

“O‘zbekiston temir yo‘llari” AJ
Toshkent temir yo‘l muhandislari instituti

V.M. Zakirov

**TELEKOMMUNIKATSIYALARDA OMMAVIY XIZMAT
KO‘RSATISH NAZARIYASI**

5A350102 – “Axborot uzatish qurilmalari va tizimlari” ta’lim yo‘nalishi
1-bosqich magistratura talabalari va professor-o‘qituvchilar uchun
o‘quv qo‘llanma

Toshkent – 2019

UDK 628.15

Telekommunikatsiyalarda ommaviy xizmat ko'rsatish nazariyasi. O'quv qo'llanma. **V.M. Zakirov**. ToshTYMI, T.: 2019, 96 bet.

O'quv qo'llanma 5A350102 – “Axborot uzatish qurilmalari va tizimlari” ta'lim yo'nalishi 1-bosqich magistratura talabalari va professor-o'qituvchilar uchun “Telekommunikatsiyalarda ommaviy xizmat ko'rsatish nazariyasi” fanidan ma'ruza va amaliy mashg'ulotlarni bajarishga mo'ljallangan.

Institutning Ilmiy-uslubiy kengashi tomonidan nashrga tavsiya etildi.

Taqrizchilar: V.A. Kolesnikov – t.f.n., dots.(ToshTYMI);
SH.Y. Djabbarov – t.f.n., dots. (TATU).

KIRISH

Telefon tarmog'ida shaxsiy foydalanishdagi telefon apparatlari va abonent liniyalaridan tashqari barcha abonentlar uchun umumiy foydalanishda bo'lgan kommutatsiya tizimi, boshqarish qurilmalari, stansiyalararo ulash liniyalari, abonent raqamlarini qabul qiluvchi va uzatuvchi qurilmalar hamda boshqa turdagi uskunalar mavjud. Shaxsiy foydalanishdagi qurilmalar soni abonentlar soni bilan aniqlanganligi sababli tarmoqni loyihalash jarayonida abonentlar uchun umumiy foydalanishda bo'lgan tarmoq qurilmalari sonini aniqlash asosiy vazifalardan biri hisoblanadi. Umumiy foydalanishdagi qurilmalar soni bu qurilmalar orqali xizmat ko'rsatiladigan chaqiruvlar soni, ularning tushish tartibi hamda har bir chaqiruvga qurilma tomonidan xizmat ko'rsatish vaqti va tartibiga bog'liq. Telefon tarmog'ida chaqiruvlar oqimi hamda ularga xizmat ko'rsatish vaqtining tasodifiyligi tufayli umumiy foydalanish qurilmalari sonini aniq hisoblash mumkin emas. Chaqiruvlar oqimi va xizmat ko'rsatish vaqtining tasodifiy jarayonligini hisobga olgan holda telefon tarmog'i faoliyati sifatini aniqlashga bo'lgan talab tegishli matematik apparat – teletrafika nazariyasi yaratilishiga olib keldi. Bu nazariyaning asosi danyalik matematik, Kopengagen telefon kompanyasi xizmatchisi A.K. Erlang (1878-1929 y.) ilmiy ishlarida yaratilgan.

Bu nazariyaga ko'ra tushayotgan chaqiriqlar yuqlama deb hisoblashni ilgari surgan olimlardan yana biri T. Engset. Bu olim o'zining 1909-1920 yillardagi ilmiy tadqiqotlari natijasida tushayotgan yuklama, xizmat ko'rsatish qurilmalari va tizim sifat ko'rsatkichlari o'rtasidagi analitik bog'liqlikni aniqlagan. Shvetsiyalik olim S. Palm Erlang ishlarini umumlashtirib, o'zining doktorlik dissertatsiyasida telefon yuklamasining o'zgarishiga oid tadqiqotlarini e'lon qildi. Uning tadqiqotlari natijalaridan bo'gunga kelib ham foydalaniladi.

O'tgan asrning 30-yillariga kelib atoqli matematiklar A.N.Kolmogorov, A.YA.Xinchin va A.A.Markovlar yangi ilmiy yo'nalish – ommaviy xizmat ko'rsatish nazariyasi yaratilishiga asos solganlar. Bu yo'nalish telekommunikatsiya tarmoqlaridan tashqari ishlab chiqarishda, xizmat ko'rsatishda, boshqaruv va boshqalarda keng miqyosda qo'llash imkoniyatini yaratilishi yangi ommaviy xizmat ko'rsatish nazariyasi (OXN) paydo bo'lishiga olib keldi.

Ommaviy xizmat ko'rsatish nazariyasidan bugunga kelib ham maishiy xizmat va kosmik tadqiqotlar o'tkazishda foydalanilmoqda.

Ommaviy xizmat ko'rsatish nazariyasining asosiy vazifasi – telekommunikatsiyalarda ommaviy xizmat ko'rsatish tizimlari o'tkazuvchanlik qoblyatini hisoblashdan iborat.

1. Ommaviy xizmat ko'rsatish nazariyasi fanining asoslari

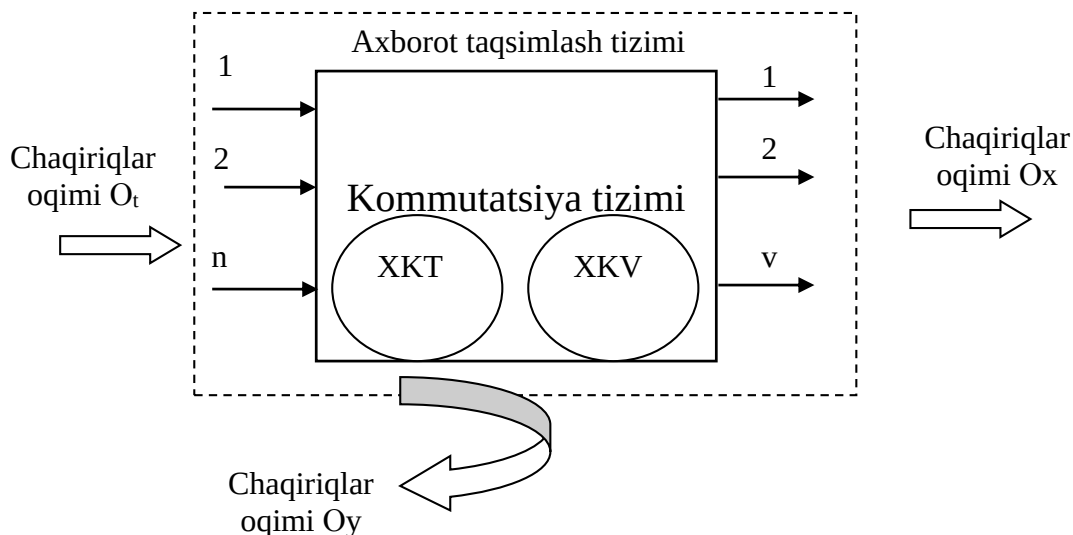
1.1. Ommaviy xizmat ko'rsatish nazariyasi fanning maqsad va vazifalari

Ommaviy xizmat ko'rsatish nazariyasining asosiy maqsadi axborot taqsimlash tizimlari faolyat sifatini baholash imkonini beruvchi usullarni ishlab chiqishdan iborat. Bunda birinchi o'rinda xizmat ko'rsatish sifatining kirayotgan chaqiruvlar oqimi, axborot taqsimlash tizimining tarkibi hamda xizmat ko'rsatish tartibiga bog'liqligini yoki boshqacha qilib aytganda tahlil vazifasini bajarish asosiy o'rin tutadi. Telekommunikatsiya texnikasi va texnologiyalarining keyingi rivojlanishi sintez vazifasini bajarishni yoki chaqiruvlar oqimi, xizmat ko'rsatish tartibi hamda xizmat ko'rsatish sifatining berilgan qiymatlarida axborot taqsimlash tizimi tarkibiy ko'rsatkichlarini aniqlashni talab qildi. Ommaviy xizmat ko'rsatish nazariyasida asosiy matematik apparat sifatida eh'timollar nazariyasi, matematik statistika, kombinatorika va komp'yuterlar yordamida jarayonlarning statistik modelini tahlil qilish usullari ishlatiladi.

1.2. Ommaviy xizmat ko'rsatish nazariyasida fanidagi matematik modellar

Ommaviy xizmat nazariyasi amaliy matematikaning asosiy qismlaridan biri bo'lib, u ommaviy xizmat ko'rsatish jarayonining sonli tomonlarini o'rganadi. Bu nazariya qo'llanishida hamma o'rganiladigan obyektlar umumiy ko'rinishda ommaviy xizmat ko'rsatish tizimlari deb ataladi. Ommaviy xizmat ko'rsatish tizimlarining bir sinfini axborot taqsimlash tizimlari tashkil qiladi. Axborot taqsimlash tizimi sifatida o'rnatilgan algoritm asosida telefon, telegraf, internet va boshqa turdagi aloqa xizmatlarini ko'rsatishda ishlatiladigan liniyalar, kommutatsiya uskunalari majmuasi, kommutatsiya tuguni yoki tarmog'i hamda ularning bir qismi qaralishi mumkin. Ommaviy xizmat ko'rsatish nazariyasining axborot taqsimlash tizimlari tadqiqotiga bag'ishlangan yo'nalishi teletrafika nazariyasi yoki axborotni taqsimlash nazariyasi deb nom olgan.

Boshqa matematik nazariyalar kabi ommaviy xizmat ko'rsatish nazariyasi axborot taqsimlash tizimlarining o'zi bilan emas, balki ularning matematik modellari bilan ish ko'radi. Ommaviy xizmat ko'rsatish nazariyasi matematik modeli quyidagi elementlardan tashkil topgan: chaqiruvlar oqimi O ; axborot taqsimlash (xizmat) tizimi ATT; xizmat ko'rsatish tartibi XKT; xizmat ko'rsatish vaqti XKV.



1.1-rasm. Matematik model elementlari

Chaqiriqlar oqimi tushayotgan O_t , xizmat ko'rsatilgan O_x va yo'qotilgan oqimlarga ajratiladi.

Chaqiruvlar oqimi (xizmatga talab) va ularga xizmat ko'rsatish vaqti axborot taqsimlash tizimiga tushayotgan yuklama (trafik) qiymatini aniqlaydi. Yuklama qiymati esa o'z navbatida axborot taqsimlash tizimi quvvatini yoki undagi xizmat ko'rsatish uskunalari sonini aniqlaydi.

Xizmat ko'rsatish tizimi o'zining qurilish tarkibi (bir yoki ko'p zvenoligi, to'liq yoki noto'liq imkoniyatligi), qurilmalar soni va boshqa ko'rsatkichlari bilan tavsiflanadi va bu haqidagi ma'lumotlar keyingi boblarda ko'rib o'tiladi.

Chaqiruvlar oqimining xizmat ko'rsatish tizimi bilan o'zaro munosabati xizmat ko'rsatish tartibini aniqlaydi. Xizmat ko'rsatish tartibi quyidagi ko'rsatkichlar bilan tavsiflanadi:

- chaqiruvlarga xizmat ko'rsatish turi (raddiyatli, kutishli yoki ularning birgalikda qo'llanishi);
- chaqiruvlarga xizmat ko'rsatish tartibi (navbatli, tasodifiy, imtiyozli va h. z.);
- chiqish linyalarini tanlash tartibi (erkin, gruxli yoki individual izlash);
- barcha yoki bir qism chaqiruvlarga xizmat jarayonida chegara mavjudligi (kutish vaqtiga, kutuvchi chaqiruvlar soniga va h.k.).

Xizmat ko'rsatish vaqti xizmat ko'rsatish tizimi orqali chaqiriqlarga ko'rsatilgan (chaqiriqlar tizimni egallagan) vaqtni ko'rsatadi. Bu vaqt o'zgarmas, ya'ni xamma chaqiriqlarga bir xil vaqt davomida xizmat ko'rsatiladi, yoki tasodifan (chaqiriqlar turli qonuniyatlariga bo'ysunadigan) vaqt davomida xizmat ko'rsatiladi.

Xizmat ko'rsatish sifati qabul qilingan xizmat ko'rsatish tartibiga

bog'liq ravishda chaqiruvni rad etish ehtimoli, chaqiruvni kutish vaqtining o'rtacha qiymati, chaqiruv kutish vaqtining ko'rsatilgan qiymatdan oshish ehtimoli va boshqa ko'rsatkichlar orqali tavsiflanadi.

Ilmiy maktablarga ko'rilayotgan modellarni ixcham ko'rinishda yozish uchun quyidagi shartli belgilar foydalaniladi: birinchi belgi chaqiriqlar tushishi oralig'ining taqsimlanish funksiyasi; ikkinchi belgi xizmat ko'rsatish vaqti taqsimoti funksiyasi; uchinchi va keyingi belgilar xizmat ko'rsatish tartibini ko'rsatadi.

Taqsimot qonunlarini belgilash uchun quyidagi belgilar qabul qilingan: M-ko'rsatkichli (eksponensial), E-erlang (gamma), D - teng taqsimotli (lotin tilidan determinave), G-ixtiyoriy. Ko'p o'lchashli ko'rsatkichlar holatini uchun belgilar ustiga strelka qo'yiladi. Axborotlarni taqsimlash qurilmalari S belgi bilan belgilanadi. Agar xizmat ko'rsatish qurilmasi ulanishi teng imkoniyatli sxemaga ega bo'lsa V-xizmat ko'rsatish qurilmalari soni bilan belgilanadi. Agar chaqiriqlarga kutish qurilmalarini soni r belgisi bilan belgilanadi. F-belgisi bilan ustuvorlik xizmat ko'rsatish belgilanadi. Misol tariqasida bir necha modellar belgilanishini ko'rib chiqamiz M/M/S belgisi bilan S sxemaga chaqiriqlar tushish oralig'i ko'rsatkichni funksiyaga oddiy chaqiriqlar oqimi ega bo'lgan va xizmat ko'rsatish vaqti ko'rsatkichli funksiyaga ega model tushuniladi. M/M/V< ∞ -belgi bilan oddiy chaqiriqlar oqimiga teng imkoniyatli sxemada oshkora yo'qotishlar usulida xizmat ko'rsatuvchi model belgilanadi.

2. Chaqiriqlar oqimi

2.1. Asosiy tushunchalar. Chaqiriqlar oqimini siniflarga bo'lish

Ommaviy xizmat ko'rsatish nazariyasida chaqiriqlar oqimini o'rganishda xabar, chaqiriq, band qilish va ozod qilish kabi tushunchalar keng qo'llanadi.

Xabar deb telekommunikatsiya tarmog'i orqali uzatishga mo'ljallangan boshlanish va tugash belgisi bor axborotlar majmuasiga aytiladi. Xabar hajmi, toifasi, uning manbai va qabul qiluvchisining manzillari hamda bu xabarni taqdim qilish shakli bilan tavsiflanadi. Xabar hajmi bu xabarni uzatishda ishlatiladigan kanalning turini va bu kanalni band qilish vaqtini aniqlaydi. Xabarlar toifasi uni tarmoq orqali uzatishga bo'lgan talablarni aniqlaydi. Xabar misolida tarmoq orqali uzatishga mo'ljallangan telefon so'zlashuvi, telegramma, kompyuter ma'lumoti, radio yoki televizion dastur qaralishi mumkin. Xabarlar quyidagi turlarga bo'linadi:

– xizmat ko'rsatilgan - tarmoq orqali iste'molchiga yetkazilgan xabarlar;

- yo‘qotilgan - ulash yo‘llarining bandligi, nosozligi yoki qabul qiluvchining javob bermasligi sababli manzilga yetkazilmagan xabarlar;
- kutayotgan – uzatilishini kutayotgan xabarlar;
- shartli yo‘qotilgan – kutishi mumkin bo‘lgan vaqtdan oshgan xabarlar.

Chaqiruv deb manbaning xabar uzatish maqsadida aloqa o‘rnatishga qilgan talabiga aytiladi. Chaqiruv manbai hamda qabul qiluvchi sifatida telefon apparati, telegraf apparati, faks, kompyuter yoki boshqa abonent terminallari qaralishi mumkin. Chaqiruvlar ham o‘z navbatida xizmat ko‘rsatilgan, yo‘qotilgan, kutayotgan hamda shartli yo‘qotilgan guruhlariga bo‘linadi.

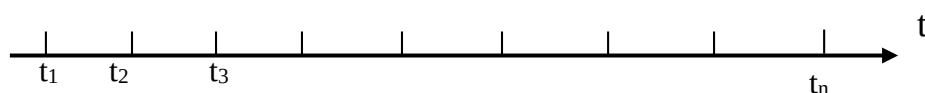
Uskuna, liniya va qurilmalarning aloqa o‘rnatish maqsadida har qanday ishlatilishi band qilish deb ataladi. Band qilish uning vaqt bo‘yicha surunkaligi va boshlanish momenti bilan tavsiflanadi.

Uskuna, liniya va qurilmalarning har bir aloqa o‘rnatish jarayonida ishlatilishining tugashi ularning ozod qilinishi deb ataladi. Ozod qilinish bu holatning ro‘yobga kelish momenti bilan tavsiflanadi.

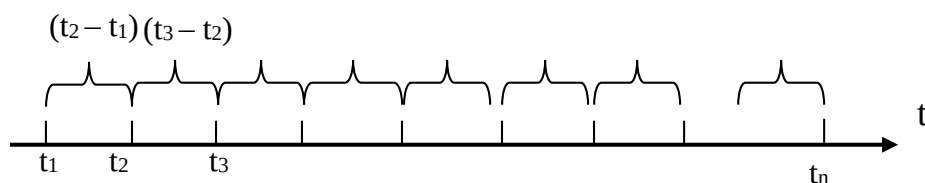
Chaqiruvlar tushish mometlari yoki ularning tushish oraliqlarining vaqt bo‘yicha ketma-ketligi telefon chaqiriqlari oqimi deyiladi. Tasodifiy bo‘lmagan (determinant) va tasodifiy chaqiruv oqimlari mavjud. Tasodifiy bo‘lmagan chaqiruv oqimi deb vaqt bo‘yicha tushish momentlari yoki chaqiruvlar oralig‘i avvaldan ma‘lum bo‘lgan oqimlarga aytiladi. Bunga misol qilib oldindan o‘rnatilgan aniq jadval bo‘yicha amalga oshirilgan telefon chaqiruvlari ketma-ketligini ko‘rsatish mumkin. Agar chaqiriqlarning vaqt bo‘yicha tushish momentlari yoki ular oralig‘i tasodifiy qiymatli jarayon bo‘lsa, bunday oqim tasodifiy chaqiriqlari oqimi deyiladi. Teletrafika nazariyasida asosan tasodifiy oqimlar ko‘riladi.

Chaqiruv oqimlarini uch hil usul bilan berilishi mumkin:

1. Chaqiruv tushish momentlarining (onlarning) ketma-ketligi:
 $t_1, t_2, \dots, t_n$

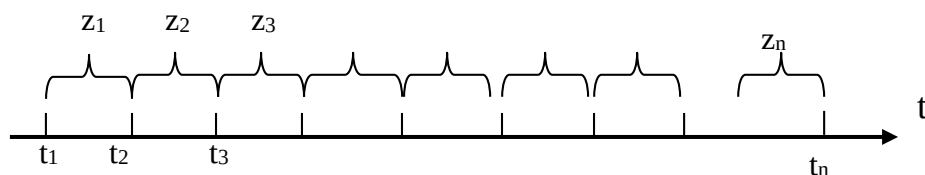


2. Chaqiruv tushish oraliqlari ketma-ketligi bilan:
 $(t_0, t_1), (t_1, t_2), \dots, (t_{n-1}, t_n),$



3. Berilgan vaqt oraliqlarida tushadigan chaqiruvlar sonining ketma-ketligi

bilan: $z_1, z_2, \dots, z_n$,



Determinant oqimlar uchun yuqoridagi berilish usullarida tushish momentlari, tushish momentlari orasidagi vaqt yoki berilgan vaqt oraliqlarida tushadigan chaqiruvlar sonining ketma-ketligi avvaldan ma'lum bo'ladi. Tasodifiy chaqiruv oqimilarni berishda yuqorida ko'rilgan kattaliklar avvaldan ma'lum bo'lmagani uchun taqsimot funksiyasidan foydalaniladi.

Biron-bir tasodifiy miqdor X ning ehtimoliylik taqsimoti funksiyasi deb, $X \prec x$ ehtimolini aniqlovchi $F(X) = P\{X \prec x\}$ funksiyaga aytiladi.

U holda yuqorida bayon etilganini inobatga olib, tasodifiy chaqiruv oqimilarni berish uchun quyidagi uchta ekvivalent usullar ishlatiladi:

1. n tasodifiy chaqiruvchi onlarning birgalikdagi taqsimot qonuni:

$$P\{t_i \prec t_i, i = 1, 2, \dots, n\} = P\{T_1 \prec t_1, T_2 \prec t_2, \dots, T_n \prec t_n\}$$

2. Chaqiruvchi onlar ketma-ketligi oralig'i o'rtasidagi vaqt oralig'ining birgalikdagi taqsimot qonuni

$$P\{Z_i, z_i, i = 1, 2, \dots, n\} = P\{Z_1 \prec z_1, Z_1 \prec z_1, Z_2 \prec z_2, \dots, Z_n \prec z_n\}$$

bu yerda z_i ($i-1$) va i chaqiruvchi onlar orasidagi vaqt

3. Berilgan $[t_0 t_1]$ $[t_0 t_2]$ $[t_0 t_n]$ vaqt oraliqlarda keladigan K chaqiruvlar sonining birgalikdagi ketma-ketlik taqsimot qonuni

$$P\{K(t_0, t_i) = K_i, i = 1, 2, \dots, n\} = P\{K(t_0, t_1) = K_1, K(t_0, t_1) = K_2, \dots, K(t_0, t_2) = K_n\}$$

2.2. Chaqiriqlar oqimi tavsiflari

Tasodifiy oqim asosiy ko'rsatkichlari uning parametri va jadalligidir (intensivligi).

Vaqt o'qining t momentidagi tasodifiy oqim parametri $\lambda(t)$ deb, $(t, t+\Delta t)$ vaqt oralig'ida bittadan kam bo'lmagan chaqiriq tushish ehtimoli $R_{\geq 1}(t, t+\Delta t)$ ning shu vaqt oralig'i Δt ga nisbatining vaqt oralig'i Δt nolga intilgandagi limitiga aytiladi:

$$\lambda(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} [R_{\geq 1}(t, t+\Delta t)] / \Delta t. \quad (2.1)$$

Vaqt o'qining t momentidagi tasodifiy oqim jadalligi $\mu(t)$ deb, $(t, t+\Delta t)$ vaqt oralig'ida tushadigan chaqiriqlar soni matematik kutilgan qiymati shu vaqt oralig'iga nisbatining vaqt oralig'i Δt nolga intilgandagi limitiga

aytiladi:

$$\mu(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} [\mu(0,t) - \mu(0,t+\Delta t)] / \Delta t, \quad (2.2)$$

bu yerda $\mu(0,t)$ va $\mu(0,t+\Delta t)$ - mos ravishda $[0,t)$ va $[0,t+\Delta t)$ vaqt oralig'idagi chaqiruvlar sonining matematik kutilgan qiymatlari.

Vaqt o'qining t momentidagi chaqiriqlar oqimi jadalligi $\mu(t)$ t vaqtdagi tushayotgan chaqiriqlar sonini belgilasa, uning parametri $\lambda(t)$ esa shu vaqtdagi chaqiriqlar momenti sonini, ya'ni bitta yoki bir yo'la bir guruh chaqiriqlar tushishi momentlar sonini ko'rsatadi. Shuning uchun tasodifiy chaqiriqlar oqimi uchun har doim quyidagi tengsizlik o'rinli:

$$\mu(t) \geq \lambda(t).$$

Tasodifiy oqimlarning asosiy xususiyatlari

Tasodifiy chaqiriqlar oqimi uchta xususiyatga ega. Bular yakka (ordinarlik), o'zgarmaslik (statsionarlik) va keyingi ta'sirning yo'qligi xususiyatlaridir. Ordinar chaqiriqlar oqimi deb, qisqa Δt vaqt oralig'ida bittadan ortiq chaqiriqlarning tushish ehtimoli shu oraliq qiymatiga nisbatan juda kichik bo'lgan oqimlarga aytiladi, ya'ni

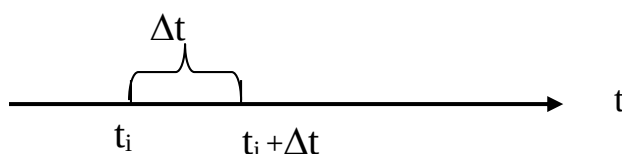
$$R_{i \geq 2}(\Delta t) = \theta(\Delta t),$$

bu yerda $\theta(\Delta t)$ Δt ga nisbatan juda kichik son, $R_{i \geq 2}(\Delta t)$ esa Δt vaqt oralig'ida ikki va undan ortiq chaqiruvlar tushish ehtimoli.

Oqimlarning ordinarligi amaliyotda har qanday chaqiriq momentida chaqiriqlar guruh bo'lib (bittadan ortiq) tushmasligini ko'rsatadi. SHu sababli bunday oqimlar uchun $\mu(t) = \lambda(t)$ tenglik vaqt o'qining har bir nuqtasida (momentida) o'rinlidir.

O'zgarmas oqimlar deb, $(t_j, t_j+\Delta t)$ vaqt oralig'ida roppa-rosa k chaqiriq tushish ehtimoli $P_k(t_j, t_j+\Delta t)$ faqat shu oraliq uzunligiga Δt bog'liq bo'lib, uning vaqt o'qidagi joylashishiga (boshlanish moment t_j qiymatiga) bog'liq bo'lmasligiga aytiladi, ya'ni

$$P_k(t_j, t_j+\Delta t) = P_k(t_i, t_i+\Delta t) = P_k(\Delta t), i \neq j \quad (2.3)$$



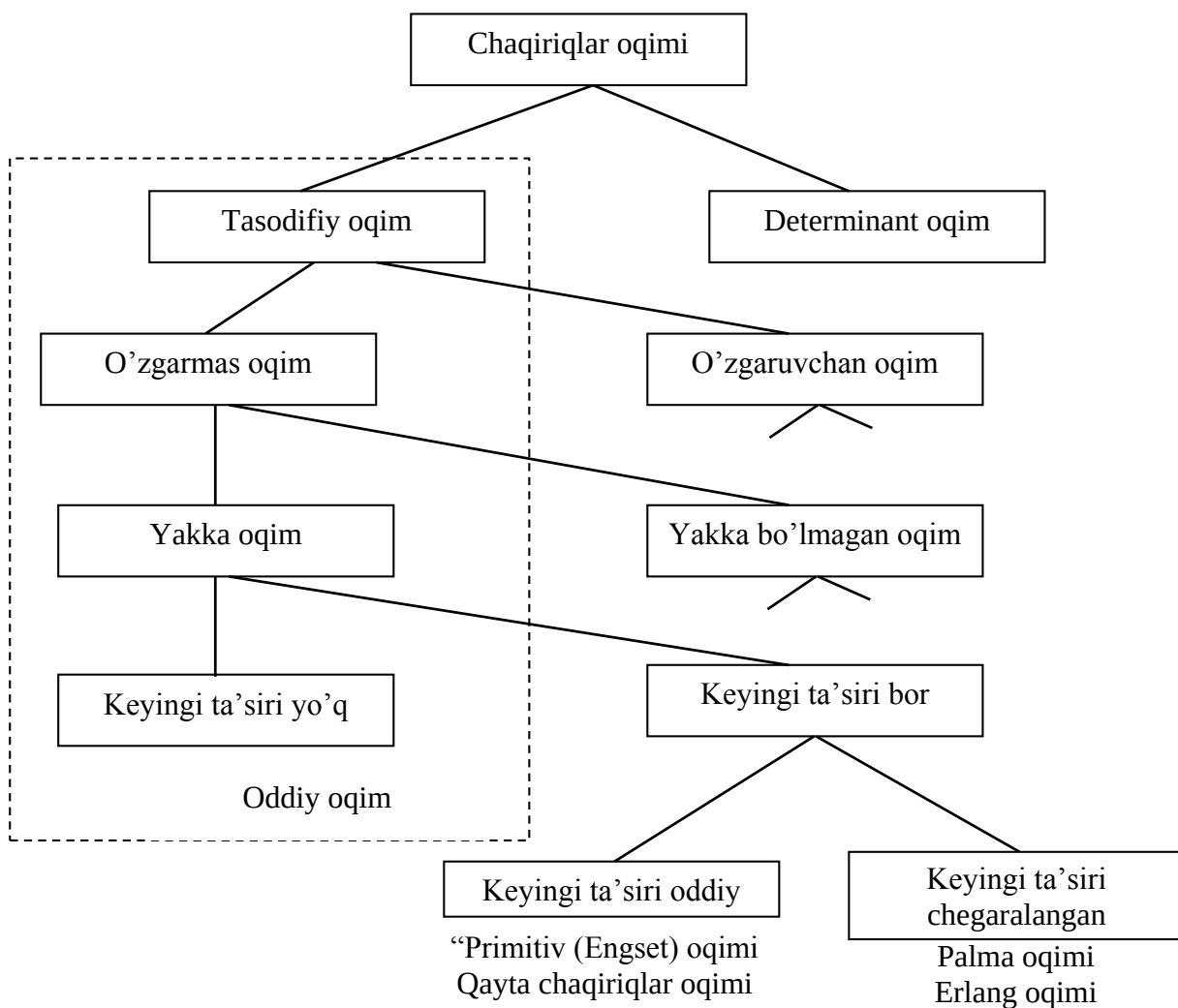
Boshqacha aytganda, o'zgarmaslik xususiyati oqimlarda chaqiriqlar tushish ehtimoli vaqt bo'yicha o'zgarmasligini ko'rsatadi. Shuning uchun o'zgarmas oqimlar uchun $\mu = \lambda(t)$, $\lambda = \lambda(t)$ hamda $\mu \geq \lambda$.

Keyingi ta'siri yo'q oqim deb, $t_i + \Delta t$ vaqt oralig'ida berilgan sondagi chaqiriqlar tushishi ehtimoli t_i vaqtgacha tushgan chaqiriqlar soniga bog'liq

bo'lmashligiga aytiladi. Bundan ko'rinadiki, keyingi ta'siri yo'q oqim uchun Δt vaqt ichida chaqiriqlar tushish ehtimoli shu vaqt boshlanishigacha bo'lgan voqealarga bog'liq emas.

Chaqiruvlar oqimi yuqoridagi uchta xususiyat, ya'ni yakka (ordinarlik), o'zgarmaslik (statsionarlik) va keyingi ta'sirning yo'qligi bo'yicha siniflarga bo'linadi (2.1-rasm).

Telekommunikatsiya tarmoqlarining matematik modellarini o'rganishda keyingi ta'sirni bor bo'lgan yoki bo'lmagan o'zgarmas va yakka oqimlar qo'llanadi. Bunday oqimlarga oddiy, soni chegaralangan manbalar (primitiv) va takroriy chaqiriqlar oqimlari kiradi.



2.1-rasm.

2.3. Oddiy chaqiriqlar oqimi

Bir vaqtning o'zida uchta - yakka, o'zgarmaslik va keyingi ta'sir yo'qligi xususiyatlariga ega bo'lgan tasodifiy chaqiriqlari oqimi oddiy chaqiriqlar oqimi deyiladi.

Oddiy oqim uchun t vaqt oralig'ida aniq k ta chaqiriq tushish ehtimoli $P_k(t)$ Puasson formulasi yordamida aniqlanadi:

$$P_k(t) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t}. \quad (2.4)$$

(2.4) - ifodaning chaqiriqlar soni k bo'yicha taqsimoti Puasson taqsimoti deyiladi. 2.2-rasmda Puasson taqsimoti λt ning bir necha qiymatlarida ko'rsatilgan. Puasson taqsimoti uchun $\sum_{k=0}^{\infty} P_k(t) = 1$ o'rinli.

Shuning uchun t vaqt oralig'ida k va undan ko'p chaqiriqlar tushish $P_{i \geq k}(t)$ va oralig'ida k va undan kam chaqiriqlar tushish $P_{i \leq k}(t)$ ehtimolliklari mos ravishda quyidagicha aniqlanadi:

$$P_{i \geq k}(t) = \sum_{i=k}^{\infty} P_i(t); \quad P_{i \leq k}(t) = \sum_{i=0}^k P_i(t)$$

Puasson taqsimotiga oid quyidagi misolni ko'rib chiqamiz. $\mu = 200$ chaqiriq/soat bo'lgan oddiy oqim uchun $t = 72$ c vaqt oralig'ida aniq $k=5$ ta $P_5(t)$ va $k=5$ dan ko'p bo'lmagan $P_{i \leq 5}(t)$ ehtimolliklarni aniqlash.

Masala quyidagicha yechiladi. Tushayotgan oqim oddiy oqim bo'lgani uchun $\lambda = \mu = 200$ chaqiriq/soat. $\lambda t = (200 \times 72)/3600 = 4$

$$P_5(t) = (4^5 / 5!) e^{-4} = 0,1563.$$

$$P_{i \leq 5}(t) = P_0(t) + P_1(t) + P_2(t) + P_3(t) + P_4(t) + P_5(t) = 0,3712.$$

Hisoblarni osonlashtirish maqsadida $P_{i \geq k}(t)$ qiymatlari jadval ko'rinishida keltirilgan [Kornishev, Mamontova]. Bu jadvalga asosan ehtimolliklarning bizni qiziqtiradigan qolgan qiymatlarini topish uchun quyidagi ifodalardan foydalaniladi:

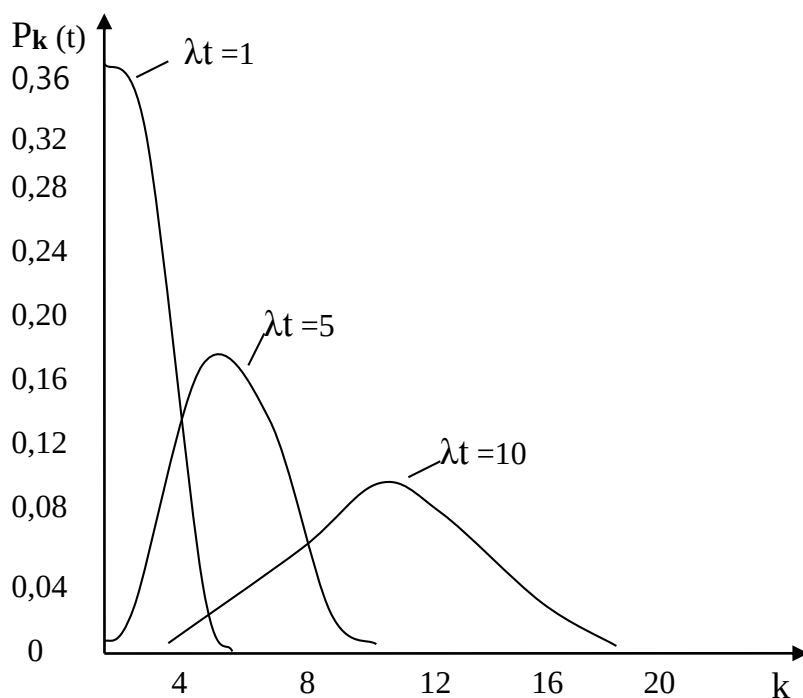
$$P_k(t) = P_{i \geq k}(t) - P_{i \geq k+1}(t);$$

$$P_{i \leq k}(t) = 1 - P_{i \geq k+1}(t).$$

Oddiy oqimda chaqiruvlar oralig'i Z_k ($k=1,2,3,\dots$) ning taqsimoti quyidagi ko'rsatkichli funksiya yordamida ifodalanadi:

$$P(Z_k < t) = 1 - e^{-\lambda Z_k}, \quad (2.5)$$

bu yerda $Z_k = t_k - t_{k-1}$, t_k esa k - chi chaqiriq tushish momenti.



2.2-rasm. Puasson taqsimoti

Oddiy oqimning muhim xususiyatlaridan biri bu $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ parametr ga n ta oddiy oqim qo'shilganda, natijaviy oqim ham oddiy oqim bo'lib, uning parametri λ qo'shilayotgan oqimlar parametrlari yig'indisiga teng:

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i.$$

Oddiy oqimda t vaqt oralig'ida tushgan chaqiriqning matematik kutilishi $M_i(t)$ va dispersiyasi $D_i(t)$ bir-biriga teng bo'lib, ular quyidagicha aniqlanadi:

$$M_i(t) = \sum_{i=1}^{\infty} i P_i(t) = \sum_{i=1}^{\infty} i \frac{(\lambda t)^i}{i!} e^{-\lambda t} = \lambda; \quad (2.6)$$

$$D_i(t) = \sum_{i=1}^{\infty} [i^2 P_i(t) - (M_i)^2] = \lambda t. \quad (2.7)$$

2.4. Chaqiruvlar oqimining boshqa turlari

Teletrafika nazariyasida uch xususiyat ham bajariluvchi oddiy chaqiriqlar oqimidan tashqari o'zgarmaslik, yakkalik, keyingi ta'siri yo'qlik xususiyatlaridan biri yoki bir nechasi mavjud bo'lmagan chaqiriqlar oqimiga xizmat ko'rsatish jarayoni ham o'rganiladi. Bu turdagi oqimlar orasida soni cheklangan manbalardan tushayotgan chaqiruvlar oqimi alohida o'rin egallaydi.

Simmetrik va soni chegaralangan manbalar oqimi

Simmetrik oqim deb xar qanday vaqt momentida t oqim parametri $\lambda s(t)$ faqat shu vaqt momentida xizmat ko'rsatilayotgan chaqiriqlar soniga bog'liq bo'lib, xizmat ko'rsatish qurilmalarining boshqa ko'rsatkichlariga bog'liq bo'lmagan oqimga aytiladi, ya'ni

$$\lambda s(t) = \lambda i .$$

Soni cheklangan manbalar chaqiriqlari oqimi deb, parametri erkin (bo'sh) manbalar soniga proporsional bo'lgan tasodifiy yakkalik (ordinar) xususiyatiga ega bo'lgan oqimga aytiladi. Bu oqim parametri λ_i quyidagi ifoda bilan aniqlanadi

$$\lambda_i = \alpha(N-i) , \quad (2.8)$$

bu yerda α – bo'sh manba parametri yoki jadalligi (manba band bo'lganda $\alpha=0$); N -chaqiriq manbalarining umumiy soni; i – band holatdagi manbalar soni.

2.8-ifodadan ko'rinib turibdiki, soni cheklangan manbalar chaqiriqlari oqimi simmetrik oqimning xususiy holatlaridan biridir, ya'ni oqim parametri shu vaqt momentida erkin bo'lgan manbalar oqimiga proporsional. Bu oqim adabiyotlarda primitiv oqim yoki Engset oqimi ham deyiladi.

Oqimga berilgan ta'rifdan va (2.8)-ifodadan ko'rinib turibdiki, bu oqim o'zgarmaslik xususiyatiga ega emas, chunki uning parametri o'zgaruvchan ($\lambda_i \neq \text{const}$) va vaqtga bog'liq. Bundan tashqari faqat erkin manbalardan chaqiriq tushishi mumkin bo'lgani uchun bu oqim keyingi ta'siri bo'lgan oqimlar turkumiga kiradi. Shuning uchun t momentidagi chaqiriqlar tushishi ehtimoli shu momentgacha tushgan chaqiriqlar soniga bog'liq.

Shuni aytish kerakki, chaqiriqlar manbai soni oshganda ($N \rightarrow \infty$) va α ning qiymati kamayganda ($\alpha \rightarrow 0$) bu oqimning keyingi ta'sir xususiyati pasayib, $\lambda = \alpha N$ parametrli oddiy oqimga aylanadi. Amaliyotda $N \geq 100$ keyin soni cheklangan manbalar oqimini oddiy oqim deb hisoblash mumkin.

Takroriy chaqiriqlar oqimi

Takroriy chaqiriqlar oqimi birlamchi va qayta chaqiriqlar oqimlaridan iborat bo'ladi. Bu ikki oqim birlashib umumiy takroriy chaqiriqlar oqimini hosil qiladi. Birlamchi oqim yuqorida ko'rilgan oddiy, primitiv yoki boshqa bir oqim bo'lishi mumkin, qayta chaqiriqlar oqimi esa xizmat ko'rsatish qurilmalari band bo'lgan vaqtda tushgan (xizmatdan rad javobini olgan) birlamchi oqimlardan yoki xizmatdan takroran rad javobini olgan qaytadan tushgan takroriy chaqiriqlardan hosil bo'ladi. Bunday oqimlarni hosil

bo'lishi chaqiriqlar manbalarining xizmat ko'rsatish tizimiga ko'rsatadigan munosibatidan (reaksiyasidan) kelib chiqadi.

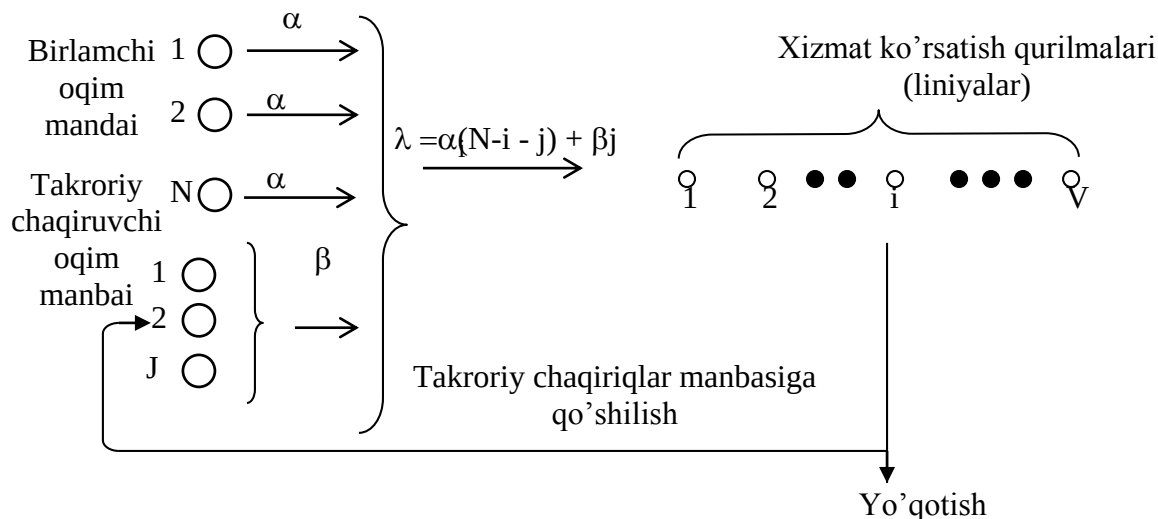
Birlamchi oqim oddiy oqim bo'lganda uning parametri λ ga teng, primitiv oqim bo'lganda esa $N \times \alpha$ ga teng. Takroriy chaqiriqlar oqimi parametri birlamchi oqim parametri hamda qayta chaqirayotgan manbalar soni j va bitta shunday manbaning parametri bilan aniqlanadi β

$$\lambda_{tak} = \lambda_{bir} + \beta j.$$

Birlamchi oqim primitiv oqim bo'lganida umumiy takroriy oqim quyidagicha aniqlanadi:

$$\lambda_{tak} = \lambda_{bir} + \beta j = \alpha(N - i - j) + \beta j, \quad (2.9)$$

bu yerda N – chaqiriq manbalarining umumiy soni; i – band holatdagi manbalar soni, α - bo'sh manba parametri. Bu holat 2.3-rasmda ko'rsatilgan



2.3-rasm. Takroriy chaqiriqlar oqimi modeli

(2.9) ifodadan ko'rinib turibdiki, takroriy chaqiriqlar oqimi butunlay xizmat ko'rsatish tizimi holatiga bog'liq. Shuning uchun bu oqim oddiy keyingi ta'siri yo'q oqimlar guruhiga mansub. $\alpha = \beta$ bo'lganda takroriy chaqiriqlar oqimi primitiv oqimga aylanadi.

2.5. Xizmat ko'rsatish vaqti

Telefon tarmoqlariga tushayotgan har bir chaqiruv kommutatsiya tuguni qurilmalari va ulash liniyalarini aloqa o'rnatish va suhbatlashish jarayonida tegishli vaqt davomida egallab turadi. Bu vaqt chaqiruvga xizmat ko'rsatish vaqti deb ataladi. Chaqiriqqa xizmat ko'rsatish vaqtining qiymati o'zgarmas (oldindan ma'lum) yoki tasodifiy bo'lishi mumkin. Boshqarish qurilmalarining xizmat ko'rsatish vaqti asosan o'zgarmas qiymatga ega

bo‘ladi. Masalan koordinatli telefon stansiyalari AI bosqichi markyori chiqish aloqasini o‘rnatish uchun har bir chaqiriqqa 0.3 soniya vaqt sarf qiladi.

Umumiy holda xizmat ko‘rsatish vaqti tasodifiy qiymatga ega bo‘lib uni ehtimollik taqsimoti qonuni bilan ifodalash mumkin. Amaliyotda ko‘p hollarda shunday taqsimot sifatida manfiy eksponensial taqsimotni qo‘llash o‘rinli:

$$P(\xi < t) = 1 - e^{-t/h}, \quad (2.10)$$

bu yerda ξ -tasodifiy xizmat ko‘rsatish vaqti; $P(\xi < t)$ - tasodifiy xizmat ko‘rsatish vaqti ξ avvaldan berilgan t vaqtdan katta bo‘lmaslik ehtimoli; $h = M[\xi]$ tasodifiy xizmat ko‘rsatish vaqtining matematik kutilgan qiymati ($\beta = 1/h$ – xizmat ko‘rsatish jadalligi).

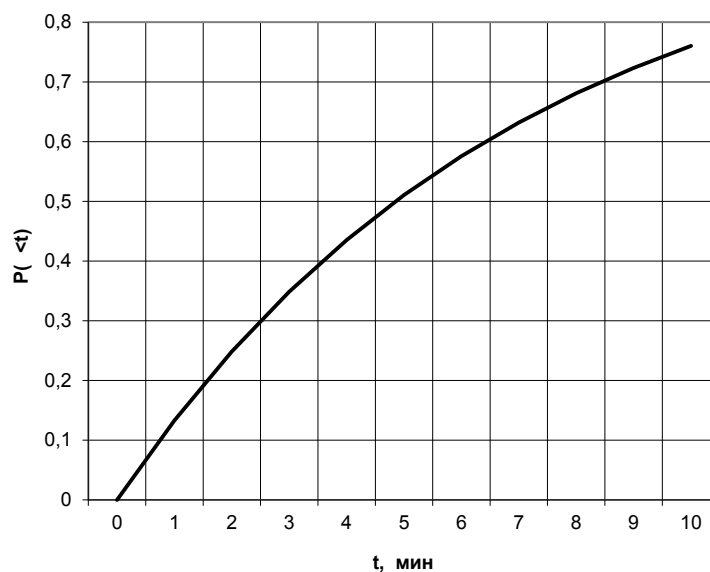
Ehtimolliklar zichligining taqsimlanishi (2.10) ifodani differensiallash yordamida aniqlanadi:

$$f(t) = \beta e^{-\beta t}, \quad t \geq 0.$$

(2.10) - ifodani qo‘llab $h = 7$ minut bo‘lganda tasodifiy xizmat ko‘rsatish vaqti ξ ning, masalan 20 minutdan oshib ketmasligi ehtimolini aniqlash mumkin. Bu ehtimollik

$$P(\xi < t = 20 \text{ min}) = 1 - e^{-20/7} = 0.9426 \text{ ga teng.}$$

Xizmat ko‘rsatish vaqtining matematik kutilishi $h=7$ daq. bo‘lgandagi taqsimoti grafik ko‘rinishida 2.4-rasmda keltirilgan.

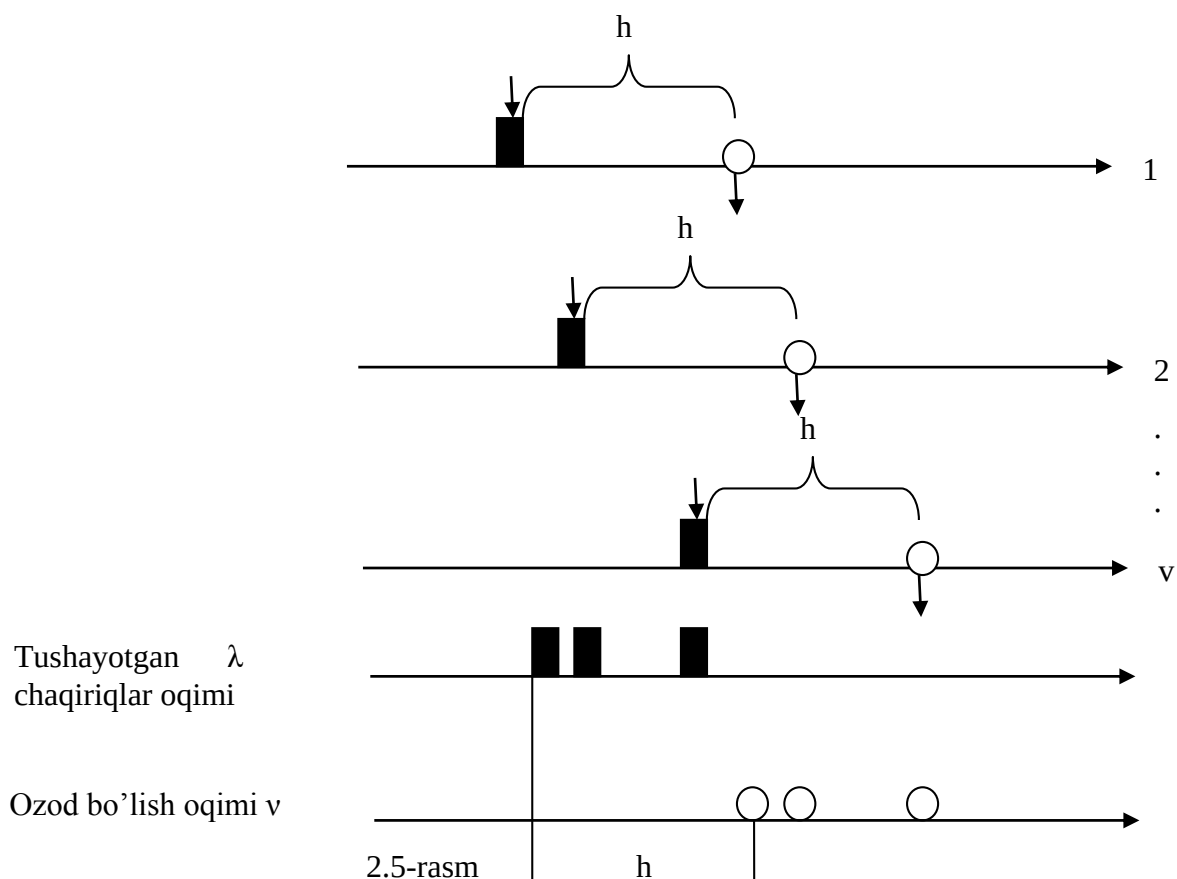


2.4-rasm. $h = 7$ daq bo‘lganda manfiy eksponensial taqsimot

Manfiy eksponensial taqsimot orqali ifodalanuvchi xizmat ko'rsatish vaqtining asosiy xususiyatlaridan biri shundan iboratki, xizmat ko'rsatish biror momentgacha davom qilgan bo'lsa, uning bu momentdan keyin qancha vaqt davom etishi o'tgan xizmat vaqtining qiymatiga bog'liq emas. Bu xususiyat matematik modellashtirishni soddalashtirishi tufayli manfiy eksponensial taqsimot orqali ifodalangan xizmat ko'rsatish vaqti amalda keng qo'llanadi.

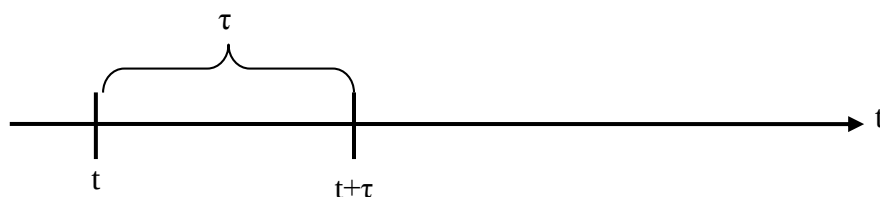
2.6. Ozod bo'lish oqimi

Chaqiriqlarga xizmat ko'rsatishning tugash momentlari ketma-ketligi ozod bo'lish oqimi deyiladi. Ozod bo'lish oqimi xususiyatlari umumiy holda tushayotgan chaqiriqlar oqimi xususiyatlari, xizmat ko'rsatish sifati va xizmat ko'rsatish vaqti taqsimot qonuniga bog'liq. 2.5-rasmda v ta xizmat ko'rsatish tizimiga tushgan chaqiriqlar va ularning ozod (so'zlashuv tugash) momentlari ko'rsatilgan. Xizmat ko'rsatish davomiyligi h ga teng. Agar xizmat ko'rsatish davomiyligi o'zgarmas bo'lsa ($h = \text{const}$) va xizmat ko'rsatish tizimi yo'qotishlarsiz ishlasa, ya'ni xamma chaqiriqlarga xizmat ko'rsatilsa, bunda ozod bo'lish oqimi xususiyatlari tushayotgan chaqiriqlar oqimi xususiyatlari bilan bir xil bo'ladi. Faqat bu chaqiriqlar oqimi bir-biridan xizmat ko'rsatish vaqti qiymatiga teng vaqtga (2.5-rasmda h vaqtga) surilgan bo'ladi.



Agar xizmat ko'rsatish davomiyligi tasodifan bo'lsa ($h \neq \text{const}$), ozod bo'lish oqimi xizmat ko'rsatish davomiyligiga bog'liq bo'ladi. Masalan telefon tarmoqlarida abonentlarning so'zlashuv vaqtiga bog'liq bo'ladi.

Shu masalani telefon so'zlashuvlari misolida ko'rib chiqamiz. Eng ko'p tarqalgan va qo'llaniladigan taqsimot qonuni bu manfiy eksponensial qonuniyatdir (2.10-ifodaga qarang). Agar t -vaqt momentida K liniya band holatda deb faraz qilamiz, $t+\tau$ - vaqtda oralig'ida aniq i liniya ozod bo'lish ehtimolini aniqlaymiz.



Bu yerda p - bitta liniya τ vaqt oralig'ida ozod bo'lish ehtimoli. Abonentga xizmat ko'rsatish vaqti eksponensial qonunga rioya qiladi, shuning uchun:

$$p = (T < \tau) = 1 - e^{-\beta\tau}$$

Bu yerda β xizmat ko'rsatish jadalligi

$$\beta = \frac{1}{t} \quad P = 1 - e^{-\beta t}$$

$\bar{t}$ - oʻrtacha xizmat koʻrsatish vaqti

$$P_i\{k, \tau\} = C_k^i p^i (1-p)^{k-i} = C_k^i p^i (1-e^{-\beta t})^i \cdot e^{-\beta(k-i)\tau}$$

τ - vaqt ichida kamida bitta xizmat koʻrsatish liniyasining ozod boʻlish ehtimoli $\pi_1(\tau)$

$$\pi_1(\tau) = 1 - P_0(k, \tau) = 1 - e^{-k\beta\tau}.$$

bu yerda $P_0(k, \tau)$ τ – vaqt ichida bitta ham liniya ozod boʻlmaslik ehtimoli.

Ozod boʻlish oqimi parametrni aniqlaymiz. Qoidaga koʻra

$$v(t) = \lim_{\tau \rightarrow 0} \frac{\pi_1(\tau)}{\tau}.$$

$$\begin{aligned}\pi_1(\tau) &= 1 - P_0(p, \tau) = 1 - e^{-k\beta\tau} = 1 - \sum_{j=0}^{\infty} (-1)^j \frac{(k\beta\tau)^j}{j!} = k\beta\tau - \frac{(k\beta\tau)^2}{2!} + \frac{(k\beta\tau)^3}{3!} + \dots \\ &= k\beta\tau + o(\tau) \\ &= \lim_{\tau \rightarrow 0} (k\beta + \frac{o(\tau)}{\tau}) = k\beta \quad v(t)\end{aligned}$$

u ifodadan koʻrinib turibdiki, ozod oqim band boʻlgan liniyalar soniga k va xizmat koʻrsatish jadalligi β bogʻliq va u oddiy oqim emas.

Nazorat uchun savollar

1. Telefon chaqiriqlari oqimi deb nimaga aytiladi va u qanday guruhlariga boʻlinadi?
2. Xabar deb nimaga aytiladi va u qanday turlarga boʻlinadi?
3. Tasodifiy boʻlmagan (determinant) va tasodifiy chaqiruv oqimlarini tafsiflab bering.
4. Tasodifiy oqim parametri deb nimaga aytiladi?
5. Tasodifiy oqim jadalligi (intensivligi) deb nimaga aytiladi?
6. Tasodifiy oqimning yakka (ordinarlik), oʻzgarmaslik (statsionarlik) va keyingi taʼsirning yoʻqligi xususiyatini tushuntirib bering.
7. Oddiy chaqiriqlar oqimi deb qanday oqimlarga aytiladi?
8. Puasson taqsimotini izohlab bering.
9. Soni cheklangan manbalar chaqiriqlari oqimi deb qanday oqimlarga aytiladi?
10. Chaqiriqqa xizmat koʻrsatish vaqti deb nimaga aytiladi va u qanday turlarga boʻlinadi?
11. Oddiy oqimida chaqiriqlar tushish vaqti taqsimoti funksiyasi qaysi qonunga boʻysunadi?

3. Chaqiriqlar hosil qilgan yuklama va xizmat ko'rsatishning sifat ko'rsatkichlari

3.1. Telefon yuklamasi va uning vaqt davomida o'zgarishi

Telefon tarmog'ini to'g'ri va tejamkor qilib qurish uchun birgina telefon chaqiriqlari oqimi ko'rsatkichlari berilishi yetarli emas. Haqiqatan ham, agar telefon tarmog'i kommutatsiya tizimiga, masalan $\mu=600$ chaqiriq/soat jadallikda oddiy chaqiriq oqimi tushayotgan bo'lsa, bu faqat bir soat mobaynida o'rtacha 600 ta chaqiriq tushayotganini bildiradi, xolos. Agar bitta chaqiriqqa xizmat ko'rsatishning o'rtacha vaqti $h=1/60$ soat bo'lsa, 600 chaqiriqqa birin-ketin xizmat ko'rsatilganida $600 \times (1/60) = 10$ soat umumiy vaqt sarf qilinadi. Agar xizmat ko'rsatish vaqti $1/30$ soat bo'lsa, - $600 \times (1/30) = 20$ soat umumiy vaqt kerak.

Tushayotgan chaqiriqlarga birin-ketin emas, balki parallel bir necha qurilma orqali xizmat ko'rsatish mumkin. Masalan, o'nta xizmat ko'rsatish qurilmasi $\mu=600$ chaqiriq/soat jadallikdagi oqim chaqiruvlariga o'rtacha xizmat vaqti $h=1/60$ soat bo'lganda xizmat ko'rsatish uchun ular bir soat mobaynida to'liq band bo'lishlari kerak. Lekin tushayotgan chaqiriqlarning tushish vaqti va xizmat ko'rsatish qurilmalarining egallanish (xizmat ko'rsatish) vaqti tasodifiy bo'lgani uchun ko'rilayotgan oqimga sifatli xizmat ko'rsatish uchun o'nta qurilma kamlik qiladi. Ko'rilgan misoldan shunday xulosa qilish mumkinki, aloqa tizimlarini hisoblashda telefon oqimi ko'rsatkichlari va o'rtacha xizmat ko'rsatish vaqti asosida aniqlangan barcha chaqiruvlarga umumiy xizmat ko'rsatish vaqtini hisobga olish kerak.

Ma'lum vaqt oralig'ida tushgan chaqiriqlarga xizmat ko'rsatish jarayonida kommutatsiya tizimi ulash qurilmalari band bo'lishini talab qiluvchi umumiy vaqtga telefon yuklamasi deyiladi.

Teletrafika nazariyasida tushayotgan, xizmat ko'rsatilgan va yo'qotilgan telefon yuklamasi tushunchalari qo'llanadi.

$[t_1, t_2)$ vaqt oralig'idagi xizmat ko'rsatilgan telefon yuklamasi $Y_o(t_1, t_2)$ deb, shu vaqt oralig'ida kommutatsiya tizimi ulash qurilmalarining umumiy egallangan vaqtiga aytiladi:

$$Y_o(t_1, t_2) = \sum_{i=1}^V Y_{oi}(t_1, t_2), \quad (3.1)$$

bu yerda $Y_{oi}(t_1, t_2)$ - i-chi ($0 \leq i \leq V$) ulash qurilmasining $[t_1, t_2)$ vaqt oralig'idagi umumiy band bo'lish vaqti; V - ulash qurilmalari soni.

3.1-rasmda ikkita ulash qurilmasi xizmat ko'rsatgan yuklamani aniqlash grafik ko'rinishda ko'rsatilgan. Shu grafikka asosan xizmat ko'rsatilgan

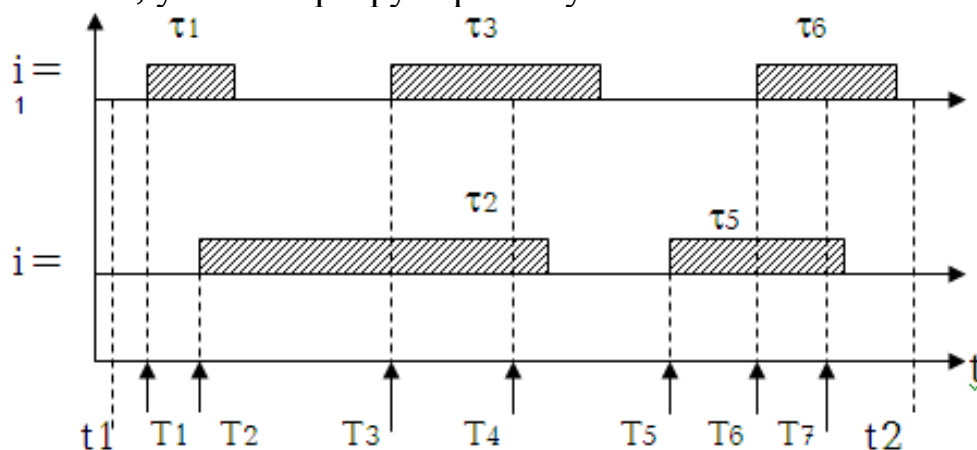
yuklama quyidagicha aniqlanadi:

$$\begin{aligned} Y_{01}(t_1, t_2) &= \tau_1 + \tau_3 + \tau_6; \\ Y_{02}(t_1, t_2) &= \tau_2 + \tau_5; \\ Y_0(t_1, t_2) &= Y_{01}(t_1, t_2) + Y_{02}(t_1, t_2). \end{aligned}$$

$[t_1, t_2)$ vaqt oralig'ida tushayotgan telefon yuklamasi $Y(t_1, t_2)$ deb oqimning har bir tushayotgan chaqirig'iga xizmat ko'rsatish mumkin bo'lgandagi xizmat ko'rsatilgan yuklamaga aytiladi:

$$Y(t_1, t_2) = \sum_{i=1}^V Y_i(t_1, t_2), \quad (3.2)$$

bu yerda $Y_i(t_1, t_2)$ - chaqiriqlar yo'qotilmaydigan (hamma tushgan chaqiriqqa xizmat ko'rsatiladi, buning uchun $V=\infty$ bo'lishi kerak) tizimdagi i -chi ulash qurilmasining umumiy band bo'lish vaqti yig'indisi; $V=\infty$, chunki har bir tushgan chaqiriqqa shu zahoti xizmat ko'rsatiladi, ya'ni chaqiriq yo'qotilmaydi.



3.1-rasm. Xizmat ko'rsatish yuklamasini aniqlash grafigi

3.1-rasmda $[t_1, t_2)$ vaqt oralig'ida tushgan 7 ta chaqiriqning beshtasiga (1,2,3,5,6) xizmat ko'rsatilgan. Ulash qurilmalari band bo'lgani sababli ikkita – 4 va 7-chaqiriqlarga xizmat ko'rsatish rad etilgan. Shu misolda tushayotgan yuklamani aniqlash uchun yo'qotilgan chaqiriqlarga ham xizmat ko'rsatildi deb faraz qilib, xizmat ko'rsatilgan yuklamani aniqlash kerak.

$$\begin{aligned} Y^*_{01}(t_1, t_2) &= \tau_1 + \tau_3 + \tau_6 + \tau_7; \\ Y^*_{02}(t_1, t_2) &= \tau_2 + \tau_4 + \tau_5; \\ Y(t_1, t_2) &= Y^*_{01}(t_1, t_2) + Y^*_{02}(t_1, t_2). \end{aligned}$$

(t_1, t_2) vaqt oralig'ida yo'qotilgan telefon yuklamasi $Y_p(t_1, t_2)$ deb, tushayotgan telefon yuklamasining bo'sh xizmat ko'rsatish qurilmalari bo'lmasligi sababli yo'qotilgan qismiga aytiladi:

$$Y_p(t_1, t_2) = Y(t_1, t_2) - Y_o(t_1, t_2). \quad (3.3)$$

Ko‘rilayotgan misolda $Y_p(t_1, t_2) = \tau_4 + \tau_7$.

Telefon yuklamasi o‘lchovi vaqtdir. Telefon yuklamasi vaqt oraliqlari yig‘indisidan iboratligini hisobga olib uning o‘lchov birligi sifatida soat-egallash (1 soat. egal.) qabul qilingan. Bir soat-egallash deb, shunday yuklamaga aytiladiki, bunday yuklamaga bitta ulash qurilmasi bir soat mobaynida tinimsiz egallangan holda xizmat ko‘rsatadi.

Telefon yuklamasi vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchan miqdordir. U yil, oy, kun va kun soatlari davomida o‘zgarib turadi. 3.2-rasmda bir kun soatlari davomida telefon yuklamasi o‘zgarishi ko‘rsatilgan. Telefon tarmog‘i elementlarini hisoblash uchun yuklamani eng yuqori bo‘lgan bir soat ichidagi qiymati olinadi. Eng yuqori yuklama soati (EYUYUS) deb, yuklamasining eng yuqori bo‘lgan 60 minutdan iborat uzluksiz vaqt oralig‘iga aytiladi. 3.2-rasmda EYUYUS ikki telefon tarmog‘i uchun shtrix chiziqlar bilan ajratib ko‘rsatilgan.

O‘lchovlar EYUYUS da yuklama zichligi darajasi yuklama zichligi ko‘effitsiyenti bilan baholanadi.

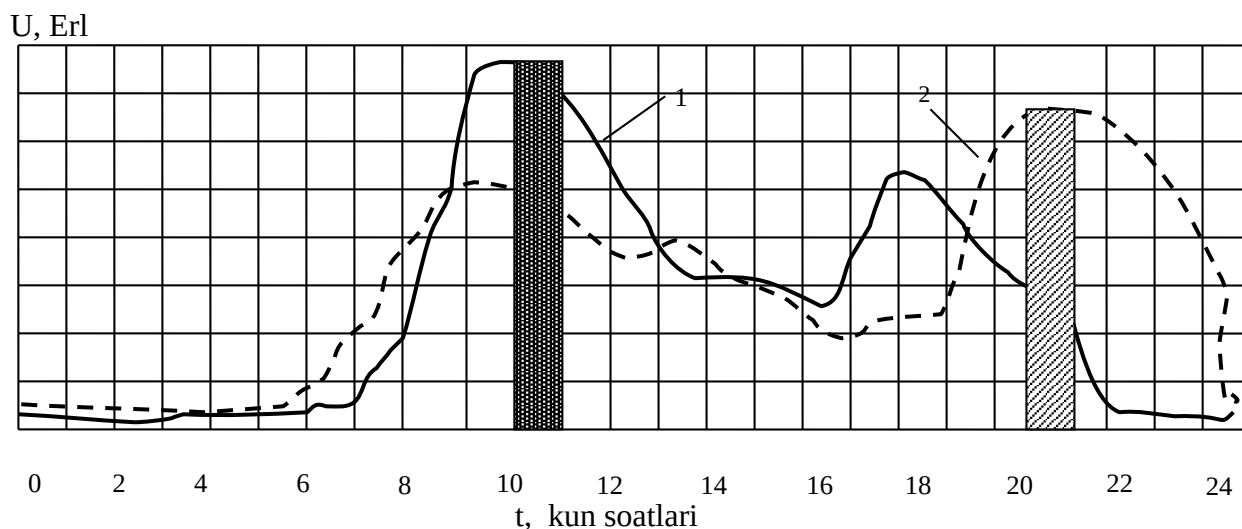
$$K_{EYUYUS} = U_{EYUYUS} / U_{sut},$$

bu yerda U_{eYuYus} - EYUYUS dagi yuklama kattaligi, U_{sut} - sutka davomidagi yuklama kattaligi.

Telefon tarmoqlarini hisoblashda telefon yuklamasi emas, balki uning vaqt birligi ichidagi qiymatidan foydalaniladi. Telefon yuklamasi vaqt birligi (odatda bir soat) ichidagi qiymatiga telefon yuklamasi jadalligi deyiladi. O‘zgarmas telefon chaqiriqlari oqimi uchun tushayotgan yuklama jadalligi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$Y = \frac{[Y(t_1, t_2)]}{(t_2 - t_1)} = \mu \cdot h. \quad (3.4)$$

Telefon yuklamasi jadalligi (qisqacha yuklama) birligi qilib Erlang (Erl) qabul qilingan. 1 Erl deb, ulash qurilmasini bir soat mobaynida uzluksiz egallanishini talab qiluvchi chaqiruvlar oqimining jadalligiga aytiladi yoki boshqacha aytganda 1 Erlang bir soat ichida bir soat-egallashga teng (1 Erl = 1soat.egal./ soat.).



3.2-rasm. Ikki tarmoqda yuklamaning sutka davomida o'zgarishi

3.2. Yuklama ko'rsatgichlari va yuklama jadalligini hisoblash

Amaliyotda telefon tarmoqlarini rejalashtirishda tushayotgan yuklama jadalligi turli toifadagi yuklama manbalari (xonadon, tashkilot, taksofon va boshqalar) mavjudligini, ya'ni telefon manbalari strukturasini hisobga olgan holda aniqlanadi. Chunki tushayotgan chaqiriqlar o'rtacha soni va ularning xizmat qurilmasini egallash vaqtining o'rtacha qiymati turli toifadagi yuklama manbalari uchun turlicha. Bu holatni hisobga olgan holda tushayotgan yuklama jadalligi quyidagicha aniqlanadi:

$$Y = \sum_i n_i c_i t_i, \quad (3.5)$$

bu yerda n_i - i toifadagi yuklama manbalari soni; c_i - i toifadagi yuklama manбайдan vaqt birligida tushayotgan chaqiriqlar o'rtacha soni; t_i - i toifadagi yuklama manbai chaqiruvining ulash qurilmasini o'rtacha egallash vaqti.

Yuklama manbalari soni n ulardan vaqt birligida tushayotgan chaqiriqlar o'rtacha soni va o'rtacha egallash vaqtiga qarab quyidagi yuklama manbalariga bo'linadi:

- xalq xo'jaligi va biznes sektoridagi abonentlar - n_x ;
- uy sektoridagi abonentlar - n_k ;
- taksofonlar - n_t ;
- tashkilotlar telefon stansiyalari ulangan ulash liniyalari – n_{ul} .

Yuklama manbalarining umumiy soni quyidagicha aniqlanadi:

$$n = n_x + n_k + n_t + n_{ul}.$$

Yuklama manбайдan vaqt birligida tushayotgan chaqiriqlar o'rtacha soni

s. Vaqt birligida tushayotgan chaqiriqlar o'rtacha soni yuklama manbalariga mos ravishda quyidagicha belgilanadi:

- xalq xo'jaligi va biznes sektoridagi abonentlardan tushadigan - s_x ;
- uy sektoridagi abonentlardan tushadigan - s_k ;
- taksofonlardan tushadigan - s_t ;
- tashkilotlar telefon stansiyalari ulangan ulash liniyalaridan tushadigan – s_{ul} .

Shahar telefon tarmog'ida o'tkazilan kuzatishlar asosida olingan statistik ma'lumotlar vaqt birligida tushayotgan chaqiriqlar o'rtacha soni s manbalar bo'yicha quyidagi qiymatlarga tengligini ko'rsatadi: $s_x = (1,9 - 3,4)$ chaqiriq/soat; $s_k = (0,7 - 1,0)$ chaqiriq/soat; $s_t = (6 - 10)$ chaqiriq/soat.

Ulash qurilmasini o'rtacha egallash vaqti t_i . Bitta egallash vaqti deb mikrotelefon trubkasi ko'tarilgan vaqtdan to chaqiriqqa xizmat ko'rsatgan stansiya qurilmalari o'zining boshlang'ich holatiga qaytgunga qadar o'tgan vaqtga aytiladi. Bu vaqt asosan abonentlarning harakatiga, qisman esa telefon stansiyasi qurilmalariga bog'liq. Shuning uchun ham ulash qurilmasini egallash vaqti tasodifiy son bo'lib, u faqat ish foliyatida bo'lgan tarmoqni kuzatishlar asosida aniqlanishi mumkin.

Tarmoqqa tushgan har bir chaqiriq quyidagi holatda yakunlanishi mumkin:

- chaqiriq so'zlashuv bilan yakunlanadi. Bu holda ulash qurilmalari quyidagi vaqtga egallanadi

$$t_{pi} = t_{sj} + t_u + t_{pv} + T_i + t_o,$$

bu yerda t_{sj} , t_u , t_{pv} , T_i va t_o mos ravishda abonentning o'rtacha «stansiya javobi» signalini eshitishi, aloqa o'rnatilishi, chaqirilayotgan abonentga «chaqiriq» signalini yuborish, so'zlashuv tamom bo'lgandan so'ng stansiya qurilmalarini boshlang'ich holatiga qayitishi uchun ketgan vaqtlar. T_i so'zlashuv uchun ketgan vaqt turli toifadagi abonentlar va kun soatlari uchun turlichadir. Masalan, shahar telefon tarmog'ida kunduz kunlari bu vaqt quyidagini tashkil qiladi – $T_x = 100-110$ s, $T_k = 130-140$ s, $T_t = 120-130$ s, $T_{ul} = 100-110$ s.;

- chaqiriq chaqirilayotgan abonent liniyasining bandligi sababli so'zlashuv bilan yakunlanmadi. Bu holda ulash qurilmalari quyidagi vaqtga egallanadi

$t_b = t_{sj} + t_u + t_{bs} + t_o$, bu yerda t_{bs} abonentning «band» signalini eshitishi uchun o'rtacha sarflagan vaqti;

- chaqiriq chaqirilayotgan abonentning javob bermaganligi sababli so'zlashuv bilan yakunlanmadi. Bu holda ulash qurilmalari quyidagi vaqtga egallanadi

$t_j = t_{sj} + t_u + t_{jb} + t_o$, bu yyerda t_{jb} abonentning «chaqiriq» signalining eshitishi uchun oʻrtacha sarflagan vaqti;

- chaqiriq abonentning hatosi sababli soʻzlashuv bilan yakunlanmadi. Bu holda ulash qurilmalarini oʻrtacha egallash vaqti (t_x) faoliyat koʻrsatayotgan tarmoqdagi kuzatuvlar natijasida aniqlanadi;
 - chaqiriq texnik sabablar tufayli soʻzlashuv bilan yakunlanmadi. Bu holda ulash qurilmalarini oʻrtacha egallash vaqti (t_t) 10 -15 s deb olinadi.
- Yuqoridagilarni hisobga olgan holda i-toifadagi abonentlar uchun ulash qurilmalarini oʻrtacha egallash vaqtini quyidagicha aniqlash mumkin

$$t_i = t_{pi} R_r + t_b R_b + t_j R_j + t_x R_x + t_t R_t,$$

bu yerda R_r , R_b , R_j , R_x , R_t mos ravishda chaqiriq soʻzlashuv bilan tugallanishi yoki yuqorida keltirilgan sabablar tufayli uning soʻzlashuv bilan tugallanmaslik ehtimoli.

Yuqoridagi ifodalardan foydalanib telefon stansiyasiga tushayotgan yuklamani quyidagi koʻrsatkichlarda hisoblashni koʻrib chiqamiz:

- $n_x = 3000$; $n_k = 5000$; $n_t = 300$; $n_{ul.} = 600$;
- $s_x = 4$ chaqiriq/soat; $s_k = 1$ chaqiriq/soat; $s_t = 8$ chaqiriq/soat; $s_{ul.} = 10$ chaqiriq/soat;
- $T_x = 100s$; $T_k = 140s$; $T_t = 120s$; $T_{ul.} = 110s$;
- $R_r = 0,6$; $R_b = 0,2$; $R_j = 0,1$; $R_x = 0,05$; $R_t = 0,05$.

Telefon yuklamasi haqida shuni aytish kerakki, tushayotgan va yoʻqotilgan telefon yuklamalari faqat hisoblash formulalari va tahlil qilishga qulaylik kiritish uchun kiritilgan mavhum kattalikdir. Faqat xizmat koʻrsatilgan telefon yuklamasigina haqiqiy qiymatga ega, chunki faqat shu turdagi yuklamani ishlab turgan qurilmalarda oʻlchash yoʻli bilan hisobga olish mumkin.

3.3. Stansiyalararo yuklamani hisoblash

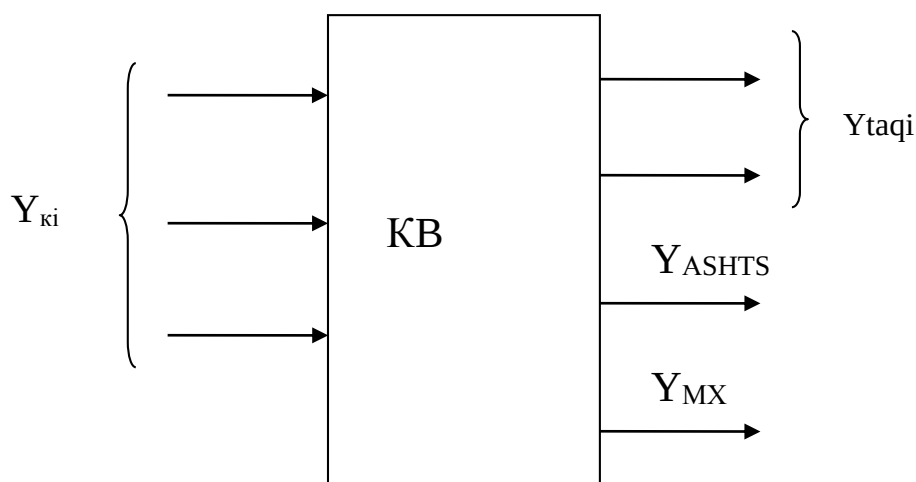
Telekommunikatsiya tarmoqlari, shu jumladan telefonfon tarmoqlari ham, oʻzaro ulash liniyalari yoki kanallari bilan bogʻlangan bir necha telekommunikatsiya stansiyalaridan iborat. Abonentlar turli stansiyalarga ulangan abonentlarga qoʻngʻiroq qilishlari mumkin boʻlgani uchun, bir stansiyada hosil boʻlgan yuklama boshqa stansiyalarga oʻzaro taqsimlanadi. yuklamalarning oʻzaro taqsimlanish qiymati shu stansiyalar abonentlari orasidagi oʻzaro aloqalar qiymatiga bogʻliq.

Stansiyalararo yuklamani taqsimlash matematik kutilmasini aniqlash uchun telefon stansiyasi kommutatsiya tizimi yuklamani taqsimlash blok sxemasini koʻrib chiqamiz. Sxemadan koʻrinib turibdiki kommutatsiya bloki

kirish liniyalariga shu stansiya abonentlari hosil qilgan umumiy yuklama (bu yuklamga stansiya ulangan konsentratorlar hosil qilgan yuklama ham kiradi) va boshqa stansiyalardan tushayotgan yuklama ham kiradi. Shuning uchun kommutatsiya bloki kirish liniyalariga tushayotgan yuklama Y_{ki} quyidagicha aniqlanadi:

$$Y_{ki} = \sum_{j=1}^m Y_{ji}, \quad (3.6)$$

bu yerda Y_{ji} tarmoqdagi boshqa stansiyalardan ko‘rilayotgan stansiya tarmog‘iga tushayotgan yuklama; i-
 m – tarmoqdagi stansiyalarning umumiy soni.
 Ko‘rilayotgan stansiya tarmog‘idagi yuklama (3.6) ifoda bilan hisoblanadi.



3.3- rasm. Kommutatsiya blokida yuklamalarning taqsimlanishi

Hosil bo‘lgan umumiy yuklama tarmoqdagi boshqa stansiyalarga, shu jumladan, ko‘rilayotgan stansiya abonentlariga ham o‘zaro taqsimlanadi. Bunda shaharlararo va maxsus xizmat stansiyalariga yuborilayotgan yuklama umumiy yuklamadan foizlar bilan aniqlanadi, ya’ni

$$Y_{SHATS} = 0,05 Y_{ki}, \quad Y_{MX} = 0,03 Y_{ki}.$$

Shuning uchun umumiy taqsimlanayotgan yuklama quyidagicha aniqlanadi:

$$Y_{taqi} = Y_{ki} - Y_{SHATS} - Y_{MX}.$$

Bu yuklama tarmoqdagi stansiyalarga ularda hosil bo‘ladigan yuklama va ko‘rilayotgan stansiya abonentlari o‘rtasidagi o‘zaro aloqalar qiymatiga proporsional ravishda taqsimlanadi:

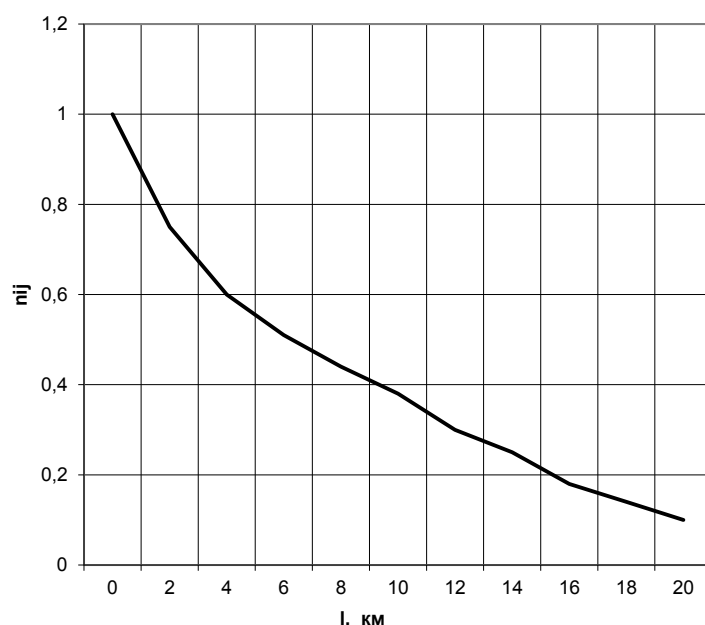
$$Y_{ij} = \frac{Y_{\max i} \cdot n_{ij} Y_j}{\sum_{j=1}^m Y_j n_{ij}}$$

bu yerda: Y_{ij} – i -chi stansiyadan, j -nchi stansiyaga tushayotgan yuklamaning intensivligi;

$m_{\max}$ – tarmoqdagi stansiyalar soni;

n_{ij} – o‘zaro aloqaning me‘yyorlashtirilgan koeffitsiyenti.

O‘zaro aloqaning me‘yyorlashtirilgan koeffitsiyenti tarmoqdagi juda ko‘p omillarga bog‘liq. Uning qiymatini faoliyat ko‘rsatayotgan tarmoqdagi juda ko‘p o‘lchashlar asosida empirik ko‘rinishda stansiyalar orasidagi masofaga bog‘liq holda grafik ko‘rinishga keltirilgan. Shuning uchun n_{ij} - ning qiymatlarini 3.4-rasmda keltirilgan grafikdan aniqlanash mumkin.



3.4-rasm. n_{ij} ni aniqlash grafigi

3.4. Chaqiriqlariga xizmat ko‘rsatish tartibi va sifat ko‘rsatgichlari

Chaqiriqlarga xizmat ko‘rsatishning asosan ikkita turi – habarlarning yo‘qotilishi mumkin va yo‘qotilmaydigan tartibi qo‘llanadi. Telefon xabarlarini yo‘qotilmaydigan tartibda xizmat ko‘rsatilganda har bir tushayotgan chaqiruvga kerakli bo‘lgan aloqa darhol o‘rnatiladi (chaqiruv bo‘sh ulash qurilmasi bilan darhol ta‘minlanadi). Lekin aloqa tizimlarining bunday tartibda chaqiruvlarga xizmat ko‘rsatishini tashkil qilish katta mablag‘ talab qilgani sababli iqtisodiy jihatdan samarasizdir. Shuning uchun aloqa tizimlari xabar yo‘qotilishi mumkin tartibda xizmat ko‘rsatadigan

qilib rejalashtiriladi.

Chaqiruvlarga xabar yo'qotilishi mumkin tartibda xizmat ko'rsatish oshkora va shartli yo'qotishli tartibda amalga oshiriladi. Chaqiriqlarga xabar oshkora yo'qotilish tartibida xizmat ko'rsatilganda xizmat qurilmalarining band holatlarida tushgan chaqiriqlar va ular bilan bog'liq bo'lgan xabarlar xizmat ko'satishdan rad javobini oladi va butunlay yo'qotiladi. Bu yo'qotilgan chaqiriqlar keyinchalik qayta tushmaydi va xizmat ko'rsatish tizimiga ta'sir qilmaydi. Chaqiriqlarga xabar shartli yo'qotilish tartibida xizmat ko'rsatilganda xizmat qurilmalari band bo'lgan holatlarda tushgan chaqiriqlar va ular bilan bog'liq bo'lgan xabarlar xizmat ko'rsatishdan rad javobini olsada, bu chaqiruvlar butunlay yo'qotilmaydilar, balki xizmat ko'rsatish qurilmalari bo'shagunga qadar to'xtatilib turiladi. To'xtatilgan chaqiriqlarga xizmat ko'rsatish usuliga qarab, kutish va takroriy chaqiriq tartibiga bo'linishi mumkin. Kutish usulidagi xizmat ko'rsatish tartibida to'xtatilgan chaqiriqlar navbatga qo'yiladi va qurilmalarning bo'shashini kutadi va xizmat qurilmasi bo'shagandan keyin ularga xizmat ko'rsatiladi. Takroriy chaqiriq usulida esa, xizmat ko'rsatish qurilmalari band bo'lgan vaqtda tushgan chaqiriq tasodifiy yoki aniq vaqt oraliqlarida kerakli bo'lgan aloqa o'rnatilgunga qadar takrorlanadi.

Yuqorida ko'rib chiqilgan uchta xizmat ko'rsatish modellaridan tashqari teletrafikada boshqa oraliq modellar ham qo'llanadi. Masalan, kutish usulida xizmat ko'rsatilayotganda kutayotgan chaqiriqlar soni yoki kutish vaqti chegaralangan bo'lishi mumkin. Bu usulda bir qism chaqiriqlarga kutish tartibida, boshqa qism chaqiriqlarga esa oshkora yo'qotilish yoki takroriy chaqiriq tartibida xizmat ko'rsatiladi.

Har xil turdagi xizmat ko'rsatish tartibi uchun alohida sifat ko'rsatkichlari qo'llanadi. Chaqiriqlarga xabarning oshkora yo'qotilish usulida xizmat ko'rsatilganda sifat darajasi uch turdagi yo'qotishlar orqali ifodalanadi. Bular chaqiriq bo'yicha yo'qotilish R_{ch} , vaqt bo'yicha yo'qotilish R_t , yuklama bo'yicha yo'qotilish R_{Yu} sifat ko'rsatkichlaridir.

(t_1, t_2) vaqt oralig'ida chaqiriqlar yo'qotilishi $R_{ch}(t_1, t_2)$ deb, shu vaqt oralig'ida yo'qotilgan chaqiriqlar sonining $(S_y(t_1, t_2))$ umumiy tushgan chaqiriqlar soniga $(S(t_1, t_2))$ bo'lgan nisbatiga aytiladi:

$$R_{ch}(t_1, t_2) = S_y(t_1, t_2) / S(t_1, t_2). \quad (3.7)$$

(t_1, t_2) vaqt oralig'ida vaqt yo'qotilishi $R_t(t_1, t_2)$ deb, ushbu vaqt oralig'ining ishlatilishi mumkin bo'lgan hamma xizmat qurilmalari band holatiga to'g'ri kelgan qismining umumiy ko'rilyotgan vaqt oralig'i (t_1, t_2) ga bo'lgan nisbatiga aytiladi.

$[t_1, t_2)$ vaqt oralig'ida yuklama yo'qotilishi $R_{Yu}(t_1, t_2)$ deb, ushbu vaqt

oralig'ida yo'qotilgan yuklama qiymatining ($Yp(t_1, t_2)$) umumiy tushgan yuklamaga ($Y(t_1, t_2)$) bo'lgan nisbatiga aytiladi:

$$RYu(t_1, t_2) = Yp(t_1, t_2) / Y(t_1, t_2). \quad (3.8)$$

Axborot yo'qotilishi tasodifiy hodisa bo'lgani uchun bu sifat ko'rsatkichlarining haqqoniy qiymati emas, balki ehtimoliy hisoblanishi mumkin. Chaqiriqlar yo'qotilish ehtimoli o'lchovsiz kattalikdir. Lekin amaliyotda bu ko'rsatkichlarning qiymati juda kichligi va ular bilan ishlash qulay bo'lishi uchun ular promill (%0) o'lchov birligi bilan aniqlanadi. $1\%0 = 0,001$ ga teng.

Chaqiriqlarga kutish usulida xizmat ko'rsatilganida sifat darajasini baholash uchun asosan quyidagi ko'rsatkichlar qo'llanadi:

- chaqiriqlarning kutish ehtimoli $R(>0)$. Bu ko'rsatkich ko'rilyotgan vaqt oralig'ida to'xtatilgan chaqiriqlar sonining umumiy tushgan chaqiriqlar soniga nisbatining matematik kutilishi bilan ifodalangan qiymatidir;
- shartli yo'qotishlar ehtimoli $R(>t)$. Shartli yo'qotishlar ehtimoli deb, ko'rilyotgan vaqt oralig'ida ruxsat etilgan t vaqtdan ortiqcha kutgan chaqiriqlarning umumiy tushgan chaqiriqlarga bo'lgan nisbatining matematik kutilishiga aytiladi. Boshqacha aytganda, shartli yo'qotishlar ehtimoli deb, xizmat ko'rsatish jarayonida ijozat etilgan vaqtdan ortiqcha kutgan chaqiriqlar bo'lagiga aytiladi;
- barcha tushgan chaqiriqlar uchun o'rtacha kutish vaqti $\bar{\gamma}$ yoki faqat to'xtatilgan chaqiriqlar $\bar{\gamma}$ k uchun o'rtacha kutish vaqti.

Chaqiriqlarga takroriy chaqiriq usulida xizmat ko'rsatilganida sifat darajasi asosan birlamchi chaqiriqlarning yo'qotilish ehtimoli R_b , takroriy chaqiriqning yo'qotilish ehtimoli R_T va bitta aloqa o'rnatilish uchun qilingan takroriy urinishlar sonining o'rtacha qiymati N_T bilan aniqlanadi.

Amaliyotda aniq va shartli yo'qotish xizmat ko'rsatishdan tashqari ularning turli birikmalari ham uchraydi. Aralash yo'qotishlar bilan xizmat ko'rsatish tartibida kelayotgan chaqiruvlarning bir qismi aniq yo'qotishlar bilan, boshqa qismi esa shartli yoki biron bir alomatini cheklash bo'yicha xizmat ko'rsatiladi. Masalan, kutishda bo'lgan chaqiruvlar soni cheklanadi yoki xizmat ko'rsatishni kutish vaqti cheklanadi (agar chaqiruv kutishda mumkin bo'lgan vaqtdan ortiq darajada bo'lsa, u holda unga xizmat ko'rsatishda rad etiladi). Bog'lanish o'rnatishga rad olgan abonent, bog'lanish o'rnatishga urinishlarini takrorlaydi. Bir necha takroriy chaqiruvlardan so'ng abonent keyingi bog'lanish o'rnatishdan voz kechishi mumkin (chaqiruv yo'qoladi). aralash yo'qotishni xizmat ko'rsatish sifatini baholash uchun, aniq yo'qotish tartibi tavsiflar ishlatiladi.

Yo'qotilishi xizmat ko'rsatish tartibi ustuvorsiz va ustuvorli bo'ladi.

Ustuvorli xizmat ko'rsatish tartibida keluvchi chaqiruvlar toifalarga bo'linadi va yuqoriroq toifadagi chaqiruvlar xizmat ko'rsatishda quyiroq toifadagi chaqiruvlarga nisbatan biron bir ustuvorlikka afzallikka ega bo'ladilar, ustuvorliksiz esa, agar hech qaysi chaqiruvlar boshqa chaqiruvlar oldida xizmat ko'rsatishda afzallikka ega bo'lmaydilar.

Ustuvorlik bilan xizmat ko'rsatish tartibiga ATS ga mahalliy va shaharlararo bog'lanish o'rnatish misol bo'la oladi.

Xizmat ko'rsatish jarayoni matematik modeli shu jarayonning asosiy xususiyatlarini ifodalovchi va qaysi sifat ko'rsatkichlarini baholash zarurati bor-yo'qligini hisobga olgan holda tanlab olinadi. Masalan, takroriy chaqiriqlar modeli sifat darajasi ko'rsatkichlarini aniqlash matematik jihatdan ancha murakkab bo'lgani uchun bu modelni takroriy chaqiriqlar oqimi yuqori bo'lgan katta axborot yo'qotishlariga mo'ljallangan kommutatsiya tizimlarini hisoblashda qo'llash kerak. Chaqiriqlar yo'qotilishi kichik ($R < 0,03$) tizimlarda takroriy chaqiriqlar oqimi kichik bo'lgani uchun bu oqimni hisobga olmasdan ham qoniqarli natijalar olish mumkin.

Nazorat uchun savollar

1. Telefon yuklasiga tushuncha bering.
2. Yuklama va yuklama jadalligi qaysi o'lchov birligida o'lchanadi?
3. Qanday yuklama turlarini bilasiz?
4. Eng katta yuklamalar soati haqida tushuncha bering va u qanday aniqlanadi?
5. t_r , t_{zn} , t_{no} o'rtacha band bo'lish davomiyligi qanday hisoblanadi?
6. Bitta manbadagi o'rtacha eng katta yuklamalar soati qanday hisoblanadi?
7. Abonentlar qaysi ko'rsatkichlar bo'yicha toifalarga bo'linadi?
8. Bir soat davomida 5 ta kommutatsiya qurilmasining xizmat ko'rsatgan yuklamasi 10 Erlang bo'la oladimi?
9. Bandlik davomiyligi $t = 3$ daq ga teng, o'rtacha chaqiruvlar soni esa $S=2$ chaq/soat ga teng bo'lganda bitta manbadan kelib tushayotgan yuklamani aniqlang.
10. Eng katta yuklama koeffitsiyenti $K_{EYUYUS} = 0,2$ ga teng bo'lgan tarmoqdagi sutka davomidagi yuklama 100 Erlangga teng bo'lsa, bu tarmoqda eng katta yuklama soatidagi Yuklamani aniqlang?
11. RATS ni bosqichlariga tushayotgan va chiqishdagi yuklamani aniqlang.
12. Xizmat ko'rsatishning oshkora va shartli yo'qotishli tartillarini tushuntirib bering.

13. Chaqiriqlarga xabarning oshkora yo‘qotilish usulida xizmat ko‘rsatilgandagi tizim qanday sifat ko‘rsatkichlari bilan aniqlanadi?
14. Chaqiriqlarga kutish usulida xizmat ko‘rsatilgandagi tizim qanday sifat ko‘rsatkichlari bilan aniqlanadi?
15. Chaqiriqlarga takroriy chaqiriq usulida xizmat ko‘rsatilgandagi tizim qanday sifat ko‘rsatkichlari bilan aniqlanadi?

4. Bir zvenoli to‘liq imkoniyatli tizimlarini hisoblash oshkora yo‘qotish usulida xizmat ko‘rsatish

4.1. Umumiy mulohazalar

Har qanday kommutatsiya tizimini hisoblash uning ish jarayonini yetarli darajada ifodalovchi matematik modelini qurishdan boshlanadi. Matematik model xizmat ko‘rsatuvchi qurilmalar soni, tushayotgan telefon oqimi tabiati, xizmat ko‘rsatish tartibi, kommutatsiya tizimi struktura ko‘rsatkichlari, telefon chaqiruviga xizmat ko‘rsatish vaqti va boshqa bir necha ko‘rsatkichlarni o‘zida ifodalashi lozim. So‘ngra nazariy model tahlil qilinadi. Natijada kommutatsiya tizimi yoki ulash liniyasi xizmat ko‘rsatish sifati yoki boshqa ko‘rsatkichlarni aniqlash imkoniyati paydo bo‘ladi.

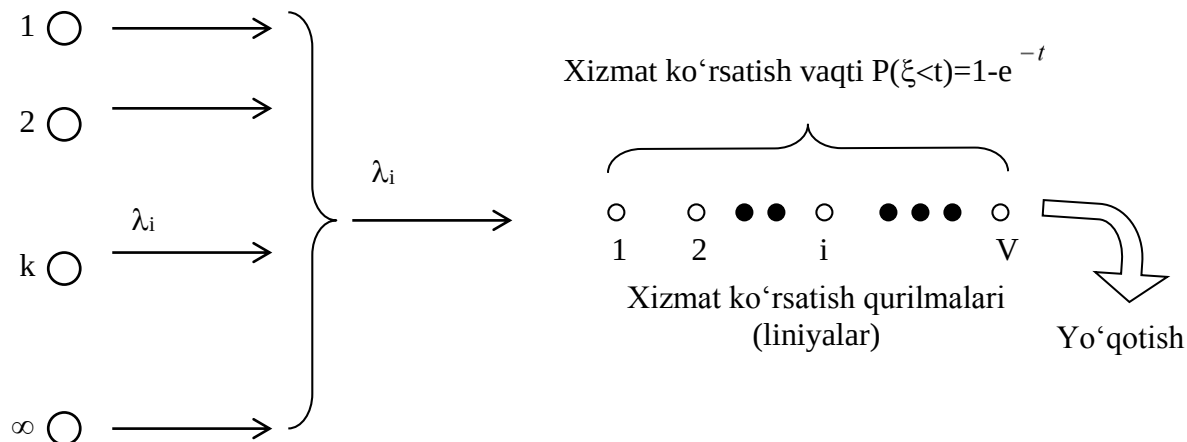
Kommutatsiya maydonlarida kirish liniyalari chiqish liniyalariga nisbatan to‘liq va noto‘liq imkoniyatli ulanishga ega bo‘lishi mumkin. To‘liq imkoniyatli (TI) ulanishda kirish liniyalari chiqish liniyalarining xohlagan biriga u bo‘sh bo‘lgan taqdirda ulanishi mumkin. Noto‘liq imkoniyatli ulanishda kirish liniyalari chiqish liniyalarining xohlagan biriga emas (u bo‘sh bo‘lgan taqdirda ham), balki ma’lum bir qismiga ulanishi mumkin.

Bir zvenoli to‘liq imkoniyatli kommutatsiya tizimi matematik modelini tuzish uchun quyidagi ma’lumotlar zarur: tushayotgan chaqiruvlar oqimi tabiati, ulash (xizmat ko‘rsatish) qurilmalari soni, xizmat ko‘rsatish tartibi va vaqti. Quyida amaliyotda keng tarqalgan oddiy va Engset telefon oqimlari uchun oshkora va shartli yo‘qotishlar tartibida xizmat ko‘rsatayotgan to‘liq imkoniyatli kommutatsiya tizimi matematik modelini qurish va shu asosda xizmat ko‘rsatish sifat ko‘rsatkichlarini aniqlashni ko‘rib chiqamiz. Simmetrik chaqiriqlar oqimi Yuqorida keltirilgan oqimlarga umumiy bo‘lgani uchun tizim matematik modelini tuzish va sifat ko‘rsatish ko‘rsatkichlarini aniqlashni simmetrik chaqiriqlar oqimi uchun ko‘rib chiqamiz.

4.2. Bir zvenoli to'liq imkoniyatli kommutatsiya qurilmalarida simmetrik chaqiriqlar oqimiga oshkora yo'qotishlar usulida xizmat ko'rsatish

4.1-rasmda keltirilgan matematik modelni ko'rib chiqamiz. Faraz qilamizki sig'imi V ga ($1 < V < \infty$) teng to'liq imkoniyatli xizmat qurilmasiga parametri λ_i teng bo'lgan simmetrik chaqiriqlar oqimiga oshkora yo'qotish tartibida xizmat ko'rsatayotgan bo'lsin. Tushayotgan oqim simmetrik oqim bo'lgani uchun bu oqim parametri xohlagan vaqt momentida faqat xizmat ko'rsatish qurilmalari holatiga bog'liq bo'ladi. Har bir chaqiruvga xizmat ko'rsatish vaqti tasodifiy bo'lib, o'rtacha qiymati $h = 1$ ($\beta = 1/h = 1$) ga teng manfiy eksponensial taqsimot (2.10) bilan aniqlansin (ya'ni vaqt birligi sifatida o'rtacha xizmat ko'rsatish vaqti olingan).

Ko'rilayotgan modelda chaqiruvlarga xizmat ko'rsatish jarayoni (ya'ni chaqiruvlar tushishi, xizmat ko'rsatish vaqtiga qurilmani egallash va shu qurilmalarni xizmat ko'rsatish vaqti tugagandan so'ng ozod qilish) o'rganilayotgan xizmat ko'rsatish tizimining t momentidagi holati bilan ifodalanadi. To'liq imkoniyatli ulanish modelida bu holat ushbu mometda band bo'lgan liniyalarning soni i bilan to'liq aniqlanadi ($0 < i < V$).



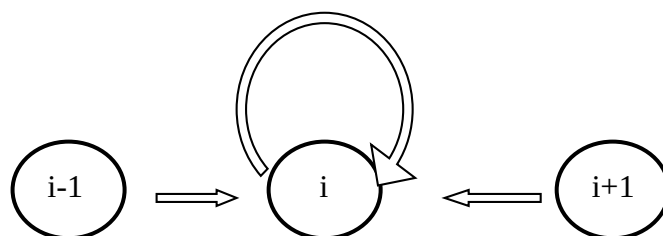
4.1-rasm. Simmetrik oqimiga xizmat ko'rsatishning matematik modeli

t momentda mavjud V ta liniyadan aniq i - tasining band bo'lish ehtimolini $P_i(t)$ orqali belgilaymiz. Markov jarayoniga (chaqiriqlarni tushishi va band, xizmat ko'rsatish qurilmalarning ozod bo'lishi) asosan xizmat ko'rsatish tizimi t momentda i (i ta xizmat ko'rsatish qurilmasi band) holatda bo'lishi uchun quyidagi shartlar bajarilishi kerak:

1. Tizim $(t - \Delta t)$ momentda $i-1$ holatda bo'lib (bu voqea ehtimoli - $P_{i-1}(t - \Delta t)$) Δt vaqt oralig'ida bitta yangi chaqiruv tushadi va $(i-1)$ band liniyalardan bittasi ham ozod bo'lmaydi (bu voqea ehtimoli - $P_{i,i}(\Delta t)$);

2. Tizim $(t - \Delta t)$ momentda $i+1$ holatda bo'lib (bu voqea ehtimoli $-P_{i+1}(t - \Delta t)$) Δt vaqt oralig'ida $i+1$ -ta band liniyalardan bittasi bo'shaydi (ozod bo'ldi) va bitta ham yangi chaqiruv tushmaydi (bu voqea ehtimoli $-P_{i+1,i}(\Delta t)$);
3. Tizim $(t - \Delta t)$ momentda i holatda bo'lib (bu voqea ehtimoli $-P_i(t - \Delta t)$) Δt vaqt oralig'ida i -ta band liniyalardan birortasi bo'shamaydi va birorta yangi chaqiruv tushmaydi (bu voqea ehtimoli $-P_{i,i}(\Delta t)$);
4. Tizim $(t - \Delta t)$ momentda $i=k$ ($k>1$) holatda bo'lib Δt vaqt oralig'ida k -ta yangi chaqiruvlar tushishi yoki k -ta liniya bo'shashi natijasida t momentga kelib i -chi holatga o'tadi. Tushayotgan chaqiruvlar oqimi va xizmat kursatish vaqtining manfiy eksponensial taqsimot bilan aniqlanishi hamda liniyalarning bo'shash (ozod bo'lish) oqimining* yakkalik xususiyatiga egaligi tufayli Yuqorida keltirilgan hodisaning ehtimoli $O(\Delta t)$ ga teng.

Yuqorida ko'rsatilgan holatlar grafik ko'rinishda 4.2-rasmda keltirilgan.



4.2-rasm. To'liq imkoniyatli qurilmaning holatlari

Ozod bo'lish oqimi deb, xizmat ko'rsatish tamom bo'lishi momentlar ketma-ketligiga aytiladi. Agar tasodifiy xizmat ko'rsatish vaqti (2.10) taqsimoti bilan ifodalansa, ozod bo'lish oqimi ham yakka oqimlar turkumiga kiradi.

Yuqoridagi 1-4 shartlardan birining bajarilishi boshqalari bajarilishini inkor qilgani hamda $P_j(t - \Delta t)$ va $P_{j,i}(\Delta t)$ qiymatlarning o'zaro bog'liq bo'lmaganligi sababli to'liq ehtimolliklar formulasiga asosan quyidagi tenglamalar tizimini yozish mumkin:

$$P_i(t) = P_{i-1}(t - \Delta t) P_{i-1,i}(\Delta t) + P_{i+1,i}(t - \Delta t) P_{i+1,i}(\Delta t) + P_i(t - \Delta t) P_{i,i}(\Delta t) + O(\Delta t), \quad (0 < i < V). \quad (4.1)$$

Chaqiruvlar oqimi va xizmat ko'rsatish vaqti taqsimoti xususiyatlarini hisobga olgan holda $P_{i-1,i}(\Delta t)$, $P_{i+1,i}(\Delta t)$ va $P_{i,i}(\Delta t)$ ehtimoliyliklar qiymatini quyidagi shaklda aniqlash mumkin:

$$\begin{aligned} P_{i-1,i}(\Delta t) &= \lambda_{i-1} \Delta t + O(\Delta t); \\ P_{i+1,i}(\Delta t) &= (i+1) \beta \Delta t + O(\Delta t), \quad \beta=1; \\ P_{i,i}(\Delta t) &= 1 - i(\lambda + \beta) \Delta t + O(\Delta t). \end{aligned} \quad (4.2)$$

(4.2) formula bilan aniqlangan ehtimoliyliklar qiymatini (4.1)

tenglamalar tizimiga qo'yib, $P_i(t-\Delta t)$ qiymatini tenglikning chap tomoniga o'tkazib hamda tenglikning ikkala tomonini Δt ga bo'lib va Δt ni nolga intiltirilgan holda limit olinsa, quyidagi differensial tenglamalar tizimi olinadi:

$$\frac{d}{dt}P_i(t) = -\lambda_0 P_0(t) + P_1(t); \quad (4.3)$$

$$\frac{d}{dt}P_i(t) = \lambda_{i-1}P_{i-1}(t) - (\lambda_i + i)P_i(t) + (i+1)P_{i+1}(t), \quad i > 1.$$

Qaralayotgan xizmat ko'rsatish tizimi t cheksizlikga intilganda o'zining statistik muvozanat holatiga erishadi. Bu holatda $\lim_{t \rightarrow \infty} P_i(t) = P_i$

$t \rightarrow \infty$ va $\frac{d}{dt}P_i(t) = 0$ bo'lgani sababli (4.3) tenglamalar tizimi quyidagi ko'rinishdagi algebraik tenglamalar tizimiga aylanadi:

$$\begin{aligned} -\lambda_0 P_0 + P_1 &= 0, \\ \lambda_{i-1} P_{i-1} - (\lambda_i + i)P_i + (i+1)P_{i+1} &= 0, \quad i > 1. \end{aligned} \quad (4.4)$$

Bu tenglamadan $i = 0, 1, 2, \dots, V$ qiymatlarni ketma-ket qo'yib, quyidagi formulani olish mumkin:

$$P_i = \frac{\lambda_0 \lambda_1 \dots \lambda_{i-1}}{i!} P_0. \quad (4.5)$$

$\sum_{i=0}^V P_i = 1$ ekanligini hisobga olgan holda (4.5) tenglamadan P_0 qiymatini quyidagi ifoda bilan aniqlash mumkin:

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{j=0}^V \frac{\lambda_0 \lambda_1 \dots \lambda_{j-1}}{j!}}.$$

Bu natijani (4.5) ifodaga qo'yib, quyidagi formulani olamiz:

$$P_i = \frac{\frac{\lambda_0 \lambda_1 \dots \lambda_{i-1}}{i!}}{\sum_{j=0}^V \frac{\lambda_0 \lambda_1 \dots \lambda_{j-1}}{j!}}. \quad (4.6)$$

To'liq imkoniyatli kommutatsiya qurilmalarida simmetrik chaqiriqlar oqimiga oshkora yo'qotishlar xizmat ko'rsatishdagi tizim sifat ko'rsatkichlarini aniqlaymiz. Bu tizim vaqt P_t va chaqiriqlar P_{ch} bo'yicha yo'qotishlar ko'rsatkichlari bilan xarakterlanadi.

Vaqt bo'yicha yo'qotish P_t bu hamma xizmat ko'rsatish qurilmalarining band bo'lish vaqti bilan aniqlanadi. Bu hol $i=v$ bo'lganda yuz beradi.

Shuning uchun

$$P_t = P_{i=v} = \frac{\frac{\lambda_0 \lambda_1 \dots \lambda_{v-1}}{v!}}{\sum_{j=0}^v \frac{\lambda_0 \lambda_1 \dots \lambda_{j-1}}{j!}}, \quad (4.7)$$

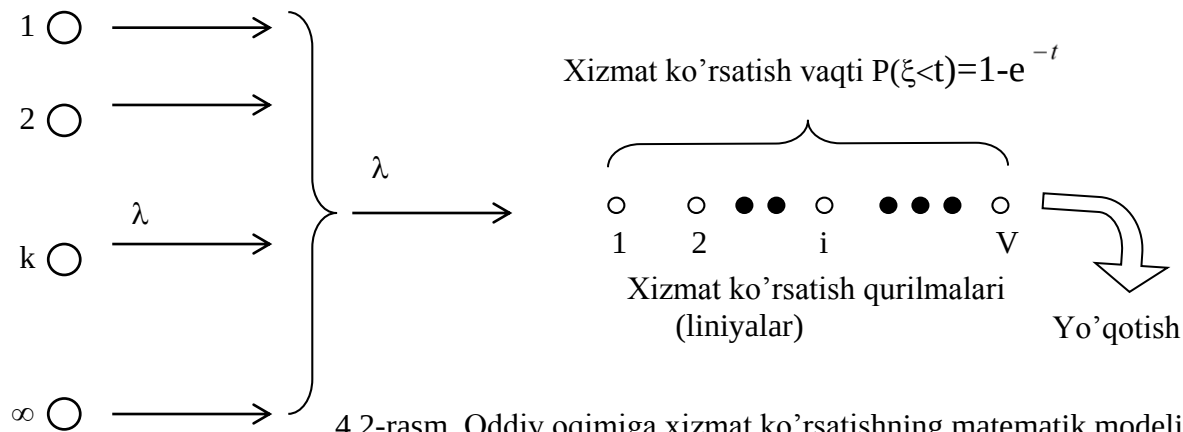
Chaqiriqlar bo'yicha yo'qotish P_{ch} deb, yo'qotilgan chaqiriqlar jadalligini μ_y umumiy tushgan chaqiriqlar jadalligiga μ nisbati bilan aniqlanadi $P_{ch} = \mu_y / \mu$.

$$P_{ch} = \mu_y / \mu = \frac{\sum_{i=0}^v \lambda_i p_i}{\lambda_v p_v} = \frac{\lambda_0 \lambda_1 \dots \lambda_v / v!}{\sum_{j=0}^v (\lambda_0 \lambda_1 \dots \lambda_j) / j!}. \quad (4.8)$$

4.3. Bir zvenoli to'liq imkoniyatli kommutatsiya qurilmalarida oddiy chaqiriqlar oqimiga oshkora yo'qotishlar usulida xizmat ko'rsatish

4.2-rasmda keltirilgan matematik modelni ko'rib chiqamiz. Faraz qilamizki sig'imi V ga ($1 < V < \infty$) teng to'liq imkoniyatli xizmat ko'rsatish qurilmasi parametri λ teng bo'lgan oddiy telefon oqimiga oshkora yo'qotish tartibida xizmat ko'rsatayotgan bo'lsin. Har bir chaqiruvga xizmat ko'rsatish vaqti tasodifiy bo'lib, o'rtacha qiymati $h = 1$ ($P(\xi < t) = 1 - e^{-t}$, $\beta = 1/h = 1$) ga teng manfiy eksponensial taqsimot (2.10) bilan aniqlansin.

Ko'rilayotgan modelda chaqiruvlarga xizmat ko'rsatish jarayoni (ya'ni chaqiruvlar tushishi, xizmat ko'rsatish vaqtiga qurilmani egallash va shu qurilmalarni xizmat ko'rsatish vaqti tugaganidan so'ng ozod qilish) o'rganilayotgan xizmat ko'rsatish tizimining t momentidagi holati bilan ifodalanadi. To'liq imkoniyatli ulanish modelida bu holat ushbu mometda band bo'lgan liniyalarning soni i bilan to'liq aniqlanadi ($0 < i < V$).



4.2-rasm. Oddiy oqimiga xizmat ko'rsatishning matematik modeli

Yuqorida ko'rsatib o'tilganidek, oddiy chaqiriqlar oqimi λ o'zgarmas va

band xizmat ko'rsatish qurilmalari soniga, ya'ni tizim holatiga bog'liq emas. Shuni uchun (4.6) ifodadagi j ning istalgan qiymatida $\lambda_j = \lambda$ hisobga olib, bu ifodalarni quyidagi ko'rinishga keltirish mumkin:

$$P_i = \frac{\frac{\lambda_0 \lambda_1 \dots \lambda_{i-1}}{i!}}{\sum_{j=0}^v \frac{\lambda_0 \lambda_1 \dots \lambda_{j-1}}{j!}} = \frac{\frac{\lambda^i}{i!}}{\sum_{j=0}^v \frac{\lambda^j}{j!}}. \quad (4.9)$$

(4.9) ifodaga Erlang taqsimoti deyiladi. Bu taqsimot to'liq imkoniyatli ulash liniyalarining oddiy oqimga oshkora yo'qotishlar tartibida xizmat ko'rsatganda aniq sondagi liniyalarning band bo'lish ehtimolini hisoblashda ishlatiladi. Bu ifoda shartli ko'rinishda $E_{i,v}(Y)$ ifoda ko'rinishida ham yoziladi. $E_{i,v}(Y)$ ifoda to'liq imkoniyatli qurilmalarning oddiy oqimga oshkora yo'qotishlar tartibida xizmat ko'rsatganda V ulash liniyalaridan i ta ulash liniyalarning band bo'lish ehtimolini ko'rsatadi.

Oddiy oqim uchun xizmat ko'rsatish sifat ko'rsatkichlarini aniqlashni ko'rib chiqamiz.

Vaqt bo'yicha yo'qotish ehtimoli P_t hamma qurilmalarning band bo'lish ehtimoli bilan aniqlanadi, ya'ni (4.9) - ifoda $i=V$ (hamma qurilmalar band) bo'lgan bu hol yuzaga keladi:

$$P_t = P_V = \frac{\lambda^V / V!}{\sum_{j=0}^V \lambda^j / j!}. \quad (4.10)$$

Bu formulaga Erlangning birinchi formulasi deyiladi.

Chaqiriq bo'yicha yo'qotish ehtimoli P_{ch} ta'rifiga asosan (4.4-bo'limga qarang) quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$P_{ch} = \mu_y / \mu = \lambda_p / \lambda = \lambda R_v / \lambda = R_v, \quad (4.11)$$

bu yerda μ_y va μ - mos ravishda yo'qotilgan va tushayotgan chaqiruvlar oqimi jadalligi.

Yuklama bo'yicha yo'qotish ehtimolini tushayotgan (Y) va xizmat ko'rsatilgan (Y_o) telefon yuklamalari nisbati orqali aniqlash mumkin. Tushayotgan yuklama jadalligi yo'qotish yo'q tizimda (bu hol xizmat ko'rsatish qurilmalari soni cheksiz $V = \infty$ bo'lganda yuzaga keladi) band liniyalarning o'rtacha soniga teng bo'lgani sababli quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$Y = \sum_{i=1}^{\infty} i P_i^* = \sum_{i=1}^{\infty} i \frac{\lambda^i}{i!} e^{-\lambda} = \lambda e^{-\lambda} \sum_{i=1}^{\infty} \frac{\lambda^{i-1}}{(i-1)!} = \lambda e^{-\lambda} e^{\lambda} = \lambda, \quad (4.12)$$

bu yerda P_i^* - yo'qotishlar yo'q bo'lgan ($V^*=\infty$) xizmat tizimida i ta liniyaning band bo'lish ehtimoli.

Xuddi shu usul bilan xizmat ko'rsatilgan yuklama jadalligini aniqlaymiz:

$$Y_0 = \sum_{i=1}^v iP_i = \sum_{i=1}^v i \frac{\frac{\lambda^i}{i!}}{\sum_{j=0}^v \frac{\lambda^j}{j!}} = \lambda(1 - P_v). \quad (4.13)$$

Ta'rifga binoan:

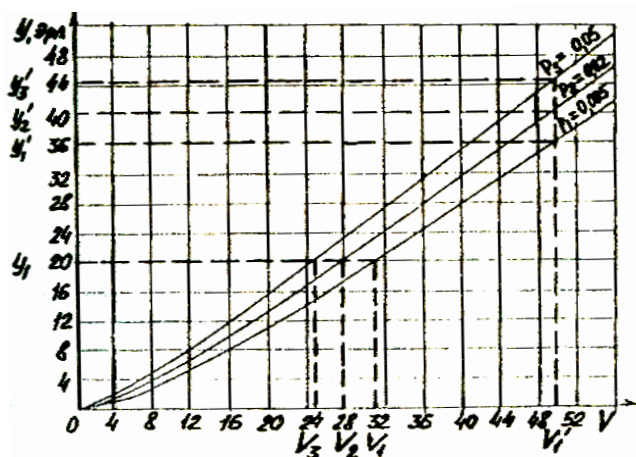
$$P_v = \frac{Y_v}{Y} = \frac{Y - Y_0}{Y} = \frac{\lambda - \lambda(1 - P_v)}{\lambda} = P_v. \quad (4.14)$$

Demak, oddiy oqimga to'liq imkoniyatli ulash qurilmalari yordamida oshkora yo'qotishlar tartibida xizmat ko'rsatilganda barcha turdagi yo'qotishlar ehtimoli bir biriga teng bo'lib, Erlangning birinchi formulasi bilan aniqlanadi $P_t = R_{ch} = R_{yu} = R_v = R$. Erlang formulasi shartli ravishda quyidagicha yoziladi

$$P = Ev(Y), \quad (4.15)$$

bu yerda $Y = \lambda h$.

Tushayotgan yuklama Y bilan xizmat ko'rsatayotgan qurilmalar V orasidagi bog'liqlik yo'qotish ehtimolining bir necha qiymatlarida 4.3-rasmda keltirilgan.



4.3-rasm. Yo'qotish ehtimoligi o'zgarmas qiymatlarida tushayotgan yuklama Y bilan xizmat ko'rsatayotgan qurilmalar V orasidagi bog'liqlik

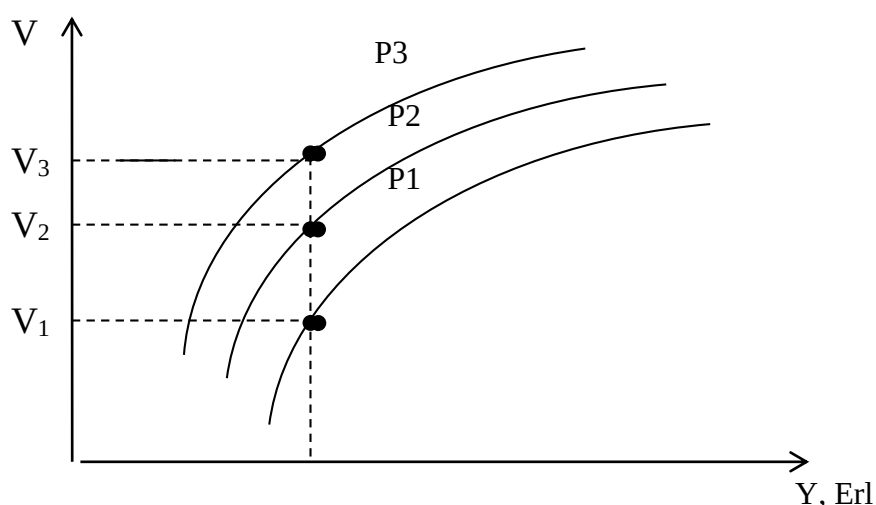
4.3 va 4.4-rasmlardagi grafiklarni mantiqiy tahlil qilamiz.

$Y = \text{const}$ va $V_1 > V_2 > V_3$ bo'lganda har doim quyidagi tengsizlik bajariladi $P_1 < P_2 < P_3$.

$P = \text{const}$ va $Y_1 > Y_2 > Y_3$ bo'lganda har doim bo'lganda har doim quyidagi tengsizlik bajariladi $V_1 > V_2 > V_3$.

$V = \text{const}$ va $P_1 < P_2 < P_3$ bo'lganda har doim bo'lganda har doim

quyidagi tengsizlik bajariladi $Y_1 < Y_2 < Y_3$.



4.4-rasm. $Y = \text{const}$ bo'lganda yuklama P bilan xizmat ko'rsatayotgan qurilmalar V orasidagi bog'liqlik

Hisoblarni osonlashtirish uchun Erlangning birinchi formulasi orqali V va Y ning turli qiymatlarida yo'qotish ehtimoli R hisoblangan va Palma jadvali tuzilgan [4,5]. Jadvaldan foydalanishni quyidagi misollarda ko'rib chiqamiz.

1-masala. Ulash qurilmalari soni $V=84$ bo'lgan to'liq imkoniyatli sxemaga $U=64$ Erl yuklama tushmoqda. Tushayotgan chaqiriqlarga oshkora yo'qotishlar tartibida xizmat ko'rsatilganda yo'qotishlar ehtimolini aniqlang.

To'g'ridan-to'g'ri Erlangning birinchi formulasi yordamida yo'qotishlar ehtimolini hisoblash ancha murakkab, shuning uchun Palma jadvalidan foydalanamiz [4]. [4] manbaning 39 betida $V = 81 - 90$ liniya va $U=46 \dots 200$ Erl yuklama uchun yo'qotishlar qiymati keltirilgan. $V=84$ ta liniya keltirilgan ustun bilan $U=64$ Erl yuklama keltirilgan qatorning kesishish joyida yo'qotishlar qiymatini aniqlaymiz $R=0,002552$ (v jadvalda nol butun vergul bilan ko'rsatilmagan). Demak, $R = E_{84}(64) = 0,002552$.

2-masala. Oddiy chaqiriqlar oqimi xosil qilgan $U=32$ Erl yuklamaga $R=4\%$ oshkora yo'qotishlar usulida xizmat ko'rsatdigan qurilmalar sonini aniqlang. Bitta xizmat ko'rsatish qurilmasi xizmat ko'rsatgan yuklama ham aniqlansin.

Erlangning birinchi formulasi yordamida xizmat ko'rsatish qurilmalari sonini aniqlash uchun asta sekin yaqinlashish metodidan foydalaniladi. Xizmat ko'rsatish qurilmalari sonini faqat butun son bo'lishi mumkin. Shuning uchun Palma jadvalidan berilgan yuklama va yo'qotishlar qiymatidan oshib ketmaydigan eng yaqin xizmat ko'rsatish qurilmalari soni aniqlanadi. [4] manbaning 33 betida $U=32$ Erl yuklamaga $V=46$ liniya

xizmat ko'rsatganda yo'qotishlar ehtimoli $0,004002=0,004$ teng. Demak, xizmat ko'rsatish qurilmalari sonini $V=46$ liniya deb olish mumkin.

Bitta liniya xizmat ko'rsatgan yuklama quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\eta = \frac{y_0}{V} = \frac{Y(I - P)}{V} = \frac{32(I - 0.004)}{46} = \frac{31.87}{46} = 0.69 \text{ Эрл.}$$

3-masala. Xizmt ko'rsatish qurilmalari soni $V=20$ liniya bo'lgan to'liq imkoniyatli kommutatsiya tizimiga yo'qotishlar $R=0,005$ bo'lgandagi tushayotgan yuklama miqdorini aniqlang.

Erlangning birinchi formulasi yordamida xizmat ko'rsatish qurilmalarga tushayotgan yuklamani aniqlash uchun qurilmalar sonini aniqlashga o'xshab asta sekin yaqinlashish metodidan foydalaniladi. Shuning uchun Palma jadvalidan berilgan xizmat ko'rsatish qurilmalari va yo'qotishlar qiymatidan oshib ketmaydigan yuklamaning eng yaqin qiymati aniqlanadi. [4] manbaning 19 betida $V=20$ liniyaga ega to'liq imkoniyatli qurilma $U=11,1$ Erl yuklamaga $R=0,005034$ yo'qotishlar ehtimoli bilan xizmat ko'rsatadi (bu eng yaqin va juda oz farq qiladigan qiymat). Demak, xizmat ko'rsatish qurilmalariga tushayotgan yuklamani $U=11,1$ Erl deb olish mumkin.

Amaliyotda yuklamaning qiymati jadvalda keltirilmagan qiymatlari uchun yo'qotishlarni aniqlash zarur bo'lib turadi. Bunday hollarda liniyaviy interpolyasiya metodidan foydalaniladi:

$$P=E_V(Y') = E_V(Y) + \Delta E_V(Y) \frac{Y'-Y}{h},$$

$$\Delta E_V(Y) = E_V(Y + h) - E_V(Y).$$

Bu yerda U' - hisoblanadigan yuklama;

Y - jadvalda keltirilgan, lekin U' dan kichik bo'lgan yuklamaning eng yaqin qiymati;

h – yuklamaning jadvalda o'zgarish qiymati.

Misol uchun ulash qurilmalari soni $V=62$ bo'lgan to'liq imkoniyatli sxemaga $U=53$ Erl yuklama tushmoqda. Tushayotgan chaqiriqlarga oshkora yo'qotishlar tartibida xizmat ko'rsatilganda yo'qotishlar ehtimolini aniqlashni ko'rib chiqamiz. [4] manbaning 37 betida yuklamaning o'zgarish qiymati $h=56-52=4$ ga teng.

$V=62$ liniya va $U=53$ Erl uchun yo'qotishlar qiymatini liniyaviy interpolyasiya metodidan foydalanib quyidagicha aniqlaymiz:

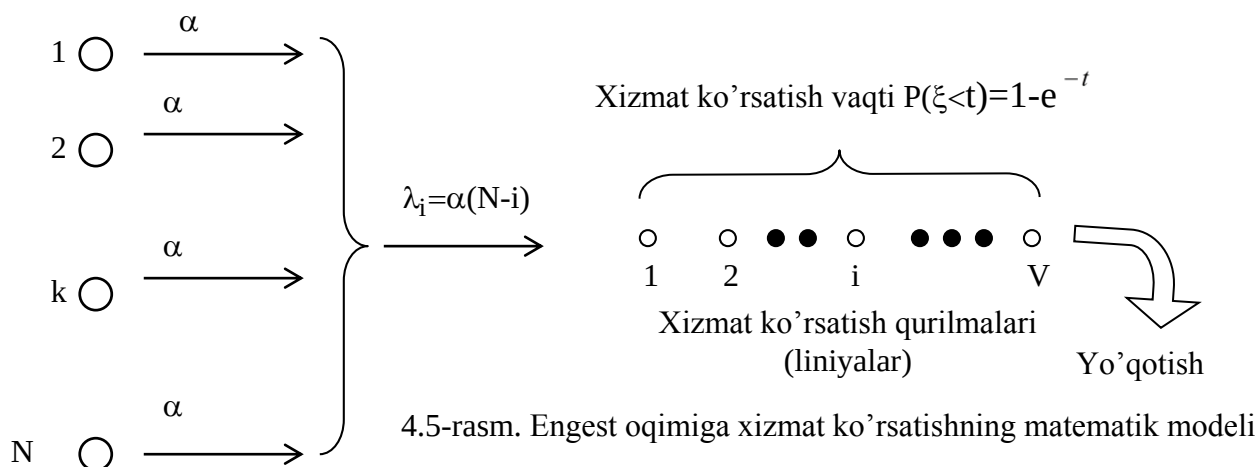
$$E_{62}(53) = 0,0022145 + (0,045844 - 0,022145) \frac{53 - 52}{4} =$$

$$= 0,022145 + 0,023699 - 0,25 = 0,028069.$$

4.4. Bir zvenoli to'liq imkoniyatli kommutatsiya qurilmalarida Engset chaqiriqlar oqimiga oshkora yo'qotishlar usulida xizmat ko'rsatish

4.5-rasmda keltirilgan matematik modelni ko'rib chiqamiz. Faraz qilamizki sig'imi V ga ($1 < V < \infty$) teng to'liq imkoniyatli xizmat qurilmasi N ($1 < N < \infty$) chaqiruv manbaidan tushayotgan parametri $\lambda_i = \alpha(N-i)$ teng bo'lgan Engset telefon oqimiga oshkora yo'qotish usulida xizmat ko'rsatayotgan bo'lsin. Har bir chaqiruvga xizmat ko'rsatish vaqti tasodifiy bo'lib, o'rtacha qiymati $h = 1$ ($\beta = 1/h=1$) ga teng manfiy eksponensial taqsimot $P(\xi < t) = 1 - e^{-t}$ bilan aniqlansin.

Ko'rilayotgan modelda chaqiruvlarga xizmat ko'rsatish jarayoni (ya'ni chaqiruvlar tushishi, xizmat ko'rsatish vaqtiga qurilmani egallash va shu qurilmalarni xizmat ko'rsatish vaqti tugagandan so'ng ozod qilish) o'rganilayotgan xizmat ko'rsatish tizimining t momentidagi holati bilan ifodalanadi. To'liq imkoniyatli ulanish modelida bu holat ushbu mometda band bo'lgan liniyalarning soni i bilan to'liq aniqlanadi ($0 < i < V$).



Engset oqimi parametri $\lambda_i = \alpha(N-i)$ bo'lgani uchun (4.6) ifodani quyidagi ko'rinishga keltirish mumkin:

$$P_i = \frac{\alpha^i C_N^i}{\sum_{x=0}^V \alpha^x C_N^x}, \quad (V \leq N \leq \infty) \quad (4.16)$$

bu yerda

$$C_N^j = N \cdot (N-1) \cdots (N-j+1) / j!, \quad (j=i, x).$$

(4.16) ifodaga Engset taqsimoti deyiladi. Bu taqsimot to'liq imkoniyatli ulash liniyalari Engset oqimiga oshkora yo'qotish tartibida xizmat ko'rsatganda berilgan sondagi liniyalarning band bo'lish ehtimolini aniqlashda qo'llanadi. (4.16)-ifodaning $i=V$ holatdagi ko'rinishi (ya'ni

hamma liniyani band bo'lish ehtimoli) Engset formulasi deyiladi va quyidagi ko'rinishda ifodalanadi:

$$P_v = \frac{\alpha^v C_N^v}{\sum_{x=0}^v \alpha^x C_N^x} . \quad (4.17)$$

Engset oqimiga xizmat ko'rsatish sifat ko'rsatkichlarini hisoblash. To'liq imkoniyatli ulash liniyalari Engset oqimiga xizmat ko'rsatilganda sifat ko'rsatkichlari vaqt, chaqiruv va yuklama yo'qotish ehtimolliklari bilan aniqlanadi.

Vaqt bo'yicha yo'qotish ehtimoli barcha liniyalarning band bo'lish ehtimoli bilan aniqlangani sababli (4.17) ifodaning $i=V$ holatida qiymati orqali hisoblanadi:

$$P_t = P_v = \frac{\alpha^v C_N^v}{\sum_{x=0}^v \alpha^x C_N^x} . \quad (4.18)$$

Chaqiruv bo'yicha yo'qotish ehtimoli Engset oqimining yakkalik xususiyatini hisobga olgan holda yo'qotilgan λ_y va λ tushayotgan oqimlar parametrlari matematik kutishlarining o'zaro nisbati bilan aniqlanadi:

$$P_q = \frac{\lambda_y}{\lambda} = \frac{\lambda_v P_v}{\sum_{i=0}^v \lambda_i P_i} = \frac{\alpha^v C_{N-1}^v}{\sum_{x=0}^v \alpha^x C_{N-1}^x} . \quad (4.19)$$

Yuklama bo'yicha yo'qotish ehtimolini aniqlash uchun tushayotgan yuklama jadalligini hisoblash kerak. Bu yuklama tizimda yo'qotishlar yo'q bo'lgan holda aniqlanadi. Bunday hol Engset oqimi uchun $V=N$ sharti, ya'ni xizmat ko'satuvchi qurilmalar soni chaqiriqlar manbai soniga teng bo'lgan holda yuzaga keladi. Shu shartni hisobga olgan holda (4.16) ifodadan murakkab bo'lmagan o'zgartishlar natijasida quyidagi ifodani olish mumkin:

$$P_i^* = C_N^i \left(\frac{\alpha}{1+\alpha} \right)^i \left(1 - \frac{\alpha}{1+\alpha} \right)^{N-i} = C_N^i a^i (1-a)^{N-i} , \quad (4.20)$$

bu yerda $a = \alpha/(1+\alpha)$ - bo'sh (erkin) holdagi bitta chaqiruv manбайдan tushayotgan yuklama jadalligi.

(4.20)-ifoda yordamida tushayotgan yuklama jadalligi quyidagicha aniqlanadi

$$Y = \sum_{i=1}^{V^*=N} i P_i = \sum_{i=1}^N i C_N^i \left(\frac{\alpha}{1+\alpha} \right)^i \left(1 - \frac{\alpha}{1+\alpha} \right)^{N-i} = N \frac{\alpha}{1+\alpha} = N\alpha . \quad (4.21)$$

Yuqoriga o'xshab, xizmat ko'rsatilgan yuklama jadalligi quyidagicha

aniqlanadi:

$$Y_0 = \sum_{i=1}^V iP_i = \sum_{i=1}^V i \frac{\alpha^i C_N^i}{\sum_{x=0}^V \alpha^x C_N^x} = N \frac{\alpha(1-P_+)}{1+\alpha(1-P_+)} \quad (4.22)$$

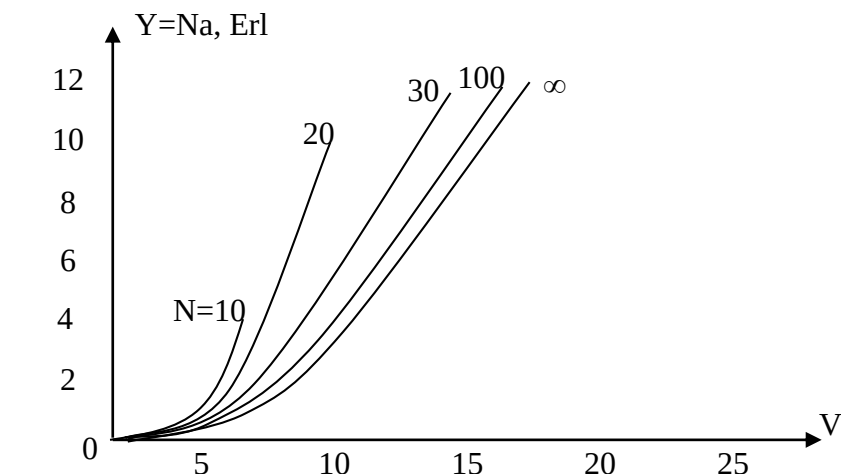
(4.21) va (4.22)-ifodalarni hisobga olgan holda yuklama bo'yicha yo'qotish ehtimoli quyidagicha aniqlanadi:

$$P_{yu} = \frac{Y_{yu}}{Y} = \frac{Y - Y_0}{Y} = 1 - \frac{N \frac{\alpha(1-P_+)}{1+\alpha(1-P_+)}}{N \frac{\alpha}{1+\alpha}} = \frac{\alpha^V C_{N-1}^V}{\sum_{x=0}^V \alpha^x C_N^x} \quad (4.23)$$

(4.18), (4.19) va (4.23)-ifodalar bilan aniqlanadigan yo'qotishlar ehtimolini solishtirib, quyidagini hosil qilamiz:

$$\begin{aligned} R_{Yu} &= (1-V/N) \cdot P_t; \\ R_{Yu} &= (1-Y/N) \cdot P_{ch}; \\ P_{ch} &= \frac{N-V}{N-Y} \cdot P_t. \end{aligned} \quad (4.24)$$

(4.24)-ifodalardan ko'rinib turibdiki. Engset oqimiga xizmat ko'rsatilganda yo'qotishlar ehtimoli bir-biriga teng emas, ya'ni $R_{Yu} < R_{ch} < R_t$ va bu tengsizlik chaqiruvlar manbai soni kamaygan sari oshib boradi.



4.6-rasm. Yo'qotishlar ehtimolligi va manbalar sonining o'zgaras qiymatlarida tushayotgan yuklama $Y=na$ bilan kerakli xizmat ko'rsatish qurilmalar soni V orasidagi bog'liqlik

Engset oqimiga xizmat ko'rsatish sifat ko'rsatkichlari qiymatlari $R=f(N, V, \alpha)$ yoki $R=f(N, V, a)$ ko'rinishida jadvashtirilgan [7].

Manbalar soni o'zgaras $N=const$ va $R_{ch}=0.01$ bo'lganda tushayotgan Yuklama Y bilan xizmat ko'rsatayotgan qurilmalar V orasidagi bog'liqlik 4.6-rasmda keltirilgan. Rasmdagi $N=\infty$ holat oddiy chaqiriqlar oqimiga to'g'ri keladi. Rasmdan ko'rinib turibdiki, bir xil holatda Engset oqimiga

xizmat ko'rsatadigan qurilmalar soni Erlang oqimiga xizmat ko'rsatadigan qurilmalar sonidan kam bo'ladi.

Nazorat uchun savollar

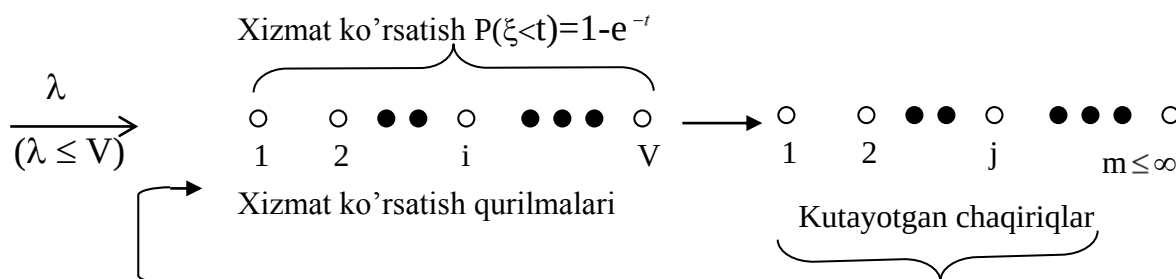
1. Oddiy chaqiruvlar oqimi deb qanday oqimlarga aytiladi?
2. Qanday kommutatsiya tizimlari teng imkoniyatli kommutatsiya tizimlari deyiladi.
3. Erlang birinchi formulasi o'rinli bo'lgan hol uchun kiruvchi chaqiriqlar oqimiga xizmat ko'rsatish tartibini tushuntirib bering.
4. Oshkora yo'qotishlar tizimi sifat ko'rsatkichlarini ko'rsatib bering.
5. Kommutatsiya tizimi o'tkazuvchanlik qobiliyati deb nimaga aytiladi?
6. Kommutatsiya tizimi o'tkazuvchanlik qobiliyati qaysi ko'rsatkichlarga bog'liq?
7. Vaqt P_t , chaqiriqlar R_{ch} va yuklama R_{Yu} bo'yicha yo'qotishlarga ta'rif bering?
8. Erlangning birinchi formulasi qanday topilgan?
9. $E_{i,v}(y)$ va $E_v(y)$ taqsimotlar nimani bildiradi?
10. Bir zvenoli to'liq imkoniyatli kommutatsiya qurilmalarida oddiy chaqiriqlar oqimiga oshkora yo'qotishlar usulida xizmat ko'rsatishdagi sifat ko'rsatkichlari qanday aniqlanadi?
11. Xizmat ko'rsatish qurilmalari soni o'zgarmas bo'lganda yo'qotishlar ehtimoli bilan tushayotgan yuklama o'rtasidagi bog'liqlikni tushuntirib bering.
12. Tushayotgan yuklama o'zgarmas bo'lganda yo'qotishlar ehtimoli bilan xizmat ko'rsatish qurilmalari soni o'rtasidagi bog'liqlikni tushuntirib bering.
13. Yo'qotishlar ehtimoli o'zgarmas bo'lganda xizmat ko'rsatish qurilmalari soni bilan tushayotgan yuklama o'rtasidagi bog'liqlikni tushuntirib bering.
14. Yo'qotishlar ehtimoli qiymati to'liq imkoniyatli kommutatsiya qurilmalari o'tkazuvchanlik qobiliyatiga qanday ta'sir etadi.

5. Bir zvenoli to'liq imkoniyatli tizimlarni hisoblash shartli yo'qotishlar usulida xizmat ko'rsatish

5.1. Oddiy chaqiriqlar oqimiga kutish usulida xizmat ko'rsatish. Ko'rsatgichli xizmat ko'rsatish vaqti

5.1-rasmda keltirilgan matematik modelni ko'rib chiqamiz. Teng

imkoniyatli V ulash qurilmalariga λ parametrli oddiy telefon chaqiruvlari oqimi tushayotgan bo'lsin. Bitta chaqiruvga xizmat ko'rsatish vaqti tasodifiy bo'lib parametri $\beta = 1/h=1$ teng (ya'ni vaqt birligi sifatida o'rtacha xizmat ko'rsatish vaqti olingan) manfiy eksponensial taqsimot bilan aniqlansin.



5.1-rasm. Oddiy telefon oqimiga kutish usulida xizmat ko'rsatishning matematik modeli

Hamma V xizmat ko'rsatish qurilmalari band bo'lgan holda tushgan chaqiruvlar navbatga qo'yiladi va ular navbatda xizmat boshlanish momentini kutadilar. Kutish joyi soni m ($1 \leq m \leq \infty$) ga teng bo'lib, navbat kutayotgan chaqiruvlarga xizmat ko'rsatish qurilmalar ozod bo'lgan sari ularning tushish tartibida amalga oshiriladi. Navbat kutayotgan chaqiruvlarga xizmat ko'rsatish imkoniyati bo'lishi va ular soni cheksizlikga intilmaslik (jarayonning turg'unlik holatida bo'lish) sharti tushayotgan chaqiruvlar parametri (soni) xizmat ko'rsatish qurilmalari sonidan oshmasligidir ($\lambda \leq V$).

t momentda tizimda i ta ($0 \leq i \leq m+V$) xizmat ko'rsatilayotgan va navbat kutayotgan chaqiruvlar mavjud bo'lish ehtimolini $P_i(t)$ orqali belgilab va $t \rightarrow \infty$ intilganda (statistik turg'unlik holatida) bu ehtimolliklarning taqsimotini quyidagicha aniqlash mumkin [6]:

$$P_i = \frac{\lambda^i}{i!} P_0, \text{ agar } i \leq V; \quad (5.1)$$

$$P_i = \left(\frac{\lambda}{V} \right)^{i-V} \frac{\lambda^V}{V!} P_0, \text{ agar } i > V$$

bu yerda

$$P_0 = \left[\sum_{x=0}^{V-1} \frac{\lambda^x}{x!} + \frac{\lambda^V}{V!} \frac{V}{V-\lambda} \right]^{-1}. \quad (5.2)$$

Ko'rilayotgan model uchun asosiy sifat ko'rsatkichlarini aniqlaymiz. Xizmat ko'rsatish jarayonida kutishga to'g'ri kelish ehtimoli bu chaqiruv tushgan momentda hamma V qurilmalarning band bo'lish ehtimoli bilan aniqlanadi. Shuning uchun chaqiruvlarning kutish ehtimoli $P(>0)$ quyidagi ifoda bilan hisoblanadi:

$$P(>0) = P_v + P_{v+1} + P_{v+2} + \dots = \sum_{i=v}^{\infty} P_i. \quad (5.3)$$

(5.3)-ifodadan foydalanib va tegishli o'zgartirishlarni amalga oshirib quyidagini formulani olish mumkin:

$$P(>0) = \frac{\frac{\lambda^v}{v!} \frac{V}{V-\lambda}}{\sum_{x=0}^{v-1} \frac{\lambda^x}{x!} + \frac{\lambda^v}{v!} \frac{V}{V-\lambda}}. \quad (5.4)$$

(5.4)-ifodaning surat va maxrajini $\sum_{x=0}^v \frac{\lambda^x}{x!}$ ga bo'lib va murakkab bo'lmagan o'zgartishlardan so'ng amaliyotda qo'llanishi qulay bo'lgan quyidagi ifodani olamiz:

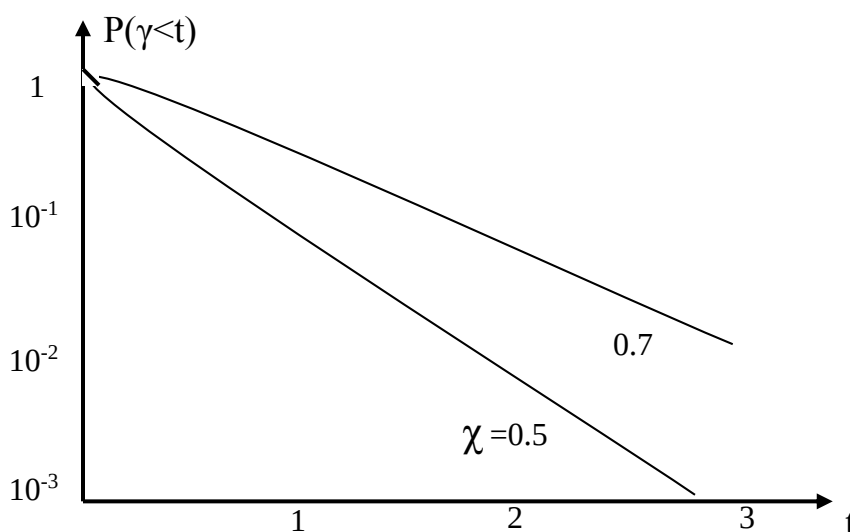
$$P(>0) = \frac{E_v(Y)}{1 - \frac{Y}{V}(1 - E_v(Y))}, \quad (5.5)$$

bu yerda $Y = \lambda / \beta = \lambda h$.

(5.5)- ifoda Erlangning ikkinchi formulasi deyiladi.

Shartli yo'qotishlar ehtimoli kutayotgan chaqiruvlarga xizmat ko'rsatish tartibiga ham bog'liq. Kutayotgan chaqiruvlarga tartibli va tartibsiz xizmat ko'rsatish usullari mavjud. Birinchi usulda kutayotgan chaqiruvlarga ularning kelib tushish ketma-ketligi tartibida xizmat ko'rsatiladi. Ikkinchi usulda esa kutayotgan chaqiruvlar tasodifiy holda xizmat ko'rsatishga tanlab olinadi. Kutayotgan chaqiruvlarga tartibli usulda xizmat ko'rsatilsa shartli yo'qotishlar (kutish vaqtining berilgan vaqt t dan oshish) ehtimoli quyidagi tenglik bilan aniqlanadi:

$$P(>t) = P(>0)e^{-\beta(V-Y)t} \quad (5.6)$$



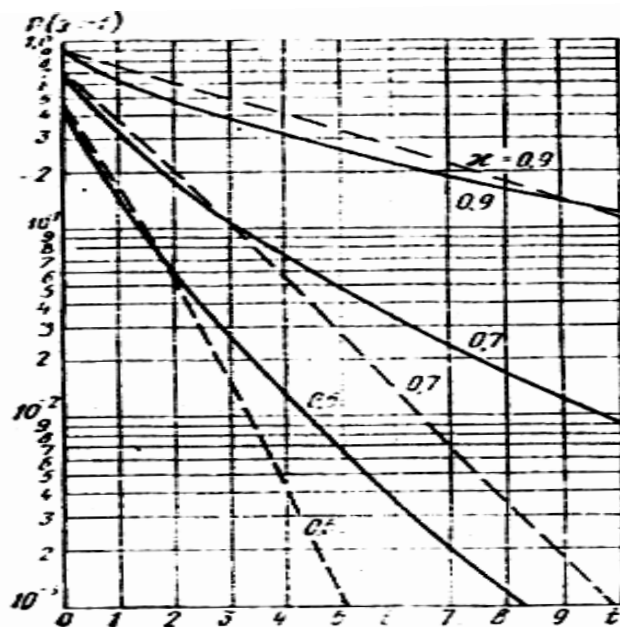
5.2-rasm. $V=5$ bo'lganda shartli yo'qotishlar taqsimoti. χ bitta liniya tushgan yuklama

5.2-rasmda tartibli usulda xizmat ko'rsatilganda shartli yo'qotishlar (kutish vaqti) ehtimoli taqsimoti keltirilgan.

Tartibsiz usulda xizmat ko'rsatilganda shartli yo'qotishlar ehtimoli chaqiruv tushish paytidagi kutayotgan chaqiruvlar sonidan tashqari, kutish mobaynida tushgan chaqiruvlar soniga ham bog'liq bo'lgani uchun u murakkab ifoda bilan aniqlanadi. Shuning uchun bu ifodani bu yerda keltirmaymiz. 5.3-rasmda solishtirish maqsadida tartibli va tartibsiz usulda xizmat ko'rsatilganda shartli yo'qotishlar ehtimoli taqsimoti keltirilgan.

O'rtacha kutish vaqti xizmat ko'rsatish tartibiga bog'liq bo'lmay, quyidagicha aniqlanadi:

$$\bar{\gamma} = \frac{P(>0)}{V-Y} \quad \text{va} \quad \bar{\gamma}_1 = \frac{1}{V-Y} \quad (5.7)$$



5.3-rasm. $V=1$ va xizmat vaqti o'zgarmas bo'lganda kutish vaqti o'zgarmas kutish vaqti taqsimoti. x - bitta liniyaga tushgan yuklama.
 — tartibsiz va ----- tartibli navbatda turish

5.2. Oddiy chaqiriqlar oqimiga kutish usulida xizmat ko'rsatish. O'zgarmas xizmat ko'rsatish vaqti

Koordinat rusumidagi telefon stansiyalarida aloqa o'rnatishni boshqarish qurilmalariga registr va marker, kvazielektron va raqamli telefon stansiyalarida esa markaziy boshqarish qurilmasi kiradi. Buday qurilmalar so'zlashuv vaqtida egallanmay, faqat aloqa o'rnatish jarayonida har bir chaqiriqqa qisqa vaqt oralig'ida xizmat ko'rsatadi. Bu vaqt so'zlashuv vaqtidan ancha kichik va odatda o'zgarmas qiymatga ega bo'lgani uchun kommutatsiya tizimlarida qo'llanadigan boshqarish qurilmalari

chaqiriqlarga navbat kutish tartibida xizmat ko'rsatadi. Shuning uchun aloqa o'rnatishni boshqarish qurilmalari matematik modelini tuzganda xizmat ko'rsatish vaqti o'zgarmas va chaqiriqlarga kutish tartibida xizmat ko'rsatiladi deb olinadi.

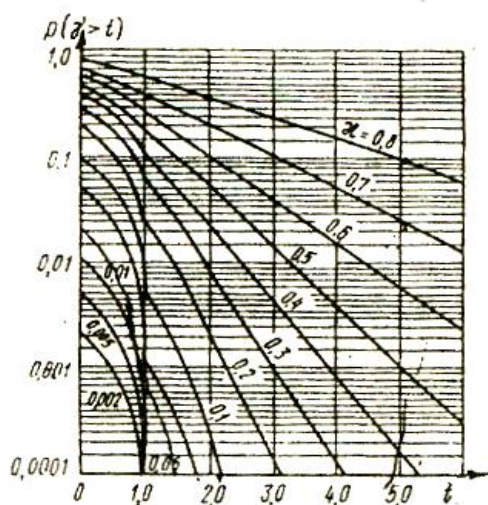
O'zgarmas xizmat ko'rsatish vaqti liniya egallanishining eksponensial taqsimotidan farqli o'laroq, keyingi ta'sir xususiyatiga ega. Shuning uchun t momentdagi xizmat tizimi holati ehtimolini aniqlashda shu momentda tizimda mavjud bo'lgan chaqiriqlar sonidan tashqari ularning har birining xizmat ko'rsatish vaqti tugashiga qancha vaqt qolganini ham hisobga olish zarur. Bu esa, o'z navbatida, hisoblash formulalarining murakkab va ishlatish uchun noqulayligiga olib keladi. Shuning uchun hisoblash jarayonida analitik ko'rinishdagi formulalaridan foydalanilmasdan oldindan tuzulgan grafik va nomogrammlar qo'llanadi.

Bitta xizmat ko'rsatish qurilmasidan (marker, registr, markaziy boshqarish qurilmasi va h.k.) tashkil topgan modelni hisoblash nisbatan oson va bu model uchun grafiklar majmuasi mavjud [6,10]. Navbat kutayotgan chaqiriqlarga tasodifiy xizmat ko'rsatilganda Byorke grafiklaridan, tartibli xizmat ko'rsatilganda esa Krommelin grafiklaridan foydalaniladi (5.4-rasm).

Kutayotgan chaqiruvlar uchun xizmat ko'rsatishni o'rtacha kutish vaqti shartli vaqt birligida (vaqt birligi sifatida o'rtacha xizmat ko'rsatish vaqti olinganda) quyidagicha aniqlanadi:

$$\bar{\gamma} = \frac{Y}{2(1-Y)}. \quad (5.8)$$

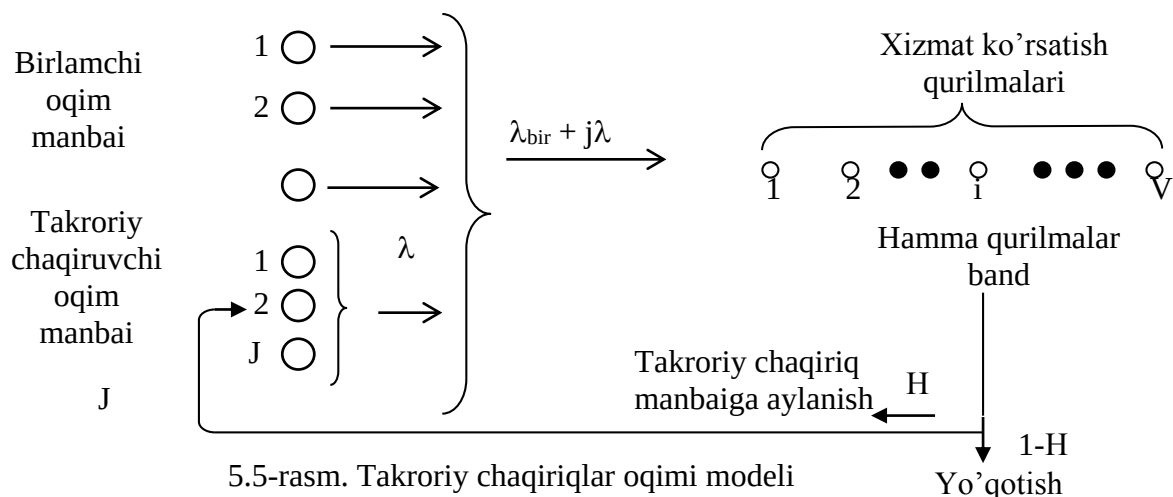
Bu vaqt xizmat ko'rsatish vaqtining eksponensial taqsimot bilan aniqlangan holatga nisbatan ikki marotaba kam (5.7-ifodaga qarang).



5.4-rasm. $V=1$ va xizmat ko'rsatish vaqti o'zgarmas va tartibli xizmat ko'rsatishda kutish vaqti taqsimoti. χ bitta liniyaga tushgan yuklama.

5.3. Oddiy chaqiriqlar oqimiga chaqiriqlar qayta tushishi usulida xizmat ko'rsatish

5.5-rasmda keltirilgan matematik modelni ko'rib chiqamiz. Faraz qilamizki, sig'imi V ga ($1 < V < \infty$) teng to'liq imkoniyatli xizmat qurilmasiga parametri $\lambda_{bir} + j\lambda$ teng bo'lgan takroriy chaqiriqlar oqimiga shartli yo'qotishlar tartibida xizmat ko'rsatilayotgan bo'lsin. Tushayotgan oqim ikki oqimdan - parametri λ_{bir} bilan aniqlanadigan birlamchi va parametri $j\lambda$ bo'lgan takroriy chaqiriqlar oqimidan iborat. Har bir chaqiruvga u birlamchi yoki takroriy bo'lishidan qa'ti nazar xizmat ko'rsatish vaqti tasodifiy bo'lib, o'rtacha qiymati $h = 1$ ($\beta = 1/h = 1$) ga teng manfiy eksponensial taqsimot (4.10) bilan aniqlansin. Chaqiriq tushgan vaqt momentida bo'sh xizmat ko'rsatish qurilmalari bo'lmasa, chaqiriq (1-N) ehtimollik bilan tizimni tark etadi va tizimga hech qanday ta'sir ko'rsatmaydi. N ehtimollik bilan takroriy chaqiriqlar manbai sonini bittaga oshiradi ($j+1$), agar u birlamchi chaqiriq manбайдan, yo takroriy chaqiriq manбайдan tushgan bo'lsa, takroriy chaqiriqlar manbai soni o'zgarmaydi. Takroriy chaqiriqlar manbai soni chegaralanmagan, ya'ni ular soni $j = \infty$ bo'lishi mumkin. Birlamchi oqimni oddiy chaqiriqlar oqimi deb hisoblaymiz.



Ko'rilayotgan modelda chaqiruvlarga xizmat ko'rsatish jarayoni (ya'ni chaqiruvlar tushishi, xizmat ko'rsatish vaqtiga qurilmani egallash va shu qurilmalarni xizmat ko'rsatish vaqti tugagandan so'ng ozod qilish) o'rganilayotgan xizmat ko'rsatish tizimining t momentidagi holatidan tashqari takroriy chaqiriqlar manbai soniga yoki ulardan tushishi mumkin bo'lgan chaqiriqlar oqimi jadalligiga bog'liq. Shuning uchun to'liq imkoniyatli ulanish modelidagi bu holat ushbu mometda band bo'lgan liniyalarning soni i bilan to'liq aniqlash mumkin emas.

Yuqorida ko'rsatib o'tilganidek takroriy chaqiriqlar oqimi $\lambda_{\text{tak}}=(\lambda_{\text{bir}}+j\lambda)$ o'zgaruvchan va band xizmat ko'rsatish qurilmalari soniga va takroriy chaqiriqlar manbai soniga bog'liq. Shuning uchun tizim holatini Markov jarayonlar asosida ifodalab tenglamalar tizimini yechish va uni hisoblashlarga oson ko'rinishga olib kelish juda murakkab. Bu holat faqat bitta xizmat ko'rsatish qurilmalari uchun yechimga ega.

Xizmat ko'rsatish qurilmalari soni birdan ortiq bo'lgan hollar uchun tizimning ehtimoliylik ko'rsatkichlarini hisoblash uchun tizim muvozanat holati tenglamasini yechish algoritmi ishlab chiqilgan va jadval tuzilgan [9].

Injinerlik hisoblari uchun yaroqli bir necha metodlar ishlab chiqilgan. Ulardan biri [7,8] bu takroriy chaqiriqlar tizimini oshkora yo'qotishlar tizimi ko'rinishiga keltirishdan iborat. Bunday ko'rinishga keltirish uchun ekvivalent yuklama tushunchasidan foydalanilgan. Bu yuklama quyidagicha aniqlangan:

$$Y_{\text{ekv}}= K*Y/(1-P), \quad (5.9)$$

bu yerda K – abonentlarning qayta chaqirish manbaiga aylanish ehtimoliga, qayta chaqiriqlar orasidagi vaqtning taqsimlanish qonuniga va boshqa ko'rsatkichlarga bog'liq empirik koeffitsiyent; Y – birlamchi chaqiriqlar hosil qilgan yuklama; R – tizimdagi yo'qotishlar ehtimoli.

Yuklama Y_{ekv} aniqlangandan so'ng hisoblash uchun oddiy chaqiriqlarga oshkora yo'qotishlar usulida xizmat ko'rsatadigan tizimlar uchun qo'llangan ifodalardan foydalanish mumkin, faqat tushayotgan yuklama o'rnida hisoblangan ekvivalent yuklama olinishi kerak.

Nazorat savollari

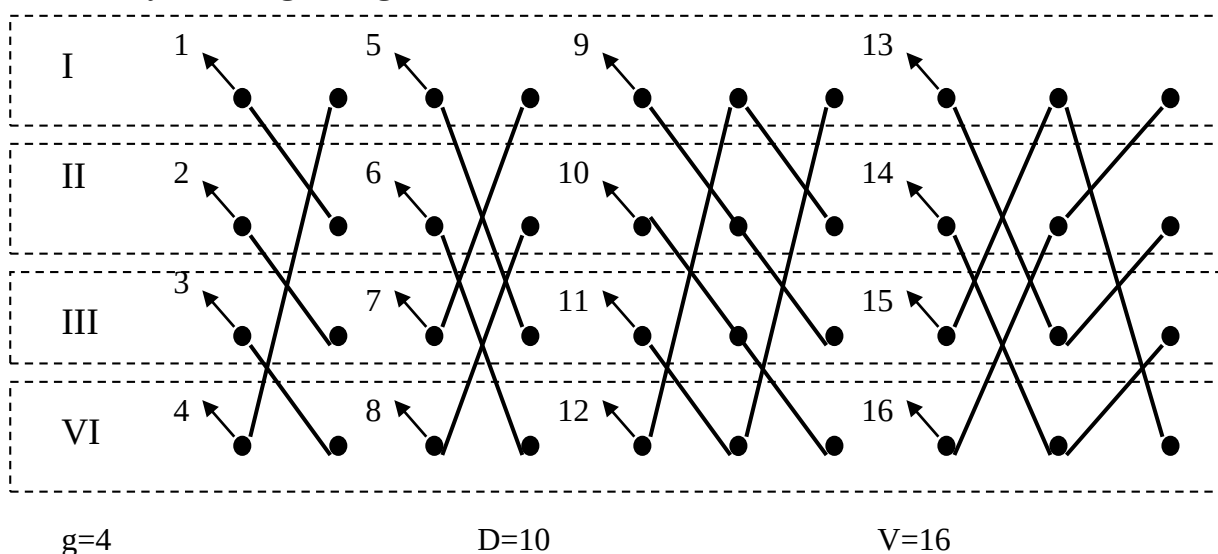
1. Chaqiriqlarga kutish usulida xizmat ko'rsatilganda tizimning sifat ko'rsatkichlarini tushutirib bering.
2. Erlangning ikkinchi formulasi o'rinli bo'lgan xizmat ko'rsatish tizimini iushuntirib bering.
3. $P(\gamma>0)$, $P(\gamma>t)$, γ va γ_1 ko'rsatkichlarni fizik manosini tushuntirib bering.
4. $P(\gamma>0)$, $P(\gamma>t)$, γ va γ_1 ko'rsatkichlar xizmat ko'rsatish vaqti ko'rsatkichli va o'zgarmas bo'lganda qaysi formulalar bilan aniqlanadi.
5. Chaqiriqlarga kutish usulida xizmat ko'rsatish tizimida xizmat ko'rsatish vaqti ko'rsatkichli va o'zgarmas bo'lgan hollarni o'zaro solishtiring.
6. Takror chaqiriqlar oqimi qaysi chaqiriqlar oqimlari sinfiga mansub?
7. Qaysi chaqiriqlar oqimi bilan birlamchi chaqiriqlar oqimini xarakteristikalash mumkin?

8. Qaysi ko'rsatkichlar bilan takror chaqiriqli tizimning ish sifatini baholash mumkin?
9. Takror chaqiriqlarning yuzaga kelishining sababi nimada?
10. Takror chaqiriqli tizimlarning qanday modellarini bilasiz?
11. Takror chaqiriqli tizimda holatlar diagrammasini va xizmat ko'rsatish jarayonining o'tishini tushuntiring.
12. Takror chaqiriqli tizimning ishlash sifati xarakteristikalarini qanday hisoblanadi?
13. Takror chaqiriqli tizimning oshkora va shartli tizimlardan farqi nimada?

6. Bir zvenoli noto'liq imkoniyatli kommutatsiya tizimlarini hisoblash

6.1. Asosiy tushunchalar

Noto'liq imkoniyatli (NI) kommutatsiya tizimlari ulash (chiqish) liniyalari soni V dan tashqari va ulanish imkoniyati D va yuklamalar guruhi soni g va ulash koeffitsiyenti γ bilan tavsiflanadi. Har bir kirish liniyasi ulanishi mumkin bo'lgan chiqish liniyalari soniga ulanish imkoniyati deyiladi D . Bir guruh kirish liniyalarining har biriga bir hil D chiqish liniyalari ulanishi mumkin bo'lsa, bu kirish liniyalariga yuklamalar guruhi g deyiladi. 6.1-rasmda to'rtta yuklamalar guruhi ko'rsatilgan. Birinchi yuklamalar guruhiga 1, 4, 5, 7, 9, 11, 12, 13, 15 va 16-chiqish liniyalari ulangan, ikkinchi Yuklamalar guruhiga esa – 1, 2, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 14 va 16 – liniyalar, uchinchi yuklamalar guruhiga esa – 2, 3, 5, 7, 9, 10, 11, 13, 14 va 15 – liniyalar, to'rtinchi yuklamalar guruhiga esa – 3, 4, 6, 8, 10, 11, 12, 14, 15 va 16 – liniyalar ulangan. Har bir guruhdagi umumiy liniyalar soni 10, ya'ni D ga teng.



6.1-rasm. $V=16$ va $g=4$ ko'rsatkichli noto'liq imkoniyatli sxema

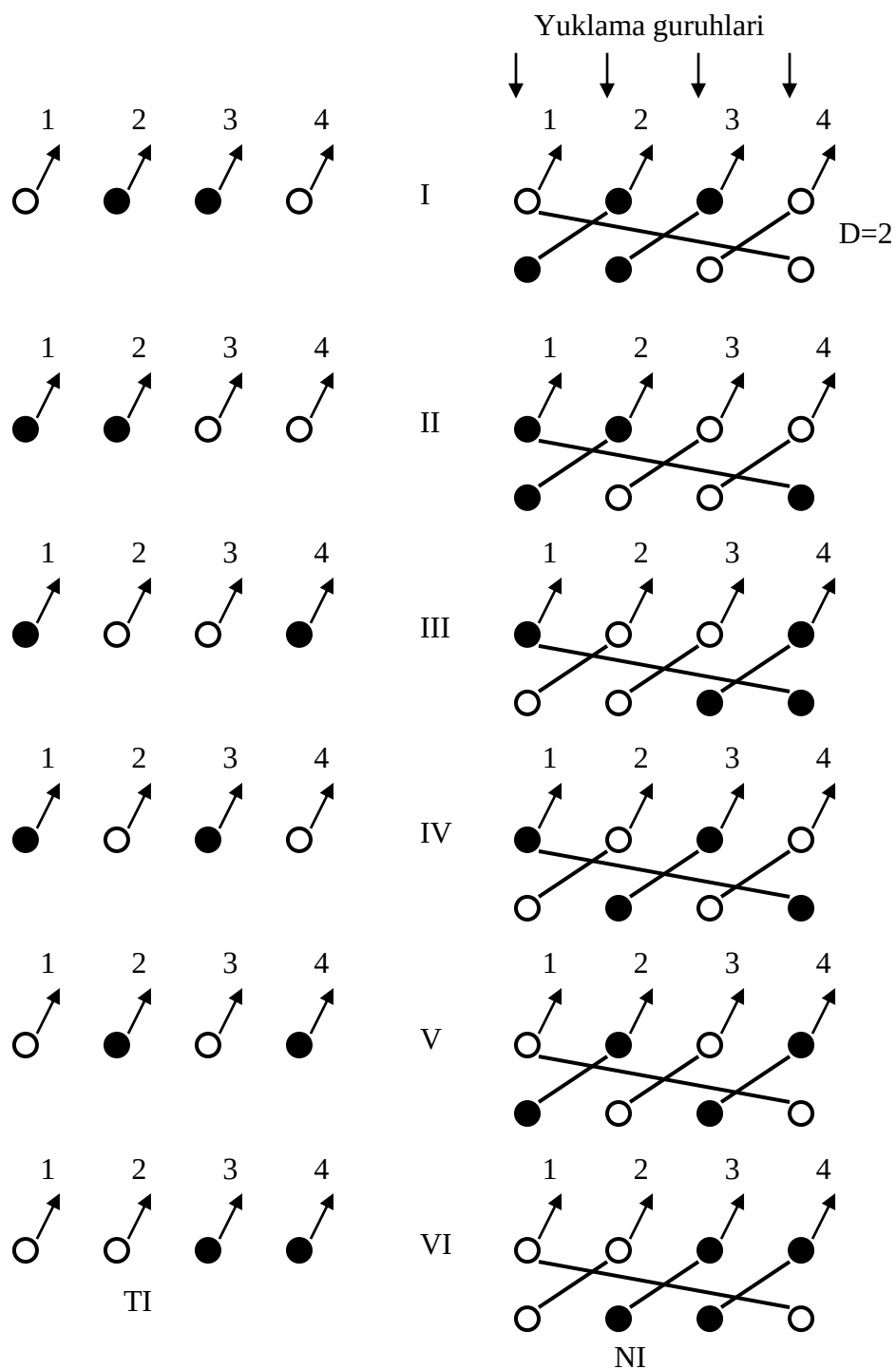
Ulash koeffitsiyenti quyidagicha aniqlanadi:

$$\gamma = gD/V.$$

Amaliyotda bir zvenoli noto'liq imkoniyatli kommutatsiya tizimiga xizmat ko'rsatayotgan yuklama odatda ko'p sonli chaqiriqlar manbaidan ($N > 100$) tushadi va bu jarayon oddiy chaqiriqlar oqimi bilan aniqlanadi deb faraz qilinadi. Oshkora yo'qotishlar tartibida xizmat ko'rsatayotgan bir zvenoli NI kommutatsiya tizimini hisoblash teng imkoniyatlilarga nisbatan ancha murakkabdir. Chunki NI kommutatsiya tizimida yo'qotish ehtimoli to'liq imkoniyatli tizimlardagi kabi birgina band linyalar soni bilan emas balki qaysi bir raqamli linyalarning badligiga ham bog'liqdir. Shu sababli xizmat tizimi bo'ladigan holatlar soni katta qiymatni tashkil qilib bu holatlar ehtimolini aniqlash uchun statik muvozanat tenglamasini tuzish va uni yechish ko'p murakkabliklarni keltirib chiqaradi. Buni quyidagi misolda ko'rib chiqamiz. To'rtta liniyaga ega TI va NI kommutatsiya tizimining ikkita liniyasi ($i=2$) band bo'lgan holati 6.2-rasmda keltirilgan (rasmda band linyalar bo'yalgan). Ikkita liniya band bo'lgan holat oltita variantda (I - VI) uchrashi mumkin. Masalan, I variantda 2 va 3- linyalar, II variantda 1 va 2- linyalar band va h.k.

Tushgan yangi chaqiriq TI kommutatsiya tizimini har doim $i+1=3$ band linyalar holatiga o'tkazadi. Lekin $g=4$ va $D=2$ parametrli NI kommutatsiya tizimiga yangi tushgan chaqiruv faqat ikki holatdagina (IV va V) tizimni $i=3$ holatga o'tkazadi. Boshqa (I-IV) holatlarda tizimning $i=3$ holatga o'tish o'tmasligi chaqiruvning qaysi yuklamalar guruhi manbaidan tushganiga bog'liq. Masalan, birinchi holatda yangi chaqiruv 1, 3 yoki 4-yuklama guruhi manbaidan tushsa, sxema $i=3$ band holatiga o'tadi, agar ikkinchi guruh manbaidan tushsa, chaqiruvga xizmat ko'rsatilmaydi va sxema $i=2$ holatida qoladi (tizimda bo'sh linyalar bo'lishiga qaramasdan).

Umuman olganda tizimning bo'lishi mumkin holatlari ehtimolini aniqlash uchun $\sum_{i=0}^V C_i^2 = 2^V$ ta tenglamadan tashkil topgan tenglamalar tizimini tuzish va yechish zarur. Bunday masalani faqat linyalari soni kam bo'lgan va amaliyotda kam qo'llanadigan simmetrik NI kommutatsiya tizimlari uchun tuzish va yechish mumkin. Shuning uchun amaliyotda NI kommutatsiya tizimlarini hisoblash uchun soddalashtiruvchi farazlarga asoslangan va aniqlik darajasi chegaralangan bir necha muhandislik metodlari ishlab chiqilgan.



6.2-rasm. $V=4$ liniyalı TI va NI sxemalarida ikkita liniya ($i=2$) band bo'lgan holatlar

Hisoblarni osonlashtirish uchun NI kommutatsiya tizimi strukturasi aniqlovchi ko'rsatkichlar avvaldan berilgan deb, yo'qotishlar ehtimoli quyidagi funksiya ko'rinishida aniqlanadi:

$$R=f(Y,V,d) \quad (6.1)$$

6.2. Erlangning soddalashtirilgan metodi asosida bir zvenoli noto‘liq imkoniyatli kommutatsiya tizimlarini hisoblash

Har bir ulash qurilmasining band bo‘lish ehtimoli shu qurilma orqali xizmat ko‘rsatilgan yuklamaning o‘rtacha qiymati bilan aniqlanadi hamda yo‘qotishlar kam bo‘lgan hollarda uning qiymatini Y/V deb hisoblash mumkin. Agar NI kommutatsiya tizimlarida linyalarni egallash tartibi tasodifiy jarayon deb hisoblasak, unda belgilangan d linyalarning birdaniga band bo‘lish ehtimoli $\left(\frac{Y}{V}\right)^d$ ga teng. Bu ehtimoliylik yo‘qotishlar ehtimolini ko‘rsatadi, ya’ni

$$R = \left(\frac{Y}{V}\right)^d. \quad (6.2)$$

(6.2)-ifodadan Y va V qiymatlarini aniqlovchi quyidagi ifodalarni olish mumkin:

$$Y = V \sqrt[d]{P}, \quad (6.3)$$

$$V = \frac{Y}{\sqrt[d]{P}}. \quad (6.4)$$

(6.2), (6.3) va (6.4) - ifodalar kichik aniqlikka ega bo‘lgani uchun R , V , Y va d kattaliklar orasida sifat jihatidan bog‘liqlikni aniqlash uchungina qo‘llanadi.

6.3. Lotse-Babitskiy metodi asosida bir zvenoli noto‘liq imkoniyatli kommutatsiya tizimlarini hisoblash

Noto‘liq imkoniyatli kommutatsiya tizimlarida linyalarining egallanish jarayoni TI tizimlardagi liniyaning egallanish ehtimoli taqsimoti (4.9) bilan ifodalanishi mumkin deb faraz qilamiz. Bu holda NI kommutatsiya tizimida aniq d liniyaning band bo‘lish (tushgan chaqiruv yo‘qotilishi) ehtimoli to‘liq ehtimoliylik formulasi asosida quyidagicha aniqlandi:

$$P = \frac{E_v(Y)}{E_{v-d}(Y)}. \quad (6.5)$$

6.4. O‘Della metodi asosida bir zvenoli noto‘liq imkoniyatli kommutatsiya tizimlarini hisoblash

O‘Della metodi. Bu metod qo‘llanganda yo‘qotilishi R ga ega bo‘lgan V linyali NI kommutatsiya tizimi xizmat ko‘rsatgan yuklama Y ikki qism - d liniyaga ega bo‘lgan TI tizim xizmat ko‘rsatgan yuklama Y_d va $V-d$ liniyaga

ega bo'lgan NI tizim xizmat ko'rsatgan Y_{v-d} yuklamalar yig'indisidan iborat deb faraz qilinadi. To'liq imkoniyatli sxemadagi xizmat ko'rsatilgan yuklama Y_d Erlangning birinchi formulasi yordamida aniqlaniladi, ya'ni $R=Ed(Y_d)$. Ikkinchi NI sxemadagi xizmat ko'rsatilgan yuklamani aniqlash uchun har bir V-d liniya (6.2) ifoda asosida aniqlanadigan yuklamaga xizmat ko'rsatishi mumkin deb hisoblanadi, ya'ni $y_1 = \sqrt[d]{P}$.

Yuqoridagilarni hisobga olib xizmat ko'rsatilgan yuklamani quyidagicha aniqlash mumkin:

$$Y = Y_d + (V - d) \sqrt[d]{P}. \quad (6.6)$$

(4.51) ifodadan V va P qiymatlarini aniqlash uchun quyidagi ifodalarni olish mumkin:

$$V = d + (Y - Y_d) / \sqrt[d]{P}, \quad (6.7)$$

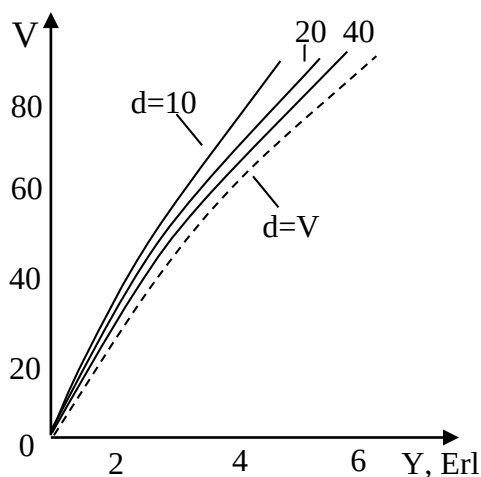
$$P = \left(\frac{Y - Y_d}{V - d} \right)^d. \quad (6.8)$$

Amaliyotda qo'llashni osonlashtirish uchun (6.7) quyidagi ko'rinishga keltirilgan

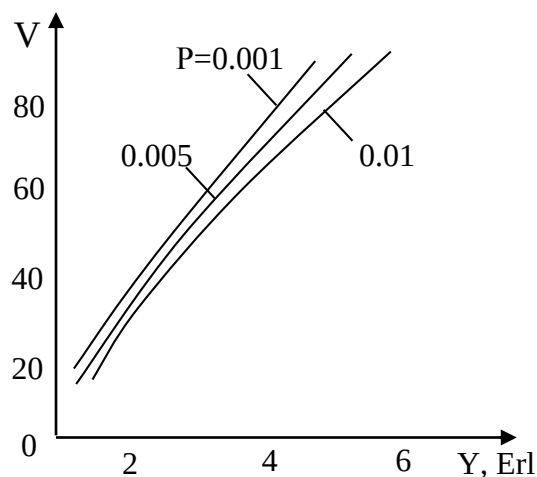
$$V = \alpha Y + \beta, \quad (6.9)$$

bu yerda α va β berilgan R va d qiymatlarida o'zgarmas koeffitsiyentlar.

$V=f(Y)$ bog'liqlik 6.3- va 6.4-rasmlarda mos ravishda d va R ning turli qiymatlarida keltirilgan



6.3-rasm. $P=0.005$ bo'lganda d ning turli qiymatlarida xizmat ko'rsatish qurilmalari va yuklama o'rtasidagi bog'liqlik



6.4-pacm. $d=10$ bo'lganda P ning turli qiymatlarida xizmat ko'rsatish qurilmalari va yuklama o'rtasidagi bog'liqlik

Nazorat uchun savollar

1. NI kommutatsion tizimlari deb qanday tizimlarga aytiladi.

2. NI kommutatsion tizimlarda ulanish imkoniyati D , yuklamalar guruhi g va ulash ko'effitsiyentini γ tushuntirib bering.
3. NI kommutatsion tizimlar o'tkazuvchanlik qobilyati nimalarga bog'liq?
4. NI kommutatsion tizimlari hisoblashda Erlangning soddalashtirilgan metodi qanday taxminga asoslangan?
5. NI kommutatsion tizimlari hisoblashning Lotse-Babitskiy metodi asosiy g'oyasini tushuntirib bering.
6. NI kommutatsion tizimlari hisoblashning O'Della metodi asosiy g'oyasini tushuntirib bering.
7. TI va NI kommutatsiya tizimlari o'tkazuvchanlik qobilyatini o'zaro solishtiring.
8. NI kommutatsiya tizimlari o'tkazuvchanlik qobilyatiga ulanish imkoniyati D qanday ta'sir ko'rsatadi?

7. Ko'p zvenoli kommutatsiya tizimlarini hisoblash

7.1. Ko'p zvenoli kommutatsiya tizimlariga oid asosiy tushunchalar

Kommutatsiya nuqtasining ishlatilish darajasini oshirish va shu bilan nuqtalar sonini kamaytirish uchun har bir kommutatsiya nuqtasi bir necha yo'l bilan aloqa o'rnatishda ishlatilishiga erishish kerak. Ma'lum bir juft kirish bilan chiqish liniyalarini ulash uchun faqat bitta kommutatsiya nuqtasi ishlatilmasligiga erishish va shu yo'l bilan kommutatsiya tizimi mustahkamligiga erishish uchun esa har bir juft kirish-chiqish linyasi orqali aloqa o'rnatishni bir necha ulash yo'llari yordamida amalga oshirish imkoniyatini yaratish kerak.

Bu muammolarni ko'p zvenoli kommutatsiya qurilmalarini qurish yo'li bilan hal qilish mumkin.

Ko'p zvenoli kommutatsiya qurilmalarida kirish liniyalarini chiqish liniyalari bilan ulash ikki va undan ortiq kommutatsiya nuqtalari orqali amalga oshiriladi. Agar kommutatsiya qurilmasida ulash ikki nuqta orqali amalga oshsa - ikki zvenoli, uch nuqta orqali amalga oshsa - uch zvenoli va h.k. deyiladi. Ko'p zvenoli kommutatsiya qurilmalari kommutatsiya asboblari yoki bloklarini ketma-ket ulash usuli yordamida quriladi.

7.1-rasmda uch zvenoli kommutatsiya qurilmasi keltirilgan. N kirish va M chiqish liniyalari mos ravishda bir necha guruhlariga bo'lingan. Har bir guruhga alohida kommutatsiya qurilmasi xizmat qiladi. Har bir zveno bir necha kommutatsiya qurilmalaridan tashkil topgan. Bu qurilmalar odatda kommutatorlar deb ham ataladi. Har bir i zveno quyidagi ko'rsatkichlar bilan tavsiflanadi: n_i - har bir kommutatordagi kirish liniyalari soni; m_i - har bir

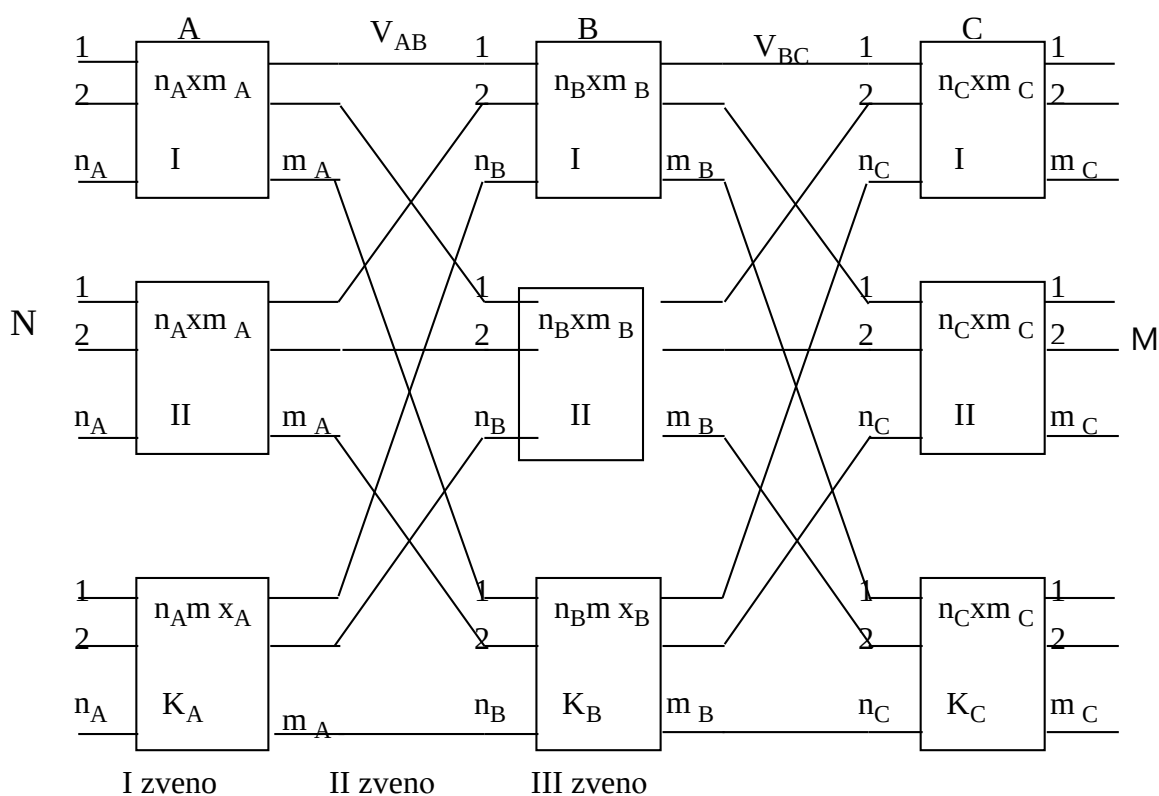
kommutatordagi chiqish liniyalari soni; k_i - zvenodagi kommutatorlar soni; f_{ij} - bog'lanish ko'rsatkichi. Birinchi zvenoda N kirish liniyalari K_A guruhga bo'lingan bo'lib, har bir guruhga $n_A \times m_A$ turidagi kommutator xizmat qiladi. Har bir kommutator chiqish liniyalari m_A ikkinchi zvenodagi K_B kommutatorlar kirish liniyalari bilan ulanadi. Zvenolararo liniyalar oraliq ulash liniyalari deyiladi. Birinchi zveno bilan ikkinchi zveno orasidagi oraliq liniyalar soni $V_{AB} = m_A \times K_A$ ga teng. Ikkinchi zveno $n_B \times m_B$ turidagi K_B ta kommutatordan tashkil topgan. Bu zveno kommutatori m_B chiqish liniyalari oxirgi uchinchi zvenodagi k_C kommutatorlari kirish liniyalari bilan ulangan. Har bir zveno ko'rsatkichlari orasida quyidagicha bog'liqlik mavjud:

$$k_A = N / n_A; k_B = m_A / f_{AB}; n_B = k_A f_{AB}; m_B = V_{BC} / k_B;$$

$$k_s = m_B / f_{vs}; n_s = k_v f_{vs}; m_s = M / k_s.$$

Bir bog'lanishli ($f=1$) qurilmalarda

$$k_v = m_A; n_v = k_A; k_s = m_v; n_s = k_v.$$



7.1-rasm. Uch zvenoli kommutatsiya qurilmasi

Endi uch zvenoli qurilmaning bir zvenoli qurilmaga nisbatan afzalliklarini ko'rib chiqamiz. Masalan, uch zvenoli qurilma $N=16$ kirish va $M=16$ chiqish liniyalariga ega bo'lib, 4×4 turidagi kommutatorlar asosida qurilgan. Bunda har bir zvenoning ko'rsatkichlari quyidagicha bo'ladi:

$$n_A = n_V = n_S = 4; m_A = m_V = m_S = 4; V_{AV} = V_{BC} = 16.$$

Uch zvenoli qurilmada umumiy kommutatsiya nuqtalari soni

$$T = T_A + T_V + T_S = 64 + 64 + 64 = 192.$$

Xuddi shu ko'rsatkichli bir zvenoli kommutatsiya qurilmasida umumiy nuqtalar soni $T = 16 \times 16 = 256$. Demak, shu misoldan ko'rinib turibdiki, ko'p zvenoli qurilmada bir zvenoli qurilmaga nisbatan kommutatsiya nuqtalari soni sezilarli kam. Bu esa, o'z navbatida, bunday qurilmalar tannarxini arzonlashtiradi. Shuni ta'kidlash kerakki, umumiy kommutatsiya nuqtalari soni ikkinchi zvenoda qanday ko'rsatkichli kommutatorlar qo'llanganiga va ularning soniga bog'liq. Bu esa, o'z navbatida, kommutatsiya qurilmasining xizmat ko'rsatish sifatiga o'rnatilgan meyyor bilan aniqlanadi.

Agar har bir kommutator to'liq ulanish imkoniyatli bo'lsa, kirish bilan chiqish orasida xohlagan aloqani o'rnatish uchun K_B ta mustaqil bog'lash yo'li mavjud. Misol uchun birinchi kirish liniyasi bilan ikkinchi chiqish liniyasini ulash kerak bo'lsin. Birinchi kirish liniyasi A zvenodagi birinchi kommutatorga ulangan, ikkinchi chiqish liniyasi S zvenodagi oxirgi K_C kommutatorning chiqishiga ulangan bo'lsin. 7.1-rasmdan ko'rinib turibdiki, bu bir juft kirish va chiqish liniyalari o'rtasida K_B ta bir-biriga bog'liq bo'lmagan ulanish yo'llari mavjud, chunki kirish liniyasi ulangan A zvenodagi birinchi kommutator V zvenodagi K_B ta kommutator bilan ulangan va bu kommutatorlarning har biri S zvenodagi chiqish liniyasi ulangan kommutator bilan alohida liniyalar bilan ulangan. Shuning uchun ham bir zvenoli qurilmalardan farqli o'laroq kommutatsiya nuqtasining ishdan chiqishi ma'lum juft kirish bilan chiqish liniyalari orasidagi aloqaning yo'qolishiga olib kelmaydi.

Ko'p zvenoli kommutatsiya qurilmalarining ijobiy xususiyatlaridan tashqari salbiy xususiyatlari ham mavjud. Bu ulardagi ichki to'siqdir. Ichki to'siq deb, chaqiriq tushgan kirish liniyasini ulanishi kerak bo'lgan chiqish liniyasining bo'sh bo'lishiga qaramasdan, ularni ulash shu liniyalarni ulashda ishtirok etuvchi bo'sh oraliq liniyalarning yo'qligi sababli amalga oshirib bo'lmalik holatiga aytiladi. Bir zvenoli kommutatsiya qurilmasida bunday holat yo'q. Chunki ma'lum bir juft kirish bilan chiqishni ulash uchun faqat bitta kommutatsiya nuqtasi ishlatiladi va u orqali faqat bitta aloqa o'rnatiladi (shu juft kirish va chiqish uchun). Ko'p zvenoli qurilmalarda bu holat o'zgacha. Har bir kommutatsiya nuqtasi bir necha kirish va chiqish liniyalarini ulash uchun ishlatiladi. Boshlang'ich holatda qurilmaga chaqiriq tushmaganida hamma oraliq liniyalar bo'sh bo'ladi. Chaqiriq tushgan sari shu liniyalar egallanib ayrim kirish bilan chiqishni ulash imkoniyati yo'qoladi. Masalan, birinchi chiqish liniyasiga ulanish uchun kirish

liniyasidan chaqiriq tushsin. Shu chiqish liniyasi S zvenoning birinchi kommutatorida bo‘lib, shu vaqtda bo‘sh bo‘lsin. Agar S zvenodagi birinchi kommutator kirish liniyalari band bo‘lsa, chiqish liniyasi bo‘sh bo‘lishiga qaramasdan shu aloqani o‘rnatish mumkin bo‘lmaydi. Shuning uchun ham ichki to‘siq yo‘qotilgan chaqiriqlar sonini oshirib, kommutatsiya qurilmasi o‘tkazuvchanlik qobiliyatini kamaytiradi.

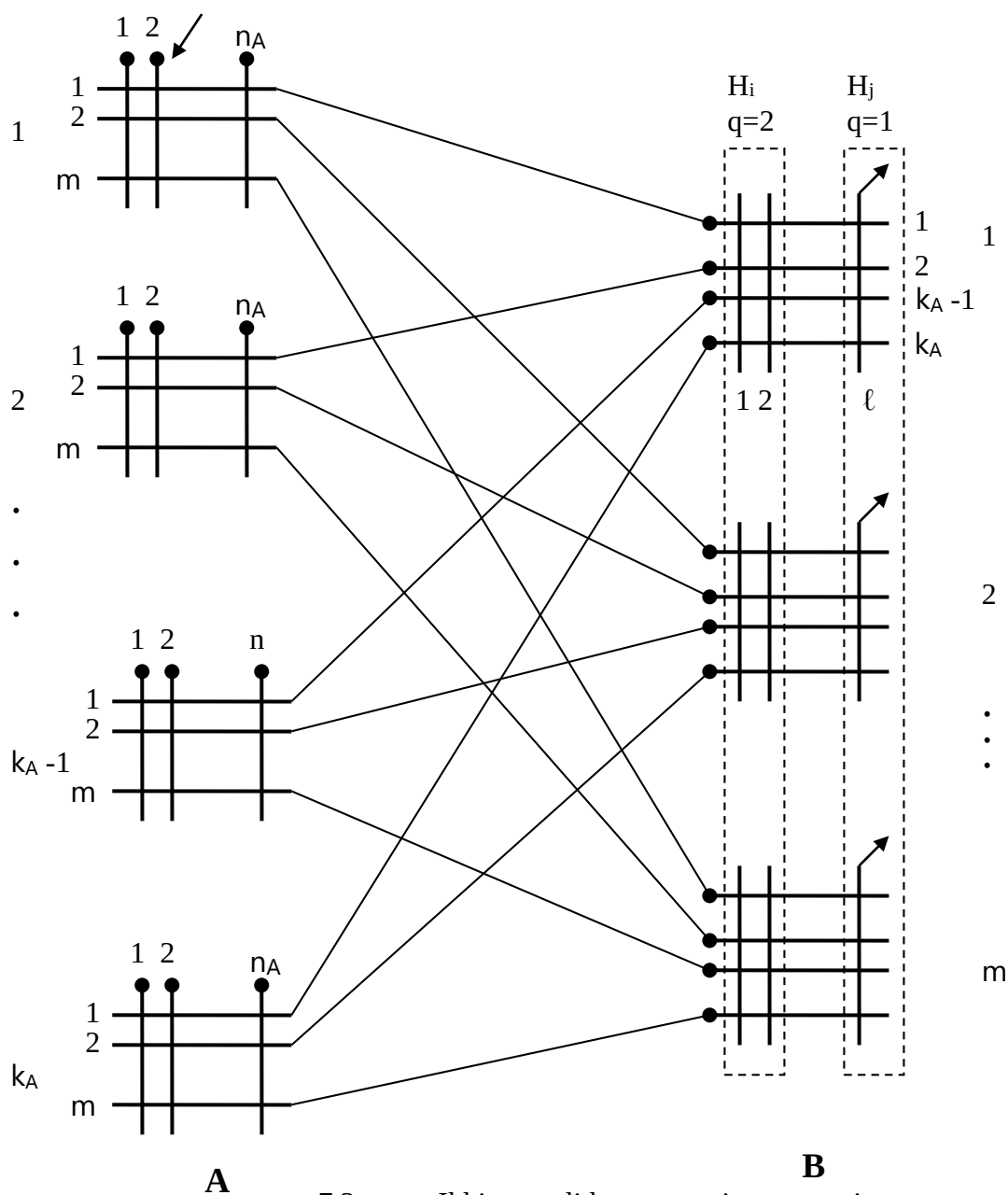
Ko‘p zvenoli kommutatsiya tizimlarini aniq matematik metodlar, masalan, tizim holati tenglamalarini tuzish va yechish yordamida hisoblash juda qiyin va amalyotda bajarilishi mumkin bo‘lmagan vazifa hisoblanadi. Buni kommutatsiya tizimining holatlar soni juda ko‘pligi bilan izohlash mumkin. Chunki ko‘p zvenoli kommutatsiya tizimi holatlar soni band chiqish liniyalari soni va ularning bandlik tartibidan tashqari, band oraliq liniyalar soni va ularning bandlik tartibiga ham bog‘liqdir. Bundan tashqari, chiqish liniyalari bilan oraliq liniyalarni egallash orasidagi o‘zaro bog‘liqlikni hisobga olish zarurati ham tug‘iladi. Shu sababli ko‘p zvenoli kommutatsiya tizimlarini hisoblash uchun soddalashtiruvchi farazlarga asoslangan taxminiy metodlar ishlab chiqilgan. Bunday usullardan Yakobeus va “samarali imkoniyat” usullarini ko‘rib chiqamiz.

7.2. Samarali imkoniyat usuli yordamida ko‘p zvenoli kommutatsiya tizimlarini hisoblash

Samarali imkoniyat usulini ikki zvenoli to‘liq va noto‘liq imkoniyachtli kommutatsiya tizimlarini hisoblashda qo‘llash maqsadga muvofiq. Usulning g‘oyasi shundan iboratki, ikki zvenoli (ko‘p zvenoli) sxemada ichki to‘siqlar sababli har bir kirishning chiqish linyalariga ulanish imkoniyati tushagan chaqiriqlar soniga qarab o‘zgarib turadi. Tabiiyki imkoniyatning eng katta qiymati kommutatsiya tizimida chaqiriq bo‘lmagan, ya’ni bitta ham liniya (zvenolararo va chiqish) band bo‘lmagan holga to‘g‘ri keladi. Masalan, guruhli izlash tartibida ishlayotgan ikki zvenoli bir bog‘lamli kommutatsiya sxemasida (7.2-rasm) bitta ham liniya band bo‘lmasa, ya’ni n_A kirishga ega bo‘lgan k_A kommutator xohlagan kirish liniyasi q_{k_v} chiqish liniyasiga ulanish imkoniyatiga ega. Bu imkoniyat qiymati maksimal imkoniyat $D_{\max}$ deb ataladi. Agar A zvenodagi xohlagan k_A kommutatordan birida i ta ulanishga xizmat ko‘rsatilayotgan bo‘lsa, shu kommutatorning qolgan n_A-i kirish liniyalaridan tushgan yangi chaqiruv uchun uchun imkoniyat kamayadi va $D_i = q(k_v-i)$ ga teng bo‘ladi. Qaralayotgan kommutatorga chaqiriqlar tushishi natijasida ($i=1, 2, \dots, m_A = k_v$) xizmat ko‘rsatilayotgan chaqiruvlar soni $i = n_A-1$ ga yetganda imkoniyat kamayib, o‘zining eng kichik minimal qiymati $D_{\min}$ ga erishadi. Eng kichik imkoniyatning qiymati

kommutatsiya sxemasi ko'rsatkichlariga bog'liqdir va umumiy holda quyidagi tenglama bilan aniqlanadi

$$D_{\min} = \begin{cases} 0, \text{an} \phi \kappa \cdot m_A < n_A \\ \frac{q}{f}(m_A - n_A + f), \text{an} \phi \kappa \cdot m_A \geq n_A \end{cases} \quad (7.1)$$



7.2-rasm. Ikki zvenoli kommutatsiya sxemasi

Demak, chaqiriqlar tushishi jarayonida imkoniyat qiymati D_i o'zining eng kichik $D_{\min}$ va eng katta $D_{\max}$ qiymatlari oralig'ida o'zgarib turadi $D_{\min} \leq D_i \leq D_{\max}$. Uning o'rtacha qiymati matematik kutilish formulasi yordamida aniqlanishi mumkin

$$\bar{D} = \sum_{i=0}^{m_A} D_i P_i,$$

bu yerda P_i - A zvenodagi kommutatorlardan biriga tegishli m_A liniyadan i tasining band bo'lish ehtimoli.

P_i ehtimolini Di imkoniyat mavjud bo'lgan vaqt bo'lagi (umumiy vaqtga nisbatan) deb hisoblash mumkin. Shu sababli P_i ga mos keluvchi vaqt oralig'ida ko'p zvenoli kommutatsiya sxemasi ish faoliyatini bir zvenoli Di imkoniyatga ega bo'lgan NI kommutatsiya tizimi bilan tenglashtirish, yo'qotishlar ehtimolini esa $D=Di$ qiymatida (6.5) yoki (6.8) ifoda orqali aniqlash mumkin. Boshqacha aytganda, har qanday V liniyaga ega bo'lgan ko'p zvenoli kommutatsiya sxemasiga shu sondagi liniyaga ega bo'lgan yo'qotishlar bo'yicha ekvivalent bir zvenoli NI kommutatsiya tizimi mavjud. Bunday NI kommutatsiya tizimi imkoniyatiga samarador imkoniyat D_c deyiladi. D_c qiymatini aniqlash uchun A.D. Xarkevich quyidagi tenglamani taklif qilgan:

$$D_c = D_{\min} + (\bar{D} - D_{\min})Q, \quad (7.2)$$

bu yerda Q - umumiy holda qiymati ikki zvenoli sxema parametrlariga, Yuklama qiymati va boshqa ko'rsatkichlarga bog'liq bo'lgan ko'paytma. Agar $n_A \leq m_A$ ($\sigma_A > 1$) va $Q=0.9$, agar $n_A > m_A$ ($\sigma_A < 1$) bo'lsa, amaliyotda qo'llanadigan aksariyat zvenoli sxemalar uchun $Q=0.7$.

$\bar{D}$ qiymatini quyidagicha aniqlash mumkin

$$\bar{D} = \begin{cases} q(k_B - Y_{m_A}), \dots f = 1 \\ q \left[k_B - Y_{m_A}^f \frac{(m_A - f)!}{f(m_A - 1)!} \right], \dots f > 1 \text{ bo'lganda} \end{cases} \quad (7.3)$$

bu yerda Y_{m_A} - A zvenodagi kommutatorning m_A chiqish liniyalari orqali xizmat ko'rsatilgan yuklama; f - A va V zvenolar orasidagi bog'lanish qiymati.

D_c qiymatini aniqlagandan so'ng ikki zvenoli kommutatsiya tizimi liniyalar sonini, bir zvenoli NI sxemalarni hisoblash uchun qo'llanadigan usullardan biridan foydalangan holda amalga oshirish mumkin.

7.3. Kombinator usuli yordamida ko'p zvenoli tizimlarini hisoblash

Yakobeus usulini ikki zvenoli to'liq va noto'liq imkoniyatli kommutatsiya tizimlarini hisoblashda qo'llash maqsadga muvofiq.

Yakobeus ikki zvenoli to'liq imkoniyatli kommutatsiya tizimlarini hisoblash g'oyasi asosida oraliq liniyalar bandligi taqsimoti va bir yo'nalishdagi chiqish liniyalari bandligi taqsimoti bir-biriga bog'liq emas va avvaldan berilgan degan taxmin yotadi. Ikki zvenoli sxemadagi yo'qotishlar quyidagicha aniqlanadi:

$$P = \sum_{i=0}^m G_i H_{m-i}, \quad (7.4)$$

bu yerda G_i - birinchi zvenoning bitta kommutatoridan chiquvchi m oraliq liniyalardan roppa-rosa i oraliq liniyaning band bo'lish ehtimoli; H_{m-i} - ko'rilayotgan yo'nalishdagi m - chiqish liniyasidan belgilangan $(m-i)$ liniyalarning band bo'lish ehtimoli.

(4.58)- ifodadan ko'rinib turibdiki, ikki zvenoli sxemalarda chaqiriqlarni yo'qotish quyidagi uch holda yuz berishi mumkin:

1. Oraliq liniyalarining barchasi band (G_m) va chiqish liniyalarining barchasi bo'sh (H_0), ya'ni $i=m$ $P = G_m H_0$;
2. Oraliq liniyalarining barchasi bo'sh (G_0) va chiqish liniyalarining hammasi band (H_m), ya'ni $i=0$ $P = G_0 H_m$;
3. Bo'sh oraliq liniyalar ulangan ikkinchi zveno kommutatorlarida bo'sh chiqish liniyalari yo'q.

$$P = \sum_{i=1}^{m-1} G_i H_{m-i}.$$

G_i va H_{m-i} qiymatlarini aniqlash uchun asosan ikki xil - Erlang E_x va Bernulli R_x taqsimotlar qo'llanadi.

Erlang taqsimoti qo'llanganda G_i va H_{m-i} qiymatlari quyidagicha aniqlanadi

$$G_i = E_{i,m}(Y) = \frac{Y^i}{i!} / \sum_{j=0}^m \frac{Y^j}{j!}; \quad H_{m-i} = H_{m-i,m}(Y) = E_m(Y)/E_i(Y).$$

Bernulli taqsimoti qo'llanganida G_i va H_{m-i} qiymatlari quyidagicha aniqlanadi

$$G_i = G_{i,m}(Y) = C_m^i \eta^i (1-\eta)^{m-i} C \quad H_{m-i} = H_{m-i,m}(Y) = \eta^{m-i}.$$

Erlang taqsimoti yuklama manbalari soni xizmat ko'rsatuvchi liniyalar sonidan ko'p bo'lganda qo'llanadi. Boshqa hollarda, ya'ni yuklama manbalari soni xizmat ko'rsatuvchi liniyalar soniga teng yoki kichik bo'lganda Bernulli taqsimoti qo'llanadi. 7.1-jadvalda turli taqsimotlar qo'llanganidagi hisoblash formulalari keltirilgan. Jadvalda $b=Y_m/mf$ - bitta oraliq liniya xizmat ko'rsatgan yuklama; $c=Y_rmq$ - r -yo'nalishdagi bitta chiqish liniyasi xizmat ko'rsatgan yuklama; Y_r - r -yo'nalishdagi liniyalar xizmat ko'rsatgan yuklama.

$f=1$ va $q=1$ hol uchun ikki zvenoli kommutatsiya sxemalarini hisoblash formulalari

Chiqish liniyalarining taqsimoti	Oraliq liniyalarning taqsimoti	
	$G_i = \binom{m}{i} b^i (1-b)^{m-i}$	$G_i = \frac{Y_{m_A}^i / i!}{\sum_{j=0}^m Y_{m_A}^j / j!}$
$P(x) = \binom{m}{x} C^x (1-C)^{m-x}$	$P = (b + C - bC)^m$	$P = \frac{E_m(Y_{m_A})}{E_m(Y_{m_A}/c)}$
$P(x) = \frac{Y_r^x / x!}{\sum_{j=0}^m Y_r^j / j!}$	$P = \frac{E_m(Y_r)}{E_m(Y_r/b)}$	$P = E_m(Y_r) \sum_{i=0}^m \frac{G_i}{E_i(Y_r)}$

Yuqorida ko‘rilgan ikki zvenoli kommutatsiya tizimida xar bir yo‘nalishdagi xizmat ko‘rsatish qurilmalari soni V_i shu yo‘nalishdagi umumiy liniyalar sonidan mq ko‘p bo‘lmagan, ya’ni $V_i < mq$. Lekin yo‘nalishdagi yuklama katta bo‘lganda bu tengsizlik bajarilmasligi mumkin. Bunday hollarda yuqorida ko‘rilgan kommutatsiya bloki alohida bir blok deb hisoblanib, bunday bloklardan bir nechta g o‘zaro parallel ulanib NI sxemani tashkil qiladi. Bir yo‘nalishdagi umumiy liniyalar soni $mq < V < gmq$ tengsizlikni qoniqtiradi.

Ikki zvenoli noto‘liq imkoniyatli kommutatsion tizimlarni hisoblashning Yakobeus metodi O‘Dellanning g‘oyasiga asoslangan. Ma’lumki O‘Dell uslubi ishlatilganda liniyalar soni quyidagi formula bo‘yicha aniqlanadi:

$$V = d + \frac{Y_0 - Y_d}{\sqrt[d]{P}}.$$

Bu metod qo‘llanganida yo‘qotilishi R ga ega bo‘lgan V linyali NI kommutatsiya tizimi xizmat ko‘rsatgan yuklama Y_0 ikki qism - $d = mq$ liniyaga ega bo‘lgan TI tizim xizmat ko‘rsatgan yuklama Y_d va $V-d$ liniyaga ega bo‘lgan NI tizim xizmat ko‘rsatgan Y_{v-d} yuklamalar yig‘indisidan iborat deb faraz qilinadi. To‘liq imkoniyatli sxemadagi xizmat ko‘rsatilgan yuklama Y_d Erlangning birinchi formulasi yordamida aniqlaniladi, ya’ni $R = Ed(Y_d)$. Ikkinchi NI sxemadagi xizmat ko‘rsatilgan yuklamani aniqlash uchun har bir $V-d$ liniya (6.2) ifoda asosida aniqlanadigan yuklamaga maksimal xizmat ko‘rsatishi mumkin deb hisoblanadi, ya’ni $S_{\max} = \sqrt[d]{P}$.

Yuqoridagi mulohazalarni ikki zvenoli NI sxemalarga tatbiq etib xizmat ko‘rsatilgan yuklamani Y_0 quyidagicha aniqlash mumkin:

$$Y_0 = Y_{mq} + (V - mq) C_{\max}.$$

Xizmat ko‘rsatish qurilmalarini hisoblash uchun quyidagi ifoda qo‘llanadi:

$$V = mq + \frac{Y_0 - Y_{mq}}{C_{\max}}$$

Bu yerda $d = mq$ yoki $V=d$, ushbu holda P yo‘qotishlarda NI sxema TI sxemaga aylanadi, yuklamani $Y_d = Y_{mq}$ ga teng deb olib, ikki zvenoli sxema uchun mos formula bo‘yicha aniqlanadi. Hisoblash ifodalari turli holatlar uchun 7.1-jadvalda keltirilgan.

Kommutatsiya tizmida siqish va kengaytirish mavjud bo‘lmagan hol hamda oraliq liniyalar uchun Bernulli taqsimoti chiqishlar uchun esa Erlang taqsimoti qabul qilinganida Y_{mq} qiymati quyidagi ifodadan tanlash usulii yordamida aniqlanadi, ya’ni:

$$P = \frac{E_{mq}(Y_{mq})}{E_{mq}(Y_{mq} / b^f)}$$

Ikki zvenoli NI chiqishlarning soni V juda katta bo‘lgan holda o‘rtacha o‘tkazish qobiliyati o‘zining maksimal qiymatiga ega bo‘ladi. Bu holda sxemani hisoblaganda oraliq liniyalar uchun ham, chiqishlar uchun ham Bernulli taqsimotini qabul qilish kerak. Unda $C_{\max}$ quyidagi munosabatdan aniqlanadi:

$$P = (b^f + c_{\max}^q - b^f c_{\max}^q)^m$$

bu yerda b - bitta oraliq liniya xizmat ko‘rsatgan yuklama;
 n, m, f va q kommutatsion sxema parametrlari.

Ushbu formula zichlashtirish mavjud sxemalarda va bir bosqichli izlashda ishlatilishi mumkin.

Agar $n > m$ va ikki bosqichli izlashda hisoblash formulalari quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi:

$$\begin{aligned} V &= mq + \frac{Y - Y_{mq}}{C_{\max}} \\ P &= mq + \frac{E_{mq}(Y_{mq})}{E_{mq}(Y_{mq} / b^f)} \\ P &= b^m + (b^f + c_{\max}^q - b^f c_{\max}^q)^{mq} \\ C_{\max} &= \sqrt[q]{\frac{\sqrt[mq]{P - b^m} - b^f}{1 - b^f}} \end{aligned}$$

Agar $n < m$ bo‘lsa

$$\begin{aligned} V &= mq + \frac{Y - Y_{mq}}{C_{\max}} \\ P &= \frac{E_{mq}(Y_{mq})}{E_{nq}(Y_{nq} / a^f)} \rightarrow Y_{mq} \end{aligned}$$

$$P = c_{\max}^{(m-n)q} (a^f + c_{\max}^q - a^f c_{\max}^q)^m \rightarrow c_{\max}$$

Yuqoridagi ifodalarda

a – bitta kirish liniyasi xizmat ko‘rsatgan yuklama;

b - bitta oraliq liniya xizmat ko‘rsatgan yuklama;

n, m, f va q kommutatsion sxema parametrlari.

7.4. Ehtimoliylik grafi usuli yordamida ko‘p zvenoli tizimlarni hisoblash

Bu usul kommutatsiya tizimlarini graflar ko‘rinishida tasvirlashga asoslangan va ikki bosqichda amalga oshiriladi. Birinchi bosqichda kommutatsiya tizimlari graflar yordamida ifodalanadi. Graflarning tuzilishi kommutatsiya tizimi strukturasi va ulash yo‘llarini aniqlash usullariga bog‘liq. Graf orqali har qanday kirish liniyasi bilan xohlagan chiqish yoki bir guruh chiqish liniyalarini tasvirlash mumkin. Bunda graf yoylari sifatida oraliq va chiqish liniyalari tushuniladi. Bunday graflar parallel-ketma-ket yoki noparallel-ketma-ket (ko‘priksimon) graflar guruhiga kiradi.

Ikkinchi bosqichda kirish va chiqish qutblari o‘rtasida komutatsiya tizimi orqali aloqa o‘rnatishda yo‘qotishlar ehtimoliyligi aniqlanadi. Bunda yo‘qotishlar ehtimoliyligi graf ma‘lum qutblar o‘rtasida ularni bog‘lovchi yoylari bandligi bog‘liqlik funksiyasi bilan aniqlanadi. Yoylarning bandlik ehtimoliyligi sifatida ular orqali xizmat ko‘rsatilgan yuklamadan foydalanadi.

Bu usulning qo‘llanishini ko‘p qo‘llanadigan kommutatsiya tizimlari misolida ko‘rib chiqamiz. 7.1-rasmda keltirilgan uch zvenoli kommutatsiya sxemasining chiqish liniyalarini izlash usullariga (liniyaviy, erkin, guruhli) mos keluvchi graflar 7.3-rasmda keltirilgan. Bu kommutatsiya sxemasida kommutatsiya ko‘rsatkichlari quyidagicha bog‘langan: $k_2 = m_1$; $n_2 = k_1$; $k_3 = m_2$; $n_3 = k_2 = m_1$; $f_{AB} = 1$ va $f_{BC} = 1$ (ya‘ni zvenolar orasidagi bog‘liqlik birga teng yoki boshqa so‘z bilan ayitganda bir juft kirish liniyasi bilan chiqish liniyasi o‘rtasida faqat bitta ulash liniyasi mavjud).

7.3 a-rasmda uch zvenoli kommutatsiya sxemasining individual liniyaviy izlash bosqichiga mos keluvchi ehtimollik grafi keltirilgan. Bunday izlash bosqichida kirish liniyasi oldindan belgilangan chiqish liniyasi bilan ulanishi kerak. A qutb bilan α_i cho‘qqini ulovchi $A\alpha_i$ yoy 1- va 2-zvenolar orasidagi oraliq liniyalarni ko‘rsatadi. α_i cho‘qqini β cho‘qqi bilan ulovchi $\alpha_i \beta$ yoy 2- va 3-zvenolar orasidagi oraliq liniyalarni ko‘rsatadi. β cho‘qqini V qutb bilan ulovchi βV yoy kirish liniyasi ulanishi zarur bo‘lgan chiqish liniyasini ko‘rsatadi. Hosil qilingan graf strukturasi kirish va chiqish qutblarini (A va V qutblar) ulovchi barcha yo‘llar ulanishi zarur bo‘lgan kirish va chiqish

liniyalarini ulovchi mumkin bo'lgan barcha yo'llarni ko'rib chiqilayotgan izlash usulida ko'rsatadi.

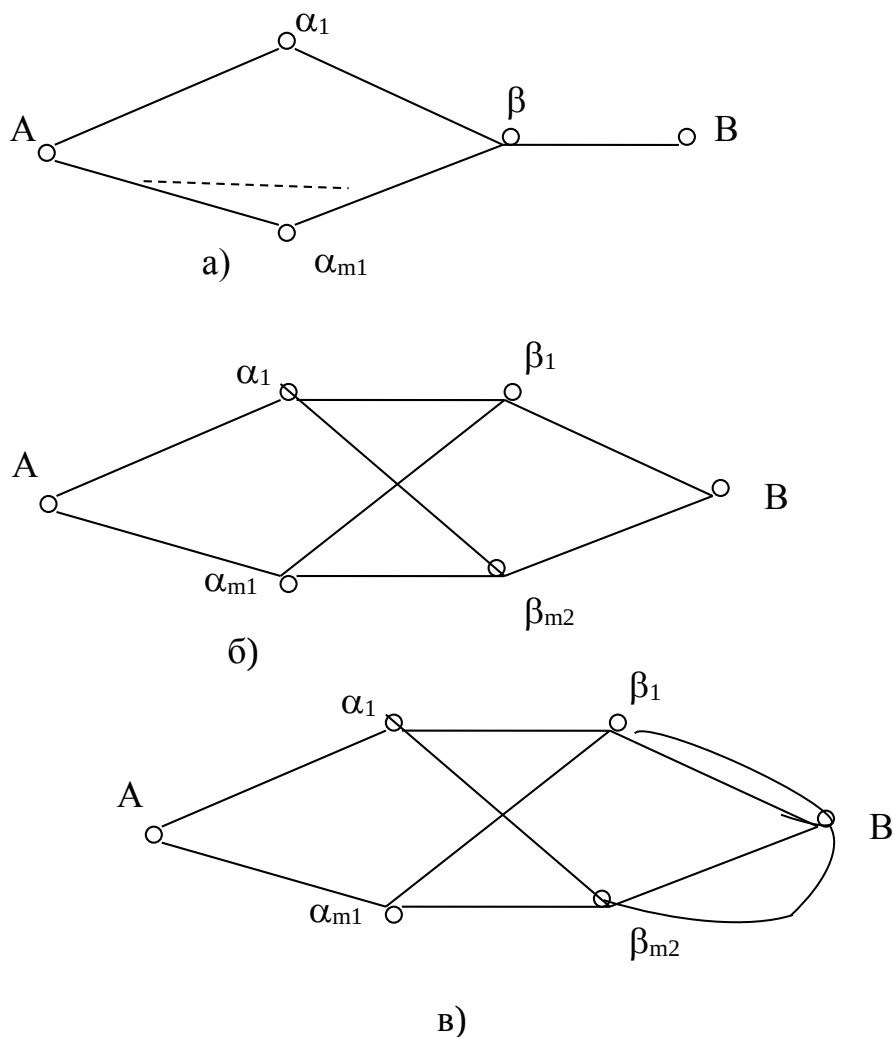
7.3 b-rasmda yuqorida ko'rilgan uch zvenoli kommutatsiya sxemasining guruhli izlash bosqichiga mos keluvchi ehtimoliylik grafi keltirilgan. Bunday izlash bosqichida ma'lum kirish liniyasi bir guruhdagi (yo'nalishdagi) xohlagan bo'sh chiqish liniyasi bilan ulanishi mumkin. A qutb bilan α_i cho'qqini ulovchi $A\alpha_i$ yoy 1- va 2-zvenolar orasidagi oraliq liniyalarni ko'rsatadi. α_i cho'qqini β_i cho'qqi bilan ulovchi $\alpha_i\beta_i$ yoy 2- va 3-zvenolar orasidagi oraliq liniyalarni ko'rsatadi. β_i cho'qqini V qutb bilan ulovchi β_iV yoy kirish liniyasi ulanishi zarur bo'lgan bir yo'nalishdagi chiqish liniyalarini ko'rsatadi. Hosil qilingan graf strukturasi kirish va chiqish qutblarini (A va V qutblar) ulovchi barcha yo'llar ulanishi zarur bo'lgan kirish va chiqish liniyalarini ulovchi mumkin bo'lgan barcha yo'llarni ko'rib chiqilayotgan guruhli izlash usulida ko'rsatadi.

7.3 v-rasmda yuqorida ko'rilgan uch zvenoli kommutatsiya sxemasining erkin izlash bosqichiga mos keluvchi ehtimoliylik grafi keltirilgan. Bunday izlash bosqichida ma'lum kirish liniyasi xohlagan bo'sh chiqish liniyasi bilan ulanishi mumkin. Bu graf 7.3 v rasmda keltirilgan grafdan β_i cho'qqini V qutb bilan ulovchi yoy bitta emas, balki m_3 ta bo'ladi. Hosil qilingan graf strukturasi kirish va chiqish qutblarini (A va V qutblar) ulovchi barcha yo'llar ulanishi zarur bo'lgan kirish va chiqish liniyalarini ulovchi mumkin bo'lgan barcha yo'llarni ko'rib chiqilayotgan erkin izlash usulida ko'rsatadi.

Agar oxirgi zvenodagi kommutatordan m_3 tadan chiqish liniyasi emas, balki q tadan chiqish liniyasi bo'lsa, u holda guruhli izlash bosqichida graf strukturasi 7.4 v rasmdagi graf bilan bir xil bo'ladi. Farqi esa β_i cho'qqini V qutb bilan ulovchi yoy m_3 emas, balki q ta bo'ladi.

7.3-rasmda ko'rsatilgan graflar uch turdagi chiqish liniyalarini izlash bosqichlariga mos keladi. Liniyani izlash bosqichida graf parallel-ketma-ket, guruhli va erkin izlash bosqichlarida esa parallel bo'lmagan – ketma-ket turidagi graflarga bo'linadi.

Graflarni qurishning ko'rib chiqilgan usullari yordamida turli zveno, struktura va chiqish liniyalarini izlash usullariga ega kommutatsiya tizimlari ehtimoliylik graflarini tuzish imkonini beradi.



7.4-rasm. Uch zvenoli sxemaning extimollik grafigi

Ikkinchi bosqichda kommutatsiya tizimi orqali aloqa oʻrnatishda yoʻqotishlar ehtimolini aniqlash uchun graf maʼlum qutblari oʻrtasida ularni bogʻlovchi yoylar bandligi bogʻliqlik funksiyasi koʻrinishida quyidagicha aniqlanadi

$$P = f(w_1, w_2, \dots, w_i, \dots, w_k),$$

bu yerda P – yoʻqotishlar ehtimoli, w_i – i -zvenodagi har bir yoylarning bandlik ehtimoli.

w_i qiymatini aniqlash graflarning turiga bogʻliq. Parallel-ketma-ket turdagi graflar uchun parallel ulangan graf yoylari umumiy bandligi ularning shu parallel ulangan yoylar bandligi koʻpaytmasiga teng. Bunda yoylar bandligi oʻzaro bogʻliq boʻlmagan hodisa deb faraz qilinadi. Agar yoylar ketma-ket ulangan boʻlsa, ularning umumiy bandlik ehtimoli ularning ozod boʻlish ehtimoliyligi koʻpaytmasi bilan aniqlanadi.

Yuqoridagilarni 7.3 a-rasmdagi graf misolida koʻrib chiqamiz. $A\alpha_i$, $\alpha_i\beta_i$ va β_iV yoy bandlik ehtimolliklarini mos ravishda w_1 , w_2 va w_3 bilan, shu

yo'ylar ozod bo'lish ehtimolliigini esa – $q_1 = (1 - w_1)$, $q_2 = (1 - w_2)$ va $q_3 = (1 - w_3)$ bilan belgilaymiz. A qutb bilan β cho'qqi o'rtasidagi ikki yoydan iborat yo'llardan birining ozod bo'lish ehtimoli $q_{A\alpha\beta} = q_1 q_2$. Shu yo'lning band bo'lish ehtimoli $w_{A\alpha\beta} = q_1 q_2 = 1 - (1 - w_1)(1 - w_2)$. A qutb bilan β cho'qqi o'rtasidagi barcha m_1 yo'llarning band bo'lish ehtimoli

$$w_{A\beta} = [1 - (1 - w_1)(1 - w_2)]^{m_1}.$$

Ko'rilayotgan kommutatsiya tizimida R yo'qotishlar ehtimoli A bilan V qutblar o'rtasidagi barcha yo'llarning band bo'lish ehtimoli bilan aniqlanadi w_{AB} . Bu ehtimoliylikni A bilan V qutblar o'rtasidagi kamida bitta yo'lning band bo'lmaslik ehtimoli orqali aniqlaymiz, ya'ni

$$q_{AB} = (1 - w_{A\beta})(1 - w_3) = \{1 - [1 - (1 - w_1)(1 - w_2)]^{m_1}\} (1 - w_3).$$

O'z navbatida yo'qotishlar ehtimoli quyidagicha aniqlanadi

$$P = w_{AB} = 1 - q_{AB} = 1 - \{1 - [1 - (1 - w_1)(1 - w_2)]^{m_1}\} (1 - w_3). \quad (7.5)$$

Demak, 7.4-a rasmda keltirilgan grafdagi yo'qotishlar ehtimoli (7.5) ifoda bilan aniqlanadi. Shuning uchun uch zvenoli liniyani izlash usulida ishlayotgan kommutatsiya tizimidagi yo'qotishlar ehtimoli graflar usuliga asosan (7.5) ifoda bilan aniqlanadi.

Noparallel-ketma-ket (ko'priksimon) graflar guruhiga kiruvchi kommutatsiya tizimidagi (7.4-b, rasm) yo'qotishlar ehtimoli umumiy holda quyidagi ifoda bilan aniqlanadi

$$R = \sum_{k=1}^{m_2} C_{m_2}^k \omega_3^{m_2-k} (1 - \omega_3)^k [\omega_1 + \omega_2^k (1 - \omega_1)]^{m_1}, \quad (7.6)$$

bu yerda w_1 , w_2 va w_3 graf yo'ylarining band bo'lish ehtimoli.

Murakkab strukturaga ega graflardagi yo'qotishlar ehtimolini aniqlash uchun graflarni baholash metodi qo'llanadi. Bu metodga asosan noparallel-ketma-ket (ko'priksimon) graflarga mos ravishda ikkita parallel – ketma-ket graf tanlab olinadi. Graflar shunday tanlanadiki, ulardan birining yo'qotishlar ehtimoli ko'rilayotgan grafga nisbatan yuqoridan, ikkinchisidiki esa pastdan baholanadigan qilib tanlab olinadi. Qidirilayotgan grafdagi yo'qotishlar ehtimoli tanlab olingan graflar yo'qotishlari orasida yotadi.

Yuqorida ko'rib chiqilgan usullardan tashqari boshqa usullar ham amaliyotda qo'llanadi. Bu usullarga SNIIS-L yoki amaliyotda ko'p qo'llanadigan kommutatsiya sxemalarini EHM yordamida modellash natijasida liniyalar sonini aniqlashga yordam beradigan jadvallar, nomogrammlar va grafiklar misol qilib ko'rsatilishi mumkin.

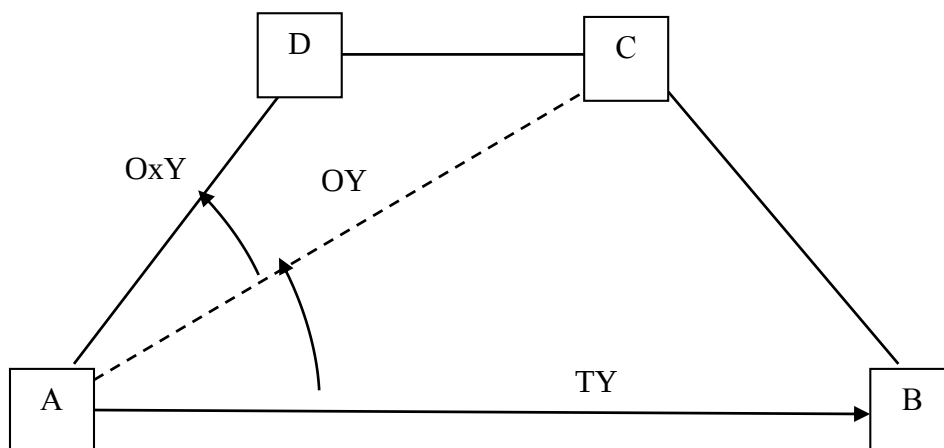
Nazorat uchun savollar

1. Bir zvenoli kommutatsiya bloki nima?
2. Ikki zvenoli kommutatsiya tizimi tushunchasini bering.
3. Qanday kommutatsion sxemalar ko'p zvenoli sxemalar deyiladi?
4. Ko'p zvenoli kommutatsiya sxemalar kommutatsion parametrlarni sanab bering.
5. Ikki zvenoli to'liq imkoniyatli kommutatsion sxemalarni hisoblash uchun yakobeus metodi asosiy g'oyasini tushuntirib bering.
6. Ikki zvenoli noto'liq imkoniyatli kommutatsion sxemalarni hisoblash uchun yakobeus metodi asosiy g'oyasini tushuntirib bering.
7. Ko'p zvenoli kommutatsiya sxemalarda ichki yo'qotishlar deb nimaga aytiladi?
8. Ikki zvenoli sxemalarning o'tkazuvchaligini oshirish usullarini tushuntirib bering.
9. Erlang va Bernulli taksimotini tushuntirib bering.
10. Wi va Hm-i nimani ifodalaydi?
11. Qanday kommutatsion sxemalardagi yo'qotishlar sabablarini izohlab bering.
12. Ikki zvenoli kommutatsion sxemalarni hisoblash uchun samarali imkoniyat usuli asosiy g'oyasini tushuntirib bering.
13. Ko'p zvenoli kommutatsion sxemalarni hisoblash uchun ehtimoliylik grafi usuli asosiy g'oyasini tushuntirib bering.
14. Ehtimollik grafi usulida ko'p zvenoli kommutatsion sxemalarni hisoblash bosqichlarini tushuntirib bering.

8. Aylanma yo'llar orqali chaqiriqlarga xizmat ko'rsatish

8.1. Aylanma yo'llar xaqida tushunchalar

Kanallar ishlatilish darajasini va chaqiriqlarga xizmat ko'rsatish darajasini oshirish maqsadida aylanma yo'llardan foydalaniladi. Bunday yo'llardan foydalanishni hozirgi zamon kommutatsiya stansiyalari imkonini beradi. Aylanma yo'llardan foydalanishni quyidagi tarmoq misolida ko'rib chiqamiz (8.1-rasm).



8.1-rasm

A tugun bilan B tugun o'rtasida aloqa o'rnatish zarur bo'lsin. A tugunga tushgan chaqiriqni B tugunga uzatish uchun bu tugunlar o'rtasida bir nechta yo'llar tashkil etiladi. Eng qisqa yoki boshqa so'z bilan ayitganda, eng arzon yo'l bu shu tugunlar o'rtasidagi eng qisqa yo'l hisoblanadi. Ko'rilayotgan misolda bu A va B tugunlari o'rtasidagi to'g'ridan-to'g'ri yo'l (TY). Bu yo'lga eng birinchi tanlov yo'li deyiladi va bu yo'l A va B tugunlari o'rtasida chaqiriq tushganda birinchi tanlanadi. Agar bu yo'l band bo'lsa, shu tugunlar o'rtasidagi boshqa yo'llar tanlanadi. Birinchi bo'lib A va S tugunlari orasidagi yo'l tanlanadi (OY). Bu yo'l to'g'ri yo'lga nisbatan uzun, chunki bu yo'l bilan A va B tugunlari orasidagi yuklama uzatilsa, u AS va SB tugunlari orasidagi kanallarni egallaydi. Bunday yo'llar bir nechta bo'lishi mumkin. Bu yo'llar ham band bo'lsa, eng oxirgi yo'l tanlanadi (OxY). Bu yo'l eng uzun va eng qimmat yo'l hisoblanadi, chunki bu yo'l AD, DS va SB tugunlari orasidagi yo'llar orqali o'tadi. Agar oxirgi tanlov yo'lida bo'sh liniya yoki kanallar bo'lmasa, chaqiriqqa xizmat ko'rsatilmaydi. Oraliq yo'llarni bir so'z bilan aylanma yo'llar deyiladi.

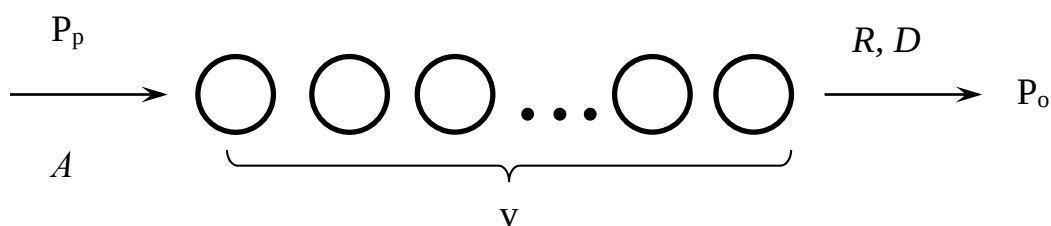
Birinchi tanlov yo'lining ishlatilish darajasi juda yuqori bo'ladi, chunki bu yo'l yo'qotishlarning yuqori qiymatida (past sifat bilan) loyihalashtiriladi. Chunki yo'qotishlar qiymati oshgan sari liniya va kanallarning ishlatilish darajasi oshib boradi (4-bobga qarang). Oraliq yo'llarning sifat ko'rsatkichlari texnik-iqtisodiy izlanishlar asosida loyihalashtiriladi.

8.2. Aylanma yo'llardagi yuklamalarni aniqlash

Tarmoqlarda chaqiriqlarga aylanma yo'llar orqali xizmat ko'rsatilganda, aylanma yo'llardagi liniya va kanallar o'zining asosiy yuklamasidan tashqari, to'g'ridan-to'g'ri yo'llar orqali xizmat ko'rsatilmagan qo'shimcha yuklamalarga xam xizmat ko'rsatishi kerak bo'ladi. Yuqoridagi misolda (8.1-rasm) kommutatsiya tarmog'ining asosiy yuklamasi, A tugun

abonentidan B tugun abonentiga tushayotgan (tushayotgan yuklama A_{AB}), AB liniya yoki kanal orqali xizmat ko'rsatiladi. Lekin, bu yuklamaning ayrim qismiga barcha kanallar band bo'lganda, boshqa AC va AB kanallari ya'ni ikkinchi tanlov yo'li orqali xizmat ko'rsatiladi. Bu qismdagi yukalamaga ortiqcha (qoldiq) yuklama deyiladi (R_{AB}). Demak, AC tugunlari orasidagi kanal yoki liniya o'zinig A_{AC} kelib tushayotgan yuklama bilan birga R_{AB} qoldiq yuklamaga ham xizmat ko'rsatish kerak. Agar kelib tushayotgan yuklama oddiy chaqiruvlar (Puasson) oqimi orqali hosil qilinayotgan bo'lsa, u holda qoldiq chaqiruvlar oqimi xarakteri oddiy oqim xarakteridan farq qiladi. Shuning uchun agar biror bir kanal yoki liniya o'ziga kelib tushayotgan yuklama va qoldiq yuklamaga xizmat ko'rsatayotgan bo'lsa, u holda kanallar yoki liniyalar sonini tushayotgan yuklamalar o'rtacha qiymati bilan aniqlab bo'lmaydi. Quyida to'g'ri kanallar yoki liniyalar bandligi tufayli ular tomonidan xizmat ko'rsatilmagan chaqiruvlar tomondan hosil qilingan ortiqcha (qoldiq) yuklama xarakterini ko'rib chiqamiz.

Kanallarga V kanallardan iborat teng imkoniyatli tugunga (sxemaga) A yuklamani hosil qilayotgan oddiy chaqiqlar oqimi P_p kelib tushayotgan bo'lsin. Tushayotgan chaqiriqlar kanallarni ularni joylashish tartibda egallaydi (8.2 - rasm).



8.2-rasm. Oddiy chaqiqlar oqimiga xizmat ko'rsatuvchi teng imkoniyatli tugun

Birinchi kanal bandligida kelib tushayotgan chaqiruvlar, ikkinchi va undan keyingi kanalga kelib tushadi va shu tariqa birinchi kanalning ortiqcha (qoldiq) oqim hosil qilinadi. Xuddi shu holat o'xshash birinchi V_1 kanallarning ortiqcha oqimi qolgan $V - V_1$ kanallarga tushadi.

Agar kelib tushayotgan chaqiriqlarga oqimi ko'rilayotgan tugunning faqat V kanallari orqali xizmat ko'rsatilayotgan bo'lsa, orttirma oqimni hosil qilayotgan chaqiriqlar yo'qoladi. Ortiqcha oqim – Π_u ortiqcha R yuklamani keltirib chiqaradi. Agar kelib tushayotgan Π_{II} oqim oddiy oqim bo'lsa, u holda ortiqcha oqim oddiy oqim bo'lmaydi. Bu oqimning chaqiriqlari faqat tugunning barcha kanallari band bo'lgan paytdagina hosil bo'ladi, ya'ni ortiqcha oqimning chaqiriqlari ko'rilayotgan vaqt oralig'ining qismlarida to'planadi. Bu degani ortiqcha oqim birlamchi oqimga nisbatan vaqt o'qida bir joyga yig'ilgan (konsentratsiyalangan), ya'ni katta notekisliklarga ega

bo‘ladi. Yuklama bir xil bo‘lganda bunday oqim oddiy oqimga nisbatan xizmat ko‘rsatish uchun ko‘proq kanallarni talab qiladi.

Ortiqcha oqimning statistik (tasodifiy) o‘zgarishlarini tavsiflash uchun yuklama (chaqiruvlar tushishi sonining ehtimoli taqsimotining birinchi momenti) kattaligidan tashqari ikkinchi moment (dispersiyasi σ^2) ham ishlatiladi. Ortiqcha oqimning notekisligi notekislik koeffitsiyenti orqali ifodalanadi va u dispersiyaning o‘rta qiymatga nisbatiga $\delta = \sigma^2 / R$ teng bo‘ladi yoki dispersiya va o‘rta qiymat (ortiqcha yuklama)ning ayirmasini ifodalovchi tarqalish koeffitsiyenti $D = \sigma^2 - R$ orqali ifodalanadi. Oddiy oqim uchun $\delta = 1$, $D = 0$; tekislangan oqim uchun $\delta < 1$, $D > 0$ va ortiqcha oqim uchun $\delta > 1$, $D > 0$ ifodalar o‘rinli.

Shunday qilib, V kanallardan iborat teng imkoniyatli tugunga kelib tushayotgan oqimlarga xizmat ko‘rsatish jarayonini to‘rtta kattalik bilan ifodalash kerak bo‘ladi: A, V, R va D (yoki σ^2). Agar tushayotgan oqim oddiy chaqiriqlar oqimi bo‘lsa, u bitta kattalik – yuklama A ($D = 0$ bo‘lganligi sababli) bilan, ortiqcha oqim esa ikkita kattalik: R va $D > 0$ (yoki $\sigma^2 > R$) lar bilan ifodalanadi.

Birlamchi oqim oddiy oqim bo‘lganda ortiqcha yuklamani Erlang formulasi orqali quyidagicha ifodalasa bo‘ladi:

$$R = Ap = AE_v(A) = \frac{A^{v+1} / v!}{\sum_{i=0}^v A^i / i!} \quad (8.1)$$

Ortiqcha yuklama dispersiyasi uchun quyidagi ifoda o‘rinli:

$$D = R \left(\frac{A}{v+1-A+R} - R \right) = \varphi(A, v, R); \quad (8.2)$$

$$\sigma^2 = R \left(1 + \frac{A}{v+1-A+R} - R \right) \quad (8.3)$$

Yuqoridagi formulalarni hisobga olib (A, V, R yoki σ^2) parametrli tizimda xohlagan bir juft ko‘rsatkichni qolgan ikkitasi orqali ifoda etish mumkin.

Kattaliklarning taqribiy miqdorini quyidagicha aniqlasa bo‘ladi:

$$A \approx R + D + 3 \frac{D(R+D)}{R^2}; \quad (8.4)$$

$$v \approx A \left(\frac{R}{R^2 + D} + 1 \right) - R - 1$$

Demak, A va V orqali R, D yoki σ^2 aniqlash uchun (8.1 – 8.3)

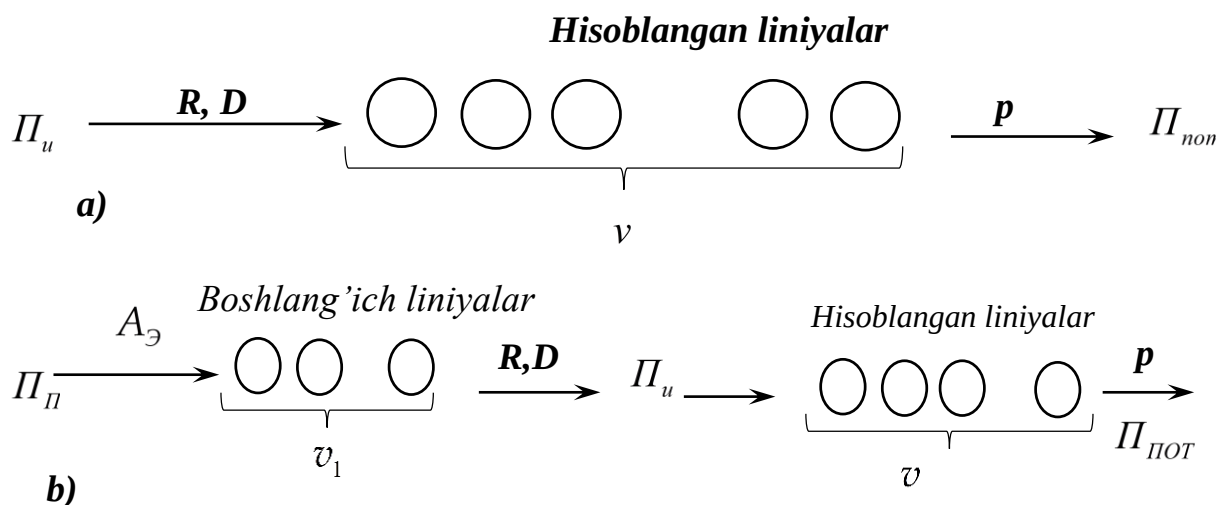
ifodalardan, R , D yoki σ^2 orqali A va V aniqlash uchun 8.4 ifodadan foydalanish mumkin. Bir juft ko'rsatkichdan boshqa juft ko'rsatkichga o'tishda [6] jadvaldan foydalanish mumkin.

Agar bitta xizmat ko'rsatish qurilmasiga bir-biridan statistik bog'liq bo'lmagan $R_1, R_2, \dots, R_k$ yuklamali va $D_1, D_2, \dots, D_k$ tarqalish koeffitsiyenti yoki $\sigma^2_1, \sigma^2_2, \dots, \sigma^2_k$ oqimlardan chaqiriqlar tushsa, umumiy oqim ko'rsatkichlari quyidagicha bo'ladi:

$$\begin{aligned} R &= R_1 + R_2 + \dots + R_k; \\ D &= D_1 + D_2 + \dots + D_k; \quad \sigma^2 = \sigma^2_1 + \sigma^2_2 + \dots + \sigma^2_k = D + R. \end{aligned} \quad (8.5)$$

8.3. Aylanma yo'llarda kanallar sonini aniqlash

Aylanma yo'llardagi kanallar sonini hisoblash uchun ekvivalent almashtirish usuli qo'llanadi. Bu usulni 8.3 –rasmda keltirilgan misolda ko'rib chiqamiz. Teng imkoniyatli xizmat ko'rsatish qurilmasiga yuklamasi R , tarqalish koeffitsiyenti D yoki dispersiyasi σ^2 ga teng bo'lgan qo'shimcha oqim – Π_u kelib tushmoqda.

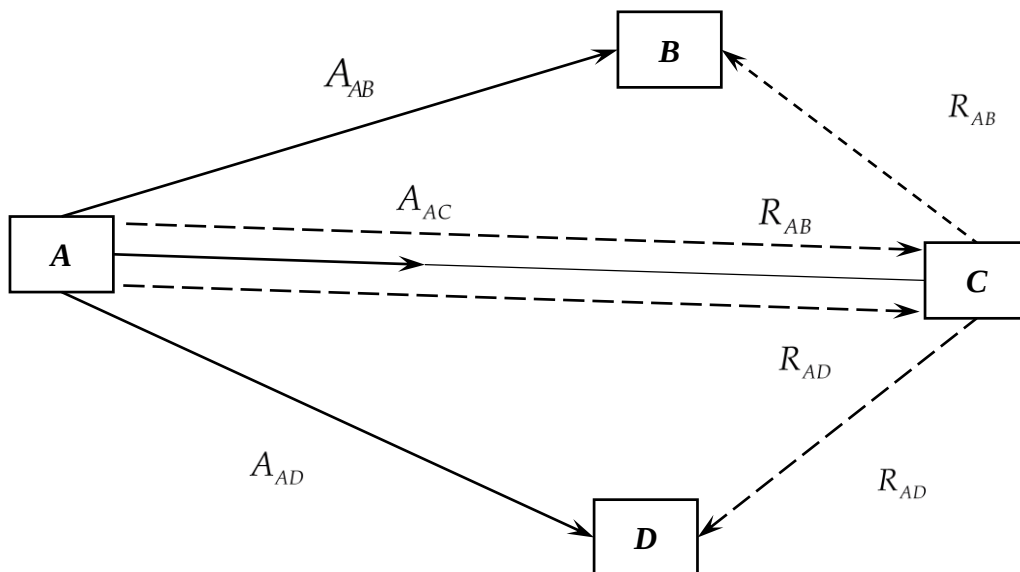


8.3-rasm

Agar qo'shimcha oqim Π_u bir necha oddiy va qo'shimcha oqimlar qo'shili-shidan iborat bo'lsa, uning R va D (yoki σ^2) parametrlarini ularning statistik bog'liqligini hisobga olgan holda (8.5) formulalar asosida aniqlasa bo'ladi. 8.5 a-rasm bo'yicha teng imkoniyatli xizmat ko'rsatish qurilmasini hisoblash bu aylanma yo'nalishda yo'qotilgan chaqiriqlar oqimi – Π_{nom} ni (yuklamani) xarakterlovchi belgilangan R va D (yoki σ^2) va yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan yo'qotishlar ehtimoli r bilan aniqlanadigan kanallar sonini V ni aniqlashdan iborat.

Ekvivalent almashtirish usulining bosh g'oyasi shundan iboratki, kelib tushayotgan oqim Π_u (yuqoridan ko'rsatilganidek bu oqim bir necha oqimlar yig'indisidan iborat bo'lishi mumkin) yaqin kelgan qiymat bo'yicha (taqriban) qo'shimcha oqim bilan almashtiriladi. Qo'shimcha oqim V_1 kanalga ega bo'lgan birlamchi teng imkoniyatli xizmat ko'rsatish qurilmasida xizmat ko'rsatilganidan so'ng (8.3 b-rasm) R va D (yoki σ^2) ko'rsatkichlarga ega bo'ladi deb faraz qilinadi. (8.1) – (8.5) ifodalardan yoki bu ifodalardan asosida tuzilgan [15] jadval (grafik) lardan foydalangan holda berilgan R va D (yoki σ^2) orqali, birlamchi teng imkoniyatli xizmat ko'rsatish qurilmasiga tushayotgan oddiy chaqiriqlar oqimining ekvivalent A_e yuklamasini va V_1 kanallar sonini hisoblash mumkin. Shunday qilib, ko'rilayotgan qo'shimcha oqimga ega bo'lgan xizmat ko'rsatish qurilmasi (8.3 a -rasm) o'rniga, $V_1 + V$ kanalga ega teng imkoniyatli xizmat ko'rsatish qurilmasi va unga kelib tushayotgan ekvivalent A_e yuklamaga ega bo'lgan ekvivalent sxema bilan almashtiriladi.

Erlang formulasi yoki uning asosida jadvallardan [6] foydalangan holda teng imkoniyatli xizmat ko'rsatish qurilmalaridagi p yo'qotishlarga ega, A_e yuklamaga xizmat ko'rsatuvchi umumiy kanallar sonini aniqlash mumkin, ya'ni $V_\Sigma = V_1 + V$. Qidralayotgan teng imkoniyatli sxemadagi xizmat ko'rsatish qurilmalarini $V = V_\Sigma - V_1$ aniqlash mumkin. Bunda V_1 kanallar soni butun son bo'lmasligi mumkin va uni V qiymatini topguncha shunday holatda, keyinchalik butun qiymatga (katta son hisobiga) yaxlitlab ishlatish maqsadga muvofiq. Xuddi shunday, yo'qotilgan oqim Π_{nom} ning tarqalish koeffitsiyenti yoki dispersiyasini aniqlash mumkin bo'ladi. Lekin, bu hisoblash yo'qotilgan oqim boshqa tugunga yoki qurilma tomonidan xizmat ko'rsatilishi uchun tushsagina ma'noga ega.



8.4-rasm

Misol sifatida 8.4-rasmdagi tarmoqni ko'radigan bo'lsak, bu yerda AC tugun A dan C ga kelib tushayotgan A_{AC} yuklama bilan birga AB va AD yo'nalishlaridan kelayotgan R_{AB} va R_{AD} qo'shimcha yuklamalarga (punktir chiziqlar) ham xizmat ko'rsatadi. Bu hamma yuklamalar A tugunga kelib tushayotgan oddiy chaqiriqlar oqimi tomonidan hosil qilinmoqda deb hisoblaymiz. Aytaylik, A dan B va D ga kelib tushayotgan yuklamani teng deb olib, quyidagiga tenglasak, $A_{AB} = A_{AD} = 15 \text{ Erl}$ va shuningdek, A va C dan kelib tushayotgan yuklama uchun $A_{AC} = 8,5 \text{ Erl}$. Teng imkoniyatli AB va AD tugunlarda kanallar soni $v_{AB} = v_{AD} = 13$.

Endi AC tugundagi yo'qotishlar $p = 0,01$ qiymatdan oshib ketmasligi uchun bu tugundagi kanallar soni V_{AC} ni topish kerak.

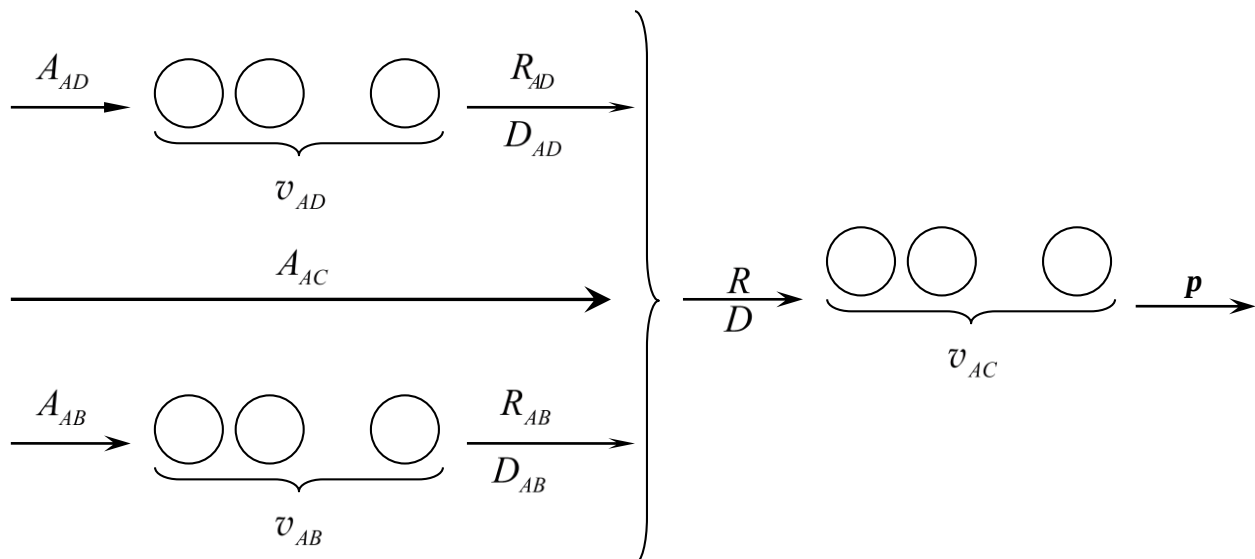
Yuklamalarning tugunlar bo'ylab taqsimlanishining sxemasi 8.5-rasmda keltirilgan.

(8.1) - (8.3) formulalardan yoki [15] jadvaldan foydalangan holda, $A_{AB} = 15 \text{ Erl}$ va kanallar soni $v_{AB} = 13$ bo'lgani holda, ortirma oqim uchun $R_{AB} = 3,95 \text{ Erl}$ va $D_{AB} = 4,5$ ($\sigma^2 = 8,45$) ni aniqlaymiz. AD qo'shimcha oqim ham xuddi shunday parametrlarga ega bo'ladi.

AC tugunga parametrlari $A_{AC} = 8,5 \text{ Erl}$ va $D_{AC} = 0$ bo'lgan AC oddiy oqim va AB va AD qo'shimcha oqim kelib tushayotgani hisobga olinsa, u holda AC tugunga kelib tushayotgan umumiy oqim xarakteristikasi (8.5) ifodaga ko'ra quyidagiga teng bo'ladi:

$$\begin{aligned} R &= R_{AB} + A_{AC} + R_{AD} = 3,95 + 8,5 + 3,95 = 16,4 \text{ Erl} \\ D &= D_{AB} + D_{AC} + D_{AD} = 4,5 + 0 + 4,5 = 9 \\ \sigma^2 &= D + R = 25,4 \end{aligned}$$

Teng imkoniyatli hisoblanayotgan xizmat ko'rsatish qurilmasiga kelib tushayotgan oqimning topilgan R va D (σ^2) qiymatlari (8.3b-rasm), (8.4) ifoda yoki [15] jadval yordamida boshlang'ich teng imkoniyali xizmat ko'rsatish qurilmasiga kelib tushayotgan A_j yuklama va v_1 kanallar sonini hisoblash imkonini beradi; $A_j = 27,8 \text{ Erl}$; $v_1 = 12$. AC tugundagi yo'qotishlar $p = 0,01$ qiymatdan oshmasligini hisobga olsak, kelib tushayotgan yuklama $A = 27,8 \text{ Erl}$ bo'lgandagi umumiy kanallar $v_{\Sigma} = 41$ qiymatga teng bo'ladi. Bu ifodadan hisoblanayotgan tugunning kanallar soni $v_{AC} = v_{\Sigma} - v_1 = 41 - 12 = 29$ ga teng. Demak, AC tugun 8.4-rasmda keltirilgan tarmoqqa kelib tushayotgan (asosiy va qo'shimcha) yuklamalarga xizmat ko'rsatish uchun 29 ta bir tomonli kanalga ega bo'lishi kerak.



8.5-rasm. Yuklamalarning liniyalar bo'ylab taqsimlanishi

Nazorat uchun savollar

1. Aylanma yo'llar yordamida chaqiriqlarga xizmat ko'rsatish tartibini tushuntirib bering.
2. Tarmoqlarda nima sababdan aylanma yo'llar qo'llanadi?
3. Aylanma yo'llarga tushayotgan yuklama xarakteristikalarini birlamchi yuklamanikidan nimasi bilan farq qiladi?
4. Aylanma yo'llarga tushayotgan yuklama xarakteristikalarini aniqlash tartibini tushuntirib bering.
5. Aylanma yo'llardagi kanallar sonini aniqlashning ekvivalent almashtirish g'oyasini tushuntirib bering.
6. Aylanma yo'llardagi kanallar sonini aniqlash tartibini tushuntirib bering.

9. Multixizmat tarmoqlarida chaqiriqlarga xizmat ko'rsatish

9.1. Multixizmat tarmoqlari haqida tushuncha

Infokommunikatsion xizmat turlarini tez sur'atlar bilan rivojlanishi infor-matsion resurslarni samarali boshqarishni ta'minlovchi hamda tarmoqlarning funksional imkoniyatini oshirish imkoniyatini beruvchi masalalar yechilishini talab qiladi. Chunki hozirgi vaqtda faoliyat ko'rsatayotgan tarmoqlarning aso-siy kamchiligi ularning xizmat ko'rsatish turiga nisbatan o'ta ixtisoslashtiril-ganidadir. Har bir xizmat turi uchun maxsus tarmoq mavjud. Masalan, telefon xizmati uchun telefon tarmog'i, ma'lumotlarni uzatish uchun, ma'lumotlarni uzatish tarmog'i mavjud va h.k.

Natijada xar biri ishlab chiqarish, qurish va texnik xizmat ko'rsatishgini talab qiluvchi juda ko'p alohida tarmoqlar mavjud. Odatda, bunday hollarda bir tarmoq resurslari boshqa bir tarmoq tomonidan ishlatilishi mumkin emas. Shuning uchun tarmoq resurslaridan samarali foydalanish bilan birga tarmoqlar funksional imkoniyati va xizmat turlari so-nini oshirish zarurati paydo bo'ldi. Bunday zarurat telekommunikatsiya tarmoqlarini qurish tamoyillarini o'zgartirishni hamda xizmat ko'rsatishni tubdan o'zgartirishga va shu asosida yangi tarmoqlarni yaratilishiga olib keldi. Bu yangi tarmoq keyingi avlod tarmog'i NGN (Next Generation Network) nomini oldi.

Keyingi avlod tarmoqlari NGN telekommunikatsiya va infokommunikatsiya, ya'ni telefon va kompyuter tarmoqlarini o'zaro birlashish jarayonini aks o'zida ettiradi. Shu sababli oddiy telefon xizmatidan boshlab, to turli ma'lumotlarni uzatish xizmati va ularning kombinatsiyalarigacha bo'lgan xizmat turlarini keng miqyosda ko'rsatish va bunday tarmoqlar bilan o'zaro aloqa qilish imkoniyati tug'iladi.

NGN konsepsiyasi multixizmat tarmoqlari g'oyasiga asoslangan. NGN tarmog'i asosiy tamoyillari bu informatsiyani kommutatsiya qilish va uni uzatishni xamda chaqiriqni boshqarish va xizmat ko'rsatish jarayoni funksiyalarini bir-biridan ajratishdan iborat.

NGN konsepsiyasining asosiy g'oyasi quyidagilardan iborat:

- transport tarmog'ida turli informatsiyalarni uzatish yagona texnologiyani qo'llash. Hozirgi vaqtda bunday texnologiya sifatida paketlarni uzatish texnologiyasi qo'llanadi;
- kommutatsiya tizimida an'anaviy telefon stansiyalaridan (ma'lum bir funktsiyani bajarishga yo'naltirilgan) farqli o'laroq taqsimlangan ochiq interfeysli arxitekturani qo'llash;
- xizmat ko'rsatish funktsiyasini kommutatsiya qilish va uzatish funktsiyalaridan ajratish;
- xohlagan foydalanuvchini yuqori tezlikda tarmoqqa ulanishini ta'minlash va bunda foydalanuvchi o'zi xohlagan ishlab chiqaruvchi qurilmasidan foydalanish imkonini yaratish;
- ekspluatatsiyani boshqarish funktsiyasini amalga oshirish.

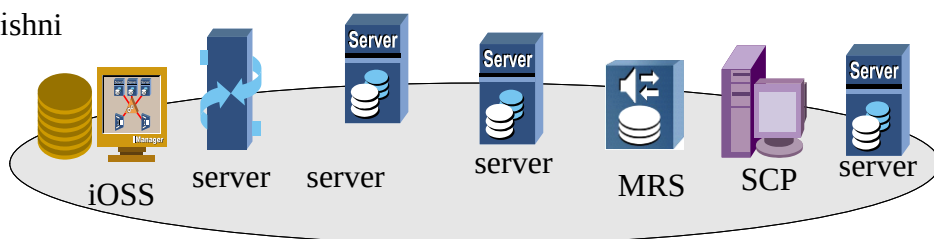
NGN tarmog'ining funksional modelining hozirgi kunda bir necha variantlari mavjud. Shulardan biri 9.1-rasmda keltirilgan bo'lib, umumiy holda quyidagi pog'onalardan iborat:

- xizmat ko'rsatishni boshqarish;
- informatsiyani kommutatsiya qilish va uzatishni boshqarish;
- transport;
- tarmoqqa ulash.

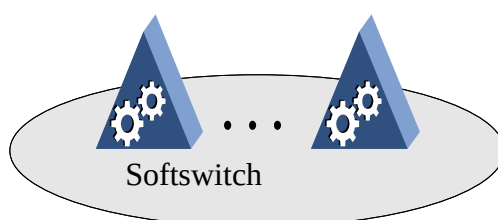
NGN konsepsiyasiga asosan tarmoqlar turli ishlab chiqaruvchilar

qurilmalari asosida qurilgan bo'lib, standartlashtirilgan ochiq interfeyslarga asoslangan. Bu foydalanuvchilarga xizmat turlaridan kerakligini va xizmat ko'rsatishning qulay bo'lgan texnologik usullarini tanlash imkoniyati yaratiladi. Ochiq standartlarni qo'llash yangi xizmat turlarini tez va kam xarajat orqali kiritish imkonini beradi.

Xizmat ko'rsatishni boshqarish



Boshqaruv



Transport

Abonentlarni ulash tarmog'i



9.1-rasm. NGN pog'onalari

Xizmat ko'rsatishni boshqarish pog'onasi xizmatlar mantig'ini boshqarish funksiyasi va qo'shimchalardan iborat (tuzilgan) bo'lib, taqsimlangan hisoblash muhiti ko'rinishiga ega. Bu pog'ona ochiq xizmatlar arxitekturasida OSA (Open Services Access) asosida qurilgan bo'lib, quyidagilarni ta'minlaydi:

- infokommunikatsiya xizmatlari taqdim etilishini;
- xizmatlarni boshqarishni;
- yangi xizmat turlarini yaratish va qo'llashni;
- turli xizmatlarning o'zaro aloqasini (harakatini).

Bu pog'ona xizmatlar xususiyatlarini amalga oshirishni ta'minlaydi va bitta xizmat mantiqi dasturini transport tarmog'i (IP, ATM, FR va h.k.) va tarmoqqa ulanish turiga bog'liq bo'lmagan holda qo'llash imkonini yaratadi.

Bu pogʻona yordamida yangi xizmat turlarini boshqa pogʻonalarga taʼsir etmasdan kiritilishi ham taʼminlanadi. Xizmat koʻrsatishni boshqarish pogʻonasi turli mustaqil nimitizimlarni («xizmat koʻrsatish tarmoqlari») oʻz ichiga olishi mumkin. Masalan, Intellektual tarmoq xizmatlari. Har bir nimitizim turli texnologiyalar asosida qurilgan, oʻzining abonentlariga va ichki raqamlash tizimiga ega boʻlishi mumkin.

Kommutatsiya qilish va uzatishni boshqarish pogʻonasining vazifasi signalizatsiya maʼlumotlarini qayta ishlash, chaqiriqlarni marshrutizatsiya qilish va oqimlarni boshqarishdan iborat. Bu pogʻona trafikni qayta ishlash va marshrutizatsiya qilish uchun zarur boʻlgan boshqarish mantiqini taʼminlaydi. Mantiqiy boshqaruv signallari asosida transport pogʻonasida aloqani oʻrnatish funksiyasi amalga oshiriladi. Bu pogʻona funksiyalari amalga oshiruvchi qurilma dasturiy kommutator (Softswitch) deb nomlanadi. Softswitch sifatida bitta qurilma emas, balki umumiy arxitektura tushuniladi. Agar tarmoqda bir necha Softswitch boʻlsa, ular zarur boʻlgan protokollar (odatda SIP-T) yordamida oʻzaro aloqa qiladi. Tarmoqda bir-nechata Softswitch ni qoʻllash tarmoq mustahkamligini oshirish uchun qoʻllanadi.

Kommutatsiya qilish va uzatishni boshqarish pogʻonasi quyidagilarni taʼminlaydi:

- barcha turdagi signalizatsiya signallarini qayta ishlash;
- chaqiriqlarni boshqarish;
- mediashlyuzga ulanishni boshqarish;
- imkoniyatlarni taqsimlash;
- protokollarni qayta ishlash;
- chaqiriqlarni marshrutizatsiya qilish;
- foydalanuvchilarni autentifikatsiya qilish;
- koʻrsatilgan xizmatga toʻlovni aniqlash;
- abonentlarga telefon, uyali aloqa, multimediya va ilova serverlari xizmatlarini taqdim etish;
- tarmoqqa ulangan abonent maʼlumotlarini saqlash va ularni boshqarish;
- abonentlarga xizmat koʻrsatish turini oshirish uchun xizmat koʻrsatishni boshqarish pogʻonasidagi ilova serverlari bilan oʻzaro aloqa qilish.

Transport pogʻonasining vazifasi paketlashtirilgan axboratlarni kommutatsiya qilish va uni foydalanuvchiga oʻzgartirmasdan uzatishdan iborat. Transport pogʻonasida universal negiz tarmoqni qoʻllanadi. Universal negiz tarmoq uzatish (transportirovka) va kommutatsiya qilish funksiyalarini amalga oshiruvchi tarmoqdir.

Negiz tarmoq tarkibiga quyidagilar kiradi:

- uzatish va kommutatsiya vazifalarini bajaruvchi tranzit tugun;
- multixizmat tarmog'iga abonentlarni ulanishini ta'minlovchi oxirgi (chegara) tugunlar;
- ma'lumotlarini qayta ishlash, chaqiriqlarni va aloqa o'rnatishni boshqarish funksiyalarini bajaruvchi signalizatsiya nazoratchilari (konvertorlari).

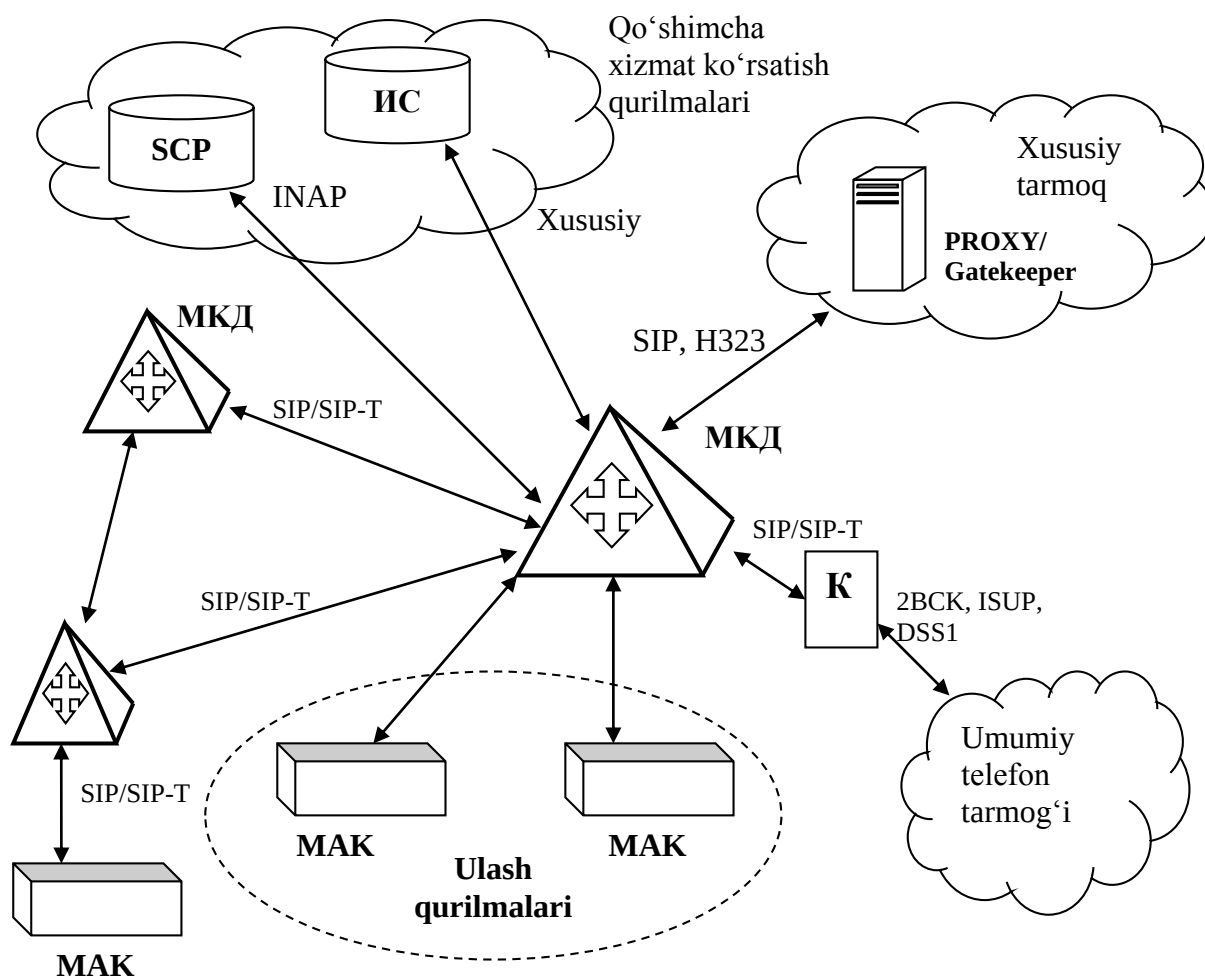
NGN tarmog'iga ulanish tarmoqqa ulash pog'onasi yordamida amalga oshiriladi. Bu pog'ona quyidagi qurilmalardan tashkil topgan:

- shlyuzlar;
- ulash tarmog'i qurilmalari;
- oxirga abonent qurilmalari.

Shlyuzlar yordamida hozirga paytida faoliyat ko'rsatayotgan tarmoqlar – telefon tarmog'i, uyali aloqa tarmoqlari, ma'lumotlarni uzatish tarmog'i va h.k. - bilan o'zaro aloqa amalga oshiriladi. NGN tarmog'ini obshqa tarmoqlarda qo'llanayotgan signalizatsiya bilan bilan moslashtirish uchun signalizatsiya shlyuzlari qo'llanadi. Masalan OKS №7 tarmog'i bilan moslashtirish uchun shunday shlyuz qo'llanadi.

Oxirga abonent qurilmalari yordamida abonentlar o'zlari uchun kerakli bo'lgan xizmat turlaridan foydalanadilar. Ikki turdagi – maxsus va maxsus bo'lmagan oxirga qurilmalar mavjud. Maxsus oxirgi qurilmalar maxsus NGN tarmog'ida qo'llash uchun ishlab chiqilgan bo'lib, ular yordami da NGN tarmog'iga to'g'ridan-to'g'ri yoki oxirgi tugun yordamida ulaniladi. Bularga misol tariqasida SIP va H323 telefon apparatlarini misol keltirish mumkin. Maxsus bo'lmagan qurilmalar tarmoqqa signallarni va signalizatsiyani moslashtiruvchi integral ulash qurilmasi (IAD), xDSL qurilmasi va shunga o'xshash qurilmalar yordamida ulanadi.

Ulash tarmoqlarining qurish uchun xDSL, optik tolali uzatish tizimlari va simsiz abonent liniyalari (WLL, Wi-Fi, WiMAX) texnologiyalari qo'llanadi.

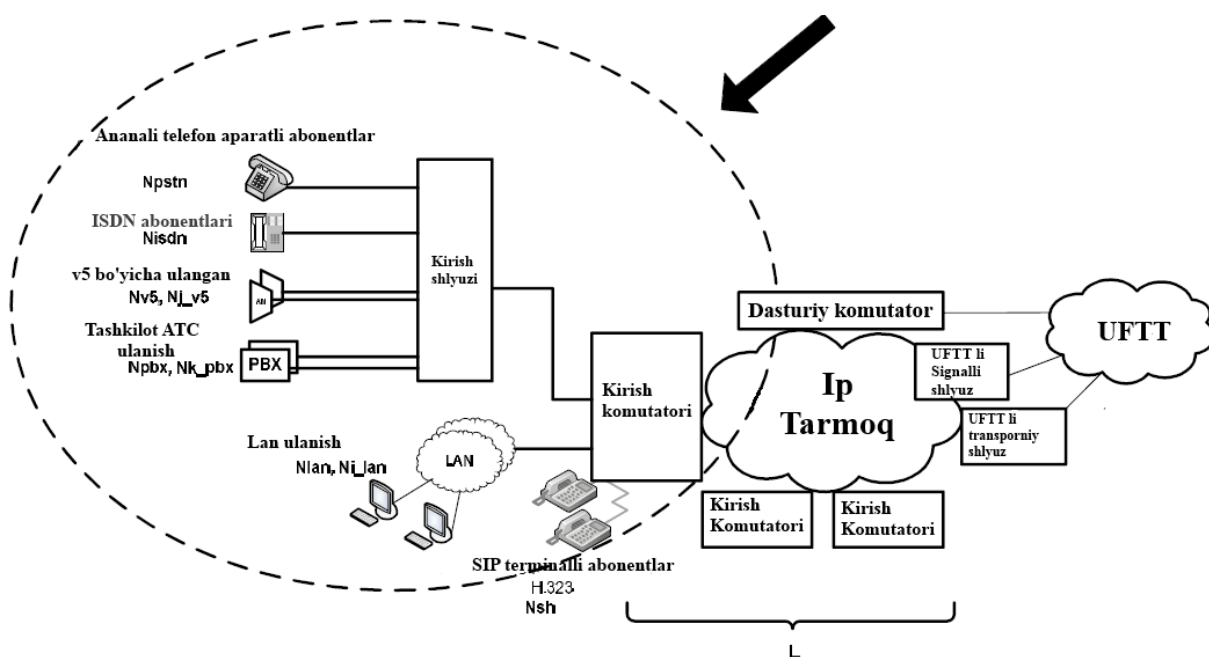


9.2-rasm. Softswitch kommutatorining qo'llanishiga misol

MKD tarkibiga kirgan Softswitch boshqaruvida ikkita MAK o'rtasida o'zaro so'zlashuv paketlarini uzatish yuz beradi. Ko'rilayotgan holda paketlarni uzatish real vaqt transport protokoli RTP) asosida yuz beradi. Ikki MAK o'rtasida ma'lumotlarni bilan o'zaro almashishni ikki konsentrator o'rtasidagi mantiqiy aloqa deb tushunish kerak. Ma'lumotlar uzatishni real yo'li bir necha transport tarmog'i traktlaridan iborat bo'lishi mumkin.

9.2. Multiservis tarmoqlarida yuklamani hisoblash

Multiservis tarmoqlarida yuklamani hisoblashni 9.3-rasmda keltirilgan tarmoq misolida ko'rib chiqamiz.



9.3- rasm. NGN tarmog'ida kirish shlyuzi

Yuklamani quyidagi ma'lumotlar asosida hisoblaymiz:

Turli turdagi aloqa xizmatlari foydalanuvchilari:

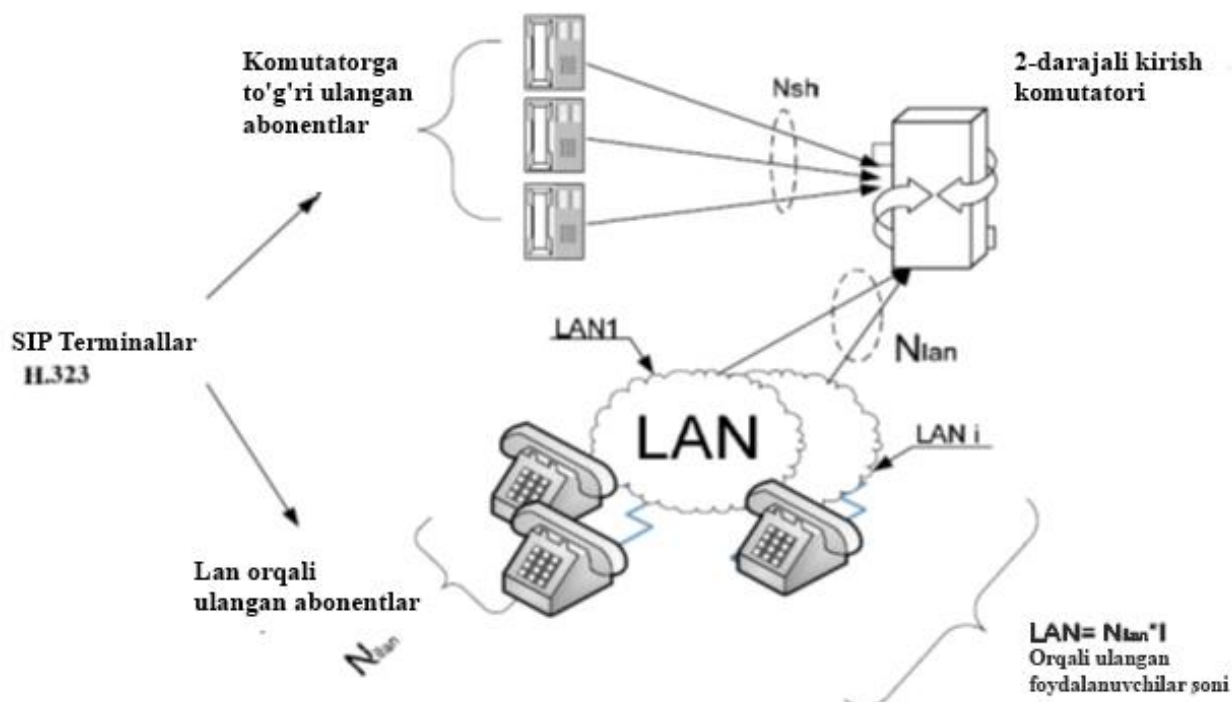
- Rezident kirish shlyuzi (RAGW)ga ulangan UFTT (umumiy foydalanish telefon tarmog'i) analog abonent liniyasidan foydalanuvchi abonentlar - N_{UFTT} ;
- Rezident kirish shlyuzi (RAGW)ga ulangan ISDN abonent liniyasidan foydalanuvchi abonentlar - N_{ISDN} ;
- Kirish kommutator sathidagi paketli tarmoqqa ulangan SIP/H.323 terminalidan foydalanuvchi abonentlar - N_{SIP} ;
- Bitta lokal tarmoq (LAN)ga ulangan foydalanuvchilar soni - N_{iian} , bu yerda i LAN larning soni, N_{lan} - umumiy foydalanuvchilar soni.

Bu yerda SIP/ H.323 terminalidan foydalanuvchi abonentlarga e'tibor berish kerak. Bu abonentlar kirish shlyuziga ulanmagan, to'g'ridan-to'g'ri kirish kommutatoriga ulangan. N_{SIP} va N_{lan} o'rtasidagi farqlarni keltirib o'tamiz.

SIP/H.323 terminalidan foydalanuvchi ikki guruhdagi abonentlar mavjud.

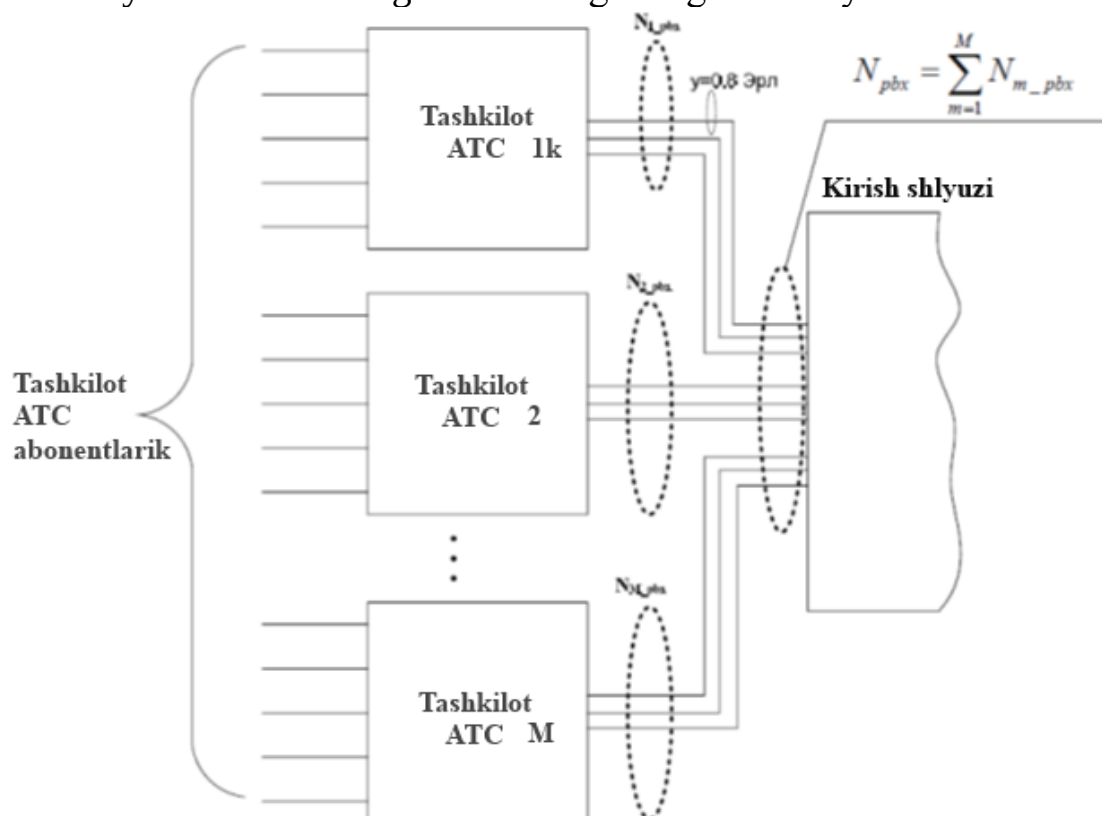
- to'g'ridan-to'g'ri kirish kommutatoriga ulanuvchi terminal N_{SIP} ;
- LAN yordamida kommutatorga bog'lanuvchi terminallar va ularning soni $\sum_i N_{i LAN}$, bizning holatda hamma LAN tarmoqlar bir xil deb hisoblaymiz, unda ifodani $N_{i lan} * I$ bilan belgilaymiz.

Yuqorida keltirilgan abonentlar ulangan sxemaga aniqlik kiritish uchun sxemani ko'rib chiqamiz (9.4-rasm).



9.4- rasm. SIP/H.323 terminalini bog'lanishi uchun variantlar

Aslida, ushbu ikki variantning o'rtasidagi farqi amaliyotda bitta abonentni yoki tashkilotning ATS ni bog'lashga o'xshaydi.



9.5-rasm. ISDN tarmog'ining standart interfeysi(PRI) orqali tashkilot ATS ga bog'lanish

- e) ISDN tarmog'ining standart interfeysidan foydalanuvchi tashkilot ATS va trunking shlyuzi orqali paketli tarmoqqa kiruvchi.
bu yerda M - tashkilot ATSlarining soni;

N_{m_pbx} - foydalanuvchi bitta tashkilotga ulangan kanallar soni; bu yerda m tashkilot ATS ning nomeri;

N_{pbx} - hamma tashkilotdan kirish shlyuzga ulangan barcha foydalanuvchilarning kanali soni;

- f) Kirish shlyuzi orqali paketli tarmoqni o'z ichiga oluvchi V5 interfeys bilan kirish tarmoq qurilmalar. Bu yerda J - V5 interfeyslar soni, N_{j-V5} - V5j interfeysidagi foydalanuvchi kanal soni, bu yerda j -kirish tarmog'i; N_{v5} - V5 kanalidagi foydalanuvchilarning umumiy soni.

Yuqorida keltirilgan bog'lanuvchi foydalanuvchilarning, liniyaga tushuvchi yuklamasi:

$Y_{V\Phi TT}=0,1$ Erl - UFTT tarmoqda foydalanuvchi liniyasida eng ko'p yuklama tushish vaqti;

$Y_{ISDN}= 0,2$ Erl - ISDN tarmoqda foydalanuvchi liniyasida eng ko'p yuklama tushish vaqti;

$Y_{SIP}=0,2$ Erl - SIP/ H.323 terminal foydalanuvchi liniyasida eng ko'p yuklama tushish vaqti;

$Y_{i_v5}=0,8$ Erl - V5 interfeys orqali tashkilot ATS bog'lanuvchi liniyaga tushayotgan yuklama;

$Y_{m_pbx}=0,8$ Erl - ISDN tarmog'ining standart interfeysi (PRI) orqali tashkilot ATS ga ulangan liniyaga tushayotgan yuklama;

LAN tarmoqga ulangan foydalanuvchi yoki SIP/H.323 terminalidan foydalanuvchi abonentlar uchun yuklamasini ko'rib chiqmaymiz, chunki ular kirish shlyuziga yuklama tushirmaydi, biz hisoblayotgan parametrlarga, chunki ular to'g'ridan-to'g'ri kommutatorga ulanadi. Ularni kirish kommutatori va Softswitch ga tushayotgan signal yuklamasini hisoblayotganda ko'rib chiqamiz.

Amaliyotda tarmoq qurayotganda shlyuzlar sonini hisoblash uchun, bundan tashqari yuklamani hisoblashda abonent liniyasini uzunligini ham hisobga olish kerak bo'ladi, qurilmalarni ustanovka qilish joyini, foydalanishga taklif qilinayotgan qurilmalarni texnologik ko'rsatkichlarini hisobga olish zarur.

Kirish shlyuzi va kommutatorini asosiy parametrlarini hisoblash.

Shlyuzlar sonini aniqlab olib, har bir shlyuzga ulangan liniyalarga tushayotgan yuklamani quyidagicha hisoblasa bo'ladi.

$Y_{V\Phi TT}$ - UFTT abonent tomondan yaratiladigan umumiy yuklama, va shlyuzga tushayotgan yuklama:

$$Y_{V\Phi TT} = N_{V\Phi TT} * Y_{V\Phi TT}$$

Y_{ISDN} - ISDN abonent tomondan yaratiladigan umumiy yuklama, va

shlyuzga tushayotgan yuklama:

$$Y_{ISDN} = N_{ISDN} * Y_{ISDN}$$

Y_{j_v5} - V5 interfeys orqali bog‘langan j kirish qurilmasi hosil qilayogan umumiy yuklama:

$$Y_{j_v5} = N_{j_v5} * Y_{j_v5}$$

V5 interfeys orqali bog‘langan kirish qurilmalarini hosil qilatyogan umumiy yuklamasi:

$$Y_{V5} = \sum_{j=1}^J Y_{j_v5} = y_{i_v5} * \sum_{j=1}^J N_{j_v5}$$

Y_{m_pbx} - ISDN tarmog‘ining standart interfeysi (PRI) orqali tashkilot ATS ga bog‘langan liniyada hosil bo‘ladigan yuklama

$$Y_{m_pbx} = N_{mPBX_v5} * Y_{m_pbx}$$

Tashkilot ATS dagi qurilmalarining umumiy yuklamasi:

$$Y_{PBX} = \sum_{m=1}^M Y_{m_PBX} = y_{m_PBX} * \sum_{m=1}^M N_{m_PBX}$$

Yuqorida hisoblangan shlyuzga ulangan turli turdagi abonentlarning yuklamasi, bizning holatda shlyuzlar rezident kirish shlyuzi funksiyasini bajaradi. Tashkilot ATS ga bog‘langan tranking va kirish shlyuzlariga yuqorida ko‘rilgan barcha manbalar bog‘langan.

Unda shlyuzga tushayotgan umumiy yuklama.

$$Y_{GW} = y_{i_v5} * \sum_{j=1}^J N_{j_v5} + y_{k_PBX} * \sum_{k=1}^K N_{k_PBX} + y_{y\neq TT} * N_{y\neq TT} + Y_{ISDN} * N_{ISDN}$$

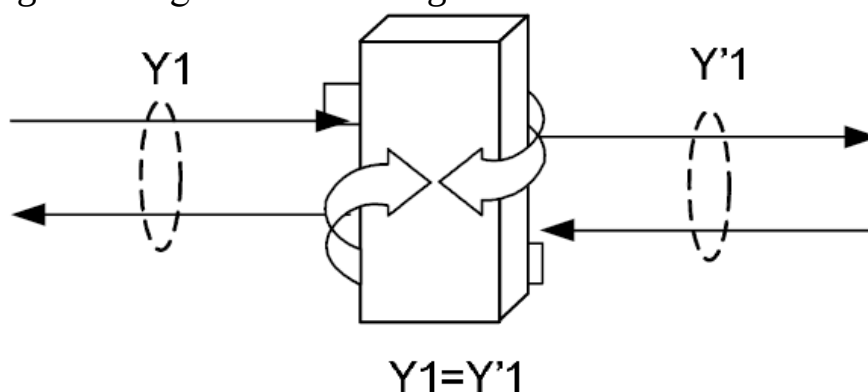
Shlyuzdagi liniyaga tushayotgan umumiy yuklama shlyuzning o‘ziga tushayotgan yuklamaga teng, ushbu yuklama ikki tomonlama liniyaga tushayotgan yuklama.



9.6- rasm. Liniyaga tushayotgan yuklama

Undan tashqari, foydalanuvchi tomonidan shlyuzga kelib tushuvchi yuklama, shlyuzning chiqishidagi yuklamaga teng bo‘ladi (bu esa bizga

bitta shlyuzgacha bog‘lanishni hisobga olmaslik imkonini beradi)



9.7- rasm.

V_{COD_m} - chaqiruvga xizmat ko‘rsatishdagi m turidagi kodekning uzatish tezligi bo‘lsin

V_{COD_m} - turli xildagi kodeklar uchun qiymatlar 9.1-jadvalda keltirilgan.

9.1-jadval

Kodeklarni uzatish tezligi

Kodek turi	V_{COD_m} kodek tezligi kbit/s	Tovush kadrining razmeri, bayt	Kadrning umumiy uzunligi, bayt	Ortiqcha kadr koeffitsiyent k	V_{trans_cod} Talab qilingan o‘tkazish tezligi, kbit/s
G. 711	64	80	134	$134/80=1,675$	108,8
G. 723.1 I/r	6,4	20	74	$74/20=3,7$	23,68
G. 723.1 h/r	5,3	24	78	$78/274=3,25$	5 17,225
G. 729	8	10	64	$64/10=6,4$	51,2

m turidagi kodekni qo‘llash sharoitida ma’lumot uzatish uchun o‘tkazuvchanlik polosasini quyidagi tarzda aniqlaymiz:

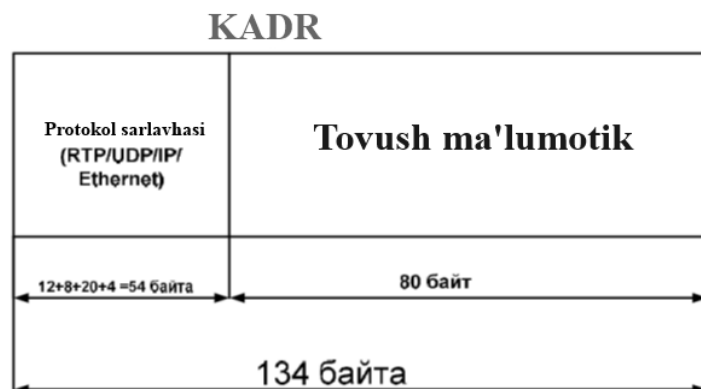
$$V_{trans_cod} = k * V_{COD_m}$$

bu yerda k - ortiqcha kadr koeffitsiyent, har bir kodek uchun alohida hisoblanadi, kadrning umumiy uzunligini tovush kadri razmeriga nisbati.

Misol sifatida ommabop G.711 kodekini ko‘rib chiqamiz. Uzatilayotgan xabarni shartli ravishda ikkita qismga bo‘lamiz: nutqli xabarga va xizmat qiluvchi protokollar sarlavhasiga. RTP/UDP/IP/Ethernet (bu protokollar bizning vaziyatimizda ma’lumotlarni uzatish uchun talab qilinadi) protokol sarlavhalarining yig‘indisi 54 bayt (12+8+20+14). Bunday turdagi kodekdan foydalangandanda kadrning umumiy uzunligi 134 baytni tashkil etadi. Bunda ortiqchalik koeffitsiyent: $k = 134/80 = 1,675$ ga teng bo‘ladi.

Bunday parametrning asosiy maqsadini quyidagicha shakllantiramiz:

Bir bayt nutqli xabar uzatish uchun umumiy murakkablikdagi 1,7 bayt o‘lchamidagi kadrni uzatish lozim bo‘ladi (9.8-rasm).



9.8-rasm. IP tarmogʻi orqali uzatilayotgan G.711 kadr formati

VoIP tarmoqlari orqali kanalli kommutatsiyada telefon tarmoqlari uchun maʼlumot uzatishni qoʻllab-quvvatlash har xil tarzda amalga oshiriladi. Maʼlumki nutqli koder orqali faks xabarlarini modemli DTMF va shu kabi boshqa bogʻlanish turlarini amalga oshira olmaymiz. Koʻpincha bunday xabarlarini uzatish uchun kanallar emulyatori «cheklanmagan 64 kbit/s»dan foydalanamiz.

Transport resurslarini hisobga olgan holda chaqiruvning maʼlum bir qismiga foydalanuvchilarining kompressor maʼlumotlarisiz xizmat koʻrsatiladi, bunda G.711. kodlash yordamida kanalda shaffof toʻxtovsiz maʼlumotlar uzatiladi.

Amaliyot topshirigʻini bajarishda har bir variant uchun alohida qoʻllan-gan kodeklarning foizli kelishuvu berilgan, foizli bogʻliqlikga qarab varian-tini ishlashi kerak. Har bir shlyuz uchun ushbu bogʻliqlikni tekshirish kerak.

IP tarmoq orqali foydalanuvchi axborotlarini uzatishni taʼminlash uchun, axborot signal protokollarini uzatish, bunda trafiklarni uzatish uchun transport tarmoq resurslari ham koʻrib chiqilishi lozim.

Agar kommutator qurilmasi SIP, H.323 yoki LAN terminallaridan foydalanuvchi abonentlarni qoʻllab-quvvatlash imkoniga ega boʻlsa, u holda unga munosib transport resurslarini koʻrib chiqish lozim boʻladi.

9.3. Multiservis tarmoqlarida kanallar sonini hisoblash

Transport resurslari aniqlangandan soʻng ulanish tarmogʻi qoʻrsatkichlar aniqlanadi. Paketli tarmoq orqali ulangan shlyuz qurilmalari interfeys turi va soni kabi koʻrsatkichlarni aniqlaydi.

Interfeys miqdorini transport resurslari aniqlanish jarayonida tarmoqning topologiyasi orqali topiladi.

Zarur boʻlgan transport resursini aniqlash uchun har bir shlyuzni alohida koʻrib chiqamiz:

Loyihalash jarayonida shlyuzni ikki turdagi matematik model orqali ifodalash mumkin (9.9- rasm)

- oshkora yo‘qotishlar usulida xizmat ko‘rsatish;
- kutish usulida xizmat ko‘rsatish (shartli yo‘qotishlar usuli).

Birinchi model loyihalangan shlyuzlar yordamida bir vaqtda qancha miqdorda abonentlarga xizmat ko‘rsatilayotganini aniqlash mumkin va buning uchun Erlangning birinchi formulasidan foydalaniladi (4-bobga qarang). Ikkinchi model yordamida esa ma’lumotlar uzatish kanalining tasnifini foydalanuvchi tomonidan uzatilishi lozim bo‘lgan ma’lumotlar oqimining talab etilgan sifat darajasidagi xizmat ko‘rsatishi ko‘rib chiqiladi va buning uchun Erlangning ikkinchi formulasidan foydalaniladi (5-bobga qarang).

Nazorat savollari

1. Keyingi avlod tarmog‘i arxitekturasidagi sathlar va ularning vazifalarini keltiring.
2. Keyingi avlod tarmog‘ida xizmatlarni boshqarish pog‘onasining vazifasini tushuntiring.
3. NGN va IMS tarmoqlarining boshqaruv tizimlarini keltiring.
4. NGN arxitekturasidagi asosiy elementlarni vazifasini keltiring.
5. NGN tarmog‘ining kirish sathidagi qurilmalarning vazifalarini keltiring.
6. NGN tarmog‘ida yuklamani hisoblash tartibini tushuntirib bering.
7. NGN tarmog‘i elementlari xizmat ko‘rsatish qurilmalari sonini aniqlash uchun qanday modellar qo‘llanadi?

10. Teletrafika nazariyasida statistik modellash usullarini qo‘llash

10.1. Statistik modellash xaqida asosiy tushunchalar

Avtomatik kommutatsiya tizimlari, shu jumladan, bir zvenoli noto‘liq imkoniyatli kommutatsiya sxemalari, ko‘p ko‘rsatkichlarini hisobga olgan holda aniq usullar yordamida hisoblash murakkab hisol-kitoblarga olib kelishi va xar doim ham yechimga ega bo‘lmasligi mumkin. Bunday muammolarni xal qilish uchun kompyuter yordamida statistik (imitatsiya) modellash usuli qo‘llanadi. Bundan tashqari, imitatsiya modeli turli soddalashtiruvchi farazlar asosida hisoblangan metodlar xatoliklarini aniqlash imkonini ham beradi.

Komputer yordamida kommutatsiya tizimlari ish faoliyatini statistik modellashtirish metodi kommutatsiya tizimi orqali tushayotgan chaqiriqlar oqimiga xizmat ko‘rsatish jarayonini imitatsiya (takrollashga) va buning natijasida zarur bo‘lgan statistik ko‘rsatkichlarni (biz ko‘rayotgan holda

yo‘qotishlar ehtimolini) aniqlashga asoslangan. Bu jarayonni amalga oshirish uchun kompyterda quyidagilarni amalga oshirish kerak:

- zarur turdagi chaqiriqlar oqimini hosil qilish;
- har bir hosil qilingan (tushgan) chaqiriqqa berilgan kommutatsiya tizimi orqali xizmat ko‘rsatishni boshqarish (aloqani hosil qilish va uzish) algoritimi asosida xizmat ko‘rsatish;
- zarur statistik ma’lumotlarni qayt qilish va qayta ishlash.

Tasodifiy qo‘ng‘iroq oqimini hosil qilishning usullaridan biri bu ehtimollik ma’nosida chaqiruv tushish momentlari (onlarni) ketma-ketligini aniqlashdan (shakllashtirishdan) iborat. Tasodifiy chaqiriq tushish momentlarini shakllantirish $[0, I]$ oralig‘ida bir tekis taqsimlangan tasodifiy o‘zgaruvchilar Z yordamida amalga oshiriladi. Oddiy chaqiriq oqimi uchun chaqiruv tushish momentlari ehtimoli taqsimot qonuni ko‘rsatkichli qonunga bo‘ysunadi. Shuning xar qanday k - chaqiriqning tushish momenti t_k quyidagi formula bilan aniqlanadi

$$t_k = t_{k-1} + \left(-\frac{1}{\lambda} \ln z\right) \quad (10.1)$$

bu yerda t_{k-1} ($k-1$) - chaqiruv tushish momenti va bunda $k=0$ da $t_0=0$ qabul qilingan;

λ - oddiy chaqiruvlar oqimi jadalligi (parametri).

Xizmat ko‘rsatish davomiyligi (xizmat ko‘rsatish qurilmalarining ozod bo‘lish vaqti) ham $[0, I]$ oralig‘ida bir tekis taqsimlangan tasodifiy o‘zgaruvchilar Z yordamida amalga oshiriladi. Agar xizmat ko‘rsatish davomiyligi ko‘rsatkichli qonuniga bo‘ysunsa, u holda xizmat ko‘rsatish qurilmalarining ozod bo‘lish momenti (2.10) ifodaga o‘xshash ifoda bilan aniqlanadi

$$t_{osv\ i} = t_i + \left(-\frac{1}{\lambda_{osv}} * \ln z\right) = t_i + t_{ob}, \quad (10.2)$$

bu yerda $t_{osv\ i}$ – qurilmaning ozod bo‘lish vaqti;

t_i – i -xizmat ko‘rsatish qurilmasining band bo‘lish (chaqiriq tushish) vaqti;

λ_{osv} – ozod bo‘lish oqimi parametri;

$t_{osv\ i}$ – i – chaqiriqqa xizmat ko‘rsatish vaqti (davomiyligi).

Kommutatsiya tizimidagi xizmat ko‘rsatish jarayonini (aloqa o‘rnatilish va uni uzilishi jarayoni) imitatsiya qilish uchun hizmat ko‘rsatish qurilmalarining holatlari (ozod, band) komp’yuter xotirasida saqlab qolinadi.

Statistik ko‘rsatkichlarni hisoblash maqsadida (biz ko‘rayotgan holda yo‘qotishlar ehtimoli) kommutatsiya tizimining imitatsiya qilish jarayoni har birida m ga teng chaqiriqlarga xizmat ko‘rsatiladigan n ta guruhga bo‘inadi. Har bir guruh uchun yo‘qotishlar ehtimolining eksperimental

qiymati quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$P_i = N_{pi} / m, \quad (10.3)$$

bu yerda P_i i-guruhdagi (seriyadagi) yo‘qotishlar ehtimolining eksperimental qiymati;

$N_{pi} - i$ - guruhdagi yo‘qotilgan chaqiriqlar soni.

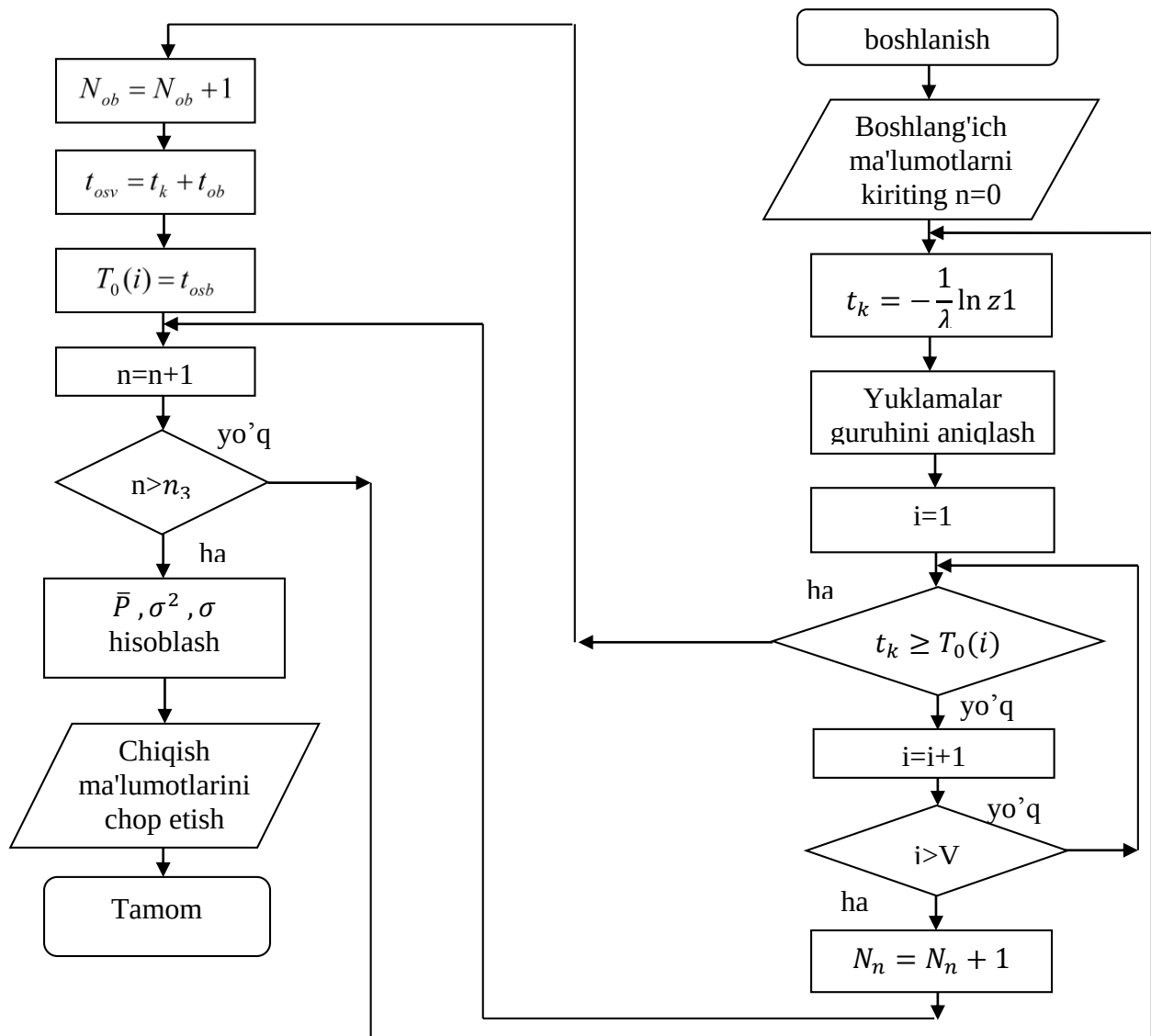
Imitatsiya qilish jarayoni tamom bo‘lgandan so‘ng statistik qiymatlar – yo‘qotishlarning o‘rtacha qiymati $\bar{P}$, σ^2 va σ quyidagicha aniqlanadi:

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}; \quad \sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2; \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2}{n-1}}. \quad (10.4)$$

10.2. Bir zvenoli noto‘liq imkoniyatli kommutatsiya sxemalari imitatsiya modellash algoritmi

Yuqorida bayon etilgan modellash tamoyilari asosida bir zvenoli noto‘liq imkoniyatli kommutatsiya sxemasini imitatsiya modeli aloritmi ishlab chiqildi (8.1-rasm). Algoritm quyidagi hisoblash bosqichlariga ega:

1. Modellash parametrlarini kiritish.
2. Tasodifiy miqdor Z_1 hisoblash.
3. 10.1 formula yordamida k – chaqiriq tushgan vaqt momentini t_k aniqlash, ya’ni chaqiriqlar oqimini hosil qilish.
4. Hosil qilingan chaqiriqni qaysi yuklamalar guruhiga mansubligini aniqlash. Buning uchun birlik intervalni g ta teng bo‘laklarga bo‘linadi. So‘ngra tasodifiy miqdor z_2 hisoblanadi. Navbatma navbat tasodifiy miqdor z_2 teng g ta bo‘lakka bo‘lingan birlik intervallarning yuqori chegarasi bilan taqqoslanadi. Taqqoslash natijasida tasodifiy miqdor z_2 intervalning j bo‘lagiga to‘g‘ri kelsa, hosil qilingan chaqiriq j yuklamalar guruhiga tushdi deb xulosa qilinadi.
5. j yuklamalar guruhiga tegishli bo‘sh xizmat ko‘rsatish qurilmalari izlanadi. Bo‘sh xizmat ko‘rsatish qurilmasini izlash uchun chaqiriq tushgan vaqt momenti t_k ni komp’yuter xotirasida saqlanayotgan xizmat ko‘rsatish qurilmalari ozod bo‘lish (so‘zlashuvni tamom bo‘lish) vaqti $T_o(i)$ bilan o‘zaro solishtirish mumkin.



10.2-rasm

Taqqoslash natijasida $t_k \geq T_0(i)$ tengsizlik aniqlansa, t_k vaqt momentida tushgan chaqiriqqa j yuklamalar guruhidagi i -xizmat ko'rsatish qurilmasi yordamida xizmat ko'rsatiladi.

6. Tasodifiy miqdor Z_3 hisoblanadi va uning asosida xizmat ko'rsatish vaqti hisoblanadi t_{ob} . 8.2 formula yordamida xizmat ko'rsatish qurilmasining ozod bo'lish vaqti aniqlanadi $t_{osv} = t_k + t_{ob}$. So'ngra matritsa $T_0(i)$ qurilmalarning ozod bo'lish vaqti quyidagi ko'rinishda yozib qo'yiladi $T_0(i) = t_{osv}$.
7. Agar t_k vaqt momentida tushgan chaqiriqqa j yuklamalar gruruxidagi i -xizmat ko'rsatish qurilmasi yordamida xizmat ko'rsatilsa, xizmat ko'rsatilgan chaqiriqlar soni N_0 bittaga ko'patiriladi, aks holda esa yo'qotilgan chaqiriqlar soni N_p bittaga ko'patiriladi.
8. 8. Modellastirish jarayonini tamom bo'lish sharti tekshiriladi $N = N_z$. Agar shart bajarilsa, keyingi bosqichga o'tiladi, agar bajarilmasa,

- modellashtirish jarayoni ikkinchi bosqichdan qayta takrorlanadi.
9. Modellashtirish jarayoni tugaganidan so'ng tizimdagi yo'qotishlarning statistik ko'rsatkichlari R , σ^2 va σ hisoblanadi.
 10. Kirish ma'lumotlari chop etiladi.
 11. Chiqish ma'lumotlari chop etiladi.

10.3. Modellashtirish natijalari aniqligi va ishonchligini baholash

Komputer yordamida kommutatsiya tizimlari ish faoliyatini statistik modelashtirishni amalga oshirish natijasida zarur bo'lgan statistik ko'rsatkichlarni aniqlagandan so'ng olingan ko'rsatkichlar aniqligi va ishonchligini baholash zarur. Buning uchun turg'un (statsionar) ketma-ketliklar uchun qo'llanadigan markaziy chegara teoremasidan foydalanish mumkin. Bu teoreмага asosan uchun umumiy modellashtirish vaqti teng n tajriba bo'laklarga (seriyalarga) bo'linadi. Har bir tajriba bo'lagida bir xilda m tajriba (bizning holda bir xil sondagi m tushayotgan chaqiriqlar) o'tkaziladi. Har bir tajriba bo'lagida izlanayotgan qiymatlar (bizning holda chaqiriqlarning yo'qotilish ehtimoli) quyidagi formula bilan aniqlanadi

$$X_i = r_i/m,$$

bu yerda r_i – i -tajriba bo'lagida (seriyasida) yo'qotilgan chaqiriqlar soni; X_i – i -tajriba bo'lagidagi yo'qotishlar ehtimoli.

Modellashtirish jarayoni tamom bo'lgandan (n tajriba o'tkazilgandan) so'ng izlanayotgan qiymatlarning statistik baxolash qiymatlari - o'rtacha qiymati $\bar{x}$, dispersiyasi σ^2 va o'rta kvadratik chetlashish σ quyidagi formulalar yordamida aniqlanadi

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n x_i / n; \quad \sigma^2 = [\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2] / (n-1); \quad \sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 / (n-1)}.$$

Aniqligi va ishonchligini baxolash uchun qo'llanganda izlanayotgan statistik qiymatlar o'zining normal qonunga intiladi. Bunda statistik kattaliklarning aniqligi va ishonchligi student taqsimoti asosida baholanadi

$$P(z_{n-1}) = P\{ \bar{x} - \varepsilon < x < \bar{x} + \varepsilon \} = 2 S_{n-1}(z_{n-1}) - 1,$$

bu yerda $P(z_{n-1})$ – ishonch ehtimoli yoki statistik baholash ishonchliligi; $S_{n-1}(z_{n-1})$ – student taqsimotining $(n-1)$ erkinligida aniqlanadigan koeffitsiyenti.

$\varepsilon = z_{n-1} (\sigma/\sqrt{n})$ - kattalik statistik baholash aniqligini yoki statistik baholash chegarasini bildiradi. Erkinlik soni $(n-1) \leq 19$ va $z_{n-1} \leq 6$ bo'lganda $S_{n-1}(z_{n-1})$ student taqsimoti jadvalidan aniqlanadi. Boshqa hollarda, ya'ni

$(n - 1) > 20$ $S_{n-1}(z_{n-1})$ qiymatini quyidagi formula bilan aniqlash mumkin

$$S_{n-1}(z_{n-1}) = 0,5 + F_0(z),$$

bu yerda $F_0(z)$ normal taqsimot qiymatini hisoblash funksiyasining integral shakli. $F_0(z)$ funksiya qiymatlari jadvashtirilgan.

Tajribalar soni oshgan sari statistik baholash aniqligini oshib boradi, ya'ni ε qiymati kamayib boradi. Shuning uchun modellashtirish jarayonidagi tajribalar sonini $n > 50$ ko'p olish tavsiya etiladi.

Nazorat uchun savollar

1. Kommutatsiya tizimlar statistik modellashtirish usuli mohiyatini tushuntirib bering.
2. $(0,1)$ oralig'ida bir tekis taqsimlangan tasodifiy sonlarning olish usullarini sanab bering.
3. Chaqiriqlar oqimini hosil qilishni (modellashtirishni) tushuntirib bering.
4. Modellashtirilayotgan tizimda chaqiriqlarga xizmat ko'rsatish vaqtini modellashtirishni tushuntirib bering.
5. Modellashtirishning statistik ko'rsatkichlari qanday aniqlanadi?
6. Modellash natijalari aniqligi va ishonchligini qanday aniqlanadi?

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Автоматическая телефонная связь на железнодорожном транспорте. /В.М. Волков, А.К. Лебединский, А.А. Павловский, Ю.В. Юркин. Под ред. В.М. Волкова –М.: Транспорт, 1996г. 342 с.
2. А.Степанов. Телетрафика в мультисервисных сетях связи Эко-Трендз. 2010.
3. Лившиц Б.С., Пшеничников А.П., Харкевич А.Д. Теория телетрафика. М.: Связь, 1979.
4. Лившиц Б.С., Фидлин Я.В. Системы массового обслуживания с конечным числом источников. М.: Связь, 1968.
5. Справочное пособие по расчету потерь в звеньевых схемах АТС. – Ташкент: ТЕИС, 1967. – 48с.
6. Башарин Г.П. Таблица вероятностей и средних квадратичных отклонений потер на полнодоступном пучке линий. М.: АН СССР, 1962.
7. Захаров Г.П. Варакосин Н.П. Расчет количества каналов связи при обслуживании с ожиданием. М.: Связь, 1967.
8. Корнышев Ю.Н., Фан Ген – Лин. Теория распределения информации. -М. Радио и Связь, 1985г. - 250 с.
9. Абдурахманова М.Ф., Ахборотни тайсимлаш назарияси фанидан ўқув қўлланма.ТАТУ. – Тошкент, 2009.
10. Абдурахманова М.Ф., Дементьева Н.Г., Ходжаев Н.С., Шарифов Р.А. Методические указания к практическим занятиям по курсу «Теория распределения информации», Ташкент ТЕИС, 1989 г.
11. Иванова О.Н. и др. Автоматические системы коммутации. М.: Связь, 1988.
12. Allaev E.X., Zakirov V.M. Kommutatsiya tizimlari. O‘quv qo‘llanma. I va II qism. TATU. – Toshkent, 2003.
13. Элдин А., Линд Г. Основы теории телетрафика. Перевод с английского под редакцией А.Д. Харкевича. М.: Связь, 1972.
14. Kelly F.P. Blocking probabilities in large circuit switched networks// Adv. Appl, 1986, v-12
15. Wilkinson R.I. Nonrandom traffic curves and tables. Bell telephone laboratories, 1970, 221 pp.

Mundarija

KIRISH.....	3
1. Ommaviy xizmat ko'rsatish nazariyasi fanining asoslari	4
1.1. Ommaviy xizmat ko'rsatish nazariyasi fanning maqsad va vazifalari	4
1.2. Ommaviy xizmat ko'rsatish nazariyasida fanidagi matematik modellar	4
2. Chaqiriqlar oqimi.....	6
2.1. Asosiy tushunchalar. Chaqiriqlar oqimini siniflarga bo'lish	6
2.2. Chaqiriqlar oqimi tavsiflari.....	8
2.3. Oddiy chaqiriqlar oqimi.....	10
2.4. Chaqiruvlar oqimining boshqa turlari	12
2.5. Xizmat ko'rsatish vaqti.....	14
2.6. Ozod bo'lish oqimi	16
3. Chaqiriqlar hosil qilgan yuklama va xizmat ko'rsatishning sifat ko'rsatkichlari	19
3.1. Telefon yuklamasi va uning vaqt davomida o'zgarishi	19
3.2. Yuklama ko'rsatgichlari va yuklama jadalligini hisoblash	22
3.3. Stansiyalararo yuklamani hisoblash.....	24
3.4. Chaqiriqlariga xizmat ko'rsatish tartibi va sifat ko'rsatkichlari.....	26
4. Bir zvenoli to'liq imkoniyatli tizimlarini hisoblash oshkora yo'qotish usulida xizmat ko'rsatish	30
4.1. Umumiy mulohazalar	30
4.2. Bir zvenoli to'liq imkoniyatli kommutatsiya qurilmalarida simmetrik chaqiriqlar oqimiga oshkora yo'qotishlar usulida xizmat ko'rsatish	31
4.3. Bir zvenoli to'liq imkoniyatli kommutatsiya qurilmalarida oddiy chaqiriqlar oqimiga oshkora yo'qotishlar usulida xizmat ko'rsatish	34
4.4. Bir zvenoli to'liq imkoniyatli kommutatsiya qurilmalarida Engset chaqiriqlar oqimiga oshkora yo'qotishlar usulida xizmat ko'rsatish	39

5. Bir zvenoli to'liq imkoniyatli tizimlarni hisoblash shartli yo'qotishlar usulida xizmat ko'rsatish	42
5.1. Oddiy chaqiriqlar oqimiga kutish usulida xizmat ko'rsatish. Ko'rsatgichli xizmat ko'rsatish vaqti.....	42
5.2. Oddiy chaqiriqlar oqimiga kutish usulida xizmat ko'rsatish. O'zgarmas xizmat ko'rsatish vaqti	45
5.3. Oddiy chaqiriqlar oqimiga chaqiriqlar qayta tushishi usulida xizmat ko'rsatish.....	47
6. Bir zvenoli noto'liq imkoniyatli kommutatsiya tizimlarini hisoblash.....	49
6.1. Asosiy tushunchalar.....	49
6.2. Erlangning soddalashtirilgan metodi asosida bir zvenoli noto'liq imkoniyatli kommutatsiya tizimlarini hisoblash	52
6.3. Lotse-Babitskiy metodi asosida bir zvenoli noto'liq imkoniyatli kommutatsiya tizimlarini hisoblash	52
6.4. O'Della metodi asosida bir zvenoli noto'liq imkoniyatli kommutatsiya tizimlarini hisoblash	52
7. Ko'p zvenoli kommutatsiya tizimlarini hisoblash	54
7.1. Ko'p zvenoli kommutatsiya tizimlariga oid asosiy tushunchalar ...	54
7.2. Samarali imkoniyat usuli yordamida ko'p zvenoli kommutatsiya tizimlarini hisoblash	57
7.3. Kombinator usuli yordamida ko'p zvenoli tizimlarini hisoblash....	59
7.4. Ehtimoliylik grafi usuli yordamida ko'p zvenoli tizimlarni hisoblash	63
8. Aylanma yo'llar orqali chaqiriqlarga xizmat ko'rsatish	67
8.1. Aylanma yo'llar xaqida tushunchalar	67
8.2. Aylanma yo'llardagi yuklamalarni aniqlash	68
8.3. Aylanma yo'llarda kanallar sonini aniqlash	71
9. Multixizmat tarmoqlarida chaqiriqlarga xizmat ko'rsatish.....	74
9.1. Multixizmat tarmoqlari haqida tushuncha	74
9.2. Multiservis tarmoqlarida yuklamani hisoblash	79
9.3. Multiservis tarmoqlarida kanallar sonini hisoblash	85

10. Teletrafika nazariyasida statistik modellash usullarini qo‘llash...	86
10.1. Statistik modellash xaqida asosiy tushunchalar	86
10.2. Bir zvenoli noto‘liq imkoniyatli kommutatsiya sxemalari imitatsiya modellash algoritmi	88
10.3. Modellash natijalari aniqligi va ishonchligini baholash.....	90
Foydalanilgan adabiyotlar	92

Vaxid Zakirov

**OMMAVIY HIZMAT KO'RSATISH
NAZARIYASI**

O'quv qo'llanma

Muharrir: S.A.Mullamuxamedov
Texnik muharrir va sahifalovchi: M.A.Tashbaeva

Nashrga ruxsat etildi 21.10.2019y.
Qog'oz bichimi 60×84/16. Hajmi 7 b.t.
Adadi 10 nusxa. Buyurtma №25-3/2017
ToshTYMI bosmaxonasida chop etildi
Toshkent sh., Odilxo'jaev ko'chasi,1

Toshkent temir yo'l muhandislari instituti, 2019y.