

**O'ZBEKISTON ALOQA VA AXBOROTLASHTIRISH AGENTLIGI
TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI**

**Telekommunikatsiya uzatish
tizimlari kafedrası**

**TELEKOMMUNIKATSIYA UZATISH TIZIMLARI
1-qism
(o'quv qo'llanma)**

Toshkent-2007

Mualliflar: R. N. Radjapova, R.K. Atametov, G.D. Axmedova
Teruvchilar: J.B. Xorunov, N.M. Gulyamov

Masul muharrir: t.f.n., dotsent R.I. Isaev

Telekommunikatsiya uzatish tizimlari. TATU. Toshkent 2007, 87 -bet

Ushbu o'quv qo'llanma, telekommunikatsiya uzatish tizimlari yo'nalishi bo'yicha ta'lim oluvchi oliy o'quv yurtlari talabalari, o'qituvchilari va aloqa sohasi xodimlari uchun mo'ljallangan. o'quv qo'llanmada analog va raqamli uzatish tizimlarining tuzilish prinsiplari, ularda signallarni uzatish usullari, aloqa tarmoqlarini tuzishda qo'llaniladigan telekommunikatsiya uzatish tizimlari haqida tushunchalar berilgan.

SO'Z BOSHI

Ushbu o'quv qo'llanma, «Telekommunikatsiya uzatish tizimlari» dasturi bo'yicha yozilgan bo'lib, 5522200 yo'nalishi bo'yicha ta'lim oluvchi talabalarga mo'ljallangan.

O'quv qo'llanma, kanallari chastota bo'yicha ajratilgan va kanallari vaqt bo'yicha ajratilgan uzatish tizimlariga tegishli bo'lgan keng ko'lamdagi savollarni o'z ichiga olgan. Birinchi navbatda bu savollar analog va raqamli tizimlarning tuzilishi, shakllanish usullari, ularning acosiy xarakteristika va parametrlarini, ko'p kanalli signallarni uzatish, ko'p kanalli uzatish tizimlari apparaturalarining acosiy funksiyalarini bajaruvchi tugunlarini qo'llashga tegishlidir.

Hozirgi paytda aloqa qurilmalari, ishlab chiqarish jarayonlarining ajralmas qismi bo'lib qolgan. Zamonaviy aloqa tizimlari uzatiladigan axborotlarni nafaqat zudlik bilan qayta ishlashni, balki bu funksiyalarni bajarishda anchagina iqtisodiy usullarini ta'minlashni va signalni sifatli darajada uzatishni ham kafolatlashi lozim. Buning uchun signallar qaysi usulda uzatilishi, ularning xarakteristika va parametrlari me'yori juda katta ahamiyatga ega.

KIRISH

Hurmatli talaba!

O'zbekistonning mustaqillik yillari davomida jamiyatimiz hayotida juda ko'p o'zgarishlar sodir bo'ldi. Bugungi kunda iqtisodiyot, telekommunikatsiya sohasida, axborot tarmoqlari oldida turgan vazifalar va maqsadlar tubdan o'zgardi.

O'zbekistonda makro iqtisodiyot va moliyaviy barqarorlik o'rnatildi, iqtisodiyotning samarador etakchisi sifatida olingan telekommunikatsiya sohasida takomillashtirish va texnik jihatdan qayta qurish ishlari amalga oshirilmoqda. Ushbu sohani yanada rivojlantirish uchun zarur bo'lgan barcha shart–sharoitlar yaratilgan. Jahon axborot–telekommunikatsiya maydonida integratsiyalash ishlari amalga oshirilyapti.

Respublikada global axborot tizimlari va texnologiyalarining keng qamrovli milliy axborot tizimiga kirishni shakllantirishga alohida e'tibor qaratilgan, bu esa o'z navbatida XXI asrda mamlakatning o'sishida hal qiluvchi vazifa hisoblanadi.

Ma'lumot uzatish milliy tarmog'ining rivojlanishi davom etmoqda. Umumiy foydalanishga mo'ljallangan telefon tarmog'ini takomillashtirish va qayta ta'minlash ishlari amalga oshirilyapti, shuningdek axborot resurslari shakllantirilmoqda, elektron xujjatlardan foydalanish, elektron tijorat, masofadan ma'lumotlarni boshqarish, multimediya, telekonferentsiya, IP – telefonlashtirish kabi xizmatlarni o'z ichiga olgan zamonaviy va istiqbolli telekommunikatsiya xizmatlari doirasi kengaymoqda.

O'zbekiston Respublikasining ko'plab xalq xo'jaligi sohaslarida yoppasiga zamonaviy axborot texnologiyalarini yo'lga qo'yish ishlari amalga oshirilmoqda. Ko'plab xorijiy vakolatxonalar, qo'shma korxonalar va firmalarning ochilishi mustaqil davlatimizning telekommunikatsiya sohasini zudlik bilan rivojlanishining yaqqol dalilidir. Telekommunikatsiyani bundan ham rivojlantirish, tez sur'atda ish olib borish sharoitlarini yaxshilash uchun sifatli texnologiyalarni qo'llash, zamonaviy telekommunikatsiya vositalariga acoslangan aloqa tarmog'ini yaratish va unda jahon andozalari darajasidagi sifatli xizmatlarga ega bo'lish uchun Respublikamizda barcha sharoitlar yaratilmoqda.

Zamonaviy texnologiyalarning yutuqlari jamiyatni kompyuterlashtirish hisobiga, hozirgi kunda xayotimizning barcha sohaslarida o'zgarishlar sodir bo'lmoqda. Bugungi kunda global kompyuter tarmog'i ko'plab birlashgan korporativ va lokal tarmoqlarni tashkil qiladi. Shunga qaramasdan aloqa sohasida ishlovchi barcha mutaxassislariga ma'lumki oxirgi paytda axborotlarni uzatish hajmining oshishi, mavjud bo'lgan imkoniyatli kanallarning o'zativchanlik qobiliyatini etishmasligiga olib kelmoqda. Bu acosan internet, video, videokonferentsiya, elektron pochta va boshqa xizmatlarni paydo bo'lishi bilan bog'liq. Korporativ tarmoqlarda bu muammolarni yuqori chastotali uzatish kanallarini arendaga berish yo'li bilan hal qilish mumkin, lekin honadon sektorida va kichik biznes sektorida bu muammolarni hal qilish qiyinlashadi. Bunday muammolarni hal qilishda hozirgi paytda nafaqat global telekommunikatsiya

tarmoqlarida, balki abonent liniyalarida ham yangi texnologiyalarni qo'llash yo'lga qo'yilmoqda.

Yuqoridagilarni hisobga olgan holda ushbu o'quv qo'llanmada, aloqa tarmoqlarida qo'llaniladigan analog va raqamli telekommunikatsiya uzatish tizimlari haqida tushunchalar berilgan.

Telekommunikatsiya sohasining rivojlanishini nazarda tutgan holda o'quv qo'llanmaning keyingi qismlarida zamonaviy texnologiyalar va ulardan texnik foydalanish haqidagi ma'lumotlar yoritiladi.

1. TELEKOMMUNIKATSIYA UZATISH TIZIMLARINING TUZILISH ACOSLARI

1.1. Acosiy ta'rif va tushunchalar

Aloqa, bu axborot uzatuvchi manbadan qabul qiluvchi manbagacha bo'lgan jarayondir. **Axborot** (xabar), ma'lumotlar to'plami (yig'indisi)dan iborat. Muhitdagi haqiqiy o'zgarishda uzatiladigan axborotlarning aks etishi **signal** deb ataladi yoki signalni soddagina qilib **axborot (xabar) tashuvchi to'lqin** deyish mumkin. Turli signallarni uzatish uchun, xabarlarni aks etdiruvchi elektromagnit tebranish (elektr signal)lar qo'llaniladi.

Elektrik signallar fizik tabiatdagi signallardan bir qancha afzalliklari bilan farq qiladi, masalan ularni juda uzoq masofalarga uzatish, oddiy texnik qurilmalar yordamida o'zgartirish mumkin. Ularni tarqalish tezligi yorug'lik tezligiga yaqin. Elektrik signallar yordamida xabarlarni uzatishga **elektr aloqa** deyiladi. Uzatiladigan xabarlarga bog'liq holda har xil elektr aloqa turlari mavjud, masalan: telefon, telegraf, ma'lumotlarni uzatish va hokozolar. Elektr aloqa signallarini uzatishni ta'minlovchi texnik qurilmalar majmuasiga **elektr aloqa tizimlari** deyiladi. Uzatuvchi punktlardagi bunday tizimlarda axborot manbalaridan hosil bo'lgan signallar, elektrik signallarga o'zgartiriladi, qabul qiluvchi punktda esa talabgorlar qabul qila oladigan elektrik signallarga o'zgartiriladi.

Uzatuvchi qismdagi elektrik signallarni shakllantiruvchi qurilma uzatuvchi qismdagi **birlamchi o'zgartirgich** deyiladi, uning chiqishidagi signalga esa **birlamchi signal** deyiladi. Xuddi shunga mos holda qabul qiluvchi qurilmaga qabul qiluvchi qismdagi **birlamchi o'zgartirgich** deyiladi. Masalan, ovoqli uzatishda birlamchi o'zgartirgich-mikrofon, qabul qiluvchi qismda esa birlamchi o'zgartirgich-telefon hisoblanadi. Uzatuvchi va qabul qiluvchi qismdagi birlamchi o'zgartirgichlar **oxirgi apparaturalar** yoki **oxirgi qurilmalar** deb ham ataladi.

Uzatish kanali deb, belgilangan chastota oblastida quvvat yoki belgilangan tezlik bilan chegaralangan, elektromagnit signallarni uzatishni ta'minlovchi tarqaluvchi muhit va texnik qurilmalar yig'indisiga aytiladi.

Uzatish tizimi deb, uzatuvchi kanalning shakllanishini ta'minlovchi texnik qurilmalar yig'indisiga aytiladi. Uzatish tizimining tarkibiga signallarni o'zgartirish va kuchaytirishni amalga oshiruvchi apparaturalardan tashqari elektr ta'minoti qurilmasi, teleboshqaruv va telesignalizatsiya, bundan tashqari uzatuvchi muhit (uzatish liniyasi) ham kiradi. Uzatish liniyasi simli yoki radioliniali bo'lishi mumkin.

Simli uzatish liniyasi deb, elektromagnit signallarni uzluksiz yo'naltiruvchi muhit bo'ylab tarqalishni ta'minlovchi liniyaga aytiladi. Simli uzatish liniyasiga havo aloqa liniyalari, kabelli liniyalar (elektrik signallarni yoki yorujlikni o'tkazuvchi), to'lqin o'tkazgichlar va shunga o'xshaganlar kiradi.

Radiolinialarda xabarlar ochiq muhitda, radioto'lqinlar orqali uzatiladi. Yerdagi radiorele liniyalarida detsimetrli va qisqa to'lqinlar qo'llaniladi, signallarni retranslyatsiya qilish esa yerdagi qabul qilib uzatuvchi stantsiyalar

orqali amalga oshadi. Fazoviy aloqa tizimlarida retranslyatsiyalash stantsiyalari sun'iy yer yo'ldoshlarida joylashtiriladi.

Telekommunikatsiya tizimlarining eng katta va eng qimmat (mis simlaridan iborat bo'lgan) qismini uzatish liniyalari tashkil qiladi. Simli liniyalarni, bitta elektrik signalni uzatish uchun mo'ljallangan simlar yig'indisi deb faraz qilinuvchi aloqa zanjiri deb tasavvur qilish mumkin. Agar radio liniyalar qo'llanilsa xuddi shunga o'xshab stvol tushunchasidan foydalaniladi.

N-kanalli aloqa tizimi deb, N manbadan N talabgorga bitta aloqa zanjiri orqali bir vaqtda bir-biriga bog'liq bo'lmagan holda xabarlarni uzatishni ta'minlovchi texnik qurilmalar yig'indisiga aytiladi. Bunday holda N kanalli aloqa tizimining uzatgichiga N xabar manbasidan birlamchi signallar tushadi. Bu signallar maxsus qayta ishlanadi va aloqa zanjirining kirishiga tushuvchi umumiy guruhli signalga birlashtiriladi. Tizimning qabul qiluvchi qismida guruhli signallardan, berilgan axborotga mos va N talabgorga beriluvchi aloqada kanallarning shaxsiy signallari ajratib olinadi. Bunday uzatish tizimlari **ko'p kanalli** deb ataladi.

Signallar aloqa liniyasi orqali o'tganda o'zining energiyasini yo'qotadi (so'nadi), texnik qurilmalar takomillashmaganligi tufayli buziladi (xarakteristikalar noidealligi tufayli), bundan tashqari unga yana shovqin (xalaqitlar) ta'sir qiladi. Buning uchun uzatish tizimi signallarni shunday ajratishi kerakki, buzilish va shovqinlar bo'lishidan qat'iy nazar xabar belgilangan aniqlikda qayta tiklansin. Uzatish tizimi (UT) uzatiladigan axborotlarni yuqori sifatli darajada uzatishdan tashqari uzoq masofalarga aloqani tashkil qilganda ularning chidamliligini ham ta'minlashi lozim. Ko'p kanalli aloqa texnikasini acosiy vazifalaridan biri yuqori iqtisodiy samaradorlikka, (masalan: 1 km aloqa kanalidan foydalanish va tashkil qilishni narxini baholash orqali) erishishdan iborat. Shunday qilib, ko'p kanalli aloqa texnikasining rivojlanishi, talab qilingan kanallar soni, sifati, chidamliligi, samaradorligi va aloqa masofasini ta'minlovchi uzatish tizimlarining yaratilishiga olib keladi.

1.2. Aloqa tarmoqlarining tuzilish printsiplari

Qishloq xo'jaligi va xalqning turli sohalaridagi talablarini qondirish uchun mamlakatning istalgan punktlari orasida har xil xabarlarni uzatish maqsadida yagona avtomatlashtirilgan, o'zaro bog'langan aloqa tarmoqlari tashkil qilinadi. Bu tarmoq, simli, radioreleli, fazoviy va boshqa uzatish aloqa liniyalari bo'yicha barcha elektrik aloqa vositalarini texnik jihatdan tashkil qiladi va birlashtiradi.

Aloqa tarmoqlardagi barcha ulanishlar, tarmoq holatining nazorati, axborotlarni uzatish uchun yo'l tanlash va tarmoqni boshqarish bo'yicha barcha operatsiyalar avtomatlashtirilgan bo'lishi lozim. Kanal va traktlarning parametrlariga bo'lgan yagona, mustaxkam me'yorlar aloqani yuqori sifatlilikini va chidamliligini ta'minlaydi, bundan tashqari, shaharlararo aloqa tarmoqlariga chiqish imkonini beradi. Shunday qilib, o'zaro bog'langan aloqa tarmoqlari acosiy uzatish kanallari va acosiy guruhli traktlarning birlamchi tarmoqlarini tashkil qiluvchi texnik qurilmalarning murakkab majmuasidan iborat.

Birlamchi tarmoq, tarmoq tugunlari, tarmoq stantsiyalari va ko'p kanalli uzatish tizimlarining apparaturalari, kanal va traktlarning tarmoqlarini tashkil qiluvchi uzatish liniyasining yig'indisidan iborat. Birlamchi tarmoq butun mamlakat xududini o'z ichiga oladi va magistral, regional, mahalliy birlamchi tarmoqlarni birlashtirgan holda uchta sathli tuzilishga ega.

Magistral birlamchi tarmoqlar mamlakatning butun xududida joylashadi va har xil regional birlamchi tarmoqlarning acosiy kanal va guruhli traktlarini yagona avtomatik kommutatsiyalovchi tarmoqlarida o'zaro ulaydi. Turli ichki regional birlamchi tarmoqlar biror region xududida joylashadi. Region xududi ma'muriy viloyat yoki respublika chegaralari bilan mos tushadi. Har bir ichki regional birlamchi tarmoq, shu regionning turli mahalliy tarmoqlarini acosiy kanal va guruhli traktlarini bir-biri bilan o'zaro ulanishini ta'minlaydi. Turli mahalliy birlamchi tarmoqlar shahar yoki qishloq territoriyasida tashkil qilinadi va shunga mos holda **shahar** yoki **qishloq telefon tarmoqi** deyiladi. Mintaqaviy raqamlarga mos keluvchi territoriyadagi ichki regional va mahalliy birlamchi tarmoqlarning yig'indisi regional birlamchi tarmoqlarni hosil qiladi.

Tugun tarmoqlari odatda bir necha uzatish liniyalari kesishgan joyda o'rnatiladi, shuning uchun ular orqali birlamchi tarmoqlarni boshqarish jarayonida har xil uzatish liniyalariga tegishli bo'lgan uzatish kanallari va traktlarining ulanishini va tranzitlarni amalga oshirish mumkin.

Birlamchi tarmoqlar tuzilishiga mos holda: magistralning barcha tarmoq tugunlari birinchi sinfli tugunlar, regionning barcha tarmoq tugunlari ikkinchi sinfli tugunlar, barcha mahalliy tarmoq tugunlari uchinchi sinfli tugunlar kabi belgilanadi.

Tarmoq stantsiyalarining tarmoq tugunlaridan farqi mos keluvchi birlamchi tarmoqlarning oxirgi nuqtalari ekanligidir. Birlamchi tarmoqning kanal va guruhli traktlari acosida ikkilamchi tarmoqlar tashkil qilinadi. Ularning har birini kommutatsiyalash stantsiyalari, kommutatsiyalash tugunlari, abonentning oxirgi qurilmalari va ikkilamchi tarmoq kanallarining yig'indisi deb faraz qilish mumkin. Ikkilamchi tarmoqlar aloqaning turiga bog'liq holda telefon, telegraf, ma'lumotlarni uzatish tarmoqi, ovozli eshittirish va televizion tarmoqlar deb nom olgan. Ikkilamchi tarmoqlar acosida umumdavlat aloqa tizimlari tashkil qilinadi (masalan, umumdavlat telefon aloqa tizimlari). Ikkilamchi tarmoqlarning aloqa kanallari xabar turiga bog'liq hamda liniyaga bog'liq holda ularga telefon aloqa kanali, telegraf aloqa kanali, ma'lumotlarni uzatish kanali degan nom beriladi. Bundan tashqari ikkilamchi tarmoq turiga bog'liq holda (kanal qaysi biriga tegishli bo'lsa) **shaharlararo, regional yoki mahalliy** deb ataladi.

Ikkilamchi tugun va stantsiyalar birgalikda, birlamchi tarmoqlarning mos keluvchi tugun va stantsiyalarida joylashadi.

1.3. Signallar. Birlamchi signallar va ularni uzatish sathlari

Aloqa liniyalari uzluksiz ravishda xabarlarini uzatishga mo'ljallangan. Umumiy holatda xabar birorta ob'ektning holati haqidagi ma'lumotlar yig'indisidan iborat, shuning uchun uzatish punktining oxirgi abonent apparatida

birlamchi deb ataluvchi elektrik signal shakllanishi va bu uzatiladigan xabarlariga mos holda ajratilishi lozim. Qabul qiluvchi punktning abonent apparatida teskari jarayon amalga oshadi, ya'ni qabul qilingan birlamchi signalga mos holda xabar shakllanadi. Ovozli eshittirish signallarini uzatishda ovoz bosimini o'zgartirishi xabar hisoblanadi, uzatishning oxirgi apparati-mikrofon, qabul qiluvchi tomonda esa ovoz balandlatgichdir.

Signallarni quvvat, kuchlanish va tok bilan xarakterlash mumkin. Buning uchun aloqada ko'pgina hisoblarni soddalashtirish maqsadida logarifmik xarakteristikalar (uzatish sathlari)dan foydalaniladi. O'nli logarifmlar acosida hisoblangan uzatish sathlari **detsibel (dB)**, natural logarifmlar acosida hisoblangan uzatish sathlari **neper (Np)** deb ataladi. Hozirgi paytda detsibeldan foydalaniladi. Quvvat kuchlanish va tok bo'yicha uzatish sathlari quyidagi formulalar bo'yicha aniqlanadi:

$$P_{\kappa} = 10 \lg \left(\frac{P_x}{P_0} \right), \text{ db}$$

$$P_{\kappa} = 20 \lg \left(\frac{U_x}{U_0} \right), \text{ db}$$

$$P_T = 20 \lg \left(\frac{I_x}{I_0} \right), \text{ db}$$

bu yerda: P_x, U_x, I_x -lar qaralayotgan x nuqtadagi quvvat, kuchlanish va toklarning qiymatlari; P_0, U_0, I_0 -lar boshlanjich deb qabul qilingan qiymatlar. Agar P_x, P_0 quvvat ajralib chiqadigan qarshiliklarning Z_x, Z_0 qiymatlari ma'lum bo'lsa, quvvat, kuchlanish va toklarni uzatish sathlari orasidagi ma'lum nisbat acosida:

$$P = U^2 / |Z| = I^2 / |Z|$$

bog'lanishlarni topish mumkin:

$$P_{\kappa} = 10 \lg \frac{U_x^2 |Z_0|}{|Z_x| U_0^2} = P_{\kappa} + 10 \lg \frac{|Z_0|}{|Z_x|},$$

$$P_{\kappa} = 10 \lg \frac{I_x^2 |Z_x|}{I_0^2 |Z_0|} = P_T - 10 \lg \frac{|Z_0|}{|Z_x|},$$

$$P_{\kappa} = P_T - 20 \lg \frac{|Z_0|}{|Z_x|},$$

Agar $|Z_x| = |Z_0|$ bo'lsa, $P_q = P_{\kappa} = P_T$ ga teng.

Agar quvvat, kuchlanish va tokning boshlanjich qiymatlari: $R_0 = 1 \text{ m}\Omega$, $U_0 = 0,7746 \text{ V}$ va $I_0 = 1,29 \text{ mA}$ qabul qilingan bo'lsa, unda hisoblangan sathlar haqiqiy deb ataladi va dBq, dBk va dBt deb belgilanadi. Bu qiymatlar $|Z| = 600 \text{ Ohm}$ qarshilikda ajratib olinadi. Unda hisoblangan sathlar nisbiy deb ataladi va dBq, dBk va dBt lar bilan belgilanadi:

$$\begin{aligned} P_{KO} &= 10 \lg(P_x/P_K), \text{ dB} \\ P_{KO} &= 20 \lg(U_x/U_K), \text{ dB} \\ P_{KO} &= 20 \lg(I_x/I_K), \text{ dB} \end{aligned}$$

Bunday sathlar traktlarni uzatish xarakteristikalarini o'lchashda keng qo'llaniladi, chunki ularning qiymatlari boshidan oxirgi berilgan nuqttagacha trakt uchastkasining quvvat, kuchlanish va tok kuchayishiga sonli ravishda tengdir. Bunda sathlarning manfiy qiymatlari berilgan uchastkadagi kuchayishga emas, balki so'nishga mos keladi. Kanal va traktlarda signal va xalaqitlarning qiymatlarini me'yorlashtirish uchun quvvat bo'yicha nolinch nuqtaga nisbatan sathlar (NNNS) tushunchasi qo'llaniladi. Signal sathidan (R_q) quvvat bo'yicha sathga (R_q) o'tish uchun traktning berilgan nuqtasida o'lchov tengligi qo'llaniladi.

$$P_q = P_{qo} + P_{q, \text{o'lchov}},$$

bu yerda: $R_{q, \text{o'lchov}}$ - traktning berilgan nuqtasidagi quvvat bo'yicha o'lchov sathi.

1.4. Signalning parametrlari va xarakteristikalarini

Aloqa signallari vaqt o'tishi bilan o'zining oniy qiymatlarini o'zgartiradi. Bu o'zgartirishlarni birdan kichik ehtimolliklar deyish mumkin. Shunday qilib, aloqa signallari tasodifiy jarayonlar hisoblanadi va ularni tavsifi, tasodifiy jarayonlarni tavsiflariga o'xshashdir. Signallarning elektrik parametrlari, doimiy tashkil topuvchilar hisoblanib, bu tasodifiy jarayonning o'rtacha qiymatidir:

Bu yerda:

$$U = \bar{U}(t) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} U(t) dt$$

$U(t)$ - Tasodifiy jarayon

$-T/2, T/2$ - Vaqt oralig'i

Doimiy tashkil topuvchilar vaqt bo'yicha o'zgarib qolmaydi, lekin uning qiymati tasodifiydir. Ko'pgina aloqa signallari uchun doimiy tashkil topuvchilar nolga teng. Elektrik parametrlar o'zgaruvchan tashkil topuvchilar hisoblanib, bu markazlashtirilgan tasodifiy jarayondir:

$$U_i(t) = U(t) - \bar{U}(t).$$

O'rtacha quvvat - bu o'zgaruvchan tashkil topuvchilarning quvvatidir. (doimiy tashkil topuvchilar hisobga olinmaydi, chunki ular xabar tashimaydi).

$$P_{o'r} = \overline{U^2(t)} / F1 Om = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} U^2(t) dt .$$

O'rtacha quvvat tasodifiy jarayonning dispersiyasi bilan mos tushadi. Musbat qiymatlar qo'yidagicha aniqlanadi:

$$U_{samar.} = \sqrt{P_{o'r}} \cdot 1Om$$

va samarali yoki signalga ta'sir qiluvchi kuchlanish deyiladi.

Maksimal quvvat P_{max} , U_q amplitudaga ega bo'lgan sinusoidal signalning quvvatidir. Bu quvvat aniq va yetarli darajadagi ehtimollik (E)ga ega bo'lgan $U(t)$ signalning o'zgaruvchan tashkil topuvchilarining oniy qiymatlari orqali aniqlanadi. Signal turlari uchun $E=10^2$, 10^{-3} , ayrim hollarda 10^{-5} qiymatlarga teng deb qabul qilish mumkin.

Minimal quvvat P_{min} - bu eksperimental holda belgilangan, berilgan ko'rinishdagi signalni qabul qilishda mumkin bo'lgan o'rtacha kvadratik xatolikka teng deb qabul qilinadi. O'z navbatida, o'rtacha kvadratik xatolik, mumkin bo'lgan fluktuatsiya shovqinlarining o'rtacha quvvatiga teng: $P_{min}=P_{n o'r}$. Ayrim hollarda signalning minimal quvvati, (U_{min}) amplitudaga ega bo'lgan sinusoidal signalning quvvatiga teng. Zamonaviy ko'p kanalli uzatish tizimlari har xil: telefon, telegraf, faksimil, ma'lumotlarni uzatish, ovozli eshittirish, televizion, telemetriya va telesignalizatsiya signallarini uzatishni ta'minlaydi. Bu signallar vaqt bo'yicha tasodifiy funksiyalar, ya'ni tasodifiy jarayonlar hisoblanadi. Bunday signallarni aloqa liniyasiga uzatganda, signalning xarakteristikasi va kanal xususiyatlari orasida moslik bo'lishi lozim. Masalan, bunday xarakteristikalariga signalning dinamik diapazoni kiradi. Signalning **dinamik diapazoni** deb, signalning eng katta oniy quvvati (P_{max})ni, eng kichik oniy quvvati (P_{min})ga bo'lgan nisbatiga aytiladi. Signalning bu xarakteristikasi signalning oniy quvvatlarini o'zgarish chegarasini aniqlaydi. Odatda dinamik diapazon logarifmik birliklarda aks ettiriladi, ya'ni:

$$D_s = 10 \lg \frac{P_{max}}{P_{min}} . ,dB$$

Telefon signallarining dinamik diapazoni 40 dBdan, faksimil signal uchun - 25 dBdan, televizion ovozli eshittirish signali uchun esa -40dB dan oshmaydi. Eng katta dinamik diapazon, (simfonik muzikalarni uzatishda ovozli eshittirish signali uchun) 75 dBga teng. Shuni ham aytish joizki, telegraf va ma'lumotlarni uzatish signallari uchun (quvvati doimiy bo'lgan) dinamik diapazon tushunchasi qo'llanilmaydi.

Signalning davomiyligi signal mavjud bo'lgan vaqt intervali bilan aniqlanadi. Signalning davomiyligi qancha kichik bo'lsa, uni uzatish uchun kanalni qo'llangan vaqt shuncha kichikdir.

Telekommunikatsiya signallari uzluksiz va diskret bo'lib, vaqt bo'yicha doimiy bo'lmagan funksiyaga ega. Bunday signallarga, cheksiz tashkil topuvchilar soniga ega bo'lgan uzluksiz spektrlar mos keladi. Odatda har doim signalning acosiy energiyasi joylashgan chastota diapozonini chegarasini belgilash mumkin. Bunday diapozonlar orqali signal chastotasining spektr kengligini aniqlash mumkin.

Uzatish tizimining iqtisodiy ko'rsatkichlarini yaxshilash maqsadida signal spektrini chegaralash zarur. Bu chegaralash sifatni yomonlashishiga olib kelmasligi lozim. Eksperimental tekshirishlar shuni ko'rsatdiki, telefon signallarining spektri 300...3400 Gts oraliq, ovozli eshittirish esa 300...15000 Gts oraliq bilan chegaralanishi mumkin. Signallarning bunday spektr kengliklari aniq jaranglash va tiniq eshitish talabini ta'minlaydi. Telegraf signallari va ma'lumotlarni uzatish signallarining chastota spektrlarini kengligi $(0-F_{\max})$ impuls davomiyligiga ya'ni uzatish tezligiga bog'liq. (F_{\max} chastota, $F_{\max}=1,5$ V kabi aniqlanadi. Bu yerda V-signalni Boddagi uzatish tezligi. Telegraf signallarining uzatish tezligi 50...200 Bod, ma'lumotlarni uzatish: past tezlikli signallar uchun 200 Bod, o'rtacha tezlikni signallar uchun 9600 Bod, yuqori tezlikli uzatish uchun esa yuzlangan kilobodni tashkil qiladi. Faksimil signallarning chastota oralig'ini kengligi $(0-F_{\max})$, qabul qiluvchi qismda tasvirning aniqligi bilan belgilanadi. F_{\max} chastotasi uzatilgan tasvir xarakteriga, tezligiga (v) va razvyortka qadamiga (δ) bog'liq va $F_{\max}=0,5 v/\delta$ kabi aniqlanadi. $V=\pi Dn/60\delta$ ekanligini hisobga olsak, $F_{\max}=\pi Dn/120\delta$ ga teng bo'ladi, bu yerda: D-baraban diametri, n-barabanning aylanish chastotasi (min/aylanish). Qo'llaniladigan faksimil apparatlari uchun bu 1465 Gtsdan oshmaydi. Televizion ovozli eshittirish signallarining spektrini kengligi tasvir chegarasi va mayda detallarni talab qilingan aniqlikda qabul qilish orqali aniqlanadi. Standartda 625 qator uchun televizion signalining yuqori chastota spektri 6 mGtsni, past chastotasi esa 0 Gtsni tashkil etadi. Shunday qilib televizion eshittirishlarining signal chastotasini spektri 0 Gtsdan -6 mGts gacha oraliqni tashkil qiladi.

Nazorat savollari

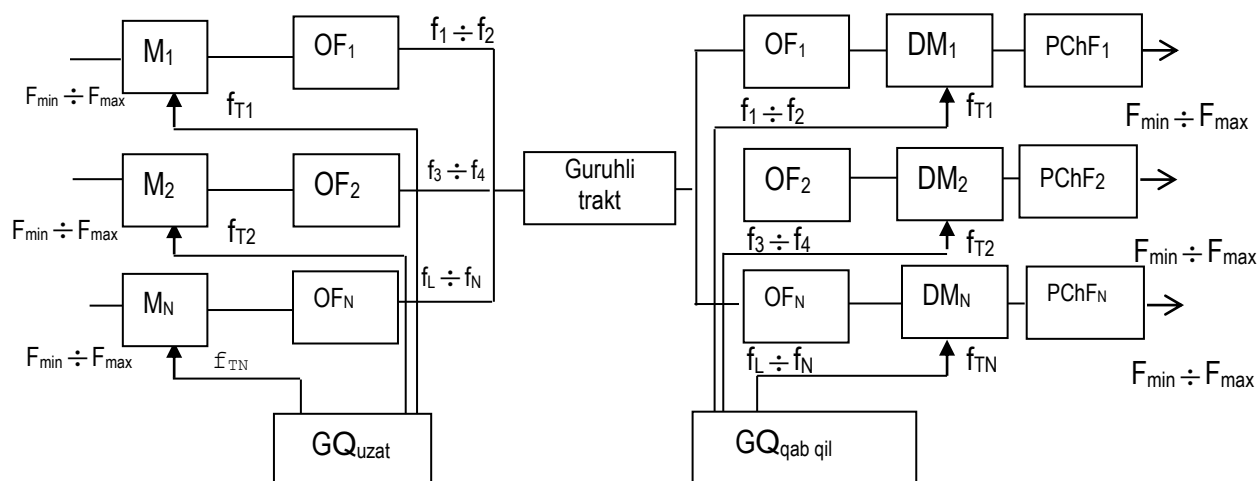
1. Aloqa, axborot deganda nimani tushunasiz?
2. Uzatish kanali va uzatish tizimi deb nimaga aytiladi?
3. Uzatish muiiti sifatida qanday liniyalardan foydalaniladi?
4. Aloqa tarmoqlari qanday tuziladi?
5. Birlamchi aloqa tarmoqlari qanday tuziladi?
6. Ikkilamchi aloqa tarmoqlari qanday tuziladi?
7. Qanday uzatish satxlarini bilasiz?
8. Agar o'lchanayotgan x nuqtada signalning quvvat, kuchlanish va tok bo'yicha haqiqiy uzatish sathlari ma'lum bo'lsa unda shu nuqtadagi quvvat, kuchlanish va tok qanday aniqlanadi?

9. Signalning dinamik diapozoni deganda nimani tushinasiz va u qanday aniqlanadi?
10. Signal xarakteristikallari va kanal xususiyatlari orasida qanday bog'lanish bor?

2. KANAL SIGNALLARINI AJRATISH PRINSIPLARI

2.1. Kanal signallarini chastota bo'yicha ajratish prinsipi

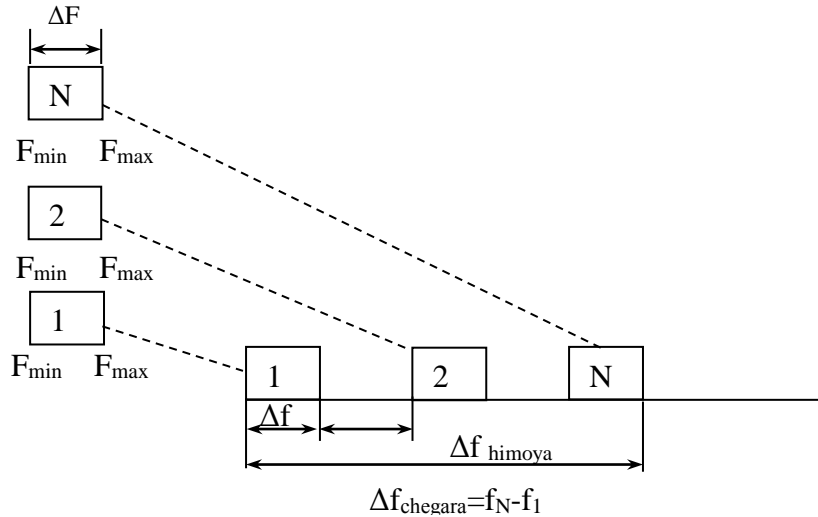
Ko'p kanalli uzatish tizimlarini tuzishda chastotaviy va vaqt bo'yicha ajratish usullaridan foydalaniladi. Chastota bo'yicha ajratish usulida uzatish liniyasidagi har bir kanal uchun ma'lum bir chastota spektri ajratiladi. Shuning uchun uzatuvchi oxirgi stantsiyada boshlanjich signalning chastota oraliqlarini shu yoki boshqa kanalni uzatish uchun ajratilgan oraliq chastotalarga joylashtirish amplitudaviy, chastotaviy yoki fazaviy modulyatsiya yordamida amalga oshiriladi. Bunda tashuvchi chastotalar shunday tanlanishi kerakki, kanal signallarining spektr chastotalari bir-biriga ustma-ust tushmasin. Kanallari chastota bo'yicha ajratilgan ko'p kanalli uzatish tizimlarining soddalashtirilgan tuzilish sxemasi 2.1-rasmda ko'rsatilgan.



2.1-rasm. Kanallari chastota bo'yicha ajratilgan ko'p kanalli uzatish tizimlarining tuzilish sxemasi

Ko'p kanalli uzatish tizimlarining kanallari acosan bir xil turdagi (masalan telefon) signallarni (chastota oraliqlari bir xil bo'lgan) uzatish uchun mo'ljallangan. Shuning uchun ham 2.1-rasmda boshlanjich signallarning oraliq chastotalari ($F_{\min} \dots F_{\max}$) bir xil deb qabul qilingan. Kanalga tashuvchi boshlanjich signallar, M_1, \dots, M_N modulyatorlar orqali, $f_{T1} \dots f_{TN}$ tashuvchi chastotalar yordamida modulyatsiyalanadi. Kanal signallarini shakllantirish $OF_1 \dots OF_N$ oraliq filtrlari orqali amalga oshiriladi. Bundan tashqari modulyatsiyalash natijasida hosil bo'lgan, uzatishda qo'llanilmaydigan keraksiz maisulotlarni pasaytirishda filtdan foydalaniladi.

Filtr orqali ajratilgan kanal signallari $f_1 \dots f_2, f_3 \dots f_4, f_L \dots f_N$ chastota oralig'ini egallaydi. Bu oraliq chastotalar bir-biriga ustma-ust tushmasligi lozim (2.2-rasm).



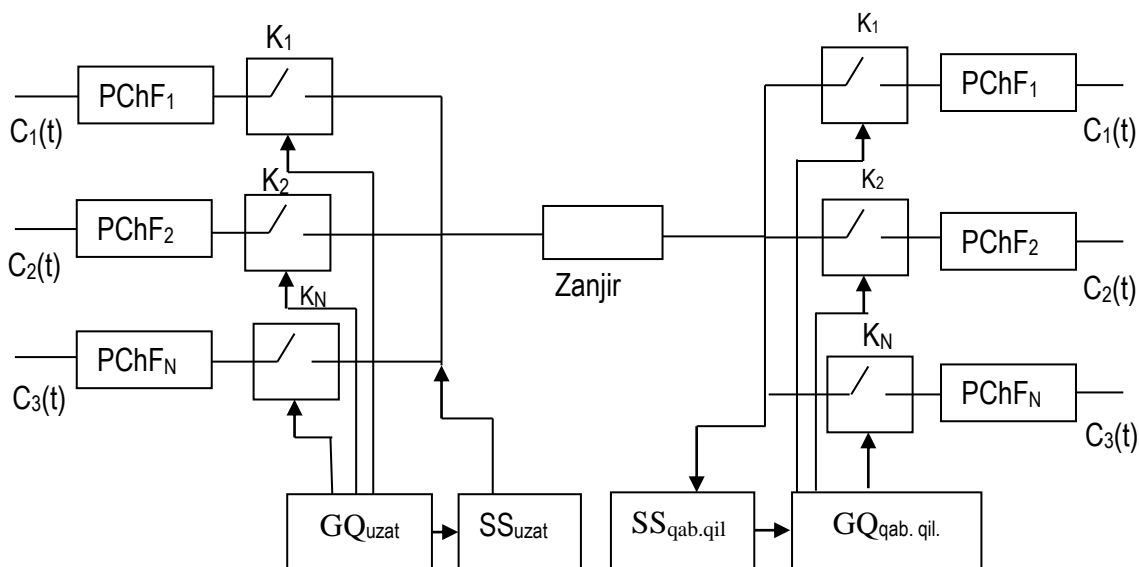
2.2-rasm. Kanal signallarining shakllanishi

Kanal signallari birlashgandan keyin oraliq chastotasi $f_1 \dots f_N$ ga teng bo'lgan guruhli signal shakllanadi. Kanal signallarining oraliq chastotalarini kengligi (Δf) boshlanjich signalning oraliq chastotasini kengligidan farq qilishi mumkin ($\Delta f \geq \Delta F$). Umuman, $\Delta f = \Delta F$ bo'lishi uchun (bunday holatda berilgan N kanallar soni uchun guruhli signalning spektr kengligi kichkina), uzatish tizimlarining samaradorligini oshirish lozim. Qabul qiluvchi oxirgi stantsiyada, guruhli signallar tarkibidan kanalning oraliq filtr (OF_1, \dots, OF_N)lari yordamida kanal signallari ajratib olinadi. Boshlanjich kanal signallarini olish uchun signallar demodulyator (DM_1, \dots, DM_N)larga beriladi. Agar tashuvchi chastotalar uzatuvchi oxirgi stantsiyadagi modulyatorlar chiqishida yo'qotilgan bo'lsa, unda demodulyatorga kanal signallaridan tashqari tashuvchi chastota ($f_{T1} \dots f_{TN}$)lar ham berilishi lozim. Past chastotali filtr (PChF)lar, demodulyatsiyalash jarayonida hosil bo'lgan, signalni yuqori chastotali tashkil topuvchilaridan boshlanjich signalni ajratib oladi. Kanal signallarini to'liq ajratib olish uchun oraliq filtr (OF_1, \dots, OF_N)larni xarakteristikalarini ideal bo'lishi lozim. Haqiqiy filtrlarda so'nishning oshishi chegaralanganligi tufayli kanallararo o'zaro o'tishlar yuzaga kelishi mumkin. Ularni mumkin bo'lgan qiymatgacha kamaytirish uchun, kanal spektrlarining orasiga himoya chastota oralig'i (f_{xim}) (2.2-rasm) kiritiladi. Masalan, gaplashadigan signallarni uzatish uchun himoya chastota oralig'i 0,9 kGtsni tashkil qiladi.

2.2. Kanal signallarini vaqt bo'yicha ajratish prinsipi

Kanallari vaqt bo'yicha ajratilgan usulda zanjir bo'yicha juda qisqa impulslarning davriy ketma-ketligi uzatiladi. Impulslarning amplitudasi kanal signallarining oniy qiymatlariga teng. Birinchi kanalning impulsidan keyin, ikkinchi, uchinchi va oxirgi kanalning impulsi beriladi, undan keyin sikl yana takrorlanadi. Agar kanal bo'yicha impulslar ketma-ketligi berilsa, birorta kanalning ikkita qo'shni impulslari orasida boshqa kanal impulslarini uzatish mumkin. Kanal

bo'ylab uzluksiz analog signallarni uzatish uchun (masalan gaplashadigan) uni vaqt bo'yicha diskretizatsiyalash lozim. Diskretizatsiyalash natijasida uzluksiz signallar vaqt bo'yicha ajratilgan har xil amplitudali impulslar (AIM) ketma-ketligiga o'zgaradi. Uzatish liniyasiga avval birinchi kanalning impulsi (uzluksiz signalning otscheti), undan keyin ikkinchi kanalning va N kanalning impulslari jo'natiladi. Undan keyin yana birinchi kanalning vaqt bo'yicha ajratilgan ikkinchi qismi (impulsi) jo'natiladi va jarayon davriy holatda takrorlanadi. Kanallari vaqt bo'yicha ajratilgan ko'p kanalli uzatish tizim (KVBB KKUT)larining soddalashtirilgan tuzilish sxemasi 2.3-rasmda ko'rsatilgan.

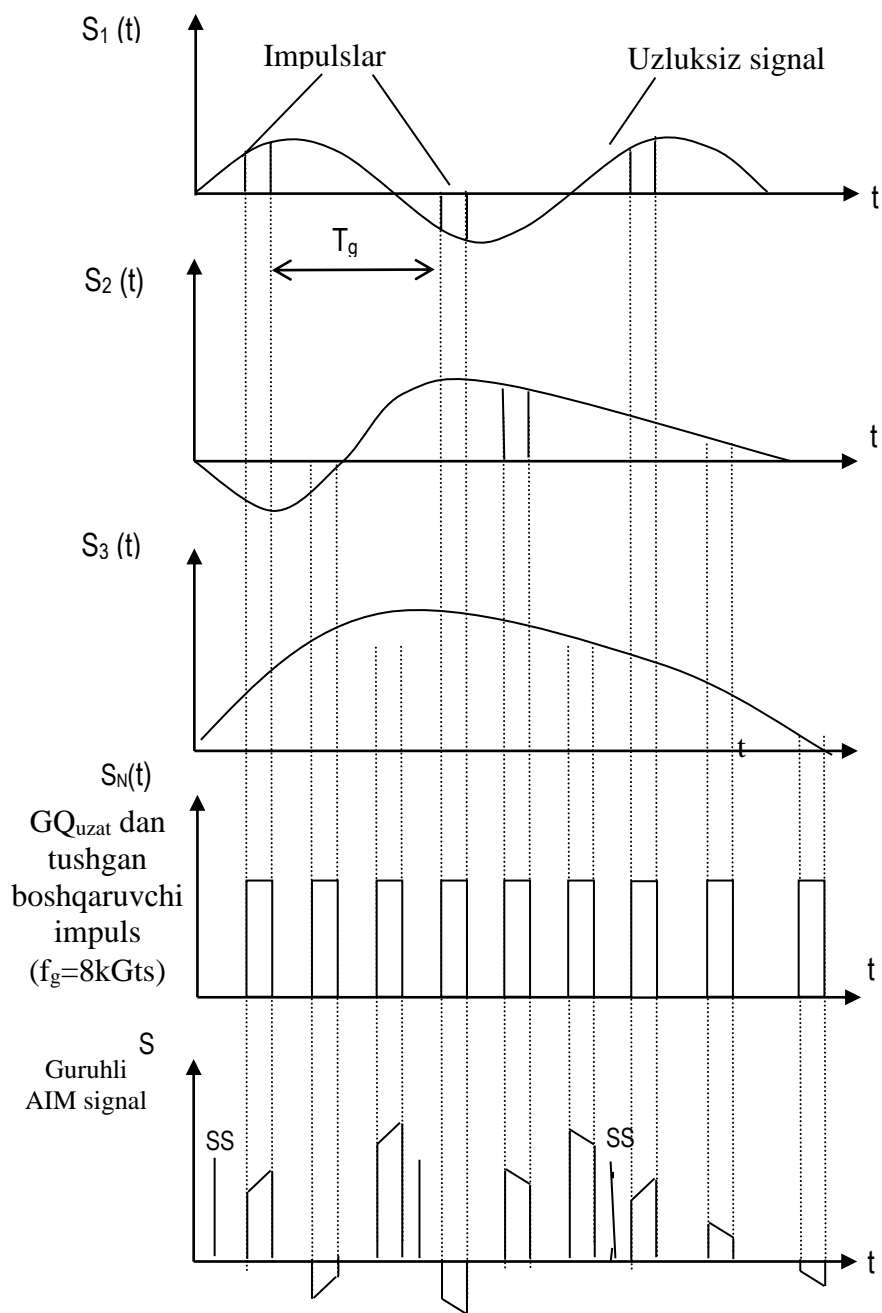


2.3-rasm. Kanallari vaqt bo'yicha ajratilgan ko'p kanalli uzatish tizimlarining soddalashtirilgan tuzilish sxemasi

Har bir kanalning past chastotali filtri bilan chegaralangan boshlanjich uzluksiz signallar, shu signallarni diskretizatsiyalashni amalga oshiruvchi kalit (K_1, \dots, K_N)larga tushadi.

Uzatuvchi qismdagi generator qurilma (GQ_{uzat})si ishlab chiqargan davriy impulslar ketma-ketligi kalitning ishini boshqaradi. Bu impulslarning ta'qib chastotasi, diskretizatsiyalash chastotasiga teng, ya'ni Kotelnikov teoremasiga binoan uzluksiz signalning eng yuqori chastota spektrining ikki marta oshirilgan qiymatlaridan kam bo'lmasligi lozim. U quyidagicha aniqlanadi: $f_g \geq 2 \cdot F_{max}$ diskretizatsiyalash davri esa $T_g = 1/f_g$ ga teng.

Turli kanallarning elektron kalitlarini boshqaruvchi impulslar ketma-ketligi (GQ_{uzat} dan tushuvchi) teng vaqtli oraliqlarda bir-biridan surilgan holatda joylashadi. Ularning qiymati kanal impulslarining diskretizatsiyalash davri (T_g) va tizimdagi kanallar soni bilan aniqlanadi. Kalit berkilgan laizada kanal signali (otscheti)ning oniy qiymatlari liniyaga uzatiladi.



2.4-rasm. KVBA uzatish tizimining kanal signallarini va guruhli AIM signallarini shakllanishining vaqt bo'yicha diagrammasi

Kanal signallarining impuls ketma-ketliklaridan guruhli AIM signal hosil bo'ladi. Qabul qiluvchi oxirgi stantsiyada kanal signallarini ajratish ($K_1 \dots K_N$) kalitlarda amalga oshadi.

Qabul qiluvchi qismdagi generator qurilma ($GQ_{qab.qil.}$)si ishlab chiqaradigan impuls ketma-ketligi kalitlarning ishini boshqaradi. Uzatilgan signal qabul qiluvchi stantsiyadagi sinxron va sinfaz ishlovchi mos keluvchi elektron kalitlarga tushadi. Kalitlar bir vaqtda ishlashi uchun, uzatuvchi oxirgi stantsiyadan qabul

qiluvchi stantsiyaga, ikkita stantsiyani vaqt bo'yicha mos holda ishlashini ta'minlovchi maxsus sinxronizatsiya signali (SS) beriladi..

Amplitudaviy modulyatsiyalangan impulslar (shu signalning otscheltari) ketma-ketligidan (uzluksiz) boshlanjich signallarni qayta tiklash past chastotali filtrlarda amalga oshadi. 2.4-rasmda kanallari vaqt bo'yicha ajratilgan (KVBA) uzatish tizimining kanal signallarini va guruhli AIM signallarning shakllanishini vaqt bo'yicha diagrammasi ko'rsatilgan.

Shuni aytish joizki, KVBA uzatish tizimlarining kanallari orasida, uzatish liniyasining o'tkazuvchanlik oralig'ini chegaralanishi tufayli o'zaro o'tuvchi halaqit (shovqin)lar yuzaga kelishi mumkin. Ularni kamaytirish uchun kanal impulslari orasiga vaqt bo'yicha himoya oralig'i T_{him} kiritiladi. KVBA uzatish tizimlarining va AIMning shovqin bardoshligi juda past, shuning uchun AIM odatda shu tizimlarning birinchi pog'ona o'zgartirishida qo'llaniladi, keyingi pog'onalarda esa shovqinga ancha bardoshli bo'lgan modulyatsiya turlari IKM yoki FIM qo'llaniladi.

2.3. Tovush chastotali (TCh) kanal, uning xarakteristikalarini

Ko'p kanalli uzatish tizim (KKUT)larining kanallari bo'yicha uzatiluvchi signallar liniyadan o'tganda ayrim sabablarga ko'ra buziladi va unga yana shovqin ta'sir qiladi. Kanalning sifati nuqtai nazaridan buzilishlar belgilangan miqdordan oshib ketmasligi uchun kanalning elektrik xarakteristikalarini me'yorlashtirish zarur. TCh kanalning xarakteristikalarini me'yorlashtirishda kanalning uzunligi, tranzit ulanishlar, bundan tashqari tovush chastotali kanallardan boshqa turdagi axborotlarni uzatishda foydalanish mumkinligini ham hisobga olish zarur.

TCh kanalning eng acosiy xarakteristikalaridan biri qoldiq so'nish hisoblanadi. U vaqt bo'yicha doimiy qolmaydi. Shuning uchun qoldiq so'nishni nominal qiymatidan tashqari, 800 Gtsli chastotada mumkin bo'lgan nomo'tadilligi ham me'yorlashtiriladi.

Qoldiq so'nish deb, berilgan chastotadagi barcha so'nishlar (Σa) yig'indisidan, barcha kuchayishlar (ΣS) yig'indisining ayirmasi orqali aniqlanuvchi ishchi so'nishga aytiladi.

$$a_{qold} = \Sigma a - \Sigma S.$$

Kanaldagi kirish va chiqish qarshiliklarini nazarda tutgan holda qoldiq so'nishni kanalning kirishidagi va chiqishidagi uzatish satxlarining farqi orqali ham aniqlash mumkin:

$$a_{qold} = R_{kir} - R_{chiq}$$

(R_{kir} – kanalning kirshidagi uzatish sathi;

R_{chiq} – kanalning chiqshidagi uzatish sathi.)

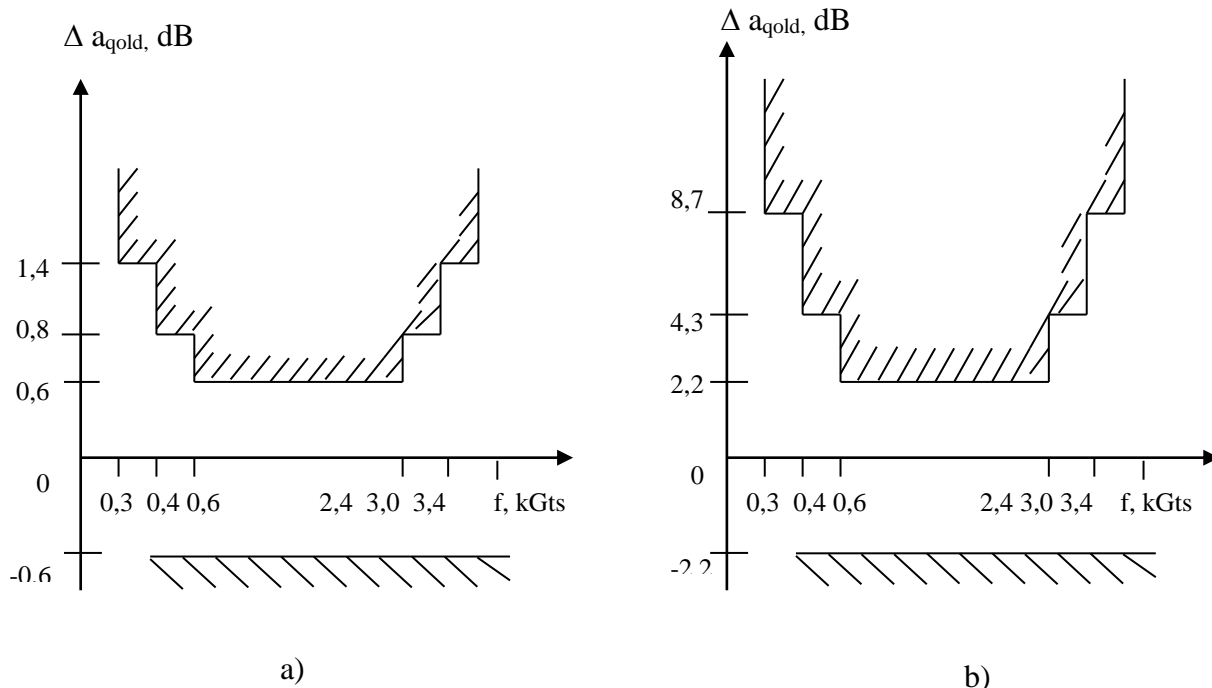
$R_{kir} = 0$ ekanligi hisobga olinsa: $R_{chiq} = -a_{qold}$

Qoldiq so'nish 800 Gtsli chastotada me'yorlashtiriladi.

Kanalning ikki simli qismi uchun qoldiq so'nish: $a_{qold}=7$ dB, kanalning 4 simli qismi uchun qoldiq so'nish $a_{qold}=-17$ dB ga teng. Qoldiq so'nishning me'yordan og'ishi (800 Gtsli chastotada) oddiy TCh kanal uchun (ya'ni tranzit ulanishlarsiz) 1 dBdan oshmasligi lozim. Qoldiq so'nishning me'yordan oshishi signal satxini pasayishiga olib keladi va signalga ta'sir qiluvchi shovqinlarning sathi oshadi. Qoldiq so'nishning me'yordan pasayishi esa, nohiziqli buzilishlarni yuzaga kelishiga olib keladi. Natijada qo'shimcha garmonikalar tufayli kanallararo bir-biriga o'tishlar hosil bo'ladi.

Qoldiq so'nishning chastotaga bog'lanishi kanalning **amplituda-chastotaviy xarakteristikasi** (AChX) deyiladi. Agar bu bog'lanish TCh kanalning 0,3...3,4 kGts chastota oralig'ida doimiy bo'lsa, unda kanalda amplituda-chastotaviy buzilish (AChB)lar bo'lmaydi. TCh kanalning chastota oralig'ida qoldiq so'nishning chastotaga bog'liq bo'lmagan xarakteristikasini amalga oshirishning iloji yo'q. Bunga juda ko'p omillar ta'sir qiladi, birinchi navbatda kuchaytirgichlarning, transformatorlarning, filtr (ayniqsa kanalning oraliq filtr)larning real AChXsi. Shuning uchun qoldiq so'nishning qiymati har xil chastotalarda turlicha. Shunga qaramasdan, AChBlar mumkin bo'lgan qiymatdan oshib ketmasligi uchun TCh kanalning taklif qilingan AChXsini qo'llash maqsadga muvofiqdir. Ketma-ket ulangan oddiy TCh kanallarning soniga bog'liq holda qoldiq so'nish (a_{qold}) qiymatining oshishi va kamayishi o'zgaradi, chunki aloiida oddiy tovush chastotali kanallar uchun AChB yig'iladi.

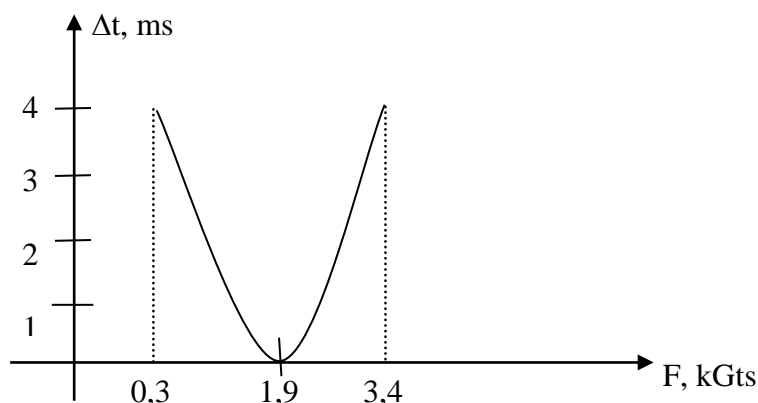
Bitta va o'n ikkita ketma - ket ulangan oddiy TCh kanallar uchun 800 Gtsli chastotada qoldiq so'nishning nominal qiymatdan og'ishini me'yorlashtirish qiymatlari 2.5.a,b-rasmlarda ko'rsatilgan. Pastki chegara, ikki tomonlama kanallarni tashkil qilganda uzatilayotgan birorta chastotada generatsiya yuzaga kelmaslik shartiga binoan tanlangan. Yuqoridagi pog'onasimon chegara, tekshirishlar natijasida kanal bo'ylab telefon signallari uzatilganda mumkin bo'lgan AChB uchun olingan. Real TCh kanallardan qoldiq so'nish og'ishini chastotaviy bog'lanishi, me'yorlanadigan chegaradan chiqmagan holda ketma-ket o'zgarishi lozim.



2.5.a,b-rasm. Kanalning AChX me'yori

Kanal olib keladigan fazalar surilishining chastotaga bog'lanishi kanalning **faza-chastotaviy xarakteristika (FChX)si** deyiladi. Real TCh kanallarda FChX idealdan farq qiladi, ya'ni ularda FChB (faza-chastotaviy buzilishlar) mavjud, odatda bu buzilishlar, TCh kanalning chastota oralig'idagi guruhli o'tish vaqtining notekislik qiymati bilan baholanadi.

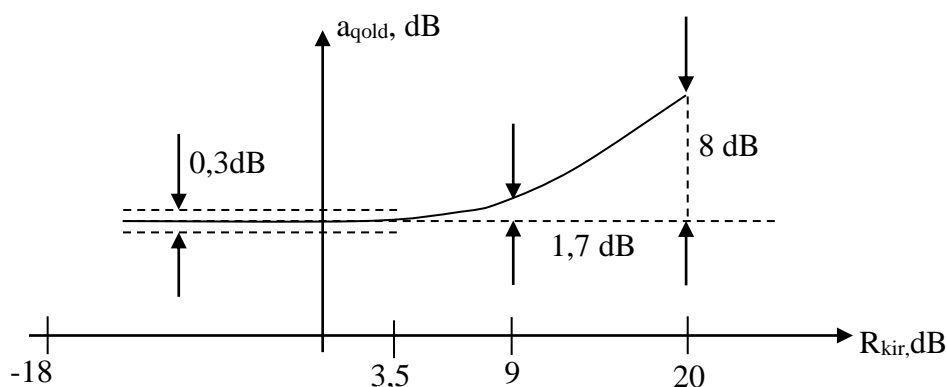
Fazo-chastotaviy buzilishlar diskret axborotlarni uzatishda (xatolik ehtimolligining oshishi tufayli) sezilarli darajada ta'sir qiladi. Telefon signallarini uzatishda FChBlar guruhli o'tish vaqtining notekisligi tufayli ovozlarning aloiida komponentlarida vaqt bo'yicha sezilarli surilish hosil qilishi mumkin. Bu kattagina FChBlarni yuzaga keltiradi. Shuning uchun TCh kanallarda guruhli o'tish vaqtining mumkin bo'lgan notekisligi, diskret axborot signallarini buzilishsiz uzatish talabini hisobga olgan holda amalga oshiriladi. Signalning guruhli o'tish vaqtining mumkin bo'lgan og'ish qiymatlari 400...3000 Gts gacha har qanday chastota oralig'ida 1900 Gts chastotaga nisbatan me'yorlashtiriladi. Shuni aytish lozimki, fazalarni sozlovchi qurilmalar qo'llanilmaganda signallarni qayta ishlash jarayonida bu me'yor, talab qilingan uzatish tezligini ta'minlay olmaydi. Shuning uchun signalning guruhli o'tish vaqtini haqiqiy qiymati me'yorlanadi. Uning magistral tarmoqdagi eng uzoq punktlari orasidagi (TCh kanal) maksimal qiymati 90 msdan katta bo'lmasligi lozim.



2.6 -rasm. Kanalning faza-chastotaviy xarakteristikasi

Nochiziqli buzilishlar TCh kanallar tarkibidagi nochiziqli qurilmalar tufayli yuzaga keladi. Ular uzatiladigan signallarning shaklini buzadi. Boshlang'ich signal spektri nuqtasi nazaridan, tarkibida bo'lmagan yangi tashkil topuvchilarni yuzaga keltiradi.

Kanalning nochiziqlilik darajasi, ma'lum bir chastotalar- dagi kanalning qoldiq so'nishini kirishdagi signal satxiga bog'lanishi deb faraz qiluvchi amplitudaviy xarakteristika bilan baholanadi TCh kanalning amplitudaviy xarakteristika (AX)si 2.7-rasmda ko'rsatilgan. Bunday holda kirishdagi signal sathi -18 dBdan+3,5 dBgacha oraliqda o'zgarganda, 0,3...3,4 kGts chastota diapazonida oddiy TCh kanalning qoldiq so'nishi 0,3 dB aniqlikda doimiy qolsa, nochiziqli buzilishlar mumkin bo'lgan qiymatdan oshmaydi. Kirish sathlari 9 dB va 20 dB bo'lganda qoldiq so'nish 1,7 va 8 dB dan kam bo'lmagan holda oshishi mumkin (2.7-rasm).



2.7-rasm. TCh kanalning amplitudaviy xarakteristika (AX)si

3,5 dBdan yuqori sathlarda talab qilingan xarakteristikani ta'minlash uchun kanal kirishiga maxsus qurilmalar, katta amplitudaviy chegaralagichlar ulanadi. Ular shunday mo'ljallanganki, 3,5 dBdan past satxda, qurilma olib keladigan so'nish kam, undan yuqorida esa katta bo'lishi lozim. Bunday katta amplitudaviy chegaralagichlarning kanalga ulanishi, guruhli trakt qurilmalarini ishini

engillashtirishga mo'ljallangan. Chunki kirish satxining eng yuqori chegarasida uning yuklamasi oshadi.

Nochiziqli buzilishlar, nochiziqli buzilish koeffitsienti orqali baholanadi:

$$K_{h,\delta} = \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + U_4^2 + \dots}}{\sqrt{U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 + \dots}}$$

Nochiziqli so'nish esa quyidagicha aniqlanadi:

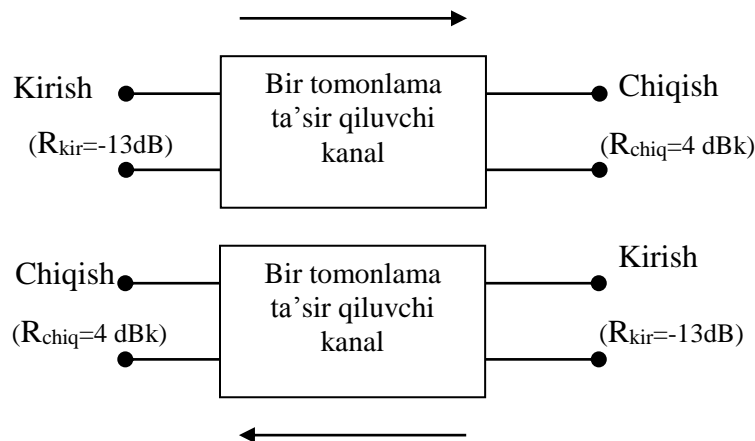
$$a_n = 20 \lg \frac{1}{K_{h,\delta}},$$

Bu yerda: U_1 -acosiy chastotaning kuchlanish amplitudasi; U_2 U_3 U_n - mos keluvchi garmonikalarning kuchlanishini amplitudasi. Oddiy TCh kanal uchun nochiziqli buzilishlar 1,5% dan kam bo'lishi lozim. Agar oddiy TCh kanallar soni n bo'lsa, unda nochiziqli buzilish koeffitsienti $1,5\sqrt{n}$ % dan oshmasligi zarur. Kanal va traktlardagi mumkin bo'lgan shovqin qiymati aloqa kanalining uzunligiga bog'liq. Chunki aloqa masofasi oshishi bilan shovqinlar ham osha boradi. 2500 km uzunlikdagi kanal uchun psfometrik shovqin quvvati 10000 pikovatt (pVT) dan oshmasligi lozim (-50dBq_o). Shundan 25% ni spektrlarni o'zgartiruvchi qurilmalar, 75% ni liniya trakti hosil qiladi. Shunday qilib TCh kanalning liniya traktida yuzaga keluvchi shovqin quvvati 1 km uzunlik uchun 3 pVt psfodan oshmasligi lozim. Xalqaro TCh kanallar uchun esa 1,5 pVt psfodan oshmaydi.

2.4. Signallarni ikki tomonlama uzatish

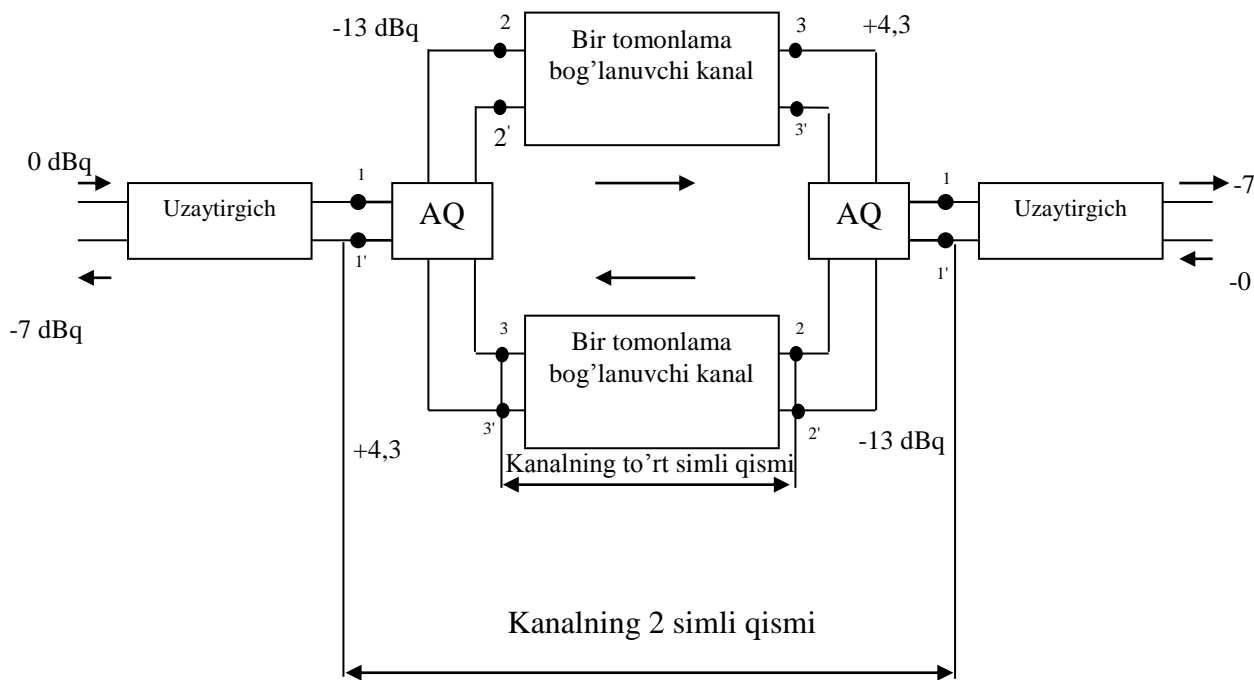
Ikki punkt orasida aloqa o'rnatish uchun ikkita yo'nalishda ham signalni uzatishga to'g'ri keladi. Ayniqsa, bunday kanallar telefon aloqasida qo'llaniladi. Chunki ikki tomonlama kanallar abonentlar orasida o'zaro uzluksiz munosabatni ta'minlash imkonini beradi. Bunday kanallar ikkita qarama-qarshi yo'nalishdagi bir tomonlama kanallardan tashkil topadi.

Har xil yo'nalishdagi kanal signallarini uzatish, ikkita har xil yo'nalishga ega bo'lgan kanallarda amalga oshganligi sababli, bunday usulda tashkil qilingan TCh kanallar 4 simli hisoblanadi va unga TCh kanalning 4 simli yakunlanishi deyiladi.



2.8-rasm. Qarama-qarshi yo'nalishdagi ikkita bir tomonlama bog'langan kanallar

TCh kanallarning mahaliy tarmoqlarini ikki simli qismiga ulanganda ajratuvchi qurilmalardan foydalaniladi. TCh kanalning bunday oxiri ikki simli yakunlanish deyiladi.



2.9-rasm. Signallarni ikki tomonlama uzatish

2.9-rasmdan ko'rinib turibdiki, signallarni har xil yo'nalishda bir-birisiga bog'liq bo'lmagan holda uzatish uchun, AQ (ajratuvchi qurilma)larni 3-2 yo'nalishidagi so'nishi cheksiz katta bo'lishi lozim. TCh kanallar me'yorda ishlashi uchun, ularni quvvat va kuchlanish qiymatlarini yoki shu kanalning har xil nuqtalariga mos keluvchi satxlarini me'yorlashtirish lozim. Shunday qilib, TCh kanalning 2 simli kirishidagi nisbiy uzatish satxi (nolinchi nuqtaga nisbatan) 0 dBni, 4 simli kirishidagi nisbiy uzatish satxi esa -13 dBni, ularning chiqishidagi satxlar esa ikki, simlida -7 dBni, 4 simlida esa 4.3 dBni tashkil etadi. Signalning o'lchov chastotasi 800 Gtsga teng. TCh kanalning ikki simli chiqishidagi uzatish

satxi uning qoldiq so'nishi bilan aniqlanadi (oldingi bandlarda qarab chiqilgan). TCh kanalning ikki simli yakunlanishida qoldiq so'nish noldan katta bo'lishi lozim, bu teskari aloqa tufayli yuzaga kelgan mumkin bo'lgan buzilishlar va elektrik aks sado toklarining muvozanatlik sharti orqali aniqlanadi. Yuqoridagilarni nazarda tutgan holda, TCh kanalning ikki simli yakunlanishida 800 Gtsli chastotadagi nominal qoldiq so'nish 7 dB bo'lishi lozim. Qoldiq so'nishning bu qiymatini, ikki tomonlama bog'langan TCh kanalning kirishiga va chiqishiga ulangan uzaytirgichlar ta'minlaydi.

Uzaytirgichlarning so'nishi:

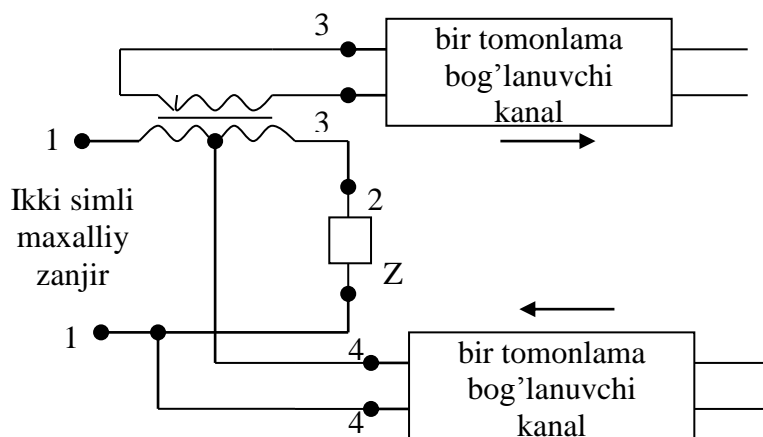
$$a_{uzayt.} = a_{qold.} / 2 = 3,5 \text{ dB.}$$

Bundan tashqari bu (tranzit deb ataluvchi uzaytirgichlar) differentsial qurilmaning muvozanatlik shartini engillashtiradi va bir nechta TCh kanallarni tranzit ulashda qoldiq so'nishni nominal qiymatga tengligini ta'minlaydi, chunki tranzit ulanishlar amalga oshiriladigan punktlarda bu uzaytirgichlar ulanmaydi.

TCh kanalning to'rt simli yakunlanishida qoldiq so'nishning nominal qiymati $a_{qold.} = (-13 \text{ dB}) - (4.3 \text{ dB}) = -17.3 \text{ dB}$, ya'ni -17 dBga kuchaytirilgan. Bunda TCh kanalning yakunlanishida berk tizim hosil bo'lmaydi.

2.5. Differentsial qurilma

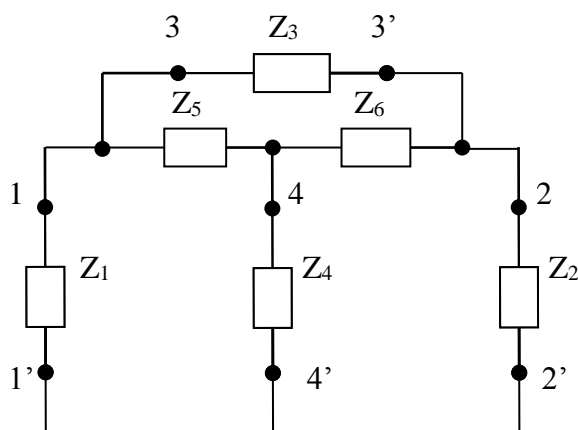
Ikki simli yakunlanishga ega bo'lgan TCh kanallarda ajratuvchi qurilma sifatida differentsial qurilmalar qo'llaniladi. Differentsial qurilmalar kanalga moslashtirilgan holda ulanishi va alohida kuchaytiruvchi yo'nalishlar orasida katta so'nishni ta'minlashi lozim. Shuning uchun differentsial qurilmalarni xususiyatlariga qarab chiqilganda har xil uzatish yo'nalishidagi so'nishni hisobga olish lozim. Differentsial qurilmalar differentsial transformatorlar yoki ko'priksimon sxemalar yordamida qurilishi mumkin. Ko'p kanalli uzatish tizimlarida transformatorli differentsial tizimlar keng qo'llaniladi.



2.10-rasm. Transformatorli differentsial tizim

Ikkita qarama-qarshi bir tomonlama kanallar ulangan differentsial tizimning 3-3' va 4-4' qisqichlari, ko'prik diagonallari hisoblanadi. Ko'prikning bir yelkasi (1-1')ga ikki simli mahaliy zanjir ulanadi. Boshqa yelkasiga esa (2-2') muvozanat konturi ulanadi (Z_2 qarshilik shunday tanlanadiki, natijada ko'prik qarshiliklari tenglashadi). Bunday holda signal birorta bir tomonlama kanal chiqishidan boshqa kirishiga tushmaydi, ya'ni qarama-qarshi uzatish yo'nalishi bir-biriga bog'liq bo'lmaydi.

Differentsial qurilmalar, transformatsiyalash koefitsien- ti (m)ga bog'liq holda teng yelkali va teng yelkali bo'lmagan DQ larga bo'linadi. Agar $m=1$ bo'lganda, differentsial qurilma teng yelkali, $m \neq 1$ bo'lganda esa teng yelkali bo'lmagan differentsial qurilma deyiladi. Shuniyam aytish joizki, DQlar uzatish tizimlarida nafaqat ikki simli TCh kanallarning yakunlanishida, balki filtrlarni paralel ulashda, traktga nazorat va o'lchov chastotalarini kiritishda ham qo'llaniladi. Ikki simli TCh kanallarni tashkil qilishda teng yelkali DQlar qo'llaniladi ($m=1$). Bunday DQ larda signalni uzatish yo'nalishidagi so'nish 3 dB, signal uzatilmaydigan yo'nalishda esa ∞ tashkil topadi. Shuning uchun bunday DQlardan uzoq masofalarga aloqa o'rnatishda foydalanish mumkin. Mahalliy tarmoqlarda qo'llaniladigan uzatish tizimlarida ayrim hollarda rezistorli DQlar qo'llaniladi (2.11-rasm).



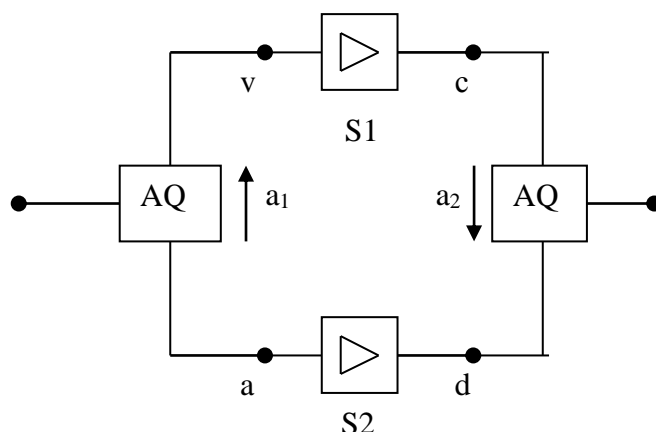
2.11-rasm. Rezistorli DQ

Bunday tizimlarda signalni uzatish yo'nalishidagi so'nish 6 dBni tashkil etadi. Signalni uzatish yo'nalishidagi so'nish 2 barobar ko'p bo'lganligi tufayli bunday DQ larni qo'llash cheklangan.

2.6. Ikki tomonlama kanal muvozanati

Ikki tomonlama kanallarni tashkil qilishda berk elektrik tizimlar yuzaga keladi. Bunday tizimlarni yuzaga kelishi, ajratuvchi qurilma (DQ)lar va yo'naltiruvchi filtrlar tufaylidir. Berk tizimlarning umumiy tuzilish sxemasi quyidagi 2.12-rasmda ko'rsatilgan. Ajratuvchi qurilmalarning o'zaro o'tuvchi

so'nishlari tufayli bunday tizimlarda birorta uzatish yo'nalishi boshqasiga ta'sir qiladi.



2.12-rasm. Berk elektrik tizim

Bu yerda: S_1 va S_2 kuchaytirgichning kuchaytirish koeffitsienti;
 a_1 va a_2 ikkita uzatish yo'nalishidagi ajratuvchi qurilma-larning o'zaro o'tuvchi so'nishi.

Natijada berk zanjir hosil bo'ladi va teskari aloqa toklari yuzaga keladi. Teskari aloqa (a-v-s-d-a) toklari tufayli tizim generatsiya holatiga keladi va axborotni uzatish mumkin bo'lmaydi. Berk tizimning muvozanatlik holatini sharti Naykvist kriteriyasi bo'yicha aniqlanadi. Kriteriyaga acoslangan holda, agar bir vaqtning o'zida 2 ta shart bajarilsa, tizim generatsiya holatida bo'ladi.

1. amplitudalar sharti: $\Sigma S \geq \Sigma a$;
2. fazalar sharti: $\Sigma \varphi = 2\pi m$.

Bu yerda: $n=0,1,2,\dots$ Berk tizimda fazalar nisbatini nazorat qilishning amaliy jixatdan iloji yo'q. Berk tizim muvozanat holatda bo'lishi uchun quyidagi tengsizlikka rioya qilish zarur:

$$\Sigma a \geq \Sigma S.$$

Demak,

$$(a_1+a_2) > (S_1+S_2),$$

bo'lsa berk tizim muvozanat holatda bo'ladi

So'nishlar yig'indisi kuchayishlar yig'indisidan qancha kattaligini ko'rsatuvchi qiymatga **muvozanatlik zaiirasi deyiladi** va u quyidagicha aniqlanadi:

$$X=(a_1+a_2)-(S_1+S_2).$$

Ayrim hollarda X teskari aloqa xalqasi bo'yicha so'nish deb ham yuritiladi.

Tizim muvozanat holatga kelgunga qadar, kuchaytirgichning kuchaytirish koeffitsientini yana qanchaga oshirish mumkinligini ko'rsatuvchi qiymatga muvozanatlik deyiladi va u quyidagicha aniqlanadi:

$$\sigma = ((a_1+a_2)/2)-((S_1+S_2)/2)=X/2.$$

Agar berk tizimda ajratuvchi qurilmalar sifatida teng yekali DQ lar qo'llanilsa, unda

$$X=(a_{3-4}+a_{4-3})-(S_1+S_2)$$

ga teng bo'ladi.

Ishchi rejimdagi telefon kanallarining minimal zaiira muvozanati 24 dBga, muvozatligi esa $\tau = \frac{x}{2} = 12$ dbga teng bo'ladi.

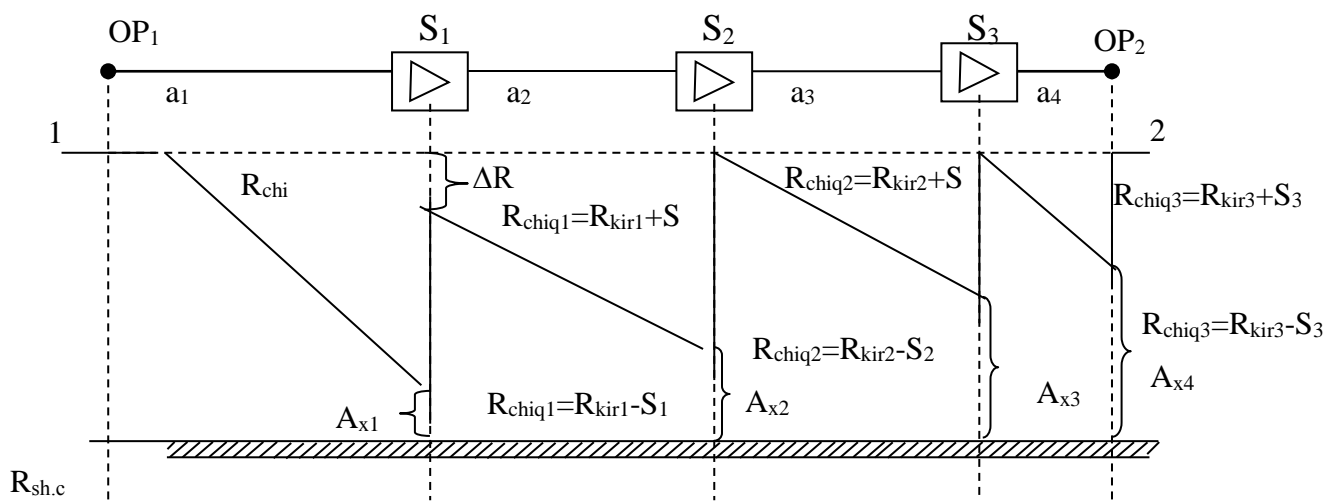
Teskari aloqa toklari tufayli kanallarning ikki simli qismida spetsifik shovqinlar deb ataluvchi amplituda-chastotaviy buzilishlar yuzaga keladi.

Teskari aloqa fazalarining o'zgarishiga bog'liq holda manfiy va musbat bo'lishi mumkin ya'ni kuchayish koeffitsienti oshishi yoki kamayishi mumkin.

Abonentlarning ikki tomonlama kanallarga ulanish nuqtalari mos kelmasligi tufayli elektrik aks sadolar yuzaga keladi. Bunday holda aks sadolarni o'tkazmaydigan maxsus qurilmalar qo'llaniladi. Bunday qurilmalarni qo'llaganda aloqa sifati birmuncha pasayadi.

2.7. Satx diagrammasi

Signallarning haqiqiy va nisbiy uzatish sathlari haqidagi tushuncha sath diagrammasi (SD)ni beradi. **Sath diagrammasi** deb, uzatish sathlarining aloqa kanali yoki trakti bo'ylab tarqalishiga aytiladi. Sath diagrammasi ichki va tashqi bo'lishi mumkin. Agar sathlar kanal bo'ylab tarqalsa ichki SD, agar magistral bo'ylab tarqalsa tashqi SD deyiladi. Sath diagrammasini quyidagicha faraz qilish mumkin:



2.13-rasm. Sath diagrammasi

Bu yerda: 1-kanalning kirishi; 2-kanalning chiqishi. $R_{sh.s.}$ -shovqin sathi.

Nazorat savollari

1. Qanday uzatish sathlarini bilasiz?
2. Signalning haqiqiy sathi deganda nimani tushunasiz?
3. Signalning nisbiy sathi deganda nimani tushunasiz?
4. Signalning qanday parametrlarini bilasiz?
5. Kanal xususiyatlarini xarakterlovchi signalning qanday parametrlarini bilasiz?
6. Kanallari chastota bo'yicha ajratilgan printsiptda kanal signallarini uzatish qanday amalga oshadi?
7. Kanallari vaqt bo'yicha ajratilgan printsiptdan kanal signallarini uzatish qanday amalga oshadi?
8. Diskretizatsiyalash jarayoni qanday amalga oshadi?
9. Kotelnikov teoremasining ma'nosi nimadan iborat?
10. Qoldiq so'nish deganda nimani tushunasiz?
11. TCh kanalning AChX si qanday me'yorga solinadi?
12. TCh kanalning AX si qanday me'yorga solinadi?
13. Qoldiq so'nishning me'yordan og'ishi, signalning sifatiga qanday ta'sir ko'rsatadi?
14. Ikki tomonlama telefon kanallari qanday tashkil qilinadi?
15. Sath diagrammasi deganda nimani tushunasiz?
16. DQ larning vazifasi va turlari haqida gapirib bering.

3. KANALLARI CHASTOTA BO'YICHA AJRATILGAN UZATISH TIZIMLARI

3.1. Kanallari chastota bo'yicha ajratilgan uzatish tizimlarida kanal signallarining shakllanishi

Kanallari chastota bo'yicha ajratilgan uzatish tizim (KChBAUT)larida liniyaga uzatiladigan har bir kanal signali alohida oraliq chastotalarda uzatiladi yani ular bir-biridan chastota diapozoni bilan farq qiladi.

Kanal signallarining egallagan oraliq chastotasi qancha tor bo'lsa, liniyaga uzatiladigan kanallar soni shuncha oshadi. Shuningdek bunday usul kanal signallarini shovqindan himoyalanganligini ham ta'minlashi lozim.

KChBAUTda kanal signallarini shakllantirish, amplituda- viy modulyatsiya (AM), fazaviy modulyatsiya (FM) va chastotaviy modulyatsiya (ChM) yordamida amalga oshishi mumkin. Agar tashuvchi chastota sifatida: $U \omega \cos(\omega t + \varphi \omega)$ garmonik tebranish, boshlang'ich (modulyatsiyalanuvchi) signal sifatida esa $U \Omega \cos(\Omega t + \varphi \Omega)$ garmonik tebranish qo'llanilsa, unda modulyatsiyalangan tebranish uchun tenglama quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\text{AMda: } U_{\text{am}}(t) = U \omega [1 + m \cos(\Omega t + \varphi)] \cos(\omega t + \varphi \omega) \quad (3.1)$$

bu yerda: m - modulyatsiyaning chuqurlik koeffitsenti.

$$\text{ChMda: } U_{\text{chm}}(t) = U \omega \cos [(\omega t + m \cos((\Omega t + \varphi \Omega + \pi / 2))), \quad (3.2)$$

bu yerda m_f -chastotaviy modulyatsiya indeksi;

$$\text{FMda: } U_{\text{fm}}(t) = U \cos [(\omega t + \varphi \omega + m \varphi \cos (\Omega t + \varphi \Omega)], \quad (3.3)$$

bu yerda: m –fazaviy modulyatsiya indeksi. (3.1)-(3.3) formulalarni garmonik tashkil topuvchilarning yig'indisi ko'rinishida faraz qilsak, unda quyidagilarga ega bo'lamiz:

$$U_{\text{am}}(t) = U \omega \cos(\omega t + \varphi \omega) + m/2 U \omega \cos[(\omega + \Omega)t + (\varphi \omega - \varphi \Omega)] + m/2 U_m \cos [(\omega + \Omega)t + (\varphi \omega + \varphi \Omega)], \quad (3.4)$$

$$U_{\text{chm}}(t) = U \omega \{ I_0(m_f) \cos(\omega t + \varphi_f) + \sum_{k=1}^{\infty} I_k(m_f) \cos[\omega t + k(\Omega t + \varphi \Omega)] + \sum_{k=1}^{\infty} (-1)^k I_k(m_f) \cos[\omega t + k(\Omega t + \varphi \Omega)] \}; \quad (3.5)$$

$$U_{\text{FM}}(t) = U \omega \{ I_0(m_f) \cos(\omega t + \varphi_f) +$$

$$\begin{aligned}
& + \sum_{k=1}^{\infty} I_k(m_\varphi) \cos[\omega t + \varphi_\omega + k(\Omega t + \varphi_\Omega + \pi/2)] + \\
& + \sum_{k=1}^{\infty} (-1)^k I_k(m_\varphi) \cos[\omega t + \varphi_\omega + k(\Omega t + \varphi_\Omega + \pi/2)] \}, \quad (3.6).
\end{aligned}$$

Bu yerda: $I_k(m_f)$, $I_k(m_\omega)$ – k - tartibli Bessel funktsiyasi. (4.4) formuladan ko'rinib turibdiki, amplitudaviy modulyatsiyada modulyatsiyalangan tebranish, tashuvchi chastota tebranishidan (ω) va 2 ta yon chastota ($\omega + \Omega$) tebranishidan iborat bo'lgan diskret spektrga ega. (3.5) va (3.6) formulalardan ko'rinib turibdiki, FM va CHMda modulyatsiyalangan signal faqatgina Boshlang'ich fazasi va modulyatsiyalash indeksi bilan farq qiladi. (3.4) formuladan ko'rinib turibdiki amplitudaviy modulyatsiyada, modulyatsiyalangan tebranish tashuvchi chastota tebranishidan (ω) va ikkita yon chastota tebranishidan, tashuvchi chastotaga nisbatan simmetrik joylashgan past va yuqori oraliq chastota spektrlaridan iborat bo'lgan cheksiz diskret tashkil topuvchilarga ega. Bu tashkil topuvchilarning amplitudasi modulyatsiyalash indeksiga bog'liq. Modulyatsiyalash indeksi qancha kichik bo'lsa, modulyatsiyalangan tebranishni uzatish uchun lozim bo'lgan chastota oralig'i shuncha kichkina. FM va ChM ning kam modulyatsiyalash indeksleri xuddi amplitudaviy modulyatsiyaga o'xshab kichkina, lekin ularning shovqindan himoyalanganligi, kichik modulyatsiyalash indeksida juda kichkina. Shuning uchun ham simli aloqa liniyalariga ega bo'lgan KChBA UTda kanal signallarini shakllantirish uchun amplitudaviy modulyatsiyadan foydalaniladi. Chunki u yuqori shovqinbardoshli va tor uzatish oralig'iga ega. Radiorele va fazoviy uzatish tizimlarida, liniyadagi shovqin sathi ancha kichik bo'lganligi tufayli ChM va FM qo'llaniladi. Bundan tashqari FM va ChM larni diskret va telefon signallarini uzatish tizimlarida yoki ChMni TCh kanallar bo'yicha faksimal signallarni uzatish tizimlarida qo'llash mumkin. Amplitudaviy modulyatsiyalangan kanal signallarini shakllantirishda quyidagi usullardan foydalanish mumkin:

- ikki oraliq yon chastota va tashuvchi;
- ikki oraliq yon chastota tashuvchisiz;
- bir oraliq yon chastota va tashuvchi;
- bir oraliq yon chastota tashuvchisiz;
- bir oraliq yon chastota va ikkinchi oraliq yon chastotani bir qismini uzatish.

Simli aloqa liniyalariga ega bo'lgan KChBA UT da bir oraliq yon chastotaga ega bo'lgan (tashuvchisiz) amplitudaviy modulyatsiyadan foydalaniladi.

Yuqorida aytib o'tilganidek, kanallari chastota bo'yicha ajratilgan usulda har bir kanal signali uchun alohida oraliq chastota ajratiladi. Berilgan birlamchi N kanal signallari umumiy holatda bir-biridan farq qilmaydi va bu signallarni bir vaqtning o'zida bitta liniyaga uzatib bo'lmaydi. Shuning uchun ko'p kanalli tizimlarni tuzishda uzatuvchi qismda birlamchi signallarni bir-biridan farqli, bir-biriga halaqit bermaydigan ravishda uzatish va qabul qiluvchi qismda ularni ajratib, Boshlang'ich signalga qaytish masalasi qarab chiqilgan.

Kanallari chastota bo'yicha ajratilgan uzatish tizimlarida quyidagi shartlar bajariladi:

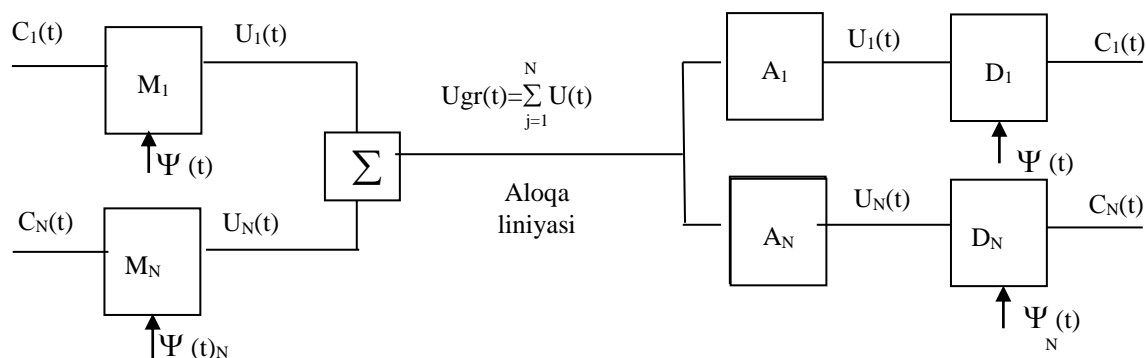
-birlamchi signal (0,3-3,4)ga kanal signali deb aytiluvchi shakl berish va farq qilishini ta'minlash (ya'ni kanal signallari birlamchi signalda barcha axborotga ega bo'lishi va bir vaqtning o'zida boshqa kanal signallari ham bir-birisidan farq qilishi);

-kanal signallarini guruhli signalga birlashtirish va uni bitta fizik zanjir orqali iloji boricha kam buzilishli holda uzatish;

-qabul qiluvchi qismda kanal signalini guruhli signal tarkibidan ajratib olish;

-kanal signallaridan Boshlang'ich signalni qayta tiklash lozim.

KChBA UT larining tuzilish sxemasi quyidagi 3.1-rasmda ko'rsatilgan:



3.1-rasm. KChBA UT larining tuzilish sxemasi

Bu yerda: $S_1(t) \dots S_N(t)$ -birlamchi signallar;

$U_1(t) \dots U_N(t)$ -kanal signallari;

$U_{gr}(t)$ -liniyadagi guruhli signal;

$S_1^*(t) \dots S_N^*(t)$ -birmuncha buzilishga ega bo'lgan signal;

$\Psi_1(t) \dots \Psi_N(t)$ -tashuvchi chastotalar;

$M_1 \dots M_N$ -modulyatsiyalovchi qurilma;

Σ - kanal signallarini yig'uvchi qurilma;

$A_1 \dots A_N$ -kanal signallarini ajratuvchi qurilma;

$D_1 \dots D_N$ -demodulyator.

Birlamchi signal ($S_1(t) \dots S_N(t)$)lar modulyatsiyalovchi qurilma ($M_1 \dots M_N$)da, tashuvchi chastota ($\Psi_1(t) \dots \Psi_N(t)$)lar yordamida kanal signallariga o'zgartiriladi yig'uvchi qurilma (Σ)da barcha kanal signallari yig'ilib, bir-biridan chastota diapozoni bilan farq qiluvchi guruhli signal hosil bo'ladi. Guruhli signalning xarakteristika va parametrlari shunday bo'lishi kerakki, signal liniya traktidan o'tganda buzilmasin. Qabul qiluvchi qismda ajratuvchi qurilma ($A_1 \dots A_N$)lar yordamida liniyadan tushgan guruhli signallar tarkibidan har bir kanalning signali ajratib olinadi. Kanal signallarini birlamchi signalga o'zgartirish –demodulyator ($D_1 \dots D_N$)larda amalga oshadi. Kanallari chastota bo'yicha ajratilgan uzatish tizimlarida, kanal signallari bir-birisidan yuqorida aytib o'tilganidek chastota diapozonida ma'lum bir chastota oralig'i bilan farq qiladi.

Tashuvchi chastota sifatida turli chastotalarga ega bo'lgan gormonikali tebranishlardan foydalaniladi.

3.2. Chastotalarni ko'p marta o'zgartirish printsiipi

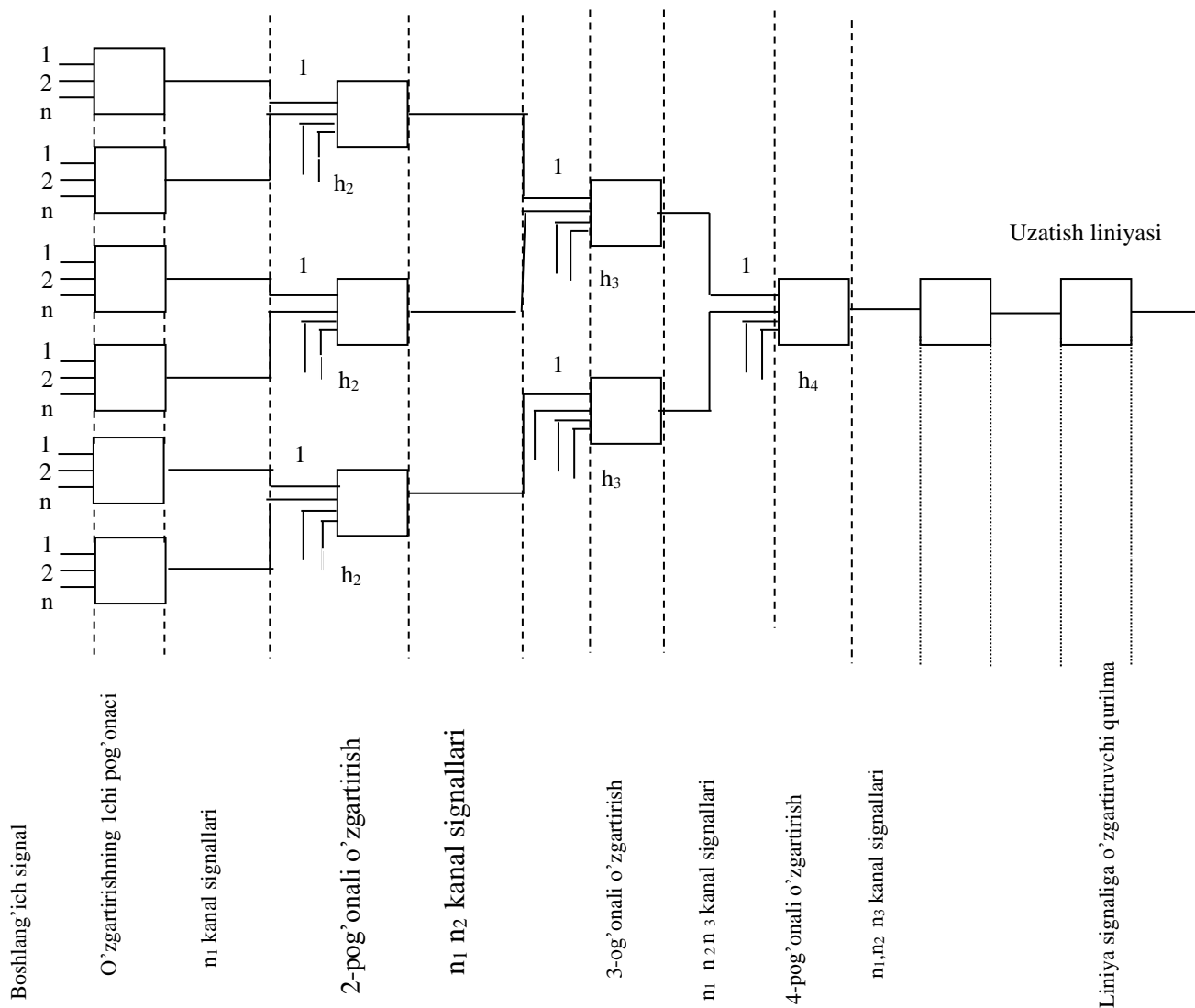
Kanallari chastota bo'yicha ajratilgan ko'p kanalli uzatish tizimlarining apparaturalarini tuzishda chastotalarni ko'p marta o'zgartirish usuli qo'llaniladi. Buning ma'nosi shundan iboratki, Boshlang'ich signallar liniyaga uzatilishidan oldin chastotalar shkalasi bo'yicha bir necha marta o'zgartiriladi qabul qiluvchi qismda esa teskari jarayon amalga oshadi. Ko'p marta o'zgartirish oddiy va arzon filtrlarni, har xil kanallar soniga ega bo'lgan uzatish tizimlarining standart qurilmalarini va liniyaning oraliq chastotasidan unumli foydalanish imkonini beradi.

KChBA UTLari shaxsiy va guruxli usulda tuzilishi mumkin. Shaxsiy usulda qurilganda o'zgartirgichlar, filtrlar, kuchaytirgichlar va boshqa qurilmalar har bir kanal uchun alohida va har bir oxirgi va oraliq stantsiyalarda kanallar soniga bog'liq holda shuncha marta takrorlanadi.

Agar har bir kanal uchun oxirgi apparaturalarning qurilmalari alohida va oraliq apparaturalarning qurilmalari esa barcha kanallar uchun umumiy bo'lsa, bunday usulga **guruxli** deyiladi.

Hozirgi paytda uzatish tizimlarini shaxsiy usulda tuzish usuli uzatish masofasining chegaralanganligi va kanallar soni kamligi tufayli qo'llanilmaydi. Chunki kanalning oraliq filtrlari nafaqat oxirgi, balki har bir oraliq stantsiyalarda ham qo'llaniladi. Shuning uchun oraliq stantsiyalarning soni oshishi bilan kanalning oraliq chastotasini samarali uzatish oraliq' i kichrayadi, bu esa oraliq stantsiyalarni va uzatish masofasini chegaralanishiga olib keladi. Bundan tashqari har bir oraliq stantsiya uchun bir xil xarakteristikalariga ega bo'lgan filtrlarni qo'llash qiyinchilik tujdiradi va apparaturalarni iajmini kattalashishiga va narxini oshishiga olib keladi. Yuqoridagi kamchiliklarni nazarda tutgan holda, kanallari chastota bo'yicha ajratilgan ko'p kanalli uzatish tizimlari guruhli usulda tuziladi. Ko'p kanalli uzatish tizimlarining guruhli usulda tuzilish sxemasi 3.2.-rasmda ko'rsatilgan.

Birlamchi pog'ona (shaxsiy o'zgartiruvchi pog'ona)da n kanal guruxli signallarga aylangan holda bir-birini berkitmaydigan oraliq chastotalarda joylashgan n_1 kanal signallariga o'zgaradi. Ikkinchi va qolgan pog'ona o'zgartirishlar guruhli hisoblanadi. n_1 kanal signallarining bir xil oraliq chastotalari, n_2 ikkinchi pog'onada n_1 , n_2 umumiy guruhli kanal signallariga o'zgartiriladi. Keyingi o'zgartirish pog'onasida n_1 , n_2 , n_3 guruhli kanal signallarining bir xil oraliq chastotalarini n_3 ga ko'chirgan holda bir-birini berkitmaydigan holda n_1, n_2, n_3 kanal signallariga o'zgaradi.



3.2-rasm. Ko'p kanalli uzatish tizimlarining guruhli usulda tuzilishi

n_1 kanal signallaridan hosil bo'lgan guruhga birlamchi, n_2 birlamchi guruhlari birlashtirilgan guruhga ikkilamchi (n_1, n_2), n_3 ni birlashtirish yo'li bilan olingan n_1, n_2, n_3 kanal signallariga uchlamchi guruhlar deyiladi.

Juda ko'p kanallar soniga ega bo'lgan uzatish tizimlarining apparaturalarini tuzishda to'rtlamchi va beshlamchi guruh kanallaridan foydalaniladi, hamda guruhli qurilmalarning yig'indisi acosiy **o'zgartiruvchi apparatura** deyiladi.

Acosiy o'zgartiruvchi apparatura chiqishidagi uzatish tizimining spektrini liniya spektriga o'zgartirish, o'zgartiruvchi apparatura orqali amalga oshiriladi. Bu apparatura har xil apparaturalar uchun turlicha va bir yoki ikki o'zgartirishdan iborat bo'lishi mumkin.

Liniya traktining oxirgi apparaturasi (LTOA) yordamida o'zgartiruvchi apparatura chiqishida spektr shakllanadi. Bunday qurilma tarkibiga acosan kuchaytirgichlar, sathni avtomatik boshqaruvchi qurilma, yo'naltiruvchi filtrlar kiradi.

3.3. Kanallari chastota bo'yicha ajratilgan ko'p kanalli uzatish tizimlarining liniya traktida va kanallarida hosil bo'luvchi shovqinlar

3.3.1. Shovqinlarning turlari

Shovqin bu, uzatilgan signalni qabul qilishga halaqit beruvchi begona elektrik tebranishlardir. U signalga ta'sir qilish xarakteriga bog'liq holda additiv va multiplikativ shovqinlarga bo'linadi. Additiv shovqinlar deb, kanal va traktlarda yuzaga keluvchi tasodifiy elektr yurituvchi kuchga aytiladi. Ular foydali signal bilan qo'shiladi va qabul qilish nuqtasi (uzatish kanalining, traktining chiqishiga) quyidagi kuchlanish bilan tushadi:

$$I_{qq}(t) = I_s(t) + I_{sh}(t).$$

Multiplikativ shovqinlar deb, kanal (trakt)ning uzatish koeffitsientini tasodifiy o'zgarishiga aytiladi. Bunday holda signalni qabul qilish nuqtasidagi kuchlanishi:

$$I_{qq}(t) = I_s(t) \cdot R_n(t),$$

bu yerda: R_n - traktning uzatish koeffitsienti. Bundan tashqari shovqinlar tebranishining shakli, chastota spektri yuzaga kelish joyi va halaqit beruvchi ta'siri bo'yicha ham sinflanadi. Shakli bo'yicha tebranishlar, uzluksiz va impulsli shovqinlarga bo'linadi. Ularning juda kichkina qiymati, o'rtacha qiymatni yuzlab xatto minglab oshishiga olib keladi. Uzluksiz shovqinlarning kichik qiymati ularning o'rtacha qiymatini bir necha o'n marta oshishiga olib keladi.

Chastota spektri bo'yicha, shovqinlar uzluksiz to'g'ri (oq shovqinlar ko'rinishida) va diskret spektrlarga bo'linadi. Ko'pgina hollarda fluktuatsiya xarakteriga ega bo'lgan shovqinlar (shaxsiy shovqinlar) uzluksiz to'g'ri va taxminan tekis spektrga ega, elektrlangan transport, yuqori voltli liniya, elektr ta'minoti qurilmalari shovqinlari diskret spektrga ega.

Yuzaga kelish joyi bo'yicha ichki va tashqi shovqinlarga bo'linadi. Ichki shovqinlar uzatish tizimining apparaturasini o'zida hosil bo'ladi. Unga masalan: shaxsiy shovqinlar nochiziqlik tufayli yuzaga keluvchi shovqinlar, mahalliy ulanish kontaktlarining yomonligi tufayli yuzaga keluvchi shovqinlar va x.k. kiradi. Tashqi shovqinlar kanal va traktlardan tashqarida hosil bo'ladi. Bunday shovqinlarning kelib chiqishiga parallel zanjirlar orasidagi aloqaning ta'siri, radiostantsiya signallarining ta'siri, sanoat uskunalarining shovqinlari momaqaldiroq razryadlari shovqinlari kiradi. halaqit beruvchi ta'siri bo'yicha shovqin va o'zaro o'tuvchi gaplashishlar ko'rinishidagi shovqinlarga bo'linadi. Ovozli signallarni uzatishda shovqinlar gaplashayotgan gapning aniqligini kamaytirgan holda (chiqillash, titrash ko'rinishida) nimjon signalning tashkil topuvchilarini qoplaydi. Ovozli signallarni uzatishda eng xavflisi o'zaro o'tuvchi gaplashishlardir. Ular aniq va noaniq o'zaro o'tuvchi gaplashishlarga bo'linadi. Aniq o'zaro o'tuvchi gaplashishlar aloqa maxfiyligini buzgan va abonentlarning

diqqatini o'ziga jalb qilgan holda ovozli pauzalarda boshqa kanallardan eshitiladi. Noaniq o'zaro gaplashishlar unchalik xavfli emas, chunki ularda boshqa kanallardan eshitiladigan gaplarni aniq eshitib bo'lmaydi. Diskret signallarni uzatishda shovqinlarning paydo bo'lishi, uzatiladigan axborotning ishonchiligini kamaytiradi, tasvirni uzatganda esa detallarni ajratish qiyinlashadi.

3.3.2. Shovqinlarni baholash va ularni me'yorlashtirish

Aloqa liniyasi bo'ylab uzatiladigan signallarda ta'sir qiluvchi shovqinlarni baholash uchun «himoyalanganlik» deb ataluvchi tushuncha kiritiladi. Signalning shovqindan himoyalanganligi quyidagicha aniqlanadi.

$$A_x = 10 \lg (R_s/R_{sh}) = R_s - R_{sh} \text{ dB};$$

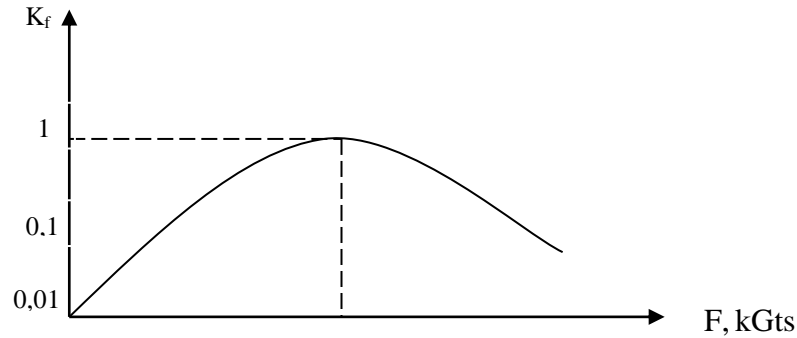
bu yerda: p , p_{sh} , R_s , R_{sh} -signalning quvvati va satxi. Ayniqsa himoyalanganlikni qo'llash, o'zaro o'tuvchi gaplashishlar ko'rinishidagi shovqinlarni baholashda qulaydir.

Nisbiy uzatish sathi ma'lum bo'lgan nuqtadagi shovqin ta'sirini, kuchlanish va shovqin quvvatining qiymati orqali ham baholash mumkin. Bunda foydali signalning quvvati aniqlanadi.

$$A_i = R_s - R_{sh} = 20 \lg I_s/I_{sh}, \text{ dB}.$$

Bu yerda: I_s va I_{sh} -signal va shovqinning kuchlanish qiymati. Telefon signallarining aniqligi me'yorida bo'lishi uchun himoyalanganlik 10 dbdan oshiq bo'lishi lozim. Telefon kanallaridagi shovqinlar ko'p chastotali murakkab tebranishlardan iborat. Qulojimizning sezuvchanligi esa xar xil chastotalar uchun turlicha. Shuning uchun ta'sir qiluvchi shovqinlarning barcha tashkil topuvchilarini, kuchlanish bo'yicha yig'indi bilan baholab bo'lmaydi, balki shovqinning psfometrik kuchlanishi bilan baholanadi.

Psofometrik kuchlanish deb, psfometr yordamida o'lchanadigan kuchlanishga aytiladi. Psofometrning o'zi kvadrat shakliga ega bo'lgan voltmetrdan va qulojimiz sezadigan oraliqdagi chastotaviy xarakteristika bilan asbob sezgirligining chastotaviy bog'lanishini ta'minlaydigan qurilmadan iborat. Bu qurilmaning uzatish koeffitsientini chastotaviy xarakteristikasiga mos keluvchi, egilgan sezuvchanlik 3.3-.rasmda ko'rsatilgan.



3.3-rasm. Quloq-telefon tizimining sezuvchanlik xarakteristikasi

Bu yerda kuchlanishning o'zgarishi faqatgina quloqqa ta'sir qiluvchi chastotalarda hosil bo'lishi mumkin. Tovush chastotali kanallar uchun quloqning eng yaxshi eshitish oralig'i 0,3-3,4 kGts, psfometrik qiymatning eng yaxshi oraliqqa bo'lgan nisbati esa taxminan 0,75ga teng va u psfometrik koeffitsent deb ataladi ($K_{ns} = 0,75$). Shovqinlarni baholashda psfometrik koeffitsent bilan birgalikda psfometrik quvvat ham qo'llaniladi (apparatura va magistrallarni loyixalashtirishda)

$$R_{n.s \text{ shovqin}} = K_n^2 \cdot r_{sh};$$

bu yerda: r_{sh} -ta'sir qiluvchi shovqin quvvati.

Aloqa kanallarida shovqinlarni me'yorlashtirish, kanalning talab qilingan sifatini ta'minlash maqsadida amalga oshiriladi.

Haqiqiy aloqa magistrali har xil uzunlikka va tuzilishga ega. Shuning uchun shovqinlarni meyorlashtirish etalon yoki gipotetik zanjir deb ataluvchi 2500 km uzunlikka ega bo'lgan shartli zanjir uchun amalga oshiriladi.

Nolinchi nuqtaga nisbatan shovqinning o'rtacha kvadratik qiymati 10000 pVtni tashkil etadi. Shundan: 2500 pikovati oxirgi va oraliq stantsiyalar hosil qilgan shovqinlar uchun ajratiladi, 7500 pikovati liniya traktida hosil bo'lgan shovqin quvvatlari uchun ajratiladi. Magistral bo'ylab kuchaytirgich punktlari teng oraliq masofalarda joylashishi hisobga olinsa, magistralling 1 km uchun ajratiladigan shovqin quvvati $7500 / 3$ pVt/km ga teng. Shunday qilib, mumkin bo'lgan shovqin quvvati quyidagicha aniqlanadi:

$$R_{\text{mumkin bo'lgan l.t. ...}} = 3 \cdot L \text{ pVt},$$

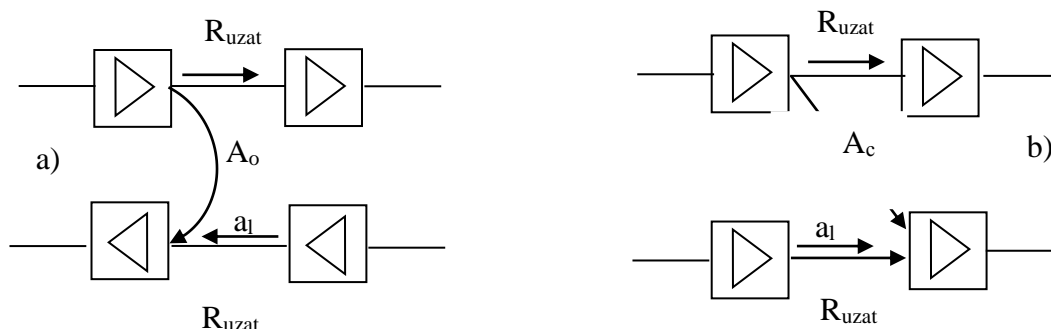
bu yerda: L- haqiqiy magistral uzunligi.

3.4. Chiziqli o'zaro o'tuvchi shovqinlar va ular bilan kurashish usullari

Chiziqli o'zaro o'tuvchi shovqinlarni, parallel zanjirlarda bir xil nomga ega bo'lgan kanallar bo'ylab signallarni uzatish natijasida yuzaga keluvchi shovqinlar deb tasavvur qilish mumkin. Parallel zanjirlar orasidagi o'zaro o'tuvchi

shovqinlarni (ta'sirlar) hosil bo'lishining acosiy sababi, shu zanjirlarning simlari orasidagi induktiv va sijimli aloqaning mavjudligidir. Bundan tashqari, o'zaro o'tuvchi shovqinlar aloqa liniyasi konstruksiyasining bir xil emasligi, yuklamalarning mos kelmasligi va uchinchi zanjirning ta'siri orqali aniqlanadi. O'zaro o'tuvchi shovqin (ta'sir)lar quyidagilarga bo'linadi: yaqindagi o'zaro o'tishlar, uzoqdagi o'zaro o'tishlar.

Yaqin va uzoqdagi o'zaro o'tishlar quyidagi 3.4-rasmda ko'rsatilgan:



3.4-rasm. Yaqin va uzoqdagi o'zaro o'tishlar

Agar birorta parallel zanjirga ulangan energiya manbai va boshqa parallel zanjirga ulangan energiya qabul qiluvchisi bitta punktda joylashgan bo'lsa, bunday ta'sirga yaqindagi o'zaro o'tishuvchi shovqinlar (ta'sirlar) deyiladi.

Agar zanjirga ulangan manba va qabul qilgich xar xil punktlarda joylashgan bo'lsa, bunday ta'sirlarga uzoqdagi o'zaro o'tuvchi shovqinlar (ta'sirlar) deyiladi. Uzoqdagi o'zaro o'tuvchi so'nishlar (A_e) xar doim yaqindagi o'zaro o'tuvchi so'nishlardan katta bo'lgan $A_e > A_o$ va shuncha mos holda uzoqdagi himoyalanganlik yaqindagi himoyalanganlikdan katta bo'ladi: $A_{xe} > A_{xo}$.

$$A_{o'o} = A_o - A_x - \Delta r, \text{dB}$$

$$A_{o'e} = A_e - A_x - \Delta r, \text{dB}$$

$$\Delta = R_{uzat2} - R_{uzat1}$$

Bu yerda: A_o -yaqindagi so'nish; A_e -uzoqdagi so'nish;

a_l -liniyadagi so'nish;

R_{uzat1} -ta'sir qiluvchi zanjirga ulangan uzatuvchi kuchaytirgich chiqishidagi satx.

R_{uzat2} -ta'sir ostida qolgan uzatuvchi kuchaytirgich chiqishidagi satx. Shuning uchun zichlashtiruvchi apparatura shunday tuzilishi kerakki, amalda faqatgina yaqin tugallanishdagi ta'sirlar hisobga olinsin.

Shularni nazarda tutgan holda simmetrik kabel zanjirlari bo'yicha tashkil qilinuvchi yuqori chastotali aloqada ikki kabelli aloqa tizimlari qo'llaniladi. Bunday tizimlarda qarama-qarshi tomonlarning uzatish yo'nalishlaridagi juftliklar,

turli kabellarda joylashtiriladi. Yaqindagi lozim bo'lgan o'zaro o'tuvchi so'nishlar (140db dan kam bo'lmagan) kabelning ekranlashtirilgan qobiji hisobiga amalga oshiriladi. Parallel havo aloqa liniyalari orqali tashkil qilinuvchi yaqindagi o'zaro o'tuvchi ta'sirlarni yo'qotish uchun signallarni bir xil oraliq chastotada uzatish lozim (bir yo'nalishda). Shuning uchun 12 kanalli zichlashtiruvchi apparaturaning yuqori chastotali guruxi (92-143 kGts) va 3 kanalli zichlashtiruvchi apparaturaning past chastotali guruxi (4-16kGts) shimol-janub va jarb-sharq yo'nalishi bo'yicha uzatiladi, 12 kanalli zichlashtiruvchi apparaturaning past chastotali guruxi (36-84 kGts) va 3 kanalli zichlashtiruvchi apparaturaning yuqori chastotali guruxi (18-31kGts) teskari yo'nalishda uzatiladi. Uzatish yo'nalishini bunday tashkil qilinishi, ko'p kanalli tizimlarni bitta zanjir bo'ylab birgalikda ishlashi uchun sharoit yaratadi.

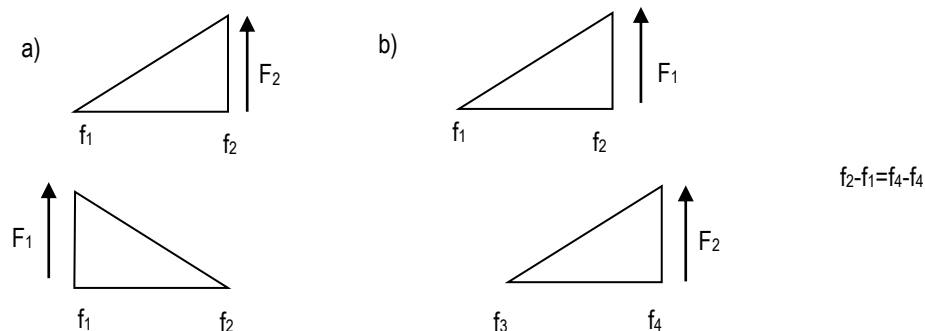
Uzoq tugallanishdagi o'zaro o'tuvchi ta'sirlardan himoyalanganlikni oshirish uchun, parallel zanjirlarning bir xil nomlanadigan kanallarida quyidagicha shartlar bajarilishi lozim:

1. Apparaturaning kirish qarshiligi liniyaning to'lqinli qarshiligi bilan moslashgan bo'lishi lozim. Aks holda, aks qaytgan to'lqinlarning yuzaga kelishi tufayli o'zaro ta'sir qiluvchi shovqinlar zudlik bilan oshadi. Liniyaning to'lqinlari qarshiligini mos kelish darajasi (Z_1) va apparaturaning kirish qarshiligi (Z_a) aks qaytish koeffitsienti yordamida baholanadi.

$$R = \frac{|Z_a - Z_1|}{|Z_a + Z_1|}$$

2. Ta'sir qiluvchi va ta'sir ostida qolgan kanallarni uzatish sathlarining farqi ΔR , 2-3 dbdan oshmasligi lozim. Agar o'zaro o'tuvchi gaplashishlarning himoyalanganligi yetarli bo'lmasa, unda quyidagi usullardan foydalaniladi: chastotalar inversiyasi; parallel zanjirlarda bir xil nomlanuvchi kanallarni oraliq chastotalarini surish.

Parallel zanjirlarda bir xil nomlangan kanallarning oraliq chastotalari inversiyasida, liniya spektri bir xil chegaraga ega bo'ladi, lekin turli tashuvchi chastotalarga ega bo'lgan past va yuqori yon oraliqlarga mosdir. Bunday holatda o'zaro o'tuvchi toklar birgalikda joylashadi, aloiida chastota tashkil topuvchilari qabul qiluvchi qismda o'zgartirgandan keyin tashuvchi chastota qiymatlari xar xil bo'lganligi tufayli teskari bo'ladi, ya'ni chastota bo'yicha yuqori bo'lgan Boshlang'ich signalning tashkil topuvchisi past chastotali tashkil topuvchiga o'zgaradi va teskarisi, ya'ni o'zaro o'tuvchi gaplashishlarning aniqligi yo'qoladi.



3.5.-rasm. Oraliq chastotalar inversiyasi va surilgan holati

Parellel zanjirlarda bir xil nomlangan kanallar bo'yicha oraliq chastotalarni surishda, tashuvchilarni bir-birisiga nisbatan surish yordamida hosil bo'lgan bir xil kenglikdagi oraliq chastotalar uzatiladi (3.5.b-rasm). Bunday holda, qabul qiluvchi qismda ta'sir ostida qolgan kanalda turli tashuvchi chastotalar natijasida o'zaro o'tuvchi tok tashkil topuvchilarining bir qismigina paydo bo'ladi. Shuning uchun o'zaro o'tuvchi gaplashishlar noaniq shovqinlarga o'zgaradi. Bu o'zaro o'tuvi toklarning energiyasini bir qismigina o'tgani uchun kamayadi. Inversiya va chastota oraliqlarini surish usullarini bir vaqtda qo'llasa xam bo'ladi.

3.5. Kanal va tarktlarda signallarning buzilishi. Buzilishlarni kelib chiqish sabablari

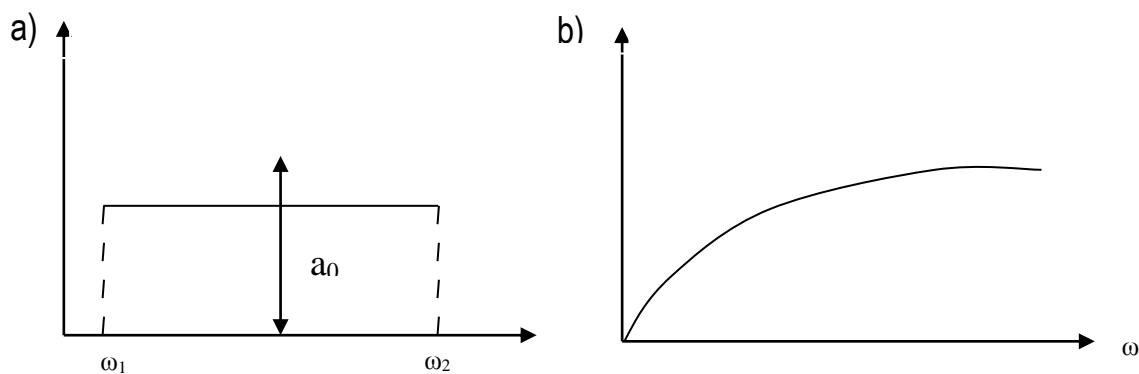
Liniya tizimlari bo'ylab signallarni buzilishsiz uzatish uchun:
- barcha chastota diapozonida so'nish bir xil bo'lishi;

$$a(\omega) = a_0 = const$$

- faza-chastotaviy xarakteristika to'g'ri chiziqli bo'lishi yoki guruhli o'tish vaqti chastotaga bog'liq bo'lmasligi lozim.

$$t_{GOV}(\omega) = const.$$

Haqiqiy traktda reaktiv elementlarning mavjudligi, so'nish va guruhli o'tish vaqtining chastotaga bog'liqligini yuzaga kelishiga, bu esa uzatiladigan signallarni buzilishiga olib keladi. Bunday buzilishlar chiziqli deb ataladi, chunki ularning qiymati uzatiladigan signalning amplitudasiga bog'liq emas. Liniyaning ideal va real amplituda chastotaviy xarakteristikasi 3.6-rasmda ko'rsatilgan.



a) Ideal xarakteristika,

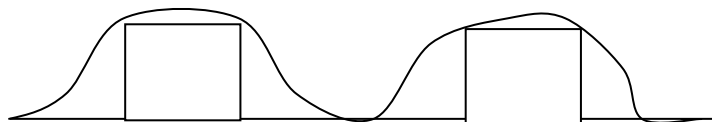
b) Real xarakteristika

3.6–rasm. Liniyaning ideal va real amplituda chastotaviy xarakteristikasi.

Chiziqli buzilishlar quyidagi turlarga bo'linadi:

- amplituda chastotaviy buzilish;
- fazo chastotaviy buzilish.

Chiziqli buzilishlar turli signallarni uzatish sifatiga har xil ta'sir ko'rsatadi, ya'ni bir xil emas. Harakatli va xarakatsiz ta'svirli signallarni uzatishda amplituda chastotaviy buzilish (AChB) va fazo-chastotaviy buzilish (FChB) lar mavjud bo'lganligi tufayli, uzatilayotgan signal shakli buziladi. Bu esa tasvirning aniqligini yo'qotadi va nisbatini buzadi. Natijada impulslar quyidagi ko'rinishga keladi.



3.7-rasm. Liniyaga uzatilgan impuls shaklining buzilishi.

AChB va FChBlarning ikkalasi ham diskret axborotlarni uzatishda ta'sir qiladi, ya'ni uzatiladigan impulslarning bir biriga qo'shib ustma-ust tushishiga olib keladi (3.7-rasm). Shuning uchun ovozli axborotlarni uzatishda faqatgina AChBning oshishi gapning aniqligini haqiqiylikini yo'qotadi va kanallari chastota bo'yicha ajratilgan uzatish tizimlarida alohida kanallarni shovqindan himoyalanganligini pasayishiga olib keladi. Sababi, chiziqli buzilishlar har doim oxirgi punktgacha yig'ilib boradi, FChBlar esa musiqiy ovozli eshittirish signallarini uzatishda ovozning balandligini oshirish tezligini o'zgartiradi.

3.5.1. Chiziqli buzilishlarning sinflari

Liniyadagi filtr va kuchaytirgichlar sababli yuzaga kelgan AChBlar acosiy hisoblanadi. Filtrlar natijasida hosil bo'lgan buzilishlar ekspluatatsiya qilish davrida o'zgarmaydi. Ularning parametrlari o'zgarmas bo'lgan amplitudaviy

sozlagichlar yordamida birlashtiriladi. Liniyaning amplituda chastotaviy buzilishi ob-havo sharoitiga, kuchaytirgichlarda esa manba ta'minotining kuchlanishiga va havo haroratiga bog'liq. Shuning uchun bu buzilish o'zgaruvchan hisoblanadi va uni o'zgaruvchan amplitudaviy sozlagich yordamida me'yorlashtirish mumkin, ya'ni chastotaviy xarakteristikani ekspluatatsiya qilish jarayonida sozlagichlar yordamida o'zgartirish mumkin. Bu sathni avtomatik boshqarish qurilmasi (SABQ) yordamida amalga oshiriladi. Amplitudaviy sozlagich va o'zgaruvchan amplitudaviy sozlagichlar AChBlarning barchasini yo'qota olmaydi. Bunday qoldiq buzilishlarga sozlash natijasida yuzaga kelgan farqli buzilishlar deyiladi. Bu qoldiq buzilishlar trakt bo'ylab chiziqli qonun bo'yicha yig'ilada va unga tez-tez paydo bo'luvchi yoki tizimli buzilishlar deyiladi. Buzilishlarni to'g'rilash uchun bir nechta kuchaytiruvchi uchastkalaridan keyin magistral sozlagichlar ulanadi. Sozlagich elementlarining parametrlari natijasida hosil bo'luvchi buzilishlar (lampalar tufayli) tasodifiy deb hisoblanadi va ularni to'g'rilash uchun gormonik sozlagichlar qo'llaniladi.

3.5.2. Avtomatik sath boshqarish (ASB) qurilmasi

Havo aloqa liniyasi va kabelli aloqa liniyalarining parametrlari doimiy emas. Atrof muhit haroratining o'zgarishi va tuproq haroratining o'zgarishi havo aloqa liniyalarida va kabelli aloqa liniyalarida so'nishni o'zgarishiga olib keladi. Uzoq masofali aloqa liniyalarida so'nishning o'zgarishi, ko'chaytirgich uchastkalarida yig'ilib katta qiymatlarni hosil bo'lishiga olib keladi. Liniyadagi so'nishning oshishi, qoldiq so'nishni (a_{qold}) oshishiga olib keladi, bundan tashqari foydali signalning uzatish sathini oshishiga sababchi bo'ladi.

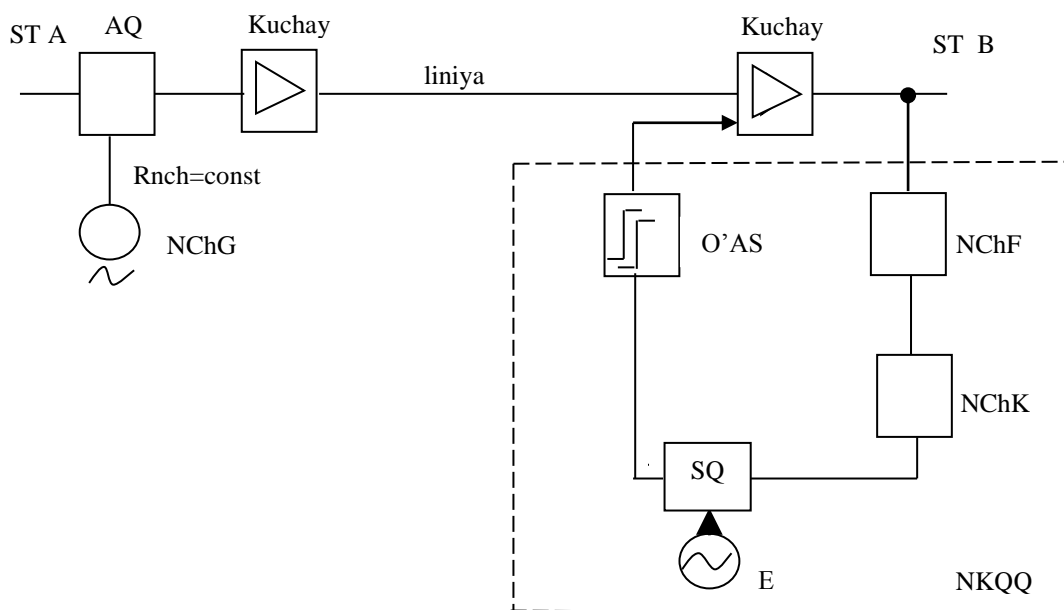
Liniyadagi so'nishning kamayishi qoldiq so'nishni kamayishiga va generatsiyani yuzaga kelishiga olib keladi. Bundan tashqari oraliq stantsiyalarning chiqishida signalni uzatish sathi oshadi. Oxirgi va oraliq stantsiyalarda kuchayishning o'zgarishi (ta'minot manbai kuchlanishining o'zgarishi, eskirishi, lampalarning o'zgarishi) qoldiq so'nishni o'zgarishiga olib keladi. Yuqoridagilardan shunday xulosa qilish mumkinki, aloqani me'yorida ta'minlash uchun (havo aloqa liniyalari va kabelli aloqa liniyalari bo'yicha) traktning yuqorida ko'rsatilgan barcha parametrlarini to'g'rilash lozim. Buning uchun bir qator choralar ko'riladi. Shular jumlasiga quyidagilar kiradi:

- ta'minot manbai ko'chlanishini mo'tadillashtirish;
- chuqur teskari manfiy aloqaga ega bo'lgan ko'chaytirgichlarni qo'llash;
- kichik amplituda chastotaviy buzilishlarni vaqt bo'yicha sekin o'zgarishini to'g'rilash uchun kosinusoidal filtrlarni qo'llash;
- zanjirli uchastkalaridagi oxirgi va oraliq stantsiya kuchaytirgichlaridagi so'nish va AChBlarni o'zgarishini to'g'rilash uchun avtomatik sath boshqarish qurilmalarini (ASQ) joylashtirish lozim.

ASB qurilmalari quyidagilarga bo'linadi:

- uzluksiz nazorat qiluvchi tizim;
- liniya trakti uchastkalarini nazorat tizimi;

Nazorat chastotasi bo'yicha ASB tizimi uzluksiz nazorat tizimlaridan hisoblanadi. Nazorat chastota bo'yicha ASB tizimining tuzilish sxemasi 3.8-rasmda ko'rsatilgan.



3.8-rasm. Bir chastotali ASB tizimi.

NChG- nazorat chastota generatori:

R_{nch} - nazorat chastota sathi;

$(R_{nch} = \text{const})$, $(R_{nch} < R_s)$

AQ- ajratuvchi qurilma;

Kuchayt.- kuchaytirgich;

NChF- nazorat chastota filtri;

NChK- nazorat chastota kuchaytirgichi;

SQ- sozlashtiruvchi qurilma;

O'AS- o'zgaruvchan amplitudaviy sozlagich;

E- etalon generator;

NKQQ- nazorat kanali qabul qilgichi.

Havo aloqa liniyalarida qonun bo'yicha ikki chastotali ASB qurilmalari qo'llaniladi. ASB qurilmalari, oraliq va qabul qiluvchi stantsiyalarda o'rnatiladi. O'AS qabul qiluvchi qismdagi kuchaytirgichning teskari aloqa zanjiriga ulangan. NChG uzatish traktiga tizimning liniya spektri bilan birgalikda yuborish uchun nazorat chastota ishlab chiqaradi. Buning uchun liniya traktiga nazorat chastota toklari yuboriladi. Nazorat chastota liniya spektrining chekkasidan yoki liniya spektrining o'rtasidan tanlanadi. Nazorat chastotaning sathi o'zgarmas bo'lishi shart, chunki u qayerda (qaysi punktda) nazorat qilinayotgan bo'lsa, bu sathning o'zgarishi faqatgina liniyadagi so'nishni o'zgarishiga bog'liq bo'lishi mumkin.

Nazorat chastota toklarining manbai, maxsus nazorat chastota generatori (NChG) hisoblanadi va u ajratuvchi qurilma (AQ) orqali kuchaytirgich (Kuchayt.)

kirishiga ulangan. Kuchaytirgichga oshiqcha yuk bo'lmisligi uchun nazorat chastota sathi signal sathidan past bo'lishi lozim. Sozlash amalga oshiriladigan punktlarda kuchaytirgich chiqishiga, parallel holda nazorat kanali qabul qilgichi ulanadi. Bu qurilma tor oraliqli filtr va nazorat chastota kuchaytirgichidan iborat.

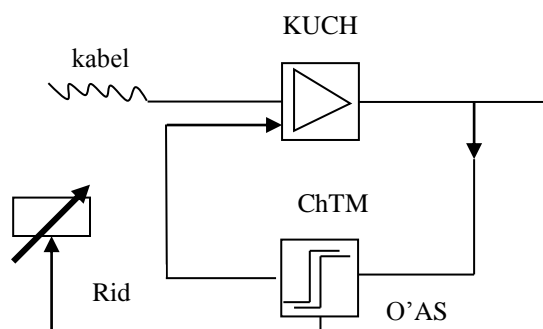
Ajratilgan va kuchaytirilgan nazorat chastota toki, etalon signal bilan solishtirishni amalga oshiruvchi, solishtiruvchi qurilma (SQ)ga beriladi. Signal sathi etalon qiymatdan ojsa, SQ chiqishida ayirma toklari hosil bo'ladi. Bunday signalni me'yorga keltirish uchun O'AS so'nishni shunday o'zgartirsinki, nazorat chastota signali chiqishda taxminan kerakli bo'lgan qiymatga teng bo'lsin.

Ko'rinib turibdiki, bu tizimda faqatgina nazorat chastota kuchaytirgich chiqishida nominal qiymatdan farqli bo'lsagina sozlash jarayoni amalga oshadi.

Nazorat chastota bo'yicha ASB qurilmasiga quyidagicha talablar qo'yilgan:

- sozlovchi qurilma oddiy bo'lishi;
- chidamliligi yuqori bo'lishi;
- ta'minot qiymatiga talabi kichik bo'lishi;
- juda kichkina farqqa ega bo'lgan natijada ham, uni sozlash chegarasi yuqori bo'lishi;
- nazorat chastota tasodifan yo'qolgan taqdirda ham, sozlagichlar o'zining qobiliyatini saqlashi shart.

Tuproq xarorati bo'yicha ishlovchi nazorat tizimini qo'llaganda kabeldagi so'nish o'zgarishini, tuproq xaroratini nazorat qilish orqali aniqlash mumkin. Bunday tizimlar acosan kabelli aloqa liniyalarida ishlatiladi. Kabel xaroratining o'zgarishi va uning so'nishi orasida bir xil bog'lanish mavjud bo'lganligi tufayli, kabeldagi so'nishning o'zgarishi haqidagi axborotni, kabel yotqizilgan tuproqning harorati bo'yicha bilsa bo'ladi, bunday nazorat tizimiga tuproq xarorati o'zgarishi bo'yicha ishlovchi ASB tizimi deyiladi.



3.9-rasm. Tuproq xaroratining o'zgarishi bo'yicha ishlovchi ASB qurilmasi.

Bu yerda: R_{ID} - issiqlik datchigi. Bu sozlovchi element hisoblanib, kabel yotqizilgan chuqurlikda joylashgan. Shunday qilib, tuproq xaroratining o'zgarishi bo'yicha ishlovchi ASB qurilmasi, tuproq xaroratiga bog'liq holda so'nishni sozlaydi. Issiqlik datchigi tuproqqa joylashganligi tufayli vaqtning har qanday lazasida kabel qanday xaroratga ega bo'lsa, u ham xuddi shunday haroratga ega bo'ladi. Bunday qurilmaning afzalligi shundan iboratki, u oddiy tuzilishga ega va

chidamli, kamchiligi esa, sozlash farqi anchagina katta, chunki ASB zanjiri ulanmagan va sozlash natijalari sozlagichga teskari ta'sir ko'rsata olmaydi (qayta teskari aloqa zanjiri orqali sozlay olmaydi). Bunday qurilmalar faqatgina nazorat chastotalari bo'yicha ishlovchi ASB qurilmalari bilan birgalikda ishlashi mumkin.

3.6. Magistral, mintaqaviy va ichki tarmoqlarda qo'llaniladigan, kanallari chastota bo'yicha ajratilgan uzatish tizimlari

3.6.1. Magistral va mintaqaviy tarmoqlarda qo'llaniladigan, kanallari chastota bo'yicha ajratilgan uzatish tizimlari

Hozirgi paytda magistral tarmoqlar diametri 2,6/9,4 mmli koaksial kabel juftliklari, mintaqaning ichki tarmoqlari esa kichik diametrli koaksial yoki simmetrik kabellar orqali tashkil qilinadi. Bundan tashqari, bunday tarmoqlarda radiorele liniyalari (RRL) ko'p qo'llaniladi. Diametri me'yorida bo'lgan koaksial kabelli liniyalar orqali K-1920 P va K-3600 uzatish tizimlari, kichik diametrga ega bo'lgan koaksial kabel juftliklari orqali K-300 va simmetrik kabellar orqali K-60 P uzatish tizimlari ishlaydi. Bu barcha tizimlar bir polosali, to'rt simli sxema bo'yicha tuzilgan. Endi uzatish tizimlari haqida qisqacha ma'lumotlarni qarab chiqamiz.

K-3600 uzatish tizimi, ikkita koaksial juftlik orqali 3600 tovush chastotali kanal (TChK)ni yoki 1800 TChKni va ovozli eshittirish (OE) kanaliga ega bo'lgan televizion (TV) kanali va ikkita OE kanalini olish imkonini beradi. Tizimning liniya spektri 812-1759 kGts oraliq chastotani egallaydi, aloqa masofasining uzunligi 12500 km. Bu tizim, umumiy uzunligi 25000 km bo'lgan xalqaro aloqa uchastkalari sifatida ham qo'llanilishi mumkin.

K-3600 uzatish tizimining liniya traktida xizmat talab qiladigan kuchaytirgich punktlari (XTQKP) va xizmat talab qilmaydigan kuchaytirgich punktlari (XTQyKP) qo'llaniladi. 186 km bo'lgan XTQKP -XTQKP uchastkasida masofadan ta'minot oluvchi 61 ta XTQyKPlari joylashadi. Kuchaytirgich uchastkalarining uzunligi $3 \pm 0,075$ kmni tashkil etadi. Tovush chastota bo'yicha qabul qilib uzatuvchi uchastkaning maksimal uzunligi 1500 kmgga teng. XTQyKP uch turga bo'linadi: acosiy (uchastka uzunligiga bog'liq holda kuchayishni sozlash), har 12 XTQyKPda sozlash va to'g'rilash imkoniyati mavjud. Sozlovchi XTQyKPlar, o'zgaruvchan avtomatik holda satxni boshqarish (o'-ASB) qurilmasiga va tuproq xarorati bo'yicha ASB qurilmasiga ega. Kabelning yillik o'rtacha xaroratining tebranish qiymatiga bog'liq holda (Δt) har beshinchi, ($\Delta t = \pm 12,5$ °S) har oltinchi ($t = \pm 9$ °S) yoki har sakkizinchi ($t = \pm 6,5$ °S) XTQyKP sozlovchi hisoblanadi. Sozlovchi XTQyKPlari amplituda chastotaviy buzilishlarni sozlovchi qurilmaga ega. Barcha XQKPlarida uch chastotali tuproq harorati bo'yicha ishlovchi ASB qurilmasi qo'llaniladi.

K-1920 P uzatish tizimi, kabelning ikki juftligi orqali 1920 TCHK yoki 30 TChK va ovozli eshittirishga ega bo'lgan TV kanalini uzatish imkoniga ega. Tizimning liniya spektri 312-8544 kGts, aloqa masofasining uzunligi 12,5 ming km. TCh bo'yicha qabul qilib uzatuvchi uchastkaning maksimal uzunligi 1500 km.

Yuqoridagi ko'rsatilgan aloqa masofasini XTQKP va XTQyKP lari ta'minlaydi. Ikkita XTQKP orasidagi masofa KM-4 kabelini qo'llanganda 246 kmdan, km-8/6 kabelini qo'llaganda esa 186 kmdan oshmasligi lozim. Taklif qilingan kuchaytirgich uchastkalarining uzunligi $6 \pm 0,15$ km ga teng. Bu tizimda acosiy va sozlovchi XTQyKPlari qo'llaniladi. Har to'rtinchi ($t = \pm 12,5$ °S), har oltinchi ($t = \pm 9$ °S) yoki har sakkizinchi ($t = \pm 6,5$ °S) XTQyKPlar sozlovchi hisoblanadi (XTQKP orasida).

K-300 uzatish tizimi, ikkita koaksial juftlik orqali 300 TChK ni hosil qilish imkoniga ega. K-300 ning liniya spektri 60-1300 kGts, aloqaning maksimal uzunligi 12500 km kanallarni tarqatish maqsadida magistral bo'ylab uchta ikkilamchi guruhni ajratish imkoni qarab chiqilgan. XTQKlari orasidagi masofa 246 kmdan oshmasligi lozim. Taklif qilingan kuchaytirgich qurilmasining uzunligi 6 km. Sektsiyadagi XTQyKPlarining soni 40ga teng. Bu tizimda 3 turdagi: tuproq xarorati bo'yicha ishlovchi ASB qurilmaga, nazorat chastota bo'yicha ishlovchi ASB qurilmaga va amplituda chastotaviy xarakteristikasini sozlovchi qurilmaga ega bo'lgan XTQyKPlardan foydalaniladi. Sozlovchi XTQyKPlari har 60 km, 90 kmdan joylashtiriladi.

Barcha oxirgi punktlarda va XTQKPlarda ikki chastotali o'zgaruvchan ASB qurilmasi qo'llaniladi.

K-60 P uzatish tizimi 12...252 kGts chastota spektrida simmetrik kabel bo'yicha ishlaydi. Tizimning kanallari orasidagi aniq o'zaro o'tishlarni yo'qotish uchun bitta to'rtlikka ega bo'lgan kabel qo'llaniladi. Bunda bitta uzatish tizimining liniya spektri acosiga mos keladigan holda, ikkinchisi esa invertsiyalangan holda qo'llaniladi. Aloqaning maksimal uzunligi 12500 kmga, TCH bo'yicha qabul qilib uzatuvchi uchastkaning uzunligi 2500 kmga teng. K-60 P uzatish tizimida ikki va uch chastotali o'zgaruvchan ASB qurilmasiga ega bo'lgan XTQKP qo'llaniladi. Ikkita chastotali XTQKP orasida maksimal aloqa masofasi 300 km, uch chastotalida esa 600 kmni tashkil qiladi. Ikkita XTQKP orasida masofadan ta'minot oluvchi 12 tagacha XTQyKPni joylashtirish mumkin. Kuchaytirgich uchastkalari orasidagi masofa 19,4 km ga teng. Barcha XTQyKPlari chastotaga bojlagan, tuproq harorati bo'yicha ishlovchi ASB qurilmasiga ega.

3.6.2. Mahalliy tarmoqlarda qo'llaniladigan uzatish tizimlari

Hozirgi paytda mahalliy tarmoqlarda ham kanallari chastota bo'yicha ajratilgan uzatish tizimlari qo'llaniladi. Ularni ShTS (shaharlararo telefon stantsiyasi) va qishloq ATSlari orasida abonent liniyalarini ulovchi sifatida qo'llash mumkin. Bu tizimlarning xususiyati shundan iboratki, aloqa qilish masofasi kam, qisqa masofalarga aloqa o'rnatishda oxirgi qurilmalarga kam xarajat sarflanadi.

Mahalliy tarmoqda quyidagicha uzatish tizimlari qo'llaniladi: V-3-3 s, AVU va KAMA.

Mahalliy tarmoqlarda qo'llaniladigan uzatish tizimlari ikki simli hisoblanadi. Bu punktlarning ayrim turlarida oraliq kuchaytirgich tizimlarida liniya traktini arzonlashtirish maqsadida ikkala uzatish yo'nalishidagi signallarni

kuchaytirish uchun bitta kuchaytirgich qo'llaniladi. Endi uzatish tizimlari haqida qisqacha ma'lumotlarni qarab chiqamiz.

AVU uzatish tizimi, SHTSlarning abonent liniyasidan qo'shimcha kanallar olish uchun qo'llaniladi. Bunda 0,3-3,4 kGts oraliqda signallarni uzatish buzilmaydi. Qo'shimcha kanalni yana taksafon uchun liniya sifatida qo'llasa ham bo'ladi. AVU tuzatish tizimidagi so'nish abonent liniyasining 3,5 km uzunlikdagi so'nish bilan mos tushadi.

KAMA uzatish tizimi ATS, ATS va ShTS (shaharlararo telefon stantsiyasi) orasida ulovchi liniyalarni tashkil qilish uchun qo'llaniladi. Bu uzatish tizimida yo'naltiruvchi muhit sifatida MKS, VTSPV, KSPPB, KSPPB va T turidagi kabellar ishlatiladi. KAMA uzatish tizimi ikki variantda ishlashi mumkin: bitta yo'nalishda 12...252 kGts chastota spektrida bir kabelli ikki polosali va teskari yo'nalishda 312-548 kGts spektrda, 12-248 kGts chastota spektri ikki kabelli bir polosali sxema bo'yicha 30 ta TCH kanalni tashkil qilish imkoniga ega. Tizim MKS, MKPV, KSPP va VTSP kabellari orqali ikki polosali bir kabelli kabi, T kabelini qo'llaganda ikki kabelli bir polosali rejimda ham ishlashi mumkin. MKS kabelini qo'llaganda kuchaytirgich uchastkasining uzunligi 14.3 km, uzatish masofasi esa 80 kmni, KSPP kabelini qo'llaganda kuchaytirgich usastkasi 8 km, uzatish masofasi esa 50 kmni tashkil etadi. T turdagi kabelni qo'llaganda, himoyalanganlik talabini qondiruvchi juftlikni tanlash lozim. Unda kuchaytirgich uchastkasining uzunligi shovqin sathlari yuqori bo'lganligi tufayli 3,3 kmni, aloqa masofasi esa 23 kmni tashkil etadi. Bitta kanal signalini uzatish uchun 8 kGts chastota ishlatiladi.

V-3-3s uzatish tizimi uchta TCh kanal va aloqa xizmati kanalini hosil qilish uchun mo'ljallangan. Ikkita TCh kanal orqali ikkinchi sinfli ovozli eshitirish kanalini hosil qilish kumkin. Uzatuvchi muhit sifatida aloqa liniyalari yoki maxalliy tarmoqlarning ulovchi liniyalari qo'llaniladi. Uzatish tizimi simli, ikki polosali tizim bo'yicha tuzilgan. Bitta yo'nalishda signallarni uzatish 4-16 kGts da, teskari yo'nalishda 18-30 kGts yoki 19-31 kGts oraliq chastotada amalga oshadi. 4 kGts gacha oraliq chastotada xizmat aloqa kanali tashkil qilinadi. V-3-3s uzatish tizimi tarkibiga oxirgi va masofadan ta'minot oluvchi xizmat talab qilmaydigan stantsiyalar kiradi. Ikkita oxirgi stantsiya orasida ikkita XTQyKP lari joylashadi. Bunday holda, mis zanjirlarni qo'llanganda maksimal aloqa masofasi 75 kmni tashkil etadi. V-3-3 S uzatish tizimida ikki chastotali ASB qurilmasi qo'llaniladi.

Nazorat chastota sifatida bitta yo'nalishda 4 va 16 kGts, ikkinchi yo'nalishda 18 va 30 yoki 19 va 31 kGts qo'llaniladi. ASB qurilmasi bilan faqatgina oxirgi stantsiyalar ta'minlangan, XTQyKP larida ASB qurilmasi yo'q.

Nazorat savollari

1. KChBA uzatish tizimlarida qaysi modulyatsiya turi ko'p qo'llaniladi va nima uchun?
2. KChBA uzatish tizimlariga qanday shartlar qo'yilgan?
3. Nima uchun chastotalarni ko'p marta o'zgartirish lozim?

4. Guruhli usulning afzalligi nimada?
5. KChBA uzatish tizimlarining liniya traktida va kanallarida hosil bo'luvchi shovqinlarning qanday turlarini bilasiz?
6. Shovqinlar qanday baholanadi?
7. Aloqa kanallaridagi shovqinlarning me'yori qanday?
8. Chiziqli o'zaro o'tuvchi shovqinlar qachon yuzaga keladi?
9. O'zaro o'tuvchi shovqin ta'siridan himoyalanganlikni qanday oshirish mumkin?
10. Kanal va traktlarda nima sababli buzilishlar yuzaga keladi?
11. Qanday buzilish turlarini bilasiz?
12. Chiziqli buzilishlar signal sifatiga qanday ta'sir ko'rsatadi?
13. Chiziqli buzilishlar qanday sozlanadi?
14. Aloqa tarmoqlarida qo'llaniladigan qanday KChBA uzatish tizimlarini bilasiz?

4. KANALLARI VAQT BO'YICHA AJRATILGAN UZATISH TIZIMLARINING TUZILISH PRINSIPI

4.1. AIM signalining xususiyatlari

Hozirgi paytda elektr aloqada raqamli usulda signallarni uzatish juda ko'p qo'llaniladi. Chunki u analog usulga nisbatan qo'yidagicha bir qancha afzalliklarga ega:

- shovqindan himoyalanganlikning yuqoriligi, bu acosan ruxsat etilgan sathlarning soni kam bo'lgan kodlarni qo'llash bilan bog'liq. Raqamli uzatish tizim (RUT)larining yuqori shovqinbardoshlilik, shovqin sathi yuqoriligi tufayli analog uzatish tizim (AUT)lari ishlay olmaydigan aloqa liniyasidan foydalana olish imkonini beradi. Bu quyidagilar bilan bog'liq:

- aloqa sifatini liniya uzunligini bog'liq emasligi. Bu raqamli signallarni regeneratsiyalash hisobiga amalga oshadi. Raqamli shaklda amalga oshuvchi tranzitlar xam amalda aloqa sifatini pasaytirmaydi;

- diskret axborotlarni uzatishda RUT kanallarini qo'llashning yuqori samaradorligi. hozirgi paytda RUTlar orqali o'zining fizik tabiatiga ega bo'lgan juda ko'p diskret oqimlarni uzatish mumkin. Bunda raqamli signallar kanalning past chastotali tugallanishini chetlab o'tgan holda to'g'ridan-to'g'ri guvili traktga kirgiziladi. RUTlarda bitta telefon kanalining o'rniga 50-60 Kbit/s li raqamli oqimlarni uzatish mumkin, AUTlarda esa bitta TCh kanalda 10 Kbit/s dan oshmagan tezlikdagi oqimni uzatish mumkin;

- integral raqamli tarmoqlarni tuzish imkoniyati integral aloqa tarmoqlarini qurishda, RUTlari va raqamli signallarni kommutatsiyalash tizimlari acosiy hisoblanadi. Bunday tarmoqlarda tranzit va kommutatsiyalash raqamli usulda amalga oshadi. Raqamli tarmoqlarda barcha apparatura majmualarida yuqori integratsiyalash darajasiga ega bo'lgan integral sxemalar bazasidan foydalaniladi. Yuqori chidamlilikka ega bo'lgan va bir xil printsipda tuzilgan qurilmalarni qo'llash, tarmoqni boshqarish va uning holatini nazorat qilish, ajratilgan tarmoqning barcha operatsiyalarini yuqori darajada avtomatlashtirish bilan bog'liq bo'lgan masalalarni tarmoqning chidamliligini va mustaxkamligini tashkil qilishni ta'minlaydi. RUTlarning eng acosiy kamchiligidan biri, uning keng oraliqligidir. Kanallari chastota bo'yicha ajratilgan AUTlarda bitta TCh kanalni uzatish uchun 4 kGts ajratiladi. Shuning uchun N-kanalli tizimlarning guruhli signalini chastota spektrini kengligi: $\Delta F_{kchba}=4 \cdot N$ kGts. IKMli RUTlarda guruhli signal spektrining kengligi taxminan taktli chastotaga teng. $\Delta F_{IKM}=f_t \cdot f_g \cdot m \cdot N$. Mavjud RUTlarda telefon signallari uchun $f_g=8$ kGts ga teng.

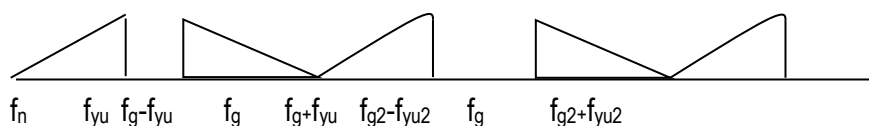
Demak $\Delta A_{gr\ q}=2048 \cdot 8 \cdot 8 \cdot T \cdot 64/N=16$ marta, ya'ni guruhli IKM signalining chastota spektrini kengligi AUTlarga nisbatan taxminan 16 marta keng. Shuning uchun RUTlarining liniya traktidagi oraliq punktlarini, AUTlarinikiga nisbatan yaqinroq joylashtirish lozim. Bunda liniya traktini narxi oshadi (kuchaytirgich punktlarining soni ko'paygani xisobiga), lekin RUTlarning oxirgi qurilmalari murakkab va qimmatbaio filtrlardan iborat emas va uning qurilmalari

AUTlarnikiga nisbatan arzon. Shuning uchun bunday uzatish tizimlari barcha aloqa tarmoqlarida keng tarqalgan.

Endi uzluksiz ko'rinishdagi signallarni raqamli signal ko'rinishga o'tkazish usullarini qarab chiqamiz. Analog (uzluksiz) signaldan raqamli signalga o'tish uchun 3 ta operatsiya amalga oshiriladi:

- diskretizatsiyalash;
- diskret impulslarni kvantlash;
- kvantlangan qiymatlarni kodlash.

Signallarni vaqt bo'yicha diskretizatsiyalash jarayoni Kotelnikov teoremasiga asosan amalga oshiriladi. f_n - f_{yu} (f_n -signalning past chastotasi, f_{yu} -signalning yuqori chastotasi) chastota oralig'ida diskretizatsiyalangan amplitudaviy impulsi modulyatsiya (AIM) signallarining spektri, f_n - f_{yu} oraliqda diskretizatsiyalanadigan signalning tashkil topuvchilaridan va diskretizatsiyalash chastotasi garmonikalarining oraliq chastotalaridan (birinchi garmonikani hisobga olmaganda) iborat.



4.1 rasm. Diskretizatsiyalangan signalning tashkil topuvchilari

AIM signalining chastota spektrini qarab chiqib shuni aytish mumkinki, $0 \dots f_{yu}$ o'tkazuvchanlik oralig'iga ega bo'lgan past chastotali filtr (PChF) yordamida uni osongina demodulyatsiyalash mumkin. Haqiqatdan ham, bu filtr AIM signalni past chastotali tashkil topuvchilarini o'tkazadi. Odatda demodulyatsiyalash jarayonida shovqinlar hosil bo'lmasligining iloji yo'q. 4.2.a - rasmdan ko'rinib turibdiki, $f_g > 2f_{yu}$ da past yon chastotaning past chegarada va birlamchi signal spektrining yuqori chegarasi orasida $f = (f_g - f_{yu}) - f_{yu} = f_g - 2f_{yu}$ oraliq chastota qoladi. Bunday holatda AIM signal spektridan birlamchi signal spektrini ajratib olish imkoni bor.



4.2 - rasm.

Yuqoridagi 4.2.a-rasmda $f_g = 2f_{yu}$ holatga mos keluvchi spektral diagramma ko'rsatilgan. Bu diagrammada Boshlang'ich signalni AIM signal spektridan ajratib olish qiyin. Uni faqatgina ideal PChF orqaligina ajratib olish mumkin. Lekin

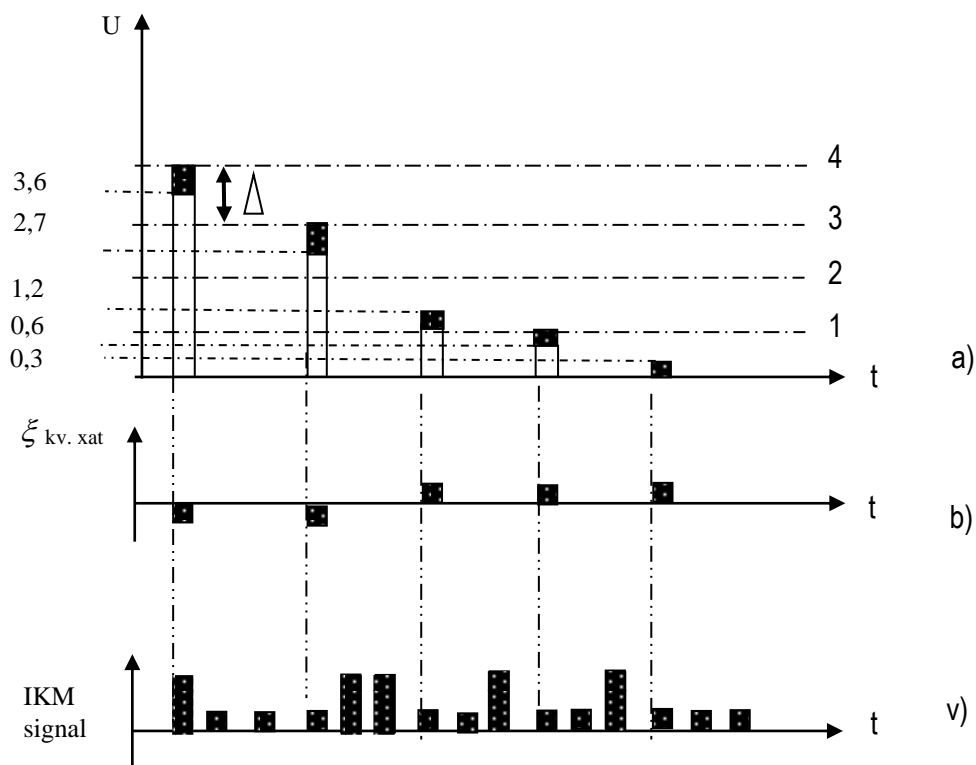
bunday filtrlarning boshqa o'tkazuvchanlik oralig'idagi so'nish cheksiz darajada katta bo'lganligi tufayli qo'llanilmaydi. $f_g < 2f_{yu}$ da esa (4.2-b-rasm) birlamchi signal spektri va past yon chastotalar spektri bir-birini berkitadi, shuning uchun ham bunday holatda AIM signalni buzilishsiz demodulyasiyalashning iloji yo'q. Amalda diskretizatsiyalash chastotasi $F_g = (2,15 \dots 2,4)f_{yu}$ shartiga binoan tanlanadi. Bu esa amalda uncha murakkab bo'lmagan va qimmat past chastotali filtr yordamida buzilishsiz demodulyatsiyalashni ta'minlaydi. Elektron kalitlar chiqishidagi diskretizatsiyalangan signallar AIM-1 (birinchi tartibli AIM signallar) deb nomlanadi. AIM-1da impulslarning yuqori qismi Boshlang'ich signalning sinusoidal qonuni bo'yicha o'zgaradi. Aloqa texnikasida yuqori qismi tekis xoldagi ikkinchi tartibli AIM (AIM-II) signallari ko'p qo'llaniladi. Bunday signallarda birlamchi signallarning yuqori chastotali tashkil topuvchilari pasaytiriladi.

4.2. Impulsi-kodli modulyatsiya. Tekis va notekis kvantlash. Kodlovchi qurilmalarning tuzilishi

Hozirgi paytda RUTlarda impuls kodli modulyatsiya (IKM) juda keng tarqalgan. IKMda AIM signalning vaqt bo'yicha ajratilgan bo'laklari kodli guruhlarga o'zgartiriladi. Ular 1 va 0 lar ketma-ketligidan iborat ikkillik simvollar deyiladi. IKMni amalga oshirish uchun, yuqorida aytganimizdek, 3 ta operatsiya amalga oshiriladi[^]

- vaqt bo'yicha signallarni diskretizatsiyalash;
- olingan impulslarni amplituda bo'yicha kvantlash;
- amplituda bo'yicha kvantlangan impulslarni kodlash.

Diskretizatsiyalash operatsiyasi oldin qarab chiqilgan, endi kvantlash va kodlash operatsiyasini qarab chiqamiz. IKMda signallarni o'zgartirish quyidagi 4.3-rasmda ko'rsatilgan.



4.3-rasm. Kvantlash va kodlash operatsiyasi

Olingan ko'p kanalli guruhli AIM signalni (4.3.a-rasm) sath bo'yicha kvantlash lozim. Bu jarayon sonlarni o'zgartirish protsedurasi bilan bir xil. Ikkita qo'shni uzatish satxlari orasidagi farq **kvantlash qadami** (Δ) **deyiladi**. Agar signalning vaqt bo'yicha ajratilgan bo'lagining amplitudasi ikkita ruxsat etilgan satxlar orasida yarim qadamdan oshsa ($\Delta/2$), uning qiymati katta tomonga, agar kvantlash qadamining yarmidan kichik bo'lsa, kichkina tomonga yaxlitlanadi. Bunday yaxlitlashlar farqlar bilan kuzatiladi. Signalning vaqt bo'yicha ajratilgan bo'lagining haqiqiy qiymati va uning kvantlash qiymati orasidagi farq kvantlash **xatoligi** yoki kvantlash shovqinlari deyiladi va u quyidagicha aniqlanadi:

$$\xi_{kv\ xat}(t) = U_{AIM}(t) - U_{kv}(t).$$

Kvantlash sathlarini raqamlashni amalga oshirgan holda signal satxining o'zini emas, balki ikkilik kodlardagi shkala sathining qiymatini uzatish mumkin. Signalning qiymatlari 4.1-jadvalda berilgan.

4.1-jadval

Signalning vaqt bo'yicha ajratilgan bo'laklari	$U_{AIM}(t)$	$U_{kv}(t)$	$\xi_{kv\ xat}(t)$	N	Ikkilik kod
1	3,6	4	-0,4	4	100
2	2,7	3	-0,3	3	011
3	1,2	1	0,2	1	001
4	0,6	1	-0,4	1	001
5	0,3	0	0,3	0	000

Bu yerda $U_{AIM}(t)$ -signalning vaqt bo'yicha ajratilgan bo'laklarini amplitudasi (8.1.a-rasm)

$U_{kv}(t)$ -ularning kvantlangan qiymatlar (8.1-b rasm.);

$\xi_{kv\ xat}(t)$ kvantlash xatoliklari (8.1.-v rasm.);

N- kvantlash sathlarining raqami

Ikkilik kod kvantlangan satx qiymatlaini o'nlik qiymatini ikkilik kodga o'zgartirish amalga oshadi. Bunday o'zgartirish natijasida olingan impulslar ketma-ketligi guruhli IKM signal hisoblanadi. O'nlik qiymatlarni ikkilikka o'zgartirishni quyidagi qonun bo'yicha oson amalga oshirish mumkin:

1. Shartli kvantlash qadamlarini ikkilik sonlarda, quyidagi yig'indi ko'rinishida faraz qilish mumkin: Masalan: $105 = 64 + 32 + 8 + 1$
2. ξ_{2^m} sonlarining qatoriga, sonlar qayerda bo'lsa, 1 qayerda yo'q bo'lsa 0 qo'yiladi

$$\begin{array}{cccccccc}
 64 & 32 & + & 8 & + & 1 & = & 105 \\
 \underbrace{} & \underbrace{} & & & \underbrace{} & & \underbrace{} & \\
 \downarrow & \downarrow & & \downarrow & \downarrow & & \downarrow & \\
 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 &
 \end{array}$$

Guruhli signalning vaqt bo'yicha ajratilgan bo'laklarini kvantlangan qiymatlari orasidagi nol va birlar yig'indisi kodli guruxlar deyiladi va kodli guruhdagi uning razryadi bir va nollar ketma-ketligi bilan aniqlanadi. Masalan: 011-uch razryadli kodli gurux, 1101001-etti razryadli kodli gurux. Agar kodli guruh m razryaddan iborat bo'lsa, unda bunday m razryadli kodni $M=2^m$ sath uchun kodlash mumkin, $m=5$ da $M=32$, $m=7$ da $M=128$ va x.k. Kvantlash

satxlarning soni ma'lum bo'lsa, kodli guruxlarning razryadini quyidagi tenglik orqali aniqlash mumkin:

$$M = \log_2 M_{R,E},$$

bu yerda $M_{R,E}$ - ruxsat etilgan sathlar soni. U simmetrik kodlar uchun quyidagicha aniqlanadi:

$$M = \frac{|U_{\max}|}{\Delta} + 1.$$

Natural kodlar uchun esa:

$$M = 2 \frac{|U_{\max}|}{\Delta} + 1,$$

bu yerda:

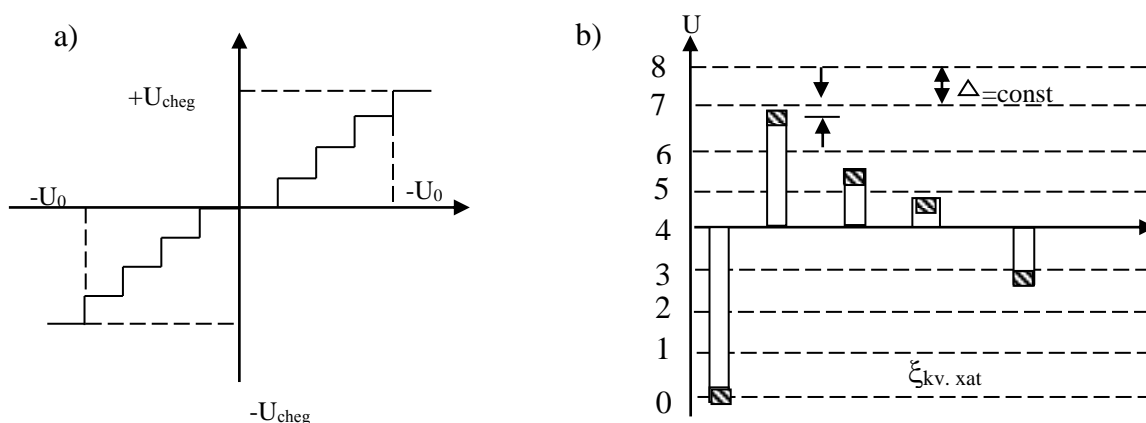
U_{\max} - impulsning maksimal amplitudasi;

Δ - kvantlash qadami.

Signalning vaqt bo'yicha ajratilgan bo'laklarini amplitudasini kodli guruhlarga o'zgartiruvchi qurilmaga **koderlar**, teskari o'zgartiruvchi qurilma esa **dekoderlar** deyiladi. Ikkala kodlovchi va dekoderlovchi qurilmalarga **kodeklar** deyiladi. IKMli RUTlarda signallarni kodlash jarayonida tekis va notekis kvantlash shakallaridan foydalaniladi.

4.2.1. Tekis kvantlash

Agar signalning amplitudaviy qiymatlari uchun mumkin bo'lgan chegarada kvantlash qadamlari doimiy qolsa ($\Delta = \text{const}$), bunday kvantlashga tekis kvantlash deyiladi.



4.4-rasm. Tekis kvantlash

a) kvantlovchi qurilmaning amplitudaviy xarakteristikasi;

b) kvantlash xatoligi.

4.4.a-rasmda teng kvantlash qadamiga ega bo'lgan kvantlash qurilmasining amplitudaviy xarakteristikasi $U_{\text{chiq}} = f(U_{\text{kir}})$ ko'rsatilgan. Amplitudaviy xarakteristika (AX) kvantlash zonasi va chegaralash zonasi kabi ikkita xarakterli uchaskaga ega. Birinchi uchastka uchun kirish signallarini kvantlashning o'zi xarakterli va ularning qiymati (U_{kir}) quyidagi $-U_0 \leq U_{\text{kir}} \leq U_0$ chegaralariga ega. Ayrim laizalarda kirish signalining qiymati U_0 qiymatidan oshishi mumkin, ya'ni $U_{\text{kir}} > U_0$. Shunga mos holda signalning maksimal oniy qiymatlarida chegaralash ro'y beradi va kvantlash shovqinlaridan tashqari yana chegaralash shovqinlari ham yuzaga keladi. Odatda, IKMli uzatish tizimlarining kanallarini kirishidagi signal sathi shunday tanlanadiki, signalning statistik xarakteristikalarini nazarda tutgan holda ehtimollikning oshishi $U_{\text{max}} > U_0$ yetarli darajada kichik bo'lishi lozim. Shuning uchun ham IKMli tizimlarda chegaralash shovqinlari emas, kvantlash shovqinlari mavjud. Teng qadamda kvantlash shovqinlarining o'rtaga quvvati: $R_{\text{kv.sh}} = \Delta^2/12$ ga teng. Bu yerda: Δ kvantlash qadami. Tekis kvantlashda, kvantlashning shartli satxlarning maksimal soni quyidagiga teng:

$$M_{\text{kv}} = (2/U_{\text{max}} // \Delta) + 1 = (2/U_{\text{cheg}} // \Delta) + 1$$

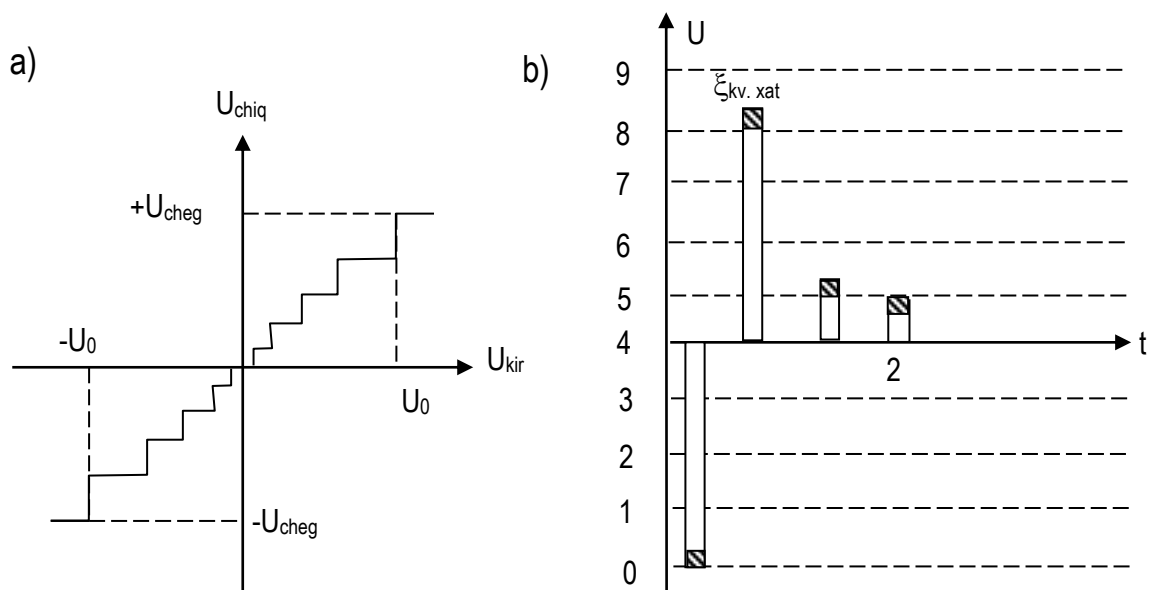
Tekis kvantlashda, kvantlashning nisbiy xatoligi, kirish signalining vaqt bo'yicha ajratilgan bo'laklarining qiymatiga bog'liq.

4.4.b-rasmda ko'rsatilgan signalning birinchi qiymati uchun maksimal kvantlash xatoligi $1/8$ ga, ikkinchisi uchun esa $1/2$ ga teng. Shuning uchun ham tekis kvantlashning kamchiligi shundan iboratki, past satxli signallar uchun nisbiy kvantlash xatoligi yuqori va signal satxi oshishi bilan u kamayadi. Kvantlash satxlarning sonini aniqlashda telefon signallarining o'rtacha qiymati ancha past bo'lgan uzoqdagi abonentlar nazarda tutilishi lozim. Odatda signalning shovqinga bo'lgan nisbatini me'yori bo'yicha, barcha abonentlarning $99,7\%$ uchun tekis kvantlashda lozim bo'lgan satxlar soni $M_{\text{kv}} = 512-2048$ gacha bo'lishi lozim, bu esa kodli guruxda to'qqiz-o'n razryadni talab qiladi. Shunday qilib, abonent signallarining o'rtacha quvvatining keskin o'zgarishi tekis kvantlashda satxlar sonining oshishiga va apparaturalarni murakkablashib ketishiga va keyinchalik guruxli raqamli signallarning raqamli oqimlarini tezligini oshishiga olib keladi. Tekis kvantlashning yuqoridan kamchiliklarni abonent signallarining quvvatini o'rtacha satxini avtomatik holda sozlashni ta'minlash va notekis kvantlashni amalga oshirish orqali ta'minlash mumkin.

4.2.2. Notekis kvantlash

Abonent signallarining o'rtacha qiymatini o'zgarishiga bog'liq bo'lgan kvantlash xatoliklarini nisbatan tenglashtirish va kvantlash qadamlarining sonini mos holda kamaytirish uchun notekis (nochiziqli) kvantlash qo'llaniladi. Notekis kvantlashda signal satxi oshishi bilan kvantlash qadami kvantlanadigan signalning amplitudaviy qiymatini mumkin bo'lgan chegarasida o'zgaradi. Kvantlashning

nisbiy xatoligi signal satxi oshishi bilan oshadi, lekin uning nisbiy qiymati ya'ni kvantlash xatoligining signalga bo'lgan nisbati o'zgarmaydi. Notekis kvantlashni qo'llash, barcha diapazonda kirishdagi abonent signallarining o'rtacha quvvatini, kvantlash xatoligining signalga bo'lgan nisbatini to'g'rilash imkonini beradi.



4.5-rasm. Notekis kvantlash

- a) kvantlovchi qurilmaning amplitudaviy xarakteristikasi;
- b) kvantlash xolatoligi.

Bundan tashqari tekis kvantlash bilan solishtirganda kvantlash qadamlarining sonini 2..4 marta qisqartirish hisobiga ruxsat etilgan satxlar soni $M_{kv}=128 \dots 256$ taga kamayadi, bu esa kodli guruxda ettita-sakkizta razryad talab qiladi.

Kvantlash qurilmasining notekis (nochiziqli) amplitudaviy xarakteristikasini bir necha usullar orqali olish mumkin:

- kompessor qurilmalari yordamida; kodlashdan oldin kirish signalining dinamik diapazonini kichraytirish va chiqishdagi signalni dekoderlangandan keyin ekspander qurilmalari yordamida dinamik diapozonini kengaytirish;

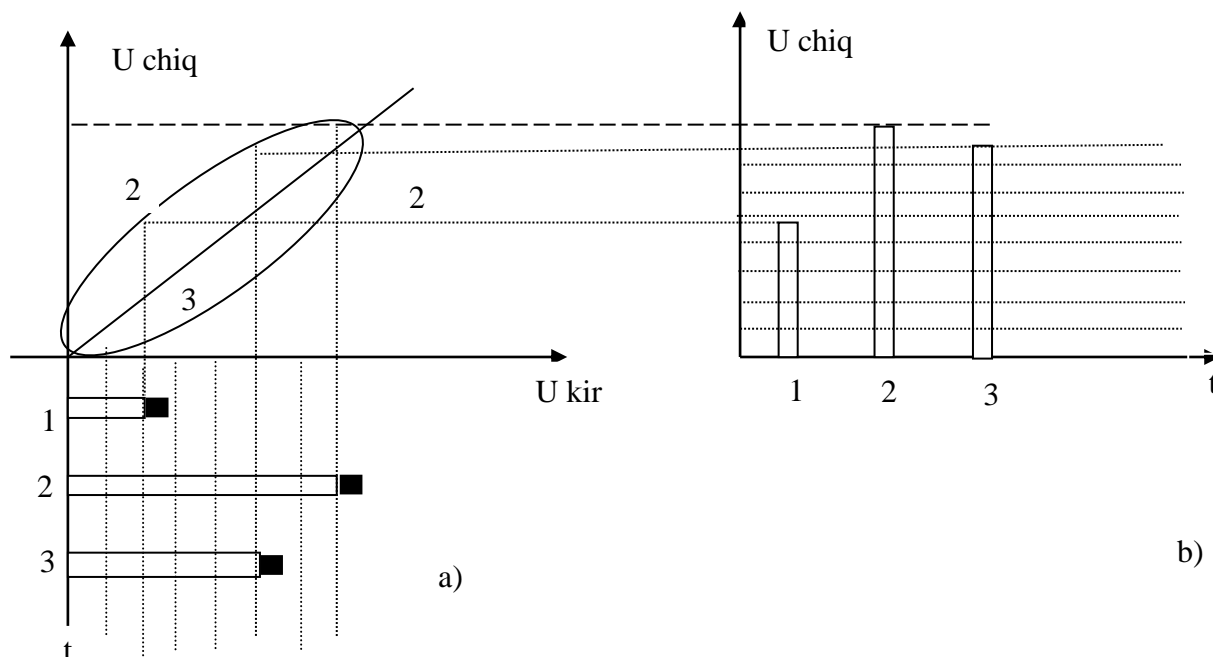
- raqamli kompanderlash;

- notekis kodlash va dekoderlash. Shulardan eng ko'p tarqalgani birinchi usuli hisoblanadi.

4.6-rasmda dinamik diapozonni siquvchi kompressorning notekis amplitudaviy xarakteristikasi va unga tushuvchi guruxli signallarning vaqt bo'yicha bo'laklari ko'rsatilgan.

Tekis kvantlash xarakteristikasiga ega bo'lgan koderlardan oldin kompressorlarni qo'llash, notekis kvantlashni olish imkonini beradi. Qabul qiluvchi qismda signalning Boshlang'ich dinamik diapazonini qayta tiklash uchun,

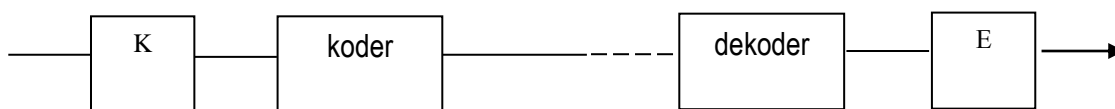
amplitudaviy xarakteristikasi kompressor xarakteristikasiga teskari bo'lgan ekepanderlar qo'llaniladi (2-egri chiziq). Kompander va ekspander zanjirining yig'indi amplitudaviy xarakteristikasi (3-chiziq), to'g'ri bo'lishi lozim.



4.6-rasm. Notekis kvantlash uchun kompander qurilmasini qo'llash

- a) kompanderning amplitudaviy xarakteristikasi;
- b) kompressor chiqishidagi guruxli signal.

Bunday usulning kamchiligi, kompressor va ekspanderning o'zaro teskari amplitudaviy xarakteristikasini katta aniqlikda olishni juda murakkabligidir. Natijada yig'indi amplitudaviy xarakteristikaning notekisliligi tufayli uzatiladigan signallarda nochiziqli buzilishlar hosil bo'lishi mumkin.

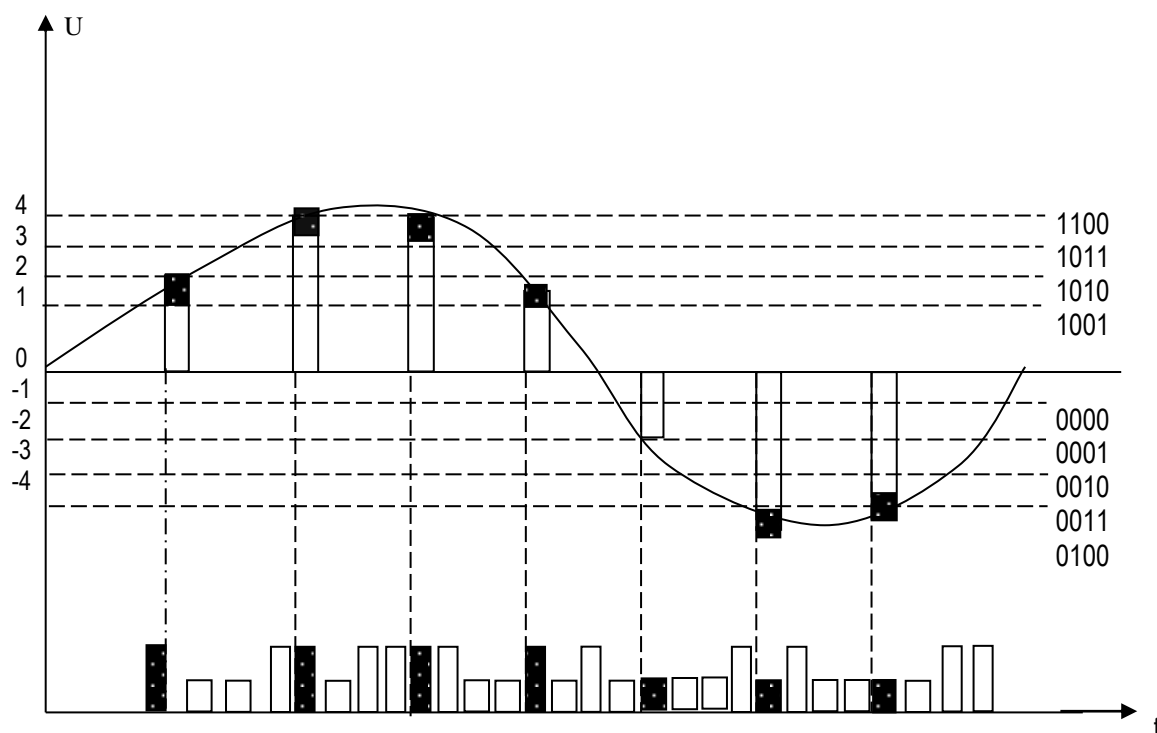


4.7-rasm. Kompander qurilmasining ulanish sxemasi.

Kodlash. 4.3-rasmda biz oddiy natural ikkilik kodlar yordamida kodlash jarayonini qarab chiqqan edik. Bunday kodlar bir qutubli AIM signallarni kodlashda qo'llaniladi (domiy tashkil topuvchilarga ega bo'lgan, masalan televizion va ma'lumot- larni uzatish signallari).

Telefon signallari, ovozli eshittirish signallari, diskretizatsiyalashda turli qutubli impulslar ketma-ketligi olinganligi sababli ikki qutubli hisoblanadi. Turli qutubli impulslarni kodlaganda acosan ikkilik simmetrik kodlar qo'llaniladi.

Simmetrik ikkilik kodlarda katta (bosh) razryaddagi 1 va 0, kodlanayotgan impulsning qutbini aniqlaydi (1-musbat, 0-manfiy, signalning vaqt bo'yicha ajratilgan bir bo'lagining qutbi).



4.8-rasm. Simmetrik ikkilik kodda impuls kodli modulyatsiya

Katta razryaddan keyingi kodli gurux musbat yoki manfiy soiadagi signalning kvantlash qadamini sonini aniqlaydi.

Masalan: 1101101 kodli gurux 5-kvantlash qadamidagi musbat impuls qiymatini, 0101101 kodli gurux esa xuddi shu qiymatning manfiy impulsini aniqlaydi.

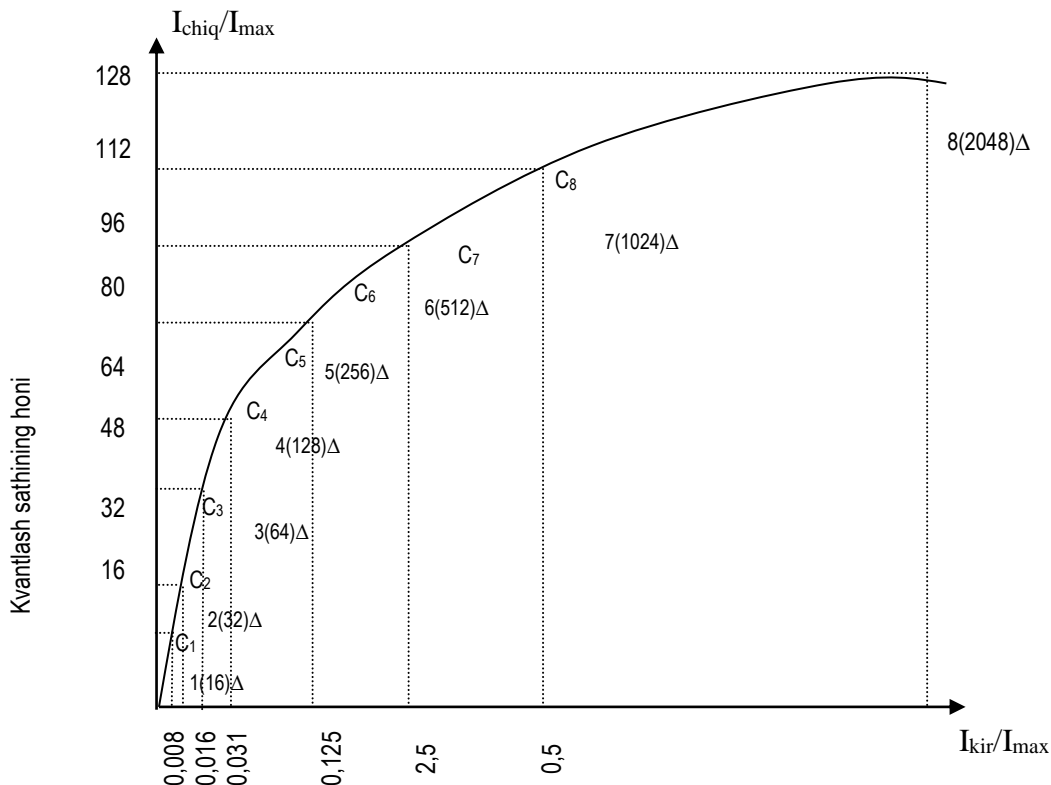
Natural va simmetrik ikkilik kodlarning afzalligi, ulardan foydalanishda oddiy koderlarni qo'llash imkoni, etishmovchiligi esa shovqindan himoyalanganligining kichikligidir. Chunki har xil salmoq (ojirlik)dagi razryadlarni qo'llaganda, katta salmoqdagi birorta impulsning yo'qolishi signallarni kattagina buzilishiga olib keladi. Masalan, qabul qilinayotgan 1101101 kodli aralashmaning oltinchi razryadida xatolik ro'y bersa va 1001101 ko'rinishdagi aralashma qabul qilinsa, xatolik $2^5=32$ shartli kvantlash qadamiga teng.

4.2.3. Notekis kvantlash shkalasiga ega bo'lgan koder va dekoderlar

Kanallari vaqt bo'yicha ajratilgan IKMli tizimlarda A-87,6/13 turdagi kompanderlash qonuniga ega bo'lgan segmentli xarakteristikalar keng tarqalgan,

ya'ni logarifmik xarakteristikalarni apraksimatsiyalash, A qonuni bo'yicha amalga oshadi.

Bu yerda: A, 87,6ga teng bo'lgan kompressiyalash koeffitsienti, xarakteristikaning o'zi esa 13 segmentdan iborat. Bunday xarakteristika quyidagi 4.9-rasmda ko'rsatilgan.



4.9-rasm. A-87,6/13 turdagi kompretsiyalash xarakteristikasi

U, 0-1, 1-2, 3-4, . . . 7-8, nuqtalar (tugunlar) orasidagi S₁, S₂, S₃. . . . S₈ musbat segment sohalaridan iborat. Kirish signalining manfiy soiasi uchun ham xuddi shunday xarakteristika tuziladi. Markazdagi to'rtta segment (ikkita musbat va ikkita manfiy) kvantlash qadamlari juda kichik bo'lganligi sababli bitta markaziy segmentga birlashtiriladi. Shuning uchun ham ikki qutubli xarakteristikadagi segmentlar soni 13 ga teng. Xarakteristikaning 16 segmentining har biri 16 kvantlash qadami (sathi)ga ega. Umumiy satxlar soni 256 ga teng. Shundan 128 tasi musbat, 128 tasi esa manfiydir. Har bir segment acosiy deb ataluvchi etalon bo'yicha aniqlanadi. Bu etalonlar har bir segmentning boshida beriladi, segment ichidagi kvantlash qadami tekis (bir xil), bitta segmentdan ikkinchisiga o'tishda esa markaziy segmentdan boshlab 2 marta o'zgaradi (S₁ va S₂lar kiradi), acosiy va qo'shimcha etalon qiymatlar, 4.2-jadvalda ko'rsatilgan. Jadvaldagi barcha etalon qiymatlar minimal kvantlash qadamining qiymatiga nisbatan shartli birlikda berilgan segmentning har qanday 16 kvantlash satxini olish imkonini beradi. Endi kvantlashning notekis xarakteristikasi uchun signallarni kodlash va dekoderlash bosqichlarining xususiyatlarini qarab chiqamiz.

Signalning vaqt bo'yicha ajratilgan bir bo'lagini kodlash uchun, $A=87,6/13$ turdagi kompressiyaning segmentli xarakteristikasi holatida $2^{0,2^1,2^2,2^3} \dots 2^{10}$ (yoki 1,2,4. . . . 1024) shartli belgi, shartli salmoqqa ega bo'lgan 11 etalon lozim.

4.2-jadval

Segment raqami	Segment raqamini kodli aralashmasi	Etalon signallar					Kvantlash qadami	Sozlovchi etalon
		Acosiy	Qo'shimcha					
1	000	-	8	4	2	1	1	0,5
2	001	16	8	4	2	1	1	0,5
3	010	32	16	8	4	2	2	1
4	011	64	32	16	8	4	4	2
5	100	128	64	32	16	8	8	4
6	101	256	128	64	32	16	16	8
7	110	512	256	128	64	32	32	16
8	111	1024	312	256	128	64	64	32

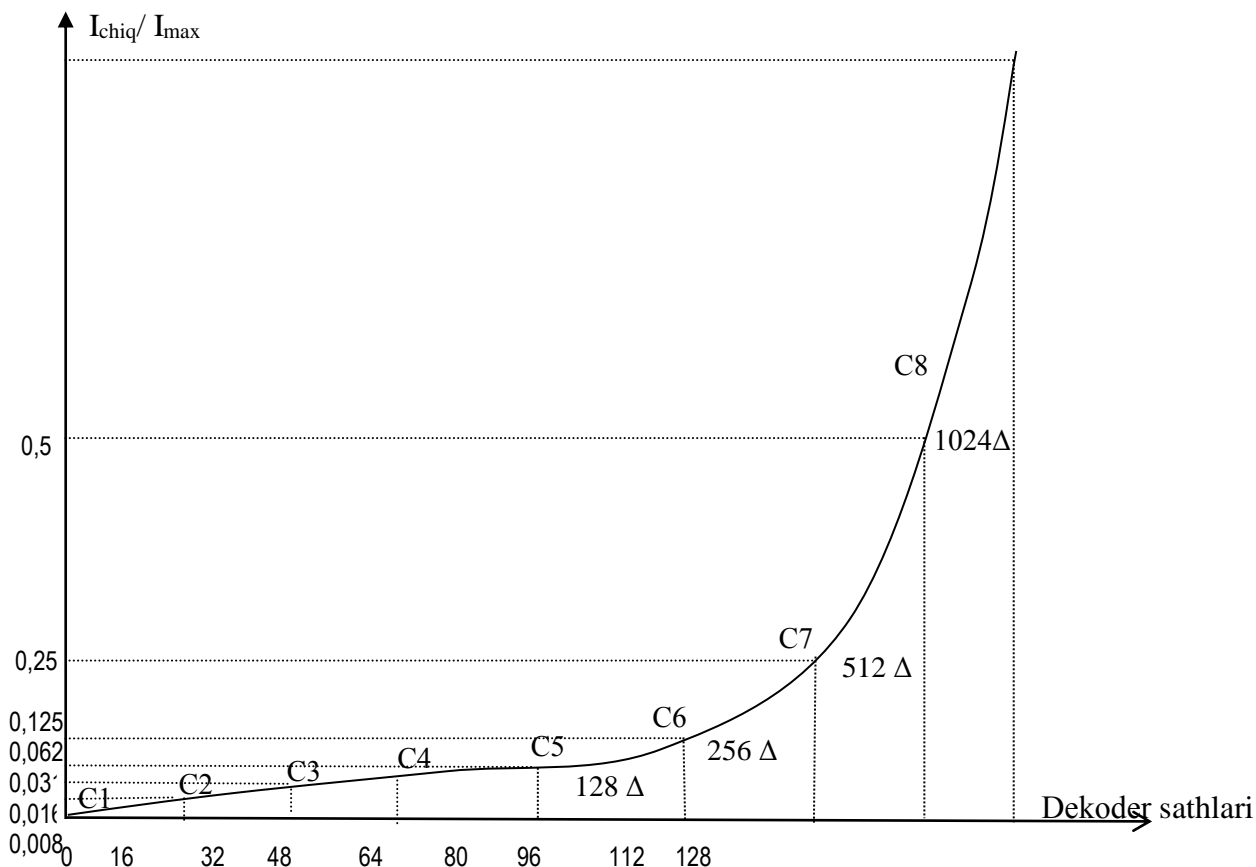
Notekis kodlashda $A_{kv} \geq 25$ db himoyalanganlikni ta'minlash uchun 128 musbat va 128 manfiy satxni, kodli gurux esa 8 razryadni talab qiladi. Kodlash 8 taktda va 3 acosiy bosqichda amalga oshadi:

- 1) kirish signalini aniqlash va kodlash;
- 2) tugun segmentining raqamini aniqlash va kodlash;
- 3) kodlanadigan impuls amplitudasi yotgan soiadagi segmentning kvantlash satxini raqamini aniqlash va kodlash.

Birinchi bosqichdagi kodlash 1-taktda, ikkinchi bosqich-2. . . 4 taktda, uchinchi bosqich-5. . . 8 taktda amalga oshadi.

Signalning vaqt bo'yicha ajratilgan bir bo'lagining qutbini aniqlash va kodlash uchun, kodlashning birinchi bosqichida koderning ishi chiziqli koderning ishidan farq qilmaydi. Ikkinchi bosqichda, kodlanadigan impuls amplitudasi yotgan segment tugunining raqami aniqlanadi va kodlanadi. Buning uchun kodlashning uchta taktidagi xarakteristika tugunlarini aniqlashni ta'minlovchi ish algoritmi tanlanadi. Kodlashning birinchi taktida signal impulsining amplitudasi I_s , I_{et4} etalon tok bilan solishtiriladi. Solishtirish natijasida $I_s > I_{et4}$ bo'lsa, unda I_s ni xarakteristikaning 5. . . .8 segmentidan topish mumkin va I_{et4} o'rniga I_{et6} ulanadi. Solishtirish natijasida $I_s < I_{et4}$ bo'lsa, unda I_s ni xarakteristikaning 1 . .4 segmentidan topish mumkin va I_{et4} o'rniga I_{et2} ulanadi. Keyinchalik kodlashning ikkinchi bosqichidagi solishtirish natijalarida agar $I_s > I_{et6}$ dan bo'lsa, I_{et7} tok ulanadi yoki agar $I_s < I_{et6}$ bo'lsa, I_{et5} toki ulanadi. Kodlashning uchinchi taktidagi solishtirish natijalarida, segmentning boshini aniqlash uchun xarakteristika tugunining oxirgi raqamini tanlash amalga oshiriladi. Natijalar kodli guruxdagi 2. .4 razryadlarni egallovchi ikkilik kodli aralashmalar ko'rinishida tasvirlanadi. Segmentning kodli aralashmalarini raqami 4.2-jadvalda berilgan. Uchinchi

bosqichda, kodlanadigan impuls (signalning vaqt bo'yicha bir bo'lagi, otchet) yotgan zonada tanlangan segmentning ichidagi kvantlash satxlarini raqami aniqlanadi va kodlanadi. Shuni ham eslatib o'tish joizki, segment ichidagi kvantlash qadamining soni 16 ga teng, kvantlash qadami tekis, Δ_s ga teng va xar bir segmentning o'zini kvantlash qadami mavjud. Uchinchi bosqich, chiziqli kodlash usulida to'rtta taktda amalga oshiriladi. Kodlashda, segmentning boshini aniqlovchi acosiy etalonga qo'shimcha $8s, 4s, 2s, s$ salmoqqa ega bo'lgan etalonlar qo'shiladi. Solishtirish natijasida impuls amplitudasi joylashgan zonadagi kvantlash satxining raqami aniqlanadi.



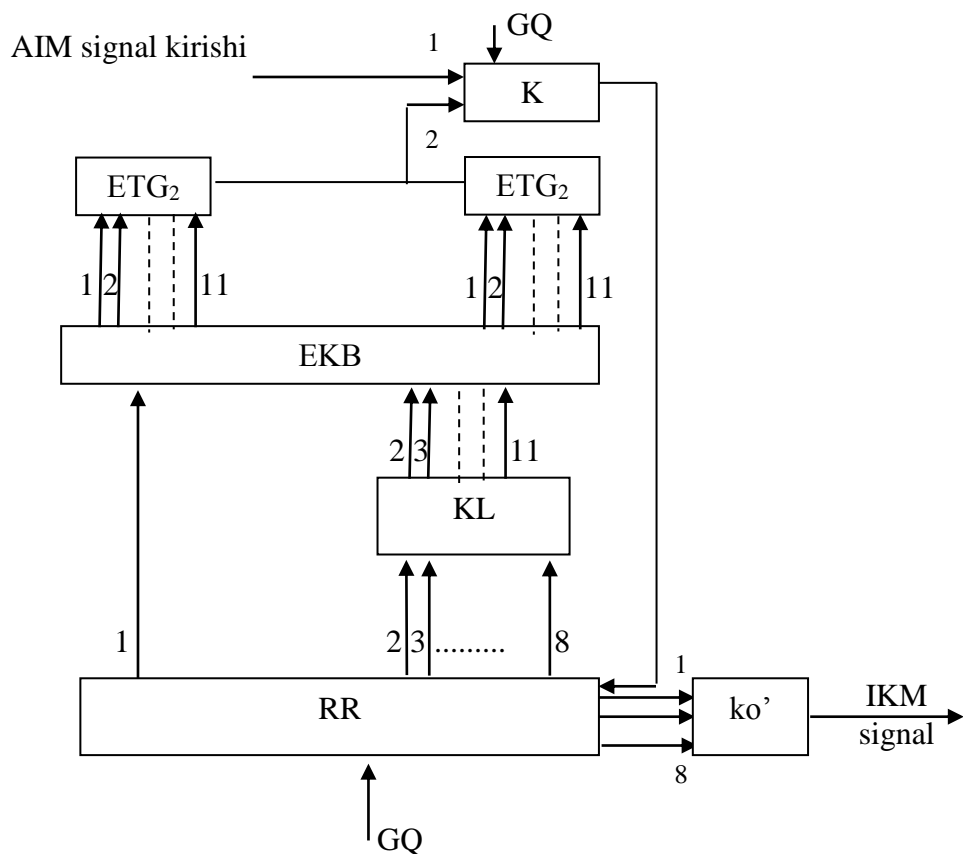
4.10-rasm. A-87,6/13 turdagi ekspanderlash xarakteristikasi

Demak, yuqoridagi operatsiyalarni bajarish natijasida, ikkilik simvollarning 8-razryadli kodli aralashmalari olinadi. Bunda 1-razryad kodlanadigan impuls qutbini, 2...4 razryadlar kompressiyalash xarakteristikasining segment tugunining raqamini, 5...8-razryadlar kodlanadigan signal yotgan segment ichidagi kvantlash qadamining raqamini ko'rsatadi. Masalan, 11011010 ikkilik simvollarning kodli aralashmasi kodlangan impuls (otchet)ning musbat ekanligini, amplitudasi 6 segmentdaligini va uning o'zi esa shu segmentning ichida 10-kvantlash qadamida ekanligini bildiradi. Kompressiyalash xarakteristikasida bu 90-kvantlash satxi zonasidagi amplitudaga ega bo'lgan signalga mos kelishini bildiradi. Dekoderlashda, teskari, raqamlidan-analogga o'tish amalga oshiriladi. Dekoderning nozichiqli ekspanderlash xarakteristikasi noziqli dekoderning

kompressiyalash xarakteristikasiga teskari bo'lishi lozim. Dekoderning kirishidagi signal, impuls (otchet) qutbini va qiymati (segment raqami va uning kvantlash satxi)ni aniqlovchi 8-razryadli kodli guruxlardan iborat. Qabul qilingan kodli aralashmalarga mos holda, raqamli logik boshqarish, yig'indi toklar acosida dekoderlanadigan AIM signalning qiymatini aniqlash uchun segmentning boshini aniqlovchi acosiy etalonni tanlaydi. Masalan, 11011010 ikkilik simvollarning dekoderlanadigan aralashmalari, musbat qutubli etalon toklar manbaiga va salmoji 6-tugunning acosiy etaloniga (yani 256 shartli birlikka) teng bo'lgan etalon toka, 6-segmentning ikkinchi va to'rtinchi qo'shimcha etalonlariga ulanadi va u quyidagiga teng: $256+128+32+16$ shartli birlik. Dekoderning nozichiqli kvantlash xarakteristikasini tuzilish xususiyatlarini hisobga olgan holda, dekoderlashda buzilishlarni kamaytirish uchun yana bitta 12-etalon qo'llaniladi. Bu etalon, har bir segment uchun o'zining qiymatiga ega va shu segmentdagi kvantlash qadaminig yarmiga teng (sozlovchi etalonlar 4.2-jadvalda ko'rsatilgan).

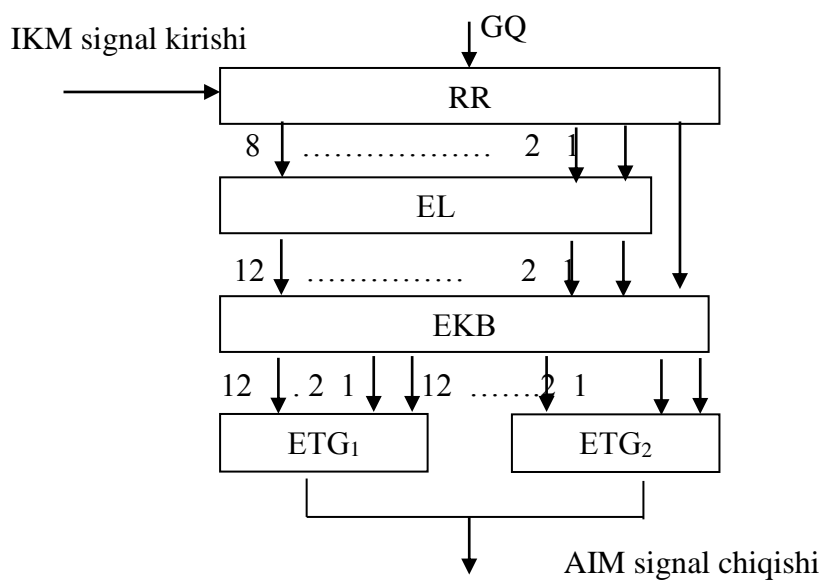
IKMli RUTlarda acosan koderlarning 3 turi qo'llaniladi: matritalsali, hisoblash va razryadlarni solishtirish turidagi koderlar. Shulardan eng ko'p tarqalgani 3 turdagisi. Etalonlarni raqamli kompressiyalashga ega bo'lgan solishtirish turidagi nochiziqli koderlarning tuzilish printsipini qarab chiqamiz. Uning tuzilish sxemasi 4.11-rasmda ko'rsatilgan.

Koder, komparator (K)dan, etalon toklarni tanlash va kommutatsiyalash bloki (EKB)dan, musbat va manfiy etalon toklar generatori (ETG_1 va ETG_2)dan, kompressiyalovchi logika (KL) dan, raqamli registr (RR)dan va kod o'zgartirgich (KO')dan iborat. Komparator, kodlanadigan signalning amplitudaviy toki (I_s) va etalon tok (I_{et}) orasidagi farqni aniqlaydi. Etalon generatorlar etalonlarning qutbini va qiymatini shakllantiradi. Raqamli registr, har bir taktdagi kodlashdan keyingi komparator xulosasini yozadi va kodli guruxlarning tuzilishini shakllantiradi. Komparator xulosasiga bog'liq holda, RR, ETG uchun qutubni aniqlaydi va kompressiyalovchi logika ishini boshqaradi. SHakllantirgich, parallel kodlarni ketma-ketga o'zgartirgan holda 1,2...8 RR chiqishlarining holatini hisoblaydi. Koder tugunlarining ishini uzatish tizimining generator qurilmasi boshqaradi.



4.11-rasm. Nochiziqli koderning tuzilish sxemasi

Endi solishtirish turidagi dekoderning ishini qarab chiqamiz. Uning tuzilish sxemasi quyidagi 4.12-rasmda ko'rsatilgan.



4.12- rasm nochiziqli dekoderning tuzilish sxemasi

Dekoderda IKM signalining kodli guruxlarini, AIM signalga raqamli-analog o'zgartirish amalga oshiriladi, ya'ni signalning lozim bo'lgan qutbi va amplitudasi olinadi. Etalonlarni raqamli ekspanderlashga ega bo'lgan solishtirish turidagi nochiziqli dekoderlarning tuzilish printsipi yuqoridagi 4.12-rasmda ko'rsatilgan.

Dekoder, raqamli registr (RR)dan, ekspanderlovchi logika bloki (EL)dan, etalon toklarni tanlash va kommutatsiyalash bloki (EKB)dan va etalon toklarning ikkita generatori (musbat qutbli ETG_1 va manfiy qutbli ETG_2)dan iborat.

Qabul qilingan IKM signalining sakkiz razryadli kodli guruxi RRning 1...8-chiqishida, 8 razryadli parallel ikkilik kodlarni shakllantirgan holda unga (RRga) yoziladi. Shu aralashmaning birinchi razryadi, ulanadigan ETGning kutbini aniqlaydi, 2...8 razryadlar esa segment raqamini va ekspanderlash xarakteristikasidagi kvantlash satxini aniqlaydi. Qabul qilingan kodli aralashmalarga mos holda yig'indi toklar, AIM signalning vaqt bo'yicha ajratilgan bo'lagini dekoderlangan qiymatiga mos keluvchi etalonlarga ulanadi.

Oldin ta'kidlab o'tilganidek dekoderlashda, buzilishlarni kamaytirish uchun, kvantlash qadami 0.5 ga teng bo'lgan segmentning 12-sozlovchi etaloni qo'llaniladi. Berilgan misol uchun sozlovchi etalon tok 8 shartli birlikka teng va etalon toklarning umumiy qiymati 408 shartli birlikka teng.

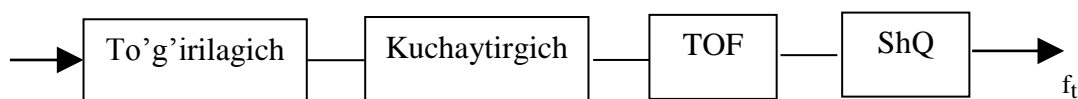
Nazorat savollari

1. RUTlarining afzalligi nimada?
2. Diskretizatsiyalash chastotasi nimaga acoslangan holda tanlanadi?
3. Nima uchun f_g aynan 8 kGts ga teng?
4. Diskretizatsiyalash jarayonining vaqt bo'yicha diagrammasini tushuntiring.
5. IKM signalni olish uchun qanday operatsiyalar amalga oshiriladi?
6. Kvantlash jarayonini misol acosida tushuntirib bering.
7. Kodlash qanday amalga oshadi?
8. IKMli RUTlarda qanday kvantlash turidan foydalaniladi va nima uchun?
9. Koder va dekoderning ishlash printsipini tushuntiring.

5. RAQAMLI UZATISH TIZIMLARIDA SINXRONIZATSIYA

5.1. Raqamli uzatish tizimlarida taktli, siklli, yuqori siklli sinxronizatsiya

Impuls kodli modulyatsiya (IKM)ga ega bo'lgan signallarni to'g'ri dekodeqlash va qabul qiluvchi stantsiyada mos keluvchi kanallar bo'yicha dekodeqlangan axborotlarni tarqatish uchun, taktli va siklli sinxronizatsiya qo'llaniladi. Taktli sinxronizatsiya uzatuvchi va qabul qiluvchi stantsiyalarda signallarni qayta ishlash tezligini tenglashtirishni ta'minlaydi. Uni kuzatish uchun qabul qiluvchi stantsiyaning generator qurilmasi (GQ), qabul qilingan IKM signalidan ajratib olingan taktli chastotani boshqaradi. Taktli chastotani ajratib olish rezonans usulda amalga oshadi. Bunday usulni qo'lashdan maqsad, IKM signalining energetik spektrini diskret qismi taktli chastotalardan iboratligidir. Taktli chastotalarni ajratib olish uchun taktli oraliqlarni ajratib oluvchi qurilmadan foydalaniladi. Uning soddalashtirilgan sxemasi 5.1-rasmda ko'rsatilgan.



5.1-rasm. Taktli oraliqlarni ajratib oluvchi qurilmaning soddalashtirilgan sxemasi

To'g'irlagich, liniyadan tushgan ikki qutbli signalni bir qutbli ga o'zgartiradi. Keyin signal kuchaytirgichda kuchaytiriladi. Tor oraliqli filtr (TOF), taktli chastota (f_t)ning garmonik tebranishlarini ajratadi. Bunday filtrlarga taktli chastota tebranishlarini ajratib olishda qattiq talablar qo'yilgan, aks holda bir qutbli IKM signalining energetik spektrlarini uzluksiz tashkil topuvchilarining bir qismi filtr orqali o'tadi va taktli chastotani fazali titrashiga olib keladi, ya'ni impulslar orasidagi vaqtli oraliqlarni o'zgartiradi. Taktli chastotaning impulsli ketma-ketliklarini shakllantirish, shakllantiruvchi qurilma (ShQ)da amalga oshadi. ShQ chiqishidan taktli chastota, qabul qiluvchi qismdagi GQni ishini boshqargan holda unga uzatiladi.

Sikl bo'yicha sinxronizatsiya kanallarni to'g'ri tarqalishini, ya'ni ma'lum bir kanallarning dekodeqlangan AIM signallarini qabul qiluvchi qurilmaning shu kanallariga tushishini ta'minlaydi. Uzatuvchi stantsiyada shakllangan sinxrosignal axborotli signallar bilan birgalikda liniya traktiga uzatiladi. Qabul qiluvchi stantsiyada sinxrosignallar, farqlanuvchi belgilar bo'yicha ajratiladi. IKMli uzatish tizimlarida ular doimiy tuzilishga va taqib chastotasiga ega. Sinxrosignal sifatida bitta ikkilik simvolni yoki ma'lum bir tuzilishga ega bo'lgan simvollar guruhini qo'llash mumkin. Hozirgi paytda, sinxronizm yo'qolganda, ularni zudlik bilan topishni ta'minlovchi ko'p simvulli sinxroguruhlar qo'llaniladi. Siklli sinxronizm apparaturasini ulashda sinxronizmga kirish vaqti deb ataluvchi ma'lum bir vaqt oralig'i belgilanadi. Sinxronizm buzilganda tizim sinxronizmni izlash rejimiga o'tadi. Bu sinxronizmni izlash vaqti bilan xarakterlanadi. Sinxronizm yo'qolganda IKMli tizimlarning ishi buzilmasligi uchun, iloji boricha, sinxronizmga kirish va

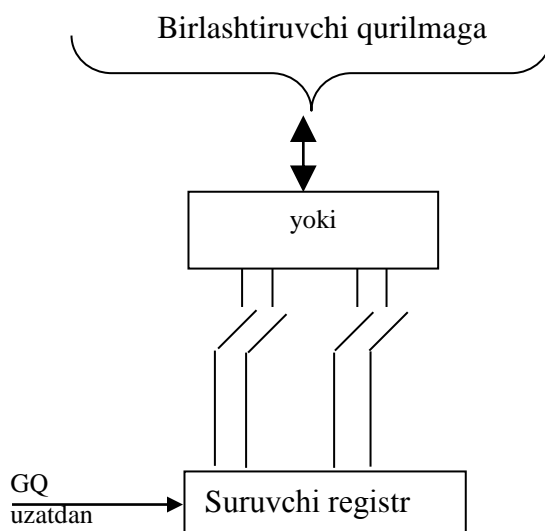
uni izlash vaqti kam bo'lishi lozim. Zamonaviy IKMli tizimlarda bu vaqt bir necha millisekunddan oshmaydi, chunki uning oshishi, ATS asboblari orqali abonentlarni ajralib ketishiga olib keladi.

IKMli uzatish tizimlarida siklli sinxronizatsiyadan tashqari, ATSlarni o'zaro bog'lovchi va moslashtiruvchi signallarni to'g'ri taqsimlanishini ta'minlovchi yuqori siklli sinxronizatsiya ham qo'llaniladi.

5.2. Sinxrosignal qabul qilgichi

Siklli va yuqori siklli sinxronizatsiya qurilmasi uzatuvchi stantsiyada sinxrosignal shakllantirgichidan va qabul qiluvchi stantsiyada sinxrosignal qabul qilgichidan tashkil topgan.

Shakllantirgich, vaqtli birlashtiruvchi qurilma orqali guruhli raqamli traktga kiritiluvchi sinxrosignallarni tanlangan tuzilishini shakllantiradi. Shakllantirgichning sxemasi quyidagi 5.2.- rasmda ko'rsatilgan.



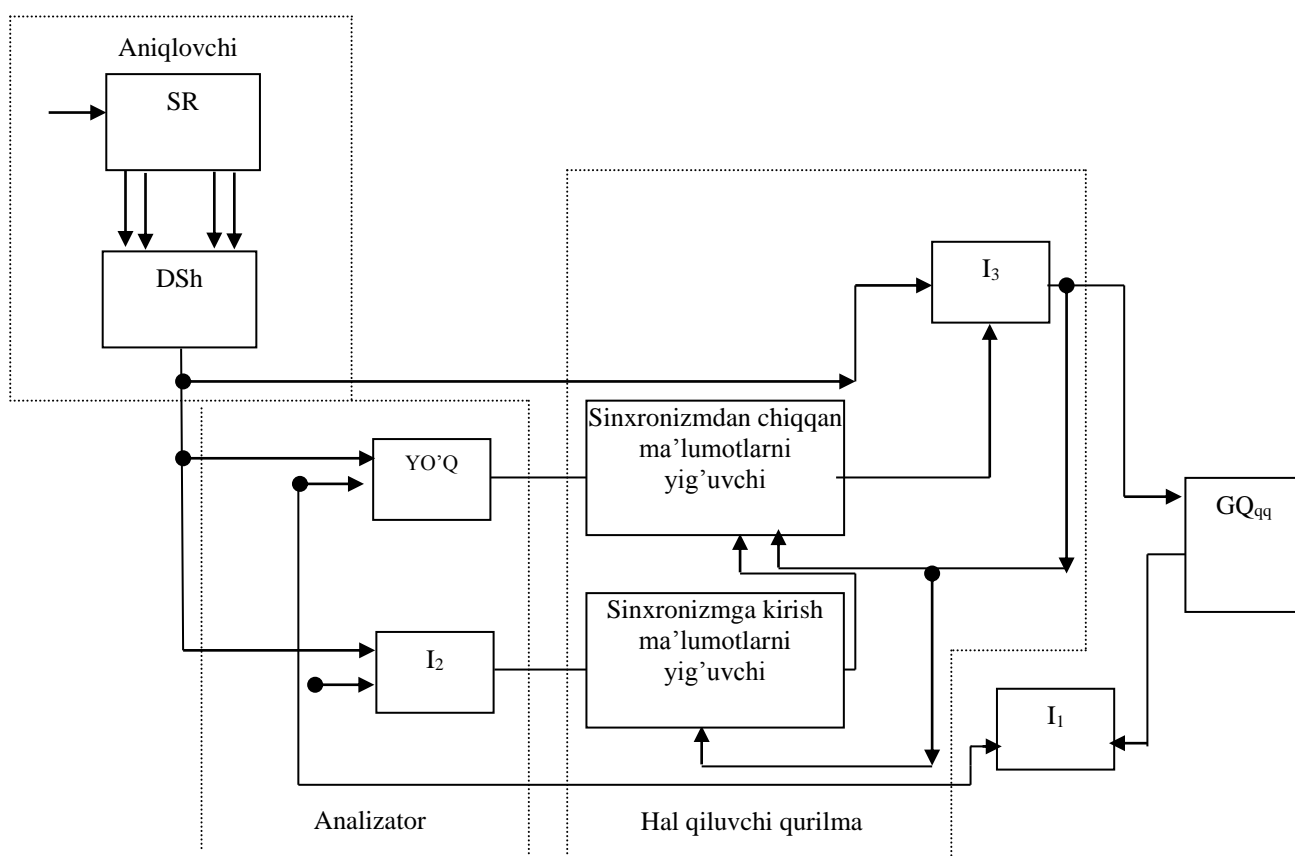
5.2-rasm. Shakllantirgich sxemasi

Registr, yacheykalarining sonini va kalitlarning ulanish tartibini o'zgartirib, kerakli bo'lgan tuzilishdagi kodli guruhlarini shakllantirishi mumkin. Shakllantirgichning davriy ulanishini GQ_{uzat} aniqlaydi.

Sinxrosignal qabul qilgichi uzatish tizimining siklli va yuqori siklli sinxronizm holatini nazorat qilishni amalga oshiradi, apparatura ulanishida va ishlash jarayonida sinxronizm buzilganda tizimning sinxronizmga kirishini ta'minlaydi.

Sinxrosignal qabul qilgichining ishlash printsipini sirpanib izlovchi va bir razryadli surilishga ega bo'lgan qabul qilgich misolida qarab chiqamiz. (IKM-30 tizimlarida qo'llaniladi). Bu yerda siklli sinxronizm holatining nazorati, liniyadan tushgan va qabul qiluvchi qismdagi generator qurilmasi ($GQ_{q.q.}$) ishlab chiqqan

sinxrosignal simvollarini vaqt bo'yicha mos tushishini tekshirish orqali amalga oshadi.



5.3-rasm. Siklli sinxrosignal qabul qilgichining tuzilish sxemasi

Siklli sinxronizatsiya qabul qilgichi, (5.3-rasm) aniqlovchidan, analizatoridan va hal qiluvchi qurilmadan iborat. Sinxrosignal aniqlovchisi, qabul qilingan IKM signaldan sinxroguruhlarini ajratib olish uchun xizmat qiladi va suruvchi registr (SR)dan, deshiftrator (DSh)dan (ko'p kirishli, mos tushuvchi I sxemasi deb tasavvur qilinadigan) iborat. Sinxrosignal analizatori "YO'Q" va "I₂" login yacheykasidan iborat bo'lib, ular DSh chiqishiga va I₁ sxemasi orqali GQ_{qq} ga ulangan. Hal qiluvchi qurilma sinxronizmdan chiqqan ma'lumotlarni yig'uvchidan, sinxronizmgaga kirish haqidagi ma'lumotlarni yig'uvchidan va I₃ logik yacheykasidan iborat.

Ma'lum bir tuzilishli sinxrosignal, aniqlovchidagi registrga tushganda u ishga tushadi va DSh sxemasining chiqishida yakka signal shakllanadi. Analizatorida bu signalning paydo bo'lgan laizasi va I₁ sxemasi orqali GQ_{qq} dan berilgan signal laizasi solishtiriladi.

Agar bu signallarning hosil bo'lgan laizalari bir-biriga mos tushsa, unda analizator sinxronizm mavjud, degan xulosaga keladi. Bunda "YO'Q" sxemasining chiqishida signal, YO'Q, I₂ sxemasining chiqishida esa, sinxrosignalni aniqlangan laizaga mos keluvchi signal shakllanadi. Bu signalning paydo bo'lishi, «sinxronizmgaga kirish» ma'lumotlarini yig'uvchini to'lishiga va sinxronizmdan chiqish ma'lumotlarini yig'uvchini nolinish holatga qaytishiga olib keladi.

Sinxrosignalga o'xshash raqamli ketma-ketliklar I_1 sxemasining chiqishidagi signal bilan vaqt bo'yicha mos tushmaydi va shuning uchun ham to'lish jarayonida qatnashmaydi. Agar sinxronizm bir nechta keyingi ketama-ket sikllarda bo'lmasa (IKM-30 da 4 ta siklda), «sinxronizmdan chiqish» ma'lumotlarini yig'uvchi to'ladi va I_3 sxemasi orqali GQ_{qq} ga taqiqlovchi signalni beradi. Bu signalni olishi bilan GQ_{qq} ning bo'luvchisining ishi va signalni dekodeqlash to'xtatiladi.

Keyingi aniqlash natijasi xuddi shu pozitsiyada, lekin keyingi siklda amalga oshiriladi. Agar ikkinchi marta aniqlanganda shu pozitsiyalarda yoljon sinxroguruhlar shakllanmasa, unda I_1 sxemasi chiqishidagi signal, sinxronizmdan chiqish ma'lumotlarini yig'uvchini to'ldiradi, I_3 sxemasi esa GQ_{qq} ga taqiqlovchi signalni jo'natadi va tizim sinxronizmdan izlash rejimiga o'tadi. Agar biror pozitsiyada yoljon sinxro- guruhlar 2 marta (xuddi shu pozitsiyani o'zida) ketma-ket paydo bo'lsa, unda DSh chiqishidagi signal, I_3 sxemaning chiqishida signalni paydo bo'lishiga olib keladi, sinxronizmga kirish bo'yicha ma'lumotlarni yig'uvchi to'ladi va sinxronizmdan chiqish bo'yicha ma'lumotlarni yig'uvchi nolinch holatga qaytadi. Signalni aniqlash jarayoni yana sinxronizmdan chiqish bo'yicha ma'lumotlar yig'uvchi to'lgunga qadar davom etadi. (tugamaydi). hal qiluvchi qurilma aivolga qarab, bir nechta xatolik signallari ketma-ket tushgandan keyin sinxronizm yo'qoldi degan xulosaga keladi, ya'ni sinxrosignallar qisqa muddat buzilganda, tizimni sinxronizmdan chiqishdan saqlaydi.

YUqori siklli sinxronizatsiya qabul qilgichining ishlash printsiipi yuqorida yozilganlar bilan bir xil. Lekin shuniyam nazarda tutish lozimki, yuqori siklli sinxronizmdan izlash siklli sinxronizm qayta tiklangandan keyin amalga oshadi.

Nazorat savollari

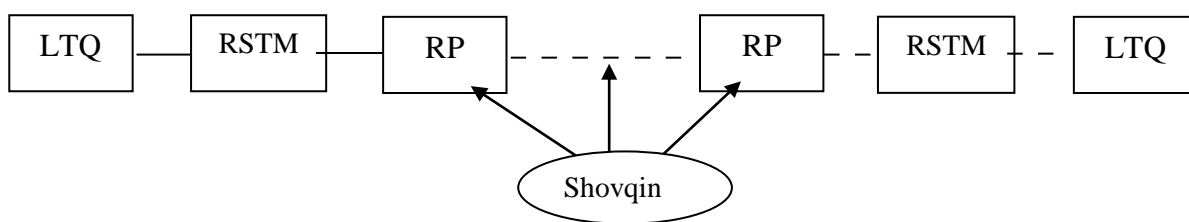
1. Qanday sinxronizatsiya turlarini bilasiz va ularning vazifasi nimadan iborat?
2. Siklli sinxrosignal qabul qilgichining tuzilish sxemasini tushuntiring.
3. Sinxronizm buzilganda tizim qanday holatda bo'ladi?
4. Sinxronizatsiya signallari qanday uzatiladi?

6. RAQAMLI UZATISH TIZIMLARINING LINIYA TRAKTI

6.1. Liniya trakti bo'ylab raqamli signallarni uzatish xususiyatlari

Oldingi bandlardan bizga ma'lumki, analog-raqamli qurilma impuls va probel (bir va nol)lardan tashkil topgan raqamli ikkilik signallarni shakllantiradi. Bu signal, qarama-qarshi oxirgi stantsiyaning uzatish tizimiga raqamli liniya trakt (RLT)i bo'ylab uzatilishi lozim. Buning uchun yetarli darajada signallarni uzatishni ta'minlash lozim.

Raqamli liniya trakti, uzatish tizimlarining trakti kabi raqamli signal tarqaladigan muhitdan va talab darajasida sifatli uzatishni ta'minlovchi qurilmalardan iborat. Bunday tizimlarning analog tizimlaridan farqi, oxirgi stantsiyadan uzatilgan impuls ko'rinishidagi signallar, har bir oraliq punktlarida barcha parametri (amplitudasi, davomiyligi va diskretizatsiyalash davri) bo'yicha qayta tiklanadi (regeneratsiyalanadi). Shuning uchun ham raqamli liniya traktining oraliq punktlari «regeneratsiyalash punktlari» nomini olgan. Quyidagi 6.1.-rasmda raqamli liniya traktining tuzilishi ko'rsatilgan.

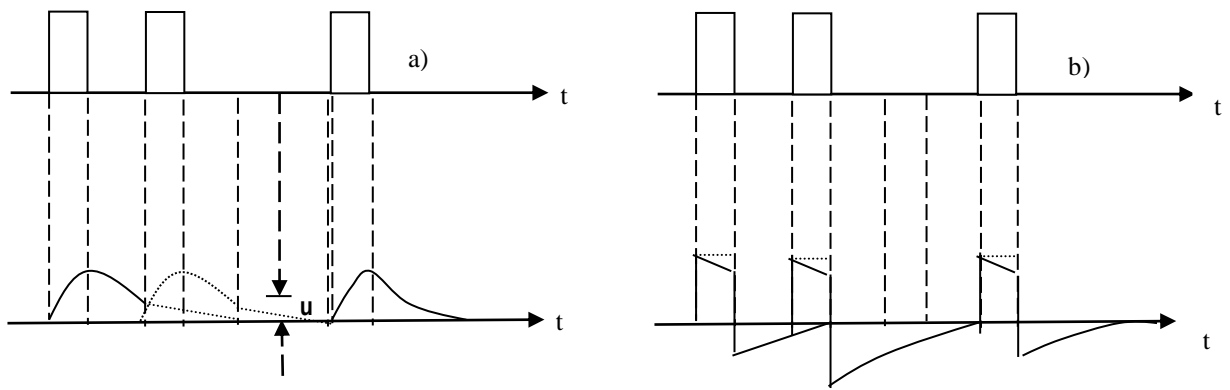


6.1-rasm Raqamli liniya traktining tuzilishi

LTQ-liniya trakti qurilmasi uzatiladigan raqamli liniya signallarini shakllantirish va qabul qilingan signalarni regeneratsiyalash uchun qo'llaniladi. RP-regeneratsiyalash punktlari, liniya traktining oraliq uchastkalarida raqamli signallarni regeneratsiyalashni ta'minlaydi. Har xil uzatish tizimining RLTni tuzilish xususiyatlari, raqamli signal tarqaladigan muxit (RSTM)ning signalni buzilish darajasi, shovqindan himoyalanganligi va raqamli signallarni uzatish ishonchliligini aniqlovchi fizik xossalari bilan bog'liq. Yuqoridagilarni hisobga olgan holda RSTMning acosiy xossalarini, ularni signalga ta'sirini, muhitga va signalga bo'lgan talablarini qarab chiqamiz.

Raqamli signallarni uzatishda eng ko'p tarqalgan muhit elektrik (simmetrik yoki koaksial) kabellardir. Shuning uchun raqamli signallarni uzatishda kabel xarakteristikalarini ta'sirini qarab chiqamiz.

Kabelli zanjirlardagi so'nish chastota oshishi bilan o'sadi, bu, raqamli signallarning oraliq chastotalarini yuqoridan chegaralanishiga olib keladi. Xuddi shunday ta'sir, regeneratoring kirishidagi sxemaning turli elementlari tufayli ham yuzaga kelishi mumkin (masalan transformatorlar, kuchaytirgichlar). Quyidagi 6.2-rasmda zanjirning kirish va chiqishidagi ikkilik impuls ketma-ketligining o'tkazuvchanlik oraliq'ini yuqoridan chegaralangandagi holati ko'rsatilgan.



6.2-rasm. Liniya traktida, ikkilik raqamli signal shakliga oraliq chastota chegaralanishining ta'siri

Kabelli zanjir uchastkasining kirishiga impulslar tushganda, shu zanjirda yuzaga kelgan o'zaro o'tuvchi jarayonlar, impuls frontlarining va amplitudalarining buzilishiga olib keladi. Uchastka qanchalik uzun bo'lsa, uning chiqishida impuls javobining qiymati shuncha kichik. Agar raqamli signalning oraliq chastotasi sezilarli darajada chegaralangan bo'lsa, keyingi impulsli probel tushadigan laizagacha kabelli zanjirda har bir impuls o'tganda yuzaga keluvchi jarayonlar tugab ulgurmaydi. Bu impulsni bir-biriga ustma-ust tushishiga olib keladi, ayniqsa raqamli signalning qo'shni simvollar uchun juda sezilarlidir. Raqamli signallarning davomiyligi kengayishi hisobiga ustma-ust tushish holati simvollararo interferentsiya nomini olgan. Simvollararo interferentsiya, amplitudalarni o'zgarishi kabi simvollar vaqt bo'yicha surilishiga ham olib keladi. Simmetrik kabelli zanjirlar bo'yicha tashkil qilingan liniya traktlarida, spektrning doimiy va past chastotali tashkil topuvchilarini pasaytirish hisobiga raqamli signalning oraliq chastotasini chegaralovchi moslashtiruvchi transformatorlar va kuchaytirgichlar qatnashadi. Raqamli signalning oraliq chastotasi pastdan chegaralanishining ta'siri 6.2-rasmda ko'rsatilgan. Past chastotali tashkil topuvchilarning nimjonligi, raqamli signal simvollarining qutbga qarama-qarshi bo'lgan qutbni yuzaga keltiradi va impulsning oxirgi frontlarining manfiy qismi, impulsning amplitudasini kamaytiruvchi simvollararo interferentsiyalarni yuzaga keltirgan holda keyingi taktli oraliqgacha cho'ziladi. Oraliq chastotalarning bunday pastdan chegaralanishi, raqamli signallarni buzilishiga va shovqindan himoyalanganlikning kamayishiga olib keladi.

Simmetrik kabellar bo'yicha tashkil qilingan raqamli liniya traktlarida o'zaro o'tuvchi shovqinlar ko'p yuzaga keladi. Signalning shovqinga ta'siri, signallarni uzatishni tashkil qilish usuliga bog'liq. Bir kabelli uzatishda, o'zaro o'tuvchi shovqinlar regeneratsiyalash uchastkalarining yaqinida, ikki kabellida esa uzoqda hosil bo'ladi. Yaqindagi o'zaro o'tuvchi shovqinlar regeneratsiyalash uchastkasining uzunligiga bog'liq emas va ko'pgina hollarda uzoqdagi o'zaro o'tuvchi shovqinlar oshadi. Yaqindagi o'zaro o'tuvchi shovqinlarning qiymati, uzatilgan signalning sathi, yaqindagi kabel juftliklari orasidagi o'zaro o'tuvchi so'nish (A_0) va ta'sir ostida qolgan signal spektri orqali aniqlanadi.

Raqamli signalning uzatish tezligini oshishi, impulslar davomiyligini kamayishiga va oraliq chastotani kengayishiga olib keladi. Bu o'z navbatida, o'zaro o'tuvchi so'nishni kamaytiradi va shovqinni oshiradi. Bunday holatda yaqindagi himoyalanganlik kamayadi. Himoyalanganlikni mumkin bo'lgan chegarada saqlash uchun regeneratsiyalash uchastkasining uzunligini kamaytirish yoki uzatishni ikki kabelli tizimini qo'llash lozim.

Yuqori tezlikli raqamli traktlarni hosil qilishda koaksial kabellar qo'llaniladi. Bunday traktlarda chastota oshishi bilan o'zaro o'tuvchi so'nish ham oshadi. Koaksial kabellarda 1 mGts chastotada o'zaro o'tuvchi so'nish 120 dBdan kam bo'lmaydi ya'ni bunda signallarni o'tish jarayonida o'zaro o'tuvchi shovqinlar hisobga olinmaydi.

Koaksial raqamli traktlarda, kabelli zanjirlarga tok tashuvchilarning issiqlik xarakati tufayli va regenerator- larning kirish bosqichlari tufayli yuzaga keluvchi issiqlik shovqinlari acosiy hisoblanadi. Issiqlik shovqinlaridan himoyalanganlik, raqamli signalning uzatish tezligi va rengeratsiyalash uchastkasining uzunligi orqali aniqlanadi.

Koaksial zanjirlarda simmetrik zanjirlarga nisbatan shovqin sathi ancha past.

6.2. Signallarni regeneratsiyalash. Regeneratorlarning tuzilish sxemasi

Raqamli signal, aloqa liniyasidan o'tganda pasayadi va unga yana shovqin ta'sir qiladi. Bu esa impulslarning shaklini va davomiyligini o'zgartiradi, amplitudasini pasaytiradi, vaqt bo'yicha tasodifiy surilishga olib keladi. Shuning uchun ham IKMli tizimlarning raqamli liniya traktidagi raqamli signallarni qayta tiklash uchun ma'lum bir masofalardan keyin regeneratorlar joylashtiriladi.

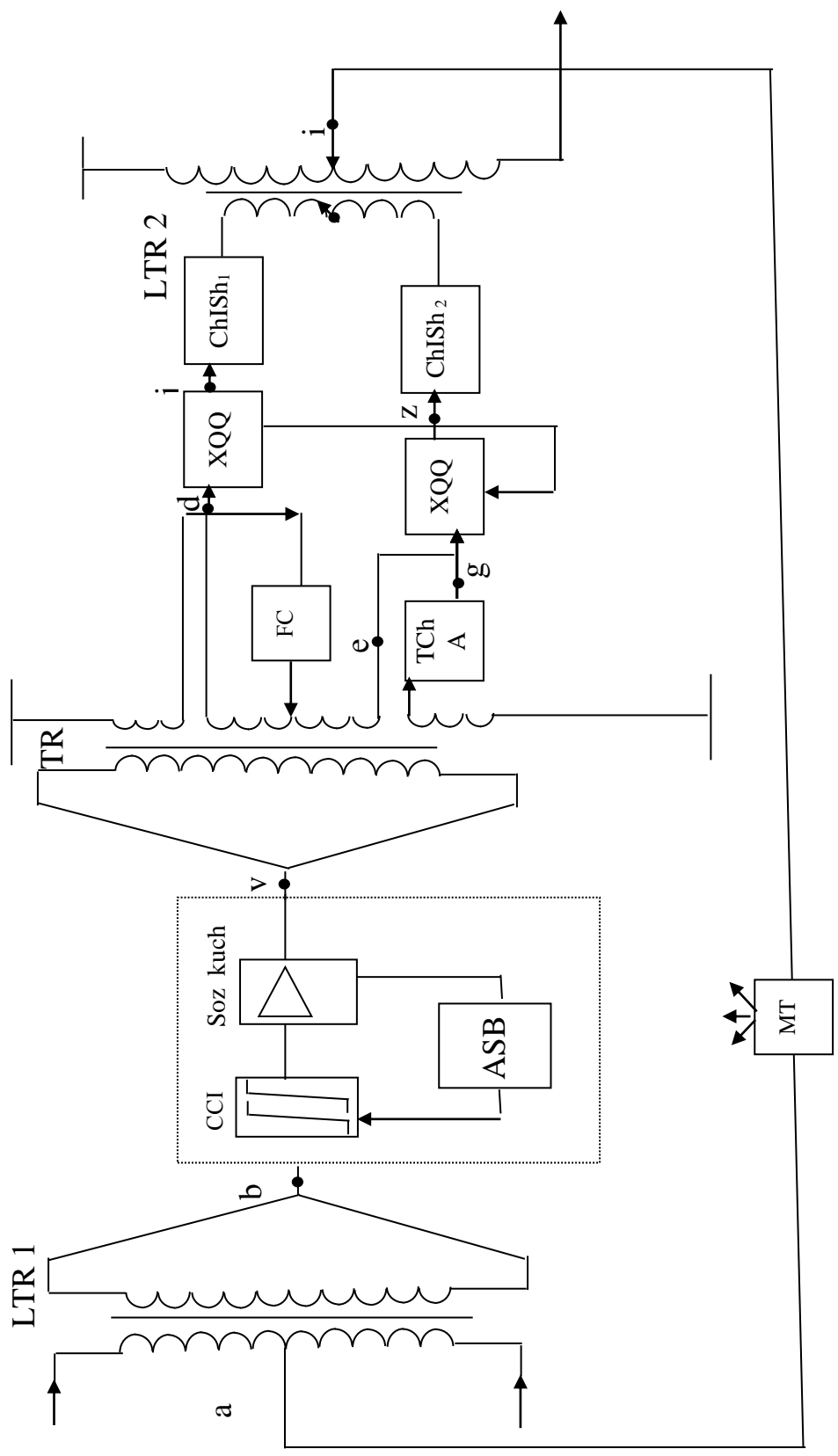
Raqamli signallarni regeneratsiyalash jarayonida quyidagi acosiy operatsiyalar bajariladi (6.3-rasm):

- qayta tiklanuvchi impulslarning amplitudasi kuchaytiriladi va ularni shakli sozlanadi;
- sozlangan impulslar ta'qib qilinadi (bunday holda ta'qib qilish natijasida shunday sharoit yaratiladiki, chiqishdagi impulslar faqatgina vaqtning ma'lum bir laizalaridagina shakllanadi);
- ta'qibdan keyin olingan impuls amplitudalarining qiymatlari etalon (chegara) qiymat bilan solishtiriladi;
- berilgan parametrlarga ega bo'lgan yangi impulslar shakllanadi.

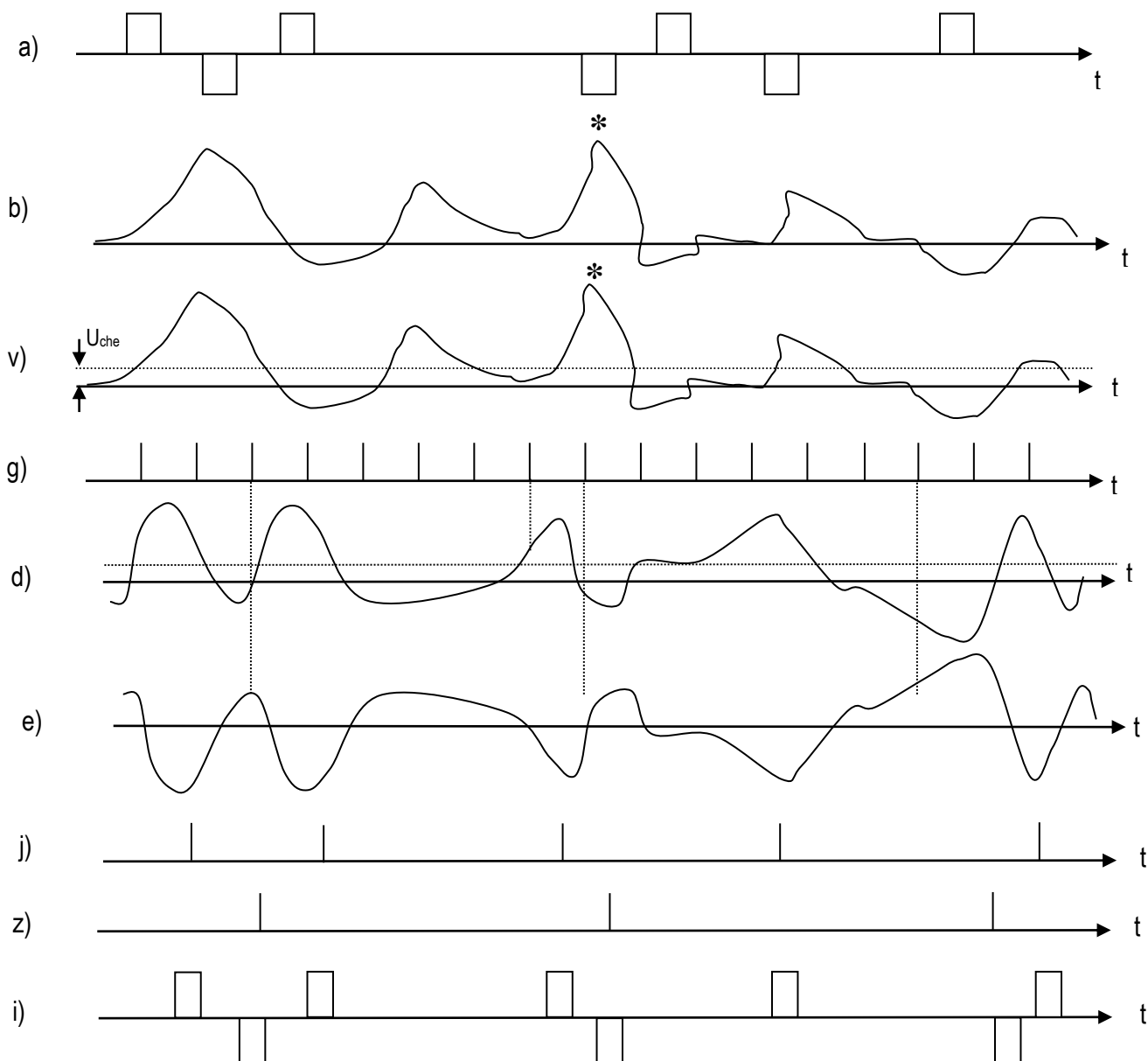
Endi 6.3-rasmda ko'rsatilgan regenerator ishining vaqt bo'yicha diagrammasini qarab chiqamiz. Faraz qilaylik, regenerator sektsiyasining kirishida, ya'ni oldingi regenerator chiqishidagi raqamli signal 6.4-a rasmdagi ko'rinishga ega. Liniya uchastkasidan o'tgandan keyin regenerator kirishiga buzilgan va ma'lum bir muddatga kechikkan signal beriladi. Liniya transformatori orqali bu signal (6.4.b-rasm) liniya sozlagichi kirishiga beriladi. Bu sozlagich tarkibiga sun'iy sozlovchi liniya, avtomatik sath boshqarish qurilmasi (ASB), sozlovchi kuchaytirgich sxemasi kiradi. (6.4-rasmda ko'rsatilgan). ASB qurilmasida impulslar shaklini sozlash to'liq yoki qisman amalga oshiriladi. Bu simvollarni

regeneratsiyalashda xatolik extimol- ligini pasaytiradi. Liniya sozlagichi chiqishida shakllangan signalning ko'inishi 6.4.v-rasmda ko'rsatilgan. Liniya sozlagichining chiqishiga transformator orqali taktli chastotani ajratuvchi blok ulangan. Bu blokning chiqishida qisqa ta'qib impulslarining ketma-ketligi shakllanadi. Bu impulslar kirish simvollariga nisbatan shunday fazalanadiki, qayerda kirish simvollarining amplitudasi katta bo'lsa, shu eri taktli impulslarning o'rtasiga tushib qoladi. Bu ham, o'z navbatida regeneratsiyalash jarayonida xatolik extimolligini kamayishiga olib keladi.

Ta'qib impulslari (6.4.g-rasm) hal qiluvchi qurilma (XQQ_1 va XQQ_2)larga beriladi. XQQ ga bundan tashqari transformator orqali chegara kuchlanishini shakllantirgichi ishlab chiqargan chegara kuchlanishi ham tushadi (6.4.d,e-rasm). Eng oxirida to'g'rilagich joylashgan, u doimiy kuchlanishni ishlab chiqaradi. Bu kuchlanish liniya sozlagichi chiqishidagi impulslarning yarim amplitudasiga teng.



6.3-racm. Regeneratorming tuzilish cxemaci



6.4-rasm. Regeneratorning vaqt bo'yicha ishlash printsipi

Avtomatik sath boshqarish tizimi liniya sozlagichi chiqishidagi impuls amplitudasini sozlaganligi sababli hal qilingan chegara o'zgarishsiz qoladi. XQQda tushayotgan simvollarning har bir taktidagi ta'qib impulslari XQQga tushgan laizaga, kirish signali musbat qutbga ega bo'lsa (ya'ni liniya sozlagichi chiqishidagi signal va chegara kuchlanishi orasidagi farq musbat bo'ladi) unda XQQ chiqishida, mos keluvchi chiqish impulslari shakllantirgichi (ChISh) kirishiga shakllangan impulslar tushadi (6.4.j,z-rasm). Agar ko'rsatilgan farq manfiy bo'lsa, unda XQQ chiqishida impuls shakllanmaydi. ChIShga XQQ dan impulslar tushganda, amplitudasi va davomiyligi taktli chastotaga ega bo'lgan impulsning standart ko'rinishi shakllanadi.

ChISh₁ va ChISh₂ liniyaga differentsial transformator orqali ulanganligi sababli (6.2-rasm), LTR₂ chiqishidagi impulslar har xil qutbga ega.

Regeneratorning ishlash printsiptidan ko'rinib turibdiki qachonki, shovqin qiymatlari chegara kuchlanishidan yuqori bo'lsa, regeneratsiyalashda xatolik yuzaga keladi.

Nazorat savollari

1. Raqamli liniya trakti qanday qurilmalardan tashkil topgan va ularning vazifasi nimadan iborat?
2. Kabelli zanjirlarda so'nish qanday o'zgaradi va u signalning sifatiga qanday ta'sir ko'rsatadi?
3. Simvollararo interferentsiyalar nima sababli yuzaga keladi?
4. Nima uchun simmetrik kabelli liniyalarda o'zaro o'tuvchi shovqinlar yuzaga keladi?
5. Liniyaga uzatilgan signallarning so'nishini sababi nimada?
6. Regeneratsiyalash deganda nimani tushunasiz?
7. Regeneratorlarning ishlash printsiptini tushuntiring.
8. Regeneratorning vaqt bo'yicha ishlash diagrammasini tushuntiring.

7. RAQAMLI UZATISH TIZIMLARINING OXIRGI STANTSIYASINI TUZILISHI

7.1. Impuls kodli modulyatsiyaga ega bo'lgan raqamli uzatish tizimlarining oxirgi stantsiyasining tuzilishi

Bitta uzatish yo'nalishi uchun impuls kodli modulyatsiya (IKM)ga ega bo'lgan birlamchi uzatish tizimlarining oxirgi stantsiyasini tuzilish sxemasi 7.1-rasmda ko'rsatilgan.

1, 2, ... N abonentlardan tushuvchi $U_1(t)$, $U_2(t)$... $U_N(t)$ Boshlang'ich signallar past chastotali filtr (PChF) orqali kanalning amplituda impulsli modulyatori (M)ga tushadi. Bundan modulyatorlar sifatida elektron kalitlardan foydalaniladi. Modulyatorlar yordamida uzatilayotgan signallarni vaqt bo'yicha diskretizatsiyalash amalga oshiriladi. Modulyator chiqishida signallar bitta guruhli AIMga birlashtiriladi (AIM_{uzat}). Modulyatorning ishini, uzatuvchi qismdagi generator qurilmasi (GK_{uzat})dan tushgan impulslar ketma-ketligi boshqaradi. Bunda impulslar kanal modulyatorlariga navbatma-navbat beriladi (vaqt bo'yicha suralgan holatda), bu esa guruxli AIM signallarni to'g'ri shakllanishini ta'minlaydi. Ketma-ketlikdagi har bir impulsning davomiyligi taxminan $125/2+N$ mksni tashkil etadi, bu kanalning AIM impulsini davomiyligi bilan aniqlanadi, ta'qib davri esa 125 mksga teng, bu esa diskretizatsiyalash chastotasi ($f_g=8$ kgts)ga mos keladi. Guruhli AIM signal kodlovchi qurilma (koder)ga tushadi. Bu yerda bir vaqtni o'zida satx bo'yicha kvantlash va kodlash operatsiyasi bajariladi.

ATS asboblari boshqarish uchun telefon kanallari orqali beriluvchi bog'lovchi va moslashtiruvchi signallar, generator qurilmasi (GQ_{uzat})da shakllangan impulslar ketma-ketligi yordamida diskretizatsiyalanuvchi va birlashtiriluvchi uzatgich

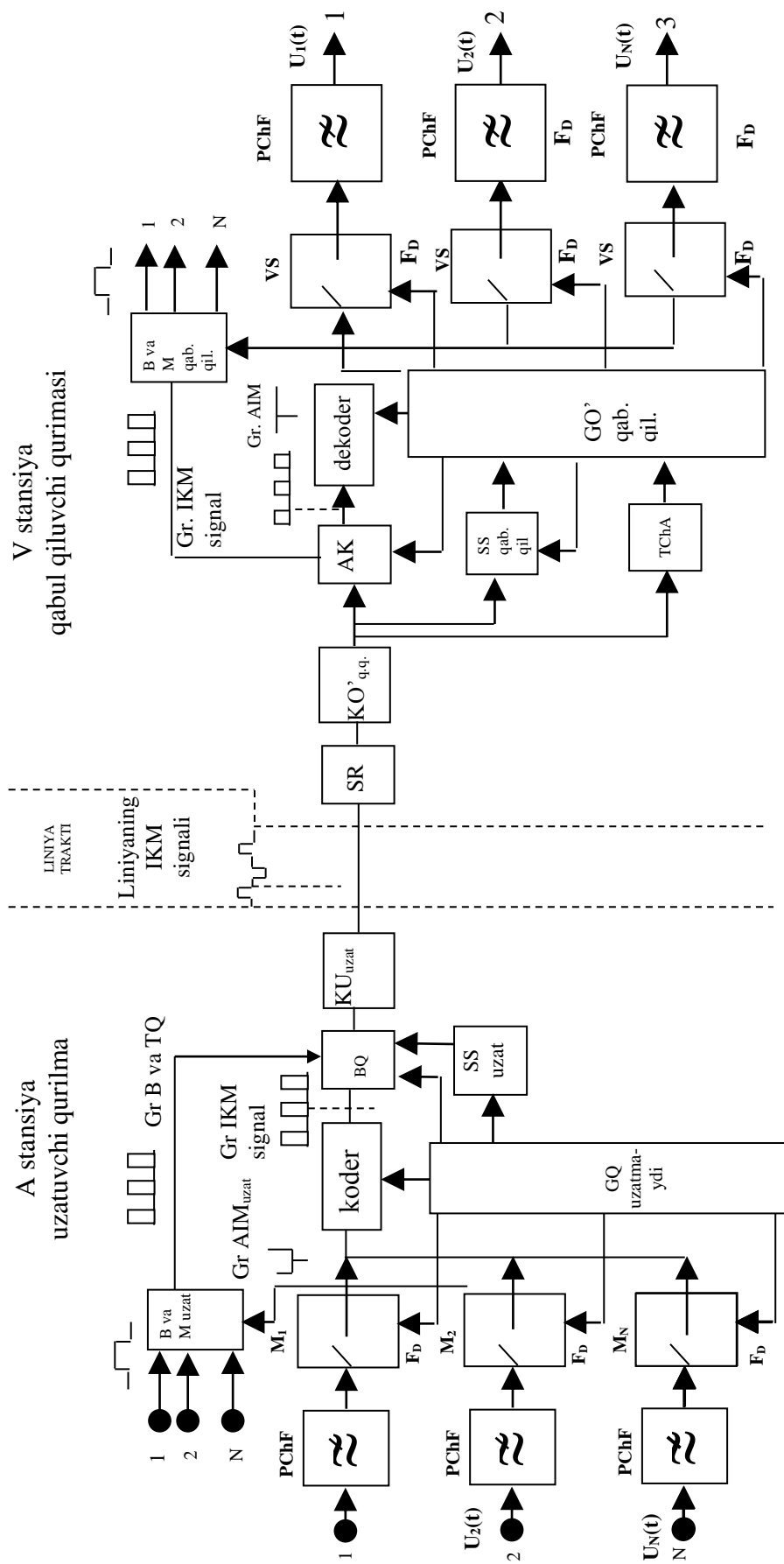
(B va M_{uzat})ga tushadi. Natijada guruxli bog'lovchi va moslashtiruvchi signallar shakllaniladi.

Dekoderning chiqishidagi kanallarning kodli guruxlarini ya'ni guruxli IKM signalni, kodlangan bog'lovchi va moslashtiruvchi signallarni, sinxrosignal uzatgichi (SS_{uzat})dan tushgan sinxrosignallarning kodli guruxlarini, sikl va yuqori sikllarni hosil qilgan holda birlashtiruvchi qurilma (BQ)da birlashtiriladi. GQ_{uzat} dan tushgan, mos keluvchi boshqaruvchi impuls, yuqori sikl tarkibidagi sikllarni va uzatish siklidagi kodli guruxlarni ta'qib qilishni to'g'ri tartibini ta'minlaydi. Uzatish tizimining uzatuvchi qurilmalarini ketma-ket ishlashini va lozim bo'lgan tezlikni GQ_{uzat} ta'minlaydi.

Shakllangan IKM signallar, bir qutbli ikkilik simvollar (musbat bir va nollar) ketma-ketligidan iborat. Bunday signal liniya orqali uzatilganda buziladi va so'nadi, shuning uchun liniyaga uzatishdan oldin bunday bir qutbli IKM signallar, liniya trakti bo'ylab uzatishga qulay bo'lgan ikki qutbli impuls ko'rinishiga o'zgartiriladi. Bu uzatuvchi qismdagi kod o'zgartirgich (KO'_{uzat}) da amalga oshadi.

IKM signalni liniya bo'ylab uzatish jarayonida har bir regeneratsiyalash punktida signalning shakli barcha parametrlari bo'yicha qayta tiklanadi. Qabul qiluvchi stantsiyada IKM signal stantsiya regeneratori (SR) yordamida qayta

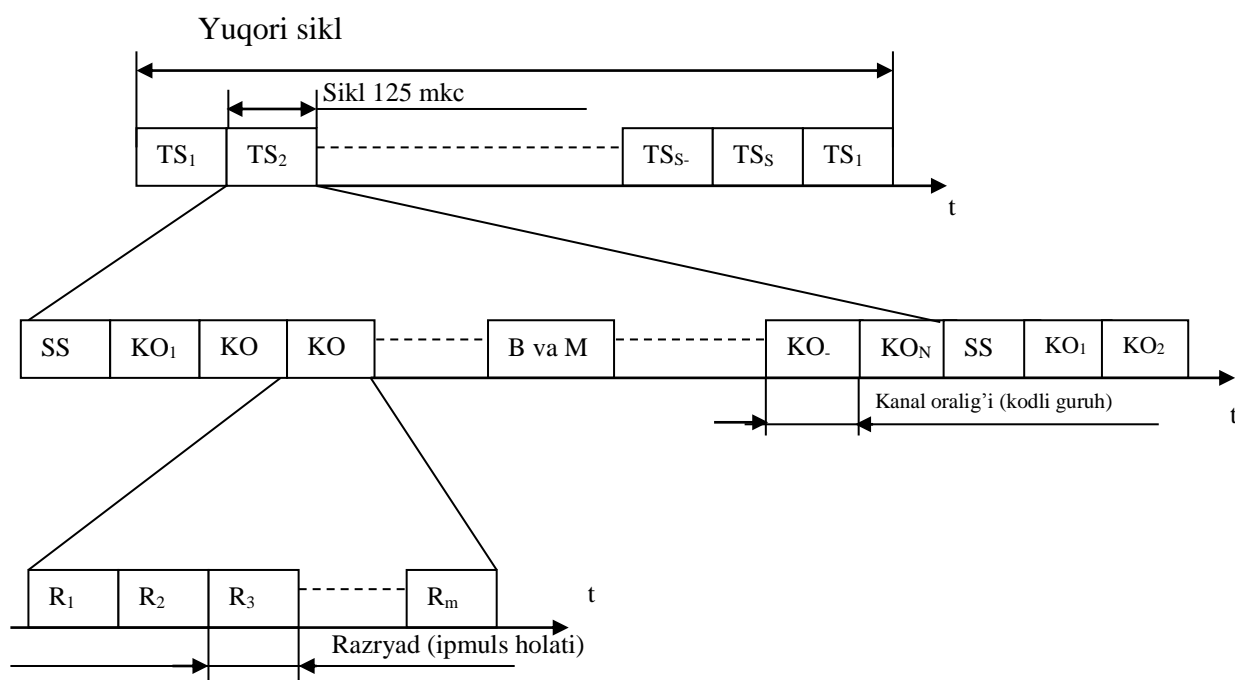
tiklanadi va ikki qutbli signallarni bir qutbliga o'zgartiruvchi kod o'zgartirgich (KO'_{qq})ga tushadi. Taktli chastota ajratgichi (TChA) bu signallar tarkibidan generator qurilmasi ($GQ_{q,q}$)ni ishini boshqarish uchun lozim bo'lgan taktli chastota signallarini ajratib oladi. Bundan tashqari uzatuvchi va qabul qiluvchi qismdagi generator qurilma (GQ_{uzat} va $GQ_{q,q}$)larini sinxron va sinfaz ishlashini, to'g'ri dekodeqlashni, telefon kanallarining B va M signallarini to'g'ri taqsimlanishini ham ta'minlaydi. Ajratuvchi qurilma (AQ) telefon kanallarining va B va M kanallarining kodli guruxlarini ajratadi. GQ_{qq} dan tushuvchi impulslar ketma-ketligi yordamida B va M_{qq} qabul qilgichi bog'lovchi va moslashtiruvchi signallarni o'zining kanallari bo'ylab tarqatadi, dekodeqlar esa guruxli IKM signalni guruxli AIM signalga o'zgartiradi. $GQ_{q,q}$ dan tushuvchi impulslar ketma-ketligi, kanallarning vaqtli selektor (VS)lariga tushadi va navbatma-navbat ularni ochgan holda guruxli AIM signallar tarkibidan kanal signalini ajratib olishni ta'minlaydi. AIM signallari ketma-ketligidan Boshlang'ich (uzluksiz) signallarni qayta shakllantirish, past chastotali filtr (PChF) yordamida amalga oshadi va olingan signallar talabgorlarga tarqatiladi.



7.1-rasm. IKMli uzatish tizimlarining oxirgi stantsiyalarini tuzilishi sxemasi

7.2. Raqamli uzatish tizimlarining sikli va yuqori siklining tuzilishi

IKMli raqamli uzatish tizmlarining sikl va yuqori sikllarining vaqt bo'yicha diagrammalarining tuzilish printsipi quyidagi 7.2-rasmda ko'rsatilgan.



7.2-rasm Sikl va yuqori siklning vaqt bo'yicha diagrammasi

Odatda bitta siklda bitta yoki ikkita kanalning B va M signali beriladi. Shunday qilib, barcha (N) kanalning B va M signallarini uzatish uchun yuqori siklda birlashtiruvchi N yoki N/2 sikl talab qilinadi. Yuqori sikllarda bunday sikllarni birlashtirilishi B va M signallarni uzatish uchun lozim bo'lgan kanallar sonini tashkil qilish va qabul qiluvchi qismda bu signallarni to'g'ri taqsimlash uchun lozim. Yuqori siklning birinchi qismida odatda yuqori qikli sinxronizatsiyaning sinxrosignali (SS) uzatiladi, B va M esa uzatilmaydi. Shunday qilib yuqori sikllar tarkibidagi sikllarning umumiy soni, B va M signallarini uzatish uchun mo'ljallangan barcha kanallar sonidan bitta ko'p. Guruhli IKM signalning uzatish tezligi, tizimning taktli chastotasi: $f_t = f_d \cdot N \cdot m$ orqali aniqlanadi, bu yerda: f_d -diskretizatsiyalash chastotasi; N- kanallar soni; m-razryadlar soni. Sikl 32 kanal oralig'idan tashkil topgan bo'lib, shundan 30 tasi acosiy axborotli signallarni uzatish uchun, qolgan 2 tasi xizmat axborotlarini uzatish uchun qo'llaniladi (IKM-30 uzatish tizimi uchun). $F_D = 8$ kGts ekanligini hisobga olsak, bu tizimning taktli chastotasi $f_t = 8 \cdot 32 \cdot 8$ kGts.

8. PLEZIAXRON RAQAMLI IERARXIYA

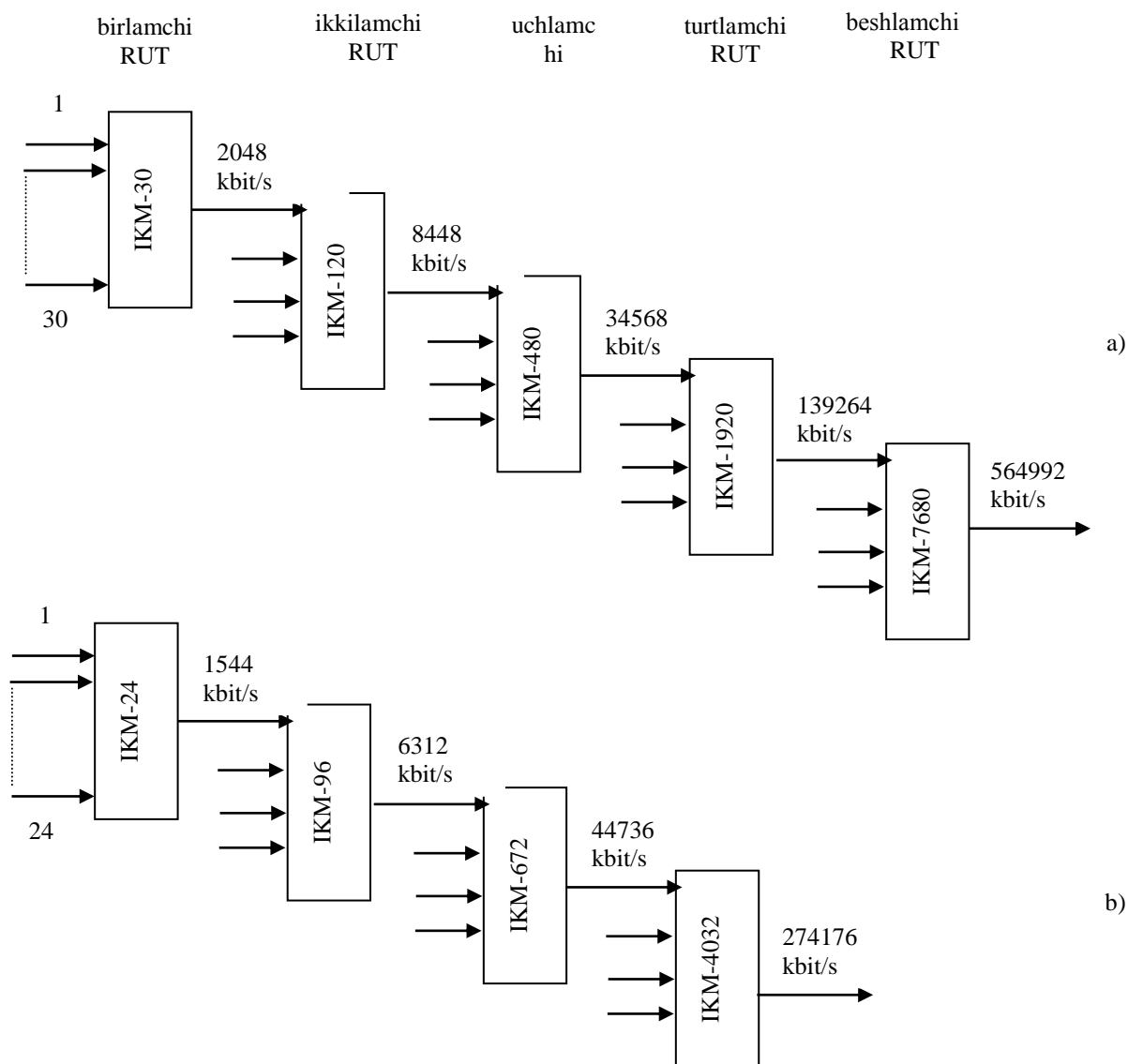
8.1. IKMli raqamli uzatish tizimlarining ierarxiyasi va ularga bo'lgan talablar

Iqtisodiy rivojlangan davlatlarda raqamli uzatish tizimlarini jalb etish 70-yillardan boshlandi. Raqamli uzatish tizimlarini qo'llashdan acosiy maqsad telefon stantsiyalari orasida ko'p juftlik elektr kabellar acosida bog'lovchi liniyalar hosil qilishdan iborat. Chunki raqamli uzatish tizimlari analog uzatish tizimlariga qaraganda shovqinga bardoshli edi. Raqamli uzatish tizimlarida signallarni uzatish uchun impuls kodli modulyatsiya (IKM) qo'llaniladi va ular pleziaxron raqamli ierarxiya (PDH) tizimlari deb nom olgan. Impuls kodli modulyatsiyada avval ta'kidlab o'tganimizdek analog signallar oldin vaqt bo'yicha diskretlanadi, so'ngra amplituda bo'yicha kvantlanadi va amplitudaning kvantlangan qiymatlari ikkilik kod yordamida kodlanadi. Telefon signalining maksimal chastota spektri 3,4 kGtsni tashkil qiladi, muvofiqli signalni qayta tiklash uchun esa diskret impulslar chastotasi ikki barobor katta, ya'ni diskretizatsiya chastotasi 8 kGts bo'lishi kerak. Nutqsifatini qoniqtirish uchun amplitudaning $256=2^8$ diskret sathlari yetarli va ushbu sathlarning har biri 8 bit yoki 1 baytga teng bo'lgan kodlar kombinatsiyasiga almashtiriladi, shunday qilib, standart telefon signalini IKM usulida uzatish uchun 8 bit 8 kGts=64 kbit/s tezlik kerak bo'ladi. Tezlikning ushbu qiymati barcha raqamli ierarxiyalar uchun Boshlang'ich (nolinchi) sathdir. Shuni ta'kidlash kerakki, sikllarni qaytarilish chastotasi 8 kGts, sikl uzunligi 125 mksga teng va bu yuqori tartibdagi PDH tizimlarini qurishda va sinxron raqamli ierarxiya (SDH)ga o'tishda ham saqlanib qoladi.

PDH ierarxiyasida raqamli tizimlarning tuzilishi quyidagi talablarga javob berishi lozim:

- analog va diskret signallarni barcha ko'rinishini uzatishni ta'minlash;
- mavjud bo'lgan va kelgusidagi aloqa liniyalarini xarakteristikalarini nazarda turgan holda uzatish tizimining parametrlarini tanlash;
- uzatiladigan signallarni oddiy holatda birlashtirish, ajratish va tranzit hosil qilish imkoniyati.

RUTlarining ierarxiya usulida tuzilishi, kanal hosil qiluvchi qurilmalarni takomillashtirish, tayyorlash jarayonini engillashtirish, texnikasidan foydalanuvchi qurilmalarni yaratish imkonini beradi. Hozirgi paytda RUTlarning ikki ierarxiya turi keng tarqalgan: Evropa va SHimoliy Amerika. Evropa ierarxiyasi IKM-30 turidagi birlamchi raqamli uzatish tizimlariga acoslangan. Bunda analog-raqamli qurilma har birining o'tkazuvchanlik qobiliyati 64 kbit/s ga teng bo'lgan 30 ta kanalni shakllantiradi. Guruxli signalni uzatish tezligi 2048 kbit/s ga teng. Ancha yuqori bo'lgan satxdagi RUTlarning guruxli signallarini shakllantirishda, raqamli oqimlarni vaqqli birlashtirish usuli qo'llaniladi.



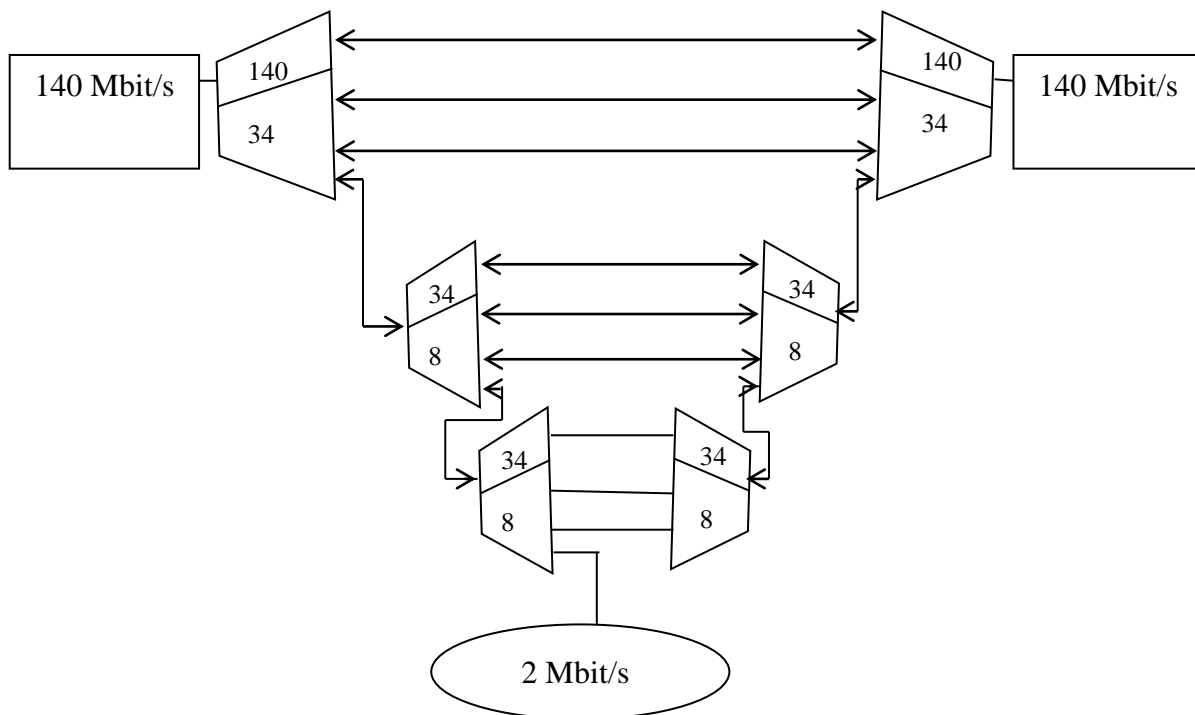
8.1-rasm RUT ierarxiasining turlari

Bunday oqimlar past satxli RUTlarning qurilmalarida shakllanadi. 8.1-rasmdan ko'rinib turibdiki, ierarxiyaning barcha pog'onalari uchun birlashtirish koeffitsienti 4 ga teng. Xuddi shunga o'xshagan holda shimoliy Amerika ierarxiyasi ham tuziladi, faqat unda birlamchi RUT sifatida IKM-24 qo'llaniladi va ierarxiyaning turli pog'onasi uchun birlashtirish koeffitsienti har xil. YUqoridagi ikki ierarxiya, pleziaxron raqamli ierarxiya nomini olgan. Bunday ierarxiyada raqamli oqimlarni birlashtirish asinxron usulda amalga oshadi, ya'ni raqamli oqimlarni tezligi bir-birisidan ozgina bo'lsa-da, farq qiladi. Bunday xolatda oqimlarni birlashtirish uchun tezliklarni sozlash amalga oshiriladi. Oxirgi yillarda sinxron raqamli ierarxiyaga tegishli yuqori ko'rsatkichiga ega bo'lgan tizimlar keng tarqalmoqda. Bu pleziaxron raqamli ierarxiyaning kamchiliklari bilan bog'liq. Chunki tarmoq rivojlana borgan sari tarmoqni nazorat qilish va boshqarish muammolari yuzaga keldi va ushbu raqamli uzatish tizimlarini takomillashtirish eitiyoji tujildi.

8.2. PDH tizimlarining kamchiliklarini

Endi PDH tizimlarining kamchiliklarini ko'rib chiqamiz:

- pleziokron raqamli ierarxiya tizimlarining uzatish tezliklari 2048, 8448, 34368, 139264 kbit/sga teng;
- birinchi va boshqa sathdagi raqamli oqimlarni birlashtirishda tezliklarni sozlash uchun qo'shimcha bitlar qo'llaniladi. Bunday multipleksorlash ko'p kanalli yuqori tezlikli signallarni hosil qilishni qiyinlashtiradi;
- PDH tizimlarida yuqori tezlikli raqamli oqimdan past tezlikli raqamli oqimni to'g'ridan-to'g'ri ajratib olish imkoni yo'q. Buning uchun liniya signalini bir necha bor o'zgartirish kerak. Bularni amalga oshirish uchun bir qancha multipleksorlar to'plami kerak bo'ladi. Bu esa, o'z navbatda, tizimni ekspluatatsiya qilishni, iizmat ko'rsatishini qiyinlashtiradi va uzatiladigan axborot sifatiga ta'sir ko'rsatadi. Masalan 140 Mbit/s tezlikdagi raqamli oqimdan 2 Mbit/s tezlikdagi raqamli oqimni ajratish jarayonini ko'rib chiqaylik (8.2-rasm). Buning uchun 140 Mbit/s tezlikli raqamli oqim MUX-140 multipleksori orqali, 34 Mbit/s tezlikli raqamli oqimlarga ajratiladi. So'ngra bu signal MUX-34 orqali 8 Mbit/sek tezlikli raqamli oqimlarga ajratiladi. Niioyat MUX-8, orqali 2 Mbit/s tezlikli raqamli oqimga ajratib olish mumkin. Agar 2 Mbit/s tezlikli raqamli oqimni yuqori tezlikdagi raqamli oqimga birlashtirmoqchi bo'lsak, yana bir necha marta xuddi shu jarayonni teskarisini amalga oshirish lozim. Bu esa, o'z navbatida uskunaviy qiyinchiliklarni, sinxronizatsiya muammolarini yuzaga keltiradi va xatoliklarni kelib chiqishiga sabab bo'ladi;
- raqamli kommutatsiya uchun kerakli bo'lgan sinxronizatsiya birinchi satxdagi signallardagina bajariladi, yuqori satxdagi raqamli signallar sinxron emas;
- PDH tizimlari turli tipdagi kabellar, acosan mis o'tkazgichli kabellarni qo'llash uchun mo'ljallangan. Liniya traktidagi uzatish tezligi va kodlar, kabelning ishlash shartini belgilaydi. Bu parametrlar standartlashmagan va turli ishlab chiqaruvchilarda turlichadir;
- tizimda ko'pgina o'zgartirishlar (bloklarni o'zgartirishlar yoki yoqib ulashlar) qo'l yordamida amalga oshiriladi;
- boshqaruv va nazorat qilish qiyin, buning uchun qo'shimcha boshqaruv tarmoqi va tizimni tashkil qilish kerak;
- PDHning yana bir acosiy kamchiligi, tarmoqni avtomatik nazorat qilish va boshqaruvning deyarli yo'qligi. Bularsiz yuqori sifatli xizmat ko'rsatuvchi ishonchli tarmoqni tashkil qilish mumkin emas. PDHda uncha katta bo'lmagan iajmda bunday vositalar mavjud, lekin ular standartlashmagan. Shu sababli xar xil ishlab chiqaruvchilar tomonidan yaratilgan nazorat va boshqaruv tizimlari bir-biri bilan chiqisha olmaydi.



8.2-rasm. PDH acosidagi sxemada 140 Mbit/s tezlikli raqamli oqimdan 2 Mbit/s tezlikli raqamli oqimni ajratish usuli

8.3. PDH da sinxronizatsiya va boshqarish muammolari

Kanallarni vaqtli ajratish va IKMli multipleksorlashga acoslangan, analogdan raqamligiga o'tish bilan bog'liq bo'lgan telekommunikatsiyaning yangi texnologiyalari oxirgi yillarda zudlik bilan rivojlana bormoqda. Raqamli usullarni qo'llaganda multipleksor kirishdagi ketma-ketliklarni "taym-slot" (slot-vaqtli oraliq, sikl) shakllangan bir xil nomlanuvchi "n" bloklar bo'yicha (bit, bayt, bir necha baytlar) takrorlanuvchi guruxlardan tashkil topgan bitta chiqishda shakllantiradi, ya'ni multipleksorlarning acosiy vazifasi (multipleksorlash aloqachilar tilida zichlashtirish degan ma'noni anglatadi) kirishdagi iajmi bo'yicha kichik bo'lgan bir necha aloqa kanallarini, chiqishdagi bitta aloqa kanaliga uzatish uchun katta xajmli bitta kanalga birlashtirishdan iborat. Agar kirishdagi signal sifatida uzatish tezligi 64 kbit/s ga teng bo'lgan DSO acosiy raqamli kanallar (ARQ) dan foydalanilsa, unda bitta multipleksor yordamida amalda $n \times 64$ kbit/s li tezlikga ega bo'lgan oqimlarni shakllantirish mumkin. Shunday bir nechta multipleksorlarni qo'llash orqali talab qilingan sathgacha, talab qilingan kanallar sonini beruvchi raqamli ierarxiyani tashkil qilish mumkin. Bunday uchta ierarxiya 80-yillarda ishlab chiqilgan edi. AQSh va Kanadada qabul qilingan bitta ierarxiyada, acosiy raqamli kanal signalining uzatish tezligi sifatida 1544 kbit/s ($n=24$ ta, tezligi 64 kbit/s) li telefon kanallari qo'llaniladi. Yaponiyada qabul qilingan ierarxiyada acosiy raqamli kanalning tezligi uchun xuddi shu tezlikdan foydalaniladi. Evropa va Janubiy Amerikada qabul qilingan uchinchi ierarxiyada, acosiy raqamli kanal signalining uzatish tezligi 2048 kbit/s deb qabul qilingan (TCh kanallar soni $n=32$ teng, umuman olganda $n=30$), ya'ni bunda axborotli

kanallar sifatida tezligi 64 kbit/s bo'lgan 30 ta TCH kanal va 64 kbit/sli 2 ta signalizatsiya kanali, boshqarish uchun qo'llaniladi. Quyidagi 8.1-jadvalda Amerika (AS), Yaponiya (YaS) va Evropa (ES) ierarxiyalarining uzatish tezliklari ko'rsatilgan.

8.1-jadval

Raqamli ierarxiya sathi	Turli ierarxiya sxemalariga mos keluvchi uzatish tezliklari		
	AS: 1544 kbit/s	YAS: 1544 kbit/s	ES: 2048 kbit/s
0	64	64	64
1	1544	1544	2048
2	6312	6312	8448
3	44736	32064	34368
4	-	97728	139264

Uchta ierarxiyani bir vaqtda parallel rivojlanishi dunyoda global telekommunikatsiyani rivojlanishini amalga oshira olmadi.

Bundan tashqari, raqamli oqimlarning tezligini tenglashtirish uchun qo'shimcha bitlardan foydalanishga to'g'ri keldi. Yana bir murakkab tomoni shundan iboratki, tarmoqda oqimlarni nazorat qilish va boshqarish maqsadida iizmat kanallarini tashkil qilish imkoniyatining sustligi va tarmoqda berilganlarni uzatish uchun juda muhim bo'lgan pastki multipleksorlangan oqimlarni marshrutizator vositalarini to'liq yo'qligi. Chunki standartda sarlovxa uchun lozim bo'lgan me'yordagi marshrutlashtirish qarab chiqilmagan. Bunday maxsus marshrutizator vositalarining yo'qligi natijasida, PDHning freym va multifreymlarini shakllanish jarayonida xatoliklarni yuzaga kelishi oshadi va axborotlarni yo'qolishiga olib keladi. Natijada uzatish tizimlari orasidagi sinxronizatsiya buzilishi mumkin va axborotlarni uzatish imkoniyati bo'lmaydi.

PDH tizimlari o'zlarining qator kamchiliklari bilan hozirgi zamon talabiga javob bera oladigan tarmoqlar yaratishga imkon bermaydi. Shu sababli sinxron raqamli ierarxiyaga o'tish ushbu muammolarni echishda katta ahamiyat kasb etadi.

Nazorat savollari

1. RUT larning shaxsiy qurilmalari haqida tushuncha bering.
2. RUTlarning guruhli qurilmalari haqida tushuncha bering.
3. RUT larning sikli qanday tuziladi?
4. IKM li RUT larning ierarxiyasi xaqida ma'lumot bering.
5. Pleziaxron raqamli ierarxiyaning xususiyatlari nimadan iborat?
6. PDH da raqamli oqimlar qanday ajratib olinadi?
7. PDH ni kamchiligi nimadan iborat?
8. Multipleksorning vazifasi nimadan iborat?
9. Qanday ierarxiya turlarini bilasiz va ularni tezliklari qanday?
10. Nima uchun bu uchta ierarxiya aloiida keng tarqalmagan?

ADABIYOTLAR

1. N.N. Baeva. *Mnogokanalnaya elektrosvyaz i RRL*. M.: Radio i svyaz, 1988.
2. *Mnogokanalnye sistem peredachi*. Pod redaktsiey N.N. Baevoy i V.V. Gordienko. M.:Radio i svyaz, 1997.
3. YU.V. Skalin, A.G. Bernshteyn, A.D. Finkevich. *TSifrovые sistem peredachi*. M.: Radio i svyaz, 2002.
4. N.N. Slepov. *Sovremennye tehnologii tsifrovых optovolokonных setey svyazi*. M.: Radio i svyaz, 2002.

MUNDARIJA

SO'Z BOSHI.....	3
KIRISH.....	4
1. TELEKOMMUNIKATSIYA UZATISH TIZIMLARINING TUZILISH ACOSLARI	
1.1. Acosiy ta'rif va tushunchalar.....	6
1.2. Aloqa tarmoqlarining tuzilish printsiplari.....	7
1.3. Signallar. Birlamchi signallar va ularni uzatish sathlari	8
1.4. Signalning parametr va xarakteristikalari.....	9
2. KANAL SIGNALLARINI AJRATISH PRINSIPLARI. TOVUSH CHASTOTALI KANALLARNING ACOSIY XARAKTERISTIKALARI	
2.1. Kanal signallarini chastota bo'yicha ajratish printsiipi.....	14
2.2. Kanal signallarini vaqt bo'yicha ajratish printsiipi.....	15
2.3. Tovush chastotali (TCH) kanal, uning xarakteristikalari.....	18
2.4. Signallarni ikki tomonlama uzatish.....	22
2.5. Differentsial qurilma (DQ).....	24
2.6. Ikki tomonlama kanal muvozanati.....	25
2.7. Sath diagrammasi.....	27
3. KANALLARI CHASTOTA BO'YICHA AJRATILGAN UZATISH TIZIMLARI	
3.1. Kanallari chastota bo'yicha ajratilgan uzatish tizimlarida kanal signallarining shakllanishi.....	29
3.2. Chastotalarni ko'p marta o'zgartirish printsiipi.....	32
3.3. Kanallari chastota bo'yicha ajratilgan ko'p kanalli uzatish tizimlarining liniya traktida va kanallarida hosil bo'luvchi shovqinlar.....	34
3.3.1. Shovqinlarning turlari.....	34
3.3.2. Shovqinlarni baholash va ularni me'yorlashtirish.....	35
3.4. Chiziqli o'zaro o'tuvchi shovqinlar va ular bilan kurashish usullari.....	36
3.5. Kanal va taraktlarda signallarning buzilishi. Buzilishlarni kelib chiqish sabablari.....	39
3.5.1. Chiziqli buzilishlarning sinflari.....	40
3.5.2. Avtomatik satx boshqarish (ASB) qurilmasi.....	41
3.6. Magistral, mintaqaviy va ichki tarmoqlarda qo'llaniladigan, kanallari chastota bo'yicha ajratilgan uzatish tizimlari.....	44
3.6.1. Magistral va mintaqaviy tarmoqlarda qo'llaniladigan, kanallari chastota bo'yicha ajratilgan uzatish tizimlari.....	44
3.6.2. Mahalliy tarmoqlarda qo'llaniladigan uzatish tizimlari.....	45
4. KANALLARI VAQT BO'YICHA AJRATILGAN UZATISH TIZIMLARINING TUZILISH PRINSIPI	
4.1. AIM signalining xususiyatlari.....	48

4.2. Impulsi-kodli modulyatsiya. Tekis va notekis kvantlash. Kodlovchi qurilmalarning tuzilishi.....	50
4.2.1. Tekis kvantlash.....	53
4.2.2. Notekis kvantlash.....	54
4.2.3. Notekis kvantlash shkalasiga ega bo'lgan koder va dekoderlar.....	57
5. RAQAMLI UZATISH TIZIMLARIDA SINXRONIZATSIYA	
5.1. Raqamli uzatish tizimlarida taktli, siklli, yuqori siklli sinxronizatsiya.....	64
5.2. Sinxrosignal qabul qilgichi.....	65
6. RAQAMLI UZATISH TIZIMLARINING LINIYA TRAKTI	
6.1. Liniya trakti bo'ylab raqamli signallarni uzatish xususiyatlari.....	68
6.2. Signallarni regeneratsiyalash. Regeneratorlarning tuzilish sxemasi.....	70
7. RAQAMLI UZATISH TIZIMLARINING OXIRGI STANTSIYASINI TUZILISHI	
7.1. Impuls kodli modulyatsiyaga ega bo'lgan raqamli uzatish tizimlarining oxirgi stantsiyasining tuzilishi.....	75
7.2. Impuls kodli modulyatsiyaga ega bo'lgan raqamli uzatish tizimlarining sikli va yuqori siklining tuzilishi.....	76
8. PLEZIAXRON RAQAMLI IERARXIYA	
8.1. IKM li raqamli uzatish tizimlarining ierarxiyasi va ularga bo'lgan talablar...	79
8.2. PDH tizimlarining kamchiliklari.....	81
8.3. PDH da sinxronizatsiya va boshqarish muammolari.....	82
ADABIYOTLAR.....	84

TELEKOMMUNIKATSIYA UZATISH
TIZIMLARI

O'quv qo'llanma. 1-qism

5522200-telekommunikatsiya ta'lim
yo'nalishi talabalari uchun

TUT kafedrası yig'ilishidan ko'rib chiqildi
va nashrga tavsiya etildi

Muallif: R.N. Radjapova
R.K. Atametov
G.D. Axmedova

Muxarrir: R.I. Isayev

