

**ЎЗБЕКИСТОН АЛОҚА ВА АХБОРАТЛАШТИРИШ АГЕНТЛИГИ  
ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ**

**АХБОРОТНИ- ТАҚСИМЛАШ НАЗАРИЯСИ фанидан**

маърузалар матни

**5522200 – «Телекоммуникация»**

**5140900 – «Касб таълими (Телекоммуникация)»**

таълим йўналишлари учун

**Тошкент 2011**

## **1- маъруза**

### **Мавзу: Кириш. Фаннинг мақсади ва вазифалари. Фанда ишлатиладиган математик аппарат ва моделлар**

#### **Кириш**

Кундалик ҳаётимизда реал хизмат кўрсатиш учун тушаётган талабларни бажариш имкониятлари ёки ресурслари чекланган. Шу сабабли реал ҳолатларда тушаётган талабларга хизмат кўрсатишда навбатга куйиш жараёнлари содир бўлади ва бу талабларга хизмат кўрсатиш сифатини аниқлашда оммавий хизмат кўрсатиш назарияси талаблари эътиборга олиниши ёки хизмат кўрсатиш сифатига боғлиқ жараёнлар учун баъзи бир талабларни каноатлантирадиган усулларни характерлаш талаб этилади. Бундай талабларни электралоқа учун тавсифлашда “Ахборот тақсимоти назарияси”дан фойдаланилади.

Бу назарияга кўра тушаётган чақириқлар юклама деб ҳисоблаш масаласини олдинга сўрган олимлардан бири Даниялик А.К.Эрланг (1873-1929) ва Т. Энгсет бўлиб, улар ўзларининг 1909-1920 йиллардаги тадқиқотлари натижасида аниқлаганлар.

30-йилларга келиб атоқли математиклар А.Н.Колмогоров, А.Я.Хинчин ва А.А.Марковлар янги илмий йўналишни оммавий хизмат кўрсатиш назарияси яратилишига асос солганлар. Ахборот тақсимоти назариясида телефон юкламасини ўзгаришини 40 йилларга келиб тадқиқотлаган швед олими С. Палма ҳисобланади. С. Палма томонидан тадқиқотлар натижаларидан бўгунга келиб ҳам фойдаланиш давом этмоқда.

Ахборотни тақсимлаш назариясида телефон юкламасини ҳисоблаш ва кейинги ривожланиш давридаги ҳолатини ягона тизим сифатида қарашни илгари сўрган олимларга мисол қилиб Б.С.Лившиц, А.Д.Харкевич, М.А.Шнепс, Я.В.Фидлинлар назарияси бўйича олинган натижаларни мисол қилиб кўрсатиш мумкин. Оммавий хизмат кўрсатиш назариясида бугунга келиб ҳам маиший хизмат ва космик тадқиқотлар утказишда фойдаланилмоқда. Аммо унинг асосий ривожланиш аҳамиятини белгиловчи бўлимларидан бири бу “Ахборотни тақсимлаш назарияси”(teletraffic theory) ҳисобланади.

Шу сабабли кўп ҳолларда телекоммутация тизимлари ва тармоқларида маълумотлар ўзатиш сифатини аниқлашда А.К.Эрланг таърифлаган статистик барқарорлик тамойили ва унинг асосида тўла имконли ва идеал-симметрик нотўлақ имконли схемаларни ҳисоблаш учун олинган формулалар ахборотни тақсимлаш назариясининг ривожланишига асос бўлиб келмоқда деб ҳисоблаш мумкин.

#### **1.1.Фаннинг мақсади ва вазифалари**

«Ахборотни тақсимлаш назарияси»нинг асосий мақсади, реал ҳолатларда телекоммутация тизимларда ахборот тақсимланиши учун математик

моделлар яратиш ҳамда тизимнинг сифатли ишилашни баҳолаш моделларини ишлаб чиқишдан иборат.

«Ахборотни тақсимлаш назарияси»нинг предмети қилиб телекоммуникация тизимининг эҳтимоллик характеристикаларини, телефон юкламаси интенсивлигини ва қурилмалар сонини ҳисоблаш жараёнларини, ҳамда алоқа тизимига келаётган чақириқлар оқимларига белгиланган сифатда хизмат кўсатиш жараёнини ва унинг миқдорий характеристикаларини ўрганиш қабул қилинган.

## **1.2. Фанда ишлатиладиган математик аппарат ва моделлар**

Ахборотни тақсимлаш назариясида тадқиқ қилинаётган хизмат кўрсатишнинг математик модели учта асосий элементдан:

тушаётган ахборот (телефон, телеграф, факсимил, видео, ва e-mail хабарлари ва бошқалар) оқимларидан;

тушаётган ахборотларга хизмат кўрсатиш тизимидан (коммутация тизими);

тушаётган ахборотларга хизмат кўрсатиш тартиби дан ташкил топган.

Ушбу математик моделларга кўра тушаётган чақириқлар оқимларига сифатли хизмат кўрсатиш электралоқа тизимида ишлатиладиган қурилмалар тури ва коммутациялаш усулларига боғлиқ деб айтиш мумкин.

Тушаётган ахборот (телефон, телеграф, факсимил, видео ва e-mail хабарлари ва бошқа оқимларга хизмат кўрсатиш :

- -йўқотишларсиз;
- -аниқ йўқотишлар;
- -кутиш;
- -такрор чақирувлар ёки аралаш усуллари бўйича тўрт хилда амалга оширилиши мумкин.

Тушаётган ахборотларга хизмат кўрсатиш тизими (коммутация тизими)лари коммутация майдонлари тулиқ ёки нотулиқ имконли, бир ёки кўп звенли структурага эга бўлиб КМнинг структуравий параметрлари чиқиш, кириш ва оралиқ линиялар сони орқали характерланади.

Тушаётган ахборотларга хизмат кўрсатиш тартиби эса 2 хилда – қаътий тартибли, тасодифий тартиб ёки имтиёзлилик бўйича хизмат кўрсатишга бўлинади, бунда коммутация тизимлари қўрилмаларини эркин, гуруҳли ёки шахсий излаш режмлари бўйича банд бўлади деб тушунилади, бўш чиқиш линияларини танлашда навбатма-навбат ёки тасодифий усуллар бўйича хизмат кўрсатиш амалга оширилади.

Телефон тармоғи орқали хизмат кўрсатилиши керак бўлган ҳамма чақириқлар оқими трафик (телефон чақириқлари оқими) ёки юклама деб аталади. Телефон юкламаси алоқа ўрнатилиш турига қараб, ички станция, станциялараро ва ҳалааро (транзит) юкламаларга бўлинади. Телефон тармоғига тушаётган чақириқлар тасодифан тушади ва уларга хизмат кўрсатиш вақти ҳам аввалдан маълум бўлмасдан тасодифийдир. Кирувчи

ахборот оқимларининг параметри ва хоссалари, хизмат кўрсатиш тизимининг параметри ва структураси ҳамда хизмат кўрсатиш тартибига боғлиқ.

Шу сабабли телефон трафигини таҳлил қилишнинг биринчи босқичи, чақириқлар тушиш жараёнини ифодалашдан ва хизмат кўрсатиш вақтини эҳтимолий – тавсифлар ёрдамида аниқлашдан иборат. Шу сабабли коммутация тизимлари ва тармоқларини лойиҳалаштираётганда уни энг катта юкламага хизмат қила олади деб лойиҳалаштириш мумкин. Аммо телекоммутация тизимлари ва тармоқлари ҳамма абонентлари бир вақтда алоқа ўрнатишни талаб этмайди деган талаб асосида, лойиҳалаштириш мақсадга мувофиқ келади. Телефон тармоғига тушаётган чақириқлар тасодифийлиги боис, уларга хизмат кўрсатувчи станция қурилмаларнинг умумий сонини аниқлашда ноқулайликлар мавжуд. Биринчи коммутация воситалари нисбатан оддий структурага эга бўлган, уларда тўлиқ имконли ва оз ҳолларда нотулиқ имконли уланиш системалари ишлатилган ва асосан таҳлил масалаларининг ечими амалиёт эҳтиёжларини қондирган.

Мисол учун: қўлда уланишни амалга оширадиган АТС лар учун маълум боғланувни амалга ошириш дарҳол ёки кутиш орқали амалга оширилган. Бунда телефонисткалар сони ва турли уланишларда ишлатиладиган симлар жуфтликлари сони чекланганлигидан фойдаланиб АТСдаги чақирувлар эҳтимолликларини ҳисобга олган ҳолда излаш босқичлари бўйича асбоблар сонини ҳисоблаш имконияти бўлган. Квазиэлектрон ва электрон АТСларнинг яратилишида биринчи даражали масала қилиб коммутация тугунлари структурасини, унинг параметрларини оптималлаштириш ва синтезлаш долзарб масала қилиб белгиланган. Маълум сиғимдаги коммутация станцияси ёки узели учун коммутация майдонини тузишда тушаётган оқимларга, хизмат кўрсатиш тартиби ва хизмат кўрсатиш сифат кўрсаткичлари қийматлари минимал бўлишга эришишга ҳаракат қилиш асосий масала қилиб белгиланган. Электрон АТСларнинг коммутация майдони схемасини оптималлаштириш ва оптимал алгоритмларини ишлаб чиқишда процессорга тушаётган юкламани камайтириш учун бўш чиқишни излаш вақти ва коммутация майдонига борадиган йўللарни минимал бўлишига асосий эътиборни қаратиш ва коммутация тизимининг ўтказиш қобилиятини тадқиқ қилиш учун математик модел яратиш муҳим масала ҳисобланади. Ахборотни тақсимлаш назарияси асосларига кўра коммутация тизимларини таҳлил қилишда асосан чақириқларга навбатсиз ва навбатли хизмат кўрсатиш модуллари эътиборга олиб, узлуксиз телефон каналларидан йўналишлар бўйича узатилган маълумотларни математик модул ёрдамида аниқлаш мумкин деб айтишимиз мумкин. Одатда трафикни ҳосил қилувчиларга хизмат кўрсатиш умумий тушинча бўлиб уларга транспорт воситалари хизмати, маиший хизмат, билет сотиш кассалари, телефон алоқаси хизматларини кўрсатиш мумкин. АТН фанида телефон юкламаси ҳақидаги масалалар қараб чиқилади ва юкламани узгарувчан миқдор деб қабул қиламиз. У йил, ой ва сутка давомида узлуксиз ўзгариб туради ва сифатли хизмат кўрсатишда муоммоларни келтириб чиқаради.

## 2- маъруза

### Мавзу: Чақириқ оқими, оқим параметри, аниқланиш соҳаси

#### 2.1 Чақириқлар оқими

Чақириқлар оқими (талаблар, талабномалар, ходиса) деб, тизимга бирон – бир вақт оралиғида ёки бирон-бир вақт онларида чақирувларнинг бирин-кетин келиш кетма-кетлигига айтилади.

Чақириқлар оқими:

- -тасодифий;
- детерминирланган оқимларга бўлинади.

Агар алоқа тизимига тушаётган чақириқларнинг тушиш моменти ва чақириқлар тушиш оралиқлари турлибўлса ҳамда тизимга келаётган чақириқлар қабтй қайд қилинмаса ёки чақириқлар тасодифий қийматларда деб қаралса бундай чақириқлар оқимини тасодифий чақириқлар оқимини деб айтиш қабул қилинган.

Агар алоқа тизимига тушаётган чақириқларнинг тушиш вақти аниқ ёки қабтй белгиланган тасодифий вақт оралиқларига эга бўлса бундай чақириқлар детерминирланган чақириқлар оқими деб аталайди ва у амалиётда кам учрайди.

Реал ҳаётда тасодифий чақириқлар оқимлари билан иш кўрилади. Шу сабабли ахборотни тақсимлаш назариясида тасодифий чақириқлар оқимларига асосий эътибор қаратилади.

Бундай чақириқлар оқимлари тушиш вақтини уч хилда:

- 1. Чақириқлар тушуш вақтлари кетма-кет  $t_1, t_2, \dots, t_n$ ;
- 2. Хосил бўлган чақириқлар вақт оралиқлари кетма-кет  $z^1, z_2, \dots, z_n$ ;
- 3. Берилган  $[t_0, t_1), [t_0, t_2), \dots, [t_0, t_n)$ , вақт оралиқларида тушаётган чақириқларни  $k_1, k_2, \dots, k_n$ , аниқликдаги кетма –кет сонли чақириқлар орқали эквивалент усуллар ёрдамида аниқлаш мумкин деб ҳисоблаш.

Ихтиёрий вақт оралиғида тизимга тушаётган чақирувлар оқимининг сони чекланган бўлса, бундай келаётган чақирувлар оқимлари сони математик кутилиши ҳам чекланган, шу сабабли бундай оқимларни ахборотни тақсимлаш назарияси фанида финит оқимлар деб аташ қабул қилинган.

Бундай финит оқимида  $[0, t)$  вақт оралиғида тизимга келаётган чақирувлар сонининг математик кутилмаси,  $\Delta(0, t)$ га оқимининг етакчи функцияси дейилади.

$\Delta(0, t) > 0$  бўлганда амалиётда чекланган қийматга эга.

Шу сабабли ўзлуксиз етакчи функцияга эга бўлган оқимларни регуляр, поғонали функцияга эга бўлган оқимларни эса сингуляр оқимлар деб аташ қабул қилинган.

- Чақирув оқими қуйидаги :
- -ўзгармас (стационар)лик;

- -нестационарлик хусусиятлари билан классификацияланади.

Ўзгармас(стационар) оқим бу ихтиёрий чакирувлар сонини биргаликдаги тақсимот қонуни

$(t_0, t_1), (t_0, t_2), \dots, (t_0, t_n)$  вақт оралиғида  $P \neq (t_0, t_i), \dots, i = 1, 2, 3, \dots, n$

Унинг оралиқ вақти оқимнинг узунлигига боғлиқ бўлиб тушиш вақтига боғлиқ эмас. Демак, маълум вақт оралиғида келиб тушаётган чакирик оқимининг эҳтимоллиги оралиқ вақт узунлигига боғлиқ бўлиб, бошланғич вақтига боғлиқ эмас. Тескари ҳолатда оқим ностационар оқим ҳисобланади. Телефон тармоқларда чакирик интенсивлиги ўзгарувчан бўлиб, унинг ўзгариши сутканинг вақтига боғлиқдир. Демак, тушаётган чакирув оқимлари ностационардир. Сутка давомида чегараланган вақт оралиғида, яъни бир соат давомида телефон оқимини ностационарлиги сезилмайди, шу сабабли амалиёт масалаларини ечганда оқимни стационар деб ҳисоблаш мумкин.

Чакириклар оқимлари қўйидаги таркиб билан классификацияланади:

- - стационар;
- -кейинги таъсири йўқ;
- -ординар оқим.

Оқимнинг эҳтимоллий характеристикаси вақтига боғлиқ бўлмаса, бундай оқимга стационар оқим дейилади, у фақат шу вақт оралиғига боғлиқ;

Кейинги таъсири йўқ оқим деб  $(t_1, t_2)$ , вақт оралиғида чакириклар тушиш эҳтимоллиги  $t_1$  вақтгача тушган чакириклар сонига боғлиқ бўлмаслигига айтилади.

Ординар оқим - бу бир вақтнинг ўзида биттадан ортиқ чакирикнинг қисқа  $\Delta t$ , вақт оралиғида тушиш эҳтимоллиги, битта  $\Delta t$  чакирик тушиш эҳтимоллигидан жуда кичик бўлган оқимларга айтилади. Оқимларнинг ординарлиги амалиётда ҳар қандай чакирик онларида чакирикларни гуруҳ бўлиб тушмаслигини кўрсатади.

## 2.2. Аниқланиш соҳаси

Чакирув оқимларини аниқланиш соҳаси учта эквивалент усуллар билан берилиши мумкин:

1. чакирувчи онларнинг кетма-кетлиги:

$$t_1, t_2, \dots, t_n$$

2. чақмрувчи онлар кетма-кетлиги оралиғи ўртасидаги вақт оралиғи билан:

$$z_1, z_2, \dots, z_n$$

3. берилган вақт оралиқларида келадиган чакирувлар сонининг кетма-кетлиги билан:

$$(t_0, t_1), (t_0, t_2), \dots, (t_0, t_n),$$

Тасодикий чакирув оқимларни бериш учун тақсимот функциясидан фойдаланилади.

Бирон-бир тасодифий миқдор  $x$  нинг эҳтимоллик тақсимооти функцияси деб,  $X \prec x$  эҳтимоллигини аниқловчи  $F(X) = P\{X \prec x\}$  функцияга айтилади.

У ҳолда юқорида баён этилганини инобатга олиб тасодифий чақирув оқимиларни бериш учун қуйидаги учта эквивалент усуллар ишлатилади:

1.  $n$  тасодифий чақирувчи онларнинг биргаликдаги тақсимоот қонуни:

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

2. Чақирувчи онлар кетма-кетлиги оралиғи ўртасидаги вақт оралиғини биргаликдаги тақсимоот қонуни

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

Берилган  $[t_1, t_2], [t_2, t_3], \dots, [t_{n-1}, t_n]$  вақт оралиқларда келадиган  $K$  чақирувлар сонининг

биргаликдаги кетма-кетлик тақсимоот қонуни

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

Чақирув оқими қуйидаги хусусиятлари билан классификацияланади: Ўзгармаслик (стационар) оқим бу ихтиёрий  $n$  чақирувлар сонини биргаликдаги тақсимоот қонуни  $(t_0, t_1), (t_1, t_2), \dots, (t_{n-1}, t_n)$  вақт оралиғида

$$P\{K(t_0, t_i) = K_i, i=1,2,\dots,n\}$$

Унинг оралиқ вақтининг узунлигига боғлиқ бўлиб тушиш вақти  $t_0$  га боғлиқ эмас.

Демак, маълум вақт оралиғида келиб тушаётган чақирик оқимининг эҳтимоллиги оралиқ вақт узунлигига боғлиқ бўлиб, бошланғич вақтига боғлиқ эмас.

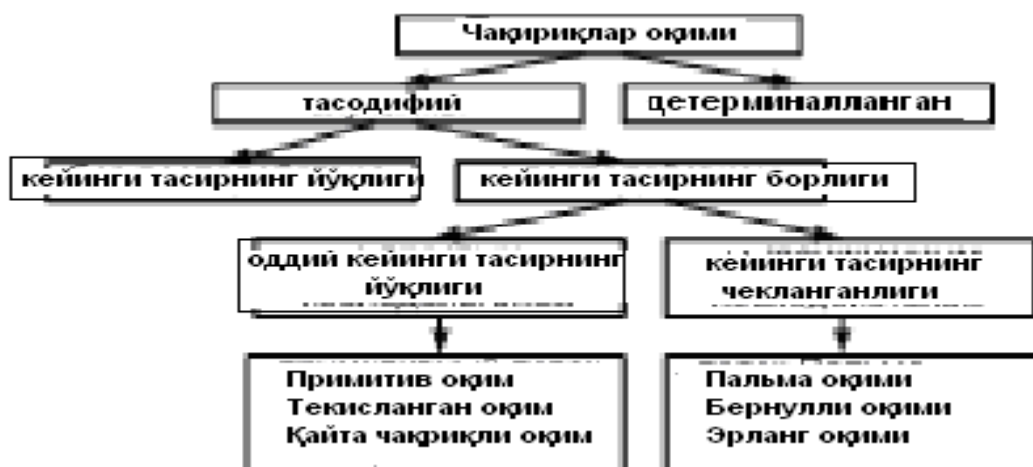
### 2.3. Оқим параметри

Оқимнинг параметри деб  $(t, t+\Delta t)$  вақт оралиғида жуда бўлмаганда битта тасодифий чақирик тушиши, шу вақт оралиғи узунлигининг нолга интилгандаги лимитига айтилади.

$$\lambda(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P_{i \geq 1}(t, t + \Delta t)}{\Delta t}$$

Стационар процесс учун оқим узлуксизлиги ва параметри –доимий катталиқ бўлиб вақтга боғлиқ бўлмайди ва  $\lambda(t)=\lambda$  ва  $\mu(t)=\mu$  га тенг.

Ординар оқимлар учун оқим параметри хажми ва оқимнинг узлуксизлиги  $\lambda = \mu$  га мос келади. 2.1-расмда оқимлар классификациялари тўғрисидаги маълумот келтирилган.

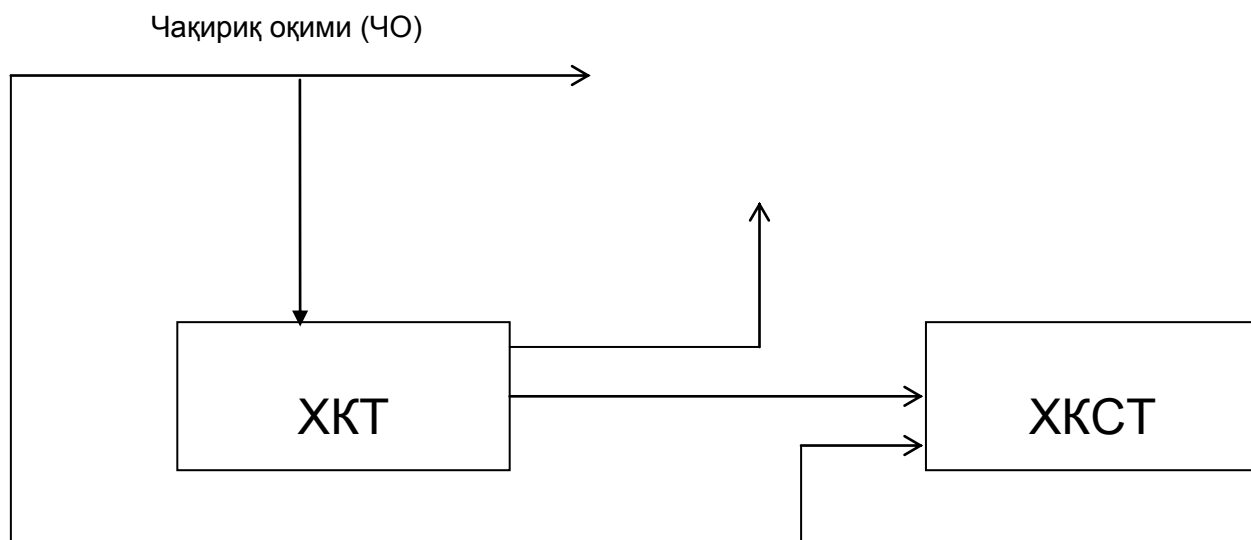


### 3-маъруза

#### Энг оддий чақирик оқими.

#### Энг оддий чақирик оқимини математик модели

Энг оддий чақирик оқимларини қуйидаги модель асосида кўриб чиқамиз.



Бу ерда:

АТТС – ахборотни тақсимлаш тизими структураси.

ХКТ- хизмат кўрсатиш тартиби (кутиш ва йўқотишли).

ХКСТ- хизмат кўрсатиш сифати характеристикаси.

Агар хизмат кўрсатиш сифати характеристикаси (ХКСТ) топиш керак бўлса унда:

$$\text{ХКСТ} = f(\text{ЧО}, \text{ХКТ}, \text{АТТС})$$

Энг оддий чақирув оқимлари қуйидаги параметрлар билан характерланади:

- оқим етакчи функцияси;
- оқим параметри;
- оқим интенсивлиги (жадаллиги).

Ялпи (оммавий) хизмат кўрсатиш тизимларида энг кўп қўлланиладиган чақирувлар оқимининг энг кўп тарқалган реал (ҳақиқий) модели бу энг оддий чақирувлар оқимидир.

Ҳақиқатдан ҳам, юқорида айтилганидек, чақирувлар оқимларини классификация принциплари кўрилганда, катта гуруҳдаги абонентлардан келаётган чақирувлар оқими сўнги таъсирсизлик, ординарлик, стационарлик хусусияти билан характерлаб, агар кўрилатган вақт оралиғи 1-3 сек. билан чекланса оқимни стационар деб ҳисоблаш мумкин.

Демак кейинги таъсири йўқ стационар, ординар оқимлар оддий чақириклар оқимига мисол бўлади.

ОЧО масаласини ечишда  $P_k(t_0, t_0 + t)$

эҳтимоликдан

фойдаланамиз.

Бу эҳтимоллик кўрсатадики, тизимга  $t_0$  - вақт оралиғидан  $t$  - вақт оралиғигача аниқ  $k$  - эҳтимолликдаги чақирув тушади. Энг оддий чақирув оқимини математик моделига мисол қилиб 3.1-расмни келтириш мумкин.



Агар  $[t_0, t_0 + t + \tau] \cup [t_0 + t, t_0 + t + \tau]$  вақт оралиғини, икки қисмга бўлинган деб қарасак.

У ҳолда:  $[t_0, t_0 + t + \tau]$  Бунинг учун,  $[t_0, t_0 + t + \tau]$  биринчи вақт оралиғида аниқ  $k$  чақирик тушди, бу чақирик  $k, k-1, \dots, k_i$  биринчи вақт оралиғига тушган керакли чақирикларни ва иккинчи вақт оралиғига тушган чақириклар  $0, 1, \dots, i$  ёки  $k$  чақирикларни ташкил этади. Демак вақт оралиғида  $k$  - та чақириклар тушиш эҳтимоллиги  $P_k [t_0, t_0 + t + \tau]$  га тенг деб айтиш мумкин.

Келтирилган эҳтимоликдан келиб чиқиб чақирик тушуш эҳтимоли қисмларини қўйидагича белгилаш мумкин:

- $P_{k-1}(t_0, t_0 + t)$  - биринчи вақт оралиғи;
- $P_i(t_0, t + \tau)$  - иккинчи вақт оралиғи.

Оддий чақирик оқимининг тарифига кўра у стационар шу сабабли унга бирон бир чақирик тушуш вақт оралиқлари эҳтимоли ёки  $[t_0, t_0 + t + \tau]$  ни ҳисоблаш вақтига боғлиқ эмас.

Демак оддий оқим деб- ходисанинг соф оқимига айтиш мумкин, бунда чақирикларнинг тушиши вақтга ва аввалги ходисаларга боғлиқ бўлмасдан ҳақиқатдан фақат воқеа бўйича аниқланади.

Чақирик тушиш қисмлари оралиғи эҳтимоликлари ифодаларини соддалаштирсак:

$$P_k(t_0, t_0 + t + \tau) = P_k(t + \tau)$$

$$P_i(t_0, t_0 + t)$$

$$P_{j-1}(t_0 + t, t_0 + t + \tau) = P_j(\tau) \text{ кўринишга эга бўлади.}$$

Оддий чақирик оқими кейинги таъсири йўқ оқим ҳисоблангани учун, ходиса мустақилдир, шунинг учун биринчи ва иккинчи вақт оралиқларига вақт оралиғида аниқ  $k$  - та чақирик тушиш эҳтимоли  $i = 0, 1, \dots, k$  бўлганда.

$$P_k(t + \tau) = P_k(t) * P_0(t, t + \tau) + P_{k-1}(t) * P_1(t, t + \tau) + \dots + P_0(t) * P_k(t, t + \tau);$$

$$P_k(t + \tau) = \sum_{i=1}^K P_i(t) P_{k-1}(\tau).$$

келтирилган ифодалар системаси чексиз тенгламалардан иборатлиги учун вақт оралиқларини  $\tau \rightarrow 0$  чеклаймиз. Бунинг натижасида оқимнинг ординарлиги  $\Pi_2(t, t + \tau) = 0(\tau), \tau \rightarrow 0$ .

$\Pi_2(t, t + \tau)$  -тизимга битта ёки иккита чақириқ тушиш интервали, олинган ифодаларни юқоридаги ифодага қўлласак у қўйидаги кўринишга эга бўлади.

$$P_k(t + \tau) = P_k(t) * P_0(\tau) + P_{k-1}(t) * P_1(\tau) + 0(\tau)$$

бундан  $P_0(\tau)$  битта ҳам чақириқ келиб тушмаслик эҳтимоли.  $P_1(\tau)$  битта чақириқ келиб тушиш эҳтимолликлари ифодасини хосил қиламиз.

$$\Pi_1(\tau) = P_1(\tau) + P_2(\tau)$$

$$\Pi_1(\tau) = P_1(\tau) + P_2(\tau)$$

$$\Pi_2(\tau) = P_2(\tau) + P_3(\tau)$$

$$P_1(\tau) = \Pi_1(\tau) - \Pi_2(\tau) = \lambda\tau + 0(\tau)$$

бу ерда  $0(\tau)$  – оқимнинг ординарлиги

$$\lim_{\tau \rightarrow 0} \frac{\Pi_2(t, t + \tau)}{\tau} = 0 \quad \Pi_2(t, t + \tau) = 0(\tau)$$

$$\lambda(t) = \lim_{\tau \rightarrow 0} \frac{\Pi_1(t, t + \tau)}{\tau} = \lim_{\tau \rightarrow 0} \frac{\Pi_1(\tau)}{\tau}$$

$$\Pi_1(\tau) = \lambda(t)\tau + 0(\tau)$$

$$\Pi_1(\tau) = \lambda\tau + 0(\tau)$$

$$P_0(\tau) = (\Pi)_0(\tau) - \Pi_1(\tau)$$

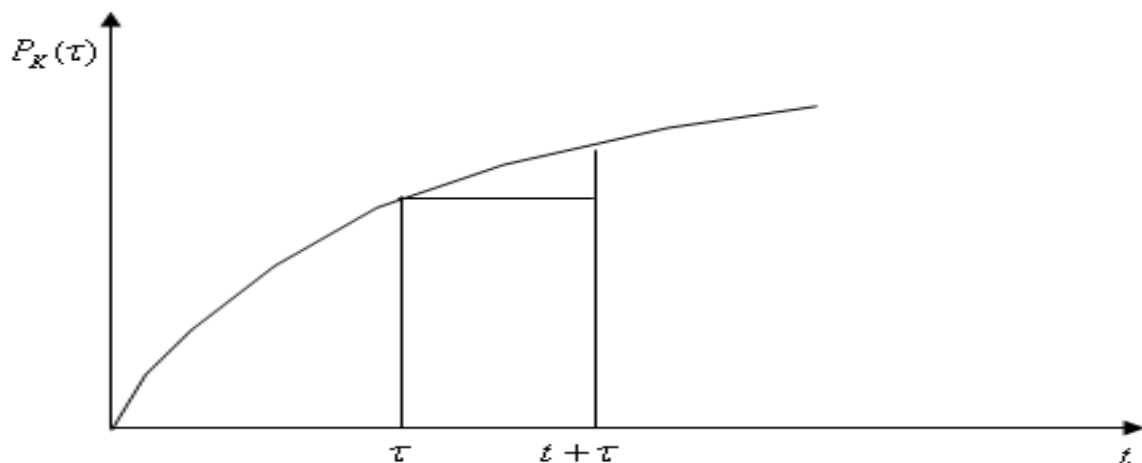
$$P_0(\tau) = 1 - \Pi_1(\tau) = 1 - \lambda\tau + 0(\tau)$$

$$P_k(t + \tau) = P_k(t) [\lambda\tau + 0(\tau)] + P_{k-1}(t) * \lambda\tau + 0(t)$$

$$\frac{P_k(t + \tau) - P_k(t)}{\tau} = \lambda P_k(t) + \lambda P_{k-1}(t) + \frac{0(\tau)}{\tau}$$

Энг оддий чақириқлар оқимини аниқлаш зарур бўлсин. Бунда  $t_1, t_2, \dots, t_i$  вақт интервали оралиқларида тизимга тушаётган чақириқларни сонини аниқлашда 3.2-расмдан ва қўйидаги ифодалардан фойдаланамиз:

$$P'_k(t) = -\lambda P_k(t) + \lambda P_{k-1}(t), \quad k = 0, 1, 2, \dots$$



$$\lim_{\tau \rightarrow 0} \frac{P_k(t + \tau) - P_k(t)}{\tau} = -\lambda P_k(t) + \lambda P_{k-1}(t)$$

Энг оддий оқимнинг хоссаларидан келиб чиқиб, эҳтимоллар назариясининг маълум ифодаларидан фойдаланиб, дифференциал тенгламалар системасини ҳосил қилиш мумкин ва энг оддий оқимда аниқ  $K$ -чақирувларнинг  $t$ -вақт оралиғида тизимга келишини Пуассон формуласи билан аниқлаш мумкин:

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

Шу сабабли баъзида энг оддий оқимни стационар Пуассон оқими деб аташ мумкин. Энг оддий оқимнинг асосий характеристикалари.

$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$  параметрларги эга  $n$ -та бир-бирига боғлиқ бўлмаган энг оддий  $\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n$  оқимларни бирлаштириб

параметрли умумий оддий оқимни ҳосил қилиш мумкин.

Тизимга роппа-роса  $K$ -чақирувларнинг  $t$ -вақт оралиғида келиш эҳтимолини аниқлашда Пуассон функциясидан фойдаланамиз. Бунда:

$$P_k(t) = \frac{[(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n)t]^k}{K!} e^{-(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n)t}$$

Келаётган чақирув оқимларнинг  $K!$  барча мумкин бўлган сони, унинг кўрилатган  $t$ -вақт оралиғидаги йиғиндисини 1-га тенглаштириш мумкин:

$$\sum P_k(t) = 1$$

$$\sum_{k=0}^{\infty} P_k(t) = e^{-\lambda t} \sum \frac{(\lambda t)^k}{K!} = e^{-\lambda t} e^{\lambda t} = 1$$

Демак  $t = 1$  бўлганда

$$P_k(f) = P_n \frac{\lambda^k}{K!} e^{-\lambda}$$

Бу ерда  $P_k(f)$  функцияси дискрет тасодифий  $K$ -миқдорнинг тақсимот функциясидир.

Бунда  $M(K)$  ва  $D(K)$   $K$  миқдорнинг мос равишда математик кутилиши ва дисперциясидир.

$t=1$  бўлганда ;  $M(K) = D(K) = \lambda$  демак,  $D(K) = \sqrt{\lambda}$

$$\mu = M(K) = \lambda$$

$$P_k(t) = f(k)$$

$$\lambda = \text{Const}$$

қиймати ортиши билан эгри чизик узлуксиз тасодифий миқдорнинг қонун тақсимолига яқинлашади.

- Тизимга тушаётган чақириқларни сонини топишда Пуассон формуласидан фойдаланамиз:
- Мисол учун:
- $\lambda = 180$  чақириқ / соат
- $t = 8$  минут
- $K = 5$
- Топиш керак  $P_K(t) = ?$
- Масаланинг ечими:

$$P_k(t) = \frac{(\lambda t)^k}{K!} e^{-\lambda t} = \frac{(180 * 8 / 60)^5}{5!} e^{-180 * 8 / 60} = 0,3$$

i-дан кўп чақириқ келиш эҳтимолини топишда

$$P_i > i(t) = \sum_{K=i+1}^{\infty} P_k(t)$$

$$\sum_{K=0}^{\infty} P_k(t) = 1$$

$$P_i > i(t) = \sum_{K=i+1}^{\infty} P_k(t) = 1 - \sum_{K=0}^i P_k(t)$$

#### 4-маъруза

**Талаб оқимини модели. Ностациолар Пуассон оқими, примитив оқим, чегараланган сўнг таъсирли чақирик оқими, Эрланг оқими, Озод бўлим оқими – туғилиш ва халок бўлиш жараёни.**

#### **Ностационар Пуассон оқими**

Ностационар Пуассон оқими деб (баъзида уни ўзгарувчи параметрли оқим ёки ностационар энг оддий оқим деб аташади)  $t$  - чекланган параметри мавжуд бўлган сўнг таъсирсиз ординар оқимга айтилади. Бу оқимнинг параметри унинг ностационарлик хоссасини инобатга олган ҳолда, энг оддий оқимнинг  $[0, t]$  параметри каби вақт оралиғи катталигига, ҳамда  $t_0$ -бошланғич вақт онига ҳам боғлиқ бўлади. Ноординар Пуассон оқими учун  $t$ -вақтда  $n$ -та чақирувчи вақт онлари бўлиш эҳтимолини Пуассон формуласи асосида аниқланади.

$$P_k(t_0, t) = \frac{[\int_{t_0}^t \lambda(u) du]^k}{K!} e^{-\int_{t_0}^t \lambda(u) du}$$

Ноординар Пуассон оқими учун чақирувчи вақт онлари оқимини ва чақирувлар оқимини фарқлаш лозим.

Чақирувчи вақт онлари оқими бу  $t$  -вақт оралиғида аниқ  $i$  -чақирувчи вақт онлари эҳтимоли билан тавсифланади. Бу эҳтимоллик Пуассон формуласи асосида аниқланади, бундан кўринадики, ҳар бир чақирик онда тушаётган чақириклар сони ўзгармас миқдордир ва  $1$  -га тенг, уни оқимининг ностационарлиги деб атаймиз ҳамда қуйидаги ифода орқали аниқлаймиз:

$$K = \frac{n}{e} \dots n = \frac{K}{e}$$
$$P_{k/e}(t) = \frac{(\lambda t)^{k/e}}{(\frac{K}{e})!} e^{-\lambda t}$$

Бошқа ноординар оқимлар учун ноординарлик тавсифи тасодикий миқдордир.

Примитив оқим (манбалари чекланган оқим)

Примитив оқим деб, шундай симметрик оқимга айтиладики, унинг параметри шу вақт ондаги бўш (озод) манбалар сонига тўғри пропорционал бўлади, яъни:  $\lambda_i = (n - i)\alpha$

Бу ерда:  $n$ -чақирувлар манбаларининг умумий сони;

$1$  - банд манбаларнинг сони;

$\alpha$  - эркин ҳолатдаги манба оқимнинг параметри.

Примитив (оддий) оқимнинг модели,  $n \rightarrow \infty$  ва  $\alpha \rightarrow \infty$  бўлганда энг оддий оқим моделига айланади, чунки унинг  $\lambda = n\lambda$  параметри коммутацион тизимнинг ҳолатига боғлиқ бўлмайди.

Чегараланган сўнги таъсирли оқим

Чақириклар орасидаги вақт бир-бирига боғлиқ бўлмаган ва тасодифий микдордирга эга оқимларни чегараланган сўнги таъсирли оқим деб атаيمиз.

Чегараланган сўнги таъсирли оқимни қўйидаги ифода кўринишида белгилаймиз:

$$F_K(t) = P\{Z_K \leq t, K=1,2\}$$

Чегараланган сўнги таъсирли оқимнинг хусусий ҳоли бу рекурент оқимдир шунинг учун уни қўйидаги ифода орқали белгилаймиз:

$$F_1(t) = F_2(t) = F_3(t) \dots = F(t)$$

Рекурент оқимининг хусусий ҳолати деб, энг оддий чақирув оқимини тушуниш мумкин.

$$F(t) = P\{Z \leq t\} = 1 - e^{-\lambda t}$$

Оддий сўнг таъсирли оқим

Оддий сўнг таъсирли оқимларнинг асосий характеристикаси бу оқим параметрининг ихтиёрий  $t$  вақт онда коммутацион тизимнинг ҳолатига боғлиқ бўлишидир.

Коммутацион тизимнинг  $S$ -кўплик ҳолатига эса, коммутацион тизимнинг кириш ва чиқишларини боғловчи каналлар номерлари ва х.к. ни киритамиз. Коммутацион тизим доимо кириш, чиқиш ва боғловчи линияларнинг чекланган сонига эга бўлганлиги учун, тизимнинг мумкин бўлган ҳолатлари сони ҳам чеклангандир. Коммутацион тизимнинг бундай ҳолатлари микроҳолатлар дейилади. Коммутацион тизимнинг фақат банд бўлган киришлари (чиқишлар) сони фарқланадиган ҳолати тизимнинг макроҳолати дейилади.

Демак коммутацион тизимнинг  $S(t)$  ҳолати ёки чақирувчи оқим параметри деганда қўйидаги  $\lim$  тушинилади.

$$\lambda_{s(t)} = \lim_{\tau \rightarrow 0} \frac{\pi_1(t, t+\tau) / S(t)}{\tau}$$

**Таъриф:** Оддий сўнг таъсирли оқим деб оддий сўнг таъсирли ординар оқим тушунилади, бундай оқим учун ихтиёрий  $t$ -вақтнинг  $S(t)$  -онида чекланган ҳолатдаги оқим параметри мавжуд бўлиб, у фақат  $t$ -вақт онда коммутацион  $S(t)$  тизимнинг ҳолатига боғлиқ бўлади ва  $t$ -вақт онигача чақирувлар хизмат кўрсатиш жараёнига боғлиқ бўлмайди. Бошқача қилиб айтганда: оддий сўнг таъсирли оқимнинг параметри ихтиёрий  $t$ -вақт онда тизимнинг  $S(t)$  шу ондаги ҳолатига боғлиқ бўлади, тизимнинг ҳолати эса ўз навбатида  $t$  вақт онигача келган чақирувлар ва уларга хизмат кўрсатиш жараёнига боғлиқ бўлади. Оддий сўнг таъсирли оқим тушунчаси оқимлар назариясида энг умумий тушунчалардан биридир. Амалда ихтиёрий оқимни оддий сўнг таъсирли

оқим деб қабул қилиш мумкин, чунки коммутацион тизимга ҳар доим чақирувлар келиши таъсир қилади.

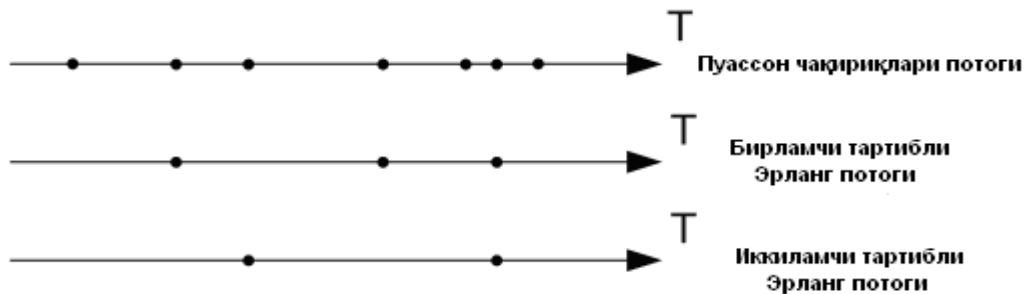
## Симметрик оқим

Симметрик оқим деб,  $\lambda_{s(t)}$  -параметри ихтиёрий  $t$  -вақт онда шу онда хизмат кўрсатилаётган фақат  $\tau$  - чақирувлар сонига боғлиқ бўлган ва коммутацион тизимнинг  $\lambda_{s(t)}$  -ҳолатини аниқловчи бошқа тавсифларга боғлиқ бўлмаган оддий сўнг таъсирли оқимга айтилади.

Бунда параметрнинг чақирувларга хизмат кўрсатиш сонидан боғлиқлигининг қонунияти ихтиёрий бўлиши мумкин. Шунинг учун,  $i$  хизмат кўрсатилаётган чақирувлардаги ихтиёрий ҳолатдиги симметрик оқимлар бир хил бўлиб фақат  $i$  га боғлиқ бўлади, яъни:  $\lambda_{s(t)} = \lambda_i$ .

Эрланг оқими

Эрланг оқими ҳам чегараланган сўнги таъсирли оқимига мансубдир. Эрланг оқими дастлабки оддий потокни саралаш натижасида ҳосил қилинади.



$i$ - тартибли Эрланг оқимини  $i$ -чақириқни ташлаб юбориш ва  $(i+1)$  чақириқни сақлаб қолиш йўли билан ҳосил қилинади.

Эрланг оқими асосий хусусиятлари:

Чақириқлараро оралиқлар бир-бирига боғлиқ эмас ва бир хилда тақсимланган, бўлиб уларни бир хилдаги бир –бирига боғлиқ бўлмаган вақт оралиқларидаги оддий потокларни йиғиш орқали ҳосил қиламиз.

Ҳосил бўлган оддий потоклар учун  $f_n(t)$  -зичликдаги тақсимот қонуни ҳосил қиламиз:

$$f_n(t) = \frac{\lambda(\lambda t)^{n-1}}{(n-1)!} e^{-\lambda t}$$

Бунда -  $f_n(t)$  чақириқлар орасидаги вақт катталигининг тақсимот зичлигини  $z_n$  -деб белгилаймиз ва  $n$  -тартибли поток параметрини:

$$\Lambda_n = \frac{1}{n \cdot z_1} = \frac{\lambda}{n}$$

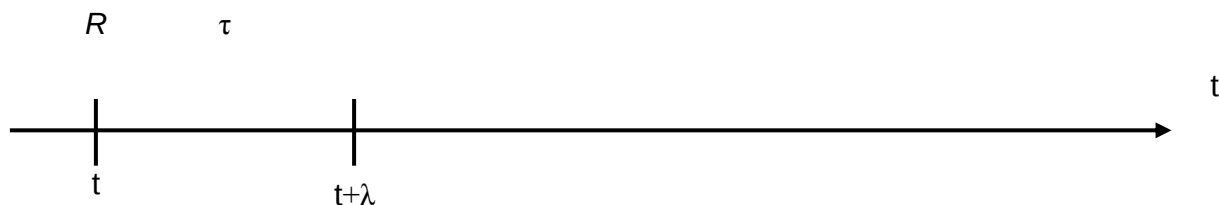
катталикда деб унинг математик кутилмаси  $z_n$  - (чақириқлараро вақт оралиғи)

$$M_{z_n} = n \cdot M_{z_1} = \frac{n}{\lambda}$$

ифодага тенг бўлиб, унинг дисперсияси  $D_{z_n} = n \cdot D_{z_1} = \frac{n}{\lambda^2}$  га тенг.

## Озод бўлиш оқими

Чақириқларга хизмат кўрсатишнинг тугаш онини кетма-кетлиги озод бўлиш оқими дейилади.  $t$  -вақт онда  $K$  линия банд ҳолатда деб фараз қиламиз,  $t+\lambda$  -вақтда аниқ  $i$  линия озод бўлиш эҳтимоллигини аниқлаймиз.



$$P_i(R, \tau) = C_K^i P^i (1 - P)$$

Бу ерда  $P$  - вақтда битта линия озод бўлиш эҳтимоллиги.

Абонентга хизмат кўрсатиш вақти экспотенциал қонунга риоя қилади, шунинг учун:

$$F(t) = 1 - e^{-\beta t}$$

Бу ерда  $\beta$  хизмат кўрсатиш жадаллиги

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

$\bar{t}$  -ўртача хизмат кўрсатиш вақти

$$P_i\{R, \tau\} = C_K^i P^i (1 - P)^{K-i} = C_K^i P^i (1 - e^{-\beta t})^i \cdot e^{-\beta(K-i)\tau}$$

бу ерда  $P_0(K, \tau)$  ,  $\tau$  -вақт ичида битта ҳам линия озод бўлмаслик эҳтимоллиги.

$\tau$  -вақт ичида битта линия озод бўлиш эҳтимоллигини топамиз.

$$P_1(\tau) = 1 - P_0(R, \tau) = 1 - e^{-K\beta\tau} = 1 - \sum_{j=0}^{\infty} (-1)^j \frac{(K\beta\tau)^j}{j!} = K\beta\tau - \frac{(K\beta\tau)^2}{2!} + \frac{(K\beta\tau)^3}{3!} + \dots$$

$$= K\beta\tau + o(\tau)$$

$$\gamma = \lim(k\beta + \frac{o(\tau)}{\tau}) = k\beta$$

- Бу ифодадан кўриниб турибтики озод бўлиш оқими ординарлик хусусиятига эга.

Туғилиш ва халок бўлиш жараёни – бу шундай жараёнки унда тизимнинг  $i$  ҳолатдан фақат қўшни ҳолатга ўтиш ( $i+1$  ва  $i-1$ ) ёки тизим  $i$  ҳолатда қолиш жараёнига айтилади. Бунда  $\tau \rightarrow 0$  вақт ичида ҳолатнинг бирдан ортиқ ўзгариши юз бериш, эҳтимоллиги  $o(\tau)$  га тенгдир.

## 5-маъруза

### Юклама. Юклама турлари. Станциялараро трафикни тақсимлаш ва ўтказувчанликни ҳисоблаш масалалари

Телефон тармоғи орқали хизмат кўрсатилиши керак бўлган ҳамма чақириқлар йиғиндиси *телефон юкламаси* деб аталади. Бу юклама алоқа ўрнатиш турига қараб, ички станция, станциялараро ва халқаро (транзит) юкламаларга бўлинади. Телефон тармоғига тушаётган чақириқлар тасодифан тушади ва уларга хизмат кўрсатиш вақти аввалдан маълум бўлмасдан тасодифийдир. Телефон трафиғини таҳлил қилишнинг биринчи босқичи, чақириқлар тушиш жараёнини ифодалаш, уларга хизмат курсатиш вақтини эҳтимолий – тавсифлар ёрдамида аниқлашдан иборат.

Чақириқлар ҳосил қилган юкламани  $-Y$ , уларга хизмат курсатиш даражаси  $-P$  ва тармоқдаги уловчи қурилмалар сони  $-V$  деб белгилаймиз ҳамда улар ўртасидаги ўзаро боғлиқликни ва шу боғлиқлик асосида юкламани, тармоқ самарадор-лиғини ва хизмат кўрсатиш даражаси кўрсаткичларини аниқлаш мумкин.

$$V = f(Y, P, KM, ЧО, \dots)$$

Бу ерда КМ- коммутация майдонини тавсифловчи кўрсаткичлар;

ЧО- чақириқлар оқимини тавсифловчи кўрсаткичлар.

Коммутацион тизим, чақирувлар оқимиغا хизмат кўрсатаётганда ҳар бир чақирув тизимнинг чиқиш линияларини маълум вақт оралиғига банд қилади. Агар бир вақт оралиғида фақат битта чақирувга хизмат кўрсатилса, у ҳолда чиқиш линияларининг юкланишини барча чақирувларнинг суммар вақти билан тавсифлаш мумкин.

Телекоммуникация тизимларида юкламаларни бир неча турларга ажратамиз:

- тушаётган юклама;
- қолдиқ юкламалар;
- хизмат кўрсатилган юклама.

Юкламанинг коммутация тизимида жойлашуви 5.1. расмда келтирилган.



5.1.-расм. Юклама турлари

Хизмат кўрсатувчи коммутация тизимлари киришига тушаётган юклама деб-истимолчилар гуруҳиларидан  $[t_1, t_2]$  вақт оралиғида тушаётган чақириқлар сонга айтилади, у ўртача битта  $t_1$ - чақириқ бандлиги вақтига тенг. КТ тушаётган юклама тасодифий қийматлиги учун, унинг математик кутилмасини топишимиз мумкин. Тушаётган юкламанинг узлуксизлиги деб -

-та истимолчилардан коммутация тизимлари киришига тушаётган чақириқлар сонига айтилиб, у  $\bar{t}$  -вақтдаги битта ўртача бандликга тенг ва қўйидаги ифода орқали ҳисобланади:

$$Y_{\text{тушаётган}} = N \bar{c} \bar{t} = \mu \bar{t}$$

$\bar{c}$  -чақириқларнинг ўртача сони, вақт бирлигида битта юклама манбасидан келаётган чақирувларнинг ўртача сони;

$\mu$ -чақириқ оқимлари узлуксизлиги, гуруҳли манбаларидан келаётган юклама. Узлуксиз телефон юкламаси жадаллиги бирлиги қилиб Эрланг (Эрл) қабул қилинган. 1 Эрланг юклама деб -бир соат мобайнида бир соат эгалланишга хизмат курсатадиган телефон жадаллилигига айтилади.(1 Эрл=1 соат х эгаллаш/ соат).

Тушаётган узлуксиз 1 - Эрланг юкламани битта юклама манбасидан келаётган чақириқнинг ўртача вақтини узлуксиз деб олиб ҳосил қилиш мумкин.

Мисол учун: Телефон станциясига 1 соатда 1800 та чақириқ тушди, битта чақириқга ўртача хизмат кўрсатиш вақти 3 минутни ташкил этса, у ҳолда телефон станцияга гуруҳли манбаларидан келаётган юкламанинг узлуксизлиги:

$$Y_{\text{тушаётган}} = 1800 \frac{3}{60} = 90 \text{ Эрл}$$

Телефон станциясида -вақт моментида хизмат кўрсатилган юкламани, шу вақт моментида коммутация тизими чиқишидаги - банд линиялар сонига тенг деб айтиш мумкин. *Хизмат кўрсатилган юкламанинг узлуксизлиги деб*, коммутация тизими чиқиш линияларининг ўртача (математик кутилмаси), -вақт моментидаги бандлигига айтилади ва у қўйидаги ифода орқали топилади.

$$Y(t) = M_i(t) = \sum_{i=1}^v i P_i(t)$$

бу ерда  $P_i(t)$  - v -линияларнинг t- вақт моментида i -мартата банд бўлиш эҳтимоли.

*Қолдик юкламани*- хизмат кўрсатилган ва йўқотилган юкламалар фарқи ташкил этади.

Узлуксиз тушаётган ёки қолдик 1 Эрланг юкламани тушаётган ёки йўқотилган юклама қуринишида, узлуксиз битта чақириқ, ўртача бандлик вақти орқали ҳосил қилиш мумкин.

Идеал тизимга тушаётган йўқотишларсиз юклама *потенциал юклама* деб аталади. Потенциал ва хизмат кўрсатилган юкламалар орасидаги фарқга қаралаётган вақт моментида *йўқотилган юклама* дейилади. Коммутацион тизимга  $[t_1, t_2]$  вақт оралиғида келаётган юкламалардан, ҳар бирига дарҳол хизмат кўрсатилса бу юклама *хизмат кўрсатилган юклама* дейилади. Келаётган юкламани ўлчаш бирлиги сифатида 1 соат-банд этиш, келаётган

юклама интенсивлиги эса – бир Эрланг қабул қилинган. Юкламанинг ўлчов бирлиги қилиб бир соатда битта линияни банд этиш қабул қилинган.

Бир соат банд этиш бу –битта чиқишни бир соат давомида узлуксиз банд этиб хизмат кўрсатишдир.

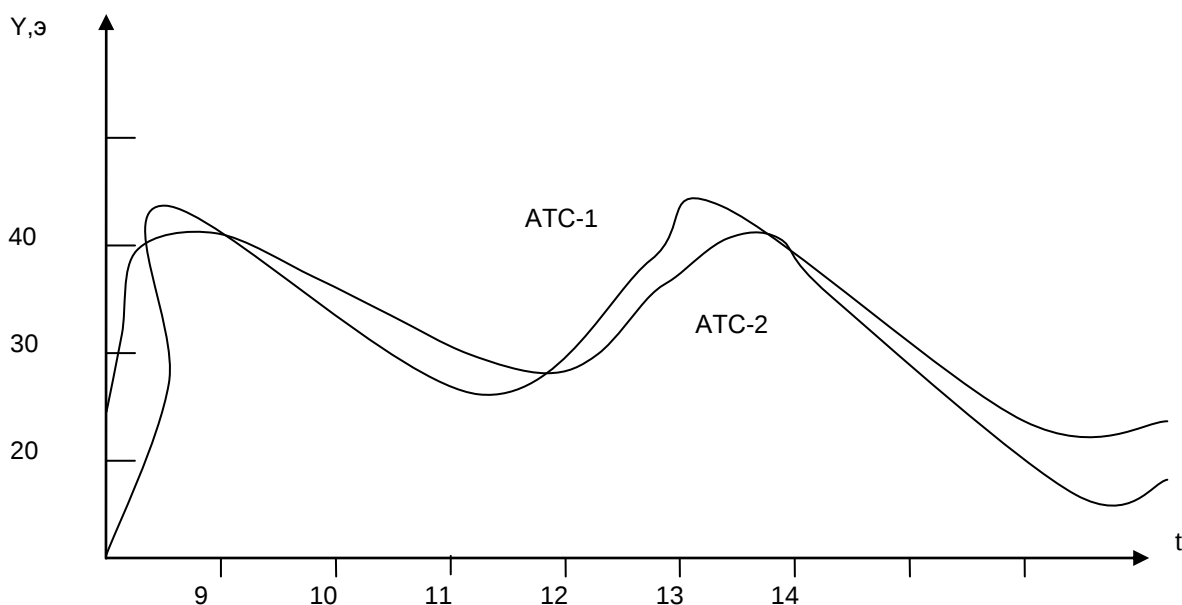
Юклама жадаллиги дейилганда вақт бирлигидаги, одатда бир соат, юклама тушунилади.

Юклама интенсивлиги, умуман олганда сутканинг турли соатларида турлича ёки турли кунларнинг бир хил соатларида турлича бўлади.

Кузатишлар шуни кўрсатадики, сутка соатлари, ҳафта кунлари ва йилнинг ойларидаги юклама жадаллигининг тасодифли ўзгаришлари билан бир қаторда даврий, нисбатан регуляρ ўзгаришлар ҳам мавжудлиги аниқланган. Уларни юкламаларини прагноз қилишда инобатга олиш зарур. Бу ўзгаришларнинг баъзи-бир қонуниятларини телефон юкламасида кўриб чиқамиз.

Юклама жадаллигининг регуляρ ўзгаришларидан энг сезиларлиги бу сутканинг соатлар бўйича ўзгаришидир. Улар шаҳардаги яшаш тартиби ва АТС га уланган абонентларнинг структуравий таркибига жуда катта равишда боғлиқдир. 5.2-расмда структуравий абонентлар таркибига эга икки АТС даги сутка соатлари бўйича ток ишлатишнинг (сарфланиши) эгри чизиқлари келтирилган.

5.2 расм. Турли структуравий абонентлар таркибига эга бўлган икки АТС да юкламанинг вақтга боғлиқлиги.



АТС-1 га халқ хўжалиги сектори телефон аппаратларининг 70% ва хусусий уй телефон аппаратларининг 30% уланган, АТС-2 га эса 30% халқ хўжалиги секторининг телефон аппаратлари , 70% хусусий уй телефон аппаратлари уланган.3.2-расмдан кўриниб турибтики АТС-1 да юкламаси асосан эрталабки ва кундузи энг катта қийматга эга, АТС-2 да эса асосан кечки юкламалар катта қийматга эга. Энг катта юклама соати – бу 60

мин.даги вақтнинг узлуксиз оралиғи бўлиб, бу ораликда юкламанинг ўртача жадаллиги энг катта бўлади. Телефония ва телеграфия бўйича халқаро консултатив (маслаҳат) комитети (ТТХКК-МККТТ) томонидан ўлчашнинг бир йилда 2 маротаба юкланиши энг кўп бўлган ҳолларда икки кетма-кет ҳафтанинг ишчи кунлари ўлчашни тавсия этади. Ҳар куни (масалан соат 9 дан 22 гача) юклама чорак соатли даврларда ўлчанади. Ўлчовлар ЕКЮС да юклама зичлиги даражаси юклама зичлиги коэффиценти билан баҳоланади.

- $K_{ЕКЮС} = Y_{ЕКЮС} / Y_{сут}$
- Бу ерда  $Y_{ЕКЮС}$  даги юклама катталиги,
- $Y_{сут}$  - сутка давомидаги юклама катталиги.

Жадаллик ўлчов бирлиги сифатида Эрланг (эрл) қабул қилинган. 1 -Эрланг юклама деб- бир соатда битта линияни узлуксиз банд қилган юкламага айтилади.

Телефон юкламасининг асосий параметрлари:

- $n$  - юклама манбалари сони;
- $\bar{c}$  - чақириқларнинг ўртача сони, вақт бирлигида битта юклама манбасидан келаётган чақирувларнинг ўртача сони;
- $t$ -бир чақириқга хизмат кўрсатишда коммутация тизимини ўртача банд бўлиши.
- $n$  -юклама манбалари сони қўйидаги турларга бўлинади:
- $n_{xx}$  -халқ хужалиги сектори;
- $n_x$  хонадон;
- $n_T$  таксофонлар;
- $n_{ул}$  - уловчи линиялар орқали уланган корхона телефонлари.
- Демак коммутация тизимидаги умумий манбалар сонини топиш қўйидаги ифодага тенг:

$$n = n_{xx} + n_x + n_T + n_{ул}$$

## 6-мәруза

**Хизмат кўрсатиш сифати. Телекоммуникация алоқа тармоқларида чақириққа хизмат кўрсатиш узунлиги, навбат узунлиги, ялпи хизмат кўрсатиш тизимида буюртмалар сони, буюртмани ялпи хизмат кўрсатиш тизимига келиш вақти, буюртмани йўқотиш эхтимолиги (вақт бўйича чақириқ бўйича)**

Телетрафика назариясида келувчи чақирувлар ва хизмат кўрсатиш сифати орасида боғланиш ўрнатишнинг мумкинлиги ёки уни кутиш катталиги билан тавсифланади. Келувчи чақирувларга хизмат кўрсатишнинг икки усули, яъни икки тартиби мавжуд. Йўқотишларсиз ва йўқотишлар билан. Хизмат кўрсатишнинг йўқотишларсиз тартибида келаётган чақирувга дарҳол хизмат кўрсатқилади, агар келаётган чақирувга хизмат кўрсатилмаса ёки унга хизмат кўрсатиш рад этилса, хизмат кўрсатиш бирон бир вақтга кечиктирилса (ушланса, ушланиб қолинса) у ҳолда бундай тартиб (йўқотишлар билан хизмат кўрсатиш тартиби) дейилади.

Реал коммутацион тизимлар одатда йўқотишлар билан лойиҳаланади. Йўқотишлар икки тури мавжуд бўлиб, улар шартли ва курама йўқотишлардир. Аниқ йўқотишли хизмат кўрсатиш тартибида, коммутацион тизимга келган чақирув хизмат кўрсатишга раддия олгач тизимни тарк этади ва кейинчалик тизимга ҳеч қандай таъсир кўрсатмайди. Хизмат кўрсатишнинг бундай тартибида абонент “банд” сигналини олиб, кейинчалик боғланиш ўрнатишга бўлган уринишлардан воз кечади. Аниқ йўқотишлар билан хизмат кўрсатиш сифатини (сон жиҳатдан) баҳолаш учун қуйидаги катталиклар ҳисобланади: чақирувлар бўйича йўқотишлар –  $P_q$ , юклама бўйича йўқотишлар –  $P_{ю}$ , вақт бўйича йўқотишлар –  $P_t$ .

1.  $(t_1 t_2)$  вақт оралиғидаги чақирувлар бўйича йўқотишлар – бу шу ораликдаги вақтда йўқотилган чақирувлар  $C_{й}(t_1 t_2)$  сонининг айнан шу ораликда келган  $C(t_1 t_2)$  чақирувлар сонининг нисбатига айтилади.

$$P_q(t_1 t_2) = \frac{C_{й}(t_1 t_2)}{C(t_1 t_2)} \quad (3.16)$$

2.  $(t_1 t_2)$  вақт оралиғидаги юклама бўйича йўқотишлар – бу шу ораликдаги вақтда йўқотилган  $Y_{й}(t_1 t_2)$  юкламанинг, шу ораликда келган  $Y(t_1 t_2)$  юкламага нисбатига айтилади.

$$P_{ю}(t_1 t_2) = \frac{Y_{й}(t_1 t_2)}{Y(t_1 t_2)} \quad (3.17)$$

3.  $(t_1 t_2)$  вақт оралиғидаги вақт бўйича йўқотишлар – бу манбалар гуруҳига кириш имкони барча боғловчи йўллар банд бўлган вақт ҳиссасидир.

$$P_t = \frac{\sum \tau_i}{t_2 - t_1}$$

Агар чақирувлар, юклама ва вақт бўйича йўқотишлар ифодаларига мувофиқ равишда математик кутишлар қилса, у ҳолда чақирувлар, юклама ва вақт бўйича йўқотишлар эҳтимоллиги тўғрисида сўз юритса бўлади. Шартли йўқотишлар билан хизмат кўрсатиш тартибида коммутацион тизимга келаётган чақирувлар боғловчи линиялар мавжуд бўлмаган вақтда йўқотилмай, кутиш билан хизмат кўрсатади (кутиш билан хизмат кўрсатиш). Агар чақирувга кўп каррали такрор уринишлардан сўнг боғланиш ўрнатишга хизмат кўрсатилса унда бундай тартиб такрорлаш билан хизмат кўрсатиш тартиби дейилади. Кутиш билан хизмат кўрсатиш сифатини миқдоран баҳолаш учун қуйидаги характеристикалар ҳисобланади:

- $P(\gamma > 0)$  келган чақирув учун кутиш эҳтимоллиги;
- $P(\gamma > t)$  ихтиёрий келган чақирувни  $t$  вақтдан ортиқ кутиш эҳтимоллиги;
- $P_y(\gamma > t)$  ушлаб қолинган чақирувнинг  $t$  вақтдан ортиқ кутқилиши.
- $\gamma$  Келган барча чақирувларга нисбатан кутишнинг ўртача вақти :
- $\gamma_y$  фақат ушлаб қолинган чақирувларга нисбатан кутишнинг ўртача вақти:
- $r$  навбатнинг узунлиги берилган катталиқдан ортиб кетиш эҳтимоллиги  $P(R_{tt})$ .
- $r$  навбатнинг ўртача узунлиги;

$P(\gamma > 0)$ ;  $P(\gamma > t)$  асосий характеристикаларидир.

Келаётган чақирув учун кутиш эҳтимоллиги бу  $(t_1 t_2)$  вақт оралиғида хизмат кўрсатишга ушлаб қолинган чақирувлар сонининг  $M(C_r)$  математик кутилишнинг кўриладиган вақт оралиғида келган чақирувлар сонининг  $M(c)$  математик кутилиш нисбатига айтилади.

$$P(\gamma > 0) = \frac{M(C_r)}{M(c)} \quad (3.18)$$

$t$  вақтдан ортиқ ихтиёрий келаётган чақирув учун кутиш эҳтимоллиги – бу  $t$  вақтдан ортиқ ушлаб қолинган чақирувларнинг  $M(C_y(\gamma \dots > t))$  математик кутилишининг кўриладиган вақт оралиғида келган чақирувларнинг  $M(c)$  математик кутилишининг нисбатидир.

$$P(\gamma > t) = \frac{M(c_y(\gamma > t))}{M(c)} \quad (3.19)$$

Такроран чақирувларга хизмат кўрсатиш сифатини миқдоран баҳолаш учун қуйидагилар ҳисобланади:

1)  $C_0$ - битта бирламчи чақирувга тўғри келадиган такрор чақирувларнинг ўртача сони.

2)  $P$  - келган бирламчи чақирувнинг йўқотилиш эҳтимоллиги;

3)  $P_t$  - келган такрор бирламчи чақирувнинг йўқотилиш эҳтимоллиги;

4)  $P_q$  – ихтиёрий келган бирламчи чақирувнинг йўқотилиш эҳтимоллиги;

5)  $P_v$  – вақт бўйича чақирувнинг йўқотилиш эҳтимоллиги;

6)  $P_{ю}$  – юклама бўйича бирламчи чақирувнинг йўқотилиш эҳтимоллиги ;  
Характеристика юқоридагиларга ўхшаб аниқланади.

Амалиётда аниқ ва шартли йўқотиш хизмат кўрсатишдан ташқари уларнинг турли бирикмалари ҳам учрайди.

Қурама йўқотишлар билан хизмат кўрсатиш тартибида келаётган чақирувларнинг бир қисми аниқ йўқотишлар билан, бошқа қисми эса шартли ёки бирон бир аломатини чеклаш бўйича хизмат кўрсатилади.

Масалан, кутишда бўлган чақирувлар сони чекланади ёки хизмат кўрсатишни кутишнинг боғланиш вақти чекланади (агар чақирув кутишда мумкин бўлган вақтдан ортиқ даражада бўлса, у ҳолда унга хизмат кўрсатишда рад этилади) Бошқа мисол, боғланиш ўрнатишга рад олган абонент, боғланиш ўрнатишга уринишларини такрорлайди. Бир неча такрорий чақирувлардан сўнг абонент кейинги боғланиш ўрнатишдан воз кечиши мумкин (чақирув йўқолади) қурама йўқотишни хизмат кўрсатиш сифатини баҳолаш учун, аниқ йўқотиш тартиби тавсифлар ишлатилади.

Йўқотилиши хизмат кўрсатиш тартиби устуворсиз ва устуворли бўлади. Устуворли хизмат кўрсатиш тартибида келувчи чақирувлар тоифаларга бўлинади ва юқорироқ тоифадаги чақирувлар хизмат кўрсатишда куйироқ тоифадаги чақирувларга нисбатан бирон бир устуворликка афзалликка эга бўладилар, устуворликсиз эса, агар ҳеч қайси чақирувлар бошқа чақирувлар олдида хизмат кўрсатишда афзалликка эга бўлмайдилар.

Устуворлик билан хизмат кўрсатиш тартибига АТС га маҳаллий ва шаҳарлараро боғланиш ўрнатиш мисол бўла олади.

## 7-маъруза

**Тасодифий жараёнлар назарияси тўғрисида тушунча. Марков жараёни; аниқланиш соҳаси, умумий хусусиятлари, эргодик хусусияти, Марков жараёнини асосий тавсифлари.**

Тасодифий жараёнлар назарияси аввал амалиётда авиа кассалар, магазинларда хизмат кўрсатиш сифати билан характерланар эди. Бугунга келиб амалиётда оммавий хизмат кўрсатиш жараёнларини кўплаб соҳаларга тадбиқ этиш масалалари олдинга сўрилмоқда. Шу жумладан электралоқа соҳасида ҳам тасодифий жараёнлар назариясидан фойдаланиб уларда ишлатиладиган ҳар хил иловаларни ўрганиш ва тармоқни тадқиқотлашнинг автомат моделларини ишлаб чиқиш муҳим масалалардан бирига айланиб бормоқда. Ҳозирда электралоқа тармоқлари моделларини автомат тадқиқотлаш масалалари назарияси ишлаб чиқилмаган. Шу сабабли электралоқа соҳасида ушбу масалани ечиш учун олиб борилаётган тадқиқотлаш ишлари тасодифий жараёнларни тадқиқотлашга қаратилган бўлиб бунга мисол тариқасида Марков жараёнларини қўриб чиқамиз.

Марков жараёни – бу шундай жараёнки, унда келажак фақат ҳозирги ҳолатга боғлиқ бўлиб, ундан аввалгисига боғлиқ бўлмайди.

Агар тизим ҳолати

$$\mathbb{P}(X_{n+1} = i_{n+1} \mid X_n = i_n, X_{n-1} = i_{n-1}, \dots, X_0 = i_0) = \mathbb{P}(X_{n+1} = i_{n+1} \mid X_n = i_n)$$

тенг бўлса, бундай тасодифий дискрет қийматлар кетма - кетлиги оддий Марков занжири(дискрет вақтли) деб аталади.

Демак дискрет кўпайивчи қийматларга эга тасодифий жараёнлар Марков узлуксиз занжирини ҳосил қилади деб ҳисоблаш, ҳамда занжирнинг жорий ҳолати, утган ҳолатларга боғлиқ булмай фақат шу жорий ҳолатга боғлиқ бўлади деб айтиш мумкин. Коммутация тизимларига тушаётган чақириқлар бошланғич тақсимланиш эҳтимоликлари ҳар бир қадами аниқ бўлса, уларни Марков занжирида бўлаётган жараёнларни сунги таъсирсиз деб аниқлаш мумкин.

Бунда -қийматни баъзи бир дискрет ҳолатда кўпайивчи динамик тизимлар ҳолатлари сони деб интерпритировать қиламиз. Шундан сунг занжирдаги утиш эҳтимоликлари қадами, қадам рақамига боғлиқ эмас деб ҳисоблаймиз ва бундай занжирни бир тоифали Марков занжири деб номлаймиз ҳамда уни кўйидаги

$$p_{ij} = P \{X_n = j \mid X_{n-1} = i\}$$

ифодадаги эҳтимолликлар туплами билан белгилаб аниқлаш мумкин. Бунинг учун бир тоифали Марков занжирида  $i$  -ҳолатдан,  $j$ -ҳолатга утиш эҳтимолигини  $m$  -қадамда аниқлаш мумкин.

$$P_{ij}^{(m)} = P \{X_{n+m} = j \mid X_n = i\} = \sum_k P_{ik}^{(m-1)} p_{kj}, \quad m = 2, 3, \dots$$

Демак алоқа занжирдаги ҳар бир ҳолатга, ҳоҳлаган аввалги бошқа ҳолат орқали етишилади деб ҳисоблаш мумкин ва бундай занжирни Марков утқазмас занжири деб атаймиз. Бу ерда  $p_{ii} = 1$  тенглик бажарилса  $i$  -сингдирувчанлик ҳолатида бўлади. Шу сабабли Марков занжиридаги тегишли қадамлар охириги сони бирга тенглиги учун занжирда аслига қайтиш ҳолати содир бўлади ва бундай эҳтимолликни аслига қайтиш ҳолати деб номлаймиз. Тизим бирга тенг бўлмаган ҳолатларда аслига қайтмас ҳолатга тегишли бўлади. Демак аслига қайтиш ҳолати периодик ва аперидик (таъсодифий ҳар хил муҳитлардан олиниши)) бўлиб қисқа қайтиш қадамлари мавжудлигига боғлиқ бўлади.

Марков занжирининг  $f_i$  ҳолатига қайтишини топиш учун  $i$  - ҳолатни  $n$ -қадамдан кейин қайтиш эҳтимолиги деб қиритамиз.

Улар ўртача қадамларнинг сонини аниқлашни ёки бошқача қилиб айтганда ўртача қайтиш вақтини аниқлайди:

$$M_j = \sum_{n=1}^{\infty} n f_j^{(n)}.$$

Марков занжирида ўртача қайтиш вақти чексизликга тенг бўлса, нольга қайтиш ҳолати ва ўртача қайтиш вақти чекланган бўлса нольга қайтмас ҳолат содир бўлади ва бундай ҳолатни нольга қайтиш ва нольга қайтмас ҳолатлар деб атаёмиз.

Тасадибий Марков занжирлари учун иккита муҳим теорема маълум:

- 1-Теорема.

Ўтқазмас Марков занжирларининг ҳаммаси нольга қайтувчан ёки қайтмас бўлиб узлуксиз занжирда ҳамма ҳолатлар доимо бир хил даврга тенг.

Иккинчи теоремада эришилган эҳтимолий стационар ҳолат бошланғич тақсимланишига боғлиқ эмас, ҳамда эҳтимолликлар мос тақсимланиши стационар деб қаралади.

- 2-Теорема.

Марковнинг ўтқазмас ва апериодик занжирлари учун, эҳтимоликнинг бошланғич тақсимланишга боғлиқ бўлмаган доимий чегараси мавжудлиги, ҳамда Марков занжирида қўйидаги иккита имкониятлар мавжудлиги қуриб чиқилади:

А) Марков занжирдаги ҳамма ҳолатлар нольга қайтарилмас ёки қайтишли. Бунда эҳтимолликларнинг ҳамма чегаралари нольга тенг ва стационар ҳолати мавжуд эмас;

Б) Марков занжирдаги ҳамма ҳолатлар нольга қайтишли ва эҳтимоликнинг тақсимланиши стационар ҳолати мавжуд:

$$\{\pi_i\},$$

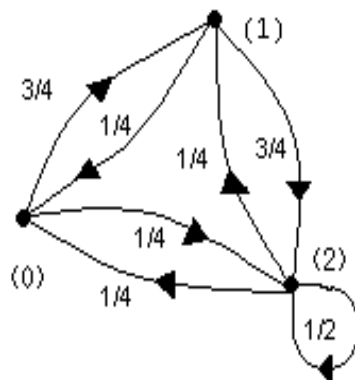
$$\pi_i = \frac{1}{M},$$

$$\pi_j = \sum_i \pi_i P_{ij}; \sum_i \pi_i = 1$$

Келтирилган ифодаalar занжирнинг эргодик ҳолати (доимий ўзгарувчан) дейилади, қачонки у апериодик ва нолга қайтишли бўлса. Демак Марков занжиридаги ҳамма ҳолатлар эргодик бўлса, бундай занжирни эргодик деб аташ мумкин. Баъзида эргодик эҳтимоликнинг чегаралари Марков занжирининг тенглик ҳолати деб номланади, бунда эҳтимолик ҳолатлари тулиқ бошланғич тақсимланишга боғлиқ эмас.

Марков занжиридаги узилиш ҳолатлари (узилган занжир)ни, йўналтирилган графлар деб номланувчи утишлар диаграммаси кўринишида тасвирлаб анализ қилиш мумкин.

Бунда граф чуққилари ҳолатлар билан бирлаштирилади, қирралар эса утишлар эҳтимолиги билан бирлашади. Эришилган эҳтимолик ҳолатини ҳисоблаш учун тўғри ёки  $z$  –айлантириш методларидан фойдаланиш мақсадга мувофиқ келади. 8.2-расмда йўналтирилган графли утишлар диаграммаси асосидаги Марков занжири келтирилган.



8.2-расмдаги йўналтирилган графли утишлар диаграммаси асосидаги Марков занжирини тадқиқотлаш учун:

- қадамдаги утишлар эҳтимолигига матрица ва вектор-қаторларини қиритамиз.

$$P = \|p_{ij}\|; \quad \pi^{(n)} = [\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n]$$

Ҳамда ихтиёрий қадамдаги эҳтимоликлар матрицали тақсимланишига мос келади деб ҳисоблаймиз:

$$\pi^{(n)} = \pi^{(n-1)} P$$

келтирилган ифодалар ҳамма рекуррент эҳтимолик ҳолатларини ҳисоблаш имкониятини беришини эътиборга олиб Марков занжиридаги чегаравий (стационар) тақсимотни тенглама кўринишига эга деб топиш мумкин:

$$\pi_0 = p_{00}\pi_0 + p_{01}\pi_1 + p_{02}\pi_2 + \dots$$

$$\pi_1 = p_{10}\pi_0 + p_{11}\pi_1 + p_{12}\pi_2 + \dots$$

.....

$$\pi_n = p_{n0}\pi_0 + \dots$$

Бундай кўринишдаги тенгламани линиявий алгебраик тизим деб қаралади ҳамда уни ечишда занжир тугаганлигига эътибор берилади.

Бунда 8.1- расмдаги граф қирралари ва чуққиларини линиявий алгебраик тизим матрицаси сифатида оламиз

$$P = \begin{bmatrix} 0 & 3/4 & 1/4 \\ 1/4 & 0 & 3/4 \\ 1/4 & 1/4 & 1/2 \end{bmatrix}.$$

Бундай матрицали тенгламани ечишда, учлик тенгсизлик тизимидан фойдаланилади:

$$\pi_0 = 0\pi_0 + 1/4\pi_1 + 1/4\pi_2;$$

$$\pi_1 = 3/4\pi_0 + 0\pi_1 + 1/4\pi_2;$$

$$\pi_2 = 1/4\pi_0 + 3/4\pi_1 + 1/2\pi_2;$$

Бу системадаги тенгламанинг биринчи босқич коэффициентлари иккинчи ва учинчи босқичлар бирламчи йиғиндисини тўлдириб бориши уларнинг ўзаро чизиқли боғлиқлиқлигини белгилаб беради. Шу сабабли Марков занжири учун тенгсизликлар системасини ечишда тизимга қўшимча ўзаро мувофиқлаштирувчи шарт киритилиши керак. Мисол учун:

$$1 = \pi_0 + \pi_1 + \pi_2.$$

хосил қилинган тенгламалар системасини ечиш натижасида, эҳтимолликнинг етишиш ҳолати утиш давридаги ечимини топиш мумкин.

$$\pi_0 = 1/5 = 0,20,$$

$$\pi_1 = 7/25 = 0,28,$$

$$\pi_2 = 13/25 = 0,52.$$

Марков занжирига баъзи бир  $z$ - алмаштириш натижаларни киритиш орқали қисқартириш ишларини олиб бориш мумкин ва хосил бўлган эҳтимолликларни занжирнинг бир ҳолатдан иккинчи ҳолатга утиш тенгламасига қўллаш мумкин: бунда мос алмаштиришни

$$\sum_{n=1}^{\infty} \pi^{(n)} Z^n = \sum_{n=1}^{\infty} \pi^{(n-1)} P Z^n.$$

белгилаймиз ва  $\Pi(Z) = \pi^{(0)} \mathbf{I} - ZP = 0$  ни хосил қилмамиз. Хосил қилинган ҳамма математик натижалар биртоифали Марков жараёнларига таълуқли, бунда утишлар эҳтимоллиги вақитга боғлиқ эмас. Бундай боғлиқликни умумий кенгайтирилган ҳолатлардагина қўллаш мумкин.

**8-9-март**  
**Эрлангнинг биринчи модели.**  
**Мувоzanат тизимининг тенгламалари**

Ахборот тақсимлаш назариясига асос солган математик А.К.Эрланг ишларида баён қилинган математик моделларда статистик барқарор тўла имконли ва идеал-симметрик нотўлаимконли схемаларни ҳисоблаш ишларини бажариш мумкин. Бу формулалар ёрдамида коммутация тизимининг ўтказиш қобилиятини аналитик тарзда тавсифлаш нуқтаи назаридан энг қулайлиги учун бугунги кунда ҳам ахборотни тақсимлаш назарияси ва оммовий хизмат кўрсатиш назариясини тадқиқотлаш ишларида кенг қўлланилмоқда. Шу сабабли Эрлангнинг биринчи модели орқали КТ ишлаш жараёнларини тадқиқотлашда унинг математик моделини учта асосий:

- келаётган ахборот оқими;
- ахборот тақсимлаш тизими;
- хизмат кўрсатиш тартиби каби элементлардан ташкил топган деб тадқиқотлаш талаб этилади.

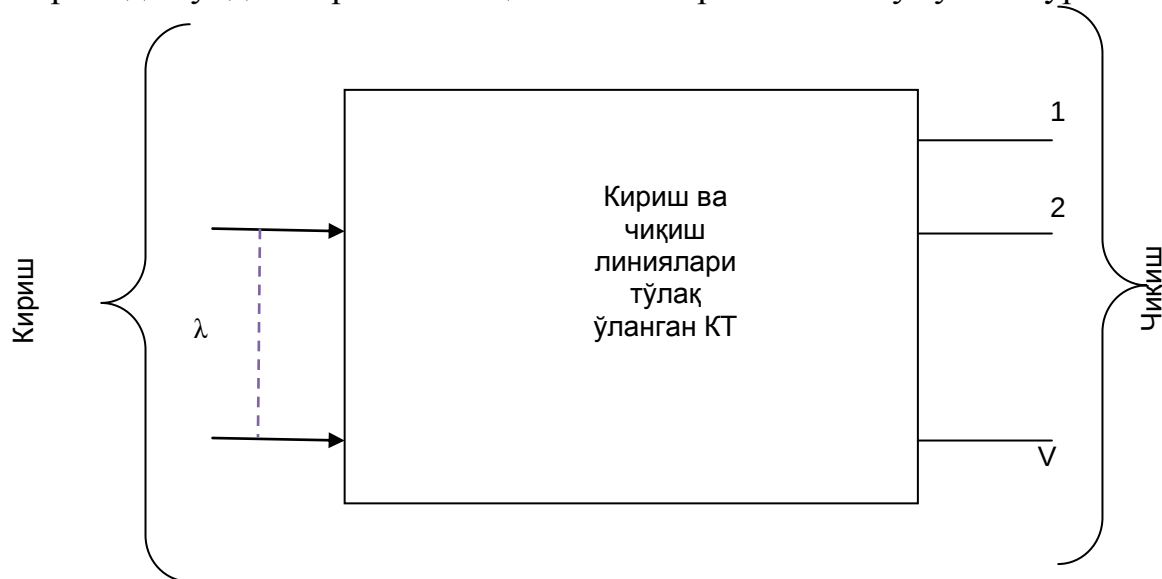
Эрлангнинг биринчи моделида хизмат кўрсатиш тизим доимо статистик барқарор ҳолатда деб ҳисоблаш, шу сабабли тизимнинг ҳамма элементлари эҳтимоллик ҳолатлари ҳам барқарор, тизимнинг эҳтимоллик характеристикалари вақтига боғлиқ эмас деб ҳисоблаш талаб этилади.

Коммутация тизимига келаётган оқимлар энг оддий ва уларнинг математик моделларни примитив ёки Палма оқимлари деб аташ қабул қилинган.

Қараб чиқиладиган коммутацион тизимининг структураси кириш ва чиқишга, битта коммутация нуқтасига эгадир.

Шу сабабли амалиётда хизмат кўрсатиш тартиби коммутацион тизимнинг математик моделига асосланган. Масалан: Эрлангнинг биринчи моделидаги хизмат кўрсатиш тизими бир звеноли тўлиқ имконли деб ҳисоблаймиз.

8.1-расмда бундай кириш ва чиқиш линияларига эга КТ умумий кўриниши.



8.1-расмда КТ кириш линиялари чиқиш  $V$  -линияларга тўлақ ўланган. Ҳамда тизим Чақирувга аниқ йўқотишлар тартиби бўйича хизмат кўрсатади деб ҳисоблаймиз. Ҳар бир чақирув унга хизмат кўрсатилиши учун  $\beta$  -параметрга эга экспоненциал конун бўйича

$$F_i(t) = 1 - e^{-\beta t}$$

тақсимланган тасодифий вақтда бўш линияни банд этиши. Шунинг учун сабабли чақирувларга хизмат кўрсатиш сифатининг характеристикаларини аниқлаш учун тизимнинг эҳтимоллик ҳолатларини

- $P_i(t)$  - орқали ифодалаймиз.
- Бу ерда:  $P_i(t)$  ,  $t$ -вақтда тизимнинг  $i$  ҳолатда бўлиш эҳтимоллиги.

8.1-расмда берилган коммутацион тизим икки хил ҳолатда бўлиши мумкин. Бу тизимнинг макро ва микро ҳолатлари деб айтилади. Тизимнинг микро ҳолатини куриб чиқамиз. Фараз қиламизки коммутацион тизимнинг боғламдаги линиялари сони  $V=2$  тенг деб олмайиз, унда тўлиқ ўланган линиялар боғлами куйидаги микро ҳолатларга эга бўлади.

- 00 – бўш – бўш
- 01 – бўш – банд
- 10 – банд – бўш
- 11 – банд
- Коммутация тизимнинг макро ҳолати эса.
- 0(00) бўш
- 1(10,01) бўш – банд
- 2(11) банд.

Шундай қилиб,  $V$ - линияга эга тўлиқ ўланган линиялар боғлами микро ҳолатга ёки макро ҳолатга эга бўлиб унинг микро ҳолати ҳар доим макро ҳолатидан катта деб ҳисоблаб унинг эҳтимоллиги қийматларини Марков жараёни ёрдамида хизмат кўрсатиш сифат характеристикаларини аниқлаш мумкин. Унда тизимни фақат макро ҳолатини кўриб чиқиш етарли бўлади.

Бунинг учун  $P_i(t)$  эҳтимолини  $P_i(t) \quad i = 0, 1, \dots, V$  тенг деб, куриб чиқаётган оқимимиз энг оддий чақирув оқими бўлганлиги сабабли у ординар оқим ҳамда озод бўлиш оқими хусусиятларига эга. Ординар оқим бу -вақт ичида икки ва ундан ортиқ воқеаларнинг юз бериш эҳтимоллиги чексиз кичик катталиқдир. Демак икки ва ундан ортиқ линияларнинг бўшаш эҳтимоли ҳам чексиз кичик қийматга эга ва коммутацион тизимнинг ҳолатини тавсифлашда кўйидаги ифодадан фойдаланамиз:

- Бунда



$$P_i(t + \tau) = \sum_{j=0}^{\infty} P_j(t) \cdot P_{ji}(\tau)$$

$$0(\tau) = P_{i-1}(t) \cdot P_{i-1}(\tau) + P_i(t) \cdot P_{ii}(\tau) + P_{i+1}(t) \cdot P_{i+1,i}(\tau) + P_{i-1,i}(\tau) = \\ = \lambda \tau + 0(\tau)$$

$$P_{i+1,i}(\tau) = (i+1)\beta \tau + 0(\tau)$$

$$P_{i,i}(\tau) = [(1 - \lambda \tau) + O(\tau)][(1 - i\beta \tau + O(\tau))] = \\ = 1 - (\lambda + i\beta)\tau + O(\tau)$$

ундан

$$P_i(t + \tau) = \lambda \tau \cdot P_{i-1}(t) + (1 - (\lambda + i\beta)\tau) \cdot P_i(t) + (i+1)\beta \tau \cdot P_{i+1}(t) + 0(\tau)$$

$$\frac{P_i(t + \tau) - P_i(t)}{\tau} = \lambda P_{i-1}(t) - (\lambda + i\beta) \cdot P_i(t) + (i+1)\beta \cdot P_{i+1} + \frac{0(\tau)}{\tau}$$

$$\lim_{\tau \rightarrow 0} \frac{P_i(t + \tau) - P_i(t)}{\tau} = P_i(t) = \lambda P_{i-1}(t) - (\lambda + i\beta) \cdot P_i(t) + (i+1)\beta \cdot P_{i+1}$$

ифода хосил бўлади, Эрланг математик моделида  $t \rightarrow \infty$  бўлганда  $P_i(t)$  -катталиқ  $t$  -вақтга боғлиқ бўлмаслигини исботлайди ва қуйидаги ифодага тенг:

$$P_i(t) = P_i$$

Коммутация тизимида бўндай режимни ўрнатилган режим деб атаймиз, бундай режим учун қуйидаги муносабатлар ҳақлидир:

$$\lambda P_{i-1} - (\lambda + i\beta)P_i + (i+1)\beta P_{i+1} = 0 \quad i = 0, v \\ -\lambda P_i + \beta P_i = 0$$

$$\lambda P_0 - (\lambda + \beta)P_1 + 2\beta P_2 = 0$$

Бу тенглама системасининг ечими нормировка шартини инобатга олган ҳолда топилиши мумкин:

Бу тенглама системасининг ечими нормировка шартини инобатга олган ҳолда топилиши мумкин:

$$\sum_{i=0}^v P_i = 1 \quad P_1 = \frac{\lambda}{\beta} P_0$$

$$P_i = \frac{(\lambda/\beta)^i}{i!} P_0$$

$$\sum_{i=0}^v \frac{(\lambda/\beta)^i}{i!} P_0 = P_0 \sum_{i=0}^v \left( \frac{\lambda/\beta}{i!} \right)^i = 1$$

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{i=0}^v \frac{(\lambda/\beta)^i}{i!}} \quad \beta = \frac{1}{t}; \quad \frac{\lambda}{\beta} = \lambda \bar{t} = y$$

$$P_i = \frac{\frac{(\lambda/\beta)^i}{i!}}{\sum_{j=0}^v \left( \frac{(\lambda/\beta)^j}{j!} \right)} = \frac{\frac{y^i}{i!}}{\sum_{j=0}^v \left( \frac{y^j}{j!} \right)}$$

бу формулалар Эрлангнинг биринчи тақсимот деб аталади.

- Эрлангнинг биринчи формуласи

$$P = \frac{\frac{y^v}{v!}}{\sum_{j=0}^v \frac{y^j}{j!}}$$

Амалий ҳисоблашларни енгиллаштириш учун Эрланг формуласи жадвал кўринишига келтирилган ва бу жадвал Пальма жадвали дейилади. Кўп ҳолларда Эрланг тақсимотини Эрлангнинг биринчи формуласи деб ҳисоблашлар олиб борилади ва бу ифода қуйидаги кўринишни эгаллайди.

$$P_i = E_{v,i}(y) = \frac{\frac{y^v}{v!}}{\sum_{j=0}^v \frac{y^j}{j!}}$$

## 10-маъруза

### Энгсет модели. Эрланг ва Энгсет моделларини солиштириш тавсифи

Оммавий хизмат кўрсатиш тизимларига тушаётган чақириқ оқимлари тавсифлари ўзгарувчан, чунки тизимга келиб тушган чақириқдан сунг тизимга албатта навбатдаги чақириқ оқими келиб тушади ва ҳар иккала чақириқга ҳам тизимида хизмат кўрсатиш кераклигини эътиборга олинади.

Чунки оммавий хизмат кўрсатиш тизимларига тушаётган примитив оқимга хизмат кўрсатишда  $n$ -дан ортиқ боғловчи қурилмалар талаб қилинмайди. Ахборот тақсимланиши кам бўлган тизимларда, юкламани ҳосил қилувчи қурилмалар сони кам шу сабабли битта қурилма ҳосил қилган юкламани чақириқлар оқими деб, уни умумий юклама йиғиндиси билан тенглаштирамиз.

У ҳолда чақириқлар оқимининг йиғиндиси қурилмалар сони  $x$  га хизмат кўрсатувчи тизим ҳолатига боғлиқ бўлади.

$$(x = 0, 1, \dots, V)$$

Тизимга тушаётган бундай оқим примитив ва оддий сунг таъсирли оқим ҳисоблангани учун

$$\lambda_0 \neq \lambda_1 \neq \lambda_2 \dots \neq \lambda_V.$$

Бундай йўқатиш эҳтимолликларни ҳисоблаш учун Энгсет моделидан фойдаланиш ҳақиқатга яқинироқ бўлади. Мисол учун тушаётган чақириқ оқимлари параметри қурилманинг  $V$ -чиқиш канали бандлиги буш қурилмалар сонига пропорционал.

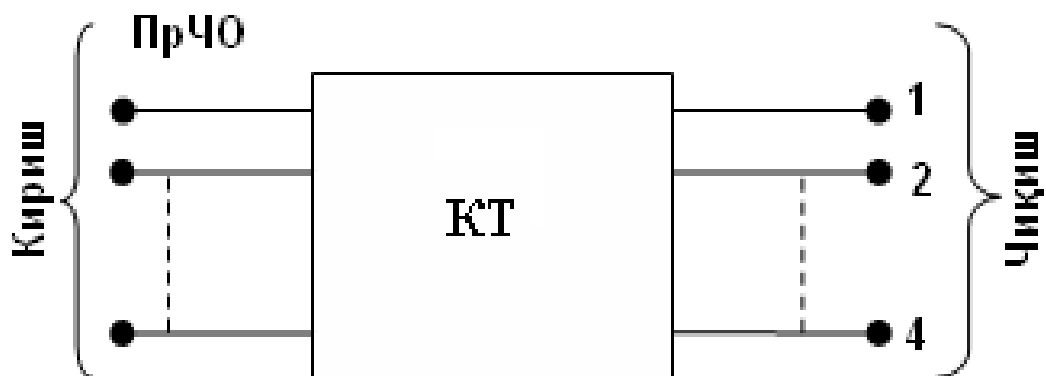
$$\lambda_i = (n-i)\alpha, \quad 0 < i < V,$$

- Бу ерда:  $n$  - чақируқ манбалари умумий сони;
  - - бўш манбадан тушадиган узлуксиз чақирув оқими;
  - $i$ - манбаларнинг бандлик эҳтимоллиги;
  - -экспоненциаль тақсимланиш параметрига эга бандлик вақти;
- $V$ -линиялар буш бўлганда ҳар бир чақириқга хизмат кўрсатади;  
 -ҳисоблашда дастлабки маълумот сифатида тушаётган юклама қаралади;  
 -тизим доимо стационар ҳолатдалиги эътиборга олинади.  
 Оммавий хизмат кўрсатиш тизимларига тушаётган чақириқ оқимларини телефон чақирувлари ҳосил қилади деб ҳисоблаб: Уни

$$\lambda = \sum_{i=0}^n \lambda_i P_i$$

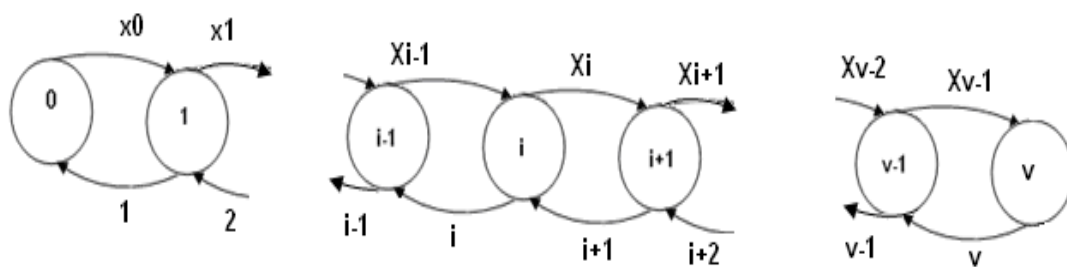
ифода орқали белгилаймиз. Бу ерда  $P_i$  - тизимдаги

- $i$ - манбаларнинг бандлик эҳтимоллиги.
- Мисол учун бир звеноли КТ киришига  $\lambda_i$  -параметрга эга Примитив оқим тушаётган бўлсин. 10.1- расм.



Бу бир звеноли КТда бўлганда, КТ чиқишига тулиқ имкониятли  $V$  - линияли алоқа линиялари боғлами уланган. Бундай тизимда чақирувларга аниқ йўқотишлар тартиби билан хизмат кўрсатилади. Чақирувларга хизмат кўрсатиш вақти тасодифий катталиқ бўлиб параметрга эга экспотенциал қонун бўйича тақсимланган. Чақирувларга хизмат кўрсатиш характеристикаларини аниқлаш талаб қилинган бўлса. Ушбу чақириклар оқимларини ҳисоблашда Энгсет моделидан фойдаланиш мумкин. Энгсет моделига кура тизимнинг мумкин бўлган ҳолатлари деган атамани киритамиз ва коммутация тизимининг мумкин бўлган ҳолатлари диаграммасини тузиш мумкин. Тизимнинг ҳолати деганда, чақириклар банд қилган линиялар сони тушунилади ва унга асосан чақирикларнинг коммутация нўқтасидан ўтиш диаграммаси 10.2-расмдаги кўринишга эга бўлади.

10.2-расм. Чақирикларнинг коммутация ҳолатининг ўтиш диаграммаси



Диаграммадаги ўтиш ҳолатларини кўйидаги ифодалар орқали белгилаймиз.

$$\begin{cases} \lambda_0 P_0 + P_1 = 0 \\ \lambda_{i-1} P_{i-1} - (\lambda i + i) P_i + (i + 1) P_{i+1} = 0 \\ \lambda_{v-1} P_{v-1} - V P_v = 0 \end{cases}$$

Келтирилган ифодалардан Энгсет тақсимотини келтириб чиқариш мақсадида уларни соддалаштирамиз.

$$P_i = \frac{\lambda_0 \cdot \lambda_1 \cdot \dots \cdot \lambda_{i-1}}{i!} \cdot P_0 = \frac{n \cdot \alpha \cdot n-1 \cdot \alpha \cdot \dots \cdot [n-i-1] \cdot \alpha}{i! \cdot n} \cdot P_0 = C_i^n \alpha^i \cdot P_0 \quad 35$$

$$C_n^i = \frac{n-1 \dots n-i+1}{i!} = \frac{n!}{i!(n-i)!} \Rightarrow C_{10}^2 = \frac{10!}{2!(10-2)!} = 45$$

$$\sum_{i=0} P_i = 1$$

$$\sum_{i=0}^v C_n^i \alpha^i P_0 = 1$$

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{i=0}^v C_n^i \alpha^i}$$

Соддалаштириш натижасида

$$P_i = \frac{C_n^i \alpha^i}{\sum_{i=0}^v C_n^i \alpha^i}$$

Энгсет тақсимоти ҳосил қилинади. Ҳосил қилинган тақсимотга кўра энг оддий оқимни Прimitив оқимнинг хусусий ҳоли деб қараш мумкин, ҳамда Энгсет тақсимоти формуласини Эрланг формуласига нисбатан умумийроқ бўлишига эътибор бериб Энгсет формуласидан Эрланг формуласини келтириб чиқариш мумкин. Бундай ҳолда Энгсет тақсимоти формуласини барча бўш манбалар учун  $\lambda = \text{const}$  деб оламиз.

Амалий ҳисоблар учун битта манбадан келаётган оқим параметри  $\alpha$  -ни эмас, балки битта манбадан келаётган юкламани қўллаш мақсадга мувофиқдир. Ҳамда битта манбадан келаётган юкламани  $a$  деб белгилаймиз. У ҳолда

$$0 \leq a \leq 1$$

Эрланг модели ифода орқали ҳисобланади.

$$p_u = E_u \{y\} = \frac{Y^m}{\sum_{k=0}^v \frac{Y^k}{k!}}$$

Энгсет модели эса ифода орқали ҳисобланади.

$$p_x = E_n(a, a_1) = \frac{C_i^n a_1^n}{\sum_{i=0}^n C_n^i a_1^i}$$

## 11-маъруза

### Эрлангнинг иккинчи модели

Тўлаимконли коммутация тизими (ТИТ)  $V$ - параметрга эга энг оддий чақирувлар оқими келмоқда деб фараз қилайлик. У ҳолда тизимдаги линиялар боғлами сиғими  $V$ - линиядан иборат бўлиб тизимда чақириқга икки хил усулда хизмат кўрсатиш мумкин.

1. Агар тизимга чақирув келган бўлса ҳамда буш линия мавжуд бўлса, у ҳолда тизимда чақирувга дархол хизмат кўрсатилади ва бу хизмат кўрсатиш вақти кўрсаткичли қонун бўйича тақсимланган тасодифий миқдорга эга.

$$F(t) = 1 - e^{-\mu t}$$

2. Агар чақирув келган вақтда тизимдаги барча линиялар банд бўлса, унда чақирув навбатга қўйилади. Навбатда турган чақирувга хизмат кўрсатиш чақирувнинг келиш тартибига биноан амалга оширилади. (1-келди, 1-хизмат кўрсатилади).

Бундай хизмат кўрсатиш тартибига эга тизимнинг ҳолатини  $i$ - орқали белгилаймиз. Тизимнинг  $i$ -ҳолати деганда, хизмат кўрсатилаётган чақирувлар сони ва кутишда турган чақирувлар сони тушунилади.

Бунда:

$i < V$  бўлса, барча чақирувларга дархол хизмат кўрсатилади;

$i > V$  бўлганда, боғламдаги барча линиялар банд;

$i - V$  бўлганда, тизимда чақирувлар кутишга қўйилади. Бу ерда  $r$  – навбат узунлиги.

Тулиқ имконли тизимда ҳам тизим ҳолатининг ўзгариши Марков жараёнига асосланади. Шунинг учун тизим ҳолати эҳтимоллигини аниқлашда Марковнинг ўтиш диаграммасидан фойдаланиш мумкин.

Ўтиш диаграммасидаги тизим ҳолатларини қуйидаги кўринишда ифодалаш

$$\begin{aligned} -\lambda P_0 + \beta P_1 &= 0 \\ \lambda P_0 - (\lambda + \beta) P_1 + 2\beta P_2 &= 0 \end{aligned}$$

⋮

$$\lambda P_{i-1} - (\lambda + V\beta) P_V - V\beta P_{V+1} = 0$$

ва ўтиш

диаграммасидаги юқламани оқим параметри орқали ифодалаш мумкин. У ҳолда

$$y = \lambda \bar{t}$$

$$\bar{t} = \frac{1}{\beta}$$

$$y = \lambda \bar{t} = \frac{\lambda}{\beta}$$

ифодаларни тенгламалар системаси деб аниқлаш мумкин.

1. Агар чақирувга хизмат кўрсатиш сифат характеристикасини аниқлаш керак бўлса, уни Эрлангнинг иккинчи формуласидан фойдаланиш:

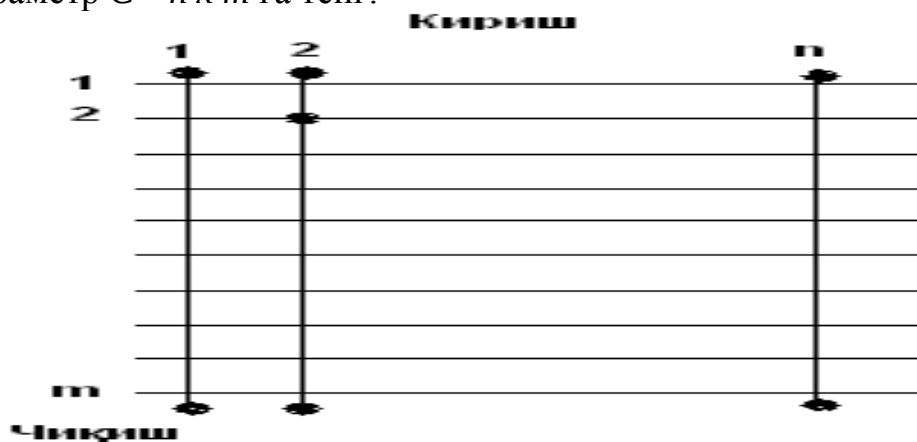
$$P(\gamma > 0) = \sum_{i=v}^m P_i = \frac{E_v(y)}{1 - \frac{y}{v}(1 - E_v(y))} = P_t$$

Келтирилган ифодани Эрлангнинг иккинчи модели деб ҳисоблаш қабул қилинган

## 12-маъруза

### Коммутацион тизимларни таҳлили ва оптимизацияси. Энг оддий коммутациони тизими тўғрисида тушунча КТ асосий тавсифи.

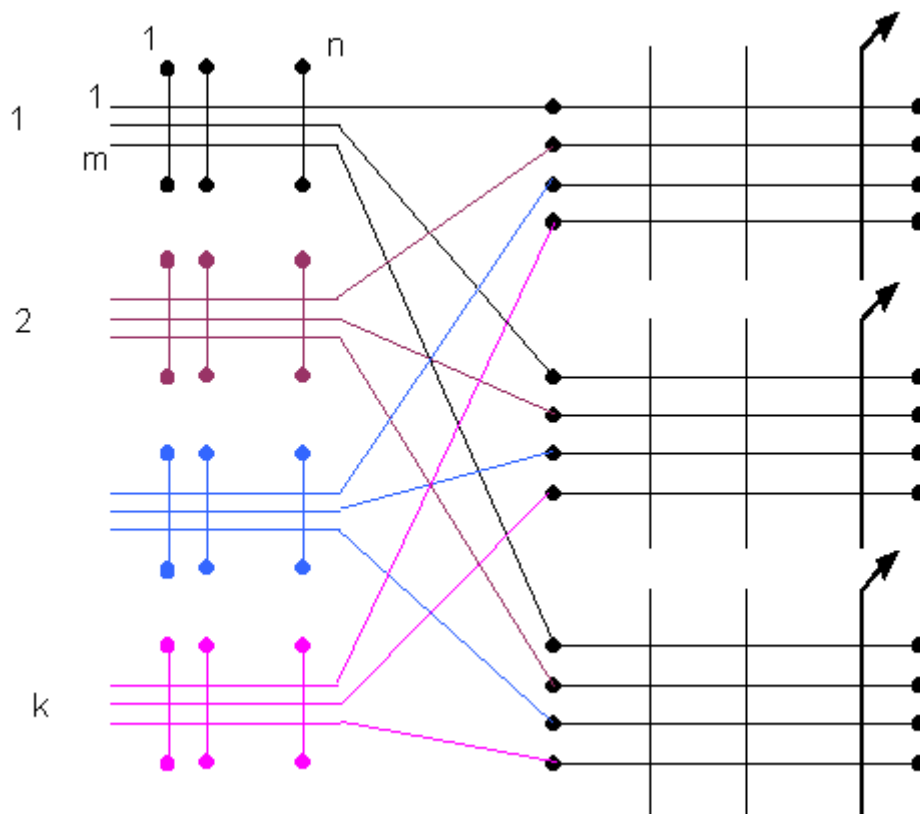
Энг оддий коммутацион тизимларга бир ёки икки звеноли КБлар мисол қилиш мумкин. Бундай КБлар кириш ва чиқиш линияларини ҳар бир кириши, ҳар бир ихтиёрий чиқишга улана олиши ёки улана олмаслиги учун улардаги коммутация нўқталари коммутацион тизимнинг асосий тавсифини белгилаб беради. 12.1-расмда бир звеноли КБ келтирилган бўлиб унинг параметр  $C = n \times m$  га тенг.



Бир звеноли схемаларнинг чиқишларини бир гуруҳга бирлаштириш мумкин ва йўналишлар ҳосил қилинади. Агар бир звеноли схемада шарт бажарилса бундай схема блокировкасиз, тескари шарт бажарилса блокировкали схема деб ҳисобланади. Одатда коммутация тизимлари схемалари звеноли усулда қурилганлиги учун коммутация тизимларини оптимизациялаш ва таҳлиллашда уларни икки звеноли деб ҳисоблаймиз. Чунки замонавий коммутация тизимларида икки хил фазовий ва вақтлий коммутаторли схемалар ёрдамида қурилган. Фазовий коммутатор реалъ коммутация матричасига асосланган электрон ключлардан, вақтлий коммутатор эса вақтлий мультимплексирланган ва демультимплексирланган кириш ва чиқиш каналларидан ташкил топган.

Икки звеноли схемада кириш ва чиқишни боғлаш учун орлиқ линия ва икки нўқтали коммутация қилиш усули амалга оширилади, бундай орлиқ линия (ОЛ) ва чиқиш нўқтасидан иборат бўлган иккита звенога эга бўлади. Ҳар бир боғловчи йўл схемада орлиқ линияларнинг тартибланган тўплами билан берилиши мумкин. Агар боғловчи йўлни ташкил этувчи барча орлиқ линиялар ва чиқиш бўш бўлса, унда бу йўл ҳам бўш бўлади. Агар, ҳеч бўлмаса, орлиқ линиялардан бири ёки чиқиш банд бўлса, у ҳолда боғловчи йўл ҳам банд ҳисобланганлиги учун ҳозирги кунга келиб звеноли схемаларда йўқотишлар эҳтимоллигини аниқлаш методлари мавжуд эмаслиги сабабли тақрибий ҳисоблаш усуллари: Комбинатор, эффе́тив имконийлик ва графлар услублари ишлатилади.

- 12.2.-расм. Кўп звеноли коммутаторнинг умумий қурилиши



12.2-расмда келтирилган икки звеноли коммутация тизимини оптимизациялаш ва тахлиллашда Якобеуснинг комбинатор услубдан фойдаланамиз ва у қўйидаги ифодага тенг:

$$P_j = \sum_{i=0}^r W_i H_{r-i}.$$

12.2-расмда келтирилган бир боғланишли икки звеноли схема ёрдамида кўриб чиқамиз. Бунда агар чақирув биринчи коммутаторнинг белгиланган киришига келган деб ҳисобласак, ва бунда мазкур коммутаторнинг чиқишларига уланган  $m$  тадан  $i$  та оралиқ линия банд бўлса, у ҳолда киришни талаб қилинаётган йўналишлардаги бирор бир чиқишига улаш учун, фақат қолган  $m-i$  оралиқ линияладан фойдаланиш мумкин. Агар талаб қилинаётган йўналишдаги шу  $m-i$  линияларга мос линиялар ҳам банд бўлса, у ҳолда йўқотишлар юз беради. Бу тасдиқ  $0 \leq i \leq m$  оралиқда ётувчи ихтиёрий  $i$  учун ва икки ҳолдаги бандликни қамраб олади.

Барча оралиқ линиялар ( $m-i$ ) ва йўналишдаги барча чиқишлар ( $i=0$ ) келган чақирув бўш чиқишни талаб қилади ва бу чиқиш  $q=1$  ҳолатда деб фараз қиламиз. Бу йўналишдаги йўқотишлар эҳтимолини аниқлаш лозим бўлса.  $W_i$  орқали  $m$  умуй сондаги оралиқ линиялар бандлиги эҳтимоллиги, деб оламиз  $H_{m-i}$  орқали эса  $m-i$  қайдланган чиқишларнинг бандлик

эхтимоллигини белгилаймиз. Бу ҳолда йўқотишлар эҳтимолини қуйидаги формула орқали аниқлаш мумкин:

$$P = W_0 H_{m-1} + W_1 H_{m-1} + W_2 H_{m-2} + \dots + W_m H_0 = \sum_{I=0}^M W_I H_{m-I}$$

Ушбу формула қуйидаги фаразларда ўринлидир:

1.  $W_i$  ва  $H_{m-i}$  қийматлар ўзаро боғлиқ эмас.
  2. Оралиқ линиялар ва чиқишлар тасодифий ҳолда банд этилган.
- Комбинаторли метод қуйидаги тақсимотлардан фойдаланишни кўзда тутади:
- Эрланг тақсимоти;
  - Бернулли тақсимоти.

Комбинаторли метод учун Эрланг тақсимотидан фойдаланилганда боғламга тушаётган  $Y$ -эрл юклама жадаллигида  $m$ - боғламдан ихтиёрий  $i$ -та оралиқ линияларнинг банд бўлиш эҳтимоли қуйидаги формуладан ҳисобланади:

$$E_{i,m}(y) = W_I = \frac{\frac{Y^i}{i!}}{\sum_{j=0}^m \frac{Y^j}{j!}}.$$

Ҳамда у орқали  $m$  –боғламдаги қурилмалардан  $m-i$  қайдланган оралиқ линиялар қурилмаларининг банд бўлиш эҳтимолини топиш мумкин:

$$H_{m-i,m}(y) = H_{m-i} = \frac{E_m(y)}{E_i(y)}$$

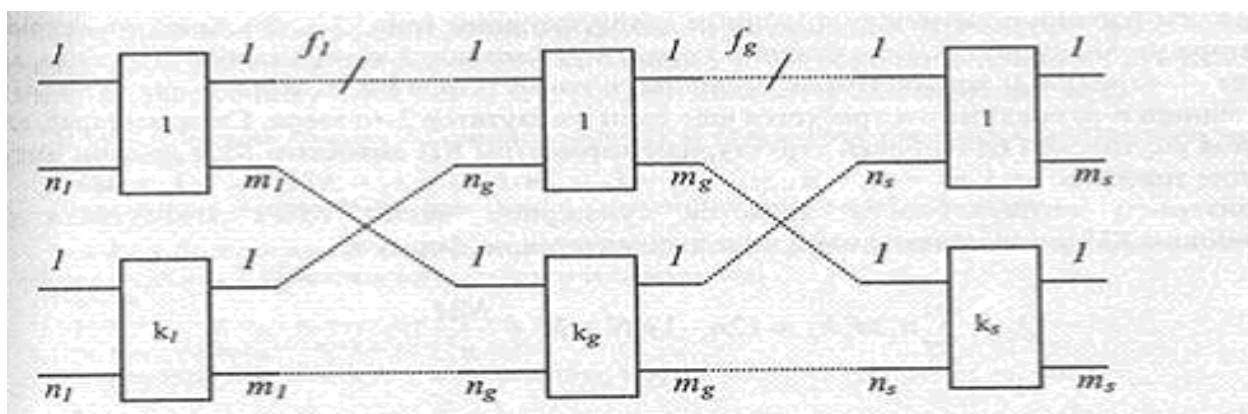
Бу ерда  $E_m(y)$   $i$ -қурилмалардан иборат боғламда  $Y$ - (эрл) юклама жадаллигида тулиқ имконли схемадаги  $m$  - боғланишли қурилмалардаги йўқотишларни топишда қуйидаги ифодадан фойдаланамиз:

$$E_m(y) = \frac{\frac{Y^m}{m!}}{\sum_{j=0}^m \frac{Y^j}{j!}}.$$

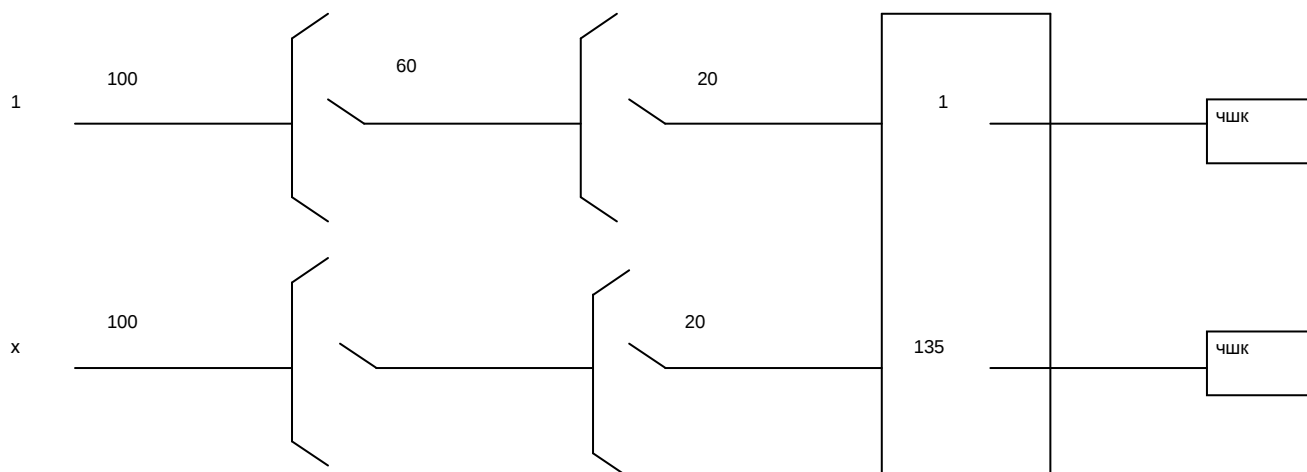
### 13-маъруза

#### Кўпзвеноли схемаларни ҳисоблашда Якобеуснинг комбинатор услуби

Катта сифимли коммутация майдонини коммутатор лар асосида қўриш натижасида коммутация қурилмаларининг сонининг кескин ошиб кетиши кузатилади. Шу сабабли кўп сонли коммутатор-ларни блокларга ажратиб кўп звеноли коммутация майдонлари қурилади, бунда а,б ва с звеноларни ўзаро улашда оралиқ линиялардан фойдаланилади. Кўп звеноли коммутация майдони 13.1-расмда келтирилган.

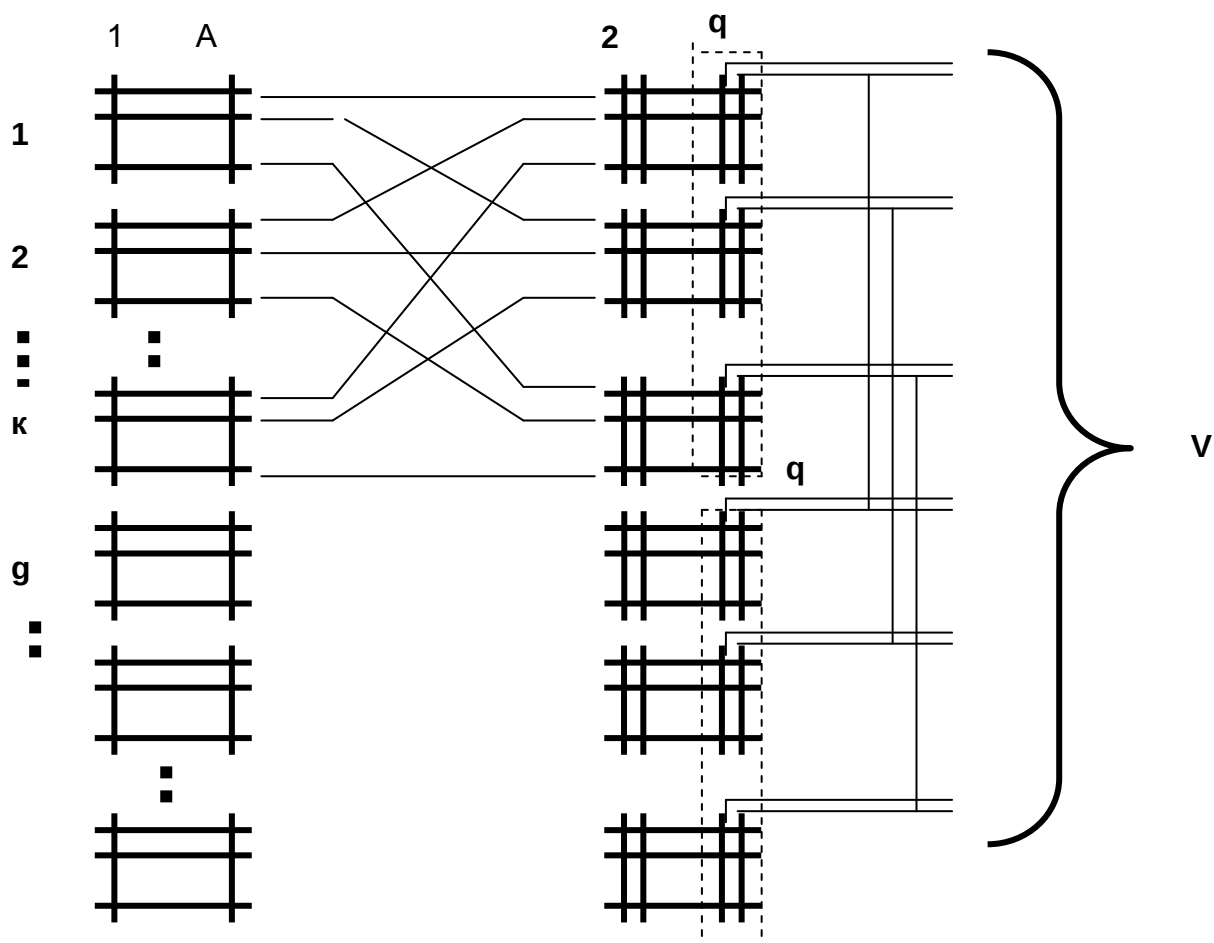


Кўп звеноли КМ таҳлиллада АИ босқичи мисолида кўриб чиқамиз. Бунда АИ босқичи қуйидаги параметрга эга : 100x60x20, АИ босқичи 13.2-расмда келтирилган.



13.2-расмдаги АИ босқичини икки звеноли схема кўринишида деб ҳисоблаймиз ва 13.3-расмдаги кўринишга эга деб ҳисоблаш ишларини олиб борамиз.

13.3 расм. АИ босқичини икки звеноли схемаси



Ушбу схема  $g$  -икки звеноли схемалардан иборат. Агар ҳар бир блокдан чиқишлар  $mq$  -сони га тенг бўлиб, бундай блоклар сони  $g$  га тенг, унда барча блоклардан чиқишларнинг умумий сони  $gmq$  га тенг бўлади, кейинги излаш босқичининг асбобларига улаш учун зарур  $V$ -бўлган чиқишлар сонини параллеллаш усули билан ҳосил қиламиз.

- Бу ҳолда қуйидаги тенгсизлик мавжуд:

$$mq < V < gmq$$

- $V$  -чиқишлардан кейинги излаш босқичига ихтиёрий излаш босқичининг ихтиёрий киришига фақат  $mq$  чиқишлар фойдаланиши мумкин.

Бундай схемалар параметрларини ҳисоблашда иккита усулдан фойдаланамиз. Буларга:

- 1.Якобеуснинг комбинатор усули (О"Делл ғоясига асосланган);
- 2.Эффектив имконийлик усули.

Кўп звеноли схема параметрларини аввал Якобеуснинг комбинатор усули (О"Делл ғоясига асосланган)да қараб чиқсак. Бу метод О"Деллнинг ғоясига

асосланган. Маълумки О’Делл услуги ишлатилганда линиялар сони куйидаги формула бўйича аниқланади:

$$V = d + \frac{Y_o - Y_d}{\sqrt{P}}$$

#### 14-15 маърузалар

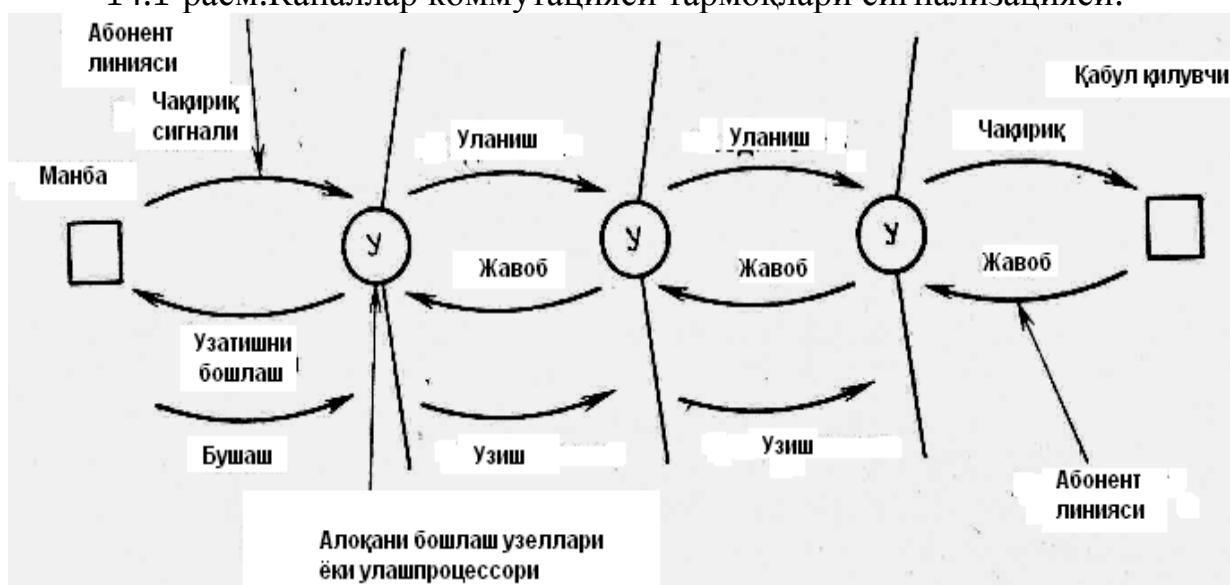
#### Каналлар ва пакетли коммутациялаш тармоқларда хизмат кўрсатиш тавсифини солиштириш.

Хабарларни узатиш тармоқларидаги жараёнларни аҳамиятли амалий мисол сифатида қараб телетрафика методлари назариясидан фойдаланишда уларда каналлар коммутацияси амалга оширилади деб тадқиқотлаш олиб борамиз. Маълумки каналлар коммутациясида маълумотлар узатиш уч фазада амалга оширилади:

- алоқа урнатилиш;
- маълумотларни узатиш;
- алоқани узиш.

Бу жараёнларни амалга ошириш учун алоқа тизимларида ҳар хил турдаги сигнализациядан фойдаланилади. Коммутация тизимларида сигнал хабарлари билан ўзаро алмашилишининг соддалаштирилган усуллари 14.1-расмда келтирилган.

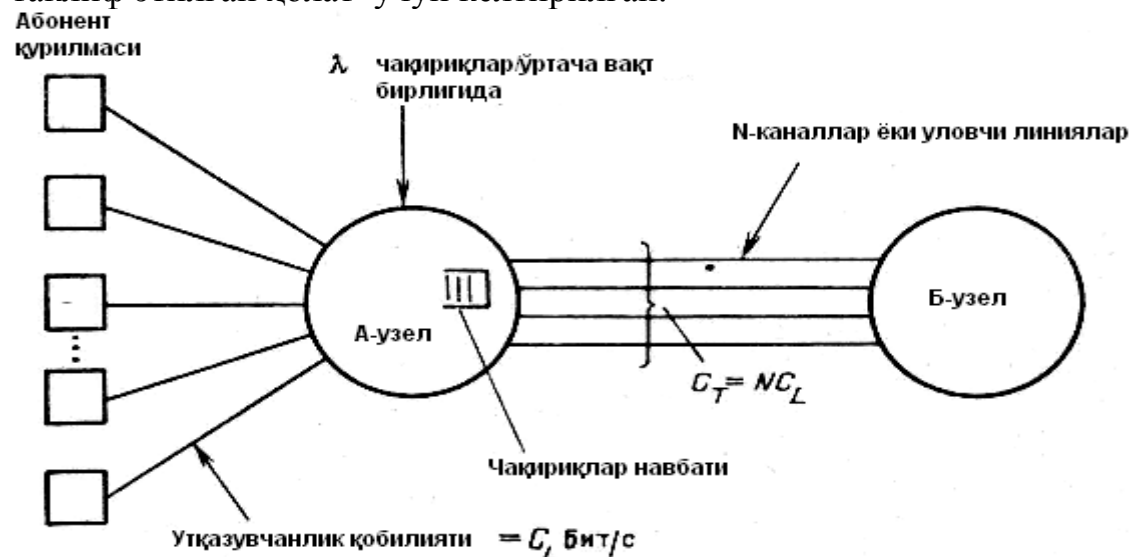
- 14.1-расм. Каналлар коммутацияси тармоқлари сигнализацияси.



Каналлар коммутацияланадиган тармоқларда сигнализацияни узатиш икки хил усулда ҳамма учун махсус умумий бўлган сигнализация каналидан (ОКС) ёки хабарлар узатилишига мулжалланган товуш канали орқали. Сигналларни узатилиш усулларида умумий канал сигнализациясини қараб чиқамиз. Бунинг учун аввал алоқа урнатилиш вақтини телефон тармоқлари юкламаси функцияси деб ҳисоблаймиз, бунда бошқарув ва ахборот сигналлари узунлиги, узлуксиз узатилаётган хабар ва маълумотлар

тезлиги, ҳамда каналлар сони(уловчи линиялар) алоқа учун тақдим этилган деб ҳисоблаймиз. Бунда каналлар коммутацияси моделини хизмат курсатиш тизимлари деб ҳисоблаймиз ва чақириқлар каналлар бушагунча навбатга қўйилади ва банд сигналини олмайди деб ҳисоблаймиз.

Бунинг учун маршрутизация муоммолари йўқ тўлиқ уланишли тармоқ деб ҳисоблаймиз.14.2.-расмда умумий хизмат курсатиш тизимлари модели таклиф этилган ҳолат учун келтирилган.



А ва Б алоқа узеллари бир бирлари билан утқазувчанлик қобилияти  $C_L$  ,бит/с бўлган  $N$  –уловчи каналлар орқали уланган.Шу утқазувчанлик тезлиги абонент шлефи тезлигига тенг десак.

Алоқа тракти хосил қилингандан кейин каналдан шу тезликда хабарлар узатилади. Абонент қурилмалари хосил қилаётган чақириқлар А тизимда навбатга қўйилади ва улар А-тизимда сақланади қачонки Б-тизимда лақол битта уловчи линия бушаса навбатда турган чақириқ Б-тизим билан уланиш имкониятига эга бўлади.14.3-расмда ҳамма алоқа урнатилиш вақтини ташкил этивчи  $T_c$  -курсатилган унда алоқа урнатилиш вақти, хабарни узатишга талаб тушган вақтдан то хабарни узатиш вақтини эътиборга олиш кераклиги қайд этилади.



А ва Б узеллар орасида ҳар бир сигнал булакчаларини узатиш ҳолатлари учун  $M < T_p >$  қийматлардаги ўртача вақт булаклари зарур бўлади шунинг вақтни булакларга бўлиб кўрсатиш зарур.

А узелда ўртача навбатда кутиши N-каналдан бирортаси бушагунча бўлган вақтни  $M\langle W \rangle$  деб белгилаймиз.

Энди оддийлик учун, ҳар бир сигнал хабарлари бир хил узунликда деб ҳисоблаймиз ва алоқа ўрнатилиш вақти  $-T_s$  бир хил деб белгилаймиз. Алоқа ўрнатилиш тўғрисидаги хабарни узатиш вақтини  $T_I$  –га тенг деб олмиз. Бундай соддаштириш натижасидада уланиш вақти тенг:

$$T_C = 3T_s + T_I + 3M\langle T_p \rangle + M\langle W \rangle$$

$M\langle W \rangle$  қийматлардаги ўртача кутиш вақтини ҳисоблаш учун оммавий хизмат курсатиш моделини M/M/N га тенг деб унинг буфери чексиз қийматларни қабул қилади ва N -сервердан ташкил топган деб ҳисоблаймиз. Пуассон тақсимотидаги чақириқлар оқимлари ҳақидаги тахминларга асосланиб, чақириқлар оқимлари адекват вазифали ва кўп абонентли бўлгани учун курсаткичли вақтга асосланган хизмат кўрсатиш вақтини статистик ёзиб бориш ва ҳисоблаш муоммоли масала ҳисобланади. Агар А-узелдаги чақириқлар оқими  $\lambda$  –га тенг бўлса, ўртача хизмат кўрсатиш вақти  $-1/\mu$  бўлганда M/M/N моделни қуйидаги ўзлуксиз утиш тавсифларига эга деб фойдаланиш мумкин. Бунда:

$$\begin{aligned}\lambda_n &= \lambda, \\ \mu_n &= n\mu; \quad n < N, \\ \mu_n &= N\mu; \quad n \geq N.\end{aligned}$$

Бу ерда  $n$  – умумий хизмат кўрсатиш тизимлари ҳолати ( алоқа ўрнатилган ва хизмат кўрсатилган чақириқлар учун).  $\rho = \lambda/(\mu N)$  параметрни киритиб тизимнинг стационар эҳтимолик ҳолатини аниқлашда қуйидаги ифодалардан фойдаланамиз.

$$p_n = \frac{(N\rho)^n}{n!} p_0; \quad n < N,$$

$$p_n = N^n \frac{\rho^n}{N!} p_0; \quad n \geq N,$$

$$p_0 = \left[ \sum_{n=0}^{N-1} \frac{(N\rho)^n}{n!} + \frac{1}{1-\rho} \frac{(N\rho)^N}{N!} \right]^{-1}.$$

Энди сифатли хизмат кўрсатишнинг ҳамма керакли тавсифларини топишимиз мумкин. Биринчидан хабарнинг тармоқда кечиши

эҳтимолигини топамиз. Талаб бажарилиши учун биронта ҳам буш узел йўк деб ҳисоблаймиз. Ҳамда бу шубҳасиз қуйидагига тенг.

$$P_w = \sum_{n=N}^{\infty} P_n = \frac{(\rho N)^N P_0}{(1-\rho)N!}$$

- Биз бу формулани бошқача курунишда

$$P_w = C(N, \rho N)$$

- Эрлангнинг C формуласи деб аввал ҳосил қилганмиз.

Формулага эътибор қаратганимизда C-формуладаги иккинчи аргумент бўлиб  $\rho < 1$  қолдиқ юклама эмас, каналлар боғламига тушаётган тулиқ юкламадан фойдаланилган. Аниқлаштириш мақсадида тулиқ юкламани  $A = \rho N$  деб белгилаймиз бу юклама ҳам Эрлангларда улчанади.

Келтирилган аниқланмаларни мисоллар билан қараб чиқсак.

Алоқа узелига тушаётган юклама  $\lambda/\mu = 0.8$  Эрл бўлсин ва бир ҳолатда алоқа узели  $N=1$  чиқиш каналига эга, бошқа ҳолатда эса чиқиш канали  $N=5$  та.

Ҳисоблаймиз  $C(1, 0.8) = 0.8$  ва  $C(5, 0.8) = 0.0018$ . Шундай қилиб алоқа узеллари учун чиқиш каналлари сони  $N=5$  бўлганда каналларда ушланиб қолиш эҳтимоли 400 маротабадан куп қисқаради деб айтиш мумкин.

Энди тизимда хизмат курсатилишни кутаётган хабарларнинг ўртача сонини топамиз. У тизимда мавжуд бўлган ва хизмат кўрсатилаётган хабарларнинг ўртача сони фарқи ва хабарларнинг ўртача сонга тенг.

$$M\langle m \rangle = \sum_{n=N+1}^{\infty} n P_n - N \sum_{n=N+1}^{\infty} P_n = \frac{\rho}{1-\rho} C(N, A)$$

Келтирилган ифоданинг тўғрилигини исботлаш сифатида  $N=1$  учун хабарларнинг ўртача кутишини топиш мумкин. У аввалги  $M/M/1$  умумий хизмат курсатиш тизимларидагининг худди ўзи бўлади у ҳолда

$$M\langle m \rangle = \frac{\rho^2}{1-\rho}$$

Энди  $M\langle n \rangle$  тизимда мавжуд бўлган хабарларнинг ўртача сонини ва  $M\langle s \rangle$  хизмат кўрсатилаётган хабарларнинг сонини топамиз. Ҳисоблаш кўрсатишича буни Литтл формуласидан топиш мумкин у ҳолда узелдаги  $M\langle T \rangle$  кечикишни ва хабарнинг ўртача кутиш вақтини  $M\langle W \rangle$  учун топиш мумкин.

$$M\langle n \rangle = M\langle m \rangle + M\langle s \rangle,$$

$$M\langle s \rangle = N\rho = A.$$

## 16-маъруза

### Приоритетга эга тизимлар. Буюртмага хизмат кўрсатишга киритилаётган приоритетлар, хизмат кўрсатиш тартиби.

Хизмат кўрсатиш тартиби деганда тизимга келиб тушган ва навбатда турган чақириқлардан қайси бирига хизмат кўрсатилиш талаб қилинишини аниқлаш тушунилади. Бу талабга жавоб бўлиб қуйида келтирилган тавсифлар хизмат қилиши мумкин:

- улчовлар, чақириқни тушган вақтга боғлиқ деб аниқлашда талабнинг қайси навбатидалигига қараш орқали;
- улчаш талаб қилинган ёки хозиргача олинган хизмат кўрсатиш вақти орқали;

Талабнинг у ёки бу гуруҳ тоифасига боғлиқлик функцияси орқали топилиши мумкин.

Хизмат кўрсатишга мисол қилиб доимий фойдаланиладиган “Биринчи келди-биринчи хизмат кўрсатилди” (FCFS-first come-first served) моделини келтириш мумкин.

Баъзи адабиётларда бундай хизмат кўрсатиш тартибини “чақириқ тушиш тартиби бўйича”-ЧТТБ деб аташ қабул қилинган.

Шу уринда чақириқларга хизмат кўрсатиш тартибилари рўйхатини келтириш мумкин:

“чақириқ тушиш тартиби бўйича хизмат кўрсатиш”-ЧТТБХК -обслуживание в порядке поступления (FCFS);

Чақириқга тескари тартибда хизмат кўрсатиш-ЧТТХК(охирги тушган чақириқга биринчи хизмат кўрсатилиши)– обслуживание в обратном порядке, т.е. последнее поступившее требование обслуживается первым (LCFS);

Энг кам вақт узинлигида биринчи хизмат кўрсатиш-ЭКВУБХК -ПК – первоочередное обслуживание требований с кратчайшей длительностью обслуживания (SPT/SJE);

Энг кам вақт узинлигида биринчи хизмат кўрсатишгача бўлган вақтда хизмат кўрсатиш –ЭКВУБХКБВХК, ПКД – первоочередное обслуживание требований с кратчайшей длительностью дообслуживания (SRPT);

Энг кам вақт узинлигида ўртача хизмат кўрсатиш вақти бўйича – ЭКВУЎХКВБ, ПКС – первоочередное обслуживание требований с кратчайшей средней длительностью обслуживания (SEPT);

Энг кам вақт узинлигида чақириқ талабига биринчи хизмат кўрсатиш-ЭКВУЧТБХК, ПКСД – первоочередное обслуживание требований с кратчайшей средней длительностью дообслуживания (SERPT);

Хизмат кўрсатилиш талабига энг кам вақт оралиғида биринчи хизмат кўрсатиш- ПКОВ – первоочередное обслуживание требований с кратчайшим обязательным временем (SIPT).

Агар келтирилган ҳамма талабларнинг ўртача кутиш вақтини жуфтлаб таққосласак ва умумий ўртача кутиш вақтини Д1 деб белгиласак, ҳамда

умумий ўртача кутган вақитни  $D_2$  дан катта ёки тенг деб белгиласак, у ҳолда  $D_1 \rightarrow D_2$ , ларни қуйидаги диаграмма кўринишда қуриш мумкин

- $$\begin{array}{ccccccc} \bullet & & \text{ПО} & \rightarrow & \text{ОПП} & \rightarrow & \text{ПК} & \rightarrow & \text{ПКД} \\ \bullet & & \downarrow & & & & & & \uparrow \\ \bullet & & \downarrow & \rightarrow & \text{ОП} & \rightarrow & \rightarrow & \rightarrow & \rightarrow & \uparrow \end{array}$$

Шундай қилиб ҳар хилдаги талабларни аниқлаш ва хизмат кўрсатишда чақириқларнинг ўртача кутиш вақтига қуйилган талабларни ёки чақириқнинг тизимга келиш ўртача вақтини аниқлаш параметрини таҳлил қилишни асосий масала деб керак.

Буни аниқлаш учун фараз қиламиз тушаётган чақириқга хизмат кўрсатиш Р тоифадаги турли имтиёзли синфга таълуқли бўлсин ва уларни куйидаги индекслар билан белгилаймиз  $p=1,2,3 \dots P$ .

## 17-маъруза

### Приоритетли тизимлардан ўртача кутиш вақтини ҳисоблашни асосий модели. Приоритетли тизимларни вақтга боғлиқ бўлган хизмат кўрсатиш тартиби

Приоритетли тизимларда тоифали талаблар ўртача кутиш вақтини ҳисоблаш асосий модели учун қуйидаги  $p - Wp$  – белгилаш киритамиз ва шу тоифали талабнинг тизимга келиб тушиш ўртача вақтини –  $Tp$  деб белгилаймиз:

$$T_p = W_p + \bar{x}_p$$

Бундай тизимда талабларга асосан эркин( относительным) ҳолатда хизмат кўрсатилади деб фараз қиламиз. Ҳамда тизимга  $p$ -имтиёзли талабларнинг баъзи бирларигина келиб тушиш моментинини қараб чиқамиз. Кейинги ҳолатлар учун бу талабларни белгиланган деб қабул қиламиз. Бунда биринчи тулдирувчининг кутиш вақти белгиланган талаб учун талабни серверда топиш ҳолатига боғлиқ бўлади. Бу тулдирувчи бошқа талабга хизмат кўрсатилиш қолдиқ вақтига тенг.

Бу белгини кейинчалик ҳам ишлатамиз шу сабабли уни белгиланган талабнинг ўртача қолдиқ вақти деб белгилаймиз, тизимда бошқа талабнинг мавжудлиги ва хизмат кўрсатилиш қолдиқ вақтга боғлиқлиги учун  $W_0$  деб белгилаймиз. Ўзаро қўшни бўлган имтиёзли талаблар тушиш вақтини тақсимланишини билганимиз учун уни ҳисоблашимиз мумкин. Бизнинг тахминимизга кўра Пуассон қанунини ҳар бир тоифали талаблар учун қуйидаги қуринишда деб белгилаймиз:

$$W_0 = \sum_{i=1}^P \rho_i \frac{\bar{x}_i^2}{2\bar{x}_i} = \sum_{i=1}^P \frac{\lambda_i \bar{x}_i^2}{2}$$

Белгиланган талабнинг иккинчи ҳолати ўртача кутиш вақтини аниқлаш учун бу белгиланган талабдан олдин бошқа талабга хизмат кўрсатилмоқда деб фараз қилинади, тизимга келиб тушган бу белгиланган талаб тизимда навбатга туришга мажбур бўлди. Кейинги ҳолатлар учун бу белгиланган талаблар сонини  $i$  –тоифали ( $p$ -тоифадаги талаблардан) навбатларни топган талаблар деб белгилаймиз ва улардан аввал тизимда  $N_{ip}$  – талабларга хизмат курсатилмоқда деб ҳисоблаймиз. Бу талабларнинг ўртача сонли қийматлари, талабларнинг ўртача кечикиш вақти тулдирувчиси қийматини аниқлайди ва қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$\sum_{i=1}^P \bar{x}_i \overline{N_{ip}}$$

Белгиланган талабнинг учинчи кутиш ҳолати талабларга боғлиқ бўлиб, белгиланган талаб келиб тушганда, тизимда аввалги белгиланган

талаблардан бирига хизмат кўрсатилмоқда деб фараз қилинади. Бундай талаблар сонинг  $Mip$  деб белгилаймиз. Бундай белгиланган талаблар ўртача кутиш қиймати аввалгисига ухшаш ва қуйидаги қийматлардан ташкил топади:

$$\sum_{i=1}^P \overline{x_i} \overline{M_{ip}}$$

Келтирилган учта тулдирувчиларни ўзаро қушиш орқали белгиланган талабларга навбатма навбат ўртача хизмат кўрсатиш вақти талабини топиш учун қуйидаги формуладан фойдаланамиз.

$$(*) W_p = W_0 + \sum_{i=1}^P \overline{x_i} (\overline{N_{ip}} + \overline{M_{ip}}), \quad p = 1, 2, \dots, P$$

Аниқландики, хизмат кўрсатиш талабларидан қаятий назар тизимга тушаётган талаблар сони  $Nip$  ва  $Mip$  ихтиёрий бўлиши мумкин эмас. Шу сабабли баъзи бир имтиёзли талаблар учун баъзи бир боғлиқликлар мавжуд бўлиб улар талабларнинг ўртача кутиш вақтлари ўзаро боғлиқлигини келтириб чиқаради.

Бу боғлиқликларнинг аҳамияти оммавий хизмат кўрсатиш тизимлари учун сақлаш қануни деб номаланади. Приоритетли тизимларни вақтга боғлиқ бўлган хизмат кўрсатиш тартибини аниқлаш учун M/G/1 тоифали умумий хизмат кўрсатиш тизимларида қуйидаги қийматлардаги асосий тенгсизликлар бажарилиши шарт:

$$\sum_{p=1}^P \rho_p W_p = \begin{cases} \frac{\rho W_0}{1 - \rho}, & \rho < 1, \\ \infty, & \rho \geq 1. \end{cases}$$

Бу тенгсизлик кўрсатиб турибдики талабга хизмат кўрсатилишда мураккаб ёки шахсий усуллардан фойдаланишдан қаятий назар талабларнинг умумий кутиш вақти ўзгармас.

$$\sum_{p=1}^P \rho_p W_p = \overline{U} - W_0$$

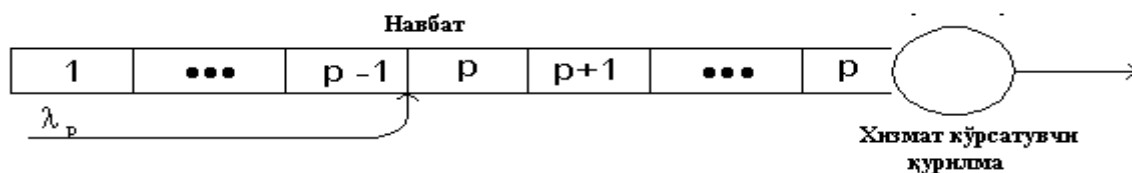
Агар баъзи бир талаблар кутиш вақтини камайтирсак, у ҳолда бошқа талабнинг кутиш вақти ортиб кетади. Шу сабабли доимо бир хилдаги кутишга эришиш талаб этилади.

Ихтиёрий кутиш вақтига эга каттароқ умумий тизимлар учун G/G/1 қонуният бўйича чақириқлар тушишида талабларнинг ёзилиши қуйидаги кўринишда бўлади:

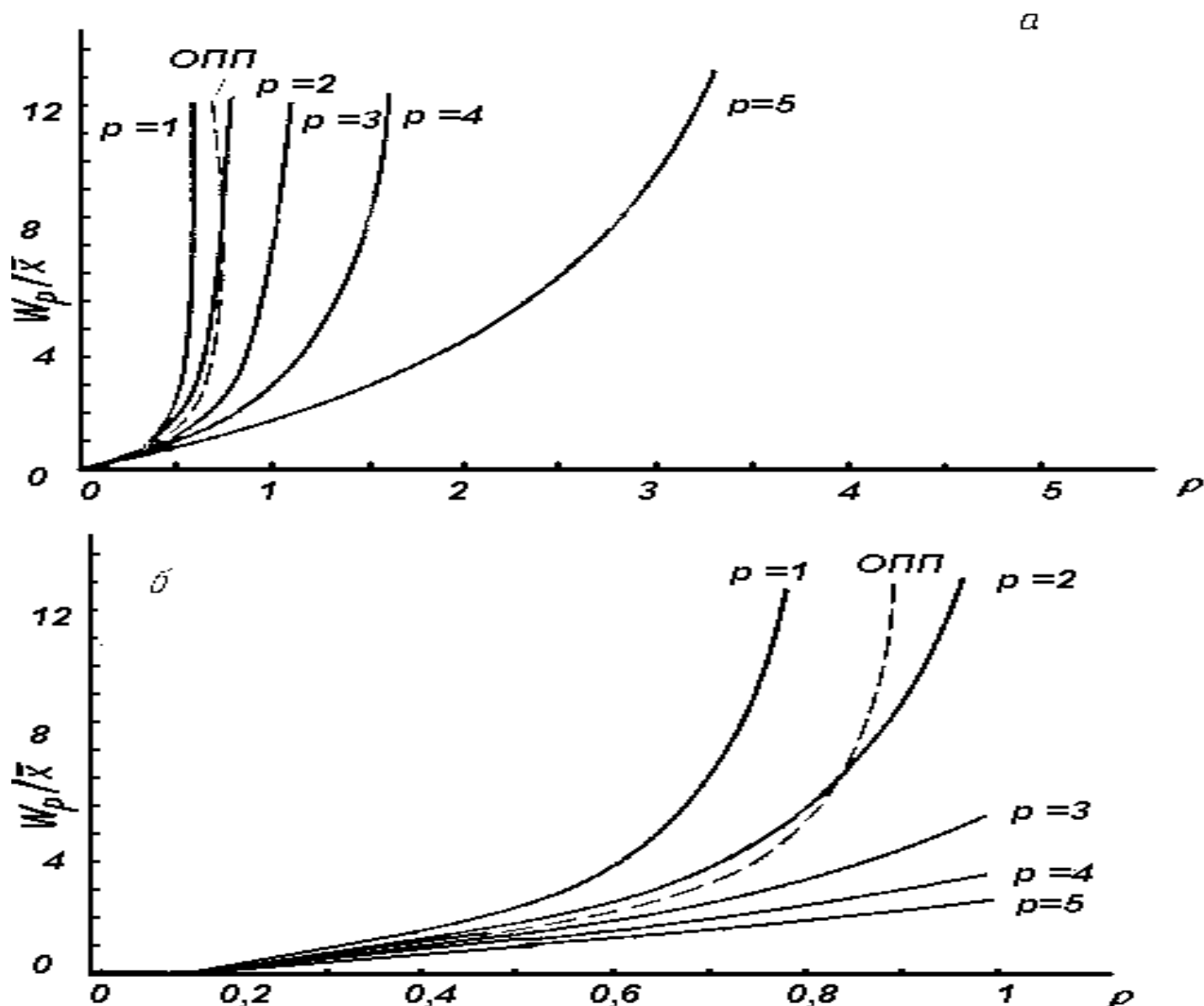
$$\overline{U} = \frac{W_0}{1 - \rho}$$

- Энди имтиёзли тартибли, имтиёзли функцияга эга умумий фойдаланиш тизимлари учун ўртача кутиш вақтини топишни қараб чиқсак.

17.1-расмда имтиёзли тартибли, имтиёзли функцияга эга умумий фойдаланиш тизими келтирилган, унга кўра тушаётган талаблар чап томонга тенг имтиёзга ёки имтиёзлар бир биридан ортиқлигига қараб навбатга қуйилади.



- 17.1-расм. Имтиёзли хизмат кўрсатишга эга умумий фойдаланиш тизими



17.2-расм. Нисбий имтиёзли ҳолатга эга тизимларда талабларга ихизмат кўрсатиш ( $P=5$ ,  $\lambda P = \lambda/5$ ).

### **Асосий дарсликлар ва ўқув қўлланмалар**

- 1. А.Степанов.,Телетрафика в мультисервисных сетях связи
- Эко-Трендз. 2010.
- Крылов В.В., Самохвалова С.С., «Теория телетрафика и её приложения»
- СП.б «БХБ-Петрбург»2005.
- 2. Лидский Э.А.Задачи трафика в сетях связи. Учебное пособие. Екатеринбург, 2006.
- 3. Корнышев Ю.Н., Фань Ген –Линь. Теория распределения информации. М. Радио и Связь, 1985г. - 250 стр.
- 4. Абдурахманова М.Ф., Ахборотни- тақсимлаш назарияси фанидан ўқув қўлланма.ТАТУ. Тошкент 2009.
- 5.Абдурахманова М.Ф., Дементеева Н.Г., Ходжаев Н.С., Шарифов Р.А., Методические указания к практическим занятиям по курсу «Теория распределения информации», Ташкент ТЭИС, 1989 г.