqin rejimiga yaqinlashish darajasini xarakterlovchi koeffitsiyent bo‘lib, u yuguruvchi to‘lqin rejimida birga, tik turuvchi to‘lqin rejimida esa mos ravishda nolga teng bo‘ladi.

8. Fiderning foydali ish koeffitsiyenti – fider orqali antennaga o‘tkazilayotgan quvvatning qiymatini fiderga berila-yotgan quvvatning qiymatiga nisbati bilan o‘lchanadigan kattalik.

9. Tarqalgan parametrli liniya – uzunlik birligida parametri tarkalgan (liniya uzunligi buylab induktivlik va qarshilik, ko‘ndalang yo‘nalishda esa sig‘im va o‘tkazuvchanlik) elektr zanjiri.

10. Teskari fazali to‘lqinlar – boshlang‘ich fazalari o‘zaro 180° ga siljigan to‘lqinlar.

11. Tik turuvchi to‘lqinlar dastasi – tarqalgan parametrli liniyaning tik turuvchi to‘lqinning amplitudasi maksimumga teng bo‘lgan nuqtasi.

12. Yuguruvchi to‘lqin rejimi – yuklama, unga yo‘naltirilgan energiyani qaytarmay to‘liqligicha o‘zida singdiradigan rejim (muvofiqlangan yuklama).

13. Tik turuvchi to‘lqin rejimi – yuklama unga yo‘naltirilgan energiyani to‘liqligicha qaytaradigan rejim.

14. Sinfazli to‘lqinlar – boshlang‘ich fazalari o‘zaro mos bo‘lgan to‘lqinlar.

15. Tik turuvchi elektrmagnit to‘lqinlar – tarqalgan parametrli liniyalarda amplitudalari bir xil, ammo tarqalish yo‘nalishlari qarama-qarshi bo‘lgan ikkita yuguruvchi to‘lqinlar interferensiyasi natijasida yuzaga keladigan to‘lqinlar.

16. Tik turuvchi to‘lqin tuguni – tarqalgan parametrli liniya-ning tik turuvchi to‘lqinning amplitudasi nolga teng bo‘lgan nuqtasi.

Sinov savollari

1. Antenna fiderining ta’rifini bering?
2. Antenna fiderida bo‘ladigan to‘lqin jarayonlar nimaga asoslangan?
3. Elektr uzun liniyaning tenglamalarini yozing?
4. Liniyaning to‘lqin qarshiligi va uzatish o‘zgarmas koeffitsiyentining fizik ma’nosini tushuntiring?
5. So‘nish va faza koeffitsiyentlarining fizik ma’nosini tushuntiring?
6. Qanday holatlarda fiderda yuguruvchi, tik turuvchi va aralash to‘lqinlar rejimlari vujudga keladi?
7. Fiderning f.i.k. i nimaga bog‘liq?
8. Antenna fiderining ekvivalent sxemasini chizing va ulardagi R , L , C va G elementlarni tushuntiring?

9. ELEKTRMAGNIT TO‘LQINLARNI NURLATISH

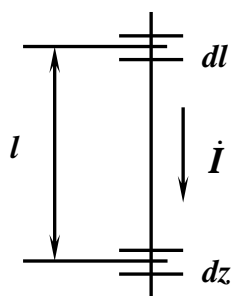
9.1. Elektrmagnit energiyaning nurlatishni ilakishgan e.yu.k. usuli orqali tushuntirish

1889 yili G. Gers tajribada elektrmagnit energiyaning nurlanishini kashf qildi. Bu kashfiyotni 1864 yili Maksvell tomonidan nazariy tomondan bashorat qilingan edi.

Nurlanish jarayonini ikkita usul orqali tushuntirish mumkin:

1. Ilakishgan E.YU.K usuli;
2. Ochiq tebranma kontur orqali.

Ilakishgan E.YU.K usuli. Bu usul I.G. Klyatskin va A.A. Pistolkorlar tomonidan ishlab chiqilgan bo‘lib, u har qanday tokli o‘tkazgich (9.1-rasm) atrofida magnit maydon mavjudligiga asoslangan.



9.1-rasm

Faraz qilaylik, o‘tkazgichdagi tok quyidagi garmonik qonun bo‘yicha o‘zgarsin, ya’ni:

$$i = I \sin \omega t, \quad (9.1)$$

bu yerda: I – tebranish amplitudasi;

$$\omega - \text{burchak chastota, } \omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T};$$

T – joriy vaqt;

$$f = \frac{1}{T} - \text{tebranish chastotasi;}$$

T – tebranish davri.

dl elementda i tok (9.1) qonun bo'yicha o'zgarganda, uning atrofida

$$\phi = \Phi \sin \omega t \quad (9.2)$$

magnit oqimi vujudga kelib, u elementdan l masofada bo'lgan dz elementda esa mos ravishda

$$\phi = \Phi \sin(\omega t - \varphi) \quad (9.3)$$

oqim vujudga keladi. Ya'ni, dz element atrofida vujudga kelgan magnit oqimi dl elementdagiga nisbatan φ burchakka orqada qoladi. Bunday faza bo'yicha kechikishni shunday tushuntirish mumkin, ya'ni magnit oqimining dl elementdan dz elementgacha tarqalishi uchun ma'lum t_1 vaqt kerak bo'ladi. Bu kechikish vaqtini

$$t_1 = \frac{l}{C} \quad (9.4)$$

ifoda orqali aniqlash mumkin. Bu yerda: $S = 30000$ km/s – yorug'lik tezligi. U xolda siljish burchak φ ni

$$\varphi = \omega t_1 = \omega \frac{l}{C} = \frac{2\pi}{T} \frac{l}{C} \quad (9.5)$$

ifoda orqali aniqlash mumkin.

Qoidaga ko'ra, T davrning yorug'lik tarqalish tezligiga ko'paytmasi to'liq uzunligiga teng bo'lishini nazarga olsak, faza siljishini

$$\omega = 2\pi \frac{1}{\lambda} \quad (9.6)$$

ifoda yordamida aniqlasa ham bo'ladi.

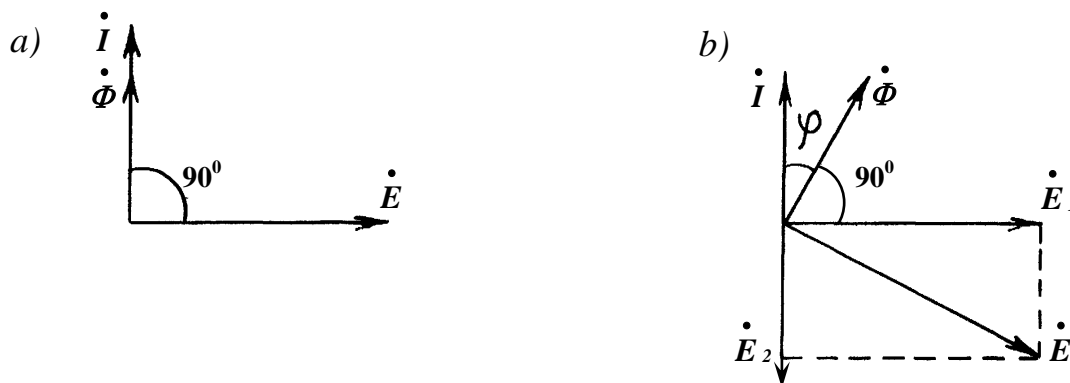
Past chastotalar uchun l/λ munosabat juda kichik bo'ladi. Masalan, $f = 50$ Gs da $\lambda = 6000$ km ga teng. Amaldagi mavjud elektr uzatish liniyalarining uzunligi to'liq uzunlikdan ancha kichikligini e'tirof etadigan bo'lsak, past chastotada tok va magnit oqimi orasidagi faza siljishi amalda nolga teng bo'ladi.

Radiochastotada o'tkazgich (antenna) uzunligi l to'liqin uzunlikka yaqin bo'lgani uchun, φ faza siljishi amalda katta ahamiyatga ega.

Atrofidagi magnit oqimi ta'sirida o'tkazgichda vujudga kelgan o'zinduksiya e.yu.k., magnit oqimidan $\pi/2$ burchakka orqada qoladi. Shunday qilib, tok, magnit oqimi va simda ilakishgan e.yu.k. larning vektor diagrammasi past chastotada 9.2, *a*-rasmdagi ko'rinishda, yuqori chastotada esa 9.2, *b*-rasmdagi ko'rinishida tasvirlash mumkin bo'ladi. Diagrammadan ko'ri-nib turibdiki, past chastotada o'tkazgichda ilakishgan e.yu.k., odatdagi induktivlik ulangan zanjir-dagi teskari elektr yurituvchi kuchning aynan o'zi bo'lar ekan, chunki kuchlanish vektori tok vektoriga nisbatan 90° siljigan. Yuqori chastotada esa ilakish-gan e.yu.k., ikkita E_1 reaktiv va E_2 aktiv tashkil etuvchilardan iborat bo'ladi.

Reaktiv tashkil etuvchi simning induktiv reaksiyaga ega bo'lganligi-dan, ak-tiv tashkil etuvchi esa tokka nisbatan 180° ga siljigan bulgani uchun, uni yen-gishga

$$P = \frac{I}{2} E_2 I \quad (9.7)$$



9.2-rasm

ifoda bilan aniqlanadigan aktiv quvvatni sarflashga to'g'ri keladi.

Shunday qilib, elektrmagnit maydon ta'sirida o'tkazgichda, uni o'rab turgan atrof muhitida yutiladigan aktiv energiya ajralar ekan. Aynan shu energiya, antennaning nurlanish energiyasidir.

Ilakishgan e.yu.k. usulidan foydalanib, antennaning har bir elementining nurlatish quvvatini hisoblash mumkin.

$$\alpha P_\Sigma = -\frac{I}{2} E_2 I dz, \quad (9.8)$$

bu yerda: I va E_2 – mos ravishda dz elementagi tokning amplitudasi va maydon kuchlanganligining aktiv tashkil etuvchisi.

Hamma antennadan nurlanadigan quvvat

$$P_{\Sigma} = \int_0^{l_0} -\frac{1}{2} E_z Idz \quad (9.9)$$

ifoda yordamida hisoblanadi. Bu yerda: l_0 – antenna uzunligi.

(9.9) ifodadan foydalanish, amalda murakkab matematik hisoblash-larni talab qiladi. Shuning uchun amalda quyidagi ifodalardan foydalaniladi. Masalan $\lambda/4$ uzunlikdagi yerga ulangan o‘tkazgich uchun

$$P_{\Sigma} = \frac{1}{2} I_{YU}^2 36,6 \text{ Vt}, \quad (9.10)$$

$\lambda/2$ uzunlikdagi o‘tkazgich uchun esa

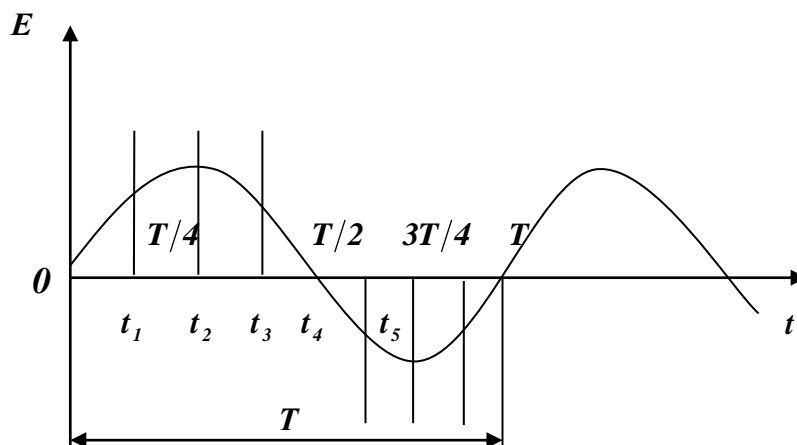
$$P_{\Sigma} = \frac{1}{2} I_{YU}^2 73,2 \text{ Vt} \quad (9.11)$$

ifodalardan foydalaniladi. Bu yerda: I_{YU} – simning o‘rtasidagi tokning amplitudasi.

Quvvat hamma vaqt tokning amplitudasi kvadratining yarmini, qarshilikka ko‘paytmasi kabi tasavvur qilinishi mumkin bo‘lgani uchun, **36,6** va **73,2** koefitsiyentlar qandaydir qarshilikning kattaligini ifodalaydi. Bu qarshilik uzatayotgan antannaning nurlanish qarshiligi deyiladi. Nurlanish qarshiligi foydali qarshilik hisoblanib, u ochiq fazoda antannaning elektrmagnit energiyani nurlatish kobilyatini belgilaydi.

9.2. Elektrmagnit energiyani nurlatishni ochiq tebranma kontur usuli orqali tushuntirish

Faraz qilaylik, antenna uzatgich bilan bog‘langan ikkita simdan iborat bo‘lsin (9.4-rasm) va antennada induktirlangan sinusoidal elektr yurituvchi kuch noldan osha borsin (9.3-rasm).

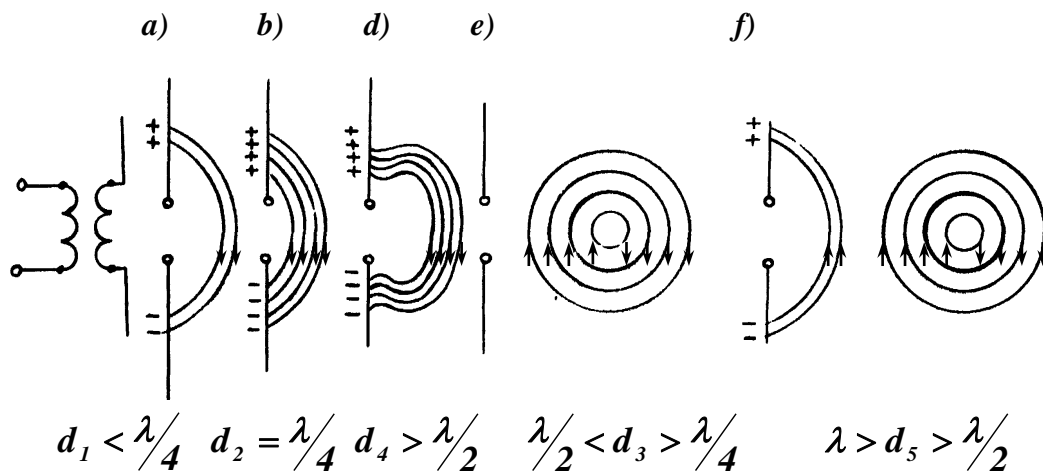


9.3-rasm

U holda yuqoridagi sim musbat, pastdagi sim esa manfiy zaradlanib, zaradlar sim bo‘ylab tarqala boshlaydi va $t_1 < T/4$ onda elektr maydoni 9.4, *a*-rasmida ko‘rsatilgan ko‘rinishda bo‘ladi. Chorak davrdan so‘ng $t_2 = T/4$ da antenna-dagi zarad miqdori maksimumga erishadi (9.4, *b*-rasm). Bu zaradlarning elektr maydoni $d_2 = \lambda/4$ masofaga tarqaladi. Qoidaga muvofiq ,to‘lqin uzunligi bir davr mobaynida maydonning tarqalish masofasiga teng bo‘ladi.

$t_3 > T/4$ da antennaga qo‘yilgan kuchlanish kamaya boshlaydi, zaradlar ham kuch chiziqlarini uchlari antenna markazi tomon siqib, ozaya boshlaydi. Bu vaqtda ($t_3 > T/4$) maydon kuch chiziqlari qamrab olgan fazoni ko‘rib chiqamiz hamda d_2 va d_3 masofalarni taqqoslaymiz (9.4, *d*-rasm.). Agar $d_3 < d_2$ deb faraz qilsak, u holda $d > \lambda/4$ masofalarda maydon kuch chiziqlari hamma vaqt bo‘lmaydi, ya’ni kuchli maydon aniq chegaralarga ega bo‘lar ekan, deb xulosa qilsak bo‘ladi.

Turli elektr va magnit maydonlarining tajriba hamda nazariy tadqiqotlari shuni ko‘rsatadiki, maydonning jadalligi masofa ortgan sari kamaya boradi, lekin bir jinsli muhitda maydon hech qanday chegaraga ega bo‘lmaydi. Ya’ni, har bir kuch chiziqning uchlari tortilgani bilan $d_3 > d_2$ da antennadan uzoqlasha boraveradi. Yarim davrdan so‘ng kuch chiziqlarning uchlari birlashib, antennadan ajralab ketishlari kerak (9.4, *e*-rasm). Ikkinchi yarim davrning boshlanishida, ya’ni $t_5 > T/2$ da antenna yana zaradlana boshlaydi, ammo zaradlanish teskari yo‘nalishda bo‘ladi. Bu yangi maydonning kuch chiziqlari itariladi va uzoqqa tarqaladi.



9.4-rasm

Shunday qilib, elektrmagnit energiyaning tarqalish jarayonini, kuch chiziqlarning antennadan ajralishi, deb tushuntirsa ham bo‘ladi.

9.3. Nurlanish quvvatini hisoblash

Antennaning nurlatish quvvatini aniqlash uchun, uning hamma nuqtalarida tokning amplitudasi bir xil va antennaning o'zi qandaydir radiusi antenna uzunligi l_0 ga taqqoslaganda katta r radiusli yopiq sferik sirtning markazida joylashgan deb faraz qilamiz. Antennada nurlanish quvvatni hisoblashda, yuqorida aytib o'tilgan sferik sirt dan bir sekund mobaynida o'tayotgan tok energiyasini aniqlash yetarli hisoblanadi. Sferik sirtning ixtiyoriy A nuqtasidagi magnit maydonning H kuchlanganligi (9.5-rasm) quyidagi ifodaga teng bo'ladi, ya'ni:

$$H = \frac{1}{2} \frac{I l_0}{r \lambda} \sin \Theta, \quad (9.12)$$

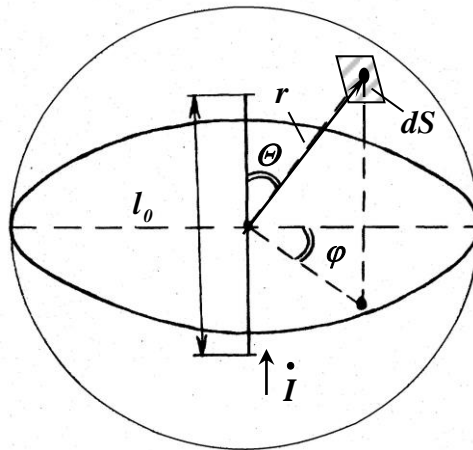
bu yerda: Θ – l_0 o'tkazgich o'qi va r yo'nalishi orasidagi burchak;

I – antennadagi tokning amplitudasi.

Birlik sirt (1 m²) orqali o'tayotgan energiya oqimi, ya'ni Umov-Poyting vektori, ma'lumki

$$\Pi = \frac{1}{2} EH. \quad (9.13)$$

ko'rinishda yoziladi.



9.5-rasm

Elektr va magnit maydonlar energiyasining xajmiy zichligi o'zaro

$$\frac{1}{2} \epsilon E^2 = \frac{1}{2} \mu H^2, \quad (9.14)$$

teng bo'lganligi sababli, Umov-Poyting vektorining ifodasini quyidagicha yozishimiz mumkin:

$$\Pi = \frac{1}{2} H^2 \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}}.$$

Agar $\varepsilon = \frac{1}{36\pi} \cdot 10^{-9}$ va $\mu = 4\pi \cdot 10^{-7}$ qiymatlarni hisobga oladigan bo'lsak,

$$\Pi = \frac{1}{2} 120\pi H^2$$

ga ega bo'lamiz, yoki (9.12) ifodaga binoan

$$\Pi = \frac{1}{2} 30\pi \frac{I^2}{r^2} \frac{l_0^2}{\lambda^2} \sin^2 \Theta$$

bevosita sferik sirt parametrlariga va tokka bog'liq bo'lgan ifodani olamiz.

Endi, antennani o'rab turgan butun sferik S sirt orqali o'tayotgan energiya oqimini hisoblash mumkin bo'lib, u quyidagi aniq integralda hisoblanadi, ya'ni:

$$P_{\Sigma} = \int_S \Pi dS,$$

bu yerda: $dS = r^2 \sin \Theta d\Theta d\varphi$ – qutb koordinatalar tizimida sferik sirtning elementi.

Π va dS larning qiymatlarini integral funksiya ifodasiga qo'ysak,

$$P_{\Sigma} = \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} \frac{1}{2} 30\pi I^2 \left(\frac{l_0}{\lambda}\right)^2 \sin^3 \Theta d\Theta d\varphi.$$

ni olamiz.

O'zgarmas kattaliklarni integral belgisidan tashqariga chiqaradigan bo'lsak, umumiy energiya oqimini hisoblash ifodasi quyidagi ko'rinishni oladi:

$$P_{\Sigma} = \frac{1}{2} 30\pi I^2 \left(\frac{l_0}{\lambda}\right)^2 \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{\pi} \sin^3 \Theta d\Theta.$$

Bunda birinchi integralning yechimi

$$P_{\Sigma} = \frac{1}{2} 60\pi^2 I^2 \left(\frac{l_0}{\lambda}\right)^2 \int_0^{\pi} \sin^3 \Theta d\Theta.$$

kurinishdagi ifodaga olib keladi.

Agar $\int_0^\pi \sin^3 \Theta d\Theta = \frac{4}{3}$, ni hisobga oladigan bo'lsak, u holda butun energiyani hisoblashning natijaviy ifodasiga ega bo'lamiz:

$$P_\Sigma = \frac{I}{2} I^2 80\pi^2 \left(\frac{l_0}{\lambda}\right)^2. \quad (9.15)$$

Nurlanish quvvati P_Σ ni, quvvatning boshqa turlariga o'xshash tokning kvadrati yarmini qandaydir qarshilikka ko'paytmasi kabi tasavvur qilish mumkin. Shunday qilib, $80\pi^2 (l_0/\lambda)^2$ kattalikni nurlanish qarshiligi R_Σ bilan belgilash mumkin, ya'ni:

$$R_\Sigma = 80\pi^2 (l_0/\lambda)^2. \quad (9.16)$$

Oxirgi tenglamani amaliyotda qo'llash uchun, antennani yerga yaqin joylashishini va antenna bo'ylab tok amplitudasining haqiqatan notekis taqsimlanishini e'tiborga olinishini hisobga oladigan, ikkita tuzatish kiritishga to'g'ri keladi.

Kalit so'zlar

1. Poyting vektori – yo'nalishi parmaning ilgarilama harakati yo'nalishiga mos bo'lgan sirt birligiga to'g'ri keladigan quvvat, Vt/m².

2. Umov-Poyting vektori – elektrmagnit maydonining energiya oqimi zichligi vektori.

3. Dielektrik singdiruvchanlik – dielektriklar xossasini xarakterlaydigan o'lchovsiz kattalik.

4. Elektrmagnit nurlanish – zaradlangan zarrachalarning yoki o'zgaruvchan toklarning tezlangan harakatidan vujudga kelgan elektrmagnit to'lqinlar.

5. Magnit maydoni kuchlanganligi chiziqlari – har bir nuqtasiga o'tkazilgan urinma magnit maydon kuchlanganligi vektori yo'nalishiga mos bo'lgan egri chiziqlar.

6. Magnit maydoni – magnit ta'sirlar amalga oshiriladigan kuchli maydon.

7. Antennaning nurlanish quvvati – antennadan chiqayotgan energiya miqdorini, shu energiya (yoki Poyting vektori okimi) chiqish vaqti oraligiga nisbati.

8. Magnit maydoni kuchlanganligi – magnit maydonining qo'shimcha xarakteristikasi hisoblanib, u fazoning berilgan nuqtasida magnit maydonining yo'nalishi va kattaligini xarakterlaydigan vektor.

9. Elektr maydoni kuchlanganligi - fazoning berilgan nuqtasida elektr maydonning yo'nalishi va kattaligini xarakterlaydigan vektor.

10. Nurlanish qarshiligi – antenaning nurlanish qobiliyatini xarakterlaydigan R_{Σ} aktiv qarshilik.

11. Elektr kuch chiziqlari – elektr maydonida o‘tkazilgan shunday chiziqlar ki, uning har bir nuqtasiga o‘tkazilgan urinmaning yo‘nalishi, maydon kuchlanganligining yo‘nalishi bilan mos bo‘ladi. Bunda maydonning har bir nuqtasidan faqat bitta kuch chizig‘i o‘tadi.

12. Elektr maydoni – elektr zaradlardan yoki o‘zgaruvchan magnit maydonidan vujudga kelgan fizik maydon.

Sinov savollari

1. Ilakishgan EYUK usuli yordamida elektrmagnit energiyaning nurlanish jarayonini tushintirib bering?

2. Ochiq tebranma kontur usuli yordamida elektrmagnit energiyaning nurlanish jarayonini tushintirib bering?

3. To‘lqin uzunligi λ nima?

4. Nima hisobiga dz elementda $E.YU.K$ ilakishadi?

5. Poyting vektori ta’rifini ayting?

6. Nurlanish quvvatini hisoblash ifodasini chiqarib bering?

7. Nurlanish qarshiligi tushunchasining fizik ma’nosini aytib bering?

8. Bir jinsli muhitda elektrmagnit maydoni chegaraga egami?

9. Antenaning nurlanish quvvati nima?

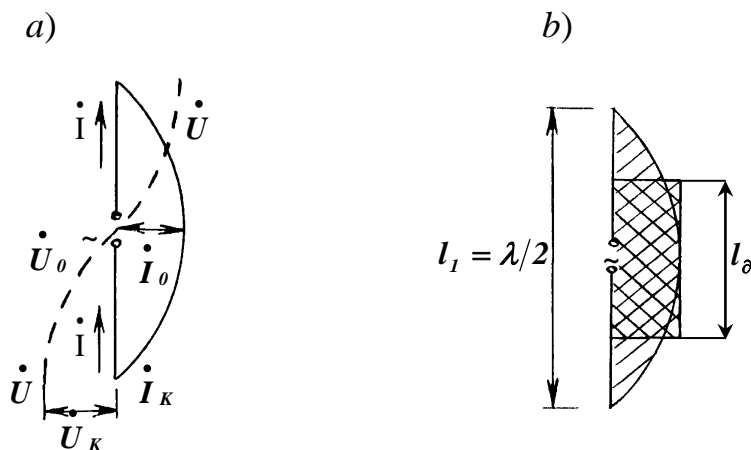
10. UZATUVCHI ANTENNALAR VA ULARNING ELEKTR XUSUSIYATLARI

10.1. Antennaning ta'sir uzunligi

Uzatuvchi antennalarning xarakteristikasini tushuntirish uchun, oxirgi uchlari ochiq uzun liniyaning modifikatsiyasi hisoblangan uzunligi $l_1 = \lambda/2$ bo'lgan, simmetrik vibratori ko'rib chiqamiz. Tok (kuchlanish) antenna bo'ylab notekis taqsimlangan bo'lib, (8.4) ifodaga binoan, uning o'rtasida o'zining I_0 maksimal qiymatiga (bunda $U_0 = 0$), oxirida esa nol bo'ladi (U_1 maksimum) (10.1, *a*-rasm). Real antennani, toki tekis taqsimlangan qanday-dir ekvivalent antenna bilan almashtiramiz (10.1, *b*-rasm).

Bunda tokning taqsimlanish egri chizig'i va antenna o'qi bilan chegaralangan S_2 yuza, real antennaning shunga o'xshash S_1 yuzasiga teng bo'lishi kerak.

Toki tekis taqsimlangan va real antennanikiga teng maydon kuchlanganligini hosil qiladigan ekvivalent antennaning l_0 uzunligi,



10.1-rasm

antennaning ta'sir uzunligi deyiladi hamda quyidagi ifoda orqali hisoblanadi. Ya'ni:

$$l_{\theta} = \frac{2 \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha l_1}{4}\right)}{1} \text{ yoki } l_1 = \frac{\lambda}{2} \text{ da } l_{\theta} = \frac{2}{\pi}. \quad (10.1)$$

l_{θ} parametrning kiritilishi, $l_1 \leq \frac{\lambda}{2}$ da real antennaning xarakteristikasini uzunligi $l_1 \ll \lambda$ bo'lgan matematik abstraksiya hisoblangan elementar vibratorning munosabatlaridan foydalanib aniqlash imkonini beradi.

10.2. Antennaning nurlatish quvvati

Uzunligi $l_1 = \frac{\lambda}{2}$ bo'lgan vertikal simmetrik vibratorni r radiusli bo'sh fazoviy sferaning markaziga joylashtiramiz (10.2-rasm).

Sferaning birlik yuzasi orqali o'tadigan va zenit burchak Θ va azimut burchak φ ga mos bo'lgan vibratorning nurlanish quvvati oqimi (Umov-Poyting vektori moduli)

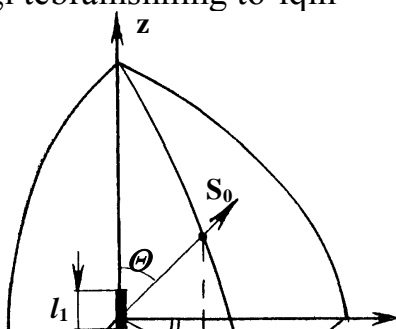
$$S_o = \frac{E_m^2}{240\pi}, \quad (10.2)$$

ifoda yordamida hisoblanadi. Bu yerda: $E_m = \frac{60\pi\theta_0 l_{\theta} \sin\Theta}{\lambda r}$ – ko'rilayotgan nuqtadagi elektr maydoni kuchlanganligi.

Agar sferaning hamma yuzasi bo'ylab integrallasak, u holda antennaning asosiy parametrlaridan biri bo'lgan, nurlanish quvvatini aniqlash imkoni tug'iladi.

$$P_{\Sigma} = \frac{1}{2} I_0^2 80\pi^2 \left(\frac{l_{\theta}}{\lambda}\right)^2 = \frac{1}{2} I_0^2 R_{\Sigma}. \quad (10.3)$$

Nurlanish qarshiligi R_{Σ} aktiv qarshilik hisoblanib, u antennada elektrmagnit energiyani issiqlikka aylantirmay, uni uzatgichda uyg'otilgan berilgan tokda fazoda energiyani nurlatish qobiliyatini xarakterlaydi. R_{Σ} ning $\left(\frac{l_{\theta}}{\lambda}\right)$ munosabatga bog'liqligi tebranishning to'liqin



Θ – zenit burchak;
 φ – azimut burchak

10.2-rasm

uzunligi bilan antenaning uzunligini hisobga olishga to'g'ri kelishligini anglatadi. Yarim to'liqimli simmetrik vibrator uchun $l = \lambda/\pi$ da $R_{\Sigma} = 80$ Om ni tashkil qiladi. Antennaga qo'yiladigan hamma quvvat ham P_{Σ} ga to'liq aylanmasdan, uning bir qismi simlarning qarshiligida issiqlikka aylanib, kolgani izolator-larning yuzasida siljish tokiga, konstruksiya elementlarida uyurma toklarni hosil bo'lishiga va yerga sarf bo'ladi. Shu sababli antenaning f.i.k. i degan parametr kiritiladi. Ya'ni:

$$\eta_A = \frac{P_{\Sigma}}{P_A} = \frac{P_{\Sigma}}{P_{\Sigma} + P_n} = \frac{R_{\Sigma}}{R_{\Sigma} + R_n}, \quad (10.4)$$

bu yerda: R_n – umumiy isrof qarshilik.

Avval fiderli liniyalarni ko'rilganda antenaning kirish qarshi-ligi degan tushuncha kiritilgan edi. Endi uni uchta qarshiliklar yig'in-disi ifodasi shaklida yozsak bo'ladi. Ya'ni:

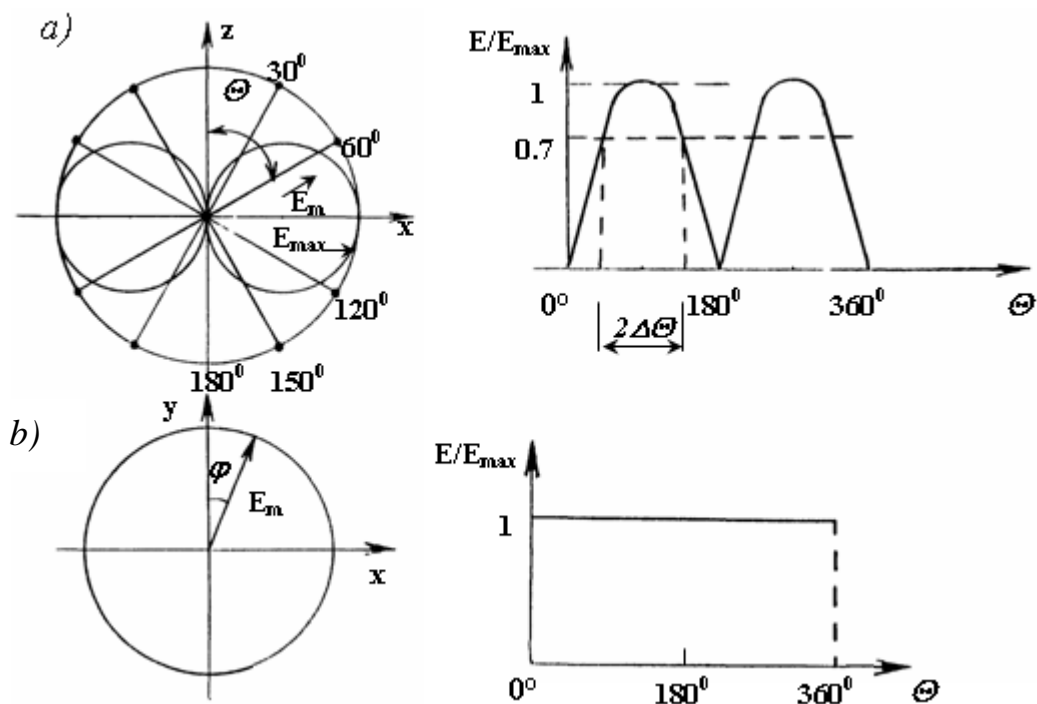
$$Z_A = R_{\Sigma} + R_n + jx_1. \quad (10.5)$$

Antennani uzatgich chastotasiga mos rezonansga sozlansa, antenna toki I_0 , demak P_{Σ} ham, $x_A = 0$ da maksimumga erishadi. Buning uchun l_0 ni shunday tanlanadiki, natijada $al_0 = \pi/2$, $ctg \pi/2 = 0$ bo'lsin, yoki $x_u - \rho ctg \alpha\beta = 0$ shartni qanoatlantiradigan x_u reaktiv kompensatsiyalovchi qarshilikni antenna bilan ketma-ket ulash kerak bo'ladi.

10. 3. Antenaning yo'nalish diagrammasi

(10.2) ifodadan ko'rinib turibdiki, vibratorning maydon kuchlan-ganligi E_m va nurlanish quvvati oqimining zichligi S_0 turli yo'nalish-larda turlicha bo'ladi. Ko'rilayotgan yo'nalishga mos bo'lgan $E_m(S_0)$ ning Θ va φ burchak koordinatalariga bog'lanishi, antenaning yo'nalish diagram-masi (YD) deb

yuritilib, $F(\Theta, \varphi) = E_m(\Theta, \varphi) / E_{max}$ bilan belgilanadi. Bu yerda: E_{max} – maksimal nurlanish yo‘nalishidagi maydonning kuchlanganligi. Yo‘nalish diagrammasi odatda φ va Θ_{const} da mos ravishda vertikal $F(\Theta)$ va gorizontal $F(\varphi)$ tekisliklarda o‘lchanadi hamda u qutb yoki dekart koordinata tizimida quriladi. Yarim to‘lqin uzunlikli simmetrik vertikal vibrator uchun (10.2) ifodani hisobga olganda, $F(\Theta) = \sin\Theta$, $F(\varphi) = 1$ bo‘ladi. Ya’ni ko‘rilayotgan antenna ikki bargli YD li vertikal tekislikda yo‘nalgan hisoblanib (10.3, a-rasm), gorizontal tekislikda yo‘nalmagan aylanma YD li yo‘nalish diagrammaga ega bo‘ladi (10.3, b-rasm). Antennaning yo‘nalganlik xususiyatini miqdoriy baholashda YD kengligi va yo‘nalishli harakat koeffitsiyenti (YHK) degan koeffitsiyentlar kiritiladi. YD ning kengligi deganda $2\Delta\Theta$ burchak oralig‘i tushunilib, bu



10.3-rasm

oraliqda maydon kuchlanganligi E_{max} ga nisbatan $\sqrt{2}$ marta kamayadi. YHK esa, berilgan antennaning $S_{max}(E_{max}^2)$ maksimal nurlanish yo‘nalishida hosil qilgan quvvat oqimi zichligi D ning absolut yo‘nalmagan anten-naning $S_0(e_0^2)$ quvvati oqimi zichligiga nisbati bilan o‘lchanadigan katta-lik hisoblanadi (har ikkala antennaning nurlanish quvvati bir xil bo‘l-gan shartda).

$$L_1 \leq \lambda/2 \text{ da}$$

$$D = \frac{120\pi^2}{R_{\Sigma}} \left(\frac{l_{\partial}}{\lambda} \right)^2, \quad (10.6)$$

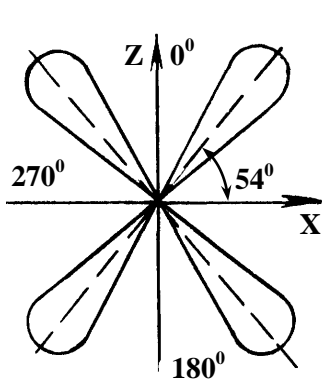
bo'ladi. Bundan simmetrik vibrator uchun $D = 1,5$ ligi kelib chiqadi. Ba'zi xollarda antennaning kuchaytirish koeffitsiyenti $\sigma = DL_A$ degan parametrdan ham foydalaniladi.

Agar antenna uzunligi $l > \lambda/2$ bo'lsa, u holda YD ko'p bargli ko'rinishda bo'ladi. Ya'ni:

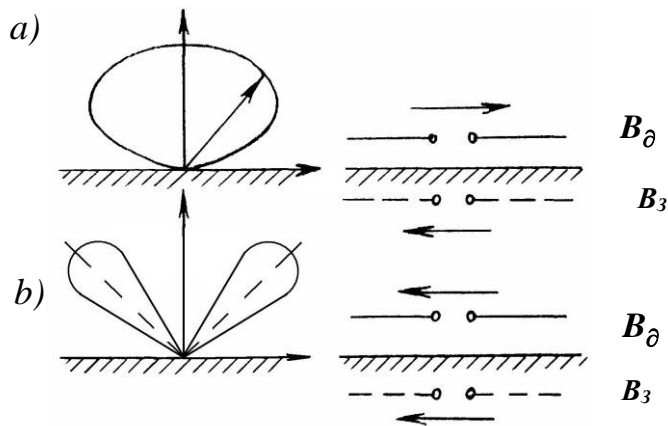
$$F(\Theta) = \left[\cos \frac{\pi l_1}{\lambda} \cos \Theta - \cos \frac{\pi l_1}{\lambda} \sin \Theta \right]. \quad (10.7)$$

$l_1 = 2\lambda$ da YD to'rtta bargli bo'ladi (10.4-rasm). Antenna yerga yaqin joyga joylashgan bo'lsa, u holda yer antenna parametrlariga ta'sir qiladi. Buning uchun oyna tasviri usulidan foydalaniladi (10.5-rasm).

Ushbu usulning fizik ma'nosi shundaki, yerga tushayotgan haqiqiy vibrator (VH) ning elektromagnit to'lqinlari unda (yerd) vibratorning oyna tasviridagi (VO) ekvivalent to'lqinga o'hshash qaytgan to'lqinlarni hosil qiladigan tokni uyg'otadi.

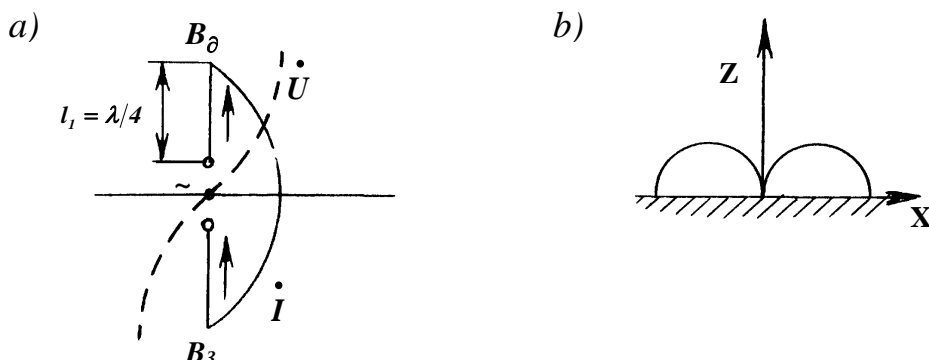


10.4-rasm



10.5-rasm

$h \ll \lambda$ balandlikda joylashgan gorizontaal simmetrik vibrator amalda nurlanmaydi, chunki VH va VO dagi toklar o'zaro qarama-qarshi yo'nalgan bo'ladi. $h = \lambda/4$ va $h = \lambda/2$ uchun YD lar 10.5-rasmda ko'rsatilgan. Ammo har qanday h da gorizontaal vibrator yer sirti bo'ylab energiyani nurlatmaydi.



10.6-rasm

Agar vertikal simmetrik vibratorning ($l_1 = \lambda/2$) pastki simi sifatida yerdan foydalanilsa, ya'ni generatorning ikkinchi zanjimini unga ulansa, hosil bo'lgan antenna nosimmetrik (zaminlangan) vibrator deyiladi (10.6-rasm). Bunday antenaning foydali uzunligi va R_{Σ} shunga o'xshash simmetrik vibratornikiga qaraganda 2 marotaba kichik bo'ladi. Yarim o'tkazuvchan yerda isroflarni kamaytirish uchun yerga ko'milgan radial tarqaluvchan simli metall listlardan yasalgan maxsus yerga ulash konstruksiyadan foydalaniladi. Agar zaminlashning imkoni bo'lmasa, aks ta'sirli qurilma qo'llaniladi.

Kalit so'zlar

1. Uzatuvchi antenna – radioto'lqinlarni bevosita nurlatadigan qurilma.
2. Vibrator – xususiy elektr tebranishlar vujudga keladigan va tik turuvchi elektrmagnit to'lqinlar o'rnatiladigan to'g'ri o'tkazgich bo'lagi.
3. Antennaning ishlash uzunligi – real antennadagidek maydon kuchlanganligini hosil qiladigan, toki bir tekis taqsimlangan ekvivalent antenna uzunligi.
4. Uzatuvchi antenaning yo'nalish diagrammasi – maydon kuchlanganligining yo'nalishga yoki antenaning nurlanish quvvatiga bog'liqlik grafigi ko'rinishida tasvirlangan bog'liqlik.
5. Izotrop antenna – yo'nalishsiz antenna bo'lib, hamma tomonga bir xil quvvatda nurlanish xususiyatga ega degan nazariy tushunchaga ega.
6. Antennaning yo'nalganlik ish koeffitsiyenti – maksimal nurlanish yo'nalishida antennada vujudga keladigan quvvat oqimi zichligini mutlaq yo'nalmagan antenaning quvvat oqimi zichligiga nisbati bilan o'lchanadigan kattalik. Bunda har ikkala antenna bir xil nurlatish quvvatiga ega bo'lgan shartida.
7. Antennaning foydali ish koeffitsiyenti – berilayotgan quvvatning qancha qismi nurlanayotganini xarakterlaydigan kattalik.
8. Antennaning kuchaytirish koeffitsiyenti – yo'naltirilgan antenna tomonidan berilgan yo'nalishda nurlanayotgan quvvatning aynan shu yo'nalishda izotrop antenna tomonidan nurlanayotgan quvvatga nisbati bilan o'lchanadigan kattalik (antennalarga beriladigan radiosignallar quvvati bir xil bo'lganda).

9. Yarim to‘lqinli vibrator – yelkaları uzunligi yig‘indisi ishchi to‘lqin uzunligining yarmiga teng bo‘lgan elektr vibrator.

10. Nurlanish qarshiligi – antenning fazoda elektrmagnit energiyani nurlatishga bo‘lgan qobiliyatini xarakterlab, aktiv qarshilik hisoblanadiyu, ammo aktiv qarshilikdagidek elektrmagnit energiyani issiqlik energiyasiga aylantirmaydi.

11. Antennani kuchaytirishi – antenani to‘g‘ri yo‘nalganligi tufayli yutilgan quvvat.

12. Yo‘nalganlik diagramma kengligi – shunday burchaklar oralig‘iki, bu oralig‘da maydon kuchlanganligining kamayishi maksimal nurlanish yo‘nalishi kuchlanganligidan $\sqrt{2}$ martadan ortiq bo‘lmaydi

Sinov savollari

1. Uzatuvchi antenning vazifasi nimadan iborat?
2. Chorakto‘lqinli vertikal vibratoridagi tok va kuchlanishning taqsimlanishini chizing?
3. Antenning ishlash uzunligi qanday aniqlanadi?
4. Antenning nurlanish quvvatini hisoblaydigan ifodani yozing?
5. Yo‘nalganlik diagrammalarning gorizonta va vertikal tekisliklarda ta’rifini bering?
6. Antenning ishlash yo‘nalishi koeffitsiyenti qanday aniqlanadi?
7. Nima uchun uzatuvchi antenning yo‘nalish diagrammasida ko‘pparraklar paydo bo‘ladi.

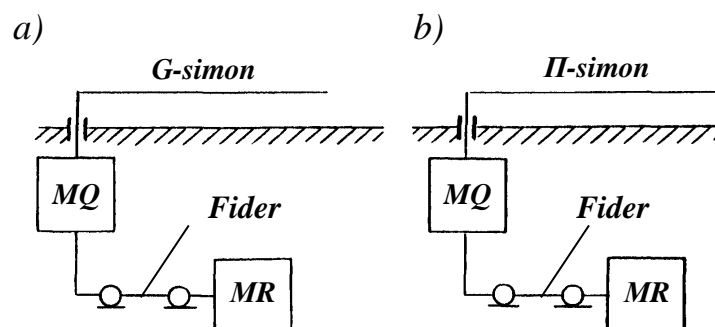
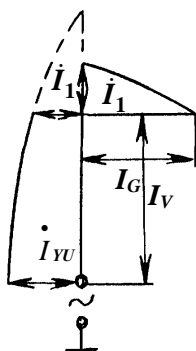
11. UZATUVCHI VA QABUL QILUVCHI ANTENNALAR TURLARI

11.1. Kilometrli, gektometrli va dekametrli to‘lqinlar antennalari

O‘zarolik prinsipidan kelib chiqqan holda, radioto‘lqin-larning nurlatishidan (uzatuvchi antenna) yoki ularni qabul qilishidan (qabul qiluvchi antenna) qat’iy nazar, har qanday antenna bir xil xususiyatga egadir. Shuning uchun antennalarning asosiy xarakteristikalarini, masalan, foydali uzunligi, yo‘nalganlik diagrammalari uzatuvchi sifatida ishlayotganmi yoki qabul qiluvchi sifatidami, berilgan antenna uchun bir xil bo‘ladi.

Antenna konstruksiyasi asosan radioaloqada foydalanilayotgan radioto‘lqinlarning uzunligiga va ularning tarqalish xususiyatlariga bog‘liq.

Kilometrli va gektometrli to‘lqinlar ($\lambda = 0,1 - 10$ km) antennalari o‘ziga xos vertikal ($\eta \ll \lambda$ da gorizontalar vibratori nurlatmaydi) vibrator hisoblanib, uning foydali uzunligi kichik bo‘ladi, chunki $l_1 \ll \lambda/4$. Antennaning parametrlarini yaxshilash maqsadida, uning vertikal qismi nurlanmaydigan, ammo tokning ko‘payishiga va uni gorizontalar qismda anchagina tekis taqsimlanishiga yordam beradigan gorizontalar qism bilan to‘ldiriladi (11.1-rasm). Shunga o‘xshash tizim G-simon antennalar deb yuritilib, lokomotiv antennalari sifatida ko‘pincha G-simon va II-simon antennalardan foydalaniladi (11.2-rasm).



11.1-rasm

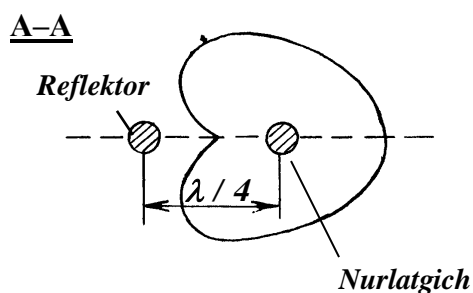
11.2-rasm

Dekametrlı to‘lqınlar ($\lambda = 10 - 100$ m) antennalari uchun $l \cong \lambda$ munosabatga erishish unchalik qiyinchilik tug‘dirmaydi. Bunda R_z , P_Σ va η_A parametrlarning qiymatlari yetarlicha katta bo‘lib, antennalar gorizontalsimmetrik vibratorlar asosida quriladi. Buni radio aloqa uchun, uzoq masofalarga radioto‘lqınlarni ionosferadan qaytish yo‘li bilan yer yuzasiga burchak ostida maksimum nurlatishni vujudga keltirish zarurligidan kelib chiqanligi bilan tushuntirish mumkin (10.5-rasm).

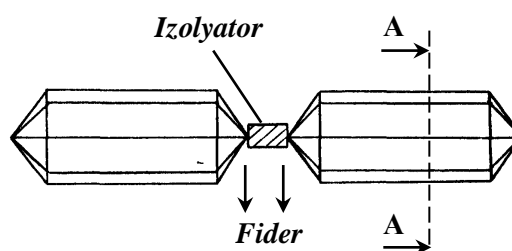
Ikkita asosiy yo‘nalishda nurlatishning katta konsentratsiyasiga zarurat tug‘ilganda, ko‘pvibratorli antennalardan foydalaniladi. Reflektorli gorizontalsimmetrik vibratorning yo‘nalish diagrammasi 11.3-rasmda tasvirlangan bo‘lib, bunda reflektor tomonga nurlanish bo‘lmaydi.

Diapazon antennalar, o‘ziga xos gorizontalsimmetrik vibratorlar (*GDV*), rombik antennalar va yuguruvchi to‘lqın antennalari hisoblanadi.

GDV bir nechta simlar ko‘rinishida yasilib, u silindrik jism ko‘rinishida bo‘ladi (11.4-rasm). Rombimon antenna, romb tomonlarini hosil qiladigan to‘rtta gorizontalsimmetrik vibratorlardan tashkil topgan (11.5-rasm). Simlarda to‘lqınning keng oralig‘ida antenna parametrlarini saqlagan xolda yuguruvchi to‘lqınlar rejimi o‘rnatilib, bosh diagonal bo‘ylab maksimum nurlanish ta‘minlanadi. Rombimon antennalarni taxminan to‘lqın uzunligiga teng balandlikka osib qo‘yiladi.



11.3-rasm



11.4-rasm

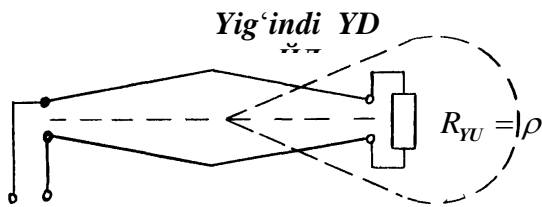
Yuguruvchi to‘lqınlar antennasi ikki simli liniya hisoblanib, har qaysi sim bog‘lovchi element Z_{bog} orqali simli vibratorlarga ulanadi. Liniyaning boshqa uchlari moslashgan yuklama qarshilik Z_{yu} ga ulanadi. Antenna yerdan to‘lqın uzunligiga teng balandlikda osib qo‘yiladi. Bunday antennalar uzlarining katta f.i.k. ga egaligidan, ulardan qabul qilish antennalar sifatida foydalaniladi.

11.2. Metrli va detsimetrli to‘lqinlar antennalari

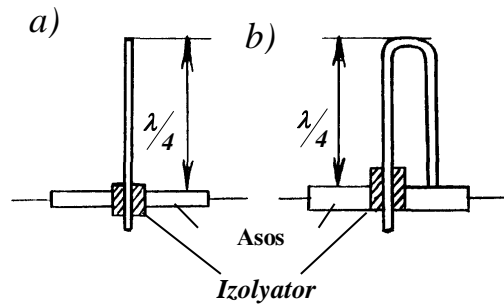
Metrli va detsimetrli to‘lqinlar ($\lambda = 0,1-10$ m) antennalari asosan vertikal va gorizontal vibratorlar hamda murakkab antennalar hisoblanib, ular bir nechta vibratorlardan tarkib topgan. Bunday antennalar-ning yo‘nalganligi juda yuqori bo‘ladi (11.5-rasm).

Yarim to‘lqinli simmetrik vibrator va xalqali vibratorlar hozirda keng ko‘lamda qo‘llanilib, ular ikkita yarim to‘lqinli vibratorlarning parallel ulangani hisoblanib, ulardagi toklar bir tomonga qarab oqqani uchun P_{Σ} to‘rt karra yuqori buladi. Temir yul transportida keyingi vaqt-larda nosimmetrik to‘rt to‘lqinli vibratorlardan foydalanish keng yo‘lga qo‘yilgan (11.6-rasm).

Berilgan oralikda nurlanish yunalganligiga dekametr oraligidagidek kupvibratorli antennalar yordamida erishiladi. Bunda vertikal tekislikda YD ning chetki yaproqchalarini kamaytirish uchun ko‘p kavatli antennalardan foydalaniladi. Gorizontal tekislikda bir tomonlama yo‘nalganlikni olish uchun

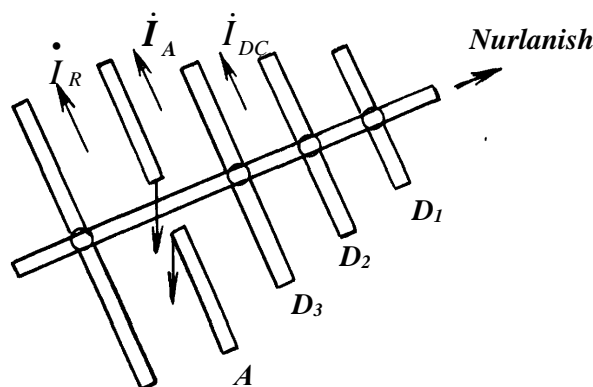


11.5-rasm



11.6-rasm

metalli to‘r yoki panjara ko‘rinishidagi passiv reflektorli vertikal vibrator qo‘llaniladi. Bir tomonlama juda tor YD ga aktiv vibrator (A), passiv reflektor (R), direktorlar (D) deb yuritiladigan bitta yoki bir nechta passiv vibratorlar kabi elementlardan tarkib topgan «volnovoy kanal» (11.7-rasm) rusumli antennada erishiladi. Vibratorlar orasidagi masofa va ularning uzunligi shunday tanlanadiki, I_R reflektor toki I_A tokdan oshib ketsin, $I_{\partial 1}$ tok esa I_A tokdan 90° orqada kolsin. Har bir n -direktorda tok ($n-1$)-direktordagiga qaraganda faza bo‘yicha orqada qoladi,



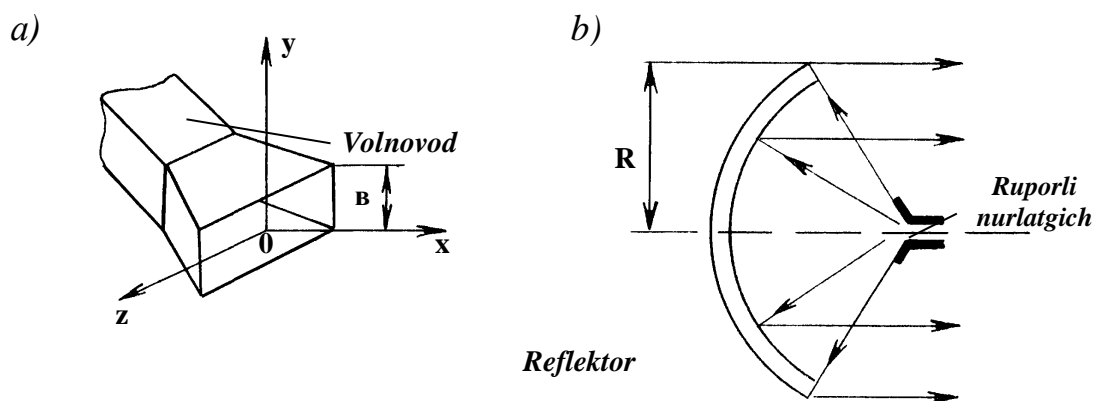
11.7-rasm

natijada nurlanish direktorlar tomonga yo‘naladi. Bunda YD ning kengligi direktorlar soniga bog‘liq bo‘lib, ular qancha ko‘p bo‘lsa, shunchalik kichik bo‘ladi. Yuqorida ko‘rib o‘tilgan antennalar, temir yo‘l transportida poyezdli, stansion va remont-tezkor radioaloqa tizimida va televideniya statsionar hamda olib yuriluvchi radiostansiyalarda qo‘llaniladi.

11.3. Santimetrli va millimetrli to‘lqinlar antennalari

Santimetrli va millimetrli to‘lqinlar ($\lambda = 0,01 - 0,1$ m) antennalari, yuzali (aperturli) antennalar sinfiga taaluqli bo‘lib, ularda nurlanish simli vibratorlarda emas, balki metall yuzalarda sodir bo‘ladi. Ko‘rsatilgan oraliqda fider sifatida to‘g‘ri burchakli volnovod xizmat qiladi. Fiderning to‘lqin qarshiligi bilan muhitni moslashtirish maqsadida, volnovodning uchlari tekis kengaytiriladi, natijada XOY tekislikda $F_1(\Theta) = \sin(0,5\alpha \sin\Theta) / (0,5\alpha \sin\Theta)$. YD li ruproli antenna vujudga keladi (11.8, a-rasm).

Tor YD ni olish uchun ruproli antennaga ruproli nurlatgichning metall oyna fokusida joylashgan sferik to‘lqinni fazoga nurlanadigan yassi to‘lqinga aylantiruvchi oynali parabolik reflektor (11.8, b-rasm) o‘rnatiladi. Bunday antennaning YD si $F_1(\Theta) = \sin(\alpha R \sin\Theta)$ bo‘lib, katta R radiusli oynada uning kengligi bir nechta gradusdan katta bo‘lmaydi.



11.8-rasm

Temir yo'l radioreleli liniyalari va radiolokatsion qurilmalari apparaturalarida parabolik antennalar keng ko'lamda qo'llanila boshlandi. Barcha diapazondagi uzatish antennalari qaytuvchi o'zgartirgich hisoblangani uchun, ulardan qabul qiluvchi antenna sifatida foydalansa ham bo'ladi.

Qabul qiluvchi antennalar elektrmagnit maydoni energiyasini radiochastota toki energiyasiga aylantirib beradi. Bunda antenna, uzatish rejimidan qabul qilish rejimiga o'tgani bilan, rejim nomiga bog'liq bo'lgan uning asosan hamma parametrlari va xarakteristikalarini saqlanadi, ammo ulardan ba'zilar o'zining fizik ma'nosini yo'qotadi yoki o'zgartiradi. Bu parametrlarga masalan, quvvat va nurlanish qarshiligi kirib, ular qabul qiluvchi antennalar texnikasida umuman foydalanilmaydi. Bundan tashqari, qabul qiluvchi antenning foydali uzunligi antennadagi induktirlangan e.yu.k. ning uni vujudga keltirgan maydon kuchlanganligiga nisbati bilan o'lchanib, uning yo'nalish diagrammasi deganda, induktirlangan e.yu.k. ning to'lqinning u yoki bu tekislikdagi kelish burchagiga bog'liqligi tushuniladi. Bunda yo'nalganlikning xarakteristikalaridan *YD* ning kengligi, f.i.k. va antenning kuchaytirish koeffitsiyenti kabilar o'z kuchida saqlanadi.

Kalit so'zlar

1. Yuguruvchi to'lqin antenasi – tik turuvchi elektrmagnit to'lqinlar paydo bo'lmaydigan antenna.
2. Vertikal (gorizontal) vibrator – mos ravishda vertikal yoki gorizontal tekislikda joylashgan, elektrmagnit tebranishlari manbai hisoblangan tok o'tkazuvchi materialdan yoki dielektrikdan yasalgan metall sim bo'lagi.
3. To'lqin kanal (Uda-Yagi antenasi) – aktiv dipol, reflektor va qator bir chiziqda o'zaro bir-biriga parallel joylashgan direktorlardan tuzilgan antenna.
4. Dipol – simmetrik vibrator hisoblanib, biri ikkinchisining davomi bo'lib xizmat qiladigan va uzatgich yoki qabulqilgichga simmetrik ulangan ikkita to'g'ri chizikli o'tkazgichdan iborat.
5. Direktor – aktiv dipol oldiga joylashgan passiv dipol hisoblanib, antenning yo'nalish diagrammasini o'zgartirishga mo'ljallangan.
6. Parabolik antenna – fokusiga parabolik reflektor va rupuorli nurlatgich kombinatsiyasi o'rnatilgan antenna.
7. Parabolik reflektor – aylanuvchi paraboloid shaklidagi metall sirt (qaytadigan to'lqin uzunligiga nisbatan kichik o'lchamdagi teshikli yoki butun).
8. Reflektor – radioto'lqinlarni qaytargich hisoblanib, u aktiv dipoldan keyin o'rnatiladigan to'r yoki butun sirdan iborat metall o'tkazgichlardan tashkil topgan.
9. Rupuorli antenna – detsimetrli va santimetrli to'lqinlarda qo'llaniladigan metall rupuorlar ko'rinishidagi yo'naltirilgan antenna.

Sinov savollari

1. Nosimmetrik vibratorlarning parametrlarini yaxshilash usullari?
2. Nima uchun G-simon lokomotiv antenasi lokomotiv korpusiga zaminlash mumkin?
3. «To‘lqin kanal» antenasidagi reflektor va direktorlarning vazifasi?
4. VTD antenasidan qanday to‘lqin oralig‘ida foydalaniladi?
5. Nosimmetrik chorakto‘lqinli vibratorlarning xususiyatlari?
6. Nima maqsadda ruporli antennalardagi volnovod to‘g‘ri to‘rtburchak volnovoddan kengroq bo‘ladi?
7. Nima sababli parabolik antennalarning yo‘nalish diagrammasi torroq?
8. O‘zativchi antenaning parametrlarini sanab o‘ting?
9. Q‘abul qiluvchi antenaning parametrlarini sanab o‘ting?

12. RADIOTO‘LQINLARNING TARQALISHI

12.1. Qabul qilish nuqtasida elektr maydoni kuchlanganligini aniqlash

Signalni qabul qilish nuqtasida kerakli maydon kuchlanganligini (qabul qilish antenasida mos ravishda e.yu.k.) olish uchun uzatish punktida uni P_{Σ} quvvatda nurlatish lozim bo‘ladi.

Markazida nuqtaviy nurlatgich joylashgan r radiusli sferaning birlik sirti orqali o‘tuvchi quvvat Umov-Poyting vektori bilan aniqlanadi:

$$\Pi = \frac{P_{\Sigma}}{4\pi r^2}. \quad (12.1)$$

Barcha real antennalar ma‘lum yo‘nalganlikka ega bo‘lib, u yo‘nalish koefitsiyenti D orqali hisobga olinadi, ya‘ni:

$$D = 10 \lg \frac{P_{real}}{D_{izotr}}, \quad (12.2)$$

bu yerda: D_{real} – yo‘nalgan antenaning nurlanish quvvati;

D_{izotr} – izotrop, mutlaq yo‘nalmagan antenaning nurlanish quvvati.

U holda, kerakli yo‘nalishdagi energiyani quyidagi ifoda bo‘yicha aniqlash mumkin:

$$\Pi = \frac{P_{\Sigma} \cdot D}{4\pi r^2}. \quad (12.3)$$

Elektr va magnit maydonlaridagi energiyaning xajmiy zichliklari o‘zaro teng bo‘ladi, ya‘ni:

$$\frac{1}{2} \epsilon E^2 = \frac{1}{2} \mu H^2, \quad (12.4)$$

bu yerda: $\varepsilon = (1/36\pi)10^{-9} \hat{O}/\hat{e}i$ – fazoning magnit singdiruvchanligi;

$\mu = 4\pi \cdot 10^{-7} \tilde{A}i/\hat{e}i$ – fazoning elektr singdiruvchanligi;

(12.4) ifodadan quyidagini olamiz:

$$\dot{H} = \frac{\dot{E}}{120\pi}. \quad (12.5)$$

Q‘oidaga binoan:

$$\dot{H} = \frac{1}{2} \frac{\dot{E}}{120\pi}, \quad (12.6)$$

U holda (12.5) ifodani hisobga olganda:

$$\dot{H} = \frac{1}{2} \frac{\dot{E}^2}{120\pi} \quad (12.7)$$

ga ega bo‘lamiz.

(12.3) va (12.7) ifodalarni birgalikda yechib, uzatgichdan r masofa uzoqlikda joylashgan qabul qilish nuqtasidagi kuchlanganlikning qiymatini aniqlaymiz:

$$\frac{1}{2} \frac{\dot{E}^2}{120\pi} = \frac{P_{\Sigma} D}{4\pi r^2}.$$

Bundan:

$$\dot{E}^2 = \frac{60 P_{\Sigma} D}{r^2} \quad \text{yoki} \quad \dot{E} = \frac{\sqrt{60 P_{\Sigma} D}}{r}. \quad (12.8)$$

Oxirgi (12.8) ifoda Vvedenskiy ifodasi deb yuritiladi.

Qabul qilinayotgan nuqtadagi tebranish fazasi uzatilayotgan nuqtadagi tebranish fazasiga nisbatan

$$\omega \Delta t = \omega \frac{r}{C} = \frac{2\pi}{T} \frac{r}{C} = \frac{2\pi}{\lambda} r = \beta r,$$

burchakka kechikadi.

Bu yerda: Δt – yorug‘lik tezligi S da r masofaga elektrmagnit to‘lqinni tarqatishga kerak bo‘ladigan vaqt;

$\lambda = T \cdot C$ – to‘lqin uzunligi;

$\beta = 2\pi/\lambda$ – fazaviy o‘zgarma (fazaviy koeffitsiyent).

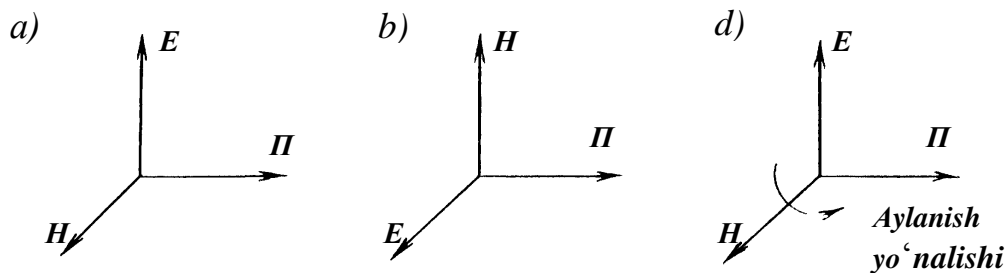
Qabul qilish nuqtasidagi elektr maydoni kuchlanganligining kompleks amplitudasini

$$\dot{\vec{E}} = E_m e^{-j\beta r} = \frac{\sqrt{60P_\Sigma D}}{r} e^{-j\beta r} \quad (12.9)$$

ifoda orqali aniqlash mumkin.

12.2. Elektromagnit to'liqning qutblanishi tushunchasi

Elektromagnit to'liqning muhim parametrlaridan biri, uning qutblanishidir. Agar \vec{E} va \vec{H} vektorlar vertikal tekislikda joylashgan bo'lsa, u holda to'liqni vertikal qutblangan to'liq deb ataladi (12.1, a). Agar \vec{E} va \vec{H} vektorlar gorizontal tekislikda joylashsa, unda to'liq gorizontal qutblanishga ega bo'ladi (12.1, b-rasm). Bulardan tashqari, agar \vec{E} vektor to'liqning bitta davri davomida aylanma harakatda bo'lsa, u holda aylanma qutblanishli to'liqlar ham bo'lishi mumkin (12.1, d-rasm).



12.1-rasm

Har qanday boshqa qutblanishli to'liqlarni chiziqli qutblangan to'liqlarning geometrik yig'indisi yoki turli aylanma yo'nalish bo'yicha, aylanma qutblanishli ikkita to'liq ko'rinishida tasavvur qilish mumkin (12.1-rasm).

12.3. Elektromagnit to'liqning kuchsizlanish ko'paytiruvchisi va uning tashkil etuvchilari

Real maydon sharoitlarida radioto‘lqinlarning tarqalishi, ularning erkin fazoda tarqalishidan anchagina farq qiladi. Maydonning erkin fazodagi tarqalishdan ko‘ra kuchsizlanishi kuchsizlanish ko‘paytuvchisi V bilan xarakterlanadi. Shuning uchun (12.8) ifodani quyidagi ko‘rinishda yozish mumkin:

$$E_m = \frac{\sqrt{60P_\Sigma DV}}{r}. \quad (12.10)$$

Kuchsizlanish ko‘patuvchisini aniqlashda, radioto‘lqinlarning tarqalishida yuz beradigan hodisalardan yutilish, sinish, qaytish, difraksiya, interferensiya va dequtblanish kabi hodisalarni hisobga olishga to‘g‘ri keladi.

Radioaloqa trassasida radioto‘lqinlarning tarqalish xarakteri o‘zgarmasdan qolmaydi (masalan, meteo sharoitning o‘zgarishi tufayli, harakatdagi obyektlar bilan radioaloqada obyektlar harakati tufayli), shu sababli kuchsizlanish ko‘paytuvchisini umuman olganda tasodifiy kattalik deb qarash kerak bo‘ladi. Amalda, kuchsizlanish ko‘paytuvchisining o‘rtacha qiymatidan foydalaniladi.

Fazoda elektromagnit to‘lqinlar energiyasining yutilishi atmosfera, mikrozarrahalar (changlar) va suv bug‘larining isishidan vujudga keladi.

Bir jinsli muhitda radioto‘lqinlar to‘g‘ri chiziqli tarqaladi. To‘lqinlar bir muhitdan ikkinchi bir muhitga o‘tishda ular, optika qonunlariga muvofiq qaytish va sinishlarga duch keladilar.

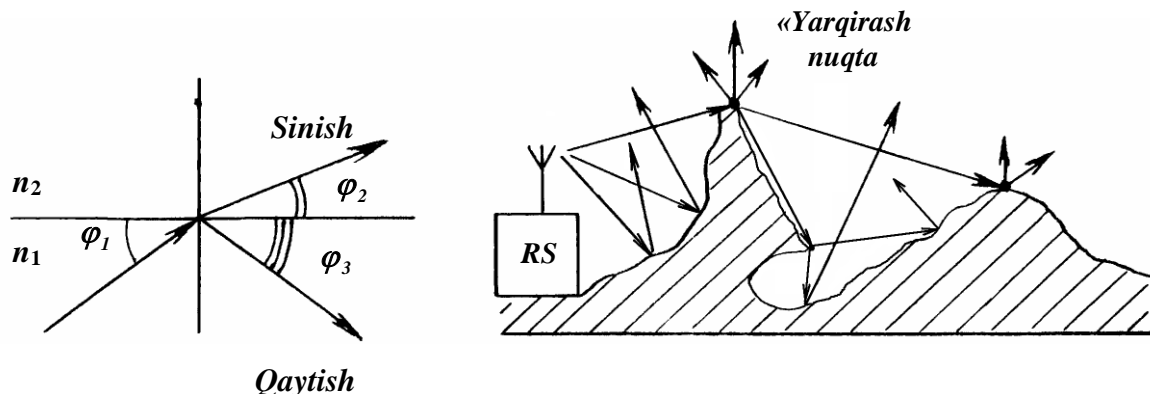
Muhit chegarasida to‘lqinlarning sinishi sinus qonuniga bo‘ysunadi (12.2-rasm), ya’ni:

$$n_1 \sin \varphi_1 = n_2 \sin \varphi_2, \quad (12.11)$$

bu yerda: $n_1 = \sqrt{\varepsilon_1}$, $n_2 = \sqrt{\varepsilon_2}$ – muhitlarning sindirish koefitsiyentlari;

$\varepsilon_1, \varepsilon_2$ – muhitlarning nisbiy dielektrik singdiruvchanligi.

Muhit chegaralaridan qaytishda $\varphi_1 = \varphi_3$ tenglik o‘rinli bo‘ladi.



12.2-rasm

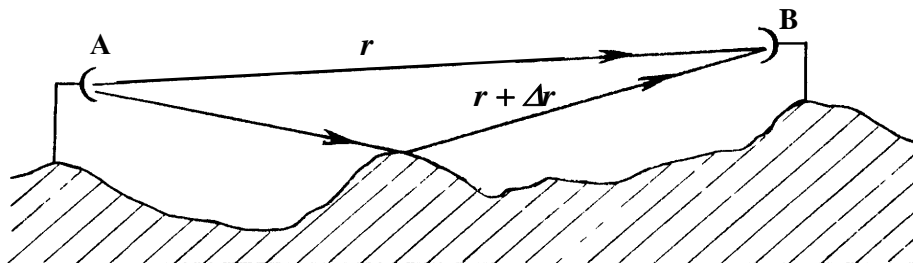
12.3-rasm

Agar radioto‘lqinlar o‘z yo‘llarida to‘siqlarga duch kelsalar, u holda bu to‘siqlardagi vujudga keladigan toklar tufayli ularda o‘z navbatida to‘siqlar nurlanishi kabi ikkilamchi maydon paydo bo‘ladi. Shunday qilib, to‘siqlar orqasida (hatto dielektrikmas ideal o‘tkazgichlar orqali birlamchi maydon o‘tganda) ham elektrmagnit maydoni mavjud ekan. Buni tushuvchi birlamchi maydonda to‘siqning egilishi deb qabul qilish kerak.

Yuqorida ko‘rilgan effektini, radioto‘lqinlarning to‘siqlardagi difraksiyasi deb yuritiladi (12.3-rasm).

Agar qabul qilinayotgan nuqtaga turli fazada bir xil chastotali har xil to‘lqinlar keladigan bo‘lsa, natijaviy maydon to‘lqinlar interferensiyasi bilan belgilanadi (12.4-rasm), ya‘ni natijaviy maydon to‘lqinlarning maydon kuchlanganliklari vektorlarining geometrik qo‘shilmasidan iborat bo‘ladi.

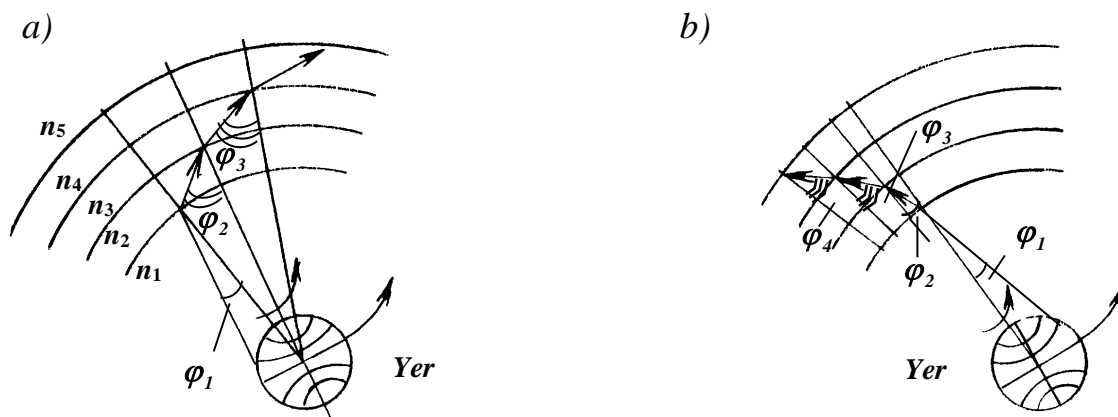
To‘lqinlar yerga tushganda unda siljish va o‘tkazuvchanlik toklari vujudga keladi. Tuproqning xususiyati shundayki, kilometrli va gektometrli (3 – 30 kGs, 30 – 300 kGs) oraliqdagi to‘lqinlarda o‘tkazuvchanlik toklari ko‘proq bo‘ladi, shuning uchun yerni taxminan ideal o‘tkazgich deb hisoblash mumkin.



12.4-rasm

Ultra qisqa to‘lqin oraligida tuproqda siljish toklari ko‘proq bo‘ladi, shu sababli **UQT** va bundan ham qisqa to‘lqinlarda yerni dielektrik deb hisoblasa bo‘ladi. Dekametrli oraligida esa yer yarim o‘tkazgichli xususiyatga ega. To‘lqin qanchalik qisqa bo‘lsa, tokning yerga kirib borish chuqurligi shunchalik katta bo‘ladi. Yer yuzasi bo‘ylab tarqaladigan radioto‘lqinlarni yerli yoki yuzali to‘lqinlar deb yuritiladi. Yerli to‘lqinlarning tarqalishi yer qatlamida toklarning vujudga kelib ikkilamchi nurlanishni paydo bo‘lishi bilan bog‘liq. To‘lqin uzunligi qanchalik katta bo‘lsa, yerli to‘lqin shunchalik uzoqqa tarqaladi.

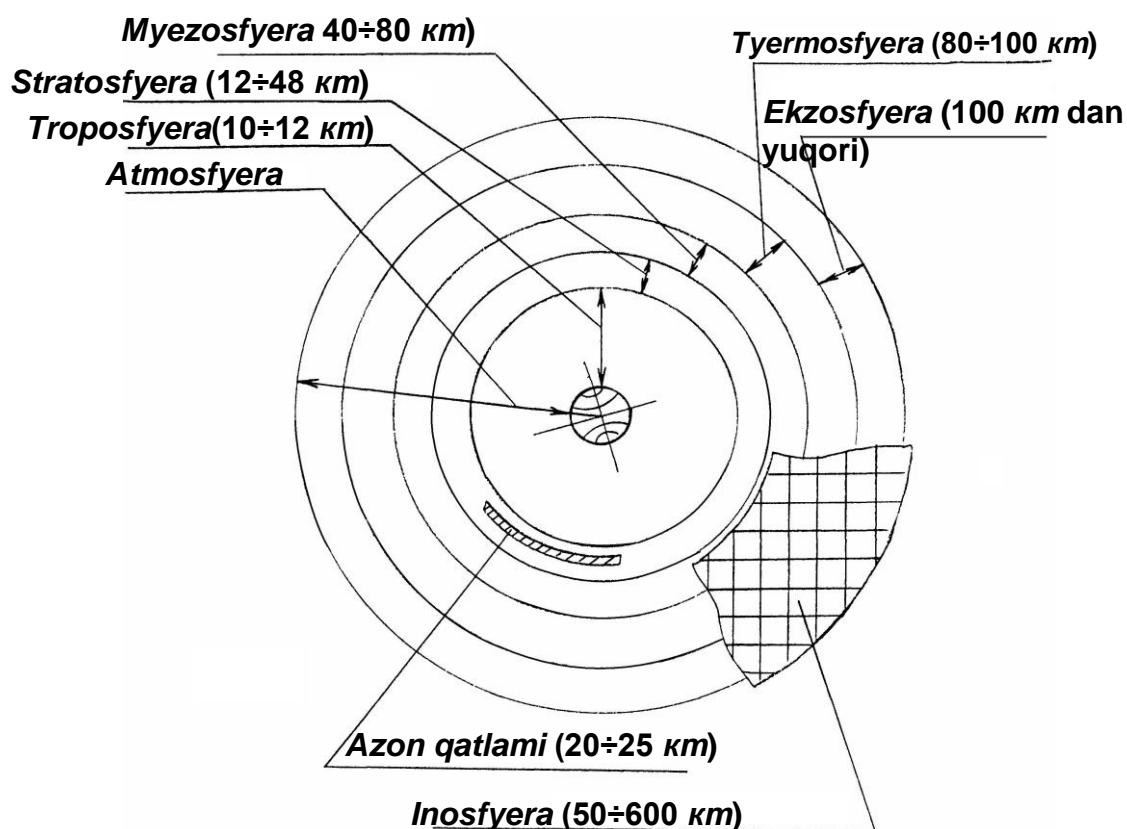
Radioto‘lqinlar troposferada ham tarqalishi mumkin. Troposfera yer sathidan **10 – 15** km gacha balandlikda joylashgan bo‘lib, balandlik oshgan sari troposferada suv bug‘lari keskin kamaya boshlaydi hamda gazning



12.5-rasm

harorati va bosimi o'zgarib, balandlikning oshishi ϵ ning o'zgarishiga olib keladi. Shu bilan birga sinish koeffitsiyenti $n = \sqrt{\epsilon}$ ham kamayadi, ya'ni qatlamlar chegarasida to'lqinning sinishi yuz berib, elektrmagnit to'lqinlarning tarqalish nurining yo'li qiyshayadi. Bu xodisa to'lqinlar refraksiyasi deb yuritiladi (12.5-rasm).

Amalda nurning yo'li o'ziga xos siniq chiziq emas, balki sillik egri chiziq hisoblanadi, chunki n kattalik uzluksiz o'zgaradi. Agar nur Yer tomon qiyshaysa musbat refraksiya (12.5, *a*-rasm), aksincha Yerga qarama-qarshi tomon qiyshaysa mos ravishda manfiy refraksiya (12.5, *b*-rasm) deyiladi. Yerni atmosfera o'rab turadi, uning tuzilishi (12.6-rasmda) tasvirlangan.



12.6-rasm

Atmosfera – Yerning havoli atrof muhiti, uning massasi $5,15 \cdot 10^{15}$ t; 20 km gacha bug‘dan iborat bo‘lib, yer yuzasida 3%, tropikda $2 \cdot 10^{-5}$; 78,1% – azot, 21% – kislorod, 0,9% – argon va boshqalar.

Yerning magnitsferasi kunduzgi vaqtdan kechki vaqtga o‘tishi onida radioto‘lqinlarning tarqalish sharoitiga muhim ta‘sir ko‘rsatadi (12.7-rasm).

50 km dan yuqori balandlikda joylashgan ionosferada Quyoshning ultrabinafsha va rentgen hamda korpuskulyar nurlanishi ta‘sirida gaz atomlarining ionlanishi sodir bo‘ladi.

Ionosferada balandlikka bog‘liq ravishda turli ionli konsentrasiyali qatlamlar ajratiladi (12.8-rasm). Ma‘lum sharoitlarda, ionosferada radioto‘lqinlarning butunlay qaytishi sodir bo‘ladi.

Muhitning ionlanishi uchun:

$$n = \sqrt{1 - 80,8 \frac{N_{max}}{f_{kp}^2}}, \quad (12.12)$$

bunda:

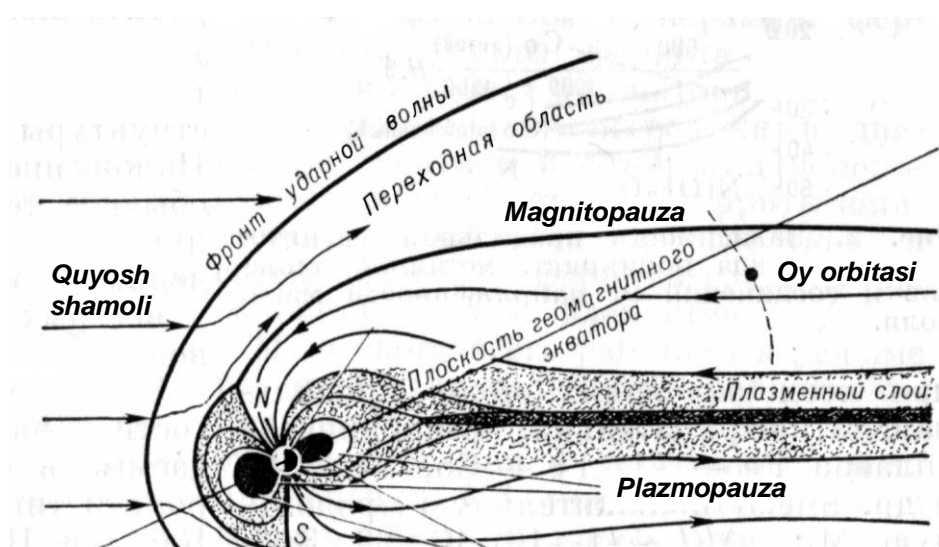
$$f_{kp} = \sqrt{\frac{80,8 N_{max}}{\cos \varphi_0}}, \quad (12.13)$$

ligi kelib chiqadi.

Bu yerda: N_{max} – ionosferaning elektronli konsentrasiyasi;

f_{kp} – chastota kGs, $\cos \varphi_0 = 1/(n^2 - 1)$.

Agar to‘lqin (12.13) ifoda orqali aniqlanadigan f_{kp} chastotada

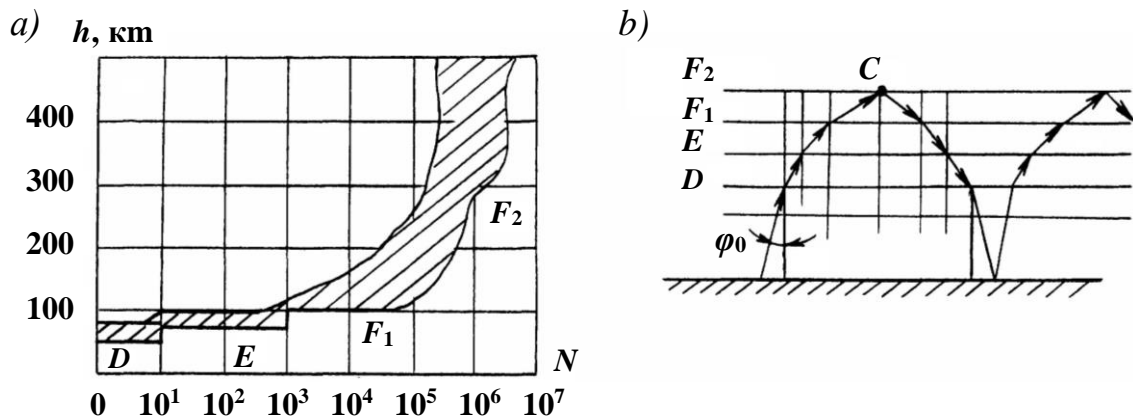


12.7-rasm

nurlatilsa, u holda tulqin Yerga qaytib tushadi.

Agar to‘lqin chastotasi f_{er} dan oshiq bo‘lib, u burchak ostida tushsa, u holda ionosferada to‘lqin qaytishi kuzatilmaydi va u kosmik fazoga g‘oyib bo‘ladi.

Kilometrli va undan uzun to‘lqinlar ionosferaning *D* va *E* past qatlamlaridan, gektometrli to‘lqinlar *E* va *F₁* qatlamlaridan, dekametrlil to‘lqinlar *F₂* qatlamlaridan kaytadi. Ultra qisqa to‘lqinlar ionosferadan o‘tib ketadi va shuning uchun ulardan ionosfera to‘lqinida aloqa uchun foydalanilmaydi.



12.8-rasm

Kalit so‘zlar

1. Yer atmosferasi – Yer bilan birgalikda bir butun bo‘lib aylanadigan yer atrofidagi gazli (xavoli) muhit hisoblanib, uning massasi $5,15 \cdot 10^{15}$ t atrofida bo‘ladi. Yerning atmosfera sirti tarkibida quyidagilar mavjud: **78,1%** – azot, **21%** – kislorod, **0,9%** – argon, oz miqdorda karbonad angidrid gazi, vodorod, geliy, neon va boshqa gazlar.

2. Vertikal (gorizontal) qutblangan elektrmagnit to‘lqinlar – elektr maydoni kuchlanganligi vektori mos ravishda vertikal (gorizontal) tekislikda joylashgan to‘lqinlar.

3. To‘lqinlar depolyarizatsiyasi – elektrmagnit to‘lqinlarning qutblanish darajasining kamayishi. Masalan, vertikal qutblangan to‘lqinlarning gorizontal qutblangan to‘lqinlarga va boshqalarga o‘tishi.

4. To‘lqinlar difraksiyasi – to‘siq tomonidan to‘lqinlar frontining uzluksizligini buzilishi va egilishi natijasida vujudga keladigan hodisalar.

5. To‘lqinlar interferensiyasi – fazoda ikkita (yoki bir nechta) to‘lqinning qo‘shilishi natijasida, uning turli nuqtalarida natijaviy to‘lqinning amplitudasini kuchayishi yoki susayishi hodisasi.

6. Yer ionosferasi – Yer atmosferasining yuqori qatlami hisoblanib, u **50 – 80** km dan boshlanib magnitsfera chegarasigacha kirib boradi. Ushbu qatlam, tarkibida juda kup atmosfera ionlari va ozod elektronlar mavjudligi bilan xarakterlanadi.

7. Antennaning yo‘nalgan ishlash koeffitsiyenti – berilgan yo‘nalishda real antennaning nurlanish quvvatini aynan shu yo‘nalishda izotrop antennaning nurlanish quvvatiga nisbati bilan o‘lchanadigan kattalik (Bunda har ikkala antennaga bir xil nurlatish quvvati berilganda).

8. Doiraviy qutblanish – elektrmagnit to‘lqinlarning qutblanishi bo‘lib, bunda bitta davr mobaynida elektr maydoni kuchlanganligi vektorining burilishi sodir bo‘ladi.

9. Yer magnitsferasi – fazoning sayera atrofi sohasi hisoblanib, uning fizik xususiyati Yerning magnit maydoni va uning kosmosdan keladigan zaradlangan zarrachalar oqimiga ta’siri bilan xarakterlanadi.

10. Monoxromatik nurlanish – bitta belgilangan va qat’iyan o‘zgarmas chastotali elektrmagnit nurlanish.

11. To‘lqinlar qaytishi – tarqalish yo‘nalishining o‘zgarishi bilan kechadigan to‘siqlardan to‘lqinlarning qayta nurlanishi.

12. Qutblanish tekisligi - elektr maydon kuchlanganligi E joylashgan tekislik.

13. To‘lqinlarning yutilishi – elektrmagnit to‘lqinlarning jismda tarqalganda, to‘lqin energiyasining jismning ichki energiyasiga yoki boshqa spektral tarkibli hamda boshqa tarqalish yo‘nalishli ikkilamchi nurlanish energiyaga aylanishi tufayli energiyaning kamayish hodisasi.

14. Qutblangan elektrmagnit to‘lqinlar – fazoda elektr va magnit maydoni kuchlanganliklari vektorlari yo‘nalishlari o‘zgarmas yoki davriy ravishda

belgilangan qonun bo'yicha o'z yo'nalishlarini o'zgartirib turadigan elektrmagnit to'liqlar.

15. Ko'ndalang to'liqin – elektr va magnit maydonlari hamma vaqt o'zaro perpendikular bo'lgan elektrmagnit to'liqlar.

16. To'liqlarning sinishi – sinish ko'rsatgichi turlicha bo'lgan muhitlar chegarasida yuz beradi. Yassi monoxromatik to'liqinning turli xususiyatli ikki birjinsli muhit chegarasiga tushganda, to'liqining oynali aksi va sinishi sodir bo'ladi.

17. To'liqlar refraksiyasi – sindirish ko'rsatgichi uzluksiz o'zgaradigan muhitda elektrmagnit to'liqlarning tarqalish yo'nalishining egilish xodisasi.

18. Troposfera – Yerning quyi asosiy qatlami hisoblanib, qutbda **8 – 10** km, o'rtasida **10 – 12** km va tropik kenglikda **16 – 18** km ni tashkil qiladi. Unda Yer atmosferasi massasining 4/5 qismi to'plangan bo'ladi.

Sinov savollari

1. Umov-Poyting vektorini ta'riflang va uni hisoblash ifodasini yozing?
2. Yo'nalgan ishlash koeffitsiyentining fizik ma'nosini tushuntiring?
3. Izotrop antenna nima?
4. Vvedenskiy ifodasini yozing va unga kirgan parametrlarning fizik ma'nosini tushuntiring?
5. Elektrmagnit to'liqlarning gorizontaal, vertikal va doira-viy qutblanishini ta'riflang?
6. Susayish ko'paytuvchini aniqlashda qanday xodisalarni hisobga olish kerak?
7. Elektrmagnit to'liqlarning difraksiyasi va refraksiya-sining fizik ma'nosini tushuntiring?
8. Elektrmagnit to'liqlarning interferensiya va depolyariza-siyasining fizik ma'nosini tushuntiring?
9. Yer atmosferasida elektrmagnit to'liqlar nima hisobiga yutiladi?
10. Yer atmosferasi tuzilishining xususiyatlari?
11. Magnitsferaning tuzilish xususiyatlari?
12. Magnitsferaning ichki sohasiga Yerning radiatsion belbog'i qanday vujudga kelishini tushuntiring?
13. Quyosh shamoli nima?

13. TURLI ORALIQDAGI RADIOTO‘LQINLARNING TARQALISHI

13.1. Kilometrli (1 – 10 km) to‘lqinlarda radioaloqa

Radioqabul qilish sharti, qabul qilgich chiqishidagi signalning mutlaq qiymati bilan belgilanmasdan, balki signal kuchlanishini (quvvati P_s) halaqit kuchlanishiga (quvvati P_n) nisbati bilan belgilanadi. Turli radioaloqa ko‘rinishlaridan radiotelefon, radiotelegraf, televideniye va boshqalarni amalga oshirish uchun P_s/P_n ning ma‘lum munosabati talab qilinadi. Ushbu munosabat modulyatsiyaning turlariga bog‘liq bo‘lib, u quyidagini tashkil qiladi:

$$AM \text{ da } P_s P_h \geq 10; \quad (13.1)$$

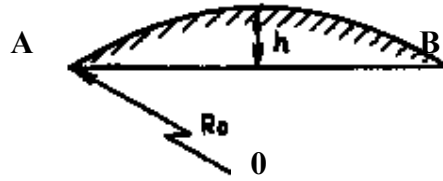
$$CHM \text{ da } P_s P_h \geq 5; \quad (13.2)$$

$$FM \text{ da } P_s P_h \geq 3. \quad (13.3)$$

Aloqa turg‘un bo‘lishi uchun uzatuvchi qurilma qabul qilish nuqtada talab etilgan signal/halaqit ($P_s P_h$) munosabatni ta‘minlab berishi lozim. Quyida turli oraliqlarda elektr maydoni kuchlanganligi E ni hisoblash ifodalari keltirilgan.

Uzunligi $1 - 10$ km bo‘lgan radioto‘lqinlar kilometrli radioto‘lqinlar deyilib, Yer ushbu oraliqda o‘zining elektr xususiyatlariga binoan ideal o‘tkazgichga yaqin bo‘ladi. Yerga tushadigan radioto‘lqinlarning ham-masi deyarli qaytadi.

A nuqtadan B nuqtaga to‘g‘ri chiziq bo‘ylab yo‘nalishda taraqqaladigan to‘lqinlar uchun Yerning sferik yuzasi h balandlikli o‘ziga xos to‘siq hisoblanadi (13.1-rasm).



13.1-rasm

Aloqa uzunligi $300 - 400 \text{ km}$ ni tashkil qilganda kilometrli to‘lqin-lar uchun bu to‘siqni hisobga olmasa ham bo‘ladi, chunki h balandlik to‘lqinning uzunligi λ ga nisbatan juda kichik bo‘lib, ushbu holat uchun Yerni tekis yuzali deb hisoblash mumkin. Bu oraliqda antennalarni to‘lqin uzunligiga ($\lambda = 1 - 10 \text{ km}$) teng balandlikka ko‘tarishning hech qanday iloji yo‘q. Shuning uchun hisoblashlarda antennani bevosita Yer yuzasida joylashgan deb faraz kilinadi.

Qabul qilinayotgan joyda maydon kuchlanganligi quyidagi Vvedenskiy ifodasi orqali aniqlanadi:

$$E_m = \frac{V \sqrt{60 P_\Sigma D}}{r}, \quad (13.1)$$

$$V = \frac{2 + 0,3x}{2 + x + 0,6x^2}. \quad (13.2)$$

Bu yerda: V – kuchsizlanish ko‘paytuvchisi bo‘lib, u (13.2) empirik ifoda yordamida hisoblanadi.

Kattalik x ni

$$x = \frac{100 \pi r}{6 \lambda^2 \sigma}, \quad (13.3)$$

ifodadan aniqlanadi.

Bu yerda: r – radioaloqa liniyasining uzunligi, km;

P_Σ – antennaning nurlanish quvvati, Vt;

D – antennaning f.i.k. i;

λ – to‘lqin uzunligi, m;

σ – tuproqning solishtirma o‘tkazuvchanligi, Sm/m.

Balandlik h to‘lqin uzunligi λ ga yaqin bo‘lganda, $r > 400 \text{ km}$ masofada yerli to‘lqinning maydon kuchlanganligini hisoblashda Yerning sferik yuzasi atrofidagi to‘lqin difraksiyasini hisobga olishga to‘g‘ri keladi.

Bunday holatda erkin fazoda maydonning kuchsizlanish ko‘paytuvchisi quyidagi munosabat bo‘yicha aniqlanadi:

$$V = U(x), \quad (13.4)$$

bu yerda:

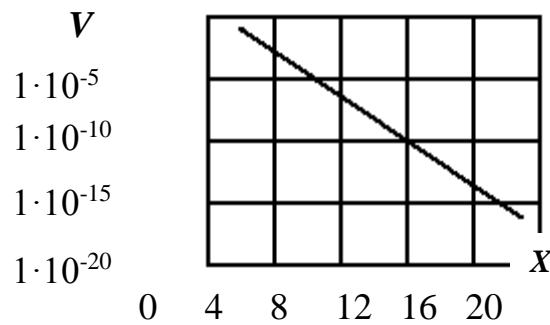
$$x = r / \left(\sqrt{\frac{R_0^2 \lambda}{\pi}} \right). \quad (13.5)$$

R_0 – Yerning radiusi.

$U(x)$ ning qiymatlari 13.2-rasmda keltirilgan.

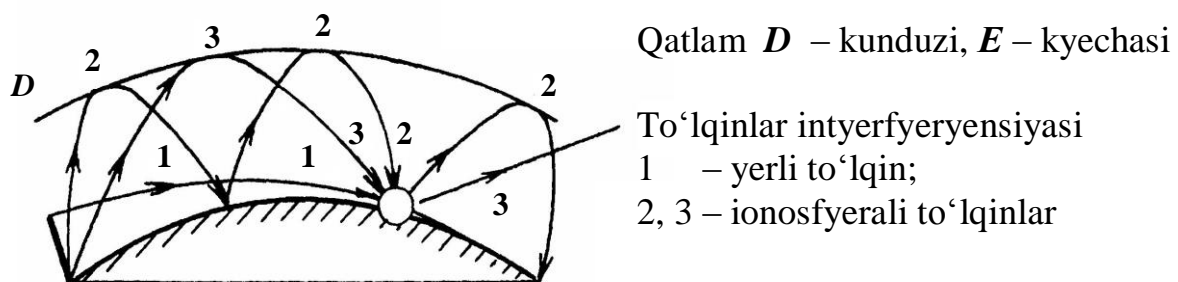
300 – 400 km masofadan boshlab qabul qilish nuqtada yerli to‘lqinlar bilan birga ionosferaning D pastki qatlami sohasidan qaytgan ionosfera to‘lqini ham keladi (kechasi, D soha yo‘q bo‘lganda, u holda E soha qatlamidan keladi).

To‘lqinlar amalda ionosfera qobigigacha kirib bormay, kilometrli to‘lqinlarning ionosferadan qaytgan energiyasi uncha katta bo‘lmaydi.



13.2-rasm

Aloqa liniyasining uzunligi 700 – 1000 km bo‘lganda, yerli va ionosferali to‘lqinlarning intensivligi taxminan bir xil bo‘ladi va qabul qilish joyidagi maydon kattaligi ushbu to‘lqinlarning interferensiyasi bilan belgilanadi (13.3-rasm).



13.3-rasm

Kilometrli to‘lqinlar **2000 – 3000** km dan ortiq masofada faqat ionosferali to‘lqin bo‘lib tarqaladi.

Signalning qiymati qabul qilish nuqtada kamroq so‘nishga (fedinga) mahkum qilinadi

Ionosferali to‘lqin fazasining tez o‘zgarishi ko‘proq qaytaruvchi qatlamning balandligining tez o‘zgarishi tufayli bo‘lishi mumkinligining ehtimoli juda kichik. Shuning uchun ushbu oraliqdagi maydon juda kichik bo‘lib, sekin ro‘y beradi.

Antenna o‘lchamlarining juda katta bo‘lishi va chastotani keng oraliqda uzatishning iloji yo‘qligi, ushbu oraliqdagi to‘lqinlarning kamchiligi hisoblanib, bu oraliq to‘lqinlaridan ko‘proq navigatsiya va radioeshittirishda foydalaniladi.

13.2. Gektometrli (100 – 1000 m) to‘lqinlarda radioaloqa

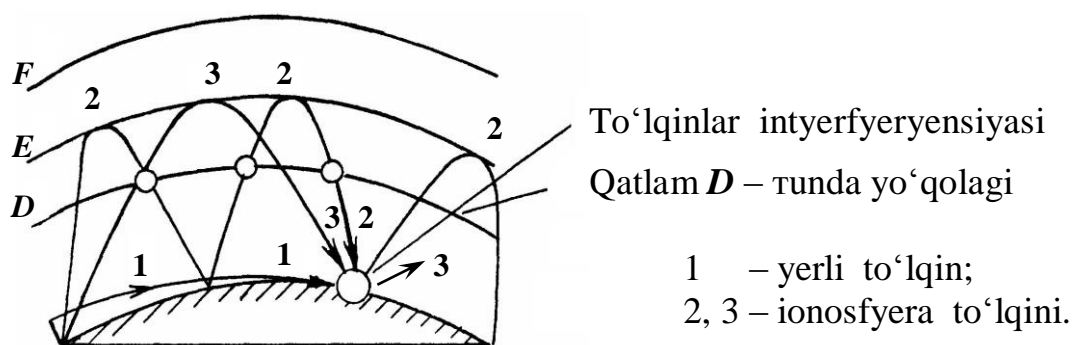
Bu to‘lqinlar uchun tuproq o‘tkazuvchanligi shundayki, ular Yer ostiga juda chuqur kirib boradi. Bunda qancha kilometrli bo‘lsa, shunchalik kuchliroq yutiladi. Shu tufayli yerli to‘lqinlar **500 – 700** km dan ortiq masofaga tarqala olmaydilar.

Katta masofalarga radioaloqa ionosfera тўлқинларида амалга oshiriladi.

To‘lqinlar ionosferaning *E* sohasidan qaytadi, chunki *D* oblastda elektronlar konsentratsiyasi gektometrli to‘lqinlarning qaytishi uchun yetarli bo‘lmaydi.

To‘lqin *D* sohadan ikkinchi marotaba o‘tayotganda ular kuchli yutiladi, shuning uchun qabul qilish nuqtasida kunduzi ionosfera to‘lqinlarining intensivligi kichkina bo‘lib, aloqa yerli to‘lqinda amalga oshiriladi.

Qorong‘i tushishi bilan *D* soha yo‘qolib, qabul qilish nuqtasida maydon kuchlanganligi ionosfera to‘lqini tufayli oshadi (13.4-rasm).



13.4- rasm

$R = 300 - 500$ km masofa uchun yerli to‘lqinning maydon kuchlanganligi (13.1, 13.2, 13.3) ifodalar bo‘yicha hisoblanadi, ammo katta masofalarda difraksiyani hisobga olgan holda (6.20, 6.21) ifodalar orqali hisoblanadi.

Yerli to‘lqinni xisobga olmasa ham bo‘ladigan zonada ionosfera to‘lqinining maydon kuchlanganligi tajriba yo‘li bilan olingan quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$E_m = 14,5 \sqrt{\frac{P_\Sigma D}{r}} e^{-0,894 \times 10^{-4} \lambda^{-0,26} r}. \quad (13.6)$$

Agar qabul qilish punkti 1 zonada joylashgan bo‘lsa, tun tushishi bilan bu nuqtaga 2 ionosfera to‘lqini tushishi mumkin. Bunday holda 1 nuqtadagi maydon yerli va ionosfera to‘lqinlari interferensiyasidan aniqlanadi.

Ionosferadagi elektronlar konsentratsiyasi o‘zgarib bo‘lmaydi va sutka davomida fluktatsion tebranishlar ta‘sirida bo‘ladi. Δr ning o‘zgarishi

$\Delta \varphi = \beta \Delta r = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta r$ ning o‘zgarishiga sabab bo‘lib, E_m ning so‘ni-shiga olib

kelishi ham mumkin. So‘nishda $1 - 10$ s vaqt oralig‘ida E_m ning qiymati o‘nlab marta o‘zgarishi mumkin. Бундан tashqari, qabul qilish nuqtasiga bir nechta ionosfera to‘lqinlar-ning kelishi hisobiga ham interferensiya sodir bo‘lishi mumkin.

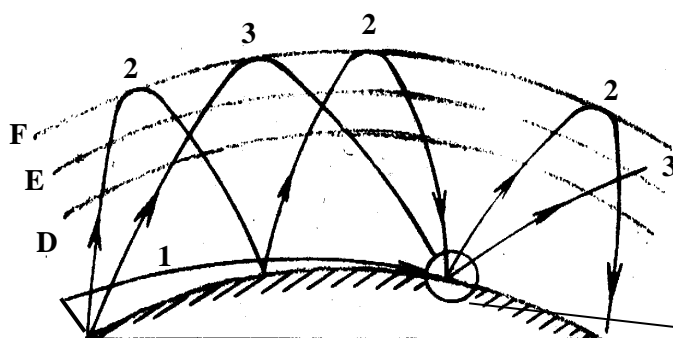
So‘nishga qarshi kuchaytirishni avtomatik sozlash qurilmasidan (KAS) hamda faqat Yer bo‘ylab nurlanadigan maxsus antennalardan foydalaniladi.

13.3. Dekametrlı (10 – 100 m) to‘lqinlarda radioaloqa

Yer to‘lqini tezda so‘nib, kuchsiz difraksiyalanadi. Yer to‘lqini bo‘lgan dekametrli to‘lqinlar energiyasining isrofi yarim o‘tkazuvchan Yer yuzasi ustida juda yuqori bo‘ladi va u bir necha unlab kilometr masofada so‘nadi.

Maydon kuchlanganligi (13.1, 13.2) ifodalar bo‘yicha aniqlanib, bu ifodalardagi x parametr quyidagi ifoda yordamida hisoblanadi:

$$x = \frac{1000\pi r}{\lambda \sqrt{\varepsilon^2 + (60\lambda\sigma)^2}}. \quad (13.7)$$



Qaytgan to‘lqinlar intyeryensiyasi

13.5-rasm

Ionosfera to‘lqini, to‘lqinlarni uzoq masofalarga tarqatishning asosiy uslubi hisoblanadi. Normal sharoitlarda dekametrli to‘lqinlar F sohasidan qaytadi, qolgan holatlarda chastota oshishi bilan pasayadigan energiyaning yutilishi kuzatiladi.

To‘lqinlarning Yer ionosferasidan ko‘p martalab qaytishi, uzunligi uzoq bo‘lgan radio liniyalarni tashkil etish imkonini beradi (13.5-rasm).

Kalit suzlar

1. So‘nish chuqurligi – **10%** vaqtda maydon kuchlanganligining sathi.
2. Radioto‘lqinlarning so‘nishi (feding) – maydon kuchlanganligining vaqt bo‘yicha nostabilligi.
3. Ionosfera – yerdan **60** km yuqori balandlikda joylashgan atmosfera-ning yuqori qatlami.
4. Ionosfera to‘lqinlari – ionosferada refraksiya tufayli vujudga keladigan to‘lqinlar.
5. Uzatuvchi antenaning kuchaytirish koeffitsiyenti – uzatuvchi antenaning yo‘nalgan ishlash koeffitsiyentini foydali ish koeffitsiyentiga ko‘paytmasi.
6. Nur – chiziq bo‘lib, uning xar bir nuqtasiga o‘tkazilgan urinma shu nuqtadagi radioto‘lqinlarning tarqalish yo‘nalishiga ya’ni, energiyaning ko‘chish yo‘nalishiga mos bo‘ladi
7. Maksimal qabul qilinadigan chastota – ionosfera to‘lqinining Yerga burilishi hali davom etadigan eng kiska to‘lqin.
8. Sekin-asta so‘nish – kuzatishning oylik intervalida baholanadigan to‘lqinlarning so‘nishi darajasi.
9. Susayish ko‘paytuvchi – uzatuvchi va qabul qiluvchi antennalar orasidagi masofaga bog‘liq bo‘lgan yig‘indi maydon kuchlanganligining interferension xarakterdagi o‘zgarishini aks ettiradi.
10. Nurlanish quvvati – qandaydir manbadan berilgan nurlatgichning energiya miqdorini energiyaning berish davom etgan vaqt oralig‘iga nisbati.
11. Sirtqi (yer usti) radioto‘lqinlar – yer usti bo‘ylab tarqaladigan to‘lqinlar.
12. Radioto‘lqinlar – to‘lqin uzunliklari $5 \cdot 10^{-5}$ dan 10^{10} m gacha bo‘lgan elektrmagnit to‘lqinlar.

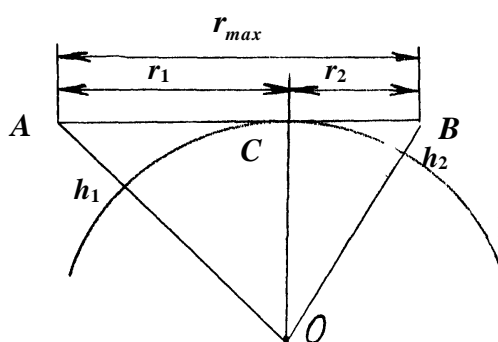
Sinov savollari

1. Qanday xodisalar hisobiga sirtqi va ionosfera to'qlinlari vujudga kelishini tushuntirib bering?
2. Radioto'qlinlarning so'nishi nimadan?
3. Ionosferaning tuzilishini tushuntirib bering?
4. Uzun, o'rta, qisqa va o'ta qisqa to'qlinlar qaysi qatlamlardan qaytadi?
5. Radioto'qlinlar taraqlayotganda susayish ko'paytuvchining fizik ma'nosini tushuntirib bering?
6. Troposfera va stratosferada qanday xodisalar kuzatiladi?
7. Jimlik zonasi nima deyiladi?

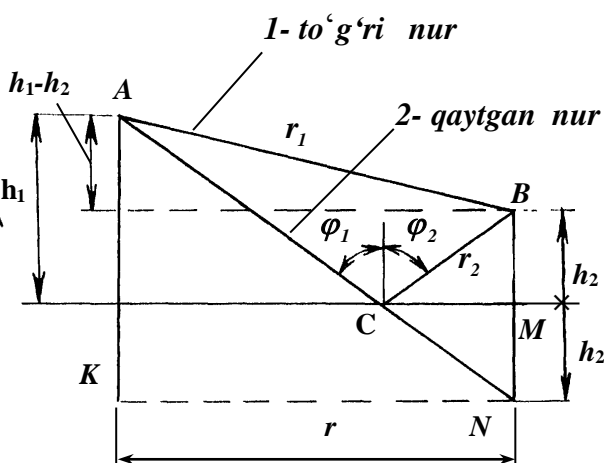
14. ULTRA QISQA TO'LQINDAGI RADIOALOQA

14.1. Ultra qisqa to'qlin (UQT) oralig'ida radioto'qlinlarni tarqatishining o'ziga xos xususiyatlari

UQT oralig'dagi radioto'qlinlar ionosferadan o'tib ketib, yer to'qlin-ning difraksiyasi to'siq ortida juda kuchsiz, shuning uchun to'qlinlarning tarqalishi bevosita ko'rinish oralig'idagini sodir bo'ladi (14.1-rasm). Bevosita ko'rinishning maksimal masofasini osongina 14.1-rasmdan topishimiz mumkin.



14.1-rasm



14.2-rasm

Bevosita ko'rinish masofasini $r_{max} = r_1 + r_2$ $\triangle OAC$ va $\triangle OCB$ uchbur-chaklarni yechish yo'li orqali aniqlaymiz:

$$r_{max} = r_1 + R_2 = \sqrt{(R_0 + h_1)^2 - R_0^2} + \sqrt{(R_0 + h_2)^2 - R_0^2}. \quad (14.1)$$

Qavsni ochib va $R_0 \gg h_1, R_0 \gg h_2$ munosabatlarni hisobga olgan holda yuqoridagi ifodani

$$r_{max} = \sqrt{2R_0} (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}). \quad (14.2)$$

ko‘rinishda yozishimiz mumkin.

h_1, h_2 larni metrlarda va $R_0 = 6400$ km da olsak, quyidagi ifodaga ega bo‘lamiz:

$$r_{max} = 3,57(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}) \text{ km}. \quad (14.3)$$

Real refraksiyani hisobga olganda troposferada bevosita ko‘rinish masofasini

$$r_{max} = 4,12(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}) \text{ km} \quad (14.4)$$

ifoda orqali hisoblash mumkin bo‘ladi.

Bevosita ko‘rinish masofasini oshirish va mahalliy predmetlarning ekranlash ta‘sirini bartaraf etish maqsadida *UQT* antenasi anchagina yuqori balandlikda (100 m gacha) o‘rnatiladi.

14.2. *UQT* radioliniyaning qabul qilish antenasi signal quvvatini hisoblash

UQT radioliniyaning qabul qilish antenasi signal quvvatini hisoblaymiz. Yo‘naltirilgan antennada Umov-Poyting vektorining moduli quyidagi ifodaga teng:

$$\Pi = \frac{P_{\Sigma} D_1}{4\pi r^2}. \quad (14.5)$$

Qabulqilgich kirishidagi signal quvvati qabul qilish antenasi «effektiv» yuzasiga (14.6 ifoda) proporsional bo‘ladi. Bu yuza orqali qabulqilish antenasi o‘tib ketayotgan elektrmagnit to‘lqinni «ushlab qoladi».

$$S_{eff} = \frac{D_2 \lambda^2}{4\pi}. \quad (14.6)$$

U holda, qabulqilish antenaning to‘lqinni ushlab qolgan quvvati

$$P_2 = \Pi \cdot S_{eff} = P_\Sigma \cdot D_1 \cdot D_2 \left(\frac{\lambda}{4\pi r} \right)^2. \quad (14.7)$$

ifoda orqali aniqlanadi.

$$L_{BOG} = \frac{P_\Sigma}{P_2} = \left(\frac{4\pi r}{\lambda} \right)^2 \frac{1}{D_1 \cdot D_2} \quad (14.8)$$

kattalik, erkin fazoda *UQT* oraliqdagi radioto‘lqinlarning tarqalishidagi isrof nomi bilan ataladi.

Quyidagi belgilashni kiritamiz:

$$L_{0.BOG} = \left(\frac{4\pi r}{\lambda} \right)^2 \quad (14.9)$$

va erkin fazoda radioto‘lqinlarni tarqalishidagi elektrmagnit energiyaning L_{as} asosiy isrofini topamiz.

Real sharoitlar qabul qilish nuqtadagi maydonning qiymatiga anchagina ta’sir qilib, bu holat kuchsizlanish ko‘paytuvchisi V da hisobga olinadi.

14.3. Kuchsizlanish ko‘paytuvchisini hisoblash

Umov-Poyting vektori modulining sonli qiymati maydon kuchlanganligi E_m ning kvadratiga proporsional bo‘lgani uchun, kuchsizlanish ko‘paytuvchisi V ning kvadratiga ham proporsional bo‘ladi, ya’ni:

$$\Pi = \frac{P_\Sigma D_1}{4\pi r^2} V^2. \quad (14.10)$$

(14.10) ifodani hisobga olganda, quyidagini yozishimiz mumkin:

$$P_2 = \Pi S_{EFF} = \frac{P_\Sigma D_1 D_2}{L_{0.BOG}} V^2. \quad (14.11)$$

Ko‘pincha P_2 kattalikni nisbiy birlik dBk (detsibel kuvvat) da quyidagi ko‘rinishda aniqlashadi:

$$P_2 \text{üÁ} = P_\Sigma \text{üÁ} + D_1 \text{üÁ} + D_2 \text{üÁ} + 2V \text{üV} - L_{0.BOG} \text{üÁ}. \quad (14.12)$$

(14.11, 14.12) ifodalar hisoblash ifodalari hisoblanib, ular antenaning berilgan qiymatlarida va to‘lqinlarning tarqalish shartlarida kerakli nurlanish quvvatini aniqlash imkonini beradi.

Tabiiyki, kuchsizlanish ko‘paytuvchisi V antenaning osilish balandligiga (h), joyning xarakteriga, geografik joylashishiga va shunga o‘xshashlarga bog‘liq bo‘ladi.

Kuchsizlanish ko‘paytuvchisini, radioaloqa bevosita ko‘rinish uzoqli-gidan kichik masofada olib borilayotgan holat uchun aniqlaymiz. Bunday holatda Yerning sferik shaklini hisobga olmasa ham bo‘ladi, ammo masalani soddalashtirish maqsadida uchastka yuzasini tekis deb faraz qilamiz (14.2-rasm).

Qabul qilinayotgan nuqtada to‘g‘ri nurdan vujudga kelgan maydon kuchlanganligi quyidagi

$$\mathbf{E}_1 = \mathbf{E}_m e^{-j\beta r_1}. \quad (14.13)$$

kompleks amplitudaga ega bo‘ladi.

$r_1 \gg h_1$ va $r_1 \gg h_2$ bo‘lgani uchun, qaytgan nur Yer yuzasi bo‘ylab deyarli sirpanadi. Bunda Yerdan qaytgan energiya koeffitsiyentining modulini 1 ga teng deb hisoblasak bo‘ladi, fazalar siljish burchagi (qaytganda) esa 180° ga teng bo‘lishi kerak. r_1 ning qiymati r_2 nikidan kam farq kilgani uchun, to‘g‘ri va qaytgan nurlarning amplitudalari taxminan bir xil bo‘ladi.

Qaytgan nurning B nuqtada vujudga keltirgan maydon kuchlanganligining kompleks amplitudasi quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi:

$$\mathbf{E}_2 = -\mathbf{E}_m e^{-j\beta r_2}.$$

Qabul qilish nuqtasidagi natijaviy maydon kuchlanganligining kompleks amplitudasi

$$\mathbf{E}_\Sigma = \mathbf{E}_1 + \mathbf{E}_2 = \mathbf{E}_m e^{-j\beta r_1} (1 - e^{-j\beta \Delta r}), \quad (14.14)$$

ifodaga teng bo‘ladi. Bu yerda: $\Delta r = r_2 - r_1$ — 1 va 2 nurlar yo‘lining farqi (AB va ABC yo‘llar uzunligi).

Bundan erkin fazoning kuchsizlanish ko‘paytuvchisi

$$V = \frac{\mathbf{E}_\Sigma}{\mathbf{E}_1} = 1 - e^{j\beta \Delta r}. \quad (14.15)$$

ifodaga teng bo‘ladi.

r_1 va r_2 uzunliklarni grafik yo‘l bilan aniqlaymiz. Buning uchun ΔAKB va ΔAKN to‘g‘ri burchakli uchburchaklarni yechamiz:

$$r_1^2 = r^2 + (h_1 - h_2)^2;$$

$$r_2^2 = r^2 + (h_1 + h_2)^2.$$

Tenglamalarni o'zaro hadlab ayiramiz $r_2^2 - r_1^2 = 4h_1h_2$, lekin $r_2^2 - r_1^2 = \Delta r(2r_1 + \Delta r)$.

$\Delta r \ll 2r_1$ ni inobatga olsak, $4h_1 \cdot h_2 = 2\Delta r \cdot r_1$ ga ega bo'lamiz.

U holda nurlar yo'lining ayirmasi

$$\Delta r = \frac{2h_1h_2}{r}, \quad (14.16)$$

ifodaga teng bo'ladi.

Quyidagi munosabatdan foydalanamiz:

$$e^{-j\beta\Delta r} = \cos\beta\Delta r - j\sin\beta\Delta r. \quad (14.17)$$

U yerdan modul $|e^{-j\beta\Delta r}| = \cos\beta\Delta r$.

Kuchsizlanish ko'paytuvchisining moduli $|V|$ quyidagi ifodaga teng bo'ladi:

$$|V| = 2\sqrt{1 - \cos\beta\Delta r}.$$

Hammaga ma'lum bo'lgan $1 - \cos\alpha = 2\sin^2\alpha/2$ ayniyatdan foydalanib, quyidagi ifodani yozamiz:

$$|V| = 2 \left| \sin \frac{\beta h_1 \cdot h_2}{r} \right|. \quad (14.18)$$

Grafikdagi maksimumlar (14.3-rasm) bir fazadagi to'g'ri va qaytgan nur maydonlarining yig'indisiga, minimumlari esa mos ravishda qarama-qarshi fazadagilarga mos bo'ladi.

Masofa r ning oshishi bilan (14.18) ifodadagi sinus argumenti kamayadi va $\pi/9$ qiymatda sinus funksiyani uning argumenti bilan almashtirsa bo'ladi, u xolda (14.18) ifoda quyidagi ko'rinishni oladi:

$$|V| = \frac{2\beta h_1 h_2}{r} = \frac{4\pi h_1 h_2}{\lambda r}. \quad (14.19)$$

Bu ifodaga $r > r_5$ dagi $|V| = f(r)$ bogʻlanish uchastkasi mos kelib, ushbu uchastka bogʻlanishning eng turgʻun uchastkasidir. A va B nuqtalar orasidagi masofani r_5 oraligʻida tanlanadi (14.3-rasm).

Ushbu zonadagi maydon kuchlanganligi E ning amplitudasi uchun quyidagi ifodani olamiz:

$$E_{\Sigma m} = \frac{\sqrt{60P_{\Sigma}D_1}}{\lambda r^2} 4\pi h_1 h_2. \quad (14.20)$$

(14.20) ifoda Vvedenskiyning kvadratik ifodasi nomi bilan ataladi. R_5 masofani \sin ning argumentini (14.18) $\pi/9$ qiymatga tenglashtirib aniqlash mumkin. Yaʼni:

$$r_5 = \frac{18h_1 h_2}{\lambda}. \quad (14.21)$$

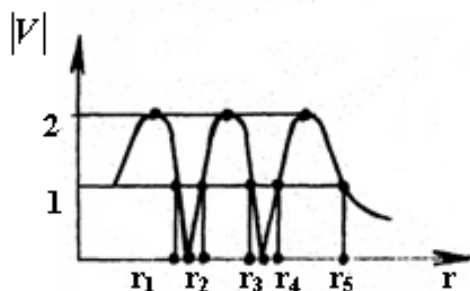
r_5 kattalik uzunligi λ boʻlgan toʻlqin uchun AB uzunlik intervalining eng qulay qiymatidir.

Faraz qilaylik, A va B xat-xabar stansiyalari bevosita koʻrinish uchastkada joylashgan boʻlsin (14.4-rasm). Xayolan fazoda AB nurning perpendikular qilib H tekislikni joylashtiramiz. Manba H tekislikning hammasini nurlatsin, uning har bir nuqtasi Gyuygens prinsipiga muvofiq ikkilamchi nurlanish manbai boʻlsin. U holda B nuqtadagi maydon ikkilamchi toʻlqinlar interferensiyasi natijasi boʻladi. Soʻngra, H tekislikda shunday C_1 nuqtani tanlaymizki, unda quyidagi tenglik bajarilsin:

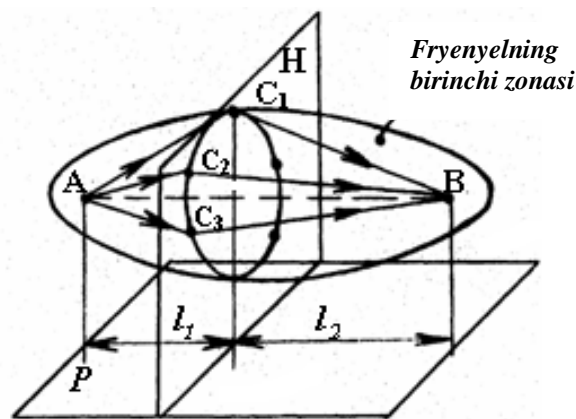
$$AC_1 + C_1B = l_1 + l_2 + \frac{\lambda}{2}. \quad (14.22)$$

Bunday nuqtalarning N tekislikdagi geometrik oʻrni aylana boʻladi. Xayolan AB nur boʻylab tekislikni suramiz, u holda hamma trassa uchun oʻxshash aylanalarni olamiz.

Bu aylanalar fazoda sirtidagi hamma nuqtalari uchun (14.21) tenglik oʻrinli boʻlgan qandaydir xajmni chegaralaydi. Ikkita fokusgacha boʻlgan masofalarning yigʻindisi oʻzgarmas boʻlgan nuqtalarning geometrik oʻrni A va B fokusli aylanma sirtli ellipsoidani beradi. Bunday ellipsoida fazoning bir qismini chegaralab, uni Frenelning birinchi zonasi deb yuritiladi.



14.3-rasm



14.4-rasm

Shu yoʻsinda Frenelning ikkinchi, uchinchi, toʻrtinchi va boshqa zonalarini qurish mumkin. Ikkinchi zonadan keladigan tebranishlar toʻliq-ligicha Frenelning uchinchi zonasi bilan kompensatsiyalanadi (tebranish fazasi $\beta\lambda/2 = \pi$ ga farq qiladi), toʻrtinchi zonani beshinchi zona kompensatsiyalaydi va shunga oʻxshash. Natijada hamma zonalarning birgalikdagi harakati taxminan bittagina Frenelning birinchi zonasining harakatiga olib keladi.

Shuning uchun aloqaning turgʻun boʻlishini taʼminlashda *A* va *B* nuqtalarida antenna shunday balandlikka oʻrnatilishi kerakki, Frenelning birinchi zonasi toʻsiqdan (ochiq trassa) holi boʻlsin. Yarim yopiq trassalarda Frenel zonasining bir qismini toʻsiq yopiq qoʻyadi, lekin uzatish va qabul qilish punktlari antennalari orasidagi bevosita koʻrinish saklanadi. Agar toʻsiq bevosita koʻrinish liniyasini kesib oʻtsa, bunday trassalar yopiq trassalar deyiladi.

UQT oraliqdagi aloqadan, temir yul transportida poyezdli va stansion radioaloqani hamda magistral radioreleli liniyalarni tashkillashtirishda foydalaniladi.

Kalit soʻzlar

1. Frenel zonalarini – fazoning berilgan nuqtasida toʻliq amplitudasini aniqlashda hisoblashni soddalashtirish uchun elektrmagnit toʻliqlar fronti sirtini boʻlaklarga boʻlingan uchastkalar.

2. Ochiq trassa – shunday trassaki, unda Frenelning birinchi zonasi toʻsiqlarga ega boʻlmaydi.

3. Yassi toʻliq – parallel tekisliklar koʻrinishiga ega boʻlgan toʻliqli sirtlar.

4. Yarim yopiq trassa – shunday trassaki, Frenelning birinchi zonasi toʻsiqqa kirsam, ammo uzatuvchi va qabul qiluvchi antennalar orasidagi bevosita koʻrinish chizigʻidan oshmaydi.

5. Gyuygens prinsipi – agar qandaydir oldinroq *t* vaqt onida front holati va toʻliq tezligi maʼlum boʻlganda istalgan $t + \Delta t$ vaqt onida toʻliq fronti holatini aniqlash imkonini beradigan usul. Gyuygens prinsipiga muvofiq, *t* vaqt onida

to‘lqin fronti o‘tadigan hamma nuqta-larni ikkilamchi to‘lqinlar manbai deb qarab, frontning $t + \Delta t$ vaqt oni-dagi holati hamma ikkilamchi to‘lqinlarning egilgan frontlari sirt bilan beriladi. Bunda ikkilamchi to‘lqinlar faqat oldinga nurlanadi deb qaraladi.

6. Bevosita ko‘rinish – nurlanish nuqtasidan qabul qilish nuqtasi orasida Yerga o‘tkazilgan urinma.

7. Bevosita ko‘rinish masofasi – bevosita ko‘rinishni hisobga olgandagi uzatgich va qabulqilgichlarning antennalari orasidagi masofa.

8. Sferik to‘lqinlar – konsentrik sferalar tizimi hisoblangan to‘lqinli sirtlar.

9. To‘lqin fronti (to‘lqinli sirt) – fazoda elektrmagnit tebranishlari sinfaz (bir fazada) bo‘lgan nuqtalarning geometrik o‘rni.

10. Qabulqiluvchi antenaning effektiv yuzasi – qabulqiluvchi antenaning o‘tkinchi elektrmagnit to‘lqinlar energiyasini ushlab qolish yuzasi.

Sinov savollari

1. Bevosita ko‘rinish ifodasini yozing?

2. Nima uchun uzatuvchi va qabul qiluvchi antennalar orasidagi masofani 14.3 rasmdagi r_5 atrofida tanlanadi?

3. Frenelning birinchi zonasini tushintirib bering?

4. Ultra qisqa to‘lqinda trassani tanlash qoidasini tushuntiring?

5. Sutkaning qaysi soatlarida fedingning ehtimoli yuqori va nima uchun?

6. Vvedenskiyning kvadratik ifodasini yozib ko‘rsating?

7. Qabul qilish nuqtasidagi signal quvvatini nisbiy birliklarda hisoblash ifodasini yozing va uning har bir qo‘shiluvchisini tushuntirib bering?

RADIOQABULQILUVCHI QURILMALAR

15.1. Bevosita ko‘chaytirishli qabulqiluvchi qurilma

Radioaloqa tizimlarida axborot signallari yuqori chastota tebranishlarning parametrlari orqali boshqariladi. Yuqori chastota tebranishlari yordamida ushbu signallar masofaga simsiz uzatiladi. Radiouzatish qurilmadan kelayotgan, ya'ni uzatilayotgan signalni qayta kabul qilish radioto‘lqinlarni radioqabulqilish qurilmalariga ta'siri bilan amalga oshiriladi. Modullashtiril-gan tebranishlar tarkibidagi axborot asosida radioqabulqilish qurilmalari ushbu xabarlarni qayta tiklaydi.

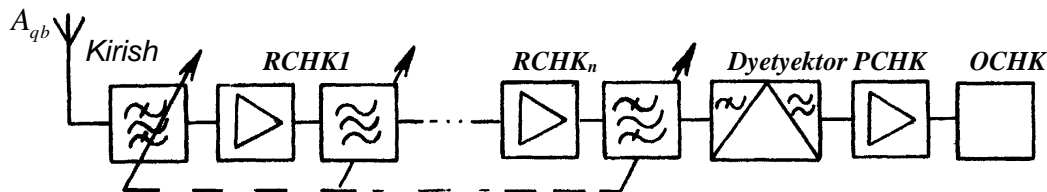
Radioqabulqilish qurilmalari radioeshittirish, televide-niye, radiolokatsiya, radionavigatsiya, radioastronomiya, radioboshkarish, kosmik aloqa, temir yo‘lda harakatdagi obyekt bilan aloqa va boshqalarda keng qo‘llaniladi. Radioqabulqilish qurilmalardan foydalanishning rangbarangligiga qaramasdan, ularning tarkibiy qurilish sxemasida qandaydiy umumiylik mavjuddir.

Har qanday xolatda ham oddiy radioqabulqilish qurilmalar asosan antenna, radioqabulkilgich va signalni qayta ishlovchi oxirgi qurilmadan tashkil topgan bo‘ladi.

Radioqabulqilish qurilmalar ishlash vazifalari, qabul qilayotgan signalning shakli, strukturali sxemasi, unda foydalani-layotgan elektron asboblarning rusumi, konstruktiv ko‘rinishi, elektr ta‘minot tizimi va boshqalar bo‘yicha tur-larga bo‘linadi.

Radio qabul qilish qurilmalari qurilishi bo'yicha ular bevosita kuchaytirish, regenerativ, o'taregenerativ va supergeterodinli qurilmalarga bo'linadi. Konstrukтив ko'rinishi bo'yicha esa, statsionar, olib yuriluvchi (avtomobili, lokomotivli, suv transportli, samoletli, sputnikli) va ko'tarib yuriluvchilarga bo'linadi.

Signallarni kuchaytirish va tanlovchanligi bevosita aynan uzatilayotgan signal chastotasida amalga oshiriladigan traktli radio qabul qilish qurilmalari bevosita kuchaytirish radio qabul qilish qurilmalari deb yuritiladi (15.1-rasm).



15.1-rasm

Chastota-selektiv elektr zanjiri hisoblangan kirish zanjiri, birinchi radio chastota kuchaytirgichi (**RCHKI**) kirishiga signalning dastlabki chastota-seleksiyasini ta'minlaydi. Radiochastota kuchaytirgichi qabul qilingan signalning sathini sifatli detektorlash va qabulqilgichning kerakli tanlovchanligini ta'minlovchi qiymatigacha kuchaytirish vazifasini bajaradi. Bu kuchaytirgich qabul qilinayotgan signalning uzatish chastotasiga sozlangan tebranma konturga yuklangan. Detektor o'z navbatida qabul qilingan modullashtirilgan signaldan uzatilayotgan past chastota signalini ajratib, uni past chastota kuchaytirgichiga (**PCHK**) uzatadi. Bu kuchaytirgich oxirgi qurilmaning normal ishlashini ta'minlaydigan darajada signalni kuchaytirib beradi.

Bevosita kuchaytirish radio qabul qilish qurilma murakkab sozlash tizimiga, past sezgirlik va tanlovchanlikka ega. Bu kamchiliklar 1919 yili amerikalik Armstrong tomonidan ko'rilgan supergeterodinli radioqabulqilish qurilmada bartaraf kilingan.

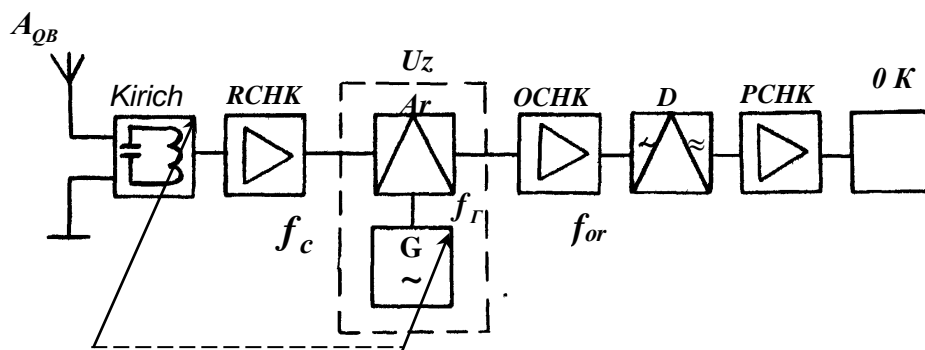
15.2. Supergeterodin qabulqiluvchi qurilma

Supergeterodin qabulqiluvchi qurilma radiotraktida qabul qilingan signal o'zgartiriladi. Bunda qabul qilingan signalning chastotasidan qat'iy nazar oraliq (promejutochnaya) chastota aniq belgilangan bo'ladi. Radio traktida bir marta chastota o'zgartirishli bunday radioqabulqilish qurilmaning strukturaviy sxemasi 15.2-rasmda ko'rsatilgan. Bu radio qabul qilgich bevosita kuchaytirishli radio qabul qilish qurilmasidan chastota o'zgartirish qurilma va oraliq chastota kuchaytirgichning (**OCHK**) mavjudligi bilan farqlanadi. Chastota o'zgartirgich aralashtirgich (**Ar**) va f_g chastotali tebranishlarni ishlab chiqaradigan mahalliy generatordan tashkil topgan. Tizimda modulyatsiya qonunini o'zgartirmasdan

qabul qilinayotgan signalning uzatish chastotasi (f_s) boshqa anchagina past bo'lgan oraliq chastotaga (f_{or}) o'zgartiriladi.

O'zgartirgichning kirish toki signal chastotasidan tashqari qator $|f_s + kf_g|$ kombinatsion chastotali tashkil etuvchilardan iborat bo'ladi (Ko'pincha $|f_G - f_s|$ ayirmali tashkil etuvchilardan foydalaniladi). Supergeterodin radioqabul qilish qurilmaning radiotraktida asosiy kuchaytirish va tanlovchanlikni ta'minlaydigan oraliq chastota kuchaytirgichining (**OCHK**) selektiv zanjiri f_{or} chastotaga sozlangan.

Supergeterodin radioqabul qilish qurilmada bevosita kuchaytirishlarga qaraganda sozlash tizimi ancha soddalashadi, sezgirligi va tanlovchanligi hamda halaqitlarga chidamligi oshadi. Radio qabul qilgich quyidagi asosiy vazifalarni bajaradi: seleksiya, ya'ni antennada elektromagnit to'lqinlardan paydo bo'ladigan e.yu.k. signallari va turli halaqitlar tarkibidan foydali signalni ajratib olish, antenna chiqishidagi radiochastota tebranishlarni kuchlanish va quvvat bo'yicha kuchaytirish, radiochastota tebranishlarini demodulyatsiya qilish, ajratilgan signalni oxirgi qurilmaga kuchaytirib uzatish.



15.2-rasm

15.3. Radioqabul qiluvchi qurilmaning asosiy elektr parametrlari

Radioqabul qilish qurilmalarining asosiy elektr parametrlarini ko'rib chiqamiz. Qabul qilgichning ishchi chastotasi berilgan liniyadagi uzatgichning ishchi chastotasi bilan mos bo'lishi kerak. Bitta ishchi chastotali qabul qilgich aniq sozlangan qabul qilgich deb yuritiladi. Bir nechta uzatgich signalini navbatma-navbat bir chastotadan ikkinchi bir chastotaga sozlanadigan qabul qilgich diapazonli qabul qilgich deb yuritiladi. Bunday qabul qilgichlar uchun ishchi chastota oralig'i (diapazoni) degan ko'rsatgich kiritilgan.

Qabul qilgichning sezgirligi uning eng kichik signallarni ham qabul qilish qobiliyati bilan xarakterlanadi. Antennada ilakishgan e.yu.k. ning kattaligi juda

kichik bo‘lib, u qabulqilgichning chiqishda talab qilingan telefon, telegraf yoki boshqa signalning quvvatini ta‘minlashini belgilaydi. Ya’ni, $K = U_{chik}/E_A$ kuchaytirish koeffitsiyent bilan xarakterlanadi. Koeffitsiyent K ning ko‘payishi bilan qabulqilgich na faqat foydali signalni, shu bilan birga halaqit signallar uchun ham juda yaxshi kuchaytirgich hisoblanadi. Shuning uchun qabulqilgichlar uchun **real sezgirlik** degan ko‘rsatgich kiritiladi. U kirishda E_A ning minimal qiymatida berilgan signal/halaqit munosabatida chiqishda kuchlanishning berilgan qiymatiga erishish bilan baholanadi. Zamonaviy qabulqilgichlarning real sezgirliги $E_A = (0, 1 - 5)$ mkV da $R_{chik.s}/R_{chik.x} = 20$ dB ni tashkil qiladi.

Detsimetr va santimetr to‘lqin uzunliklari qabulqilgichlar uchun shovqin koeffitsiyent (N) degan koeffitsiyent kiritilgan:

$$N = 1 + \frac{D_{sh}}{D_{\dot{e}ir}} K_p. \quad (15.1)$$

Bu yerda: P_{sh} xususiy issiqlik shovkini;

K_p – quvvat bo‘yicha real kuchaytirish koeffitsiyenti.

E ning qabulqilgichning N va boshqa parametrlari bilan bog‘langanligi

$$E_A = \sqrt{4kT_0 r_A \Delta f_{ef} \left[I_A - 1 + \frac{N}{K_p} \right] \nu_p} \quad (15.2)$$

ifoda orqali aks ettirilgan. Bu yerda:

kT_0 – Bolsman doimiysini atrof muhitning absolut temperaturasiga ko‘paytmasi;

f_{ef} – shovqin kuchlanishi o‘lchanadigan chastota oralig‘i, bu oraliq qabulqilgichning o‘kazish oralig‘iga mos bo‘ladi;

t_A – qarshiligi r_A bo‘lgan antenaning nisbiy shovqin temperaturasi;

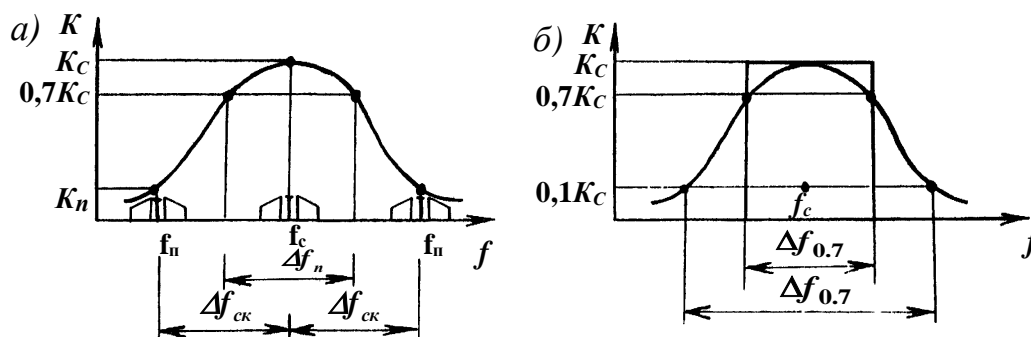
k_{ef} – fiderning quvvat bo‘yicha uzatish koeffitsiyenti;

γ_p – qabulqilgichning xabarni normal qayd qilishi uchun kerakli bo‘lgan chiqishdagi chiziqli qismida quvvat bo‘yicha signal/shovqin munosabati.

Qabulqilgichning tanlovchanligi uning radiosignalning hamma foydali tashkil etuvchilarini kuchaytirib, xalaqitlarni kamroq kuchaytirish qobiliyati bilan xarakterlanadi. Qabulqilgichga bunday qobiliyatni tebranma tizim berib, u tufayli kuchaytirish koeffitsiyenti K chasto-taning funksiyasi hisoblanadi $K = \varphi(f)$ (15.3-rasm).

Bir signalli tanlovchanlik $V_{qk} = k_q/k_n$, necha marotaba f_s chastotali qabul qilinayotgan kanalning kuchaytirish koeffitsiyenti, $f_n = f_s \pm \Delta f_{qk}$ chastotali qo‘shni kanal xalaqiti kuchaytirish koeffitsiyentidan kattaligini ko‘rsatadi.

Qo'shni kanal bo'yicha ikki signalli tanlovchanlik $V_{qk} = U_{qk}/U_c$ nisbatga teng. Bu yerda: U_{qk} va U_c – mos ravishda qo'shni kanal xalaqitlari va kirish signali kuchlanishlarining amplitudasi.



15.3-rasm

Qabulqilgichning kuchaytirish koeffitsiyenti o'tkazish oralig'ida (chastota diapazoni) nisbatan o'zgarimasdan qoladi, masalan K_q ning maksimal qiymatidan $\sqrt{2}$ (**3 dB**) dan kamaymaydi (15.3, a-rasm). Chunki qabul qilinayotgan signal, oralig' kengligi Δf_c bo'lgan modullashtirilgan signal hisoblanadi, shuning uchun $\Delta f \leq f_n$ shart bajarilishi kerak.

Real qo'ng'iroksimon xarakteristikaning ideal to'g'ri to'rtburchakka yaqinlashish darajasi, mos ravishda **0,7** va **0,1** sathli o'tkazish oralig'lari nisbatiga teng bo'lgan

$$K_{qb} = \Delta f_{p\ 0,7} / \Delta f_{p\ 0,1}$$

to'g'ri to'rtburchaklik koeffitsiyent bilan baholanadi (15.3, b-rasm).

Xabardagi signalni normal o'zgartirilganda, qabulqilgich chiqishidagi foydali signalning quvvati P_{chik} , radiokarnayda $P_{chik} = I + 10 Vt$ ni tashkil qiladi.

Nochiziqli buzilish, qabulqilgich kaskadlaridagi elektron elementlarning xarakteristikalari nochiziqli bo'lganligi sababli, kirishda signalning amplitudasi katta bo'lganda, chiqishdagi signalning shaklini o'zgarishidir. U miqdor jihatidan nochiziqli buzilish koeffitsiyenti bilan baholanadi.

$$k_N = \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + \dots + U_n^2}}{U_1}, \quad (15.3)$$

Bu yerda: U_1, U_n – mos ravishda signalning birinchi va yuqori garmonikalari amplitudalari.

Chastotali buzilish foydali signalning turli spektr tashkil etuvchilarining radiochastota kuchaytirgichlaridagi tebranma tizimlar va past chastota kuchaytirgichlaridagi parazit reaktiv qarshiliklar hisobiga kuchaytirilishidan kelib chiqadi.

Zamonaviy radioqabulqilgichning asosiy rusumining strukturaviy sxemasi 15.2-rasmda ko'rsatilgan supergeterodin qabulqilgich hisoblanadi.

Kalit so'zlar

1. Qabulqilgichning tanlovchanligi (selektivnost) – qabulqilgich qurilmaning turli axborotlar uzatilayotgan bir nechta signallar orasidan kerakli signalni ajratish yoki avvaldan berilgan parametrli signallarni sezish qobiliyati.

2. Shovqin koeffitsiyenti – antenna ekvivalenti va qabulqilgichning liniya kismida vujudga keladigan shovqinlar quvvatini bitta ekvivalent tomonidan vujudga keltiralayotgan shovqinlar quvvatiga nisbati bilan o'lchanadigan kattalik bo'lib, u 1,1 dan birnecha o'nlargacha qiymatni tashkil qilishi mumkin. Odatda shovqin koeffitsiyentning qiymati 1,1 dan kichik bo'lganda «harorat shovqin» i degan qulayroq tushunchadan foydalaniladi.

3. Chastota o'tkazish oralig'i – elektr zanjiri chiqishidagi tebranishlar amplitudasining uning kirishidagi tebranishlar amplitudasiga nisbati ma'lum sathdan kichik bo'lmaydigan chastota oralig'i bo'lib, odatda uning qiymati maksimal qiymatga nisbatan $1 - 3 \text{ dB}$ ni tashkil qiladi. Masalan, telefon kanalining chastota oralig'i $300 - 3400 \text{ Gs}$, radioeshittirishniki 30 Gs dan 15 kGs gacha, televizion videokanal uchun 50 Gs dan 6 MGs ni tashkil etadi.

4. Radioqabulqilish halaqitlari – radioqabulqilgich kirish zanjiridagi foydali signalni to'g'ri qabul qilishga to'sqinlik qiladigan va u bilan bevosita ma'lum funksional bog'lanmagan elektrmagnit yoki elektr ta'sirlar bo'lib, ular kosmik, atmosfera, industrial shovqinlar, exo, so'nish, avvaldan o'ylangan yoki tashkillashtirilgan va nihoyat radioqabulqilish qurilmaning ichki (xususiy) halaqitlari bo'lishi mumkin.

5. Chastota o'zgartirgich – kirishiga berilayotgan radiosignalning chastotasini boshqa qo'shimcha tebranishlar yordamida chastotasini o'zgartirib beradigan elektron qurilma. Uning chiqishida ko'pincha chastotalar farqi ajratilinish, undan supergeterodin qabulqilgichlarda foydalaniladi.

6. Radioqabulqilgich – radiostansiya tomonidan qabul qilinayotgan signallar yoki qandaydir radioto'lqin nurlanishlarni ajratish, ularni kuchaytirish, so'ngra qayta eshittirish qurilmalariga (masalan, radiokarnay, elektron-nur trubka, telefon apparat va boshqalar) mos ravishda o'zgartirib berish va boshqa kabilarni bajaruvchi apparat hisoblanadi.

7. Bevosita kuchaytiruvchi radioqabulqilgich – qabul qilinayotgan va modulyatsiya chastotasidagi (detektordan so'ng) signallarni bevosita (to'g'ridan-to'g'ri) kuchaytirishli qabulqilgich.

8. Supergeterodin qabulqilgich (supergeterodin) – qabul qilingan signallarning chastotasini qandaydir ma’lum belgilangan oraliq chastotali signallarga aylantirib, so’ngra uni kuchaytirishni amalga oshiradigan radioqabulqilgich hisoblanib, u katta sezgirlikka, tanlovchanlikka va bevosita kuchaytirishli qabulqilgichga nisbatan katta kuchaytirish koeffitsiyentiga ega.

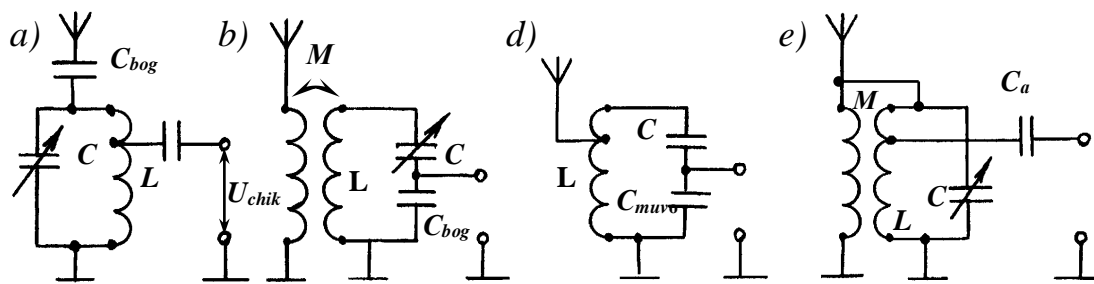
Sinov savollari

1. Bevosita kuchaytirishli qabulqilgichning qo‘llanilish soxasi?
2. Supergeterodin qabulqilgichning qo‘llanilish soxasi?
3. Qanday holatlarda supergeterodin radioqabulqilgichlarda bir nechta o‘zgartirgichlardan foydalaniladi?
4. Radioqabulqilgichning sezgirligi nima?
5. Radioqabulqilgichning tanlovchanligi nima?
6. Belgilangan chastotali qabulqilgich bilan diapazonli qabul-qilgichning farqi nimada?
7. Qaysi yo‘sinda oraliq chastota olinadi?
8. Oraliq chastota kuchaytirgichining vazifasi.

16. QABULQILGICHNING KIRISH KURILMASI, RADIOCHASTOTA KUCHAYTIRGICHI VA CHASTOTA UZGARTIRGICHLARI

16.1. Kirish qurilmasi

Kirish zanjiri va radiochastota kuchaytirgichidan tashkil topgan preselektor, signalning dastlabki kuchaytirishni, (V_{qk}) qo‘shni kanal bo‘yicha tanlovchanlikni va (V_{qk}) oynali kanal bo‘yicha tanlovchanlikni amalga oshiradi. Kirish zanjiri (16.1-rasm) antenna va (**RCHK**) radiochastota kuchaytirgichi kirishi bilan bog‘langan **LC** - tebranma konturdan iborat. Antenna bilan ulanishiga qarab kirish zanjirlari mos ravishda sig‘imli, transformatorli, avtotransformatorli va mujassamlangan bog‘lanish-lilarga bo‘linadi (16.1, *a, b, d, e*-rasm). Konturni **RCHK** ga ulashda induktiv (16.1, *a, e*-rasm) yoki sig‘im (16.1, *b, d*-rasm) bog‘lanishlardan foydalaniladi.

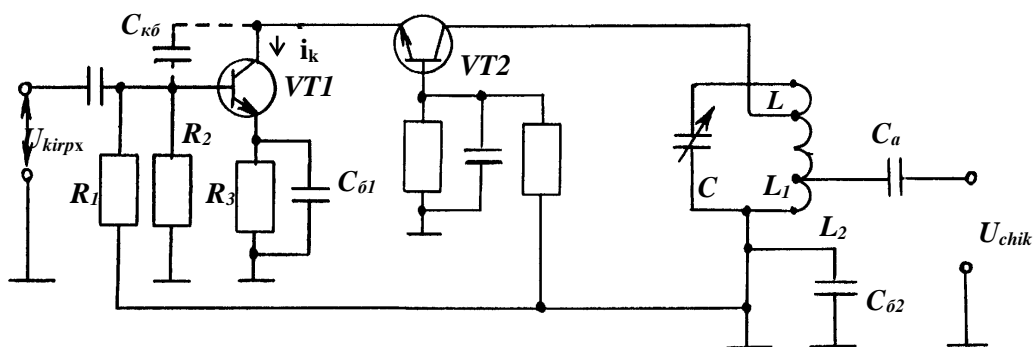


16.1-rasm

Kirish zanjirining asosiy parametrlariga quyidagilar kiradi: $k_{qt} = U_{chik}/E_A$ – uzatish koeffitsiyent, V_{qk} – qo‘shni kanal bo‘yicha tanlovchanlik va V_{qk} – oynali kanal bo‘yicha tanlovchanlik hamda uzatish oralig‘i. Kirish zanjiri passiv element hisoblanadi, lekin konturning rezonans xususiyatlari hisobiga $K_{kz..max} > 1$ bo‘ladi.

16.2. Radiochastota kuchaytirgichi

Radiochastota kuchaytirgichi va tashqi uyg‘otishli generatorlar bitta sinfli qurilmalarga taaluqli bo‘lib, ular orasidagi farq shundaki, **RCHK** kirishidagi signalning amplitudasi juda kichkina bo‘lib, u modullashtirilgan bo‘ladi va bu modullashtirilgan signalning barcha tashkil etuvchilarini Δf_s oralig‘ida bir xil kuchaytirish talab qilinadi. Bundan tashqari, signal bartaraf qilinishi talab etiladigan turli halaqitlardan ham iborat bo‘ladi. Oddiy **RCHK** ning prinsipial sxemasi 16.2-rasmدا tasvirlangan.



16.2-rasm

Sxemaning asosiy parametrlarini aniqlaymiz. Uning parametrlariga quyidagilar kiradi: kuchaytirish koeffitsiyenti K_{rchk} , tanlovchanlik V , o‘tkazish oralig‘i Δf_{or} , kirish qarshilik, buzilishlar sathi, ya’ni:

$$K_{\acute{o},rchk} = \frac{Y_{21} \cdot Z_p P_1 P_2}{\sqrt{1 + (Qy)^2}}, \quad (16.1)$$

Bu yerda: $y = \frac{2(f - f_{yr})}{f_{yr}}$ – joriy nisbiy sozdan chiqish (“rasstroyka”) chastotasi;

$$V_{qk} = \frac{\hat{E}_{rchk.i \hat{a}\hat{o}}}{\hat{E}_{rchk.q\hat{e}}}; \quad V_{zk} = \frac{\hat{E}_{rchk.i \hat{a}\hat{o}}}{\hat{E}_{rchk.q\hat{e}}} . \quad (16.2)$$

Bu yerda: $K_{rchk.max}$, $K_{rchk.sk}$, $K_{rchk.zk}$ – mos ravishda signal ($y = 0$), qo‘shni signal ($y = y_{qk}$) va zerkalniy kanal signallarning kuchaytirish koeffitsiyentlari.

$$V_{qk/zk} = \sqrt{1 + (Q_3 y_{ck} / y_{c\hat{e}})^2}, \quad \Delta f_{op} = \frac{f_{yp}}{2Q_3} \quad (16.3)$$

Bu yerda $y_{3k} \gg y_{ck}$, $V_{3k} \gg V_{qk}$

RCHK ning tanlovchanligi va uning o‘tkazish oralig‘i konturning ekvivalent sahiyligiga (Q_e) juda bog‘liq. O‘z navbatida uning qiymatiga **VTI** tranzistorning chiqish qarshiligi R_{chik} va keyingi kaskadning kirish qarshiligi R_{kir} ta’sir qiladi.

$$Q_e = \frac{\omega L}{r + r_{ich1} + r_{ich2}} = \frac{\omega L}{r + \frac{\omega L}{R_{chik}} D_1^2 + \frac{\omega L}{R_{kir}} P_2^2} . \quad (16.4)$$

RCHK ning muhim parametrlaridan biri R_{kir} hisoblanib, u kirish zanjiriga shunt sifatida ta’sir qilib, uning tanlovchanligini pasaytiradi.

Berilgan sxema uchun u

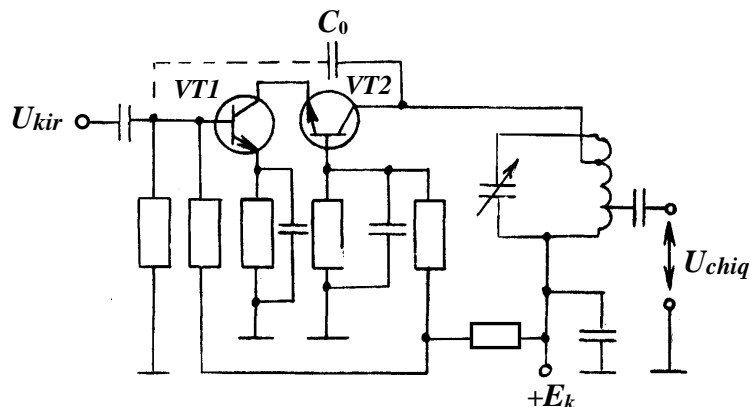
$$R_{kir} = \frac{\Delta U_b}{\Delta I_b} = \frac{\Delta U_b \cdot \Delta I_k}{\Delta I_b \cdot \Delta I_k} = \frac{\beta_1}{Y_{21}} \quad (16.5)$$

ifoda yordamida yoziladi. Bu yerda: $\beta_1 = \frac{\Delta I_k}{\Delta I_a}$ – tranzistorning tok bo‘yicha kuchaytirish koeffitsiyenti.

RCHK sifatida umumiy bazali kuchaytirgichdan foydalaniladi. Har ikkala kuchaytirgich ham umumiy kamchilikka ega bo‘lib, u ham bo‘lsa ularda parazit o‘z-o‘zidan uyg‘onish jarayonini keltirib chiqarishi mumkin bo‘lgan musbat teskari bog‘lanishning mavjudligidir. Ko‘rilayotgan sxemada teskari bog‘lanish elementi sifatida C_{kb} , umumiy emitterli sxemada esa C_{ke} elementlari namoyon bo‘ladi. Shuning uchun umumiy bazali

$$R_{\hat{e}ir} = \frac{\Delta U_{e\hat{a}}}{\Delta I_e} \cong \frac{1}{Y_{21}} \quad (16.6)$$

sxemada (kichik kirish qarshilikka ega) ushbu kamchilikni bartaraf qilish uchun, sxemasi 16.3-rasmda tasvirlangan kaskad sxema qo‘llaniladi.



16.3-rasm

Sxemaning umumiy emitterli $VT1$ tranzistordagi qismining yuklamasi umumiy bazali $VT2$ tranzistorda yig‘ilgan qismining kirish qarshi-ligi ($Z'_{YU} = \frac{1}{Y'_{21}}$) hisoblanadi.

U holda sxemaning birinchi qismining kuchaytirish koeffitsiyenti

$$K^I = Y_{21}^I \cdot Z_{YU}^I \approx Y_{21}^I / Y_{21}^{II} \quad (16.7)$$

ikkinchi qismining kuchaytirish koeffitsiyenti esa

$$K^{II} = Y_{21}^{II} \cdot Z_R \cdot p_1 \cdot p_2 \quad (16.8)$$

ifodalar orqali aniqlanadi.

Kaskad sxemaning umumiy kuchaytirish koeffitsiyenti

$$K_k = K^I \cdot K^{II} = Y_{21}^I \cdot Z_R \cdot p_1 \cdot p_2, \quad (16.9)$$

shunga o‘xshagan odatdagi $RCHK$ nikiga teng bo‘ladi.

Kaskad sxemada musbat teskari bog‘lanish elementi, $VT1$ va $VT2$ lar bilan o‘zaro ketma-ket ulangan C_0 o‘tish sig‘imi hisoblanadi. Ya’ni:

$$C_0 = \frac{C'_{\hat{e}\hat{a}} + \tilde{N}_{\hat{e}\hat{e}}}{\tilde{N}'_{\hat{e}\hat{a}} \cdot \tilde{N}_{\hat{e}\hat{e}}}. \quad (16.10)$$

Shuning uchun $K_{rchk.K} > K_{rchk.UB} > K_{rchk.UE}$ bo‘ladi.
Kirish qarshilik

$$R_{kir.K} = R_{kir.UE} = \frac{\beta_1}{Y_{21}}$$

birinchi qism bilan aniqlanadi va u anchagina $R_{kir.UB}$ dan katta bo'ladi.

Integral sxema va maydon tranzistorlarida yig'ilgan **RCHK** lari yana ham katta kirish qarshilikka ega bo'lib, ular elektron usul orqali **VD1** va **VD2** varikaplar yordamida E_B boshqarish kuchlanishi bilan chastotaga sozlanadi.

16.3. Chastota o'zgartirgichlar

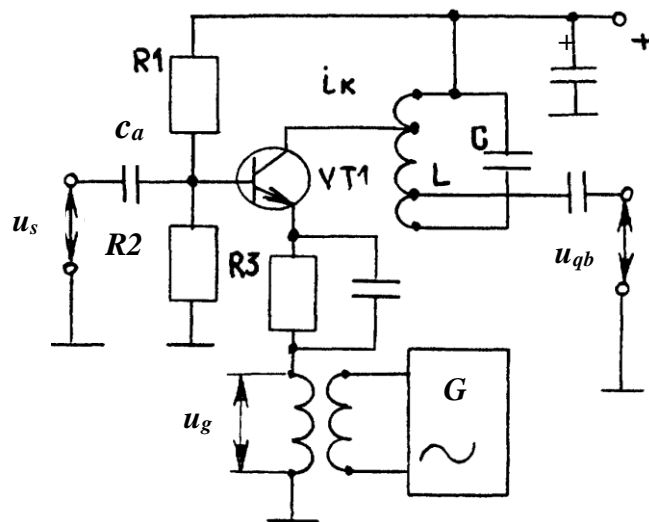
Misol tariqasida geterodin (**G**), aralashtirgich (**AR**) va rezonans yuklamadan (tebranma kontur) iborat tranzistorli aralashtirgichli chastota o'zgartirgichning sxemasi 16.4-rasmda tasvirlangan.

Geterodin qo'shimcha $u_g = U_g \cos \omega_g t$ radiochastota tebranishlarini ishlab chiqaradi va $u_s = U_s(t) \cos \omega_{ur} t$ modullashtirilgan signal bilan birgalikda tebranishlarni

$$u_{ko'p} = u_g(t) \cdot u_s(t) \quad (16.11)$$

ko'paytirish funksiyasini bajaradigan aralashtirgichga beriladi.

Bizga ma'lumki, tranzistor $i_k = f(e_{be})$ nochiqli o'tkinchi xarakteristikaga ega bo'lib, uning har bir nuqtasida yeb oshishi bilan qiymati kattalashadigan har xil $S = tg \alpha$ qiyalikka ($Y_{21} = \Delta i_k / \Delta e_b$) to'g'ri o'tkazuvchanlik) ega bo'ladi. Bu xarakteristikani $Y_{21} = f(e_0)$ ko'rinishida yozib, tranzistorning



16.4-rasm

o‘zini esa o‘zgaruvchan o‘tkazuvchanli (parametrik element) element deyish mumkin. Emitterli o‘tishga amplituda bo‘yicha kattaroq geterodin kuchlanishini бериб, Y_{21} o‘tkazuvchanlikni vaqt bo‘yicha

$$Y_{21} = Y_{210} (1 + \gamma U_g \cos \omega_g t) \quad (16.12)$$

o‘zgaruvchan ifoda ko‘rinishida yozish mumkin.

Bu yerda: Y_{210} – kuchaytirish rejimidagi ($U_g = 0$) to‘g‘ri o‘tkazuvchanlik;
 γ – proporsionallik koeffitsiyenti.

U holda kollektor tokining ifodasi

$$\begin{aligned} I_k &= Y_{21}(t) u_b = U_{210} (1 + \gamma U_g \cos \omega_g t) U_s(t) \cos \omega_{rb} t = \\ &= U_{210} U_s(t) \cos \omega_{rb} t + 0,5 Y_{210} \gamma U_g(t) \cos(\omega_{rb} \pm \omega_g) t. \end{aligned} \quad (16.13)$$

ko‘rinishda bo‘ladi.

$\omega_{ko‘p} = \omega_{rb} - \omega_g$ chastotaga sozlangan tebranma kontur (Z_p) rezonans yuklamali hisoblanib, u f_{rb} va $f_{rb} + f_g$ tashkil etuvchilardan oraliq chastotani ajratadi. Natijada chastota o‘zgartirgich chiqishida

$$u_{o‘z} = 0,5 U_{210} U_s(t) U_G Z_R \cos(\omega_{rb} - \omega_g) t \quad (16.14)$$

kuchlanish hosil bo‘ladi.

$U_{kz} = U_{21} U_s(t) Z_r$ amplituda, $Y_{21bz} = 0,5 Y_{210} U_{210} \gamma U_g$ – kupaytirish rejimidagi tranzistorning o‘tkazuvchanligi bo‘lsa, u holda o‘zgartirgichning kuchlanish bo‘yicha uzatish koeffitsiyenti

$$K_{bz} = \frac{U_{bz}}{U_s(t)} = Y_{21bz} Z_r \quad (16.15)$$

ifoda yordamida aniqlanadi.

$Y_{21bz} \ll Y_{210}$ bo‘lgani uchun, signal chastotasini o‘zgartirish jarayonida uning amplitudasi ozgina o‘zgaradi. Oraliq chastota kuchaytirgichi sharoitini yaratish bilan, o‘zgartirgich bir vaqtning o‘zida qo‘shimcha qabul kanallarini (zerkal kanal va bevosita o‘tish kanali) paydo bo‘lishiga sababchi bo‘ladi.

Zerkal kanal, bu uzatgichning

$$f_{zk} = f_g - f_{bz} = f_{rb} - 2f_{bz} \quad f_s > f_g$$

da, yoki

$$f_{zk} = f_g + f_{bz} = f_{rb} + 2f_{bz} \quad f_{rb} > f_g \quad \text{da} \quad (16.16)$$

chastotada nurlanishidir.

f_{zk} tebranish, aralashtirgichga tushib va unda ko'paytirilgandan so'ng

$$u_{zk.bz} = \gamma u_{zk} \cdot u_g = 0,5 \gamma U_{zk} U_g \cos (\omega_{zk} \pm \omega_g) t$$

kuchlanishni beradi. ω_{zk} chastota ω_g chastotadan ω_{uz} ga farq qilgani uchun, zerkal kanalning tashkil etuvchilaridan biri o'zgartirgich chiqishida ω_{uz} chastotaga ega bo'ladi. Ushbu kanal bilan kurashish preselektorda amalga oshiriladi.

Bevosita o'tish kanali, bu uzatgichning f_{bz} chastotali nurlanishi bo'lib, bunday chastotali tebranish chastota o'zgartirgichda u_g ga ko'paytirilmasdan o'tib ketadi va oraliq kuchaytirgichining chastota o'tkazish oralig'iga tushadi. Bu kanal ham preselektorda bartaraf etiladi.

Kalit so'zlar

1. Kirish zanjir – radioqabulqilgichning yuqori chastota ko'chay-tirgichini antenna qarshiligi bilan muvofiqlashtiruvchi zanjir.

2. Oynali (зеркальный) kanal – supergeterodin qabulqilgichda asosiy kanaldan orqada qoladigan ikkilangan oraliq chastotali qo'shimcha qabul qilish kanali bo'lib, geterodin chastotasi ular orasiga joylashadi. Oynali kanal, asosiy kanalga halaqitli kanal hisoblanadi va qabulqilgich kirishidagi elektr filtrlar hisobiga kuchsizlantiriladi.

3. Bevosita o'tish kanali – chastotasi supegeterodin qabulqilgichning oraliq chastotasi bilan mos bo'lgan va chastota o'zgartirgich orqali o'zgarmay o'tadigan qo'shimcha kanal bo'lib, u halaqit hisoblanadi va preselektor yordamida bartaraf etiladi.

4. Radiochastotaning kaskadli kuchaytirgichi – ikkita kuchaytirgichdan tashkil topgan bo'lib, ulardan biri umumiy emitterli sxemada yig'ilgan va u umumiy bazali ikkinchi kuchaytirgichga kirish kaskadi hisoblanadi. Bunday ulanish yuqori kuchaytirish koeffitsiyentini olish va tranzistorlarning parazit sig'implarini ikki barobar kamaytirish imkonini berib, uning hisobiga kuchaytirgichning mustahkamligi oshiriladi.

5. Chastota o'zgartirgich – f_k radiokanal chastotasini $f_{qb} = f_k - f_g$ ancha quyi chastota sohasiga ko'chirishga mo'ljallangan qurilma bo'lib, u rezonans yuklamali tranzistorli aralashtirgich va kichik quvvatli generatorlardan tashkil topgan. U chastotani ko'chirishga sharoit yaratib berish bilan birga, qo'shimcha kanalning paydo bo'lishiga ham sababchi bo'ladi.

6. Qabulqilgich aralashtirgichi – chiqishida $f_k \pm f_g$ qabulkilish va geterodin chastotalari olinadigan qurilma bo'lib, u supergeterodin qabulqilgichlarda chastota o'zgartirgich sifatida qo'llaniladi. Qoidaga ko'ra, oraliq chastota kuchaytirgichi $f_k - f_g$ chastotalar farqini ajratadi.

7. Radiochastota kuchaytirgichi – qabulqilgichda detektor (bevosita kuchaytirishli qabulqilgich) yoki supergeterodin qabulqilgichlardagi chastota

o'zgartirgichlarning normal ishlashiga kerakli bo'lgan sathda radiosignallarni kuchaytirib beradigan qurilma.

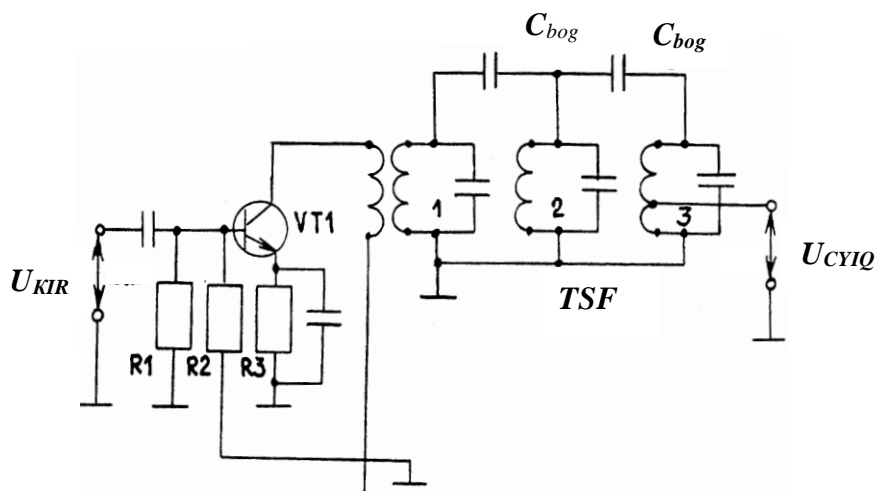
Sinov savollari

1. Preselektorning asosiy vazifasi nimadan iborat?
2. Kirish qurilmalarning turlari va ularning xususiyatlarini ko'rsating?
3. Radiochastotaning kuchatirish qurilmalari (**RKQ**) nima?
4. Umumiy bazali radiochastota kuchaytirgichi sxemasini chizib ko'rsating va uning avzalligi, kamchiligi hamda elementlarining vazifalarini aytib bering?
5. Radiochastota kuchaytirgichi kaskadli qurilmasini tushuntirib bering?
6. Chastota o'zgartirgich elementlarining vazifasini aytib bering?
7. Aralashtirgichning vazifasi va uning xarakteristikasi?
8. Oynali (зеркальный) kanalni tushuntirib bering?
9. Bevosita o'tish kanalini tushuntirib bering?
10. Qabulqilgichning qaysi kismida qo'shimcha kanallar bartaraf etiladi.

17. QABULQILGICHNING ORALIK CHASTOTA KUCHAYTIRGICHI VA DETEKTORLARI

17.1. Oraliq chastota kuchaytirgichi

Oraliq chastota kuchaytirgichi (**OCHK**) oraliq chastota ($f_{or} = const$) signalini kuchaytirishga mo'ljallangan bo'lib, u qo'shni kanal bo'yicha asosiy tanlovchanlikni ta'minlaydi. **OCHK** da birnechta chastota xarakteristikalari to'g'ri to'rtburchakka yaqin bo'lgan bir nuqtaga to'plangan seleksiyali filtrlarni (**TSF**) tashkil qiladigan bog'langan konturlar to'plamidan foydalaniladi. 17.1-rasmda konturlar aro sig'imiyy bog'langan uch konturli **TSF** li oraliq kuchaytirgichning sxemasi tasvirlangan.



17.1-rasm

Birinchi va ikkinchi konturlarning o'tkazish oraliqlari f_1 va f_2 chetki chastotalarga sozlangan bo'lib, ular $Q_1 = Q_2$ katta sahiylikka ega. Ular $K_{OCHK} = \varphi(t)$ chastota xarakteristikaning nishablarini shakllantirib, qo'shni kanal bo'yicha tanlovchanlikni ta'minlaydi. Uchinchi kontur $f_{rb} = f_{or}$ bo'lib, kichik sahiylikka ega ($Q_3 < Q_1 < Q_1 = Q_2$). Bu esa xarakteristikaning nisbatan yuzali uchlarini shakllantirib, chastota o'tkazish oralig'ida notekis kuchaytirishni kamaytiradi. Aynan shu usulda ko'pkanalli qabulqilgichlarning keng oraliqli **OCHK** ning bir nuqtaga to'plangan selektiv filtri ko'riladi. Texnologik aloqa radiostansiyasining tor ora-liqli **OCHK** i ham, konturlarning o'tkazish oraliqlaridagi bitta chastotaga (o'rtacha) sozlangan selektiv filtrlar asosida quriladi. Bunda kerakli chastota xarakteristikaning ko'rinishi konturlar aro bog'lanish koeffitsiyentini tanlash orqali amalga oshiriladi.

Amalda selektiv filtrlar sifatida elektrmexanik va pyezoelektrik filtrlardan keng foydalaniladi.

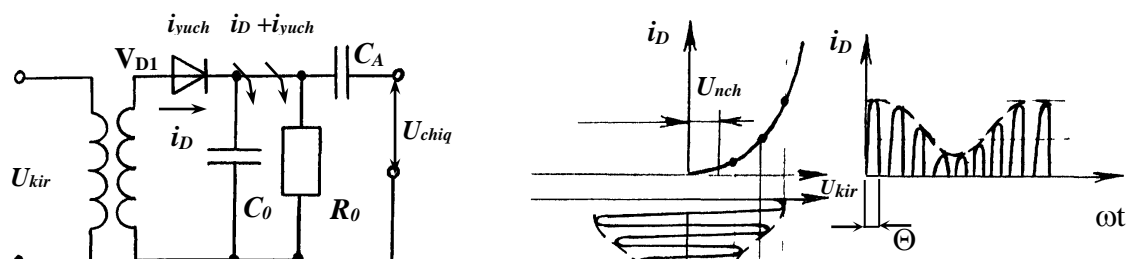
Selektiv filtrli **OCHK** dan keyingi demodulyatorning normal ishlashini ta'minlay oladigan qiymatgacha signalning amplitudasini oshirish uchun rezistiv yuklamali kuchaytirgich ulanadi. Uning kuchaytirish koeffitsiyenti $K_{ochk} = k_1 k_2 \dots k_n$ yuzlab mingacha bo'lishi mumkin.

17.2. Amplituda detektori

Qabul qilinayotgan signalning modulyatsiya turiga bog'liq ravishda, demodulyatorlar (detektor) amplitudali, chastotali va fazalilarga bo'linadi.

Amplitudali detektor oraliq chastota amplitudasi modullashtirilgan $u_{kir} = U_b (1 + M \cos \Omega t) \cos \omega_{or} t$ signalni $u_{chiq} = U_{\Omega} \cos \Omega t$ chastotali tovush tebranishlariga aylantirib beradi.

Ushbu o'zgartirishni amalga oshirish uchun detektor albatta nochiziqli xarakteristikaga ega bo'lishi shart. 17.2-rasmda xarakteristikasi voltning ulushlaridagi kuchlanishda $i_D = a \cdot u^2$ bog'lanish orqali ifodalangan yarim o'tkazgichli diodda qurilgan amplitudali detektorning sxemasi tasvirlangan.



17.2-rasm

17.3-rasm

Agar detektorning kirishiga amplitudasi modullashtirilgan tebranish berilsa, u holda chiqishda diodning toki

$$i_{\vartheta} = a [U_0 (1 + M \cos \Omega t) \cos \omega_{ort}]^2 = \quad (17.2)$$

$$= 0,5 a [U_0^2 (1 + 2 M \cos \Omega t) (1 + \cos 2\omega_{ort})]$$

ko‘rinishda bo‘ladi. Bunday $i_{\Omega} = a U_0^2 \cos \Omega t$ tashkil etuvchi detektorlash-ning foydali mahsuloti hisoblanib, u rezistiv qarshilikda $U_{\Omega} = a U_0^2 M \cos \Omega t R$ kuchlanishni hosil qiladi.

Diodning tokida R_0 qarshilikda o‘zgarmas o‘chiruvchi siljish kuchlanishini hosil qiladigan $I_{\vartheta 0} = 0,5 a U_0^2 (1 + 0,5 M^2)$ tashkil etuvchi va C_0 sigim orqali o‘tib, $R_0 \gg 1/\omega C_0$ qarshilikda kuchlanishni hosil qilmay-digan $2\omega_{or}$, $2\omega_{or} \pm \Omega$ va $2\omega_{or} \pm 2\Omega$ chastotali yuqori chastota $U_{2\Omega} = 0,25 U_0^2 M^2 \cos 2\Omega t$ tashkil etuvchilar mavjud bo‘lib, ular signalni noxizlikli buzilishiga olib keladigan parazit mahsulotlar hisoblanadi.

Buzilishni kamaytirish uchun amplitudasi modullashtirilgan signalning U_0 o‘rtacha amplitudasini shunday ko‘paytirish kerakki (17.3-rasm), natijada $U_0 \geq U_{nochiz}/(1 - M)$ bo‘lsin. Bu yerda: U_{nochiz} – kvadratik xarakteristikaning oxiriga mos bo‘lgan kuchlanish.

Bunda diodning $i_{\vartheta} = f(u_{kir})$ volt-amper xarakteristikasi kuchlanish-ning u_{kir} oniy qiymatida umuman noxizlikli bo‘lib qolib, faqat uning tovush chastota qonuni bilan o‘zgaradigan chetlari uchungina chiziqli bo‘ladi. Dioddan o‘tayotgan tok Θ kesilish burchakli amplitudasi modullashtirilgan impulslar ko‘rinishini egallaydi. Diodli detektorning uzatish koeffitsiyenti

$$k_{\vartheta z} = (U_{\Omega} / U_0 M) = \cos \Theta = \cos(\sqrt[3]{3\pi R_0 S}) \quad (17.2)$$

ifoda orqali aniqlanadi. Bu yerda: S – xarakteristikaning chiziqli uchastkasining qiyaligi.

17.3. Chastota detektori

Chastota detektori, chastotasi modullashtirilgan oraliq chastota

$$u_{kir} = U_0 \cos \left[\left(\omega_0 t + \frac{\Delta \omega}{\Omega} \sin \Omega t \right) \right]$$

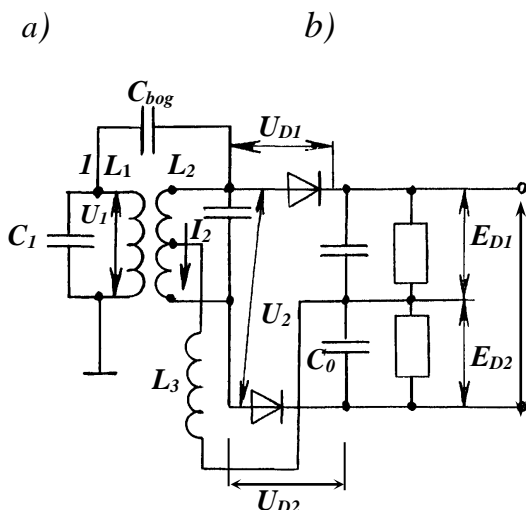
tebranishlarini $u_{kir} = U \Omega \cos \Omega t$ tovush chastota tebranishlariga aylantirib beradi.

Chastota detektori, tarkibida ikkita element bo'lib, ulardan birinchisi (chiziqli) chastotali modulyatsiyani amplitudali modulyatsiyaga aylantiradi, ikkinchisi esa (nochiziqli) amplitudani detektorlashni amalga oshiradi. Quyidagi 17.4-rasmda xizmatli radioqabulqilgichlarda keng ko'lamda foydalaniladigan chastota detektorining (**CHD**) sxemasi tasvirlangan.

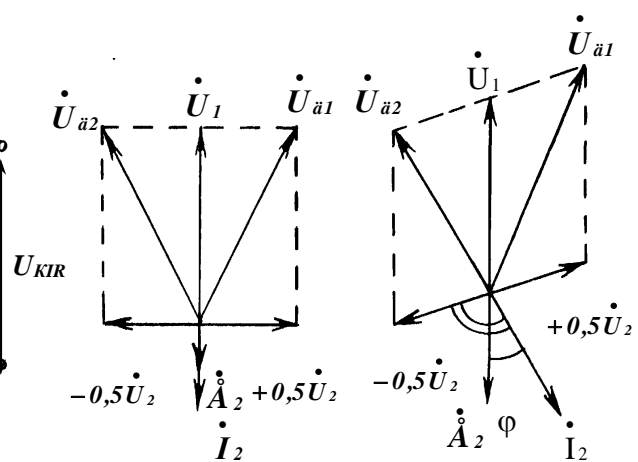
Chiziqli element sifatida, kirishdagi chastotasi modullashtirilgan kuchlanishning o'rtacha chastotasiga sozlangan induktiv-sig'im bog'lanishli mujassamlangan ikkita tebranma konturdan foydalaniladi. Nochiziqli element sifatida esa, ikkita o'zaro qarama-qarshi ulangan amplitudali dektorlar xizmat qiladi. Bunday ulanishda chiqish kuchlanishi $u_{chiq} = E_{D1} - E_{D2}$ yoki (17.2) ifodani hisobga olganda

$$u_{chiq} = (U_{D1} - U_{D2}) \cos \Theta \quad (17.3)$$

ifoda orqali yoziladi. Bu yerda: U_{D1}, U_{D2} – mos ravishda diodlarga qo'yilgan yuqori chastota kuchlanishlarining amplitudalari.



17.4-rasm



17.5-rasm

Vektor diagrammalaridan (17.5-rasm) foydalanib, uchta turli vaqt onlarida U_{D1} , U_{D2} va U_{chiq} kuchlanishlarni aniqlaymiz. Faraz qilaylik, $t = t_1$ da kirish kuchlanishi u_{kir} ning chastotasi $\omega = \omega_0$ o'rtacha chastotaga teng bo'lsin.

Dastlabki vektor sifatida birinchi konturdagi \dot{U}_1 kuchlanish vektorini olamiz (17.5, a-rasm). Transformatorli bog'lanish hisobiga, ikkinchi konturda iduktirlangan \dot{E}_2 e.yu.k. \dot{U}_1 vektor bilan teskari fazada bo'ladi. $\omega = \omega_0$ da ikkinchi kontur U_1 bilan rezonansga sozlanadi, shuning uchun \dot{E}_2 va \dot{I}_2 tok vektorlarining fazalari ustma-ust tushadi. L_2 induktivlikdagi \dot{I}_2 tokdan vujudga kelgan \dot{U}_2 kuchlanish, sxemaning umumiy nuqtasiga nisbatan ikkita $\pm 0,5U_2$ o'zaro qarama-qarshi fazali kuchlanishlarga ajralib, ulardan biri \dot{I}_2 tok vektori 90° burchak oldinda bo'lsa, ikkinchisi esa shuncha burchakka orqada qoladi. Har qaysi diodlardagi \dot{U}_{D1} va \dot{U}_{D2} kuchlanishlar bog'lanish sig'imi orqali ikkinchi konturga tushadigan \dot{U}_1 va $\pm 0,5\dot{U}_2$ vektorlarning vektor yig'indisi hisoblanadi. Ya'ni, $\dot{U}_{D1} = U_1 + 0,5\dot{U}_2$, $\dot{U}_{D2} = \dot{U}_1 - 0,5U_2$. Vektor diagrammadan (17.5, a-rasm) ko'rinib turibdiki, berilgan vaqt onida $U_{D1} = U_{D2}$ bulib, (17.3) ifodaga muvofiq $U_{chiq} = 0$ bo'ladi.

Faraz qilaylik, $t = t_2$ da kirish kuchlanishi u_{kir} ning chastotasi ω_0 dan kichik bo'lsin, ya'ni $\omega = \omega_0 - \Delta\omega$. Ikkinchi kontur birinchisiga nisbatan ketma-ket rusumli kontur hisoblanadi, shuning uchun $\omega < \omega_0$ da u \dot{I}_2 tok uchun sig'im xarakterli qarshilikka ega bo'ladi. Bunda \dot{I}_2 tok vektori \dot{E}_2 kuchlanish vektoridan $\Delta\omega$ rasstroykaga bog'liq bo'lgan φ burchakka oldinda bo'ladi (17.5, b-rasm). Oldingi holatdagi diagrammaga o'xshash ko'rinishni bajaradigan bo'lsak, $U_{D1} > U_{D2}$, $U_{chiq} > 0$ munosabatlarni ko'ramiz.

Agar, $t = t_3$ da kirish kuchlanishi u_{kir} ning chastotasi ω_0 dan katta bo'lsa, ya'ni $\omega = \omega_0 + \Delta\omega$, u xolda ikkinchi kontur induktiv xarakterli qarshilikka ega bo'lib, \dot{I}_2 tok vektori \dot{E}_2 kuchlanish vektoridan φ burchakka orqada qoladi va quyidagi munosabatlarni olamiz: $\dot{U}_{D1} > \dot{U}_{D2}$, $U_{chiq} < 0$.

Kirish kuchlanishining chastotasi vaqt bo'yicha $\omega = \Delta\omega \sin \Omega t + \omega_0$ qonun bo'yicha o'zgaradigan bo'lsa, u holda detektorning chiqishida amplitudasi chastota devyatsiya $\Delta\omega$ ga proporsional bo'lgan tovush chastotali $u_{chiq} = U\Omega \sin \Omega t$ kuchlanishni olamiz. 17.4-rasmdagi sxemada ko'rsatilgan diod zanjirining elementlari 17.2-rasmda ko'rsatilgan sxema elementlari kabi vazifani bajaradi. Drossel L_3 , I_{D1} va I_{D2} toklar uchun zanjir hosil qilib, C_0 sig'imni L_1 va C_1 konturni shuntlashini bartaraf etadi.

Detektorning u_{chiq} chiqish kuchlanishi na faqat chastota modulyasiyasi tufayli vujudga kelgan $\omega(t)$ ning o'zgarishiga, yana halaqitlar tufayli vujudga

keladigan kirish kuchlanishining amplitudasini o'zgarishiga ham bog'liq bo'ladi. Halaqit ta'sirlarni yo'qotish uchun diskriminator oldiga amplitudani cheklagich qo'yiladi. Chastota modulyatsiya detektori sifatida kasrli detektorlar va chastotasi modullashtirilgan signallarning diskret qayta ishlaydigan detektorlardan foydalaniladi.

Faza-modullashtirilgan signallarni detektirlash uchun, tayanch etalon kuchlanishli fazaviy detektorlardan foydalaniladi.

17.4. Fazaviy detektor

Fazaviy detektor (*FD*) chiqishidagi to'g'rilangan kuchlanishning qiyma-ti kirishdagi chastotalari bir xil bo'lgan ikkita o'zaro taqqoslanadigan tebranishlarning fazalari farqiga proporsional bo'lgan qurilma hisoblanadi.

FD lardan fazasi modullashtirilgan tebranishlarda demodulyator, fazaviy diskriminator hamda korrelyatorlar sifatida foydalaniladi. Odatda fazaviy detektorga

$$u_s = U_s \cos(\omega t + \varphi) \quad (17.4)$$

ko'rinishda bo'lgan signal kuchlanishi va nol fazali

$$u_0 = U_0 \cos \omega t \quad (17.5)$$

ko'rinishdagi tayanch kuchlanishlari beriladi.

Bunda fazani detektirlash jarayoni ikkita ketma-ket jarayon ko'rinishida amalga oshiriladi:

1. u_s va u_0 larni ko'paytirish, ya'ni:

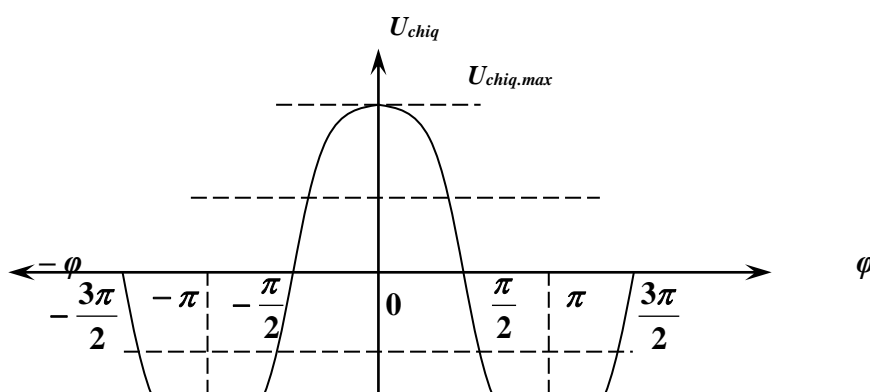
$$\begin{aligned} i &= a u_s u_0 = a U_s U_0 \cos(\omega t + \varphi) \cos \omega t = \\ &= 0,5 a U_s U_0 \cos \varphi + 0,5 a U_s U_0 \cos(2\omega t + \varphi). \end{aligned} \quad (17.6)$$

2. Past chastota filtri yordamida $0,5 a U_s U_0 \cos \varphi$ tashkil etuvchini ajratib, 2ω chastota tashkil etuvchini yo'q qilish.

(17.6) ifodaning tahlili shuni ko'rsatadiki, ya'ni *FD* ning chiqish toki burchak φ dan boshqa, yana U_s va U_0 larga ham bogliq bo'lar ekan. Ushbu bog'lanishlarni bartaraf etish uchun amplitudani cheklagich ulanadi. Bunday detektorlar tashqi cheklagichli detektorlar nomini olgan. Ichki cheklagichni detektorlarda cheklagich va detektorlash zanjirlari o'zaro birlashtirilgan bo'ladi.

Fazaviy detektorning asosiy xarakteristikasiga quyidagilar kiradi:

1. Detektorli xarakteristika



17.6-rasm

Amplituda-faza xarakteristika davri 2π ga teng bo'lgan davriy funksiyadir.

2. Fazaviy detektor xarakteristikasining qiyaligi.

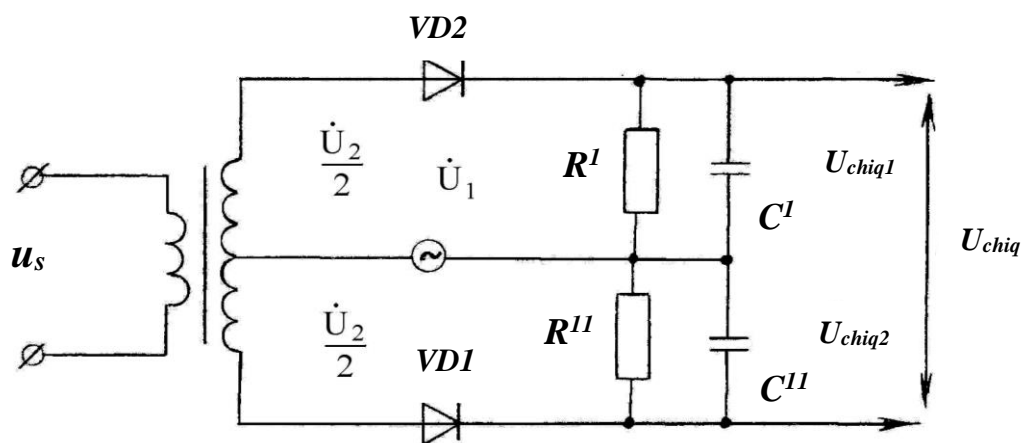
$$S_{FD} = \frac{\partial U_{chiq}}{\partial \varphi}. \quad (17.7)$$

3. Fazaviy detektorning uzatish koeffitsiyenti.

$$K_{FD} = \frac{U_{chiq.max}}{U_{kir}}. \quad (17.8)$$

Bulardan tashqari, fazaviy detektorning xarakteristikalariga yana kirish qarshilik, chiqish qarshilik, buzilish koeffitsiyentlari kabilar ham kiradi.

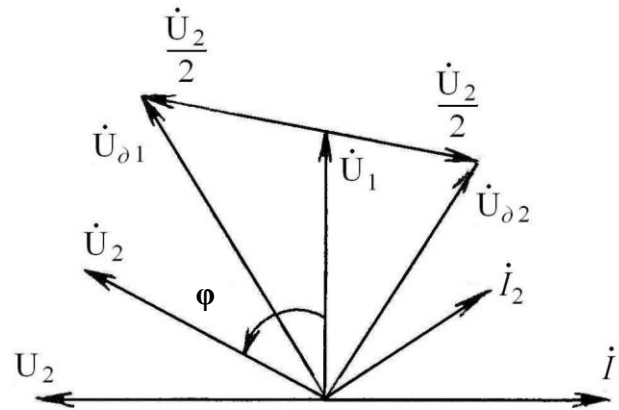
Quyidagi 17.7-rasmda balansli fazaviy detektorning sxemasi



17.7-rasm

ko'rsatilgan.

Balansli fazaviy detektorning ishlash prinsipini tushun-tirish uchun 17.8-rasmda tasvirlangan vektor diagrammadan foydalanamiz.



17.8-rasm

VD1 va **VD2** diodlardagi kuchlanishlar o‘zaro teng.

$$\dot{U}_{\delta 1} = \dot{U}_1 + \frac{\dot{U}_2}{2}; \quad (17.9)$$

$$\dot{U}_{\delta 2} = \dot{U}_1 - \frac{\dot{U}_2}{2}. \quad (17.10)$$

Bundan tashqari vektor diagrammadan

$$U_{chiq1} = K_{\delta 1} \cdot U_{\delta 1} = K \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + 2U_1U_2 \cos \varphi}; \quad (17.11)$$

$$U_{chiq2} = K_{\delta 2} \cdot U_{\delta 2} = K \sqrt{U_1^2 + U_2^2 - 2U_1U_2 \cos \varphi}. \quad (17.12)$$

larni olamiz.

Balansli fazaviy detektorning detektor xarakteristikasi 17.9-rasmda tasvirlangan.

\dot{U}_1 va \dot{U}_2 amplitudalarning ixtiyoriy munosabatida xarakteristikaning qiyaligi

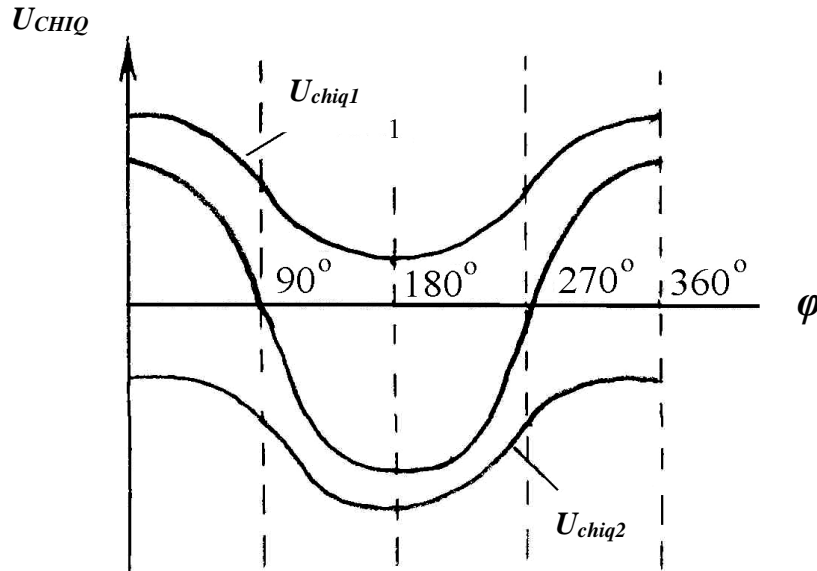
$$S_{FD} = \frac{2K_{\delta} \dot{U}_1 \dot{U}_2}{\sqrt{\dot{U}_1^2 + \dot{U}_2^2}}. \quad (17.13)$$

ifoda orqali aniqlanadi.

Uzatish koeffitsiyenti esa

$$K_{F\theta} = 2\hat{E}_{\theta}. \quad (17.14)$$

ifoda orqali hisoblanadi.



17.9-rasm

Balansli fazaviy detektorning kirish qarshiligi ketma-ket ulangan detektorlar qarshiliklari bilan belgilanadi va u

$$R_{chiq} = 8 R \quad (17.15)$$

ga teng bo'ladi.

Chiqishdagi kuchlanish

$$U_{chiq} = U_{chiq1} - U_{chiq2} = K (U_{\theta 1} - U_{\theta 2}) \quad (17.16)$$

ga teng bo'ladi.

$\varphi = 180^\circ$ va 270° da detektor xarakteristika, φ ning juda katta orali-g'ida o'zgarishida chiziqli bo'ladi. Ya'ni bu sohada detektirlash eng kam buzilishlarda amalga oshiriladi.

Kalit so'zlar

1. Detektor – yarim o'tkazgich diodli, tranzistorli elektr zanjiri hisoblanib, qaysi bir parametr (amplituda, chastota, faza) bo'yicha modullashtirilgan signallarni o'zgartirishga mo'ljallangan elektr zanjiri.

2. Diskriminator – chastotasi modullashtirilgan signallarning amplitudasi modullashtirilgan signallarga chiziqli o'zgartiruvchi qurilmaga va ikkita o'zaro qarama-qarshi yarim o'tkazgichli diodlarda qurilgan amplitudali detektorga ega bo'lgan chastota detektor.

3. Kvadratik detektor – $i_{\delta} = aU_{\delta}^2$ ko‘rinishdagi xarakteristikaga ega bo‘lgan va voltning juda kichik ulushlaridagi kuchlanishlarda ishlaydigan yarim o‘tkazgichli diodli detektor.

4. Chiziqli detektor – $U_{\delta} > 1$ $i_{\delta} = aU_{\delta}$ ko‘rinishdagi chiziqli xarakteristikaga ega bo‘lgan va kattaligi 1 V dan oshiq kuchlanishda ishlaydigan yarim o‘tkazgichli diodli detektor.

5. Pyezoelektrik filtrlar – tarkibida pyezoelektrik effektga ega bo‘lgan kvars kristalli elektr filtrlari.

6. Pyezoelektrik effekt – mexanik deformatsiyada bazi bir kristallarning (kvars, segnet tuzi va boshqalar) qarama-qarshi qirralarida turli ishorali elektr zaradlarining vujudga kelishi va aksincha tashqi elektr maydon ta‘sirida aynan shu kristallarda teskari pyezoelektrik effektning, ya‘ni mexanik deformatsiyalanishning vujudga kelish hodisasi.

7. Bir nuqtaga to‘plangan seleksiyali filtr – o‘tkazish oralig‘i to‘g‘ri to‘rtburchakka yaqin bo‘lgan elektr filtr.

8. Elektr filtr – kirishidagi turli chastotali signallar to‘plamidan, chiqishda o‘tkazish oralig‘i bilan belgilanadigan chastotali signallarni o‘tkazib, qolganlarini ushlab qolish oralig‘ida so‘ndiradigan qurilma.

Sinov savollari

1. Amplituda detektori sxemasini chizib, sxemaning elementlarini vazifasini va ishlash prinsipini tushintirib bering?

2. Oraliq chastota kuchaytirgichining sxemasini chizib, undagi qaysi element yordamida qabulqilgichning yuqori tanlovchanligiga erishish mumkinligini tushintiring?

3. Chastota demodulyatorini ishlash prinsipini tushuntirib bering?

4. Qabulqilgichning qaysi qurilmasida radiosignalning maksimal kuchaytirilishi amalga oshiriladi?

18. QAYTA TIKLASH QURILMALARI VA TEMIR YO‘L RADIOSTANSIYALARINI QURISHNING O‘ZIGA XOS XUSUSIYATLARI

18.1. Tovush chastota kuchaytirgichlari

Tovush chastota kuchaytirgichlari (*TCHK*) kuchlanish kuchaytirgichlari va quvvat kuchaytirgichlari kabi ikki rusumga bo‘linadi. Kuchlanish kuchaytirgichlari demodulyatsiya jarayonidan so‘ng telefon signallarining amplitudasini kuchaytirish vazifasini bajaradigan qurilma hisoblanib, uning ko‘rinishi 18.1-rasmda keltirilgan.

Bitta kaskadning kuchaytirish koeffitsiyenti $k = Y_{2I} \cdot Z_{yu}$, bu yerda: Z_{yu} – ekvivalent yuklama qarshilik hisoblanib, u o‘z ichiga R_{YU} , C_A , R_{kir} , C_{kir} larni oladi. Murakkab chastota-vaqtli tuzilmaga ega bo‘lgan telefon signalini kuchaytirish jarayonida nochiziqli va chastotali buzilishlar vujudga keladi.

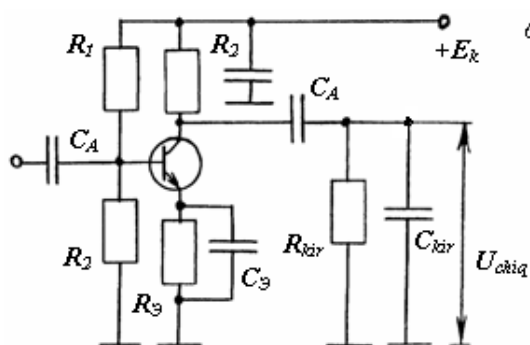
Tranzistorning $i_k = f(e_a)$ o‘tish xarakteristikasining nochiziqli, to-vush chastota kuchaytirgichining amplituda xarakteristikasi deb yuriti-ladigan $U_{chiq} = f(U_{kir})$ bog‘lanishning yuqori qismini egilishiga olib keladi. Agar U_{kir} amplituda qandaydir yo‘l qo‘yilishi mumkin bo‘lmagan qiymatdan oshib ketsa, u holda qurilma chiqishidagi signalning shakli kirish signalning shaklidan farq qiladi. Bu farqni qurilmaning chiqishida foydali signaldan tashqari yana qo‘shimcha yuqori garmonikalarni paydo bo‘lishiga olib keladigan nochiziqli buzilish deb sinflanadi.

18.2, *a*-rasmda qurilmaning soddalashtirilgan ekvivalent sxemasi keltirilgan. Undagi C_{ke} , C_A , C_{kir} kabi reaktiv elementlar tovush chastotasi spektrining turli tashkil etuvchilarini bir xilda kuchaytirmay, qurilma signalining chastotali buzilishiga olib keladi. Chastota xarakteristika $k = \varphi(F)$ da (18.2, *b*-rasm) ham past va yuqori chastotalarni kuchaytirish uchastkalarida kichik kuchaytirish koeffitsiyentga ega. Quyi uchastkada kuchaytirish koeffitsent K ning kamayishini, $F \rightarrow F_{past}$ da qarshi-ligi oshib boradigan ajratuvchi C_A kondensatordagi u_c kuchlanish tushuvining ko‘payishi bilan tushuntirish mumkin.

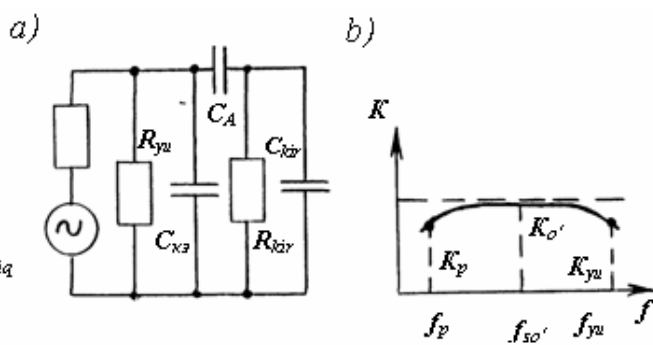
Spektrning F_{YU} yuqori chastotasida qurilmaning kuchaytirish koeffitsiyenti tranzistorning xususiy diffuzion C_{kir} sig‘imi hisobiga kamayadi. Chastotali

buzilishni miqdoriy baholash uchun past chastotada $M_P = \frac{\hat{E}_s}{\hat{E}_i}$, yuqori chastotada $M_{YU} = \frac{\hat{E}_s}{\hat{E}_{yu}}$ kabi ikkita buzilish koeffitsiyentlaridan foydalaniladi.

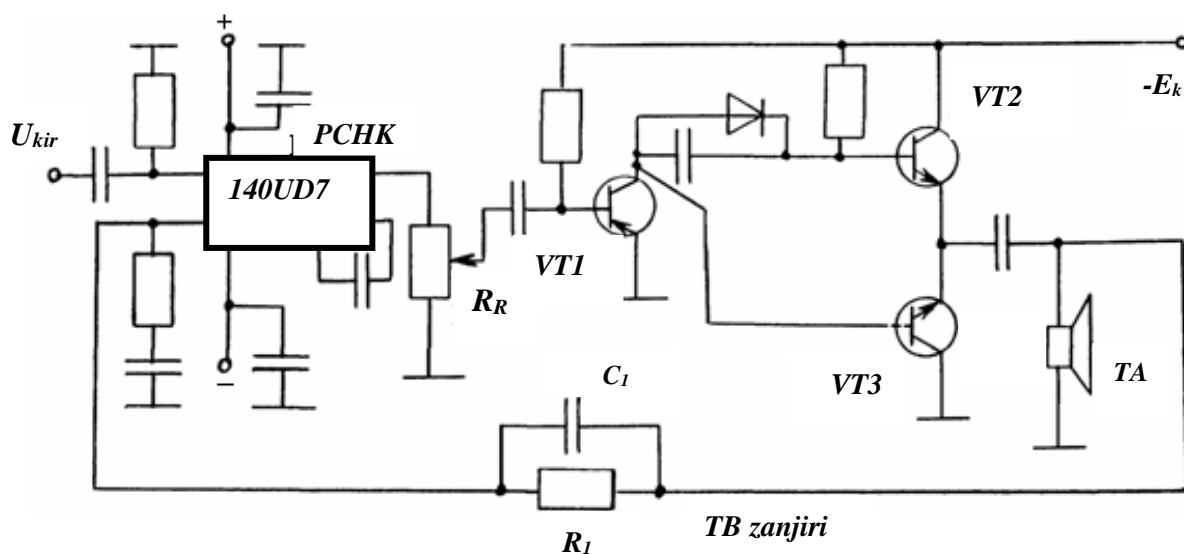
Quvvat kuchaytirgichlar transformatorli yoki ikkitaktli sxema bo'yicha quriladi (18.3-rasm).



18.1-rasm



18.2-rasm



18.3-rasm

PCHK ning namunaviy trakti integral mikrosxemada yig'ilgan kuchlanish bo'yicha kuchaytirgichdan va **VT1**, **VT2**, **VT3** tranzistorlarda ikki taktli chiqish kaskadi sxemasi bo'yicha yig'ilgan quvvat kuchaytirgichidan iborat bo'ladi. Bunda kuchaytiruvchi kaskad foydali signalning buzilishini kamaytiradigan manfiy teskari bog'lanish zanjiri bilan qamrab olingan.

18.2. Qabulqilgichning radiokarnaylari

Radiokarnaylar, elektr signal energiyasini tovush signaliga aylantirib, uni atrof muhitga tarqatishga mo'ljallangan. Unga berilgan elektr energiya uning harakatchan tizimining tebranishini vujudga keltiradi. Bu tizimning nurlanayotgan yuzasi, atrofda tovush to'liqlarining vujudga kelishiga olib keladi.

Mexanik tebranishlarning vujudga keltirish uslubiga ko'ra, radiokarnaylar elektrdinamik, kondensatorli, elektrmagnit va pyezoelektrik rusumlarga bo'linadi. Tovush to'liqlarini vujudga keltirish uslubi bo'yicha esa, radiokarnaylar bevosita nurlanadigan va ruponlilarga bo'linadi.

Radiokarnaylar sezgirlik, nurlanish yo'nalganligi, foydali ish koeffitsiyenti va nominal quvvat kabi asosiy texnik xarakteris-tikalarga ega.

Radiokarnaylarning sifat ko'rsatgichlari asosan qayta tiklanadigan tovush chastotalari oralig'i bilan belgilanadi.

Tovushni yuqori sifatli qayta tiklashda, bir nechta radiokarnaylarni bir butun agregat sifatida birlashtiriladi. Birgina radiokarnay tovush chastotalarini yetarli keng oraliqda qayta tiklolmay, chastota xarakteristikada katta notekisliklarni vujudga keltiradi va tovush bir nuqtadan chiqayotganday noqulay taasurot uyg'otadi. Yuqorida sanab o'tilgan hamma kamchiliklar u yoki bu darajada bir nechta radiokarnaylardan foydalanilganda bartaraf qilinadi.

Zamonaviy yuqori sifatli radio qabulqilgichlarda barcha tovush chastota oralig'i ajratuvchi filtrlar yordamida ikkita yoki uchta oraliqchalarga bo'linib, har bir oraliqcha bir nechta radiokarnaylarda tiklanadi. Bu bilan tovushni qayta tiklovchi tizimning akustik xarakteristikalari yaxshigina oshadi.

Past chastota tovush oralig'ida odatda katta diffuzorga ega bo'lgan bevosita nurlatadigan elektrdinamik radiokarnaylardan foydalaniladi. Agar chastota oralig'i uchta oraliqchaga bo'lingan bo'lsa, o'rtacha oraliqda kichik diffuzorli radiokarnaylardan foydalangan ma'qulroq bo'ladi. Yuqori tovush chastotalarida esa, kichik diffuzorli elektrdinamik yoki elektrstatik radiokarnaylardan foydalanish maqsadga muvofiq bo'ladi. Bunday hamma radiokarnaylar radiokarnay agregatini tashkil qiladi.

18.3. Temir yo'l radiostansiyalarini qurishning o'ziga xos xususiyatlari

Temir yo'l transportining xizmatli radioaloqa tizimida ikki tomonlama axborot almashishda abonent o'z qaromogida qabulqilgich va uzatgichga hamda boshqa qo'shimcha qurilmalar bilan birga, bir so'z bilan aytganda radiostansiyaga ega bo'lishi lozim.

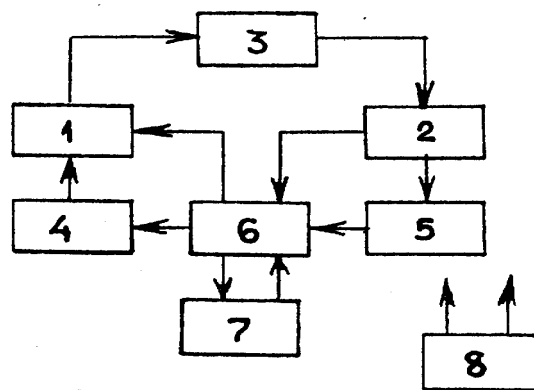
Radiostansiya quyi texnologik radioaloqani tashkil qilishga mo'ljallangan. Uning asosida poyezdli (*PRS*), stansion (*SRS*) va remont-tezkor (*RTRS*) majmuali radiostansiyalar quriladi. Bunday tizimlarning texnik bazasini statsionar, olib va ko'tarib yuriluvchi radiostansiyalar majmuasini tashkil qiladi. Bu radiostansiyalar bir biridan o'zlarining elektrik va konstruktiv parametrlari bilan ajralib tursalarda, ularni yaratish tuzilmalari va prinsipida umumiylik mavjud.

Har qanday temir yo'l radiostansiyasi tarkibida quyidagi asosiy elementlar mavjud (18.4-rasm): 1 – radiouzatgich; 2 – radioqabulqilgich; 3 – antenna-fider qurilma; 4 – tanlov chaqiruv qurilma; 5 – chaqiriq signallar deshifrotori; 6 – boshqaruv va kommutatsiya bloki; 7 – boshqaruv pulti; 8 – energiya ta'minot manbai.

Temir yo'l radiostansiyalari axborotni qabulqilish va uzatish nav-batmanavbat amalga oshiriladigan (bitta f_1 ishchi chastota yetarli) simpleksli rejimda yoki qabul qilish va uzatish ikkita f_1 , f_2 ishchi chastotalarda bir vaqtda amalga oshiriladigan dupleksli rejimda ishlashi mumkin.

Uzatgichlarda chastotali modulyatsiyadan foydalaniladi.

Temir yo'l radiostansiyalarida kerakli abonentni boshlanishi mumkin bo'lgan seans xaqida ogohlantirishni amalga oshirishga yordam beradigan chaqiruv qurilma asosiy zaruriy elementlardan



18.4-rasm

hisoblanadi. Ba'zi bir tarmoqlarda axborotlarni almashishda yuqori tezkorlik talab qilinishi munosabati bilan hech qanday chaqiruv signal jo'natilmasdan qurilma ovozli bo'lishi ham mumkin, bunda hamma gaplar bemolol eshitilib turraveradi

Boshqaruv va kommutatsiya bloki radiostansiyani normal ishlashini ta'minlash bo'yicha ko'psonli funksiyalarni bajaradi. U radiostansiyani bir ish rejimidan ikkinchi bir rejimiga o'tkazadi, ko'pkanalli radiostansiyalarida ishchi chastotalarni qayta ulaydi, chaqiruv qurilmalarini boshqaradi, radio-

stansiyaning akustik va yorug'liq ogohlantirish holatlarini ta'minlaydi, radiostansiyaning tashqi aloqa tizimlari bilan ulaydi va boshqalar.

Boshqaruv pulti alohida blok ko'rinishida bajariladi va uning tarkibiga radiostansiyaning simpleks rejimida ishlaganda uni boshqarish uchun antennali mikrotelefon, ta'minot blokini ulaydigan va chaqiruv signallarini jo'natadigan hamda kanallarni qayta ulaydigan tugma, yorug'lik indikatorlari va boshqa kommutatsiya qurilmalari kiradi.

Energiya ta'minot bloki, apparaturalarni elektr energiyasi bilan ta'minlash vazifasini bajaradi.

Stansionar radiostansiyalarda elektr ta'minoti **220 V** kuchlanishli o'zgaruvchan tokda, olib yuriladigan radiostansiyalar **12 V** li o'zgarmas tok akkumulatorlarida, ko'tarib yuriladigan radiostansiyalar esa, umumiy korpusiga joylashtirilgan kichik gabaritli akkumulatorlarda amalga oshiriladi.

Xozirgi davrda O'zbekiston temir yo'llarida gektometrli va metrli radio-to'lqin oraliqlarida ishlaydigan radiostansiyalarning **RTS(M)-43(42)-A2-CHM KV**, **RTS(M)-43(42)-A2-CHM UKV** va «**Transport**» rusumlaridan foydalanilyapti.

Kelajakda radioaloqaning **330 – 450 MGs** oralig'idagi chastota oraliqlaridan foydalanish ko'zda tutilmoqda.

Kalit so'zlar

1. Temir yo'l radiostansiyasi – temir yo'l transportida radio-vositalarni ishlatish xususiyatlarini hisobga olgan holda spetsifik boshqarish bloklarga ega bo'lgan radiostansiya.

2. Tovush chastota kuchaytirgichi – kuchaytirish oralig'i **80 ÷ 22000 Gs** bo'lgan past chastota kuchaytirgichi.

3. Kuchlanish kuchaytirgichi – yuqoriomli yuklamada ishlaydigan past chastota kuchaytirgichi.

4. Quvvat kuchaytirgichi – kichikomli yuklamada ishlaydigan past chastota kuchaytirgichi.

5. Radiokarnay – ovoz, musiqa va boshqa tovushlarni baland qayta tiklaydigan elektr akustik qurilma bo'lib, u elektrdinamik, elektrmagnit, pyezoelektrik va kondensatorlilarga bo'linadi.

6. Baland gapiruvchi agregat – tovushni yuqori sifatli eshittirishga mo'ljallangan bir nechta radiokarnaylardan tuzilgan qurilma.

Sinov savollari

1. Kuchlanish bo'yicha past chastota kuchaytirgichi, quvvat bo'yicha past chastota kuchaytirgichidan nima bilan farqlanadi?

2. Past chastota kuchaytirgichining quyi va yuqori chastotalarda kuchaytirish koeffitsiyentining pasayishini qanday tushuntirish mumkin?
3. Temir yo'l radiostansiyalarini qurishning o'ziga xos xususiyatlarini tushuntirib bering?
4. Radiokarnay rusumlarini sanab o'ting?

ADABIYOT

1. Krivopishin V.A. Osnovy radiosvyazi. Konspekt leksiy. –Tashkent: TashITT, 2004. –120s.
2. Krivopishin V. A., Isakov A. A. Proyektirovaniye poyezdnoy radio-svyazi na uchastke jeleznoy dorogi. –Tashkent: TashITT, 2006. –115 s.
3. Gorelov G.V., Fomin N.F., Volkov A.A., Kotov V.K. Teoriya peredachi signalov na jeleznodorojnom transporte. –M.: Transport, 1999. – 415s.
4. Телекоммуникационные технологии на железнодорожном транспорте/Г.В. Горелов, В.А. Кудряшов, В.В. Шмытинский и др. Под ред. Г.В. Горелова. – М.: УМК МПС России, 1999. –416с.
5. Волков В.М., Головин Э.С., Кудряшов В.А. Электрическая связь и радио на железнодорожном транспорте. – М.: Транспорт, 1991.–311с.
6. Дагаева Н.Х., Клеванский Ю.И. Радиосвязь на железнодорожном транспорте. – М.: Транспорт, 1991. –383с.