

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА
МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

**ЎЗБЕКИСТОН АЛОҚА ВА АХБОРОТЛАШТИРИШ
АГЕНТЛИГИ**

**ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ
УНИВЕРСИТЕТИ**

Р.И. ИСАЕВ, Р.К. АТАМЕТОВ, Р.Н. РАДЖАПОВА

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯ УЗАТИШ ТИЗИМЛАРИ

*Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги
томонидан дарслик сифатида тавсия этилган*

ТОШКЕНТ – 2011

УДК: 621.398:007 (075)

ББК 32.94-5я73

И78

И78 Р.И. Исаев, Р.К. Атаметов, Р.Н. Раджапова. Телекоммуникация узатиш тизимлари. –Т.: «Fan va texnologiya», 2011, 520 бет.

ISBN 978–9943–10–544–7

Телекоммуникация сигналлари назарияси, уларнинг сифат кўрсаткичлари, телекоммуникация узатиш элементлари, уларни ишлаш принциплари, узатиш тизимларини тузилиш назарияси ва ишлаш принциплари, аналог ва рақамли телекоммуникация каналлари, трактлари ва улар орқали телекоммуникация тармоқларини тузиш асослари, плезиахрон ва синхрон рақамли узатиш тизимларининг тузилиш ва ишлаш принциплари, телекоммуникация узатиш линияларини лойихалаш ва уларнинг ишончилиги, хавфсизлиги, телекоммуникация тизимлари ва тармоқларини синхронизациялаш ва замонавий телекоммуникация узатиш тизимлари ҳамда тармоқларига оид масалалар ушбу дарслик китобига киритилган.

Мазкур дарслик олий ўқув юртлари талабалари, алоқа ва инфор­мацион технологиялар коллежи ўқувчилари, алоқа ва ахборотлаштириш соҳаси ходимлари учун мўлжалланган.

УДК: 621.398:007 (075)

ББК 32.94-5я73

Тақризчилар:

техника фанлари номзоди, доцент **Бергаиов Искандар Рахмонович;**

техника фанлари номзоди, доцент **Гултўраев Нурилла**

Хабибуллаевич

ISBN 978–9943–10–544–7

© «Fan va texnologiya» нашриёти, 2011.

СЎЗ БОШИ

Ўзбекистон Республикасининг телекоммуникация тармоқлари давлатимизнинг барча иқтисодий секторларини барқарор ишлаши ва ривожланиши учун хизмат қиладиган асосий тизим ҳисобланади. Телекоммуникация тармоқларининг асосий бўғинини телекоммуникация узатиш тизимлари ташкил этади.

Телекоммуникация тармоқлари давлатимиз ҳудудида жойлашган қуйидаги алоқа тармоқларидан таркиб топган: умумий фойдаланиш тармоғи, ажралган ҳолдаги тармоқ, технологик тармоқлар, махсус алоқа тармоқлари ва бошқа электромагнит тизимлари орқали маълумотларни узатувчи тармоқлар.

Ўзбекистон Республикаси телекоммуникация тармоғи ташкилий-техник бирлиги принципига асосланган, умумий техник асосда, умумий унификация талабларига жавоб берадиган техник тизимлар, умумий номенклатурага жавоб берадиган бир хил типдаги канал ва тармоқ трактларидан ташкил топган.

Функционал ишлаш принциплари бўйича Ўзбекистон телекоммуникация тармоқлари транспорт тармоқлари ва уланиш тармоқларига бўлинади.

Худудий бўлинишга асосан Ўзбекистон телекоммуникация тармоқлари халқаро, шаҳарлараро, регионал ва маҳаллий (шаҳар ва қишлоқ) тармоқларига бўлинади.

Халқаро алоқа тармоқлари – бошқа давлатлар алоқа тармоқлари билан технологик жиҳатдан уланган (туташган) телекоммуникация тармоқларидан ташкил топган.

Шаҳарлараро (магистрал) алоқа тармоқлари – технологик жиҳатдан уланган (туташган). Ўзбекистон пойтахти Тошкент, вилоят марказлари билан ва марказларни бир-бири билан уловчи телекоммуникация тармоқларидан ташкил топган.

Регионал алоқа тармоқлари – технологик жиҳатдан уланган (туташган), бир вилоят ҳудуди миқёсида тузилган телекоммуникация тармоқларидан ташкил топган.

Маҳаллий алоқа тармоқлари – технологик жиҳатдан уланган (туташган), административ ёки бошқа принцип бўйича таркиб

топган худудда, регионал алоқа тармоқларидан бошқа телекоммуникация тармоқларидан ташкил топган.

Шаҳарлараро, регионал ва маҳаллий алоқа тармоқлари Ўзбекистоннинг асосий рақамли транспорт алоқа тармоғи ҳисобланади.

Маҳаллий алоқа тармоқларидаги «маҳаллий узел – охириги курилма», янги атамаларга асосан, уланиш тармоғи деб аталади.

Ўзбекистон телекоммуникация тармоғига қуйидаги телекоммуникация тизимлари киради: телефон, телеграф, факсимил алоқалари, маълумотларни узатиш, телевидение дастурларини тарқатиш. Телекоммуникация воситаларининг ривожланиши асосида алоқа тизимлари ўзгариб, интеграллашган бир қатор тизимлар ва уларнинг янги турлари тармоқга кириб келди.

Телекоммуникация воситалари ва тармоқларининг ривожланиши ҳозирги кунда уч йўналишда борапти: рақамлаштириш, оптикалаштириш, компьютерлаштириш. Рақамли узатиш тизимларининг аналог узатиш тизимларидан афзаллиги бир неча ўн йиллар олдин маълум бўлган. Аммо, тахминан 20 йил олдин тармоқларни ҳақиқий рақамлаштириш – янги техника, толали оптик алоқа узатиш тизимлари ишга туширилгандан бошланди.

Ҳозирги кунда Ўзбекистонда магистрал, регионал транспорт тармоқлари 100 % рақамлаштирилди ва умумий телекоммуникация тармоқларининг рақамлаштириш кўрсаткичи 80 % дан ошди. Қишлоқ телекоммуникация тармоқларини ривожлантириш янги технологиялар асосида - синхрон рақамли иерархияга эга бўлган аппаратуралар, эластик мультимплексорлар, тактли тармоқ синхронизациясини қўллаш, рақамли коммуникация тизимларини қўллаш, тўлқин бўйича зичлаштириш технологияларидан фойдаланиш ва келгуси авлод технологияларини (NGN – Next Generation Network) қўллаш асосида олиб борилмоқда.

Толали оптик алоқа узатиш тизимларининг асосий афзалликлари – толали оптик узатиш линияларини ўтказувчанлик қобилиятини оширилиши ва оралиқ пунктлар сонини қисқартирилиши рақамлаштириш жараёнини жадаллаштиришга асос бўлди. Ҳозирги кунда ривожланиш жараёни–оптикалаштириш бўлиб, оптик транспорт тармоқлари, уланиш оптик тармоқлари ва келгусида оптик тармоқларни фотон технологиялари асосида ривожлантирилиши аниқ ва долзарб масалалар қаторига киради.

Рақамлаштириш жараёнини ривожлантириш ва тармоқларни оптикалаштириш билан бир қаторда ярим ўтказгичлар элемент базасини такомиллаштириш, микропроцессорлар техникаси ва операцион тизимларни дастурий таъминоти алоқа воситаларини компьютерлаштиришни ҳам асоси бўлиб колди. Ҳозирги кунда, замонавий поғонадаги ривожланишда, компьютерлаштириш - нафақат эксплуатация назорат аппаратуралари, теленазорат ва бошқариш, диспетчер пунктларидаги назорат ва тармоқларни бошқариш қурилмаларида микропроцессорлар техникаси – воситаларини ва дастурлаш – техник комплексини кенг миқёсда қўллаш, бундан ташқари автоматлаштириш ва ахборотларни узатиш ва уланиш жараёнида уларни қайта ишлашни асосий функцияларини такомиллаштириш техник эксплуатация концепциясини ва телекоммуникация тизимларини ва тармоқларини бошқаришни, янги сифатли даражага олиб чиқишни таъминлайди.

Ҳозирги кун поғонасидаги телекоммуникация тармоқларини ривожлантиришда телекоммуникация воситаларини такомиллаштиришни учта йўналиши бир-бири билан узвий равишда боғланган. Янги алоқа техникаси – бу, юқори тезликка эга бўлган, оптик кабелда ишлайдиган, юқори сатҳли дастурий таъминотга асосланган рақамли узатиш тизимларидир.

Ушбу дарслик китобида муаллифлар юқорида келтирилган масалалар бўйича талабаларнинг замонавий рақамли телекоммуникация узатиш тизимлари бўйича тўлиқ ва мукамал назарий билим олишлари учун бошқа давлатларда чоп этилган дарсликлардан, Халқаро телекоммуникация иттифоқи тавсияларидан, журналларда чоп этилган замонавий мақолалардан фойдаландилар.

Муаллифларга ўқув дарслигининг қуйидаги бўлимлари тегишли:

Исаев Р.И. – кириш қисми, телекоммуникация узатиш тизимларининг бирламчи сигналлари, мультисервиси телекоммуникация тармоқлари тузилишининг технологик асослари;

Атаматов Р.К – толали оптик узатиш тизимларини ташкил этиш асослари;

Раджапова Р.Н. – телекоммуникация узатиш тизимларининг тузилиш принциплари, каналлари вақт бўйича ажратилган узатиш тизимларини ташкил этиш, рақамли узатиш тизимларини ташкил этиш, синхрон рақамли телекоммуникация тизимлари, оптик сигналларни тўлқинлар бўйича зичлаштирувчи технологиялар,

мультисервиси телекоммуникация тармоқлари тузилишининг технологик асослари, телекоммуникация узатиш тизимларидан техник фойдаланиш;

Дарсликдаги 8-боб, «Абонентлар уланувчи тармоқларнинг телекоммуникация узатиш тизимлари», аспирант Х.Р. Исахўжаев томонидан ёзилган.

Дарслик биринчи марта давлат тилида нашр этишга тайёрланди. Шунинг учун айрим камчилик ва хатолардан холи эмас. Муаллифлар, ушбу дарслик бўйича тақризчиларнинг ва барча ўқувчиларнинг берган кўрсатмалари ва маслаҳатлари учун уларга олдиндан миннатдорчилик билдирган ҳолда, кейинги нашрда бу камчиликлар бартараф этилади, деган умиддалар.

КИРИШ

Замонавий телекоммуникация тизимлари ҳар қандай масофага, берилган сифат параметрлари билан, турли хабарларни узатишни таъминловчи ҳар хил техник воситаларнинг мураккаб мажмуасидан иборат.

Телекоммуникация тизимларининг асосини, намунавий каналлар ва трактларни шакллантириш учун мўлжалланган, электрик, толали оптик ва радио линиялари бўйича ишловчи кўп каналли узатиш тизимлари ташкил этади.

Умумий фойдаланувчиларнинг, идоравий ва мамлакат территориясидаги телекоммуникация алоқа тармоқлари, технологик мослаштирувчи мажмуалар кўринишида қўлланилувчи телекоммуникация узатиш тизимлари асосида қурилади.

Ўзаро боғланган алоқа тармоқлари одатдаги хабарларни узатиш тармоқларидан ташқари:

стандартлаштирилган кўп функцияли интерфейсларнинг чегараланган мажмуаси орқали амалга ошадиган, абонентларга телефон хабарларни узатиш бўйича кенг спектрдаги хизматларни етказиш учун охириги қурилмалар (терминаллар) орасида тўлиқ рақамли уланишни таъминлайдиган, интеграция хизматларига эга бўлган рақамли алоқа тармоқларининг уланиши;

абонентларга белгиланган вақтда, белгиланган жойга кенгайтирилган хизматлар мажмуасини етказиб бериши мумкин бўлган интеллектуал тармоқ, масалан, чақираётган абонентнинг ҳақ тўлаши ҳисобига телефон уланишларини амалга ошириш, кредит картаси бўйича чақирик, қисқартирилган рақамлар мажмуаси бўйича мурожаат этиш, телеовоз бериш ва бошқалар;

ҳаракатда бўлган абонентларга ҳар қандай жойда алоқа хизматини олиш имконини берувчи мобил алоқа тармоқлари;

ахборот алмашиш тезлиги юқори бўлган интеграция хизматли, кенг полосали рақамли тармоқлар;

асинхрон режимда узатиш (Asynchronous Transfer Mode - АТМ) ва бошқа технологиялар ёрдамида ахборотни транспортлаштириш асосидаги юқори тезликли тармоқларни яратиш имконини беради.

Уқоридагиларни назарда тутган ҳолда ушбу дарслик китоби, телекоммуникация соҳаси бўйича асосий таъриф ва тушунчалар, каналлари частота бўйича ажратилган телекоммуникация узатиш тизимларининг тузилиш принциплари, канал ва трактларда ҳосил бўлувчи шовқинлар ва уларни созлаш, каналлари вақт бўйича ажратилган телекоммуникация узатиш тизимларининг тузилиши, сигналларни регенерациялаш, рақамли узатиш тизимларида синхронизация, ИКМ ли рақамли узатиш тизимларининг иерархияси, рақамли оқимларни бирлаштириш ва ажратиш саволларини ўз ичига олган. Шунингдек, SDH тизимлари асосидаги телекоммуникация тармоқларининг тузилиши, сигналларни шаклланиши, SDH нинг базавий элементлари ва топологиялари, синхронизация ва тармоқни бошқариш масалалари, толали оптик узатиш тизимларини ташкил этиш, тўлқинларни зичлаштирувчи технологиялар, мультисервиси телекоммуникация тармоқлари тузилишининг технологик асослари, абонентлар уланувчи тармоқларнинг телекоммуникация узатиш тизимлари, телекоммуникация узатиш тизимларининг техникасидан фойдаланиш ҳақида маълумотлар берилган.

1 БОБ. ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯНИНГ БИРЛАМЧИ СИГНАЛЛАРИ ВА УЗАТИШ КАНАЛЛАРИ

1.1. Асосий тушунчалар ва таърифлар. Электр алоқа тизимининг таснифи

Шахсий муносабатдан жамиятдаги муносабатгача, имо-ишоралар, мимикалар, қоятошлардаги расмлар, товушлар, ёруглик (тутун), почта, юк ҳамда йўловчиларни отли аравада ташиш орқали ва оптик семафор ёрдамида амалга ошириладиган оддий боғланишлардан бошлаб турли-туман ахборотни сақлаш, тақсимлаш, ишлов бериш, қабул қилиш ва узатишни таъминловчи улкан телекоммуникация тизимлари ва тармоқларини яратишгача бўлган алоқа воситаларининг муттасил ва жадал суратда ривожланиши инсоният цивилизациясининг тараққиёти ҳисобланади. Ахборот сўзи орқали, у қандай усулда тақдим этилишидан қатъий назар, воқеалар, ҳодисалар, жараёнлар, тушунчалар ҳамда фактлар, жисмлар ва инсонлар тўғрисидаги маълумотлар мажмуи тушунилади.

Ахборот манбаидан истеъмолчига узатиш учун унинг тақдим этилаётган кўриниши маълумот дейилади. Телекоммуникация соҳасига мувофиқ маълумот - бу электромагнит сигналлар ёрдамида электр алоқа воситалари орқали узатилаётган ахборот. Телеграммаларнинг матни, нутқ, мусиқа, фототелеграмма-факс, телевизион тасвир, ҳисоблаш машиналарининг чиқишидан олинаётган маълумотлар, телебошқарув ва теленазорат тизимларидаги командалар ва бошқа маълумотлар мисол бўла олади.

Алоқа, бу ахборот узатувчи манбадан қабул қилувчи манбагача бўлган жараёндир. **Ахборот**, маълумотлар тўплами (йиғиндиси)дан иборат.

Узатилаётган маълумотни акс эттирувчи (элтувчи), моддий элтувчи ёки физик жараёни сигнал дейилади ёки сигнални соддагина қилиб **ахборот ташувчи тўлқин** дейиш мумкин. Турли сигналларни узатиш учун, маълумотларни акс этдирувчи электромагнит тебраниш (электр сигнал)лар қўлланилади.

Электрик сигналлар физик табиатдаги сигналлардан бир қанча афзалликлари билан фарқ қилади, масалан уларни жуда узоқ

масофаларга узатиш, оддий техник қурилмалар ёрдамида ўзгартириш мумкин. Уларни тарқалиш тезлиги ёруғлик тезлигига яқин. Сигналларнинг таснифи ҳар хил бўлиши мумкин, лекин электр алоқа сигналлари деб аталувчи ва вақт давомида параметрларининг ўзариши узатилаётган маълумотни акс эттирувчи электр кучланишлар ёки тоқларни ифодаловчи электр сигналлар алоҳида қизиқиш уйғотади. Телефон, телеграф, факсимил сигналлар, маълумотларни узатиш сигналлари, телевизион ва товушли эшиттириш сигналлари, электр сигналларга мансубдир.

Телекоммуникация - бу маълумотларни электр алоқа сигналлари ёрдамида симли, радио, оптик ёки бошқа тарқатувчи муҳитлар орқали узатиш ва қабул қилишдир.

Маълум турдаги электр алоқани таъминловчи техник воситалар мажмуасини **телекоммуникация тизимлари** дейилади.

Узатувчи пунктлардаги бундай тизимларда ахборот манбаларидан ҳосил бўлган сигналлар, электр сигналларига ўзгартирилади, қабул қилувчи пунктда эса талабгорлар қабул қила оладиган электрик сигналларга ўзгартирилади.

Узатувчи қисмдаги электрик сигналларни шакллантирувчи қурилма узатувчи қисмдаги **бирламчи ўзгартиргич** дейилади, унинг чиқишидаги сигналга эса **бирламчи сигнал** дейилади. Худди шунга мос ҳолда қабул қилувчи қурилмага қабул қилувчи қисмдаги **бирламчи ўзгартиргич** дейилади. Масалан, овозли узатишда бирламчи ўзгартиргич-микрофон, қабул қилувчи қисмда эса бирламчи ўзгартиргич-телефон ҳисобланади. Узатувчи ва қабул қилувчи қисмдаги бирламчи ўзгартиргичлар **охирги аппаратуралар** ёки **охирги қурилмалар** деб ҳам аталади.

Узатиш тизими деб, узатувчи каналнинг шаклланишини таъминловчи техник қурилмалар йигиндисига айтилади. Узатиш тизимининг таркибига сигналларни ўзгартириш ва кучайтиришни амалга оширувчи аппаратуралардан ташқари электр таъминоти қурилмаси, телебошқарув ва телесигнализация, бундан ташқари узатувчи муҳит (узатиш линияси) ҳам киради. Узатиш линияси симли ёки радиолинияли бўлиши мумкин.

Симли узатиш линияси деб, электромагнит сигналларни узлуксиз йўналтирувчи муҳит бўйлаб тарқалишини таъминловчи линияга айтилади. Симли узатиш линиясига ҳаво алоқа линиялари, электр кабелли линиялар тўлқин ўтказгичлар ва бошқалар киради.

Оптик узатиш тизими деб, электромагнит сигналларни узлуксиз йўналтирувчи толали оптик алоқа линияси эркин муҳит (атмосфера) га айтилади.

Радиолинияларда хабарлар очик муҳитда, радиотўлқинлар орқали узатилади. Ердаги радиореле линияларида дециметрли ва қисқа тўлқинлар қўлланилади, сигналларни ретрансляция қилиш эса ердаги қабул қилиб узатувчи станциялар орқали амалга ошади. Фазовий алоқа тизимларида ретрансляциялаш станциялари сунъий ер йўлдошларида жойлаштирилади.

Телекоммуникация тизимларининг энг катта ва энг қиммат (мис симлардан иборат бўлган) қисмини узатиш линиялари ташкил қилади. Симли линияларни, битта электрик сигнални узатиш учун мўлжалланган симлар йиғиндиси деб фараз қилинувчи алоқа занжири деб тасаввур қилиш мумкин. Агар радио линиялар қўлланилса, худди шунга ўхшаб ствол тушунчасидан фойдаланилади.

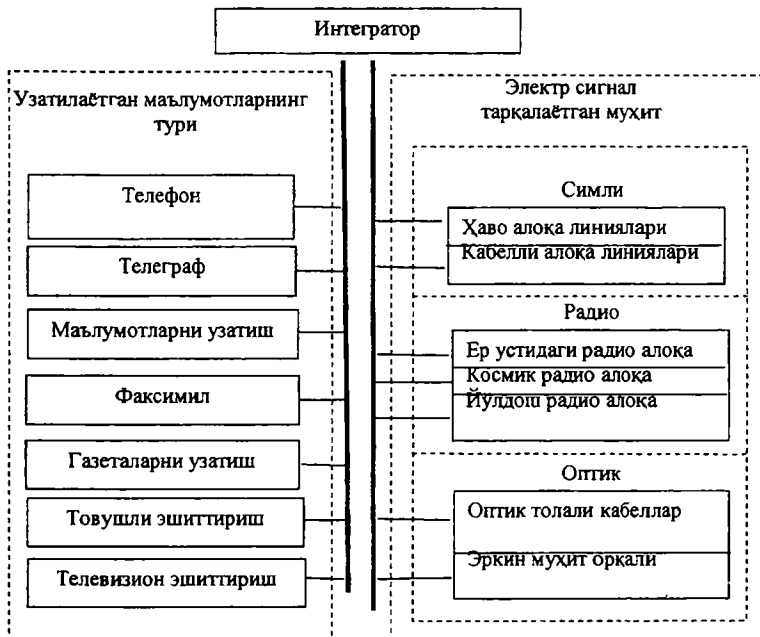
N-каналли алоқа тизими деб, N манбадан N талабгорга битта алоқа занжири орқали бир вақтда бир-бирига боғлиқ бўлмаган ҳолда хабарларни узатишни таъминловчи техник қурилмалар йиғиндисига айтилади. Бундай ҳолда N каналли алоқа тизимининг узатгичига N хабар манбадан бирламчи сигналлар тушади. Бу сигналлар махсус қайта ишланади ва алоқа занжирининг киришига тушувчи умумий гуруҳли сигналга бирлаштирилади. Тизимнинг қабул қилувчи қисмида гуруҳли сигналлардан, берилган ахборотга мос ва N талабгорга берилувчи алоқида каналларнинг шахсий сигналлари ажратиб олинади. Бундай узатиш тизимлари **қўп каналли** деб аталади.

Телекоммуникация тизимлари тушунчаси билан пунктлар, тугунлар ва уларни боғловчи линиялар (каналлар, трактлар) мажмуини ифодаловчи **телекоммуникация тармоқлари** тушунчаси бир-бири билан узвий боғлиқдир.

Телекоммуникация тизимлари ва телекоммуникация тармоқлари бир-бири билан ўзаро ҳамкорликда, **телекоммуникация тизимини** - маълум турдаги электр алоқани таъминловчи техник воситалар мажмуасини ташкил қилади.

Телекоммуникация тизимининг таснифи ниҳоятда хилма-хилдир, лекин асосан узатилаётган маълумотларнинг, электр сигналлар тарқалаётган муҳитнинг турлари (1.1-расм) ва ахборотни

тақсимлаш усуллари маълумотлар коммутацияланадиган ёки коммутацияланмайдиган узатиш тармоқларига қараб аниқланади.



1.1-расм. Телекоммуникация тизимининг узатилаётган маълумотлар ва электр сигналлар тарқалаётган муҳитининг турлари бўйича таснифи.

Телекоммуникация тизимлари ва тармоқлари, маълумот манбадан истеъмолчига узатилаётганда қуйидаги тадбирларни амалга оширувчи техник воситалар мажмуини ифодалайди:

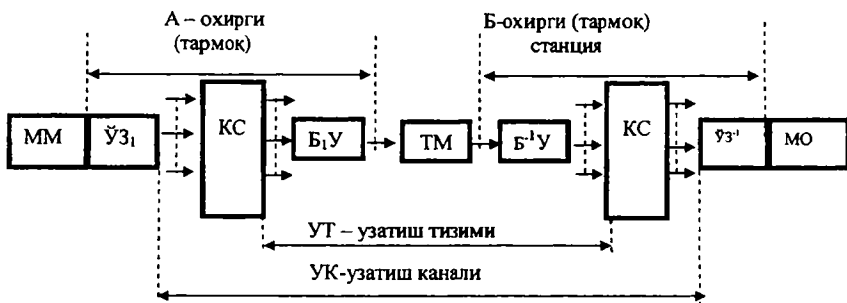
маълумот манбадан келаётган маълумотни электр алоқа сигнализига ўзгартиришни;

телекоммуникациясигналларини маълумотни узатиш ва уни олгич (МО) учун қулай шаклга ўзгартиришни;

телекоммуникация сигналларини охириги алоқа пунктлари ёки узелларига ўрнатилган узатиш каналлари ва коммутация станциялари билан боғлашни.

Телекоммуникация тизимлари ва тармоқларининг ўзаро ҳамкорликда ишлашининг умумий тузилиш схемаси 1.2-расмда келтирилган, бу ерда қуйидаги белгилашлар қабул қилинган:

ММ - маълумот (ахборот) манбаи; \dot{Y}_3 - *маълумотни бирламчи электр сигнал* (бундан кейин қисқача «бирламчи сигнал») деб аталувчи электр сигналга ўзгартиргич; КС - коммутацияловчи станция, у ҳар хил турдаги боғланишларни (маҳаллий, шаҳарлараро, халқаро, қирувчи, чиқувчи ва транзит) белгилашни таъминловчи ва маълум коммутация усули (каналлар коммутацияси, маълумотлар коммутацияси ёки пакетлар коммутацияси)ни амалга оширувчи коммутация ва бошқарув аппаратуралари мажмуини ифодалайди. Б₁У - бирламчи сигналларни электр линия сигналларига ўзгартиришни амалга оширувчи боғловчи ускуна, бунда электр линия сигналларининг физик тавсифлари улар тарқалаётган муҳит (ТМ) нинг узатиш параметрларига мослашган бўлади; Б⁻¹У – электр линия сигналларини бошланғич бирламчи сигналларга ўзгартиришни амалга оширувчи боғлаш ускунаси; \dot{Y}_3^{-1} -бирламчи сигнални маълумотга ўзгартиргич; МО - маълумотни олгич.



1.2-расм. Телекоммуникация тизимлари ва тармоқларининг ўзаро ҳамкорликда ишлаши.

Тармоқ станциялари ва тармоқ узеллари ўртасида бирламчи сигнални маълум частоталар полосасида ёки маълум узатиш тезлиги билан узатишни таъминловчи техник воситалар ва тарқалиш муҳити мажмуасини *узатиш канали* дейилади.

Линия сигналлари тарқалиш муҳити орқали ўтаётганида кучсизланади (*сўна бошлайди*), улар турли хил бузилишлар ва

қаршилиқларга учрайди. Бу омилларнинг сигналларни узатиш сифатига таъсирини бартараф қилиш учун, узатиш тизимининг турига қараб маълум масофалардан кейин **кучайтиргичлар, регенераторлар ёки ретрансляторлар** ўрнатилади, улар тарқалиш мухити билан бирга узатиш тизимининг **линия трактини** ҳосил қилади.

Шундай қилиб, қўп каналли алоқа техникасининг ривожланиши, талаб қилинган каналлар сони, сифати, ишончилиги, самарадорлиги ва алоқа масофасини таъминловчи узатиш тизимларининг яратилишига олиб келади.

1.2. Логарифмик ўлчаш бирликлари

Маълумотларни узатишда фойдаланиладиган сигналлар вақт давомида ўзгариб турувчи электр қувват, кучланиш ёки токни ифодалайди. Сигналларнинг оний кучланиш ёки ток қийматларининг ўзгариши узатилаётган маълумотлар билан бир хил бўлади.

Сигналлар ва ҳалакитларнинг узатиш каналлари ва трактларининг турли нукталаридаги кучланиш (ток) қийматлари пиковольт (пикоампер)дан ўн вольт (ампер)гача катталиққа эга. Ўлчанаётган ва ҳисобланаётганда дуч келадиган ток қувватлари пиковаттнинг улушларидан бир бутун ваттгача катталиққа эга бўлади. Қийматлари кенг диапазонда (у миллиметрдан миллион километргача узунликдаги диапазондан кенг) жойлашган катталиқларни ўлчаш ва ҳисоблашни осонлаштириш, ўлчашлар ва ҳисоблашлар натижаларини солиштириш учун кўпайтириш ва бўлиш амаллари мос равишда қўшиш ва айириш амаллари билан алмаштирилади, ваттлар, вольтлар ва амперлар (ёки уларнинг улушлари)да ифодаланган қувват, кучланиш ва ток катталиқлари ўрнига бу катталиқларнинг ҳисоблаш учун қабул қилинган шартли катталиқларга нисбатининг логарифмларидан фойдаланилади. Логарифмик кўринишда ифодаланган нисбий бирликларни **узатиш сатҳлари** дейилади.

Бир хил ишорали катталиқлар нисбатининг ўнли логарифмларини ифодаловчи узатиш сатҳлари *децибеллар* (дБ), бир хил ишорали катталиқлар нисбатининг натурал логарифмларини ифодаловчи узатиш сатҳлари эса *неперлар* (Нп) дейилади. Ҳозирги пайтда децибеллардан фойдаланиш қабул қилинган.

Узатиш сатҳларининг куйидаги турлари мавжуд:
кувват бўйича:

$$p_{нк} = 10 \lg \frac{W_x}{W_o}, \text{ дБ} \quad \text{ёки} \quad p_{нк} = \frac{1}{2} \ln \frac{W_x}{W_o}, \quad \text{Нп}; \quad (1.1)$$

кучланиш бўйича:

$$p_{нк} = 20 \lg \frac{U_x}{U_o}, \text{ дБ} \quad \text{ёки} \quad p_{нк} = \ln \frac{U_x}{U_o}, \quad \text{Нп}; \quad (1.2)$$

ток бўйича:

$$p_{нт} = 20 \lg \frac{I_x}{I_o}, \text{ дБ} \quad \text{ёки} \quad p_{нт} = \ln \frac{I_x}{I_o}. \quad \text{Нп}; \quad (1.3)$$

дБ ва Нп да ифодаланган узатиш сатҳлари ўртасида куйидаги муносабатлар мавжуд: $1 \text{Нп} = 8,686 \approx 8,7 \text{дБ}$ ва $1 \text{дБ} = 0,115 \text{Нп}$.

Бу формулаларда W_x , U_x ва I_x - кувват ёки актив кувват, кучланиш ва токнинг текширилаётган нуқтадаги тегишли катталиклари, W_o , U_o ва I_o эса - узатиш сатҳларини аниқлашда уларнинг қабул қилинган бошланғич катталиклари.

Қувват ($p_{нк}$), кучланиш ($p_{нк}$) ва ток ($p_{нт}$)нинг (1.1...1.3 формулалар орқали) аниқланган узатиш сатҳларини нисбий узатиш сатҳлари дейилади ва мос равишда $дБ_{нк}$, $дБ_{нк}$, $дБ_{нт}$ билан белгиланади.

Агар W_x кувват, U_x кучланиш ёки I_x ток катталиклари W_o кувват, U_o кучланиш, I_o токнинг бошланғич катталикларидан катта бўлса, узатиш сатҳлари мусбат, акс ҳолда узатиш сатҳлари манфий қийматга эга бўлади. $W_x = W_o$, $U_x = U_o$, $I_x = I_o$ ва $I_x = I_o$, $I_x = U_o$ бўлган ҳолда юқорида айтилган узатиш сатҳлари нол қийматли бўлади.

Қувват, кучланиш ёки токнинг логарифмик бирликлари (децибелларда ифодаланган сатҳлар)дан куйидаги маълум формулалар билан уларнинг мутлақ катталикларига ўтиш осон:

$$W_x = W_o \cdot 10^{0,1 p_{нк}}, \quad U_x = U_o \cdot 10^{0,05 p_{нк}}, \quad I_x = I_o \cdot 10^{0,05 p_{нт}}. \quad (1.4)$$

Умуман олганда кувват, кучланиш ва ток бўйича узатиш сатҳларининг сон қийматлари бир хил бўлмайди. Лекин W_x ва W_o кувватлар ажраладиган Z_x ва Z_o қаршиликлар маълум бўлса, улар орасида ўзаро боғланишни ўрнатиш осон.

Дарҳақиқат,

$$P_{нк} = 10 \lg \frac{W_x}{W_o} = 10 \lg \frac{U_x^2 |Z_o|}{|Z_x| U_o^2} = 20 \lg \frac{U_x}{U_o} + 10 \lg \frac{|Z_o|}{|Z_x|} = P_{нк} + 10 \lg \frac{|Z_o|}{|Z_x|} \quad (1.5)$$

$$\text{ёки } P_{нк} = P_{нк} - 10 \lg \frac{|Z_x|}{|Z_o|}. \quad (1.6)$$

Узатиш сатҳлари мутлақ ва ўлчов узатиш сатҳларига бўлинади. Агар бошланғич катталик сифатида қуйидаги катталиклар қабул қилинган бўлса:

- 1) қувват $W_o = 1$ мВА ёки актив қувват $W_o = 1$ мВт;
- 2) эффектив кучланиш $U_o = 0,775$ В;
- 3) токнинг эффектив қиймати $I_o = 1,29$ мА,

бундай узатиш сатҳларини мутлақ узатиш сатҳлари дейилади.

Агар мутлақ узатиш сатҳлари $Z = R = 600$ Ом қаршиликда аниқланса, у ҳолда $p_k = p_k = p_r$ бўлади, бу бошланғич катталиклар: $0,775$ В \times $1,29$ мА = 1 мВА (мВт) ёки $0,775$ В / $1,29$ мА = 600 Ом ни танлаб олиш орқали тушунтирилади. Қувват, кучланиш ва ток бўйича мутлақ узатиш сатҳлари мос равишда дБк, дБк, дБт да ўлчанади. Ток бўйича узатиш сатҳларидан амалдаги ўлчашлар ва ҳисоб-лашларда жуда кам фойдаланилади.

Қувват бўйича нисбий сатҳни акс эттирувчи (1.1) ифодани, қуйидаги кўринишда ифодалаш мумкин:

$$P_{нк} = 10 \lg \left[\frac{\frac{W_x}{1 \text{ мВА (мВт)}}}{\frac{W_o}{1 \text{ мВА (мВт)}}} \right] = 10 \lg \frac{W_x}{1 \text{ мВА (мВт)}} - 10 \lg \frac{W_o}{1 \text{ мВА (мВт)}} = P_{нк} - P_{ок}, \quad (1.7)$$

бу ерда $P_{нк}$ - текшириляётган нуқтадаги қувват бўйича мутлақ сатҳ ва $P_{ок}$ - ҳисоблаш нуқтасидаги сатҳ. Қувват бўйича нисбий сатҳ қувватнинг ўлчаш нуқтасидаги ва ҳисоблаш нуқтаси деб қабул қилинган нуқтадаги мутлақ сатҳларининг фарқига тенглиги (1.7) формуладан кўриниб турибди. Кучланиш бўйича нисбий сатҳлар ҳам шунга ўхшаш аниқланади:

$$P_{нк} = P_{ок} - P_{кк}. \quad (1.8)$$

Трактнинг бошланиш жойига нормал генератор, яъни ички актив қаршилиги 600 Ом га ва ЭЮК $1,55$ В га тенг маълум частотали синусоидал тебранишли генератор уланган бўлса, яъни шундай шарт бажарилсагина, текшириляётган нуқтадаги мутлақ сатҳни ўлчов сатҳи дейилади. Агар каналнинг ички қаршилиги актив ва у 600 Ом га тенг бўлса, нормал генераторни каналнинг киришига уланганда каналнинг бу нуқтаси мутлақ нол сатҳда бўлар экан.

Агар каналнинг қувват бўйича $p_{нк1}$ нисбий сатҳли нуқтасида сигналнинг қувват бўйича $p_{к1}$ мутлак сатҳи маълум бўлса, у ҳолда каналнинг $p_{нк2}$ нисбий сатҳли нуқтасида сигналнинг қувват бўйича $p_{к2}$ мутлак сатҳи қуйидагига тенг бўлади:

$$p_{к2} = p_{к1} - (p_{нк1} - p_{нк2}) \quad (1.9)$$

Агар каналнинг қувват бўйича $p_{нк1}$ нисбий сатҳли нуқтасида сигналнинг W_1 қуввати маълум бўлса, у ҳолда каналнинг $p_{нк2}$ нисбий сатҳли нуқтасида сигналнинг қуввати қуйидагига тенг бўлади:

$$W_2 = W_1 \cdot 10^{0,1(p_{нк2} - p_{нк1})}, \text{ мВт.} \quad (1.10)$$

Узатиш канали ўзида *пассив* ва *актив* тўртқутбликлардан ташкил топган каскад (бўгин) бирикмани ифодалайди. Узатиш каналлари орқали сигналлар ўтаётганда сигналларнинг энергияси *пассив* тўртқутбликларда камай бошлайди ёки *актив* тўртқутбликларда эса орта бошлайди. Каналнинг турли нуқталарида сигнал энергиясининг ўзгаришларини аниқлаш мақсадида *ишчи сўниш* ёки *ишчи кучайиш* тушунчаси киритилади.

Тўртқутбликнинг *ишчи сўниш* тушунчаси орқали қуйидаги кўринишдаги нисбат тушунилади:

$$A_u = 10 \lg \frac{W_z}{W_{ю}} = p_z - p_{ю}, \text{ дБ,} \quad (1.11)$$

бу ердаги W_z -сигнал манбаи (генератори)нинг унга мослашган юклага бериши мумкин бўлган қуввати, $W_{ю}$ - реал улаш шароитларида тўртқутбликнинг юклагасида ажралиб чиқаётган қувват. Юқоридаги нисбат аниқланаётганда тўртқутбликнинг кириши ва чиқишидаги мумкин бўлган мослашмаганлик ҳисобга олинади.

Тўртқутбликнинг *ишчи кучайиши* қуйидаги ифода орқали аниқланади:

$$S_u = 10 \lg \frac{W_{ю}}{W_z}, \text{ дБ,} \quad (1.12)$$

бу ердаги $W_{ю}$ ва W_z катталиклар (1.11) формуладаги маънога эга.

Телекоммуникация тизимлари ва тармоқлари ускунаси лойиҳаланаётганда ва ундан фойдаланилаётганда узатиш каналлари ва трактларининг турли нуқталаридаги сигнал сатҳл катталикларини билиш зарур. Сигнал узатилаётганда унинг энергиясининг

ўзгаришини тавсифлаш учун сатҳлар диаграммаси - узатиш тракти бўйлаб узатиш сатҳларининг тақсимланишини кўрсатувчи графикдан фойдаланилади.

1.3-расмда мисол тарихасида узатиш каналининг сатҳлар диаграммаси кўрсатилган. Бу канал S_{y3} га тенг кучайтиришли K_{y3} узатиш кучайтиргичи, сўниши A_1 , A_2 ва A_3 га тенг l_1 , l_2 ва l_3 узунликдаги алоқа линияси (тарқалиш муҳити)нинг учта тармоғи, тегишли S_1 , S_2 кучайтиришли K_1 ва K_2 иккита оралиқ кучайтиргичлар ва $S_{каб}$ кучайтиришли $K_{каб}$ қабул қилиш кучайтиргичидан иборат.

Сатҳлар диаграммасида узатиш канали (тракти)нинг ўзига хос нуқталари белгиланган: $p_{кир}$ сатҳли канал кириши; $p_{y3} = p_{кир} + S_{y3}$ га тенг узатиш сатҳи; $p_{икаб} = p_{(i-1)y3} - A_i$ - i - кучайтиргичнинг киришидаги қабул қилиш сатҳлари; $p_{чик}$ сатҳли канал (тракт) чиқиши ва i - кучайтиргичнинг киришидаги халақитдан ҳимояланганлик каталиги қуйидагига тенг бўлади:

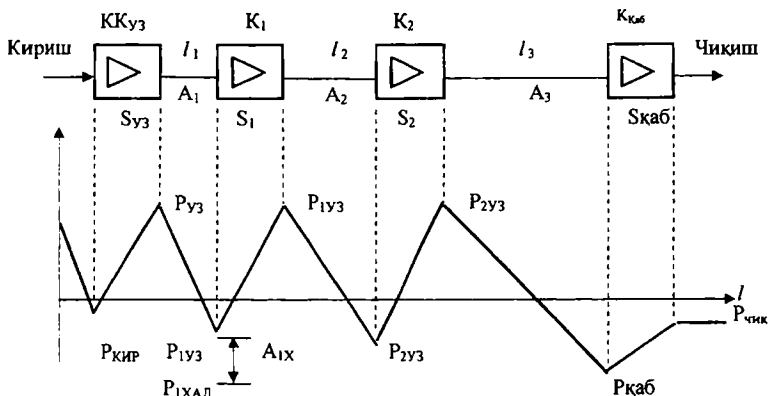
$$A_{ix} = 10 \lg(W_{икаб}/W_{ихал}) = p_{икаб} - p_{ихал}, \quad (1.13)$$

бу ерда $W_{икаб}$ ва $W_{ихал}$ - i - кучайтиргичнинг киришидаги сигнал ва халақитнинг қувватлари, $p_{икаб}$ ва $p_{ихал}$ эса - сигнал ва халақитнинг тегишли сатҳлари.

Каналнинг кириши ва чиқишидаги сигнал сатҳлари ўртасидаги муносабат унинг қолдиқ сўнишини белгилайди. Бу сўниш канал кириш ва чиқиш қаршилиқларининг номинал қийматларига тўғри келадиган актив қаршилиқли юкламаларга эга канал кириши билан чиқишининг тутатиш шarti бажарилганда аниқланадиган ишчи сўнишни ифодалайди. Қолдиқ сўниш каналда мавжуд бўлган барча ишчи сўнишлар йиғиндиси билан барча ишчи кучайишлар йиғиндиси ўртасидаги фарққа тенг:

$$A_z = \sum A_{pi} - \sum S_{pk} \quad (1.14)$$

Узатиш тизимлари ва каналларининг меъёрий ишлашини таъминлаш учун сигналларнинг қувват, кучланиш ва ток катталиклари ҳамда уларга тегишли сатҳлар, шунингдек халақитларнинг жоиз сатҳлари меъёрий ҳолатга келтирилади. Бунда сигналлар ва халақитларнинг сатҳлари каналнинг турли нуқталарида ҳар хил бўлишини ҳисобга олиш керак.



1.3-расм. Сатҳлар диаграммаси ва унинг ўзига хос нуқталари.

Ноаникликдан сақланиш учун меъерий ҳолатга келтириладиган барча катталиклар узатиш трактининг нол ўлчов сатҳли нуқтасига келтирилади. Нол ўлчов сатҳли нуқтага келтирилган қувват бўйича сатҳлар дБқ0 билан белгиланади.

Узатиш сатҳларини ўлчайдиган асбобларни, сатҳ кўрсаткичлар дейилади. Қувват ёки кучланиш бўйича сатҳларда даражаланган одатдаги вольтметрлар, ўлчаш шкаласи ва кириш регуляторлари шулар жумласига қиради. Хатоларга йўл қўймаслик учун сатҳ кўрсаткичларида шкаланинг нол белгисига тўғри келадиган кучланиш ёки 1 мВт қувват ажралиб чиқаётган R актив қаршилиқ катталиги кўрсатиб қўйилади. R=600 Ом ва $U_0=0,775$ В, R=150 Ом ва $U_0=0,387$ В, R=75 Ом ва $U_0=0,274$ В учун даражаланган кенг полосали ва танлаб олинadиган сатҳ кўрсаткичлари кўп тарқалган. Бундай даражаланаётганда кучланиш сатҳларининг қийматлари, мутлақ қувват сатҳларининг қийматлари билан бир хил бўлади.

1.3. Электр алоқанинг бирламчи сигналлари ва уларнинг физик тавсифлари

Маълумот ўзгартиргичнинг чиқишидан олинadиган электр сигнални *электр алоқанинг бирламчи сигнали* дейилади.

Бирламчи сигнал «x(t)» параметри катталигининг ўзгариши узатилаётган маълумотни бир хил тарзда акс эттиради. Ушбу

бирламчи сигнал параметрини *тақдим этилувчи параметр* ёки *ахборот параметри* дейилади. Гармоник электр сигналнинг амплитудаси, частотаси ёки фазаси; импульслар даврий кетма-кетлигининг амплитудаси, давомийлиги ёки фазаси; код комбинацияларининг тузилиши ва разряди ва бошқалар бундай параметрларга мисол бўла олади.

Телекоммуникация тизимлари ва тармоқлари (T_KTT) тузилишидаги бирламчи сигнал *элтиш* объекти ҳисобланади, шунинг учун у узаткичдан қабул қилгичга канал орқали узатилиши керак. Телекоммуникация тизимлари сигнални бир жойдан бошқа жойга элтиб қўйиш техникасини, телекоммуникация тармоқлари эса ўзига хос *элтиш тармоғини* ифодалайди. Шу сабабли бирламчи сигналларнинг параметрлари ва тавсифлари билан узатиш каналларининг хоссалари ўртасидаги ўзаро муносабатларни ўрнатиш учун бирламчи сигналларнинг шундай параметрлари ва тавсифлари олинадик, уларни ўлчаш осон ҳамда уларга узатилаётган сигналларнинг минимал бузилишларини ва максимал мумкин бўлган ҳимояланганлигини таъминлайдиган шартларни аниқлаш мумкин.

Бирламчи сигналнинг T_c давомийлиги бундай параметрнинг биринчиси ҳисобланади, у сигналнинг мавжуд бўлиш вақти оралиғини белгилайди.

Бирламчи сигналнинг *ўртача қуввати* унинг навбатдаги параметри ҳисобланиб, у қуйидаги ифода орқали аниқланади:

$$W_{\text{ср}} = \frac{1}{TR} \int_0^T U^2(t) dt, \quad (1.15)$$

бу ерда T –ўртачалаш даври; агар $T=1$ мин бўлса, бундай ўртача қувват *бир минут давом этадиган ўртача қувват*, агар $T=1$ соат бўлса, *бир соат давом этадиган ўртача қувват* ва $T \gg 1$ соат бўлганда, *узоқ вақт давом этадиган ўртача қувват* дейилади; R – юклама қаршилиқ, унда сигналнинг ўртача қуввати аниқланади: $U(t)$ – бирламчи сигнал кучланиши.

Бирламчи сигнал $W_{\text{макс}}$ максимал қувват билан тавсифланади. Максимал қувват тушунчаси орқали U_{κ} *амплитудали эквивалент синусоидал сигнал қуввати* тушунилади. Унинг қиймати $U(t)$ сигнал ўзгарувчи ташкил этувчисининг оний қийматлари орқали ε маълум кичик эҳтимоллик билан ошади. Турли хилдаги сигналлар учун ε қиймати 10^{-2} , 10^{-3} ва ҳатто 10^{-5} га тенг бўлади.

Сигналнинг ўртача ва максимал қувватини шундай танлаб олиш керакки, сигнал узатиш канали орқали ўтаётганда уларнинг қийматлари қувватнинг жоиз қийматларидан ошиб кетмаслиги керак. Қувватнинг узатилаётган маълумотни қабул қилишда тўғри тикланиши учун сигналларнинг бузилмай узатилишини таъминлайдиган қийматини унинг *жоиз қиймати* дейилади.

W_{\min} минимал қувват тушунчаси орқали U_{κ} амплитудали эквивалент синусоидал сигнал қуввати тушунилади; унинг қиймати $U(t)$ сигнал ўзгарувчи ташкил этувчисининг оний қиймати орқали одатда $1-E=0,98$ га тенг маълум эҳтимоллик билан ошади.

Каналнинг конкрет нуқтасида бирламчи сигнал қувватларининг мумкин бўлган сочилиши D_c *динамик диапазон* билан тавсифланади. Динамик диапазон тушунчаси орқали қуйидаги кўринишдаги нисбат тушунилади:

$$D_c = 10 \lg \frac{W_{\max}}{W_{\min}}, \text{ дБ}, \quad (1.16)$$

бу ерда W_{\max} – сигналнинг каналнинг бирон-бир нуқтасидаги максимал (чўққи) қуввати ва W_{\min} – минимал қуввати.

Сигнал максимал қувватининг унинг ўртача қувватидан ошиб кетишини Q_c **чўққи-фактор** дейилади ва у қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$Q_c = 10 \lg \frac{W_{\max}}{W_{\text{ур}}}, \text{ дБ}, \quad (1.17)$$

Бирламчи сигнал $W_{\text{ур}}$ ўртача қувватининг халақитнинг W_x ўртача қувватидан ошиб кетишини *ҳимояланганлик* дейилиб, у қуйидагига тенг:

$$A_x = 10 \lg \frac{W_{\text{ур}}}{W_x}. \quad (1.18)$$

Бирламчи телекоммуникация сигналлари (узлуксиз ва дискрет) вақтнинг нодаврий функциялари ҳисобланади. Бундай сигналларга таркибида частотавий ташкил этувчиларнинг сони чексиз бўлган, туташ спектрлар тўғри келади. Бироқ частоталар диапазонини ҳар доим кўрсатиш керак. Бу диапазон чегарасида сигналнинг асосий (90 фоиздан кам бўлмаган) энергияси тўпланган бўлиб, унинг кенглиги қуйидагига тенг:

$$\Delta F_c = F_{\max} - F_{\min}, \quad (1.19)$$

бу ерда $F_{\text{мин}}$ – бирламчи сигналнинг минимал частотаси $F_{\text{макс}}$ – унинг максимал частотаси. Бу диапазонни сигналнинг **эффектив узатилаётган частоталар полосаси** ҳам дейилади. Бу частоталар полосаси бирламчи сигналларнинг конкрет турини узатиш сифатига қўйилган талаблардан келиб чиққан ҳолда тажрибада белгиланади.

Бирламчи сигналнинг учта физик параметрлари T_c давомийлиги, D_c динамик диапазони ва ΔF_c эффектив узатилаётган частоталар полосасининг кўпайтмаси, яъни

$$V_c = T_c \cdot D_c \cdot \Delta F_c \quad \text{ни} \quad (1.20)$$

бирламчи сигналнинг ҳажми дейилади.

Бирламчи сигналнинг потенциал ахборот ҳажми ёки у томонидан вақт бирлигида кўчириладиган I_c **ахборот миқдори** ушбу сигналнинг муҳим параметри ҳисобланиб, у қуйидагига тенг:

$$I_c = 3,32 \eta \Delta F_c \lg \left(1 + \frac{W_{\text{сп}}}{W_x} \right), \quad \text{бит/с}, \quad (1.21)$$

бу ерда η - бирламчи сигнал манбаининг активлик коэффиценти (телефон сигналлари учун 0,25 – 0,35 га, бошқалар учун эса 1 га тенг, деб олинади); ΔF_c – эффектив узатилаётган частоталар полосаси, Гц; $W_{\text{сп}}$ – бирламчи сигналнинг ўртача қуввати ва W_x – халақитнинг ўртача жоиз қуввати.

Бирламчи сигналлар ҳар хил таснифга эга, лекин узатилаётган сигналларнинг турига оид ва узатилаётган маълумотларнинг турига оид таснифлар энг кўп қўлланилади. Сигналларнинг турига оид тасниф аналог, дискрет ва рақамли, тор полосали ва кенг полосали сигналларни ўз ичига олади.

Аналог (узлуксиз) сигнал. Такдим этилувчи (ахборот) параметрлар катталиги узлуксиз жуда кўп ҳолатларни қабул қилиши мумкин бўлган телекоммуникация сигнали, аналог (узлуксиз) сигнал дейилади. Агар импульсли сигналнинг параметрларидан (амплитудаси, давомийлиги, такрорланиш частотаси, фазаси) бири чексиз жуда кўп ҳолатларни қабул қилса, у аналог сигналга айланади.

Дискрет (узлукли) сигнал. Тақдим этилувчи параметрлардан бирининг катталиги квантланса, яъни саналадиган жуда кўп ҳолатларга эга телекоммуникация сигнали, *дискрет* (узлукли) сигнал дейилади.

Рақамли сигнал. Тақдим этилувчи параметрлардан бирининг саналадиган жуда кўп катталиклари код комбинацияларининг чекланган тўпламлари орқали изоҳланади. Маълумотларни узатиш ва телеграф сигналлари, телебошқарув ва теленазорат, телемеханика ва бошқа сигналлар, рақамли сигналга мисол бўла олади.

Агар бирламчи сигналнинг эффе́ктив узатилаётган частоталар полосасининг чегаравий частоталар нисбати $F_{\max} / F_{\min} \leq 2$ бўлса, бундай сигналларни **тор полосали**, агар $F_{\max} / F_{\min} \gg 2$ бўлса, бундай сигналларни **кенг полосали** сигналлар дейилади.

Бирламчи сигналларнинг узатилаётган маълумотларнинг турига оид таснифи *телефон (сўзлашув)* сигналлари ва *товушли эшиттириш* сигналлари, *маълумотларни узатиш* ва *телеграф* сигналлари, *телевизион сигналлар* ва *факсимил сигналлар*, маълумотларни узатиш сигналларининг хусусий ҳоли бўлган телемеханика, телебошқарув ва теленазорат сигналларини ўз ичига олади.

Телефон (сўзлашув) сигналлари

Сўзлашув, кейин эса телефон сигналларининг физик параметрларини моҳиятини тушуниш учун сўзлашувнинг ҳосил бўлиш жараёнини кўриб чиқайлик.

Сўзлашув товушларининг ҳосил бўлишида ўпкалар, овоз ёриғини ҳосил қилувчи овоз бойламларига эга ҳалқум, бурун ютқум атрофи, тил, тишлар ва лаблар иштирок этади. Сўзни талаффуз этиш жараёнида одам нафас олиб, ўпкалар ҳаво билан тўлади, улар ҳавони бронхлар орқали ҳалқумга, сўнгра титраб турувчи товуш бойламлари орқали оғиз бўшлиғи ва бурунга чиқаради.

Овоз бойламлари товуш ёриғини гоҳ сиқиб, гоҳ очиб ҳавони импульс-импульс тарзида ўтказиши, уларнинг такрорланиш частотасини *асосий тон* дейилади. *Асосий тоннинг частотаси* 50–80 Гц (энг паст овоз -бас) дан 200–250 Гц (аёл ва болалар овози) гача чегарада ётади.

Асосий тон импульслари сони кўп бўлган (40 тагача) қўшимча юқори тон - гармоникаларни ўз ичига олади. Гармоникалар

амплитудаси асосий тон баландлигининг ҳар бир октавага кўтариш (яъни асосий тон частотасини икки бараварга ошириш) билан тахминан 12 дБ тезликда камаяди. Масалан, асосий тон импульсларини 100 Гц частотали ташкил этувчисининг амплитудаси унинг 200 Гц ли иккинчи гармоникасининг амплитудасидан 12 дБ га, бу ўз навбатида унга тегишли 400 Гц ли иккинчи гармоникасиникидан 12 дБ га, 400 Гц частотали иккинчи гармоникасининг амплитудаси эса 800 Гц ли ташкил этувчисининг амплитудасидан 12 дБ га ва ҳоказога катта бўлади.

Ҳаво импульслари ўзининг йўлида огиз бўшлиғи ва бурун ютқум ҳажмларига, тил, тишлар ва лабнинг ҳолатига қараб ҳосил бўладиган ҳамда ҳар хил товушларни талаффуз қилиш жараёнида ўзгарувчи резонаторлар тизимига дуч келади. Резонаторларнинг бу тизимидан ўтаётганда асосий тон импульсли кетма-кетлигининг баъзи гармоник ташкил этувчилари кучаяди, бошқалари эса кучсизланади. Оғиздан таралаётган товуш (унли) спектрининг манзараси 1.4-расмда тасвирланган кўринишни олади, бу ерда қуйидаги белгилашлар қабул қилинган:

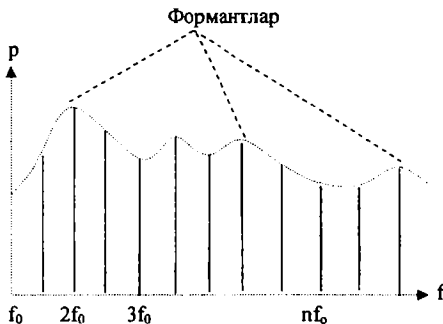
p – асосий тон частоталарининг спектрал ташкил этувчиларининг сатҳлари;

f_a – асосий тон частотаси; 1, 2, 3..., n – асосий тон частотасининг гармоникалари.

Унли товушлардан ундош товушларга ўтишда (ва, аксинча) маълум чегарада асосий тон частотасининг ўзгаришини сезиш мумкин.

1.4-расмда конкрет товуш спектри учун хос бўлган частоталарнинг кучайган соҳалари яққол кўриниб турибди. Частоталарнинг бу кучайган соҳаларини формант соҳалар ёки қисқача формантлар дейилади. Сўзлашув товушлари бир-биридан формант сони билан ва уларнинг частотавий соҳада жойлашиши билан фарқланади. Формантлар бошқа ташкил этувчилардан кучлироқ бўлганлиги учун, улар у ёки бу товушни ҳосил қилиб, асосан эшитувчининг қулоғига таъсир қилади.

Узатилаётган сўзларнинг тушунарли бўлиши, эшитувчининг қулоғига формантнинг қайси қисми бузилмай ва қайси қисми бузилиб етиб келаётганига, ёхуд у ёки бу сабаблар туфайли эшитилмай қолишига боғлиқ. Спектрнинг 1.4-расмда ифодаланган кўриниши маълум даврийликка эга унли товушларнинг талаффуз этилишига тўғри келади.



1.4-расм. Товушни шакллантириш спектри.

Кўпгина ундош товушлар нодаврийдир ва уларнинг частотавий спектрлари ёки тўлиқ туташ бўлади, ёки таркибида туташ спектр соҳаси мавжуд бўлади (1.4-расмда штрихланган чизик).

Айрим энг юқори товушларда олтига кучайтирилган частотавий соҳа борлигини сезиш мумкин. Улардан баъзилари маълум энергияга эга бўлса ҳам, товушларни аниқлашда ҳеч қандай аҳамиятга эга эмас. Дастлабки биринчи, иккинчи формантлар (частоталар ўқидаги) муҳим ҳисобланади ва улардан биронтаси узатишдан чиқарилса, бу узатилаётган товушнинг бузилишига олиб келади, яъни узатилаётган товушни бошқа товушга айлантиради ёки унда инсон нутқиغا оид белгилар бутунлай йўқолади. Сўзлашув товушларининг дастлабки учта форманти 300 дан 3400 Гц гача частоталар полосасида ётади ва бу узатилаётган сўзнинг яхши тушунарли бўлишини таъминлаш учун, овознинг табиий жарангдорлиги ва тембрини сақлаш учун, сўзловчини таниб олиш учун частоталарнинг бу полосасини етарли деб ҳисоблашга имкон беради.

Демак, телефон сигналининг эффектив узатилаётган частоталар полосасини:

$$\Delta F_{\tau}=0,3...3,4 \text{ кГц} \quad (1.22)$$

га тенг, деб қабул қилиш мумкин.

Телефон аппаратлари микрофонларининг тавсифларини, телефон тармоқлари абонент ва улаш линияларининг турлари ва

тавсифларини, сўзловчининг ўзига хос хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда, телефон сигналининг минимал, максимал ва ўртача қувватларини аниқлаш бўйича тадқиқотлар қуйидаги хулосаларни чиқаришга имкон беради:

телефон сигнали манбаининг ўртача активлиги: $\eta_T=0,25-0,35$ га эга бўлганда, телефон сигналининг нолинчи нисбий сатҳли нуқтадаги минимал қуввати $W_{T_{\min}}=0,1$ мкВт0 га тенг;

телефон сигналининг шу нуқтадаги ўртача қуввати, манбаининг активлик интервалларида $W_{T_{\text{ур}}}=88$ мкВт0 га тенг;

$E=10^{-5}$ ошириш эҳтимоллигига эга бўлган телефон сигналининг максимал қуввати, нолинчи нисбий сатҳли нуқтада $W_{T_{\max}}=2220$ мкВт0 га тенг. (1.16 ва 1.17) формулаларга биноан, динамик диапазон ва чўққи-фактор тегишли равишда $D_T=43$ дБ га (амалдаги ҳисоблашларда $D_T=40$ дБ га тенг, деб олинади) ва $Q_T=14$ дБ га тенг бўлади (бунинг ҳам ҳисоблашлардагиси олинади).

Телефон сигнали таркибидаги ахборот миқдорини баҳолаш учун, (1.22) формуладан фойдаланиб қуйидаги: $\eta_T=0,33$, $\Delta F_T=3400-300=3100$ Гц, $W_{T_{\text{ур}}}=88$ мкВт0 ва ҳалақит қуввати $W_x=0,1$ мкВт0 қийматларни қўйган ҳолда (бу етарлича бўлиши мумкин), $I_T=10000$ бит/с га тенглигини топамиз.

Товушли эшиттириш сигналлари

Юқори сифатли микрофонлар товушли эшиттириш бирламчи сигналларининг манбалари ҳисобланади. Бу сигналлар турли хилдаги сигналларнинг алмашиниши: нутқ (сухандон нутқини алоҳида ажратиш керак), бадий ўқиш (сўзлар ва мусиқа бирикмалари), яқка ижродан симфоник оркестрларда ижро этиладиган мусиқий вокал ва чолғу асбоблари асарларининг алмашинишини ифодалайди.

Эшиттириш сигналларининг частотавий спектри 15 дан (барабан товуши) 20000 Гц гача бўлган частоталар полосасини эгаллайди. Лекин эшиттириш сигналларини узатишга йўналтирилган $\Delta F_{\text{эф}}$ эффектив узатилаётган частоталар полосаси (ЭУЧП) ни тиклаш сифатига қўйиладиган талабларга қараб, частоталар полосаси маълум даражада чегараланган бўлиши мумкин. Товушли эшиттириш сигналларини юқори сифатда тиклаш учун, унинг ЭУЧП 50 – 10 000 Гц ни ташкил қилиши керак. Эшиттириш

дастурларининг бенуқсон эшиттирилишига эришиш учун, эшиттириш сигналининг частоталар полосаси 30 ... 15 000 Гц ни ташкил этиши керак.

Эшиттириш сигнали $W_{урэ}$ ўртача қувватининг қиймати ўртачалаштириш интервалига маълум даражада боғлиқ. Сигналнинг нол нисбий сатҳли нуқтадаги қуввати ўртачалаштирилганда 1 соатда 923 мкВт0 ни, 1 минутда 2230 мкВт0 ни ва 1 секундда 4500 мкВт0 ни ташкил қилади. Товушли эшиттириш сигналининг $W_{макстэ}$ максимал қуввати шу нуқтада 8000 мкВт0 ни ташкил этади.

Эшиттириш сигналининг $D_{тэ}$ динамик диапазони анча кенг бўлганлиги учун, минимал қувватли (масалан, сокин ёз кечасидаги баргларнинг шитирлаши) ҳамда максимал қувватли сигналлар (масалан, парвоз қилаётган лайнер моторларининг гувиллаши)ни узатиш мумкин ва у 100–110 дБ катталikka етади. Сухандон нутқининг динамик диапазони 25 – 35 дБ га, бадий ўқишники – 40 – 50 дБ га, унча катта бўлмаган вокал ва чолғу ансамблларники – 45 ... 55 дБ га, симфоник оркестрники – 60 – 65 дБ га тенг.

Эшиттириш сигналининг динамик диапазони белгиланаётганда сигналнинг қувватини ϵ ошириш эҳтимоллиги 2 фоизни ташкил этса, унинг қувват даражаси максимал, сигналнинг қувватини ошириш ϵ эҳтимоллиги 98 фоизни ташкил этса, унинг қувват сатҳи минимал бўлади.

Динамик диапазон $D_{тэ}=65$ дБ бўлганда, товушли эшиттириш сигналлари сифатли узатилади ва қабул қилинади.

Товушли эшиттириш сигналининг потенциал (имконият даражасидаги) ахборот ҳажми халақитнинг реал қийматларида ЭУЧП нинг кенглигига қараб, 140 – 200 кбит/с оралиғида этади.

Факсимил сигналлар

Факсимил алоқа, телекоммуникация турларидан бири бўлиб, у кўзгалмас тасвирлар: фотографиялар, чизмалар, матнлар (шу жумладан, қўлёзмаларни ҳам), газета саҳифалари ва бошқаларни узатишни таъминлайди. *Бирламчи факсимил сигналлар* кўзгалмас тасвирнинг электр оптик ёйилиш жараёни ёрдамида олинади. Тасвир элементларидан қайтган ёруғлик оқимини электр оқимига ўзгаришга *электр оптик ёйилиш* дейилади. Бирламчи факсимил сигнални ҳосил қилувчи моделлардан бирининг содда схемаси 1.5-расмда келтирилган.

Узатилаётган тасвир, тегишли форматдаги варақда D электр двигателининг валида жойлашган узатувчи факсимил аппарати барабанининг устига қўйилади; ёритиш элементи – ЁЭ (ёруғлик диоди, лазер диоди), L_1 , L_2 оптик линзалар тизимларидан таркиб топган узатувчи факсимил аппаратнинг оптик тизими тасвирнинг сиртида кичик диаметрли равшан ёруғ доғни ҳосил қилади. Бу доғ барабан ўқи бўйлаб силжийди.

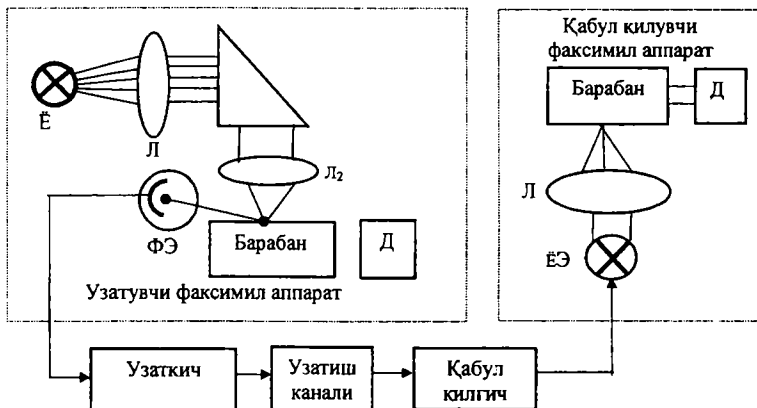
Барабан айланаётганда ёруғ доғ спирал орқали барабанинг айланаётган қисмига чиқади ва шу йўл билан тасвирнинг барча элементларини сканерлайди. Тасвир элементларидан қайтган ёруғлик оқими фотоэлемент - ФЭ га таъсир қилади, бунда тасвир элементи қанча ёруғ (оқ) бўлса, ёруғлик оқими фотоэлемент занжирида шунча катта ток ҳосил қилади. Натижада ФЭ занжирида пульсацияланувчи $i_\phi(t)$ ток ҳосил бўлади, унинг оний қиймати тасвир элементларининг қайтариш қобилияти билан аниқланади.

Сўнгра факсимил сигнал токи сигналнинг параметрларини узатиш каналининг параметрларига мослаштирувчи, демак бирламчи факсимил сигнални шакллантирувчи «Узаткич» га келиб тушади.

Факсимил сигнал узатиш каналининг чиқишидан «Қабул қилгич»га, кейин қабул қилувчи факсимил аппаратнинг ёритиш элементи – ЁЭ (ёруғлик диоди ёки лазер диод)га келиб тушади.

ЁЭ ёруғлик оқимининг интенсивлиги «Қабул қилгич»нинг чиқишидаги сигналнинг оний қийматига мутаносибдир. Ёруғлик дастаси L_3 линза тизими билан фокусланади ва ёруғлик - сезгир қоғоз маҳкамланган қабул қилувчи аппаратнинг барабанига узатилади. Қабул қилувчи аппаратнинг барабани узатувчи аппаратнинг барабани билан синхрон ва синфаз тарзда айланади. Ёруғ доғ худди «Узаткич»дагига ўхшаб, барабанининг ўқи бўйлаб ёруғликни сезувчи қоғоз бўйича силжийди ва узатилаётган тасвирнинг нусхасини шакллантиради.

Факсимил сигналнинг частотавий спектри узатилаётган тасвирнинг хусусияти, ёйилиш (барабанининг айланиш) тезлиги ва таҳлил қилинаётган ёруғ доғнинг ўлчами орқали аниқланади. Тасвирнинг кенлиги ёруғ доғнинг диаметрига тенг, оқ ва қора майдонлари навбатма-навбат алмашинаётганда, факсимил сигналнинг частотаси максимал қийматга эришади.



1.5-расм. Факсимил сигнални шакллантириш ва узатишнинг тузилиш схемаси.

Бу ҳолда сигнал частотаси қуйидагига тенг бўлади:

$$f_{\phi} = \frac{\pi DN}{120 d} \Gamma_{\phi}, \quad (1.23)$$

бу ерда D-барабан диаметри, мм; N - барабаннинг 1 минутдаги айланишлар сони, айл/мин; d – таҳлил қилинаётган ёруғ доғ диаметри, мм.

Халқаро телекоммуникация иттифоқи (ХТИ) томонидан факсимил аппаратларнинг қуйидаги параметрлари тавсия қилинган: N=120,90 ва 60 айл/мин; барабан диаметри D=70 мм ва ёруғ доғ диаметри d=0,15 мм. (1.23) формуладан тегишли равишда қуйидагиларни олиш мумкин: N=120 айл/мин учун $f_{\phi} = 1465$ Гц; N = 90 айл/мин учун $f_{\phi} = 1100$ Гц; N=60 айл/мин учун $f_{\phi} = 732$ Гц. Газета саҳифаларини узатишда сигнал частотаси 180 – 250 Гц га етади.

Реал тасвирларни узатишда мураккаб шаклли бирламчи сигнал ҳосил бўлади, унинг энергетик спектри 0 дан f_{ϕ} гача частоталарни ўз ичига олади. Тасвирларнинг хусусиятига кўра, улар штрихланган ва ярим тонли тасвирларга бўлинади. Таркибида иккита ёритилганлик градацияси бўлган штрихланган ва градациялар сони факсимил маълумотни узатиш сифатларига қўйилган талабларга қараб аниқланадиган тасвир ярим тонли

тасвир бўлади. Сигналнинг ярим тонли тасвирларни узатишга тегишли динамик диапазонни тахминан $D_\phi \cong 25 \text{ дБ}$ ни ташкил қилади.

Факсимил сигналнинг Q_ϕ чўққи – фактори қуйидаги муносабатдан аниқланади:

$$Q_\phi = 20 \lg (U_{\phi \text{ макс}} / U_{\phi \text{ ур}}),$$

бу ерда $U_{\phi \text{ макс}}$ ва $U_{\phi \text{ ур}}$ факсимил сигнал кучланишининг тегишли максимал ва ўртача квадратик қиймати. Факсимил сигналнинг чўққи - факторини қуйидаги мулоҳазалардан аниқлаш мумкин. Ярим тонли тасвирларда барча ёритилганлик градацияларининг мавжуд бўлиш эҳтимолиги тенг, яъни i -градациянинг ҳосил бўлиши $p_i = 1/k$ га тенг, деб тахмин қилайлик, бу ерда k – узатишнинг сифатини таъминлайдиган ёритилганлик градацияларининг сони. Ҳар хил ёритилганлик градацияларига мос бўлган сигнал сатҳларини уларнинг ўсиш тартибида шундай рақамлаш керакки, сигналнинг i -сатҳидаги кучланиши $U_i = U_{\phi \text{ макс}} \cdot i/k$ га, ўртача квадратик кучланиш қиймати эса қуйидагига тенг бўлсин:

$$U_{\phi \text{ ур}}^2 = \sum_1^k U_i^2 p_i = \frac{U_{\phi \text{ макс}}^2}{k^3} \sum_1^k i^2.$$

$$\text{Маълумки,} \quad \sum_1^k i^2 = \frac{k(k+1)(2k+1)}{6} \quad \text{бўлади,}$$

$$\text{шунинг учун} \quad U_{\phi \text{ ур}} = \frac{U_{\phi \text{ макс}}}{k} \sqrt{\frac{(k+1)(2k+1)}{6}}.$$

Демак, $Q_\phi = 7,78 + 20 \lg k - 10 \lg [(k+1)(2k+1)]$ (1.24)
 $k=16$ бўлганда, факсимил сигналнинг чўққи-фактори $Q_\phi \cong 4,4$ дБ га тенг бўлади. Ёритилганлик градациялари сонининг ортиши чўққи-факторнинг ўсишига унча таъсир этмаслигини сезиш мумкин. $k \rightarrow \infty$ бўлганда, чўққи-фактор $Q_{\phi \text{ макс}} = 4,8$ дБ катталиққа интилишини кўрсатиш унча қийин эмас.

Юқоридаги мулоҳазаларга биноан, факсимил сигналларнинг динамик диапазонни қуйидагига тенг бўлади:

$$D_\phi = 20 \lg(k+1). \quad (1.25)$$

$A_{\phi \text{ ф}} = 35$ дБ га тенг бўлганда ярим тонли сигналлар, штрихланган сигналларга ўхшаб, зарурий ҳимоялаиған бўлади. Бунда факсимил сигналларнинг имконият даражасидаги ахборот ҳажми қуйидагига тенг бўлади:

$$I_\phi = 6,64 f_\phi l g k, \quad (1.26)$$

бу ерда штрихланган тасвирлар учун ёритганлик градациялари сони $k=2$ га тенг. Газеталар саҳифаларини босиш пунктларига узатиш факсимил алоқанинг муҳим турларидан бири ҳисобланади. Бунинг учун юқори тезликка эга махсус факсимил аппаратлардан фойдаланилади. Бу аппаратлар таҳлил қилинаётган доғнинг диаметрини 0,04–0,06 мм гача кичрайтириш, яъни доғнинг аниқлигини маълум даражага ошириш ҳисобига нусхаларнинг юқори сифатга эга бўлишини таъминлайди. Газета саҳифаларини намунавий узатиш аппаратураларида сигналнинг энг юқори частотаси 180 кГц га, газета саҳифаларини узатиш вақти эса 2,3–2,5 мин га етади. Газета саҳифаларининг тасвири штрихланган, яъни $k=2$ га тенг бўлади. Бундай сигналнинг ахборот ҳажми (1.26) формулага биноан, 360 кбит/с га тенг.

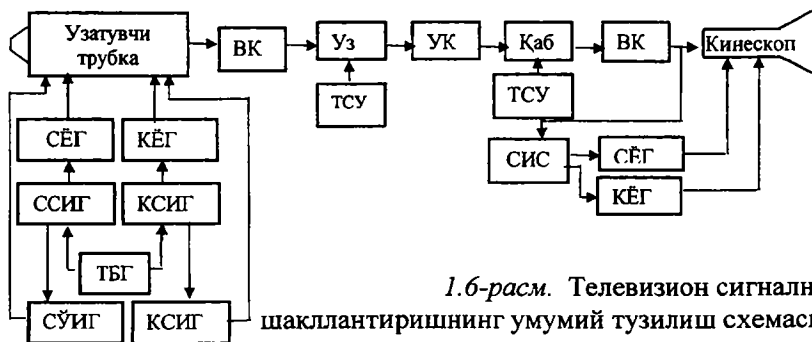
Телевизион сигналлар

Бирламчи телевизион сигнал электрон ёйилиш усули билан оптик тасвирни **видеосигнал** ёки **ёруғлик сигналига** ўзгартириб берадиган узатувчи телевизион трубканинг ёювчи нури ёрдамида ҳосил қилинади.

Ҳаракатчан тасвир бир-бири билан алмашинувчи **кадрлар**-оний фотография кўринишида узатилади. Шуни ҳам айтиш керакки, текис ҳаракат эффектини ҳосил қилиш учун 1 секундда $Z_k=25$ та кадр узатилиши керак. Ҳар бир кадр сатрларга ажралади, уларнинг сони белгиланган стандартлар билан аниқланади. Кенг кўламда тарқалган стандартда ҳар бир кадр $Z_c = 625$ та сатрга ажралади. Қабул қилувчи телевизион трубка экрани (кинескоп)да кадрлар алмашинуви сезилмайдиган (милтилламайдиган) бўлиши учун тасвирлар сони 1 секундда 50 та кадрдан кам бўлмаслиги керак. Бу эса ёйилиш тезлигини оширишни талаб қилади, бу ўз навбатида телевизион сигналларни шакллантириш ва узатиш ускунасини мураккаблаштиради. Шу сабабли мумкин бўлган милтиллашларни йўқотиш учун ҳар бир кадр икки босқичда узатилади: дастлаб тоқ, сўнгра жуфт сатрлар узатилади. Натижада кинескоп экранида **майдонлар** ёки ярим кадрлар деб аталувчи икки тасвирдан иборат кадр ҳосил бўлади. Ярим кадрлар сони 1 секундда 50 тани ташкил қилганлиги учун тасвирлар алмашинуви сезилмайдиган бўлиб қолади, шу сабабли милтилламайдиган тасвир ҳосил бўлади. Кўриш ҳолатининг бир муддатга сақланиб

қолиши (инерционлиги) туфайли 1 секундда 50 та ярим кадрларни узатиш яхлит ҳаракатланувчи тасвир кўринишида қабул қилинади. Кадрлар ва сатрларнинг алмашинуви вақтида қабул қилувчи трубканинг ёувчи нури ўчириб қўйилиши керак. Шу сабабли трубканинг бошқарув электродига видеосигналнинг *қора майдон* узатилаётган пайтдаги кучланишига тенг кучланиш берилади. Бунинг учун **узатувчи телевизион камера** сигналнинг нурнинг тескари юриш вақтидаги кучланишини видеосигналнинг қора майдон узатилаётган пайтдаги кучланишига тенг бўлган қийматигача етказадиган қурилмалар билан такомиллаштирилади. Бунда ҳосил бўладиган кучланиш импульсларини **ўчирувчи импульслар** дейилади. Узатувчи ва қабул қилувчи телевизион трубкаларнинг ёувчи нурлари синхрон ва синфаз ҳаракат қилиши керак. Бунинг учун телевизион сигналнинг узаткичидан унинг қабул қилгичига **синхронловчи** импульслар узатилади: нурни бир сатрнинг охиридан кейинги сатрнинг бошланиш жойига ўтиш пайтида **сатрни синхронловчи** импульслар, ҳар бир кадр (ярим кадр)нинг охиридан бошқасининг бошланиш жойига ўтиш пайтида эса кадрни **синхронловчи импульслар** узатилади.

Синхронимпульслар тасвирга халақит бермасликлари учун улар кинескоп нури ўчирилган, яъни ўчирувчи импульслар узатилаётган пайтда узатилади. Қабул қилгичда синхронловчи ва ўчирувчи импульсларга тақсимлаш сатҳ бўйича амалга оширилади: агар ўчирувчи импульслар видеосигналнинг қора майдон узатилаётган пайтдаги сатҳига тенг сатҳ билан узатилса, синхронимпульслар эса видеосигналнинг «ўта қора» майдон узатилаётган пайтда ҳосил бўлиши мумкин бўлган сатҳига тенг сатҳ билан узатилади (1.6-расм).



1.6-расм. Телевизион сигнални шакллантиришнинг умумий тузилиш схемаси.

Бу ерда куйидаги белгилашлар қабул қилинган; СЁГ– узатувчи ва қабул қилувчи телевизион трубкаларнинг сатрни ёйиш генератори ва КЁГ – кадрни ёйиш генератори; ССИГ – сатр синхроимпульслари генератори; КСИГ – кадр синхроимпульслари генератори; ТБГ – топшириқ берувчи генератор; СЎИГ – сатрни ўчирувчи импульсли генератор; КСИГ - кадрни ўчирувчи импульсли генератор; ВК– узатиш тракти ва қабул қилиш трактининг видеокучайтиргичи; Уз- телевизион сигналлар ва товушни узатиб борувчи сигналларнинг узаткичи; ТСУ- узатиш тракти ва қабул қилиш трактининг товушни узатиб борувчи сигналларни шакллантириш ускунаси; УК- узатиш канали; Қаб – телевизион сигналлар ва товушни узатиб борувчи сигналларни қабул қилгич; СИС – синхроимпульслар селектори.

Шундай қилиб, телевизион канал узаткичининг киришига келиб тушадиган бирламчи телевизион сигнал, узлуксиз ўзгарувчи амплитуда (кучланиш)ли импульслар кетма-кетлигини ифодалайди. Бу импульслар сатрнинг $F_c = Z_k \cdot Z_c = 25 \cdot 625 = 15625$ Гц такрорланиш частотаси билан такрорланади, битта сатрнинг узатилиш вақти эса $1/F_c = T_c = 64$ мкс га тенг. Улар ўртасидаги ораликларда ўзгармас амплитудали сатрни ва кадрни синхронловчи импульслар узатилади.

Бирламчи телевизион сигнал спектрининг кенглиги куйидаги усулда аниқланиши мумкин: спектрнинг максимал частотаси тасвирнинг алмашинувчи оқ ва қора квадрат элементларини узатишга тўғри келади. Элементларнинг вертикал ўлчами сатрнинг ўлчами билан аниқланади. Кадр кенглигининг унинг баландлигига нисбатан $4/3$ га тенглигини ҳисобга олган ҳолда, бир сатрда мавжуд бўлган M элементларнинг сонини аниқлаш қийин эмас, у $M = (4/3) \cdot Z_c^2$ га тенг. 1 секундда 25 та кадр (тасвирнинг навбатманавбат жуфт ва тоқ сатрларидан ташкил топган 50 та ярим кадр)нинг узатилиши ҳисобга олинса, 1 секундда узатилаётган элементларнинг умумий сони 25 M га тенг бўлади. Демак, битта элементнинг узатилиш вақти $\tau = 1/25M = 3/4(4625^2 \cdot 25) = 0,083$ мкс га тенг бўлади. Телевизион сигнал спектрининг максимал частотаси $F_{\text{макс}} = 1/2\tau = 1/2 \cdot 0,083 \cdot 10^{-8} = 6$ МГц га тенг. Шундай қилиб, телевизион спектрнинг пастки чегаравий частотасини 50 Гц га тенг (ярим кадрларнинг алмашилиш частотаси), деб фараз қилиб, товушни узатиб борувчи сигналларни узатишни ҳисобга олган ҳолда,

телевизион сигнал спектрининг умумий кенглигини 50 Гц ... 6 МГц, деб қабул қилинади.

Телевизион сигналнинг энергетик спектри дискрет хусусиятга эга бўлиб, унинг энергиясининг максимумлари nF_c сатр частоталарининг гармоникалари ($n=1,2,3,\dots$) яқинида тўпланган. Бироқ амалда ёруғлик сигналларининг барча энергияси 0 – 1,5 МГц гача диапазонда тўпланган. Видеосигналнинг бундай ўзига хослигидан 50 Гц дан 1,2–1,5 МГц гача частоталар полосасида қуриладиган видеотелефон алоқа ташкил қилинаётганда фойдаланилади.

Ёруғлик сигналларининг халақитдан химояланганлиги 48 дБ дан кичик бўлмаслиги керак. Телевизион сигналнинг ёритилганлик градацияларининг сони тахминан $k=100$ га тенг ва (1.25) формулага биноан, **видеосигналнинг динамик диапазоли** $D_{\text{ТВ}}=40$ дБ га тенг бўлади. Ярим тонли факсимил сигналнинг (1.24) формулада кўрсатилган чўкки-фактори 4,8 дБ дан катта бўлмайди, телевизион сигналнинг потенциал ахборот ҳажми эса (1.26) формулага биноан: $I_{\text{ме}} = 6,64 \cdot 6,0 \cdot 10^6 \lg 100 \approx 80 \text{ Мбит/с}$ га тенг.

Юқорида кўриб чиқилганларнинг барчаси ок-қора рангли телевидение учун ўринли. Рангли телевидение сигналлари айрим ўзига хос хусусиятларга эгадир.

Рангли телевидениенинг асосида қуйидаги физик жараёнлар ётади:

кўп рангли тасвирнинг махсус рангли ёруғлик филтрлари ёрдамида асосий – қизил (R-red), яшил (G-green) ва кўк (B-blue) рангдаги учта бир рангли тасвирларга оптик ёйилиш жараёни;

узатувчи телевизион трубкада учта бир рангли тасвирларни уларга мос E_R , E_G , E_B электр сигналларга ўзгартириш жараёни;

ушбу учта электр сигналларни алоқа каналлари орқали узатиш жараёни;

махсус кинескоп (телевизион трубканинг қабул қилгичи) да тасвирнинг электр сигналларини учта бир рангли – қизил, яшил ва кўк рангли оптик тасвирларга қайта ўзгартириш жараёни; ҳар бир ранг икки: *ёруғлик ва ранглилик* (тўйинганлик) параметрлари билан тавсифланади; оқ-қора рангли телевидениеда тасвир ёйилаётганда фақат унинг айрим элементларининг ёритилганлигигина ўзгаради ва узатилаётган сигнал ёруғлик сигнали ҳисобланади;

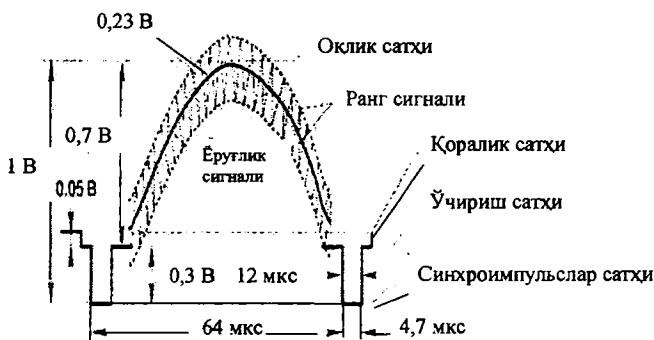
учта бир рангли тасвирларнинг маълум мутаносибликда битта кўп рангли тасвирга оптик қўшилиш жараёни; бунда E_r *ёруғлик сигнали* шаклланади.

E_{γ} сигнали мавжуд бўлганда учта рангли сигнал: E_R , E_G , E_B ни узатиш шарт эмас. Улардан исталган иккитасини узатиш етарли. Одатда ёруғлик сигналининг 59 фоизи яшил сигнал бўлганлиги сабабли, рангли телевидение тизимларида энг кенг полосали E_G яшил сигнал чиқариб ташланади, E_G дан E_B ни ҳам олиб ташлаш натижасида ҳосил бўлган ёруғлик сигнални *ҳар хил рангли сигналлар* дейилади. Ёруғлик сигнали энергиясининг максимуми куйи частоталар диапазонида тўпланади. Сигнал ташкил этувчиларининг амплитудалари юқори частоталар диапазонида жуда кичик бўлади. Ёруғлик сигналининг айни шу диапазонига элтувчи частоталар ёрдамида *ҳар хил рангли сигналлар* жойлаштирилади, натижада *ранг берувчи сигналлар* ҳосил бўлади. Шундай усул билан умумий частотавий спектрада зичлашаётган ёруғлик сигнали ва *ҳар хил рангли сигналлар* ўзаро халақитларни ҳосил қилиши мумкин. Элтувчи частоталарни юқори частота диапазони (яъни ёруғлик сигналининг ташкил этувчилари жуда кичик ва элтувчи частотанинг амплитудаси бу ташкил этувчиларнинг амплитудасидан катта қилиб олинadиган диапазон)да танлаб, ёруғлик сигналининг юқори частотали ташкил этувчиларининг *ҳар хил рангли сигналларга таъсири* камайтирилади. Айни вақтда элтувчи частотанинг амплитудаси ёруғлик сигналнинг максимал амплитудасининг 23 фоизидан катта бўлмаслиги керак.

Шундай қилиб, ёруғлик сигнали ва иккита *ҳар хил рангли сигнал* ўзаро сезиларли таъсир этмай, телевизион сигналнинг стандарт частоталар полосасини банд қилади.

Тўла телевизион сигнал (ТВ) нинг асосий параметрлари кўрсатилган унинг бир сатри осциллограммасининг бўлаги 1.7-расмда ифодаланган.

Рангли телевидениенинг бир неча тизими мавжуд. Улар биридан асосан элтувчи частоталарни *ҳар хил рангли сигналлар* орқали модуляциялаш усуллари билан фарқланади. Мамлакатимизда SEKAM (CEKAM) тизими кўлланила бошланди (франц. Seguentiel couleurs a memoire – рангларни ёдда сақлаган ҳолда уларни кетма-кет узатиш).



1.7-расм. Тўла ТВ-сигнал бир сатрининг осциллограммаси.

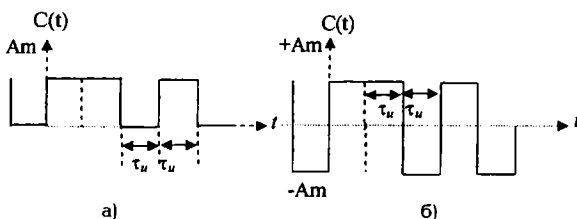
Бу тизимнинг ўзига хослиги шундан иборатки, ҳар хил рангли сигналлар *частотавий модуляция* усули билан ёруғлик сигналнинг частотавий спектрида ёрдамчи рангли элтувчиларга узатилади. Элтувчини частота бўйича бир вақтнинг ўзида иккита сигнал билан модуляциялаш мумкин бўлмаганлиги сабабли, SEKAM тизимида сигналлар навбатма-навбат сатрлар орқали узатилади. Битта сатрнинг узатилиш вақти мобайнида фақат $E_R - E_\gamma$, бошқа сатрда фақат $E_R - E_\gamma$, учинчи сатрнинг узатилиш вақтида яна $E_R - E_\gamma$ ва ҳ.з. ҳар хил рангли сигналлар узатилади. Телевизорда $E_G - E_\gamma$ ҳар хил рангли сигнални олиш учун, бир вақтнинг ўзида иккита $E_R - E_\gamma$ ва $E_B - E_\gamma$ ҳар хил рангли сигналлар бўлиши зарур. Бунинг учун телевизорларда вақт бўйича битта сатр (64 мкс) га кечикадиган кечиктирувчи линиядан (хотирада сақлаган ҳолда) фойдаланилади. Шундай қилиб, ҳар бир узатилаётган сатр кечиктирувчи линияда сақланади ва навбатдаги сатрнинг келишига учинчи ҳар хил рангли сигнални шакллантириш учун ундан етишмайдиган сигнал сифатида фойдаланилади. Иккала элтувчи частоталар сатрни ёйиш частотасининг жуфт гармоникалари билан танланади. $E_R - E_\gamma$ сигнални узатиш учун

$f_{OR} = 282 \cdot F_c = 282 \cdot 15625 = 4,406$ МГц ли частотадан ва $E_B - E_\gamma$ сигнални узатиш учун $f_{OB} = 272 \cdot F_c = 272 \cdot 15625 = 4,250$ МГц ли частотадан фойдаланилади.

Маълумотларни узатиш ва телеграф сигналлари

Телеграф ва маълумотларни узатишнинг бирламчи сигналлари телеграф аппаратлари ёки маълумотларни узатиш аппарату-раларининг чиқишидан олинди ва улар ўзгармас амплитуда ва давомийликка эга бир қутбли (1.8.а-расм.) ёки икки қутбли (1.8.б-расм.) тўғри бурчакли импульслар кетма-кетлигини ифодалайди. Бунда мусбат импульс одатда узатилаётган «1» символга, оралиқ ёки манфий импульс «0» символга мос бўлади. Бундай сигналларни *иккилик сигналлари* дейиш қабул қилинган.

1.8-расмда қуйидаги белгилашлар қабул қилинган: $C(t)$ —маълумотларни узатиш ва телеграфнинг бирламчи сигнали; A_m — *импульслар амплитудаси* ва τ_u — *импульслар давомийлиги*. Импульслар кетма-кетлигининг бу параметрларидан ташқари, *такт частотаси* тушунчаси ҳам киритилган. Бу тушунча орқали $F_T=1/\tau_u$ кўринишдаги нисбат тушунилади ва такт частотаси сон жиҳатдан бод (В) ларда ифодаланган узатиш тезлигига тенг. F_T такт частотаси ва В узатиш тезлигининг қиймати фақат иккилик кетма-кетлигини узатиш ҳолидагина бир хил бўлади. Кўп позицияли кодларга ўтилаётганда бундай бир хиллик бўлмайди.



1.8-расм. Маълумотларни узатиш ва телеграф сигналлари.

Бир қутбли импульслар кетма-кетлиги (баъзида умумий телеграф сигнали деб аталадиган) ва мусбат ёки манфий қутбли импульслар учун «1» ва «0» нинг ҳосил бўлиш эҳтимоллиги, шунингдек, импульслар ўртасидаги статистик боғланишлар маълумот манбаининг хоссалари билан аниқланади. Бу эҳтимолликлар кўпинча 0,5 га тенг ва кетма-кетлик импульсларини статистик жиҳатдан мустақил деб қаралади.

Телеграф ва маълумотларни узатиш бирламчи сигналларининг асосий физик параметрларини аниқлайлик. Маълумотларни узатиш ва телеграф сигналлари учун ҳам, шунингдек, барча иккили сигналлари учун ҳам динамик диапазон тавсифи қўлланилмайди. Модомики шундай экан, бундай сигналлар синфи учун динамик диапазонни тушунтириш ҳеч қандай маънога эга эмас. Маълумотларни узатиш ва телеграф сигналларининг ахборот ҳажми узатиш тезлигига, яъни $v_{\text{те}} = F_T$ га тенг.

Телеграф ва маълумотларни узатиш сигналларини сифатли узатиш учун зарурий частоталар полосасини аниқлашда A , амплитудали ва τ_u давомийликли тўғри бурчакли импульс элементар сигнал $S_u(f)$ амплитудасининг спектр зичлиги дега тушунчадан фойдаланамиз.

Баъзида видеоимпульс деб аталадиган бундай импульс амплитудасининг спектр зичлигини унга Фурьенинг тўғри алмаштиришини қўллаб аниқлаймиз:

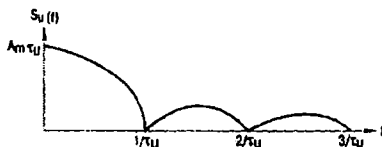
$$S_u(f) = A_m \cdot \tau_b \left| \frac{\sin \omega \frac{\tau_u}{2}}{\omega \frac{\tau_u}{2}} \right| = A_m \cdot \tau_u \left| \frac{\sin \pi f \tau_b}{\pi f \tau_b} \right|. \quad (1.27)$$

(1.27) формуланинг таҳлилидан амплитуданинг спектр зичлигида: нолларнинг мавжудлиги келиб чиқади. Бу ноллар $\sin \pi f \tau_u = 0$, яъни $\pi f \tau_u = 2k\pi$ бўлгандаги частоталарда, демак, $f_k = k/\tau_u = kF_T$ частоталарда жойлашган бўлади, яъни тўғри бурчакли якка импульс амплитудасининг спектр зичлигидаги ноллар такт частотасининг гармоникаларида жойлашган бўлади. $f \rightarrow 0$ бўлганда, (1.27) қуйидаги қийматга эга бўлади:

$$S_u(0) = \lim_{f \rightarrow 0} \left(A_m \cdot \tau_u \left| \frac{\sin \pi f \tau_u}{\pi f \tau_u} \right| \right) = A_m \cdot \tau_u,$$

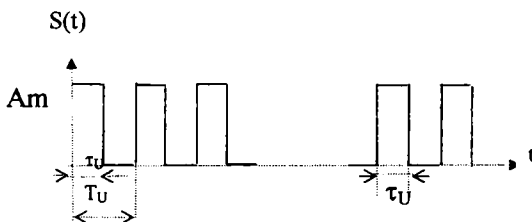
яъни импульс спектр зичлигининг бошланғич ва бир вақтнинг ўзиде энг катта қиймати унинг юзасига тенг: $S_u = A_m \cdot \tau_u$. Видеоимпульс (тўғри бурчакли якка импульс – элементар элтувчи) амплитудаси спектр зичлигининг графиги 1.9-расмда кўрсатилган.

Импульснинг асосий энергияси (90 фоиздан кўпроғи) 0 дан $F_T = 1/\tau_u$ гача бўлган частоталар полосасида, яъни импульс амплитудасининг спектр зичлиги бош «япроқчаси»нинг частоталар полосасида, 0 дан $F_T/2$ гача бўлган частоталар полосасида эса 60 фоиздан кўпроғи жойлашганлиги 1.9-расмдан кўриниб турибди.



1.9-расм. Видеоимпульс амплитудасининг спектр зичлиги.

«Нуқта»ни узатишга, яъни «1» токли ва «0» токсиз элтувчиларнинг даврий кетма-кетлигига мос сигнал маълумотларни узатиш ва телеграф сигналининг бошқа тури ҳисобланади (1.10-расмга қаранг). Бу ерда юқорида қабул қилинган белгилашлардан ташқари, янги белгилашлар ҳам киритилган: T_u – импульсларнинг такрорланиш даври, $1/T_u = F_u$ эса – импульсларнинг такрорланиш частотаси; $T_u / \tau_u = q_u$ – импульсларнинг ўтказишга мойиллиги («нуқта»ни узатиш ҳоли учун ўтказишга мойиллик $q=2$).



1.10-расм. «Нуқта»ни узатишга мос телеграф сигнали.

Даврий сигнал Фурье қатори билан ифодаланиши мумкин:

$$C(t) = A_m \frac{\tau_u}{T_u} + \frac{2A_m}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\sin k\pi \frac{\tau_u}{T_u}}{k} \cos k2\pi F_u t = \frac{A_m}{q_u} + \frac{2A_m}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\sin \frac{k\pi}{q_u}}{k} \cos k2\pi F_u t. \quad (1.28)$$

(1.28) формуланинг таҳлили шуни кўрсатадики, импульсларнинг даврий кетма-кетлиги энг умумий ҳолда

$$A_o = A_m \tau_u / T_u = A_m / q_u \quad (1.29)$$

амплитудали ўзгармас ташкил этувчилардан ва

$$A_x = 2A_m [\sin(k\pi \tau_u / T_u)] / k\pi = 2A_m [\sin(k\pi / q_u)] / k\pi \quad (1.30)$$

амплитудали F_u импульслар такрорланиш частотасининг гармоникаларидан иборат. Уларнинг сони импульслар даврий кетма-кетлигининг ўтказишга мойиллигига боғлиқ. «Нукта» ни узатиш ҳолида ўтказишга мойиллик $q_u = 2$ бўлгани учун, (1.28) формула қуйидаги кўринишни олади:

$$C(t) = \frac{A_m}{2} + \frac{2A_m}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\sin k \frac{\pi}{2}}{k} \cos k 2\pi F_u. \quad (1.31)$$

Импульслар даврий кетма-кетлигининг асосий энергияси частоталарнинг 0 дан $F_T = 2F_u$ гача бўлган частоталар полосасида ётади.

Демак, маълумотларни узатиш ва телеграф сигналларининг спектри, энг умумий ҳолда, амплитудасининг спектр зичлиги якка импульснинг спектр зичлиги билан бир хил бўлган узлуксиз ташкил этувчилардан ва «нуқта» типдаги импульслар даврий кетма-кетлиги амплитудасининг спектрига мос дискрет ташкил этувчилардан иборат.

Бироқ шунинг назарда тутиш керакки, иккилик сигналлари узатилаётганда қабул қилгичда импульсларнинг бузилишсиз тикланишига, яъни уларнинг кўринишини қатъий суратда саклашга зарурат йўқ; ахборотни тиклаш учун икки кутбли сигналда импульснинг ишорасинигина ёхуд бир кутбли сигнал учун импульснинг бўлиши ёки бўлмаслигини қайд қилиш етарлидир.

Агар сигнал спектри ҳар жиҳатдан мукамал қуйи частотали филтер (ҚЧФ) билан чекланса, у ҳолда $0,5F_T$ га тенг кесма частотасида сигналларни ишонч билан қабул қилиш мумкин, яъни бу сигналлар 0дан $0,5F_T$ гача бўлган частоталар полосасини эгаллайди, деб ҳисоблаш мумкин. Бироқ реал шароитларда телеграф ва маълумотларни узатиш сигналлари спектрининг юқори чегаравий частотаси $1F_T$ га ёки ҳатто $1,2 F_T$ га тенг бўлади. Бунга узатишнинг баъзи турларида ахборотнинг импульслар давомийлигининг ўзгаришлари кўринишида бўлганлиги, шунингдек, ҳалақитга тўсқинлик қилувчи таъсир сабабдир.

Агар махсус шартлар олдиндан айтиб қўйилган бўлмаса, маълумотларни узатиш ва телеграф сигналлари 0 дан F_T гача бўлган частоталар полосасини эгаллайди.

Бундай сигналлар узатилаётганда символ («1» ёки «0» белги) ни нотўғри қабул қилиш эҳтимоллиги ёки хатонинг бўлиши

эҳтимоллиги 10^{-5} дан кичик бўлмаслиги керак. Бу халақитдан зарурий ҳимояланганлик қийматини $A_{\text{ТЛГ } x}=12$ дБ дан кичик бўлмайдиган қилиб танлашга имкон беради.

1.4. Узатиш каналлари

1.4.1. Узатиш каналлари, уларнинг таснифи ва асосий тавсифлари

Узатиш канали ёки телекоммуникация канали телекоммуникация тизимлари ва тармоқлари техникасининг асосий тушунчалари ҳисобланади.

Телекоммуникация тармоқларининг охириги ёки оралиқ пунктлари ўртасида телекоммуникация сигналларини маълум частоталар полосасида ёки маълум узатиш тезлиги билан узатишни таъминловчи техник воситалар ва уларнинг тарқалиш муҳити мажмуасини узатиш канали дейилади.

Узатиш канали (бундан кейин қисқача «каналлар» деб олинади) қуйидагиларга таснифланади:

Телекоммуникация сигналларини узатиш усулларига кўра, аналог ва рақамли канал турлари мавжуд. Аналог каналлар ўз навбатида сигналнинг тақдим этилувчи (ахборот) параметрининг ўзгаришига қараб, узлуксиз ва дискрет турларга бўлинади («Электр алоқанинг бирламчи сигналлари»га қ.). Рақамли каналлар импульскодли модуляция (ИКМ) дан фойдаланиладиган каналларга, дифференциал ИКМ дан фойдаланиладиган каналларга ва дельта-модуляцияга асосланган каналларга бўлинади; каналларнинг бир тармоғида сигналларни узатишнинг аналог усулларидан, бошқа тармоғида эса рақамли усулларидан фойдаланиладиган каналларни **аралаш узатиш каналлари** дейилади;

телекоммуникациясигналлари узатиладиган ўтказиш полосасининг кенлигига ва каналлар параметрларининг белгиланган меъёрларга мослигига қараб, **товуш частотали аналог намунавий каналларга, бирламчи, иккиламчи, учламчи ва тўртламчи кенг полосали аналог намунавий каналларга; товушли эшиттириш сигналларини, телевидениенинг тасвир ва товушни узатиб борувчи сигналларини узатишнинг аналог намунавий каналларига бўлинади;**

узатиш тезлигига ва каналлар параметрларининг белгиланган меъёрларга мослигига қараб, **асосий рақамли каналга; бирламчи,**

иккиламчи, учламчи, тўртламчи ва бешламчи рақамли каналларга бўлинади;

телекоммуникация сигналлари тарқалаётган муҳитнинг тарқалиш турига кўра, кабелли ва баъзи ҳолларда, ҳаво алоқа линиялари орқали ташкил қилинган **симли каналларга** ва радио радиорелейли ва йўлдош алоқа линиялари орқали ташкил қилинган **радиоалоқа каналларига** бўлинади.

Электр алоқанинг бирламчи сигналларини маълумотни бирламчи сигналга ўзгартирувчи ўзгартиргич ёки бирламчи сигнални маълумотга ўзгартирувчи ўзгартиргичдан узатишни таъминловчи техник воситалар ва уларнинг тарқалиш муҳити мажмуасини телекоммуникация канали дейилади.

Юқорида айтилган таснифлардан ташқари, телекоммуникация каналлари қуйидагиларга бўлинади: узатилаётган бирламчи сигналлар (маълумотлар)нинг турига кўра: **телефон каналлари, товушли эшиттириш каналлари, телевизион каналлар, телеграф каналлари ва маълумотларни узатиш каналларига** бўлинади;

икки томонлама боғланишнинг ташкил қилинишига кўра: **икки симли бир полосали канал, икки симли икки полосали канал ва тўрт симли бир полосали каналга** бўлинади;

телекоммуникация каналлари ҳудудий белгиларига кўра: **халқаро, шаҳарлараро, магистрал, регионал ва маҳаллий каналларга** бўлинади.

Юқорида кўриб чиқилган узатиш ва телекоммуникация каналларининг таснифи уларнинг амалда шаклланган ташкил қилинишига ҳамда уларнинг асосий параметрлари ва тавсифларига (булар бирламчи сигналларнинг тегишли параметрлари ва тавсифларига мос, деб қабул қилинган) қўйилган талабларнинг ишлаб чиқилишига мос келади.

Канал учта параметр билан тавсифланади:

1) Эффе́ктив узатиладиган частоталар полосаси - ΔF_k ; сигналларнинг узатилиш сифатига қўйилган талаблар бажарилиши билан эффе́ктив узатиладиган частоталар полосаси (ΔF_k) да канални ўтказиб юборади.

2) T_k вақт; каналда сигналларни ёки маълумотларни узатиш учун кетган вақт;

3) D_k динамик диапазон; бу тушунча орқали қуйидаги кўринишдаги нисбат тушунилади:

$$D_x = 10 \lg \frac{W_{\text{кмакс}}}{W_{\text{кмин}}}, \quad (1.32)$$

бу ерда $W_{\text{кмакс}}$ - сигналнинг канал орқали узатилиши мумкин бўлган бузилмайдиган максимал қуввати; $W_{\text{кмин}}$ - унинг минимал қуввати, бунда халақитдан зарурий ҳимояланганлик таъминланади.

ΔF_c , T_c ва D_c параметрли сигналларнинг ΔF_k , T_k ва D_k параметрли каналлар орқали узатилиши

$$\Delta F_k \geq \Delta F_c; T_k \geq T_c; D_k \geq D_c \quad (1.33)$$

шартлар бажарилгандагина мумкин.

Каналларнинг учта параметрларининг кўпайтмаси ($V_k = D_k \cdot F_k \cdot T_k$), унинг *сиғими* дейилади. Каналнинг сиғими сигналнинг ҳажмидан кичик бўлмаса, сигнал канал орқали узатилиши мумкин («Электр алоқанинг бирламчи сигналлари» га қаранг). Агар 2 (1.33) тенгсизлик тизими бажарилмаса, у ҳолда сигналнинг параметрларидан бири *деформацияланиши* мумкин, бу сигнал ҳажми билан канал сиғимининг бирдай бўлишига олиб келади. Демак, сигналнинг канал орқали узатилишининг мумкин бўлган шарти умумий ҳолда қуйидаги кўринишда ифодаланиши мумкин:

$$V_k \geq V_c \quad (1.34)$$

Канал қуйидаги ҳимояланганлик билан тавсифланади:

$$A_{\text{кх}} = 10 \lg \frac{W_{\text{кмин}}}{W_x}, \quad (1.35)$$

бу ерда W_x - каналдаги халақит қуввати.

Каналнинг ўтказиш қобилияти қуйидаги ифода орқали изоҳланади:

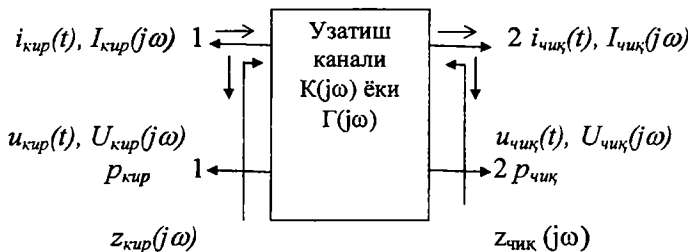
$$I_x = 3,32 \Delta F_x \lg \left(1 + \frac{W_{\text{ўр}}}{W_x} \right), \quad (1.36)$$

бу ерда $W_{\text{ўр}}$ - канал орқали узатилаётган сигналнинг ўртача қуввати.

1.4.2. Тўрткүтбликка ўхшаш узатиш канали

Узатиш канали электр сигналнинг техник воситалари ва тарқалиш муҳитининг мажмуасига ўхшаш сигнални филтрлаш, ўзгартириш, уларнинг кучайиши ва коррекцияланишини амалга оширувчи турли тўрткүтбликнинг каскадди (бўғинли) бирикмасини ифодалайди. Шундай қилиб, канални тўрткүтбликнинг эквиваленти

деб қараш мумкин, унинг параметрлари ва тавсифлари сигналларни узатиш сифатини белгилайди (1.11-расмга қаранг)



1.11-расм. Тўрткүтбликка ўхшаш узатиш канали.

1.11-расмда куйидаги белгилашлар қабул қилинган: 1-1 ва 2-2 –тегишли кириш ва чиқиш кутблари (кисқичлари); $I_{kir} = (j\omega)$ ва $I_{chik} (j\omega)$ – комплекс кириш ва чиқиш токи; $U_{kir}(j\omega)$ ва $U_{chik} (j\omega)$ – мажмуа кириш ва чиқиш кучланиши; $Z_{kir} = (j\omega)$ ва $Z_{chik}(j\omega)$ мажмуа кириш ва чиқиш қаршилиги (одатда катталиклар актив ва тенг қийматли бўлади, яъни $Z_{kir} = R_{kir} = Z_{chik} = R_{chik}$); $K(j\omega) = U_{chik} (j\omega) / U_{kir}(j\omega) = K(\omega) e^{-jb(\omega)}$ – кучланиш бўйича мажмуа узатиш коэффиценти, $K(\omega)$ – узатиш коэффиценти модули ва $b(\omega)$ – кириш ва чиқиш сигналлари ўртасидаги фазавий силжиш; агар кириш токнинг чиқиш токига нисбати олинса, у ҳолда ток бўйича узатиш коэффиценти тўғрисида гап боради; $u_{kir}(t)$, $u_{chik}(t)$ – кириш ва чиқиш сигналларининг оний кучланиш қиймати, P_{kir} ва P_{chik} – сигналнинг кучланиш ёки қувват бўйича кириш ва чиқиш сатҳлари. Узатиш каналлари 1-1 ва 2-2 тегишли кисқичлар (кутблар) га мос қилиб уланган $Z_{1ю} (j\omega)$ ва $Z_{2ю} (j\omega)$ реал юкламалар билан ишлайди.

Каналларнинг хусусиятлари ва уларнинг маълумотларнинг узатилиш сифатига қўйилган талабларга мослиги параметрлар ва тавсифлар билан аниқланади.

А_г қолдиқ сўниш каналнинг биринчи ва асосий параметрларидан бири ҳисобланади, бу тушунча орқали каналнинг R_{kir} ва R_{chik} нинг номинал қийматларига тўғри келадиган актив қаршилиқларни тегишли равишда 1-1 ва 2-2 кутбларга уланган ҳолатда ўлчанган ёки ҳисобланган ишчи сўниши тушунилади. Узатиш каналининг айрим қурилмаларини кириш ва чиқиш қаршилиқлари бир-бири билан яхши мослашган бўлади. Бунда

каналнинг ишчи сўниши шarti деб, каналнинг айрим курилмаларини тавсифий (хусусий) сўнишлари (кучсизланишлари) нинг йиғиндисига тенглиги олинади, бунда қайтишлар ҳисобга олинмайди. У ҳолда каналнинг қолдик сўниши қуйидаги формула орқали аниқланиши мумкин:

$$A_r = P_{\text{кур}} - P_{\text{чик}} = \sum_{i=1}^k A_i - \sum_{j=1}^l S_j, \quad (1.37)$$

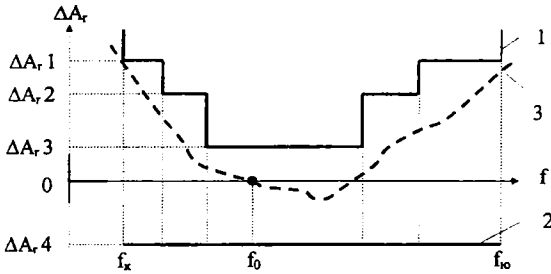
бу ерда $P_{\text{кур}}$ ва $P_{\text{чик}}$ – каналнинг кириши ва чиқишидаги сатҳлар (1.11-расмга қ.); A_i – узатиш каналини ташкил этувчи j - тўрткүтбликнинг i - сўниши ва S_j - кучайиши. Бу каналнинг қолдик сўниши (ҚС), сўнишлар ва кучайишларнинг алгебраик йиғиндисидан иборат эканлигини ҳамда кучайтирувчи тармоқларнинг сўнишлари ва кучайтиргичларнинг кучайтиришлари маълум бўлганда A_r ни ҳисоблаш қулай эканлигини билдиради. ҚС ҳар бир канал учун аниқ бўлган ўлчаш частотасида ўлчанади.

Каналдан фойдаланиш жараёнида унинг ҚС ўзгармайдиган катталиклигича қолмайди, балки у турли *беқарорлаштирувчи факторлар* таъсирида номинал қийматидан оғади. ҚС нинг бу ўзгаришларини *нобарқарорлик* дейилади ва у ҚС нинг номинал қийматидан максимал ва ўртача квадратик оғиш қийматларига ёки унинг дисперсия катталигига кўра аниқланади.

Каналнинг қолдик сўниши унинг ўтказиш полосасига боғлиқ бўлади. Қолдик сўнишнинг каналнинг частоталар полосаси чегарасидаги қиймати унинг номинал қиймати (ΔA_r) дан катта бўлмаган қийматга фарқ қилса, бундай каналнинг частоталар полосасини эффектив узатилаётган частоталар полосаси (ЭУЧП) дейилади.

ҚС нинг номинал қийматидан ΔA_r жоиз оғишлари ЭУЧП чегарасида меъёрланади. ҚС жоиз оғишларининг «шаблон» ларидан фойдаланиш, меъёрлашнинг кўп тарқалган усулларидан ҳисобланади. Бундай шаблоннинг тахминий кўриниши 1.12-расмда келтирилган.

1.12-расмда қуйидаги белгилашлар қабул қилинган: f_0 – ҚС нинг номинал қиймати аниқландиган частота; f_K ва $f_{Ю}$ – ЭУЧП нинг қуйи ва юқори чегаравий частоталари; 1,2 – ҚС жоиз оғишларининг чегаралари; 3 – ҚС нинг ўлчанган частотавий тавсифининг кўриниши ҚС нинг номинал қийматидан оғиши қуйидаги формула орқали аниқланади:

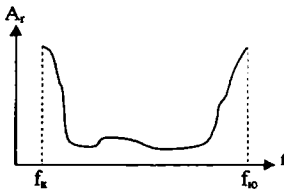


1.12-расм. Узатиш каналининг ҚС жоиз оғишларининг тахминий шаблони.

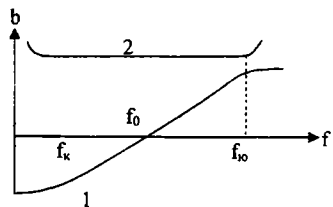
$$\Delta A_r = A_r(f) - A_r(f_0), \quad (1.38)$$

бу ерда f - ҚС нинг одатдаги частотаси ва f_0 – унинг номинал кийматини аниқлайдиган частота.

ЭУЧП тушунчаси билан каналнинг амплитуда-частотавий тавсифи – АЧТ (ёки қисқача частотавий тавсифи) узвий боғланган. Бу тушунча орқали каналнинг киришидаги ўзгармас сатх, яъни $P_{\text{кыр}} = \text{const}$ даги қолдиқ сўнишининг частотага боғланиши $A_r = \varphi_r(f)$ тушунилади. Бу тавсиф каналнинг ҚС ни частотага боғлиқлиги ҳисобига канал ҳосил қиладиган амплитуда – частотавий (қисқача частотавий) бузилишни аниқлайди. Жоиз бузилишлар ҚС нинг ЭУЧП чегарасидаги оғишларининг шаблони орқали аниқланади. Канал АЧТ нинг тахминий кўриниши 1.13-расмда кўрсатилган.



1.13-расм. Каналнинг частотавий тавсифи.



1.14-расм. Каналнинг фазавий тавсифи.

Қатор телекоммуникация сигналларини узатишда каналнинг фаза-частотавий тавсифи – ФЧТ (қисқача фазавий тавсифи) муҳим ҳисобланади. Бу тушунча орқали кириш ва чиқиш сигналлари ўртасидаги фазавий силжишнинг частотага боғлиқлиги, яъни $b = \varphi_\phi(f)$ га боғланиши тушунилади. Канал фазавий тавсифининг умумий кўриниши 1.14-расмда келтирилган (1-чизик). ЭУЧП нинг ўрта қисмида фазавий тавсиф тўғри чизикқа яқин, унинг четларида эса узатиш каналининг таркибига кирувчи филтёрлар туфайли бу чизикнинг сезиларли эгрланиши кузатилади.

Канал ҳосил қиладиган фазавий силжишни бевосита ўлчаш қийин бўлганлиги сабабли, фазавий бузилишларни аниқлаш учун гуруҳли ўтиш вақти - ГЎВ (ёки секинлашиши – ГСВ) нинг қуйидаги частотавий тавсифини кўриб чиқайлик:

$$\tau(\omega) = db(\omega)/d\omega, \quad (1.39)$$

бу ерда $b(\omega)$ – фаза-частотавий тавсиф.

ГЎВ частотавий тавсифининг тахминий кўриниши 1.14-расмда тасвирланган (2-чизик).

Қолдиқ сўниш, фазавий силжиш ёки гуруҳли ўтиш вақтининг частотавий тавсифлари билан узатиш каналлари орқали телекоммуникация сигналлари ўтаётганда каналлар ҳосил қиладиган чизикли бузилишлар аниқланади.

Чизикли бузилишларнинг узатилаётган сигналларга таъсирини аниқлашда сигналларнинг спектр ёки вақт орқали тақдим этилишидан ва узатиш каналлари (трактлари)нинг тегишли частотавий ёки вақт бўйича тавсифларидан фойдаланиш мумкин. Сигналнинг спектр ва вақт орқали тақдим этилишлари Фурье алмаштиришлари жуфти орқали ўзаро боғланган:

$$S(j\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} c(t) e^{-j\omega t} dt, \quad (\text{тўғри алмаштириш});$$

$$c(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} S(j\omega) e^{j\omega t} d\omega \quad (\text{тескари алмаштириш}),$$

бу ерда $c(t)$ – вақт функцияси кўринишидаги сигнал; $S(j\omega)$ - сигналнинг мажмуа спектр функцияси. Бу боғланиш каналнинг киришидаги сигналнинг кўриниши (берилган таъсир) маълум бўлганда, каналнинг чиқишидаги сигналнинг кўриниши (жавоб таъсир)ни аниқлашга имкон беради. Агар каналнинг киришидаги сигнални $c_1(t)$ деб белгиланса, у ҳолда уни қуйидаги кўринишда ифодалаш мумкин:

$$c_1(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} S_1(j\omega) e^{j\omega t} d\omega, \quad (1.40)$$

бу ерда $S_1(j\omega)$ – кириш сигналининг мажмуа спектр функцияси.

Каналнинг чиқишидаги сигнални

$$c_2(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} S_2(j\omega) e^{j\omega t} d\omega \quad (1.41)$$

кўринишда аниқлаш мумкин, бу ерда $S_2(j\omega)$ – чиқиш сигналининг мажмуа спектр функцияси.

Бу функция каналнинг куйида ифодаланган маълум частотавий тавсифлари ёрдамида аниқланади:

$$S_2(j\omega) = K(\omega) e^{-jb(\omega)} \cdot S_1(j\omega), \quad (1.42)$$

бу ерда $K(\omega)$ – узатиш коэффициенти модули; $b(\omega)$ – фазавий силжиш.

Шундай қилиб, каналнинг амплитуда-частотавий ва фаза-частотавий тавсифларини билган ҳолда, каналнинг киришидаги таъсир маълум бўлса, унинг чиқишидаги жавоб таъсирни аниқлаш мумкин.

Каналнинг киришидаги маълум кўринишдаги таъсирга унинг чиқишидаги жавоб таъсирларни каналнинг вақт бўйича тавсифлари дейилади. Уларга якка функция кўринишида ифодаланган таъсирга каналнинг жавоб таъсирини изоҳловчи ўтиш тавсифи ва якка импульс кўринишида ифодаланган таъсирга каналнинг жавоб таъсирини изоҳловчи импульсли тавсиф киради.

Импульсли (телеграф, маълумотларни узатиш) сигналлар ёки факсимил ва телевизион сигналлар узатилаётганда каналнинг сифатини, унинг вақт бўйича тавсифларига қараб баҳолаш қулай, бунда сигналларни тўғри қабул қилиш учун, қабул қилишда уларнинг кўриниши тўғри тикланиши керак. Телефон сигналлари ва товушли эшиттириш сигналлари узатилаётганда каналнинг сифатини унинг частотавий тавсифларига қараб баҳолаш қулай, бунда сигналларни тўғри қабул қилиш учун қабул қилишда узатилаётган сигналнинг спектр зичлигини тўғри тикланиши муҳимдир. Частотавий тавсифларга қараб баҳолаш усули (спектр усули) бирмунча кенг суратда қўлланила бошланди, чунки:

1) бир нечта тўрткутбликдан иборат каскад (бўғинли) бирикмасининг частотавий тавсифлари шу бирикманинг таркибига кирувчи ҳар бир тўрткутбликларнинг тавсифларига қараб осон аниқланади. Вақт бўйича тавсифларни бундай оддий тарзда аниқлаб бўлмайди.

2) частотавий тавсифларни маълум даражадаги аниқлик билан ўлчаш осон, ҳолбуки вақт бўйича тавсифларни аниқ ўлчаш анча мураккаб масала ҳисобланади;

3) каналнинг частотавий тавсифларига қараб, унинг вақт бўйича тавсифларини аниқлаш мумкин, ҳолбуки бунинг тескариси ҳамма вақт ҳам ечимини топмаслиги мумкин.

Идеал ҳолда каналда чизикли бузилишларнинг бўлмаслиги узатиш коэффиенти ёки қолдиқ сўнишнинг ўзгармаслигига ва частоталарнинг 0 дан чексизликкача бўлган барча диапазонларида фазавий тавсифнинг чизиклилигига мос келади, яъни

$$K(\omega) = K_0 = \text{const} \quad \text{ёки} \quad A_T(\omega) = A_0 = \text{const}, \quad (1.43)$$

$$b(\omega) = \omega\tau + b_0, \quad (1.44)$$

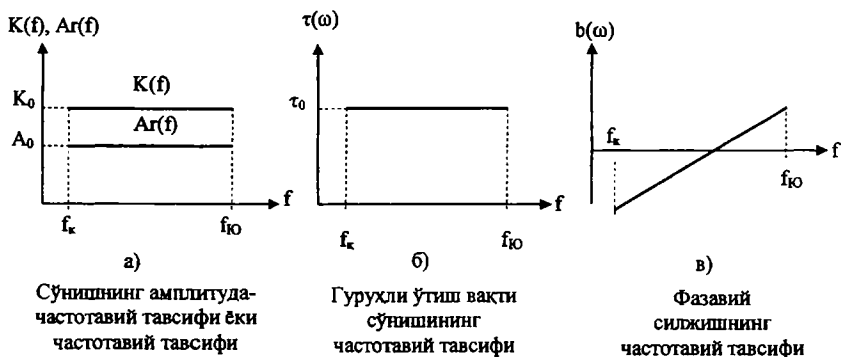
бу ерда $b_0 = \pm 2k\pi$, $k=0, 1, 2, \dots$

(1.44) даги шарт каналнинг гуруҳли ўтиш вақти (секинлашиши) нинг ўзгармаслигига мувофиқ бўлади, яъни

$$\tau(\omega) = \frac{db(\omega)}{d(\omega)} = \tau_0 = \text{const} \quad (1.45)$$

(1.43 – 1.45) шартларни бузилмаган узатиш шартлари дейилади. Каналнинг $f_k \dots f_{\text{ю}}$ частоталар полосаси учун бузилмаган узатиш шартларининг график тасвири 1.15-расмда ифодаланган.

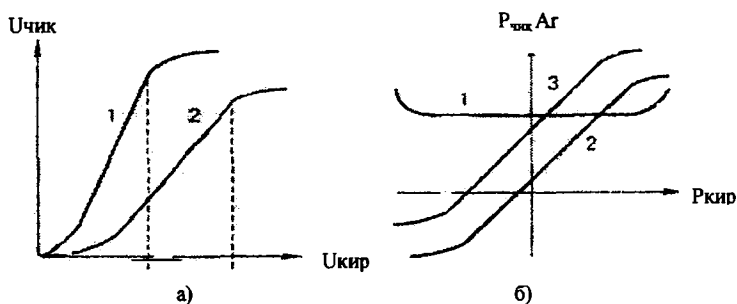
Каналнинг чиқишидаги қувват, кучланиш, ток ёки улар сатҳларининг каналнинг киришидаги қувват, кучланиш, ток ва уларнинг сатҳларига боғланишини каналнинг амплитудавий тавсифи – АТ дейилади. Каналнинг АТ тушунчаси орқали каналнинг қолдиқ сўнишини унинг киришидаги сигнал сатҳига, яъни $A_r = \varphi_a(p_{\text{сиг}})$ боғланиши ҳам тушунилади. Сигналнинг бу сатҳи каналнинг киришидаги ўлчаш сигналининг келишилган ўзгармас бирон-бир частотаси, яъни $f_{\text{ўлч}} = \text{const}$ да ўлчанади.



1.15-расм. Бузилмаган узатиш шартлари.

Каналнинг амплитудавий тавсифи турли боғланишлар орқали ифодаланиши мумкин (1.16-расм): $U_{\text{чик}} = \varphi_K (U_{\text{кир}})$ (1.16.а - расмда 1- ва 2-чизиклар), $A_r = \varphi_A (P_{\text{кир}})$ (1.16.б- расмда 1-чизик), $P_{\text{чик}} = \varphi_P (P_{\text{кир}})$ (1.16.б - расмда 2- ва 3-чизиклар), бу ерда қуйидаги белгилашлар қабул қилинган: $U_{\text{кир}}$, $U_{\text{чик}}$ – каналнинг кириши ва чиқишидаги сигналнинг тегишли кучланишлари; $P_{\text{кир}}$, $P_{\text{чик}}$ – каналнинг кириши ва чиқишидаги сигналлар (кучланишлар, қувватлар)нинг тегишли сатҳлари; A_r – узатиш каналининг қолдиқ сўниши.

1.16-расмда ифодаланган графиклардан АТ нинг учта соҳадан иборатлиги кўриниб турибди:



1.16-расм. Узатиш каналининг амплитудавий тавсифи.

1) канал киришидаги сигналнинг кучланиши ёки сатҳларининг кичик қийматларига тўғри келадиган ночизикли соҳа; бунда АТ нинг ночизиклилиги, сигнал кучланиши ёки сатҳнинг каналнинг шовқинлари билан тенглаша олиши орқали тушунтирилади;

2) кириш сигнали кучланиши ёки сатҳининг қийматларига тўғри келадиган чизикли соҳа; бу соҳа, каналнинг киришидаги сигналнинг кучланиши (сатҳи) билан унинг чиқишидаги сигналнинг кучланиши (сатҳи) ўртасидаги тўғри мутаносиб боғланишга хосдир;

3) кириш сигнали кучланиши (сатҳи) нинг уларнинг $U_{\text{макс}}$ ($P_{\text{макс}}$) максимал қийматларидан катта қийматларига тўғри келадиган жуда сезиларли ночизикли соҳа; бу соҳа, ночизикли бузилишларнинг вужудга келишига хосдир. Агар АТ нинг чизикли соҳасига тегишли тўғри чизикнинг қияланиш бурчаги 45° га тенг бўлса, у ҳолда каналнинг чиқишидаги сигналнинг кучланиши (сатҳи) унинг киришидаги сигналнинг кучланиши (сатҳи)га тенг бўлади; агар қияланиш бурчаги 45° дан кичик бўлса, у ҳолда каналда сўниш, агар қияланиш бурчаги 45° дан катта бўлса, у ҳолда каналда кучайиш содир бўлади. Агар $A_r > 0$ бўлса, у ҳолда узатиш канали сўниш (кучсизланиш)ни, агар $A_r < 0$ бўлса, канал қолдик кучайишни ҳосил қилади.

Сигналнинг кириш кучланиши ёки сатҳининг кичик қийматларида АТ нинг бироз эгриланиши узатиш сифатига таъсир қилмайди ва тавсифнинг бу қисмини эътиборга олмаса ҳам бўлади. Кириш сигналининг кучланиши ёки сатҳининг сезиларли даражадаги катта қийматларида АТ чизикли соҳасининг четларидан чиқувчи унинг эгриланиши ночизикли бузилишларнинг вужудга келиши билан тавсифланади. Бу бузилишлар кириш сигналининг гармоникалари ёки комбинацион частоталарининг ҳосил бўлиши билан намоён бўлади. АТ га кўра ночизикли бузилишлар катталигини фақат тахминий баҳолаш мумкин. Каналлардаги ночизикли бузилишлар катталиклари ночизикли бузилишлар коэффиценти ёки ночизикли сўнишлар (канал амплитудавий тавсифининг ночизиклигига асосланган) орқали етарли даражада аниқ баҳоланади:

$$K_{\text{ноб}} = \frac{\sqrt{U_{2z}^2 + U_{3z}^2 + \dots U_{nz}^2}}{U_{1z}}, \text{ ёки } A_n = 20 \lg \frac{1}{K_{\text{ноб}}}, \quad (1.45)$$

бу ерда U_{1z} – ўлчов сигналининг биринчи (асосий) гармоникаси кучланишининг амалда қўлланиладиган қиймати; U_{2z} U_{3z} ва ҳоказолар, сигналнинг иккинчи, учинчи ва ҳоказо гармоникалари кучланишларининг амалда қўлланиладиган қийматлари. Бу гармоникалар узатиш канали АТ нинг эгриланиши туфайли пайдо бўлади. Бундан ташқари, кўп каналли телекоммуникация узатиш тизимлари техникасида гармоникалар бўйича ночизикли сўнишлар тушунчасидан кўп фойдаланилади:

$$A_{nz} = 20 \lg(U_{1z}/U_{nz}) = p_{1z} - p_{nz}, \quad n=2,3,\dots, \quad (1.46)$$

бу ерда p_{1z} – канал АТ нинг эгриланиши туфайли пайдо бўладиган ўлчов сигналининг биринчи гармоникасини мутлақ сатҳи; p_{nz} – n гармоникасининг мутлақ сатҳи.

Рақамли каналлар, сигналларни узатиш тезлиги билан тавсифланади, уларнинг узатилиш сифати эса **хатоликлар коэффициенти** билан баҳоланади. Хатоликлар коэффициенти тушунчаси орқали хатолар билан қабул қилинган рақамли сигнал элементлари сонларининг ўлчашлар олиб борилган вақт давомида узатилган сигнал элементларининг умумий сонига нисбати тушунилади:

$$K_x = N_x / N = N_x / BT, \quad (1.47)$$

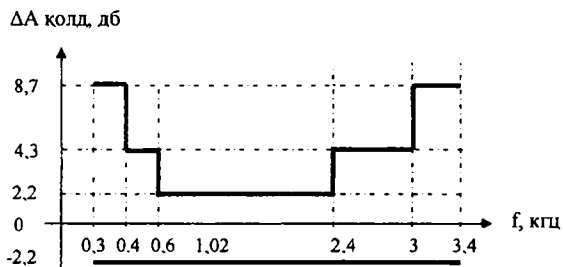
бу ерда N_x – хатолар билан қабул қилинган элементлар сони; N – узатилган элементларнинг умумий сони; B – битларда ифодаланган узатиш тезлиги; T – ўлчаш (кузатиш) вақти.

Телекоммуникация тизимларини шундай ташкил қилиш керакки, бунда каналлар маълум универсалликка эга бўлиб, турли кўринишдаги маълумотларни узатишга яроқли бўлиши керак. Параметрлари ва тавсифлари меъёрланган **намунавий каналлар** шундай хусусиятларга эгадир. Намунавий каналлар *оддий*, яъни транзит ускунаси орқали ўтмайдиган ва *мураккаб*, яъни транзит ускунаси орқали ўтайдиган каналларга бўлиниши мумкин.

1.4.3. Намунавий узатиш каналлари

Товуш **частотали канал**. 300–3400 Гц частоталар полосали ва меъёрланган параметрлар ва тавсифларга эга аналог намунавий узатиш каналини **товуш частотали канал** – ТЧК дейилади.

ТЧКнинг киришида нисбий (ўлчаш) сатҳининг меъёрланган (номинал) катталиги $p_{\text{кир}} = -13$ дБм0, ТЧК нинг чиқишида эса $p_{\text{чик}} = +4$ дБм0 га тенг. Ўлчов сигналнинг частотаси $f_{\text{ўлч}} = 1020$ Гц (илгари 800 Гц) га тенг, деб қабул қилинган. Шундай қилиб, ТЧКнинг номинал қолдиқ сўниши $A_r = -17$ дБ га тенг, яъни ТЧК 17 дБ га тенг қучайишни ҳосил қилади.



1.17-расм. ТЧК қолдиқ сўнишининг жонз оғишлари шаблони.

ТЧК нинг эффектив узатилаётган частоталар полосаси (мураккаб ва максимал узунликдаги) деб, унинг чегаравий частоталари (0,3 ва 3,4 кГц) да A_r қолдиқ сўниш 1020 Гц (илгари 800 Гц) частотадаги қолдиқ сўнишдан 8,7 дБга катта бўлган частоталар полосасига айтилади.

ΔA_r қолдиқ сўнишининг номинал қиймат (-17 дБ) дан оғишларининг частотавий тавсифи 1.17-расмда келтирилган шаблон чегарасида бўлиши керак.

Қолдиқ сўнишининг частотавий тавсифига қўйилган талаб бажарилиши учун, 2500 км узунликдаги оддий канал учун таснифнинг нотекислиги (тенг ўлчовли эмаслиги) 1.1-жадвалда кўрсатилган чегараларда жойлашган бўлиши керак.

1.1-жадвал

$f, \text{кГц}$	0,3...0,4	0,4...0,6	0,6...2,4	2,4...3,0	3,0...3,4
$\Delta A_r, \text{дБ}$	1,4	0,72	0,6	0,72	1,4

Фаза-частотавий бузилишлар сўзлашув сигналларининг узатилиш сифатига кам таъсир қилади, лекин ТЧК дан бошқа бирламчи сигналларни узатишда ҳам фойдаланилганлиги сабабли, катта фаза-частотавий бузилишларга ёки гуруҳли ўтиш вақти (ГЎВ)

частота тавсифининг нотекислигига йўл қўйиб бўлмайди. Шунинг учун 2500 км узунликдаги оддий канал учун ГЎВ нинг 1900 Гц частотадаги қийматидан унинг огиши меъёрланади (1.2-жадвал).

1.2-жадвал

f, кГц	0,4	0,6	0,8	1,0	1,4	1,6	2,2	2,4	2,8	3,0	3,2	3,3
Δτ, мс	2,4	1,5	1,1	0,6	0,4	0,1	0,1	0,15	0,45	0,75	1,35	1,9

Табиийки, мураккаб каналлар нечта оддий каналдан ташкил қилинган бўлса, ушбу канал учун ГЎВ нинг огиши шунча марта кагта бўлади. ТЧКнинг амплитудавий тавсифи қуйидагича меъёрланади: ўлчов сигналининг сатҳи нол ўлчаш сатҳли нуқтада ЭУЧП чегарасидаги истаган частотада – 17,5 дан +3,5 дБ гача ўзгарганда, оддий каналнинг қолдиқ сўниши 0,3 дБ гача аниқликда ўзгармаслиги керак. Оддий канал учун нозикли бузилишлар коэффициенти узатишнинг номинал сатҳида 1020 Гц частотада 1,5 фоиз (3-гармоника бўйича 1 фоиз) дан ошмаслиги керак.

Меъёрланиш ТЧК кириш ва чиқиш қаршилиқларининг ташқи занжирлар – юклама қаршилиқлари: узатилаётган сигналлар манбаининг ички қаршилиги ($Z_{1ю}$) ва юклама қаршилиги ($Z_{2ю}$) га мувофиқлашув даражасига ҳам тегишлидир. ТЧК нинг кириш ва чиқиш қаршилиқлари актив қаршилиқлар бўлиб, улар $R_{кир} = R_{чик} = 60$ Ом га тенг. Каналнинг кириши ва чиқиши симметрик бўлиши керак, δ қайтиш коэффицентлари ёки A_δ мувофиқлашмаганлик (қайтиш) сўниши тегишли равишда қуйидагиларга тенг:

$$b_{кир} = \left| \frac{(Z_{1ю} - R_{кир})}{(Z_{1ю} + R_{кир})} \right|, \quad b_{чик} = \left| \frac{(Z_{2ю} - R_{чик})}{(Z_{2ю} + R_{чик})} \right| \quad \text{ёки} \quad A_\delta = 20 \lg \frac{1}{\delta} = -20 \lg \delta, \quad (1.48)$$

улар мос равишда 10 фоиздан ёки 20 дБ дан ошмаслиги керак.

Халақитлар қуввати ТЧК орқали узатилиш сифатининг муҳим кўрсаткичи ҳисобланиб, улар псофометр (псофос – юнонча сўз бўлиб, у «шовқин»ни ифодалайди) деб аталадиган махсус асбоб билан ўлчанади. Псофометр тўғрилашнинг квадратик тавсифига эга вольтметрдир. Бундай тавсифининг танланиши кулоқнинг айрим манбаларининг шовқинларини уларнинг қуввати сифатида йиғиши, қувват эса кучланиш ёки токнинг квадратига мутаносблиги билан тушунтирилади. Псофометрлар одатдаги квадратик вольтметр-

лардан уларда сезгирликнинг частотага боғлиқлигининг мавжудлиги билан фарқланади. Ушбу боғланиш кулоқнинг халақитлар в. шовқинлар спектрининг таркибига кирувчи айрим частоталар турли сатҳдаги сезгирлигини ҳисобга олади ва у ўлчовчи псофометрик филтър билан шакллантирилади.

Псофометр киришига нол ўлчаш сатҳли 800 Гц частотали кучланиш берилганда унинг кўрсаткичи 775 мВ га тенг бўлади Бошқа частоталарда ўша кўрсаткични олиш учун кўпинча ўлчаш сатҳи нолдан катта бўлиши керак. Псофометр билан ўлчанган $U_{\text{псо}}$ халақит кучланиши $U_{\text{эфф}}$ эффектив кучланишга $U_{\text{псо}} = k_n \cdot U_{\text{эфф}}$ муносабат орқали боғланган, бу ердаги k_n ни *псофометрик коэффициент* дейилади ва у $k_n = 0,75$ га тенг. Халақитлар в. шовқинларнинг псофометр билан ўлчанган кучланишини псофометрик кучланиш дейилади; баъзи R қаршилиқда псофометрик кучланиш билан аниқланадиган қувватни псофометрик қувва дейилади ва у $W_{\text{псо}} = k_n^2 U_{\text{эфф}}^2 / R = 0,56 U_{\text{эфф}}^2 / R$ га тенг.

Текис спектрли халақит қувватининг 0,3–3,4 кГц частоталај полосасида псофометрик ўлчашлардаги ўртача сатҳи унин амалдаги (эффектив) қийматларини ўлчашдаги сатҳига қараганд 2,5 дБ (ёки 1,78 марта) га кичик бўлади.

Оддий каналларнинг максимал сонидан таркиб топгај максимал узунликдаги ТЧК нинг нол ўлчаш сатҳи нуқтасидаги халақитнинг псофометрик қуввати 50 000 пВт0 (нол нисбий сатҳли нуқтасидаги *псофометрик* пиковатт)дан ортик бўлмаслиги керак Халақитнинг эффектив (ўлчанмаган) жоиз қувватининг тегишли қиймати 87 000 пВт0 ни ташкил қилади. 2500 км узунликдаги оддий каналдаги халақитнинг псофометрик қуввати 10 000 пВт0 дан ошиб кетмаслиги керак.

Телефон сигналларининг ТЧК киришидаги ўртача ва чўққ қувватларининг жоиз катталиклари ҳам меъёрланади: қувватнин нол нисбий сатҳли нуқтадаги ўртача қиймати 32 мкВт0 ни, чўққ қиймати эса 2220 мкВт0 ни ташкил этади.

ТЧК нинг динамик диапазоли 30–35 дБ катталиқни ташкил этади.

ТЧК частоталар полосасининг кенглигини, узатилаётгај сигналнинг ўртача қувватини, халақитнинг ўлчанмаган қувватининг қийматини билиш юқоридаги бандда (1.43) формула ёрдамида ТЧК нинг ўтказиш қобилиятини баҳолашга имко н беради, у тахминан 25 кбит/с га тенг экан.

Товушли эшиттириш канали. Товушли эшиттириш сигналларини узатишга мўлжалланган 30–15 000 Гц (50–10 000 ёки 80–6300 Гц) ЭУЧП ли намунавий узатиш каналини юқори (иккинчи, учинчи) синфига оид товушли эшиттириш канали (ТК) дейилади. Намунавий ТК га телевидениенинг товушни узатиб боровчи сигналларини узатиш каналлари киради.

ТК частоталар полосасининг кенглигини нуткий ва мусиқий дастурларини қайта эшиттириш сифатига маълум даражада таъсир қилувчи товушли эшиттириш бирламчи сигналининг барча ташкил этувчиларини узатишни таъминлайдиган қилиб танланади. ТК нинг эффектив узатилаётган частоталар полосаси (ЭУЧП) си деб, унинг чегаравий частоталарида қолдиқ сўниш 1020 (800) Гц частотадаги қолдиқ сўнишдан $\Delta A_M=4,3$ дБ дан ошмайдиган миқдорга катта бўлган частоталар полосасига айтилади.

ТК ЭУЧП нинг қуйи чегаравий частотасини одатда 30...80 Гц деб, қабул қилинади. Юқори чегаравий частотасининг қиймати эшиттириш дастурларининг тақсимланишини амалга оширувчи эшиттириш канали ускунаси ва трансляция тармоқлари ускунасининг тавсифлари орқали аниқланади. Кўпгина ҳолларда бу частоталар 6.300–15.000 Гц чегарада жойлашади, лекин ТК нинг чегаравий частоталарини қатъий тарзда шундай танлаш керакки, ЭУЧП четки чегаравий частоталарининг кўпайтмаси 450 000–500 000 ни ташкил этиши керак. Кўрсатилган шартдан анча катта оғишлар ТК орқали қабул қилинаётган дастурда паст (жарангсиз тембр) ёки юқори (жарангли тембр) тонларнинг устунлик қилишига олиб келади.

ТК да амплитуда-частотавий бузилишлар товушни ташкил этувчилар баландликларининг ўзаро нисбатини ўзгартиради. Шунинг учун ТК нинг қолдиқ сўниши частотавий тавсифининг нотекислиги ўрта частоталарда $\pm(1-2)$ дБ дан ва ЭУЧП нинг чеккаларида эса $\pm 4,3$ дБ дан катта бўлмаслиги керак.

Қулоқ частотавий таҳлиллагич ҳисобланади ва шунинг учун у фаза-частотавий бузилишларни кам сезади. Бироқ, юқори товуш баландликларида эшиттириш сигналининг обертонлари ўртасидаги фазавий ўзаро муносабатларнинг катта ўзгаришларини товуш тембри ва баландлигининг ўзгариши сифатида қабул қилинади. Шунинг учун ТК да фаза-частотавий бузилишлар жоиз бузилишлардан катта бўлмаслиги керак. (ГЎВ) нинг ТК нинг пастки чегаравий частотаси билан 1020 (800) Гц частотаси ўртасидаги

фарқ 50...80 мс дан, юқори чегаравий частотаси билан 1020 (800) Гц частотаси ўртасидаги фарқ эса 10 мс дан ортик бўлмайдиган катталиқ билан чекланади.

Эшиттириш сигналларининг динамик диапазони жуда кенг. Замонавий ТК бундай динамик диапазондаги сигналларни узатишни амалга ошира олмайди. Канал ортикча юкланганда у «юқори» дан чекланади, халақитлар бўлганда эса «паст» дан чекланади. ТК нинг 40 дБли динамик диапазонини қаноатланарли деб ҳисоблаш мумкин. Келиб чиқиши жиҳатидан ҳар хил бўлган халақитлардан химояланганлик 60 дБ дан пастга тушмаслиги керак.

Одатда ночизиқли бузилишлар катталиқларини кўриб чиқишга k_n ночизиқли бузилишлар коэффициентига қараб рухсат берилади, бу коэффициент 0,03 дан катта бўлмаслиги керак. ТК нинг параметрлари ва тавсифларига қуйилган талаблар 1.3-жадвалда келтирилган.

1 км узунликдаги ТК чиқишидаги сигналнинг максимал сатҳи билан халақитнинг психофотетрик кучланиш сатҳи ўртасидаги фарқ $A_{тк}=53+10 \lg (12500/l)$ формула орқали аниқланади.

Юқори синфга оид ТК қолдиқ сўнишининг жониз оғиши қуйидагилардан иборат: 30 дан 50 Гц гача частоталар полосасида $\Delta A_{тк}=4,35$ дБ га; 50 дан 10 000 Гц гача частоталар полосасида $\Delta A_{тк}=1$ дБ га тенг ва 10 000 дан 15 000 Гц гача частоталар полосасида эса бу оғиш 4,35 дБ дан ошмайди.

1.3-жадвал

Параметрлар, тавсифлар	Ўлчов бирлиги	Товушли эшиттириш каналининг синфи		
		юқори	биринчи	иккинчи
ЭУЧП нинг кенглиги	Гц	30.....15 000	50... 10 000	80...6 300
1020(800)Гц частотадаги қолдиқ сўниш	дБ	0±2	0±2	0±2
Ночизиқли бузилишлар коэффициенти		0,0008...0,018	0,01...0,03	0,01...0,03
ГУВ нинг нотекислиги (тенг ўлчовли эмаслиги)				
$t_{кч}-t_{мин}$	мс	12	80	80
$t_{юч}-t_{мин}$		2	2	10

Изоҳ. Бу ерда $t_{\text{мин}}$ – ГЎВ нинг минимал қиймати; $t_{\text{кч}}$ – ГЎВ нинг ЭУПЧ нинг куйи чегаравий частотасидаги қиймати; $t_{\text{юч}}$ – ГЎВ нинг ЭУЧП нинг юқори чегаравий частотасидаги қиймати.

Биринчи синфга оид ТК қолдиқ сўнишининг жоиз оғиши: 50 дан 100 Гц гача ва 8500 дан 10 000 Гц гача частоталар полосаларида 4,35 дБ дан кичик бўлмайди, 100 дан 200 Гц гача ва 6 000 дан 8 500 Гц гача частоталар полосаларида 2,5 дБ га тенг, 200 дан 6 000 Гц гача частоталар полосасида бу қиймат 1,7 дБ дан катта бўлмайди.

ТК нинг қолдиқ сўниши частотавий тавсифининг нотекислилиги пасайиш томонга 1–1.5 дБ дан ошмаслиги керак.

Тасвир канали. Тўла рангли телевизион сигнални узатишга мўлжалланган намунавий канални **тасвир канали** – ТК дейилади.

Аниқлик телевизион тасвир сифатининг муҳим тавсифларидан ҳисобланади, у каналнинг тасвирнинг энг майда деталларигача узата олиш қобилиятини аниқлашга имкон беради.

Тасвир аниқлиги узатувчи телевизион трубкадаги ёйилувчи доғнинг ўлчамлари, кадр ажралаётган сатҳларнинг сони, ЭУЧП нинг кенглиги ва ТК нинг шу частоталар полосаси чегарасидаги частотавий тавсифларига боғлиқ. Тасвир канали ЭУЧП нинг керакли кенглигини қуйидаги йўсинда аниқлаш мумкин:

узатилаётган тасвирнинг ҳар хил ёритилган майдонлари ўртасидаги чегарага видеосигнал кучланишининг сакрашсимон ўзгариши мос келади. Кучланишнинг $\tau_{1\phi}$ ўзгариш вақти (яъни сигнал фронтининг давомийлиги) тасвир чегарасининг аниқлиги, ёйилаётган нур кесимининг ўлчамлари ва ёйилиш тезлигига боғлиқ. ТК чиқишидаги сигнал фронтининг давомийлиги бошланғич сигнал фронтининг давомийлигидан катта бўлади: $\tau_{2\phi} = \tau_{1\phi} + \Delta\tau$. Тасвирни етарли даражада аниқ қайта тиклаш учун, $\tau_{1\phi} \rightarrow 0$ бўлганда ТК оширадиган сигнал давомийлигининг катталаниши нурнинг тасвирнинг энг майда элементлари бўйлаб t_s ҳаракатланиш давомийлигидан катта бўлмаслиги керак. Сатҳлар сони $Z_c = 625$ кадр ($Z_k = 25$, $t_s = 0,083$ мкс) бўлганда, ТК орқали узатилаётган сигнал фронтининг давомийлиги $\Delta\tau = 0,083$ мкс дан ошмаслиги керак.

Агар ТК $0 \dots f_2$ ўтказиш полосасида частотавий бузилишларни вужудга келтирмаса, у ҳолда кучланиш сакрашининг ўсиб бориш давомийлигининг ошиши $\Delta\tau \approx 1/f_2$ ни ташкил этиши мумкин. Бундан видеосигнал трактининг юқори чегаравий частотаси $f_2 = 1/(2\Delta\tau) = 1/(2t_s) = 1/(2 \cdot 0,083 \cdot 10^{-6}) \approx 6$ МГц дан пастда бўлмаслиги

керак, ранг берувчи сигналнинг тегишли градацияларини узатишни ҳисобга олиб, уни 6,5 МГц га тенг, деб қабул қилинади. Шундай қилиб, ЭУЧП 0–6,5 МГц диапазонни эгаллайди.

ЭУПЧ чегарасидаги частотавий ва фазавий бузилишлар жоиз бузилишлардан катта бўлмаслиги керак, акс ҳолда улар туфайли ҳосил бўладиган видеосигналнинг амплитудавий ва фазавий ташкил этувчилари ўртасидаги муносабатларнинг ўзгаришлари телевизион трубканинг қабул қилувчи экранида видеосигналнинг кўринишини бузади.

ТК нинг тавсифларига, ЭУЧП чегарасида қўйилган талабларни аниқлашда куйидагиларни ҳисобга олиш зарур:

Тасвирнинг ёритилган майдонлари ўртасидаги фарққа зинасимон кўринишдаги $\tau_{1\phi}$ фронт давомийликли ΔU_1 кучланишга эга видеосигнал мос келади. Агар ТК куйи частоталарнинг $f_k=6,5$ МГц га тенг кесма частотага эга қуйи частотали идеал филтрнинг тавсифларига эга бўлганда эди, у ҳолда каналнинг чиқишидаги ΔU_2 кучланишнинг зинаси $\tau_{2\phi} > \tau_{1\phi}$ бўлган фронт давомийлигига, ΔU_2 кучланишни белгилаш эса тебранма хусусиятга эга бўлар эди.

Тебранма жараён давомийлиги f_2 нинг кичрайиши билан ўсиб боради, бошланғич сигнал фронтининг $\tau_{1\phi}$ си қанча кичик бўлса, биринчи, энг катта отқиннинг қиймати шунча катта бўлади. $\tau_{1\phi} \rightarrow 0$ бўлганда, отқин 0,09 ΔU_2 га эришади.

Сўнишнинг 0... f_2 полосада монотон (частотанинг ўсишига мувофиқ равишда) ўсиши $\tau_{2\phi}$ ни оширади ва отқинни кичрайтиради. Сўнишнинг монотон кичрайиши тескари эффектга олиб келади. Сўнишнинг монотон ўзгариши ўтиш жараёнига ЭУЧП нинг фақат юқори частоталаридагина унинг пастки частоталарида сўнишнинг худди шундай монотон ўзгариши катталигига қараганда камроқ таъсир қилади. Сўнишнинг тўлқинсимон ўзгариши асосий сигналга нисбатан вақт бўйича силжиган кўшимча сигналлар (акс садо-сигналлари) нинг ҳосил бўлишига олиб келади.

Фаза-частотавий тавсифларнинг монотонлиги чиқиш кучланишининг ўсиб бориш вақтига унча таъсир қилмайди, лекин отқинларни кескин суратда оширади ва импульсли сигналларнинг олд томондаги ва орқа томондаги фронтларининг носимметрик бузилишларига сабаб бўлади. Фаза-частотавий тавсифларнинг тўлқинсимон ўзгариши асосий сигналга нисбатан вақт бўйича

силжиган ҳар хил кутбли қўшимча сигналлар (акс садо-сигналлари) нинг ҳосил бўлишига олиб келади.

Частотавий ва фазавий бузилишлар кузатиладиган частоталар диапозони қанча юқори бўлса, бу бузилишлар ўтиш жараёнига шунча кам таъсир қилади.

Сигналларнинг фронтларини давомийлигининг катталашиши тасвирнинг контрастлигини камайтиради, кучланишининг отқинлари эса тасвир майдони вертикал чегараларининг ҳошияланишига олиб келади. Қўшимча импульслар такрорий (асосий тасвирга нисбатан силжиган) тасвирни ҳосил қилади.

ТК ни ташкил этувчи тўрткутбликларнинг кириш-чиқиш қаршиликларини мос бўлмасликлари ҳам такрорий тавсифларнинг ҳосил бўлишига сабабчи бўлиши мумкин.

Ночизикли бузилишлар (каналнинг амплитудавий тавсифини ночизиклиги туфайли юзага келган) телевизион сигналларнинг амплитудалар кетма-кетлигини ўзаро муносабатларининг, демак, тасвир элементларининг ўзаро ёритилганлик муносабатларининг ўзгаришига олиб келади. Ўта ночизикли бузилишлар, синхронизация тизимининг меъёрда ишлашини бузиши мумкин.

Келиб чиқиши ва хусусияти жиҳатидан ҳар хил бўлган ҳалақитлар телевизион сигналларнинг узатилиш сифатига турлича таъсир қилади.

Частотаси ярим кадрлар частотасига каррали бўлган даврий ҳалақит кинескоп экранда қоронғи горизонтал полосаларнинг пайдо бўлишига олиб келади. Қорайиш даражаси ҳалақитларнинг амплитудаларига, экрандаги қоронғи полосалар сони эса ҳалақитлар ва ярим кадрлар частоталарининг ўзаро муносабатига боғлиқ: ҳалақит частотаси қанча юқори бўлса, қоронғи полосалар шунча кўп бўлади.

Агар ҳалақит частотаси ярим кадрнинг такрорланиш частотасига каррали бўлмаса, у ҳолда қоронғи полосалар вертикал йўналишда силжий бошлайди. Ҳалақит частотаси билан унга яқин бўлган ярим кадрлар частотасининг гармоникаси ўртасидаги фарқнинг катталашиши билан силжиш тезлиги ўса боради. Сатр частотасига каррали, f_n частотали даврий ҳалақит, яъни $f_x = mF_c$, бир сатрни узатиш мобайнида, видеосигнал кучланишининг m даврий ўзгаришларини ҳосил қилади. Бу кинескоп экранда ҳар бир сатрда ёритилганлиги бўйича алмашинувчи соҳаларнинг ҳосил бўлишига олиб келади. Сатрни узатиш вақтида ҳалақит

даврларининг бир қанча сони ўтганлиги сабабли, ҳар бир кейинги сатрнинг қоронғи ва ёруғ соҳалари аввалги сатрнинг худди шунга ўхшаш соҳалари сингари бўлади. Кадрни узатиш вақтида ҳалақит даврларининг бирқанча сони ўтганлиги туфайли, ҳар бир кейинги кадрдаги сатрнинг ёруғ ва қоронғи соҳалари экранда ўз ҳолатини сақлайди. Ҳалақит частотаси қанча юқори бўлса, бир сатрни узатиш вақтида ўтган ҳалақит даврларининг сони шунча кўп, экранда ҳосил бўладиган қоронғи полосалар сони шунча кўп ва уларнинг ҳар бири шунча тор бўлади. Сатр частотасига қаррали бўлмаган частотали даврий ҳалақит, кинескоп экранда ҳаракатчан қия полосалар тўрларининг пайдо бўлишига олиб келади.

Қисқа муддатли импульсли ҳалақитлар ёруғ ва қоронғи горизонтал полосачаларнинг ҳосил бўлишига сабабчи бўлади, уларнинг узунлиги импульсли ҳалақитнинг давомийлигига боғлиқ бўлади.

Флуктуацион ҳалақитларнинг отқинлари кинескопнинг турли соҳаларида тартибсиз пайдо бўладиган ёруғ ва қоронғи нукталарнинг ҳосил бўлишига олиб келади. Флуктуацион ҳалақитлар етарли даражада кўп бўлганда милтиллолчи нукталар қабул қилинаётган тасвирнинг аниқлиги ва контрастлигини пасайтирувчи юпқа пардани ҳосил қилади.

ТКдаги частотавий бузилишларнинг меъёри шаблонларга кўра белгиланади. Юқори чегаравий частотаси 65 МГц гача бўлган каналлар учун, қолдиқ сўнишнинг частотавий тавсифини идеалдан оғиши ± 2 дБ атрофида ва 0–1,2 МГц диапазонда гуруҳли ўтиш вақти (ГЎВ) $\pm 0,3$ мкс атрофида оғишларига, 1,2–6,5 МГц частоталарда қолдиқ сўнишнинг частотавий тавсифини монотон катталашини 2–4 дБ атрофида ва ГЎВ учун эса $\pm 0,5$ мкс атрофида оғишларига йўл қўйилади.

Тасвир сигнали кенглигининг ТК нинг чиқишида ўлчанган флуктуацион ҳалақитга нисбати 99 фоиз вақт давомида 57 дБ дан кичик бўлмаслиги керак. Бу миқдор 0,1 фоиз вақт давомида 49 дБ гача камайиши мумкин.

Тасвир сигнали кенглигининг даврий ҳалақит кенлигига нисбати қуйидагилардан кичик бўлмаслиги керак: 50–100 Гц частоталар полосасидаги ҳалақит учун 30 дБ дан; 1 кГц дан 1 МГц гача частоталар полосасидаги ҳалақит учун 50 дБ дан ва 1 дан 6 МГц гача частоталар полосасидаги ҳалақит учун $\{50-4 (f_x-1)\}$ дан кичик бўлмаслиги керак, бу ерда f_x - ҳалақит частотаси, МГц. ТК

кириш ва чиқиш қаршиликларининг бир-бирига мувофиқлап магантикларидоги (қайтиши) сўниши 24 дБ кичик бўлмаганда, б қаршиликларнинг номинал катталиги 75 Ом га тенг бўлиши керак

Кенг полосали ва рақамли каналлар. Кенг полосали кана (тракт) ларга: бошланғич гуруҳ (БГКК), бирламчи (БКК иккиламчи (ИКК), учламчи (УКК) ва тўртламчи (ТКК) кен полосали каналлар киради. Телекоммуникация тармоқларид боғланишни ташкил қилиш учун бу каналларнинг параметрлари в тавсифлари, уларни ташкил қилган ускуналардан қатъий назар, би хил меъёрланган бўлиши керак.

Кенг полосали каналларнинг электр тавсифлари ва параметр ларига қўйилган асосий меъёрлар 1.4-жадвалда келтирилган.

Номинал ўлчаш сатҳлари, қолдиқ сўниш ва амплитудаи тавсиф катталиклари бошланғич гуруҳли кенг полосали канал учу 18 кГц, бирламчи учун 82 кГц, иккиламчи учун 420 кГц ва учламчи учун 1545 кГц частоталарда ўлчанади.

1.4-жадвал

Параметрлар ва тавсифлар	Намунавий кенг полосали каналлар				
	БГКК	БКК	ИКК	УКК	ТКК
Эффектив узатилаётган частоталар полосасининг чегаралари, кГц	12,3... 23,4	60,6... 107,7	312,3.. 551,4	812,6... 2043,7	8515... 12388
Кириш ва чиқиш қаршиликларининг номинал миқдори, Ом	600	150	75	75	75
Номинал нисбий ўлчаш даражаси, дБм0: киришда, чиқишда	-36 -14	-36 -23	-36 -23	-36 -23	-36 -23
Қолдиқ сўниш, дБ	-22	-13	-13	-13	-13
Қолдиқ сўниш частотавий тавсифининг жоиз нотекислилиги, дБ	±0,87	±0,87	±0,87	±0,5	±0,15
Гуруҳли ўтиш вақтининг жоиз оғишлари, мкс полосада, кГц	10 13...23	10 65..103	5 330.. 530	0,25 900... 1900	0,25 9300... 117000

Сатҳ ўзгараётганда амплитудавий тавсиф гўгри чизикли бўлади, дБм камайиш томонига ўсиш томонига аниқлик билан ±дБ	-10 24 2	-10 26 2	-10 26 2	-10 28 2	-10 30 2
Сигналнинг нол нисбий сатҳли нуқтадаги ўртача қуввати, мВт0	0,096	0,348	1,92	9,6	2836
2500 км узунликдаги саналнинг ўлчанмаган ўртача шовкин сатҳи (соатда), дБм0,	-42	-35	-28	-21	-16
Ўзатиш қобилияти сичик эмас, бит/с	82·10 ³	330·10 ³	165·10 ⁴	8,5·10 ⁶	33·10 ⁶

Телекоммуникация тармоқларида намунавий рақамли канал (тракт) лар ташкил қилинади, уларнинг асосийлари қуйидагилар ҳисобланади:

- узатиш тезлиги $64 (1 \pm 50 \cdot 10^{-6})$ кбит/с га тенг асосий рақамли канал (АРК);
- узатиш тезлиги $480 (1 \pm 50 \cdot 10^{-6})$ кбит/с га тенг суббирламчи рақамли канал (СБРК);
- узатиш тезлиги $2048 (1 \pm 50 \cdot 10^{-6})$ кбит/с га тенг бирламчи рақамли канал (БРК);
- узатиш тезлиги $8448 (1 \pm 30 \cdot 10^{-6})$ кбит/с га тенг иккиламчи рақамли канал (ИРК);
- узатиш тезлиги $34\,368 (1 \pm 20 \cdot 10^{-6})$ кбит/с га тенг учламчи рақамли канал (УРК);
- узатиш тезлиги $139.264 (1 \pm 15 \cdot 10^{-6})$ кбит/с га тенг тўртламчи рақамли канал (ТРК).

Рақамли каналлар орқали узатиш сифати, юқорида айтиб ўтилганидек хатоликлар коэффициенти орқали аниқланади.

1.5. Икки томонлама каналлар

1.5.1. Икки томонлама каналларни ташкил қилиш

Икки абонент (одам-одам, одам-машина, машина-машина) боғланишидаги диалогни таъминлаш учун узатиш канали икки томонлама ишлаши ёки икки томонлама канал бўлиши керак.

Юқорида кўриб ўтилган намунавий каналлар бир томонлама ҳисобланади, демак, икки томонлама - дуплекс боғланишни ташкил қилиш учун, иккита бир томонлама намунавий-симплекс каналлардан фойдаланиш керак. Бунда бир томонлама каналларнинг ўзаро мустақиллигини сақлаган ҳолда, улар икки томонлама яғона тизимга бирлаштирилади. Телефон алоқа ўзаро боғланишнинг энг оммавий тури бўлганлиги учун, икки томонлама телефон каналларини ташкил қилиш принципларини кўриб чиқайлик. Бундан келиб чиқадиган ўзаро боғланишлар ва хулосалар маълумотларнинг бошқа турларини узатишнинг икки томонлама каналларини ташкил қилиш учун ўринли бўлади.

Икки томонлама боғланишнинг бир полосали тўрт симли тизими (1.18-расм), тарихан биринчи телефон алоқанинг икки томонлама тизими ҳисобланади. Бунда бир абонентнинг М микрофонидан бошқа абонентнинг Т телефониغا узатиш икки симли линия орқали $f_1 \dots f_2$ частоталарнинг битта полосасида олиб борилади. Икки томонлама боғланишни ташкил қилишнинг бундай схемаси иқтисодий жиҳатдан ва ундан фойдаланиш бўйича мақсадга мувофиқ эмас, чунки абонентларга тўрт симли линияларни улаб бериш талаб қилинади.



1.18-расм. Икки томонлама телефон алоқани ташкил қилишнинг бир полосали тўрт симли схемаси.

Одатдаги абонент линиялари икки симли бўлгани учун, микрофонлар ва телефонларнинг бундай линияларга улаш учун махсус ажратувчи қурилмалар - АҚ (телефон аппаратининг қарама-қарши жойлашиш схемаси)дан фойдаланиш талаб қилинади. Бунда икки томонлама боғланишнинг бир полосали икки симли схемаси ҳосил бўлади (1.19-расм), бу боғланишда узатиш у йўналишда ҳам, бошқа йўналишда ҳам икки симли линиялар орқали ва частоталарнинг битта полосасида амалга оширилади.



1.19-расм. Икки томонлама боғланишни ташкил қилишнинг бир полосали икки симли схемаси.

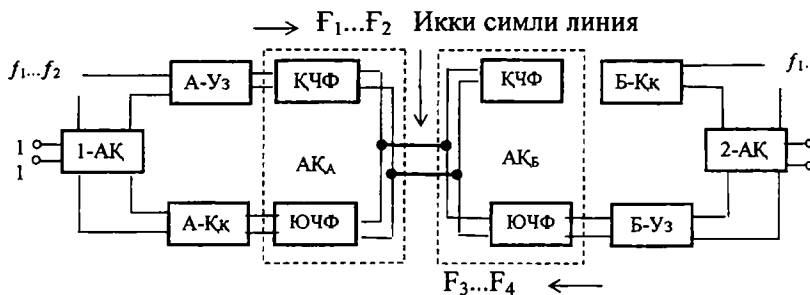
1.19-расмдан кўриниб турибдики узатиш, бир ёки бошқа йўналишларда частоталарнинг битта полосасида олиб борилади, узатиш йўналишларини ажратиш эса, тавсифларига маълум талаблар қўйиладиган махсус АҚ ёрдамида амалга оширилади.

Икки симли линиядан фойдаланилаётганда икки томонлама боғланишни частоталарнинг икки полосаси ёрдамида амалга ошириш мумкин: $f_1...f_2$ частоталарнинг бир (қуйи) полосаси А абонентдан Б абонентга узатилади, $f_3...f_4$ частоталарнинг бошқа (юқори) полосаси эса Б абонентдан А абонентга узатилади. Демак, боғланишни ташкил қилишнинг икки полосали икки симли схемасида ажратувчи қурилма (АҚ) дан ташқари, бошланғич сигналларнинг частоталар полосасини узатиш трактига тегишли йўналишнинг частоталар полосасига ўзгартирувчи ва қабул қилиш трактида эса тесқари томонга ўзгартиришнинг частоталар полосасига ўзгартирувчи қурилмалар бўлиши керак. Узатиш йўналишларини ажратиш, йўналтирувчи филтрлар ёки йўналтирувчи филтрларнинг айриси деб аталадиган қуйи ва юқори частотали филтрлар ёрдамида амалга оширилади. Икки томонлама боғланишни ташкил қилишнинг икки симли икки полосали схемаси 1.20 -расмда келтирилган.

Сигналнинг А станциядаги абонентдан Б станциядаги абонентга (тесқари йўналиш учун барча жараёнлар ўхшаш бўлади) телефон сигналларини икки полосали икки симли икки томонлама узатиш канали орқали ўтишини ва улардаги асосий ўзгаришларни кўриб чиқайлик.

1-1 (2-2) қисқичларга икки симли физик занжирлардан фойдаланиладиган телефон тармоқнинг икки симли тракти уланади, бу тракт орқали телефон сигналлар $f_1...f_2$ телефон частоталар диапазонида узатилади. Бу сигналлар узатиш ва қабул қилиш йўналишларига ажратиш учун мўлжалланган ажратувчи

қурилма (1-АҚ) га келиб тушади. 1-АҚ чиқишидан чиқаётган F_1 частоталар полосасидаги бирламчи сигнал А станциядаги узат (А-Уз)га келиб тушади, бу ерда у икки симли линия (физик занжорқали узатилаётган $f_1...f_2$ чизикли спектрга ўзгаради. станциядан Б станцияга узатиш йўналишидаги чизикли спектр куйи частотали йўналтирувчи филтър (ҚЧФ) би шаклантирилади. Б станцияда сигнал ҚЧФ билан ажратиб олин ва у қабул қилгич (Б-Ққ) нинг киришига келиб тушади, бу е унинг $f_1...f_2$ частоталар полосали телефон спектрига ўзгари содир бўлади. Б-Ққ чиқишидан чиқаётган сигнал Б станцияни қа қилиш ва узатиш трактларига ажратиш учун мўлжаллан ажратувчи қурилма (2-АҚ) га ва ниҳоят у телефон алоқанинг и симли трактига келиб тушади.

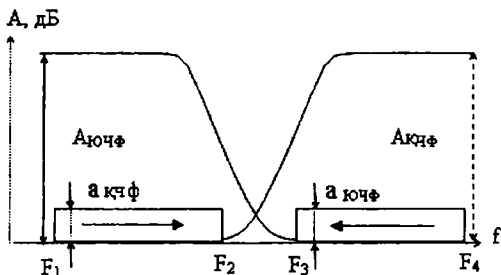


1.20-расм. Икки томонлама боғланишни ташкил қилишнинг икки полосали икки симли схемаси.

Б станциядан А станцияга узатилаётганда Б станция узаткичи (Б-Уз) да бирламчи сигнал f_1-f_2 спектрининг юқ частотали йўналтирувчи филтѐри (ЮЧФ) билан ажра олинадиган F_3-F_4 чизикли спектрга ўзгариши амалга оширилади станциянинг қабул қилиш трактида ЮЧФ чизикли спектр ажратиб олади ва кейин А станциянинг қабул қилгичи (А-Ққ)да f_2 телефон спектрига ўзгартирилади ва ниҳоят у А станци узатиш ва қабул қилиш трактларига ажратувчи 1-АҚ орқ телефон алоқанинг икки симли трактига келиб тушади.

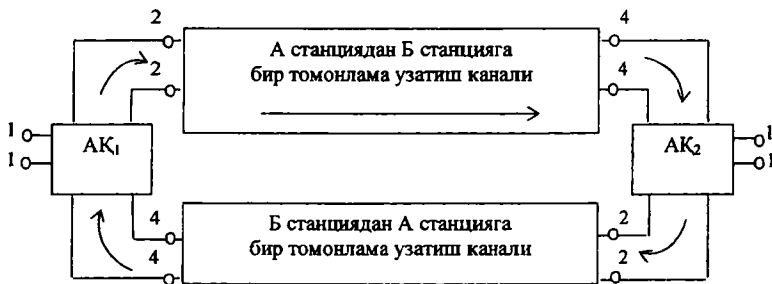
Юқориди кўриб чиқилганлардан аёнки, А ва Б станциялард йўналтирувчи ҚЧФ ва ЮЧФ нинг айрилари, узатишнинг ажратул йўналишига ўрнатилган ажратувчи қурилмалар (АҚ_А ва А штрих линиялар билан ўралган) вазифасини бажаради.

Тўғридан-тўғри амалга ошириладиган телефон алоқанинг узоқлиги куйидаги мулоҳазаларга асосланиб аниқланади: телефон апаратининг намунавий микрофони чиқишидаги бирламчи сигналнинг ўртача қуввати $W_M=1$ мВт га, сигналнинг нормал қабул қилинишига тўғри келадиган телефоннинг киришидаги унинг қуввати $W_T=1$ мкВт га, бир абонентнинг микрофони ва бошқа абонентнинг телефони ўртасидаги жоиз сўниш (кучсизланиш) $A_{MT}=10 \lg(W_M/W_T)=10\lg(1/10^{-3})=30$ дБ га тенг. Агар линиянинг сўниш коэффициентини $\alpha=дБ/км$ га тенг бўлса, у ҳолда тўғридан-тўғри амалга ошириладиган алоқанинг узоқлиги $L=A_{MT}/\alpha$ га тенг бўлади, у км да ифодаланади.



1.21-расм. Юқори ва куйи частотали йўналтирувчи филтрларнинг кучсизланиш тавсифлари.

Телефон частотали канал (ТЧК) - бир томонлама узатиш канали ҳисобланади. Икки томонлама боғланишни ташкил қилиш учун иккита ТЧК керак бўлади ва уларни телефон тармоқларининг икки симли линияларига улаш ажратувчи қурилмалар (AK_1 ва AK_2) ёрдамида амалга оширилиши керак.



1.22-расм. Икки томонлама каналнинг умумий тузилиш схемаси.

Икки томонлама канал берк тизимни ифодалайди, демак тескари боғланиш занжири ҳосил бўлади ва маълум шароитлард каналнинг ўз-ўзидан кўзгалишини кўриш мумкин. Икки томонлам каналнинг умумий тузилиш схемаси ва тескари боғланишларнинг ҳосил бўлиш йўлларининг схемаси 1.22-расмда кўрсатилган.

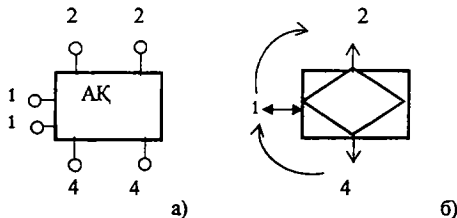
А пункт (А) дан Б пункт (Б) га узатилаётгандаги сигналла ўтишини кўриб чиқайлик. Сигнал А даги абонентдан икки симл линия орқали сигналнинг $АК_1$ нинг 1-1 қисқичларига, сўнгра $АК$ нинг 2-2 қисқичларига ва бир томонлама узатиш канали орқали $АК$ нинг 4-4 қисқичларига ва ниҳоят $АК_2$ нинг 1-1 қисқичлари орқал икки симли занжир орқали Б даги абонентга келиб тушади.

Агар $АК_2$ нинг 4-4 қисқичларидан 2-2 қисқичларига келаётга сигналнинг сўниши чексизликка тенг бўлмаса, у ҳолда А дан Б г узатиш каналининг чиқишидан чиқаётган сигнал узатишнинг тескари йўналишидаги каналнинг киришига келиб тушади, ва ага $АК_1$ нинг 4-4 қисқичларидан 2-2 қисқичларига келаётга сигналнинг сўниши ҳам чексизликка тенг бўлмаса, у ҳолда сигна А п. дан Б п. га узатиш каналининг 2-2 қисқичлари ва кана киришига келиб тушади. Шу тариқа берк электр занжири (тескари алоқа занжири) ҳосил бўлади.

Тескари алоқа занжири якка берк тизим (ЯБТ) ни ҳосил қилади, бу тизимда маълум шароитларда ўз-ўзидан кўзгалиш генерацияланиш содир бўлиши мумкин.

1.5.2. Ажратувчи қурилмалар, уларга қўйилган талаблар ва таснифи

$АК$ олти қутбли (2×3 қутбли) дан иборатлиги икки томонлам каналларни ташкил қилиш схемасининг шартли белгилашлари 1.23-расмда келтирилган.



1.23-расм. Ажратувчи қурилма (а) ва уни шартли белгилашлари (б).

Сигналларни 1-1(1) қисқичлардан 2-2 (2) қисқичларга ва 4-4 (4) қисқичлардан 1-1 (1) қисқичларга узатиш йўллари йўталиши ўтказиш йўналишлари дейилади ва улар минимал мумкин бўлган сўниш (кучсизланиш) билан тавсифланади; сигнални 4-4 (4) қисқичлардан 2-2 (2) қисқичларга узатиш йўлини ажратувчи йўналиш деб аталади ва у максимал мумкин бўлган сўниш билан тавсифланади.

Узатилаётган сигналларнинг частотавий ва динамик ишчи диапазонларида АҚ да қуйидаги талаблар бажарилса, бундай ажратувчи қурилмани идеал АҚ дейилади:

узатиш йўналишларида сўниш бўлмаса, яъни $A_{1-2} = A_{4-1} = 0$ бўлса;

ажратувчи (кечикувчи) йўналишларда чексиз катта сўниш (кучсизланиш) ўринли, яъни $A_{4-2} = A_{2-4} = \infty$ бўлса;

1-1, 2-2 ва 4-4 қисқичлар томонидаги кириш қаршиликлари юктамалар билан мувофиқлашган бўлса;

сигналлар ўтказувчи (ажратувчи) йўналиш томонга узатилаётганда турли хил бузилишлар бўлмаса.

АҚ частотавий селекция принциплари асосида ёки дифференциал тизимлар (ДТ) деб аталувчи мувозанатлашган (баланслашган) кўприк схемалари принциплари асосида қурилиши мумкин.

Ажратувчи қурилмалар қуйидаги учта гуруҳга бўлинади: линиявий АҚ; улар пассив элементлардан қурилган бўлиб, элементларнинг параметрлари вақт давомида ўзгармайди ва улар сигналларни узатиш сатҳига боғлиқ бўлмайди. Буларни пассив АҚ дейилади;

линиявий АҚ; уларнинг қурилмаларини схемаларига актив элементлар уланган бўлиб, элементларнинг параметрлари вақт давомида ўзгармайди ва улар сигналларни узатиш сатҳига боғлиқ бўлмайди. Буларни актив АҚ дейилади;

параметрик АҚ; уларнинг қурилмаларини схемаларига вақт давомида ўзгарадиган элементлар уланган бўлади. Буларни *параметрик* АҚ дейилади.

$A_{1-2} = A_{2-1}$, $A_{4-1} = A_{1-4}$ шартлар бажарилса, бундай ҳолдаги ажратувчи қурилмаларни *ўзаро боғланган* (ўзаро ҳамкор) АҚ дейилади. Бу шартлар бажарилмаса, бундай АҚ ни *ўзаро боғланмаган* АҚ дейилади. Линиявий пассив АҚ ўзаро боғланган - ҳамкор АҚ қурилмаларга қиради.

Икки томонлама боғланишни ташкил қилишнинг бир полосали икки симли ва тўрт симли тизимларида кўприк схемаси бўйича уланган, резисторлар асосида қурилган линиявий пассив

ўзаро боғланган АҚ кенг миқёсда тарқалган бўлиб, уларни *резисторли дифференциал тизимлар* (РДТ) дейилади, дифференциал трансформаторлар асосида қурилган АҚ ни *трансформаторли дифференциал тизимлар* (ТДТ) дейилади.

Дифференциал тизимларнинг таҳлили масаласини аниқлаш куйидагича ҳисобланади:

1) дифференциал тизим худди ажратувчи олти кутбликка ўхшаб, мумкин бўлган минимал сўнишли ўтказиш йўналишига ва мумкин бўлган максимал сўнишли ўтказмайдиган (кечиктирадиган) йўналишга эга шартлари;

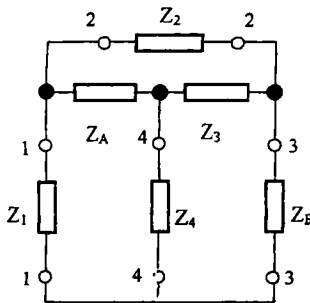
2) юкламани дифференциал тизимнинг тегишли қисқичларига мувофиқ улашни таъминловчи шартлари;

3) дифференциал тизим (бундан кейин - дифтизим) нинг узатишнинг турли йўналишларидаги ишчи сўнишлари (кучсизланиши) ни.

1.5.3. Резисторли дифференциал тизим

Резисторли дифтизим (РДТ) Т - берк тўрткутблик схемаси бўйича амалга оширилади (1.24-расм). Бу схемадан минимал сўнишли узатиш йўналишларига ва чексиз сўнишли кечиктириш йўналишларига ва юкламаларни мослаштириб улаш имкони бўлган ажратувчи қурилма сифатида фойдаланиш мумкинлигини кўрсатиб ўтайлик.

Бу кўприк схемаси бўлиб, бу ерда Z_1, Z_A, Z_3, Z_B резисторлар схеманинг елкаларини, 2-2 ва 4-4 кутблар (қисқичлар) эса унинг диагоналинни ифодалайди.



1.24-расм. Резисторли дифференциал тизим.

Бу диагоналга Z_2 ва Z_4 қаршилиқлар уланади.

Фараз қилайлик:

$$Z_1 = Z_2 = Z_3 = Z_4 = Z \quad (1.49)$$

ва

$$Z_A = \eta Z \text{ ва } Z_B = Z / \eta \quad (1.50)$$

ўлсин.

(1.49) формуладаги шарт ва $\eta=1$ га тенглиги бажарилганда, энг елкали, акс ҳолда тенг бўлмаган елкали РДТ ҳосил бўлади.

$$Z_1 \cdot Z_3 = Z_A \cdot Z_B \quad (1.51)$$

арт бажарилганда, схема (1.27-расм) 4-4 қутблардан 2-2 қутбларга узатиш йўналишида мувозанатлашган (баланслашган) бўлади. Аксинча. Агар 4-4 (2-2) қутбларга генератор уланса, у ҳолда 2-2 (4-4) қутбларда кучланиш нолга тенг бўлади, яъни сўниш учсизланиш) $A_{42} = A_{24} = \infty$ бўлади. Демак, 4-4 (2-2) қутблардан 2 (4-4) қутбларга узатиш йўналиши очиқ бўлади ва улар бири-бирига таъсир қилмайди.

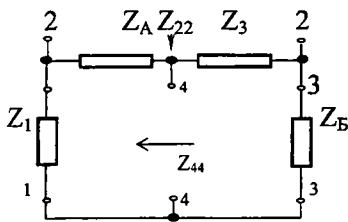
Икки томонлама боғланиш ташкил қилинаётганда РДТ дан қратувчи қурилма сифатида фойдаланилганда 1-1 қутбларга икки имли линия уланади, деган шарт қўйилади. Бу линиянинг тўлқин қришилиги маълум ва бундан кейин олиб бориладиган таҳлил содда ўлиши учун у, яъни $Z_1 = Z$ га тенг деб фараз қилинади; 2-2 қутбларга узатиш тракти, 4-4 қутбларга эса қабул қилиш тракти ланади.

Юкламани РДТ га мослаштириб улашни таъминлаш учун (1.51) шарт бажарилганда, РДТ нинг турли қутблари томонидаги инг кириш қаршилигини, яъни РДТ нинг баланслашганлигини иқлайлик.

Эквивалент схема (1.28) ни кўриб чиқиб, РДТ нинг 2-2 қутблари томонидаги кириш қаршилигини топамиз.

1.25-расмдан маълумки, РДТ нинг 2-2 қутблари томонидаги кириш қаршилиги қуйидагига тенг:

$$Z_{22} = \frac{(Z_A + Z_3)(Z_1 + Z_B)}{Z_1 + Z_A + Z_3 + Z_B}.$$



1.25-расм. РДТ нинг 2-2 ва 4-4 кутблари томонидаги кириш қаршиликлари.

(1.49) ва (1.50) ифодаларни ҳисобга олган ҳолда, охириг тенгламани қуйидаги кўринишда ифодалаш мумкин:

$$Z_{22} = \frac{(\eta Z + Z) \left(Z + \frac{1}{\eta} Z \right)}{Z + \eta Z + Z + \frac{1}{\eta} Z} = Z = Z_2. \quad (1.52)$$

Худди юқоридаги шартларда РДТ нинг 4-4 кутблари томонидаги кириш қаршилиги қуйидагига тенг бўлади:

$$Z_{44} = \frac{(Z_1 + Z_A)(Z_3 + Z_B)}{Z_1 + Z_A + Z_3 + Z_B}.$$

Бу формулага (1.49) ва (1.50) даги қаршилик қийматларини қўйиб ва мураккаб бўлмаган алмаштиришларни бажариб, қуйидагиларни олиш мумкин:

$$Z_{44} = Z = Z_4. \quad (1.53)$$

Шундай қилиб, РДТнинг юқорида кўриб чиқилган схемасида фойдаланилаётганда, икки томонлама каналнинг узатиш трактини кириш қаршилиги Z_2 га, қабул қилиш трактининг чиқиш қаршилиги эса Z_4 га тенг бўлиши керак. Бунда канални икки симли линияга мослаштириб улаш таъминланган бўлади.

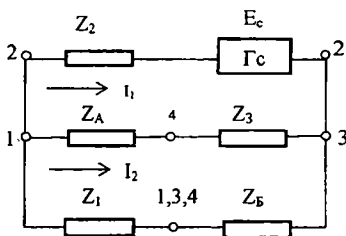
(1.49) ва (1.51) шартлар бажарилганда, 1-1 ва 3-3 кутблар томонидаги, шунингдек, бошқа кутбларни улаш томонидаги кириш қаршиликлари Z_1 , Z_3 , Z_A ва Z_B га тенг бўлади ва бу фақат тенг елкали РДТ учунгина ўринлидир.

Кўриб чиқилаётган РДТ нинг турли узатиш йўналишларидаги сўнишини аниқлайлик. Бунда барча киришлар (1-1, 2-2, 3-3 ва

Узатишнинг йўналишлари куйидагича: узатиш 2-2, 4-4 кутбларидан 1-1, 3-3, 1-4 ва 1-3 кутбларига томон, ва аксинча бўлади.

Сигналнинг 1.26-расмда ифодаланган 2-2 кутбларидан Z_1 (1-1 кутб), Z_A (1-4 кутб), Z_3 (4-3 кутб) ва Z_B (3-3 кутб) елкаларнинг барча қаршиликларига узатилаётгандаги РДТ нинг мувозанатлашган (баланслашган) эквивалент схемасини кўриб чиқайлик. Бу ерда юқорида қабул қилинган элементлар ва белгилашларга янгилари қўшилади: Γ_c , Z_c ички қаршиликка эга бўлган сигнал генератори ва E_c - генераторнинг электр юритувчи кучи (ЭЮК).

2-2 кутблардан 1-1 кутбларга томон сўнишни аниқлайлик. (1.49) ва (1.50) ларни ҳисобга олган ҳолда, 2-2 кутбларга қуйилган кучланишнинг куйидагига тенглиги схемадан кўришиб турибди (1.26-расм):



1.26-расм. Ўтказиш йўналишларидаги сўнишлар (кучсизланишлар) га оид схема.

$$U_{22} = I_2 Z_1 + I_2 Z_B = I_2 Z + I_2 \frac{Z}{\eta} = I_2 Z \left(1 + \frac{1}{\eta} \right), \quad (1.54)$$

бу ерда $I_2 Z = U_{11}$ ва $I_2 Z / \eta = -Z_1$ (1-1 кутб) ва Z_B (1-4 кутб) қаршиликлардаги кучланишларнинг тушишлари; $I_2 Z$ ва Z_B қаршиликлардан оқиб ўтувчи ток.

2-2 (1-1) кутблардан 1-1 (2-2) кутбларга узатиш йўналишидаги сўниш:

$$A_{21} = A_{12} = 20 \lg \frac{U_{22}}{U_{11}} = 20 \lg \frac{I_2 Z \left(1 + \frac{1}{\eta} \right)}{I_2 Z} = 20 \lg \left(1 + \frac{1}{\eta} \right). \quad (1.55)$$

2-2 (3-3) кутблардан 3-3 (2-2) кутбларга, яъни Z_B қаршиликка томон ўтказиш йўналишидаги сўниш юқорида келтирилган ифодага ўхшаш аниқланади:

$$A_{23} = A_{32} = 20 \lg \frac{U_{22}}{U_{33}} = 20 \lg \frac{I_2 Z \left(1 + \frac{1}{\eta}\right)}{I_2 Z \frac{1}{\eta}} = 20 \lg(1 + \eta). \quad (1.56)$$

Ўтказиш йўналишларидаги сўнишларни аниқлашнинг юқорида келтирилган услубларидан фойдаланиб, 2-2 кутблардан 1-4 кутблар (Z_A қаршилик) га томон сўниш қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$A_{214} = A_{142} = 20 \lg \frac{U_{22}}{U_{14}} = 20 \lg \frac{I_1 (Z_A + Z_3)}{I_1 Z_A} = 20 \lg \frac{Z(1 + \eta)}{\eta Z} = 20 \lg \left(1 + \frac{1}{\eta}\right), \quad (1.57)$$

2-2 кутблардан 4-3 кутблар (Z_3 қаршилик)га томон сўниш қуйидагига тенг бўлади:

$$A_{234} = A_{342} = 20 \lg \frac{U_{22}}{U_{34}} = 20 \lg \frac{I_1 (Z_A + Z_3)}{I_1 Z_3} = 20 \lg \frac{Z(1 + \eta)}{\eta} = 20 \lg(1 + \eta). \quad (1.58)$$

4-4 кутблардан A_{41} нинг 1-1 кутблари (Z_1 қаршилик) га, A_{414} нинг 1-4 кутблари (Z_A қаршилик)га, A_{443} нинг 4-3 кутблари (Z_3 қаршилик)га, A_{43} нинг 3-3 кутблари (Z_B қаршилик) га томон сўнишларни аниқлаш учун мувозанатлашган РДТ нинг эквивалент схемасини тасвирлаш керак, бунинг учун юқорида келтирилган услубдан фойдаланиб қуйидагиларни оламиз:

$$\left. \begin{aligned} A_{41} &= A_{14} = 20 \lg(1 + \eta), \\ A_{414} &= A_{144} = 20 \lg \left(1 + \frac{1}{\eta}\right), \\ A_{443} &= A_{434} = 20 \lg \left(1 + \frac{1}{\eta}\right), \\ A_{43} &= A_{34} = 20 \lg(1 + \eta). \end{aligned} \right\} \quad (1.59)$$

(1.55) - (1.59) формулалардан тенг елкали РДТ нинг ($\eta=1$ бўлганда) барча ўтказиш йўналишларида сўнишнинг бир хил ва тенг бўлиши кўриниб турибди:

$$A_{ym} = 20 \lg 2 = 6 \text{ дБ.} \quad (1.60)$$

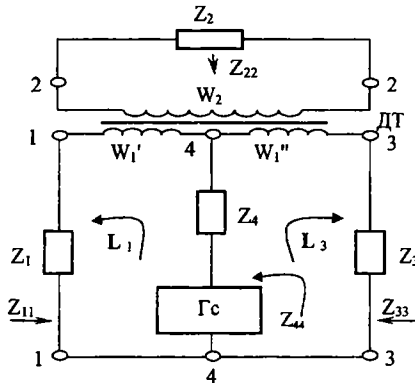
Бу катталикнинг физик моҳияти содда қилиб тушунтирилади: тенг елкали РДТ нинг тегишли кутблари (кўприк диагоналлари)даги қувват елканинг тўртта қаршиликлари ўртасида тенг тақсимланади.

η нинг тегишли қийматларини танлаб, сўнишни узатишнинг баъзи йўналишларида ошириш ҳисобига бошқа йўналишларида уни камайтириш мумкин. (1.49)...(1.51) муносабатлар шуни кўрсатадики, РДТ нинг барча қаршиликлари ёки актив ёки реактив бўлса, РДТ ни амалга ошириш осон бўлади. Қаршиликлардан лоқал биттаси мажмуа хусусиятга эга бўлса, бошқа қаршиликлар ҳам мажмуа кўринишида бўлиши керак; бу ҳолда РДТ анча мураккаблашади.

Қаршиликлардан ташкил топган кўприк схемаларнинг, хусусан частоталаридан қувватни тақсимлагичлар сифатида фойдаланилади. Қувватни тақсимлагичлар иккита генераторнинг умумий юкламада бир-биридан мустақил равишда ишлашини ёки битта генераторнинг турли хил юкламаларда ишлашини таъминлайди. Демак, қувватни тақсимлагичлар ажратувчи қурилмалар бўлиб ҳисобланади.

1.5.4. Трансформаторли дифференциал тизим

Юкланган трансформаторли дифференциал тизим (ТДТ) нинг умумий схемаси 1.27-расмда келтирилган, бу ерда қуйидаги белгилашлар қабул қилинган: ДТ - дифференциал трансформатор; 1-1, 2-2, 3-3 ва 4-4 - юкланиш қаршиликлари уланадиган кутблар; 1-1 кутбларга Z_1 кириш қаршиликли икки симли линия уланади; 2-2 кутбларга Z_2 кириш қаршиликли узатиш йўналиши уланади; 4-4 кутбларга Z_4 чиқиш қаршиликли қабул қилиш йўналиши уланади. 3-3 қисқичларга Z_3 баланс қаршилиги деб аталувчи қаршилик уланади.



1.27-расм. Трансформаторли дифференциал тизим.

Z_{11} - ТДТ нинг 1-1 кутблар томонидаги кириш қаршилиги;

Z_{22} - ТДТ нинг 2-2 кутблар томонидаги кириш қаршилиги;

Z_{44} - ТДТ нинг 4-4 кутблар томонидаги кириш қаршилиги;

Z_{33} - ТДТ нинг 3-3 кутблар томонидаги кириш қаршилиги.

w_1^I - ДТ бирламчи чулғамининг биринчи ярим чулғами ўрамларининг сони; w_1^{II} - ДТ бирламчи чулғамининг иккинчи ярим чулғами ўрамларининг сони ва W_2 - ДТ иккиламчи чулғами ўрамларининг сони.

ДТ нинг трансформациялаш коэффицентлари қуйидаги кўринишда белгиланади:

$$n = \frac{w_1^I + w_1^{II}}{w_2} = \frac{w_1}{w_2}; n_1 = \frac{w_1^I}{w_2}; n_2 = \frac{w_1^{II}}{w_2}; n = n_1 + n_2; \eta = \frac{w_1^I}{w_1^{II}}, \quad (1.61)$$

бу ерда n - ДТ нинг трансформациялаш коэффиценти; n_1 ва n_2 - ДТ нинг иккиламчи чулғами ва бирламчи чулғамининг ярим чулғамлари ўртасидаги трансформациялаш коэффицентлари η - ТДТ елкаларининг тенг бўлмаслик коэффиценти. Агар $\eta = 1$ бўлса, бундай ТДТ ни *тенг елкали тизим*, агар $\eta \neq 1$ бўлса, бундай тизимни *тенг бўлмаган елкали тизим* дейилади.

Тенг бўлмаган елкали ТДТ ни таҳлил қилайлик. Тегишли формулаларга $\eta = 1$ коэффицентни қўйиб, тенг елкали ТДТ учун керакли муносабатлар олинади. Z_1 қаршилиқ (ТДТ га уланадиган икки симли линиянинг тўлқин ёки кириш қаршилиги)ни маълум ва ДТ ни идеал, яъни уни йўқотишлардан холи, ДТ чулғамининг индуктивлиги чексиз катта бўлиб, йўқ бўлмайди, деб ҳисоблаймиз.

1.5.5. ТДТ нинг 4-4 кутблардан 2-2 кутбларга ўтказмаслик шартини аниқлаш

Агар 4-2 узатиш йўналишида сўниш ∞ га тенг, яъни $A_{42}=\infty$ бўлса, бундай ажратувчи қурилмани мувозанатлашган (баланслашган) қурилма дейилади. A_{42} нинг ∞ га тенг бўлиши, икки томонлама каналнинг қабул қилиш трактини, унинг узатиш трактига таъсирини истисно этади.

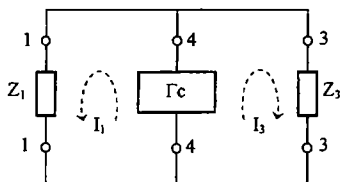
ТДТ нинг A_{42} сўниши бениҳоя чексиз катта бўладиган шартларни аниқлайлик. Z_4 ички қаршилиқга эга бўлган G_c генераторни 4-4 кутбга, Z_1 , Z_2 ва Z_3 қаршилиқларни мос равишда 1-1, 2-2 ва 3-3 кутбларга улайлик (1.27-расмга қ.).

Ток 4-4 кутблардан узатилаётганда, у кутблардан ДТ нинг w_1^I ва w_1^{II} чулғамлари орқали оқиб ўтадиган I_1 ва I_3 ташкил этувчи тоқларга тармоқланади. I_1 ва I_3 тоқлар тегишли w_1^I ва w_1^{II} чулғамлар орқали оқиб, $I_1 w_1^I$ ва $I_3 w_1^{II}$ ампер-ўрамларга мутаносиб бўлади ва қарама-қарши томонларга йўналган магнит оқимларни ҳосил қилади. Бу тоқлар томонидан ТД нинг магнит ўтказгичида ҳосил қилинган натижавий магнит оқим бирламчи чулғам ярим чулғамининг ампер-ўрамлари фарқига мутаносибдир. Ярим чулғамнинг ампер-ўрамлари тенг бўлганда натижавий магнит оқим нолга тенг бўлади, шунинг учун w_2 иккиламчи чулғамда ЭЮК ҳосил бўлмайди, яъни 2-2 кутбларда U_2 кучланиш нол ($U_{22}=0$) га ва Z_2 қаршилиқ орқали оқувчи ток нол ($I_2=0$) га тенг бўлади.

Шундай қилиб, 4-4 кутблардан 2-2 кутбларга ўтказмаслик шарти ёки ТДТ нинг мувозанатлашганлик (баланслашганлик) шарти қуйидаги тенглиқдан иборат:

$$I_1 w_1^I = I_2 w_1^{II} \text{ ёки } \frac{I_3}{I_1} = \frac{w_1^I}{w_1^{II}} = \eta. \quad (1.62)$$

Идеал ТДТ да w_1^I ва w_1^{II} чулғамлар I_1 ва I_3 тоқлар учун қаршилиқни ифодаламайди. Бу тоқларнинг йўлида фақат Z_1 ва Z_3 қаршилиқларгина учрайди, бу ҳол учун ТДТ нинг эквивалент схемаси 1.28-расмда ифодаланган кўринишни олади.



1.28-расм. Мувозанатлашган ТДТ нинг ток 4-4 кутблардан 2-2 кутбларга узатилаётган эквивалент схемаси.

1.28-расмдаги схемадан, (1.62) ни ҳисобга олган ҳолда, қуйидаги тенглик ўринлидир:

$$I_1 Z_1 = I_3 Z_3 \quad \text{ёки} \quad \frac{I_3}{I_1} = \frac{Z_1}{Z_3} = \eta. \quad (1.63)$$

Бу тенгламадан 4-2 йўналишда бениҳоя чексиз сўнишнинг, яъни $A_{42} = \infty$ содир бўлиши, ўтказмасликнинг асосий шарти келиб чиқади.

$$Z_3 = Z_1 \frac{I_1}{I_3} = Z_1 \frac{w_1'}{w_1''} = \frac{Z_1}{\eta}, \quad Z_3 = Z_1 / \eta, \quad I_3 = \eta I \quad \text{ёки} \quad I_1 = I_3 / \eta. \quad (1.64)$$

Трансформаторли дифференциал тизим (дифтизим) линиявий пасив ажратувчи қурилмалар каторига кирганлиги туфайли, (1.64) шартлар бажарилганда, 2-2 кутблардан 4-4 кутбларга ўтишдаги сўниш (кучсизланиш) ҳам ∞ га, яъни $A_{42} = A_{24} = \infty$ га тенг бўлади.

1.5.6. Трансформаторли ва резисторли дифференциал тизимларни солиштириш

Ажратувчи қурилмаларни трансформаторли ва резисторли дифференциал тизимлар асосида қуриш ва уларнинг ишлаш принциплари билан танишганимиздан кейин, уларни солиштира бошлаймиз.

Трансформаторли дифтизим қуйидаги афзалликларга эга:
 юклама уланадиган баъзи бир кутблар (асосан, ҳамма кутблар) ўртасида гальваник (ўзгармас ток бўйича) боғланишларнинг йўқлиги;

турли хил катталиқдаги тўрттагача юклама қаршилиқларини мос равишда улаш имкониятининг мавжудлиги;

ўтказиш йўналишларида унча катта бўлмаган сўнишлар.

Трансформаторли дифтизим қатор нуқсонларга эга, уларнинг асосийлари қуйидагилардан иборат:

ферромагнит ўзақли трансформаторлар вужудга келтирадиган ночизиқли бузилишлар; ўзақнинг кесими қанча кичик ва сигналнинг узатилаётган қуввати қанча катта бўлса, ночизиқли бузилишларнинг қиймати шунча катта бўлади;

ТДТ нинг ўтказиш йўналишидаги сўнишининг бир меъёрли частотавий тавсифини олиш учун дифференциал трансформатор чулғамининг индуктивлигини ошириш зарур; бунга юқори сифатли ферромагнит материаллардан қилинган ўзақлардан фойдаланиб ёки ўзақ кесимини катталаштириб эришилади;

ўлчамларининг бир мунча катталиги, массасининг оғирлиги ва нархининг бир қадар юқорилиги.

Резисторли дифференциал тизим (РДТ) қуйидаги афзалликларга эга:

тайёрланишининг соддалиги, вазнининг енгиллиги; габаритларининг кичиклиги, нархининг арзонлиги; уни кичкина қилиб тайёрлаш имкониятининг мавжудлиги;

барча ўтказиш йўналишларида сўнишнинг бир меъёрли частотавий тавсифга эгаллиги;

ночизиқли бузилишларнинг бўлмаслиги;

тўртта ва ҳатто олтита бир хил қаршилиқларни мослаб улаш имкониятининг мавжудлиги;

кўприк схемасининг тегишли конфигурациясида учта ўтказмайдиган йўналишнинг мавжудлиги.

РДТ нинг камчиликлари қуйидагилардан иборат:

ўтказиш йўналишларида сўнишнинг бирмунча катталиги;

юкламанинг барча қаршилиқлари орасида гальваник боғланишларнинг мавжудлиги;

агар юкламанинг қаршилиқларидан бири мажмуа кўринишда бўлса, қолган бешта қаршилиқларнинг ҳаммаси ҳам мажмуа кўринишда бўлиши.

Юқорида айтиб ўтилганлардан дифтизим иккала турининг ўзига хос афзалликлари ва камчиликларига эга эканлиги келиб чиқади; турли мақсадлар учун мўлжалланган ажратувчи

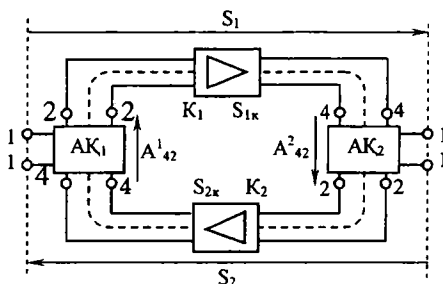
қурилмаларни қуриш усуллари танлашда булар ҳисобга олиниш керак.

1.6. Берк тизимга ўхшаш икки томонлама канал

1.6.1. Икки томонлама каналнинг барқарорлиги

Икки томонлама каналлар қуриладиганда шубҳасиз бер электр тизимлар ҳосил бўлади. Улар қарама-қарши узатиш йўналишлари ўртасидаги охириги сўниш катталигига эга дифференциал тизимлар ёки йўналтирувчи филтёрлар асосида ишлайдиган ажратувчи қурилмалар (АҚ) дан фойдаланиш тўғрисида ҳосил бўлади.

Икки томонлама канал битта (якка) берк тизим ёки бир неча каскад (бўғин) тарзда уланган якка берк тизимлар (ЯБТ) да иборат. ЯБТ нинг умумий схемаси 1.29-расмда келтирилган.



1.29-расм. Якка берк тизимнинг барқарорлиги.

Бу ерда қуйидаги белгилашлар қабул қилинган: AK_1 , AK_2 ажратувчи қурилмалар, 1-1, 2-2, 4-4 эса уларнинг кутблари; $A_{1\ 42}^1$ ва $A_{2\ 42}^2$ - узатиш йўналишлари ўртасидаги АҚга мос ўтиш сўнишлари K_1 ва K_2 - узатишнинг тегишли йўналишларида (узатиш каналлари) у ёки бу йўналишларининг эквиваленти сифатида) жойлашган кучайтиргичлар; $S_{1к}$ ва $S_{2к}$ - 2-2 ва 4-4 кутблар ўртасида жойлашган кучайтиргичларнинг кучайтириши; S_1 ва S_2 - AK_1 ва AK_2 нинг 1-кутблари ўртасидаги узатишнинг тегишли йўналишларид жойлашган, икки симли линияларни улайдиган кучайтиргичларнинг ишчи кучайтириши.

АҚ дағи ўтувчи сўниш чекли катталиқ бўлганлиги сабабли, бу тизимда АҚ₁ нинг 4-4 кутбларидан 2-2 кутблари – К₁ – АҚ₂ нинг 4-4 ва 2-2 кутблари – К₂ – АҚ₁нинг 4-4 кутблари томон тескари боғланиш ҳалқаси ҳосил бўлади (пунктир линия). Бунинг натижасида узатишнинг бир йўналиши бошқа йўналишига таъсир этади. Бу таъсир баъзи бир ҳолларда ЯБТ нинг ўз-ўзидан кўзғалишига олиб келади ва бунда узатиш мумкин бўлмай қолади.

Найквистнинг барқарорлик мезониидан фойдаланиб, ЯБТ нинг барқарорлик шартларини аниқлаймиз. Бу мезонга биноан, нолдан чексизгача бўлган частоталар полосасида тескари алоқанинг ажратилган ҳалқаси учун бир вақтнинг ўзида иккита шарт бажарилса, тескари алоқали тизим ўз-ўзидан кўзғалади:

1) амплитудалар шarti

$$\sum_{i=1}^k S_i \geq \sum_{j=1}^l A_j, \quad (1.65)$$

яъни тескари боғланишнинг ажратилган занжиридаги кучайишлар йиғиндиси шу ҳалқадаги сўнишлар йиғиндисидан катта ёки унга тенг бўлади.

2) фазалар шarti, яъни тескари боғланиш ҳалқасини ҳосил қилувчи қурилмалар [АҚ₁, К₁, АҚ₂ ва К₂ (1.29-расм)] юзага келтирадиган фазавий силжишлар йиғиндиси қуйидагига тенг бўлади:

$$\sum_{i=1}^m \varphi_i = 2n\pi, \quad (1.66)$$

бу ерда n=0,1,2,... .

Кўрилайтган ЯБТ да фазавий муносабатлар тасодифий бўлгани учун, частоталар ишчи полосасининг лаоқал бир частотасида фазалар шarti бажарилади, деб фараз қилиниб, ЯБТ нинг барқарорлик шартини, яъни амплитудалар шартининг бажарилмаслигини аниқлаймиз:

$$\sum_{i=1}^k S_i < \sum_{j=1}^l A_j, \text{ ёки } \sum_{j=1}^l A_j > \sum_{i=1}^k S_i. \quad (1.67)$$

$$1.29\text{-расмга биноан, } A_{42}^1 + A_{42}^2 > S_{1k} + S_{2k} \quad (1.68)$$

бўлганда, ЯБТ барқарор бўлади, яъни генерациялаш содир бўлмайди.

Халқа бўйича сўнишлар йиғиндиси кучайишлар йиғиндисидан қанчага катта эканлигини кўрсатувчи X катталиқни барқарорлик захираси дейилади. Кўрилатган ЯБТ учун барқарорлик захираси қуйидагига тенг:

$$X = (A_{41}^1 + A_{42}^2) - (S_{1x} + S_{2x}). \quad (1.69)$$

Баъзан X катталиқни тескари боғланиш халқасидаги сўниш дейилади.

ЯБТ нинг ўз-ўзидан қўзғалиши учун [(1.66) фазалар шarti бажарилади, деб фараз қилайлик)] S_{1x} ва S_{2x} кучайтиргичларнинг кучайтиришларини қанчага ошириш мумкинлигини кўрсатувчи катталиқни барқарорлик дейилади ва у қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$\sigma = \frac{A_{42}^1 + A_{42}^2}{2} - \frac{S_{1e} + S_{2e}}{2} = \frac{X}{2}. \quad (1.70)$$

Барқарорлик (1.66) фазалар шarti бажарилганда, ЯБТ да генерациялаш содир бўлиши учун ундаги ҳар бир кучайтиргичнинг кучайтиришини қандай σ катталиқка ошириш кераклигини кўрсатади.

Агар ажратувчи қурилмалар (A_{K1} ва A_{K2}) сифатида тенг елкали трансформаторли дифференциал тизим (ТДТ) дан фойдаланилса, у ҳолда ўтувчи сўниш (1.61га биноан) қуйидагига тенг бўлади:

$$A_{42}^1 = A_{1e} + 6, \text{дБ} \text{ ва } A_{42}^2 = A_{2e} + 6, \text{дБ}, \quad (1.71)$$

бу ерда, A_{1e} ва A_{2e} – биринчи ва иккинчи ТДТ нинг баланс сўнишлари. 1.29-расмдан S_1 ва S_2 ишчи кучайтиришлар қуйидагига тенг:

$$S_1 = S_{1x} - A_{12} - A_{41} = S_{1x} - 6, \text{дБ} \text{ ва } S_2 = S_{2x} - A_{12} - A_{41} = S_{2x} - 6, \text{дБ}, \quad (1.72)$$

бу ерда A_{12} ва A_{41} – тенг елкали ТДТ нинг ўтказиш йўналишидаги сўниш.

Сўнишлар (1.71) ва кучайишлар (1.72) қийматларини (1.69) ва (1.70) формулаларга қўйиб, барқарорлик захираси

$$X = (A_{1e} + A_{2e}) - (S_1 + S_2), \quad (1.73)$$

барқарорлик
$$\sigma = \frac{A_{1e} + A_{2e}}{2} - \frac{S_1 + S_2}{2} \quad (1.74)$$

тенглигини оламиз.

Агар
$$A_{1e} = A_{2e} = A_e \text{ ва } S_1 = S_2 = S \quad (1.75)$$

бўлса (булар тез-тез учрайди), у ҳолда

$$\sigma = A_e - S \quad (1.76)$$

га тенг бўлади.

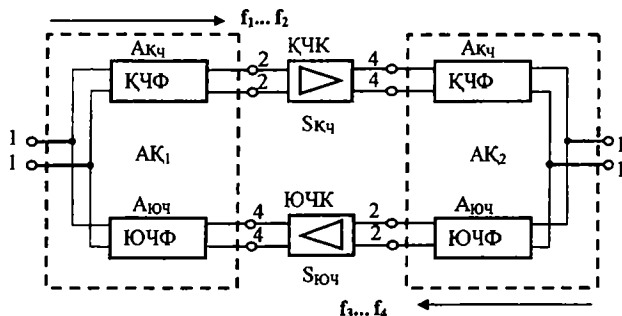
Икки томонлама икки симли икки полосали канал туридаги ЯБТ нинг барқарорлик захираси [бу ерда чапдан ўнгга $f_1 \dots f_2$, ўнгдан чапга эса $f_3 \dots f_4$ частоталар полосаси узатилади ва АК сифатида қуйи (ҚЧФ) ва юқори (ЮЧФ) частотали йўналтирувчи филтрларнинг айрисидан фойдаланилади] тескари боғланиш ҳалқаси бўйича АК₁ нинг 2-2 қутбларидан ҚЧК, АК₂ нинг 4-4 қутблари, ҚЧФ, ЮЧФ, АК₂ нинг 2-2 қутблари, ЮЧК, АК₂ нинг 4-4 қутблари, ЮЧФ, ҚЧФ ва АК₁ нинг 2-2 қутблари томон сўнишга тенг:

$$X = -S_{КЧ} + A_{ЮЧ} - S_{ЮЧ} + A_{КЧ} = 2A_{ЮЧ} - (S_{КЧ} - S_{ЮЧ}), \quad (1.77)$$

барқарорлик қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$\sigma = \frac{X}{2} = A_{ЮЧ} - \frac{S_{КЧ} + S_{ЮЧ}}{2}. \quad (1.78)$$

(1.77) ва (1.78) формулаларда ҳамда 1.30-расмда қуйидаги белгилашлар қабул қилинган:



1.30-расм. Юқори ва қуйи частотали йўналтирувчи филтрларга эга икки томонлама икки полосали каналнинг барқарорлиги.

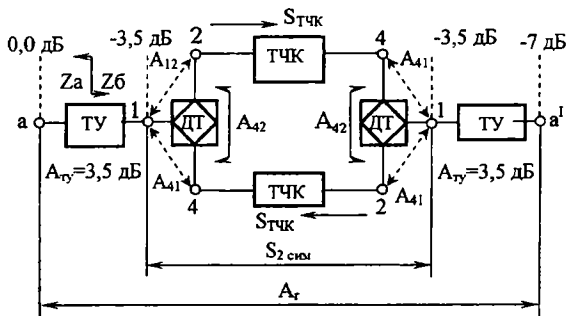
$A_{\kappa\psi}$ – частоталарнинг ($f_3 \dots f_4$) эффектив ушлаб қоли полосасида куйи частотали филтър (ҚЧФ) ёки частоталарнинг эффектив узатилаётган полосасида юқори частотали филтър (ЮЧФ) нинг сўниши; $A_{\text{юч}}$ – частоталарнинг ($f_1 \dots f_2$) эффектив ушлаб қолиш полосасида ЮЧФ ёки частоталарнинг эффектив узатилаётган полосасида ҚЧФнинг сўниши («Икки томонлам канал»даги 1.20-расмга қаранг);

$S_{\kappa\psi}$ – куйи частотали кучайтиргич (ҚЧК) нинг кучайтириши ва $S_{\text{юч}}$ – юқори частотали кучайтиргич (ЮЧК) нинг кучайтириш Филтърларнинг эффектив ўтказиш полосаларидаги сўниши эффектив ушлаб қолиш полосаларидаги сўнишидан анча кичик бўлганлиги учун филтърнинг ушбу сўнишини ташлаб юборса ҳам бўлади.

Икки томонлама икки симли икки полосали каналнинг куйи частоталар полосаси гуруҳидаги барқарорлиги йўналтирувчи ЮЧФ нинг $A_{\text{юч}}$ сўниши билан, юқори частоталар полосаси гуруҳида эс йўналтирувчи ҚЧФ нинг $A_{\kappa\psi}$ сўниши билан таъминланади.

1.6.2. Телефон каналининг барқарорлиги

Телефон канали дифференциал тизимлар (одатда, трансформаторли) ёрдамида бирлаштирилган қарама-қарши узатиш йўналишларидаги иккита телефон частотали каналдан иборат. Ҳозирги вақтда телефон каналлари асосан тўрт симли бир полосали ёки икки симли икки полосали (электр жиҳатдан тўрт симли тизимлардан ташкил қилинади. Телефон каналларида тескари алоқанинг бефойда тоқлари охириги дифтизимларнинг етарли даражада баланслашмаганлиги натижасида ҳосил бўлади.



1.31-расм. Телефон каналининг барқарорлиги ва барқарорлик захираси.

Икки томонлама боғланишни ташкил қилишнинг икки поласаси икки симли схемасининг оралиқ кучайтиргичларида ҳосил бўлувчи тескари боғланиш тоқларини ташлаб юборса ҳам бўлади, чунки эффектив ушлаб қолиш поласаларидаги йўналиштирувчи филтрларнинг сўнишларининг йиғиндиси узатиш-нинг иккала йўналишидаги кучайишларнинг йиғиндисидан анча каттадир.

Телефон каналининг барқарорликни аниқлайдиган эквивалент схемаси 1.31-расмда келтирилган, бу ерда қуйидаги белгилашлар қабул қилинган: ТЧК – телефон частотали канал; ТУ-сўниши $A_{ТУ}=3,5$ дБ га тенг бўлган транзит узайтиргич; $S_{ТЧК}$ – ТЧК нинг қолдиқ сўниши (кучайиши); $S_{2\text{сим}}$ - телефон каналининг икки симли охиридаги қолдиқ сўниши (кучайиши); A_{42} -дифтизмнинг ўтказмайдиган (ажратувчи) йўналишларидаги сўниши; A_{12} , A_4 - дифтизмнинг ўтказиш йўналишларидаги сўниши; A_r – телефон каналининг aa' кутблар (телефон тармоқлари линияларини улаш нукталари) ўртасидаги қолдиқ сўниши.

1.31-расмга биноан, телефон канали якка берк тизимга эквивалентдир, унда дифтизмдан (одатда, трансформаторли) ажратувчи қурилма сифатида фойдаланилади, демак, бунда телефон каналининг барқарорлиги ((1.73) га қаранг) қуйидагига тенг бўлади:

$$X_{Тлф} = 2 A_{42} - 2S_{2\text{сим}} \quad (1.79)$$

1.31-расмдан $S_{2\text{сим}} = A_r - 2A_{ТУ} = 0$ га тенглиги кўриниб турибди, демак, телефон каналининг барқарорлик захираси

$$X_{Тлф} = 2A_{42} \quad (1.80)$$

га тенг бўлади.

A_e баланс сўниш тоқларнинг телефон каналининг икки симли охири уланадиган aa' нукталардан қайтиши туфайли ҳосил бўлган сўниши орқали аниқланади. Тескари боғланиш токи ТУ транзит узайтиргичга келади (бу ерда унинг сўниши $\frac{A_1}{2}$ га тенг), a нуктадан қайтади (бу ерда унинг сўниши A_e га тенг), сўнгра у $\frac{A_1}{2}$ га тенг сўниб, ТУ орқали 1 нуктага қайтади. Шундай қилиб, 4-4 кутблардан 2-2 кутбларга ўтишда тескари боғланиш тоқининг сўниши қуйидагига тенг бўлади:

$$A_{42} = 2A_{ТУ} + A_e = A_r + A_e. \quad (1.81)$$

Z_6 дифтизимнинг баланс контурини қаршилиги (баланс қаршилиқ) одатда ТУнинг тавсифий қаршилигига тенг қилиб танлаб олинади, шунинг учун

$$A_e = 20 \lg |(Z_a + Z_6) / (Z_a - Z_6)|, \quad (1.82)$$

бу ерда Z_a – телефон каналининг a нуқтасига уланган занжирнинг кириш қаршилиги. Икки томонлама телефон каналининг ишлаши учун энг ноқулай шароит бу, бўш (баланс контур уланмагандаги) юриш ($Z_a = \infty$) ёки қисқа тутатиш ($Z_a = 0$) режимида ишлашидир. Z_a нинг бу қийматларини (1.82) га қўйиб ва ноаниқликни очиб, $A_e = 0$ га тенглигини топамиз. Баланс сўнишининг бу қийматини (1.81) га қўйиб, $A_{42} = A_r$ га тенглигини топамиз. Бу тенгликни ҳисобга олган ҳолда, (1.80) қуйидаги кўринишга келтирилади:

$$X_{\text{тлф}} = 2A_r, \quad (1.83)$$

яъни барқарорлик захираси телефон каналининг қолдиқ сўнишини иккиланганлигига, унинг барқарорлиги эса қуйидагига тенг бўлади:

$$\sigma_{\text{тлф}} = X_{\text{тлф}} / 2 = A_r. \quad (1.84)$$

Телефон каналининг қолдиқ сўниши $A_r = 7$ дБ га тенг бўлганлиги туфайли, телефон канали, сўзсиз, барқарордир ва унинг барқарорлиги A_r дан қайтиш сўниши миқдорига катта бўлади, бу катталиқ 5 дБ дан кичик бўлмайди. Шунинг учун телефон канали барқарорлигининг энг кичик захираси ишчи режимда 12 дБ дан кичик бўлмайди.

Узайтиргичлар сўнишининг ортиши, уларнинг кучайишининг шунча катталиқка ортишини талаб қилганлиги учун, телефон каналининг барқарорлиги транзит узайтиргичларнинг сўниш катталигига боғлиқ эмаслигини эслатиб ўтиш керак, акс ҳолда телефон канали қолдиқ сўнишининг қиймати ўзгаради.

1.6.3. Тескари алоқада вужудга келадиган бузилишлар

Узатиш йўналишлари ўртасида ҳосил бўладиган чекли қийматли ўтувчи сўнишга эга икки томонлама каналлар ташкил қилинаётганда ажратувчи қурилмалар (АҚ) нинг мавжудлиги (ҳатто барқарорлик шартларига риоя қилинганда ҳам) тескари боғланиш (ТБ) нинг бефойда тоқларининг ҳосил бўлишига олиб келади. Бу ҳолда узатишнинг хоҳлаган йўналишларидаги кучайтиргични тескари боғланишли кучайтиргич сифатида қараш мумкин, бу ерда қуйидаги белгилашлар қабул қилинган:

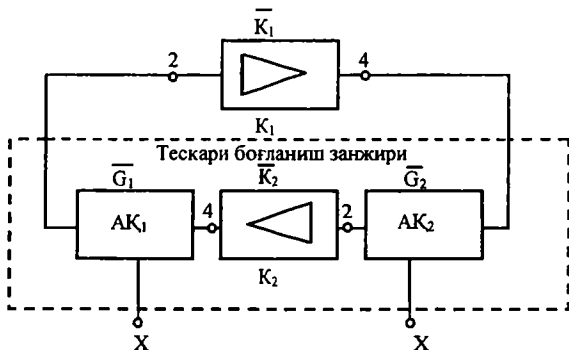
\bar{K}_1, \bar{K}_2 - кучайтиргичларнинг узатиш коэффициентлари: \bar{G}_1, \bar{G}_2 – битта кучайтиргичнинг чиқишига ва бошқа кучайтиргичнинг киришига уланган (4-2 кутблар ўртасида) AK_1 ва AK_2 ажратувчи қурилмаларнинг доимий узатиши. K_1 кучайтиргич учун 2-2 ва 4-4 кутбларга уланган барча қурилмалар тескари боғланувчи занжирни ифодалайди.

Кучайтиргичлар назариясидан маълумки, ТБ занжири уланаётганда кучайтиргичнинг узатиш коэффициенти $\bar{F} = 1 - \bar{T}$ мартага камаяди, яъни

$$\bar{K}_{1TB} = \bar{K}_1(1 - \bar{T}), \quad (1.85)$$

бу ерда \bar{F} - тескари боғланиш чуқурлиги, \bar{T} - ҳалқа кучайиши, у қўрилайтган берк тизим учун қуйидагига тенг:

$$A_{42} = A_{41} + A_{қайтм} + A_{12} \quad (1.86)$$



1.32-расм. Тескари боғланишда вужудга келадиган бузилишлар.

бу ерда $S_1 - S_2$ – кучайтиргичларнинг кучайтиришлари ва A_1 ва A_2 ажратувчи қурилмаларнинг децибелларда ифодаланган сўнишлари; ф-тескари боғланишнинг ҳалқаси бўйича фазавий силжиш йиғиндиси. $S_1 + S_2 + A_1 - A_2 = -X$ кўринишдаги йиғинди [(1.69) га қаранг] манфий ишорали тескари боғланиш занжиридаги сўнишни, яъни тескари боғланиш ҳалқасининг кучайишини ифодалайди.

(1.86) ни ҳисобга олган ҳолда, (1.85) формулани қуйидаги кўринишда ифодалаш мумкин:

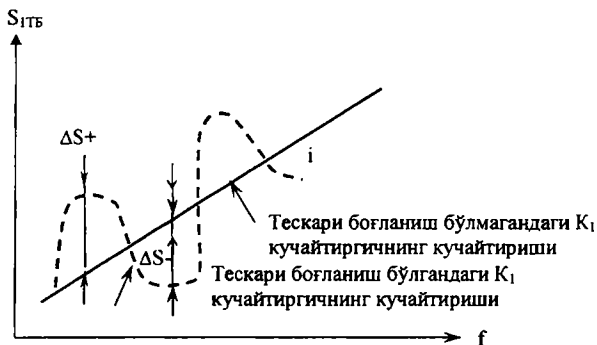
$$20 \lg \bar{K}_{1TB} - 20 \lg \bar{K}_1 = -20 \lg [1 - 10^{-0,05X} e^{j\varphi}]. \quad (1.87)$$

К1 кучайтиргич кучайтиришининг тескари алоқага асосланган ўзгариши куйидагига тенг бўлади:

$$\Delta S_{TB} = S_{TB} - S_1 = -20 \lg |1 - 10^{0,05X} e^{j\varphi}| = -20 \lg |1 - 10^{0,1\sigma} e^{j\varphi}| = 20 \lg \left| \frac{1}{1 - 10^{0,1\sigma} e^{j\varphi}} \right| \quad (1.88)$$

бу ерда $X = 2\sigma = (A_1 + A_2 - S_1 - S_2)$ - икки томонлама каналнинг (якка берк тизим) барқарорлик захираси. Тескари боғланиш мавжуд бўлгандаги К1 кучайтиргич кучайтиришининг частотавий тавсифи 1.33-расмда ифодаланган.

Бефойда тескари алоқа туфайли кучайтиргич кучайтиришининг частотавий тавсифи тескари алоқа бўлмагандаги частотавий тавсифига нисбатан тўлқинсимон хусусиятга эгаллиги 1.33-расмдан кўриниб турибди.



1.33-расм. Тескари алоқада пайдо бўладиган бузилишлар.

Кучайтиргичнинг кучайтириш частотавий тавсифининг бундай хусусияти, берк тизимдаги турли фазавий боғланишларга мос келувчи частотали бефойда тескари алоқа тоқлари, кучайтиргичнинг кучайтиришини ошириши, ёки камайтириши билан тушунтирилади. Демак, тескари боғланиш тоқларининг мавжудлиги ўзига хос амплитуда – частотавий бузилишларга олиб келади. Бундай бузилишларни тескари боғланишда вужудга келадиган бузилишлар дейилади. Бу бузилишларни амалда тузатишнинг имкони йўқ.

Икки томонлама (телефон) каналда фазавий боғланишлар, худди берк тизимга ўхшаб тасодифий хусусиятга эга бўлганлигидан, тескари боғланишда вужудга келадиган бузилишларни

аниқлаш учун амалда уларнинг тескари боғланиш ҳалқасидаги $\varphi=(2n+1)\pi$ га тенг фазавий силжиш, яъни манфий тескари боғланишдаги ва $\varphi=2n\pi$ га тенг фазавий силжиш, яъни мусбат тескари боғланишдаги кучайтиргич кучайтиришининг ўзгариши билан боғлиқ бўлган энг охириги қийматларигина аниқланади. Манфий тескари боғланиш учун кўпайтувчи $e^{j\varphi} = -1$ га тенг ва манфий тескари боғланишда вужудга келадиган бузилишлар катталиги қуйидагига тенг бўлади [(1.88) га қаранг]:

$$\Delta S = 20 \ln \frac{1}{1 + 10^{-0,1\sigma}}, \quad (1.89)$$

мусбат тескари боғланиш учун кўпайтувчи $e^{j\varphi} = 1$ га тенг ва мусбат тескари боғланишда вужудга келадиган бузилишлар катталиги қуйидагига тенг бўлади:

$$\Delta S_* = 20 \lg \frac{1}{1 - 10^{-0,1\sigma}} \quad (1.90)$$

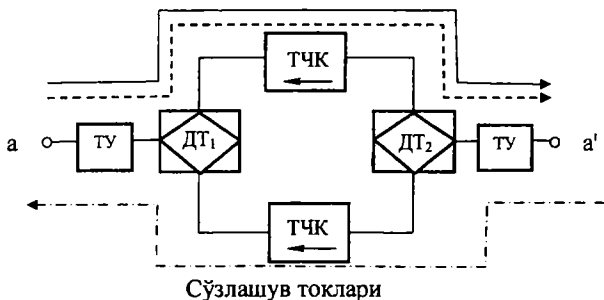
Мусбат тескари алоқа тоқларининг таъсири манфий тескари алоқа тоқларининг таъсиридан катталиги (1.89) ва (1.90) дан кўриниб турибди. Бироқ барқарорликнинг катта қийматлари ($\sigma > 12\text{дБ}$) да бу катталиқлар бир хил бўлади. $a > 15 \dots 17\text{дБ}$ бўлганда, бефойда тескари алоқанинг каналнинг частотавий тавсифига таъсирини ташлаб юбориш мумкин. Бунда тескари алоқа тоқлари туфайли вужудга келадиган бузилишлар шунчалик кичик бўладики, улар амалда телефон маълумотларининг узатилиш сифатига таъсир қилмайди.

1.6.4. Электрик акс садо ҳодисаси

Абонент трактини нисбатан катта узунликдаги телефон каналига улаш нуқталари (1.34-расмдаги a ва a^1 нуқталар) да номувофикликнинг мавжудлиги электр акс садо тоқларининг пайдо бўлишига олиб келади. Бу ҳодисанинг моҳиятини тушуниш учун телефон каналини кўриб чиқайлик (1.34-расм), бу ерда ТУ – транзит узайтиргичлар; ДТ_{1,2} – икки симли абонент трактдан тўрт симли трактга ўтишни таъминловчи дифференциал тизимлар; ТЧК – бир томонлама телефон частотали каналлар; a , a^1 – абонент трактини телефон каналига уловчи нуқталар.

Масалан, чапдан ўнга (a нуқтадан a^1 нуқтага) узатилаётган сўзлашув сигналининг энергиясининг бир қисми ДТ₂ дифти-

зимнинг тўлиқ мувозанатлашмаганлиги (баланслашмаганлиги) туфайли қабул қилишнинг охири (a' нукта) дан қисман қайтади.



1.34-расм. Электр акс садо ҳодисасининг пайдо бўлиш механизми.

Қайтган тўлқин тескари йўналишдаги каналга келиб тушади ва сўзловчи абонентга вақт бўйича силжиган ҳолда қайтиб келади. Бу вақт сигналнинг a ва a' нукталари ўртасида тарқалиш вақтининг иккиланганлигига тенг. Баъзи ҳолларда сўзловчи абонент ўзининг сўзларини акустик акс садо ҳодисасига ўхшаш ҳодиса сифатида қайтарилишини қабул қилиши мумкин. Шу тариқа сўзловчининг биринчи акс садоси пайдо бўлади. ДТ₁ ҳам тўлиқ, мувозанатлашмаганлиги сабабли сўзловчининг биринчи акс садосининг токи a нуктадан қисман қайтади ва қайтган тўлқин узатиш каналидаги a дан a' га келиб тушади. Натижада эшитувчининг биринчи акс садоси пайдо бўлади. Эшитувчининг биринчи акс садосидан кейин сўзловчининг иккинчи акс садоси ва ҳ.к пайдо бўлиши мумкин. Аста-секин акс садо тоқларининг энергияси камая боради ва жараён сўнади. Айрим ҳолларда такрорланган акс садо сигналлари 8-9 марталаб эшитилиши мумкин.

Тажрибалар шуни кўрсатадики, электр акс садонинг сўзловчи абонентга ҳалақит қилувчи таъсири шундай ҳолда намоён бўладики, унга худди суҳбатдоши унинг гапини бўлгандек, эшитувчи учун эса эшитиш аниқлиги пасайган каби таъсир қилади.

Сўзловчининг акс садо сигналининг қуввати эшитувчининг акс садо қувватидан етарли даражада юқори бўлганлиги учун, электр акс садонинг ҳалақит қилувчи таъсирини ҳисоблаш фақат сўзловчининг акс садоси учунгина бажарилади. Электр акс садо ҳодисаси куйидаги икки шарт бажарилганда кузатилади:

биринчидан, товушнинг талаффуз этилиши ва акс садо сигналининг келиши ўртасида сезиларли вақт оралиғи мавжуд бўлганда;

иккинчидан, акс садо сигналининг етарли даражадаги кувватида.

Товушнинг талаффуз этилиши ва акс садо сигналининг келиши ўртасидаги вақт оралиғи электр сигналларнинг физик муҳит ҳамда каналлар ва трактлар ускуналари орқали тарқалишининг чекли тезлиги билан аниқланади ва уни *гуруҳли ўтиш* – ГЎВ ёки *кучсизланиш вақти* дейилади. Телефон каналида ГЎВ нинг мутлақ катталиги савол ва жавоб ўртасидаги вақт оралиғи катталигига ҳам таъсир қилади. Бу вақтнинг узоқ давом этиши абонентлар ўртасидаги контакт сезувчанликнинг йўқолишига олиб келади. Сигнал тарқалишининг мутлақ вақти 250 мс дан ошмаса, ГЎВ нинг таъсири унча сезиларли бўлмаслиги тажрибавий йўл билан аниқланган. 250 мс га тенг мутлақ ГЎВ ни 50000–70000 км узунликдаги кабелли магистралларда олиш мумкин бўлганлиги учун, фақат Ернинг сунъий йўлдошлари орқали алоқа қилинаётгандагина бу миқдорни ошириш мумкин.

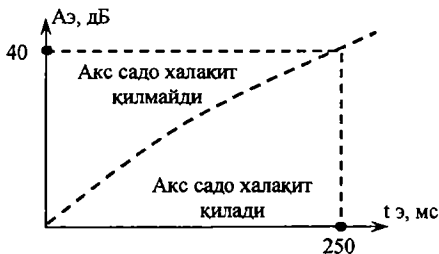
Телеграф ва маълумотларни узатиш, товушли эшиттириш ва телевидение, факсимил сигналларини узатиш каналлари бир томонлама бўлганлиги учун, ГЎВ нинг мутлақ катталиги бу сигналларни узатишга ҳалақит қилмайди.

Экспериментал тадқиқотлар электр акс садонинг каналда t_{ac} тарқалиш вақти билан акс садо тоқлари йўлидаги (бу ерда электр акс садо ҳодисаси унча сезиларли бўлмайди) A_{ac} сўнишнинг минимал зарурий катталиги ўртасидаги боғланишни аниқлашга имкон беради (1.35-расмга қаранг).

а ва a^1 нукталар ўртасидаги сўниш (1.34-расмга қаранг) телефон каналининг A_g қолдиқ сўнишини белгилайди, демак, электр акс садо тоқларининг сўниши қуйидагига тенг бўлади:

$$A_{ac} = 2A_r + A_e,$$

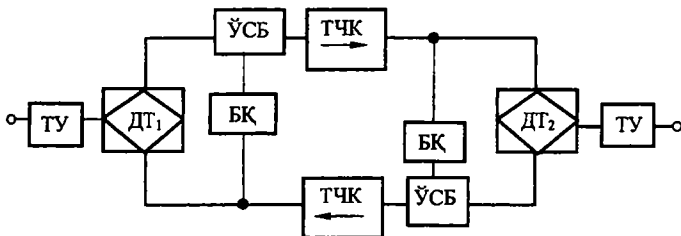
бу ерда A_e - электр акс садо тоқлари пайдо бўладиган томондаги охириги дифференциал тизимнинг баланс сўниши. Энг ноқулай шароитларда (абонент тракти кириш қаршилигининг катталиги қисқа туташув ёки бўш юриши катталигига яқин) баланс сўниш катталиги $A_e = 6$ дБ га тенг,



1.35-расм. Акс садо тоқларининг минимал зарурий сўнишининг сўзловчи биринчи акс садосининг ўтиш вақтига боғланиши.

демак, $K_1 = (K_d + NK_3)L$ бўлади. Ае нинг график бўйича олинган қийматига қараб (1.35-расмга қаранг), ГЎВ нинг мумкин бўлган катталигини ва алоқанинг максимал узоклигини (бунда электр акс садо тоқларининг халақит таъсири унча сезиларли бўлмайди) аниқлаш мумкин.

Агар сигналнинг бир томонга ўтишининг мутлақ вақти 30 мс дан ошмаса, электр акс садо телефон каналларида алоқанини сифатини ёмонлаштирмайди. Бу вақт 30 мс дан катта бўлган ҳолда электр акс садо тоқлари йўлидаги сўнишни қолдиқ сўнишни ошириш йўли орқали ошириш керак. Бироқ, қолдиқ сўнишни сезиларли даражада ошириш мумкин эмас, чунки бунда алоқанини сифати ёмонлашади. Шунинг учун телефон каналининг қолдиқ сўниш катталигини унинг номинал қиймати $A_T = 7$ дБ га тенг ҳолда сақлаш ва электр акс садо тоқларининг халақит қилувчи таъсирларини камайтириш учун ТЧК нинг охириги станцияларида акс садони тўсувчи деб аталадиган махсус қурилмалар уланади. Бу қурилмалар электр акс садонинг йўлида сезиларли даражада (50 дБ гача) сўнишни ҳосил қилади (1.36-расм).



1.36-расм. Акс садони тўсувчи қурилмани улаш.

Электр акс садонинг халакит қилувчи таъсирларини камайтиришдан ташқари, акс садони тўсувчи қурилма ёрдамида қуйидагиларни қўллашга имкон бор:

дифференциал тизимнинг ўз-ўзини баланслаш (мувозанатлаш) усули; бунда акс садо тоқларининг йўлидаги сўнишни оширишга баланс контурнинг қаршилигини автоматик ростлаш ёрдамида дифтизимнинг баланс сўнишини ошириб эришилади;

компенсация усули: акс садо тоқларининг йўлидаги сўнишининг ошишини фақат акс садо сигналларининг тескари йўналишдаги қолдиқ сўнишни ошириш ҳисобигагина таъминлайдиган усул. Бунга акс садо сигналларига ўхшаш, лекин фазаси бўйича тескари бўлган сигналларни шакллантириш орқали эришилади.

Назорат саволлари

1. Қувват, кучланиш ва ток бўйича сатҳлар деб нимага айтилади ва улар ўзаро қандай боғланган?
2. Қувват, кучланиш ва ток бўйича нисбий, мутлақ ва ўлчов сатҳлари деб нимага айтилади ва улар ўзаро қандай боғланган?
3. 0 дБ мутлақ сатҳ қандай қувват, кучланиш ва токка тўғри келади?
4. Узатиш сатҳларини ўлчайдиган асбоб нимани ифодалайди? Нима учун ўлчаш мақсадларида ток бўйича узатиш сатҳлари қўлланилмайди?
5. Ҳимояланганлик, сатҳлар диаграммаси бўйича қандай аниқланади?
6. Бирламчи сигналнинг ўртача қуввати деб нимага айтилади? Унинг аналитик ифодасини келтиринг.
7. Бирламчи сигналнинг динамик диапозони деб нимага айтилади? Динамик диапозонни аниқлайдиган формула таркибидаги катталиқларнинг физик моҳияти нимадан иборат?
8. Бирламчи сигналнинг чўққи-фактори деб нимага айтилади? Уни аниқлайдиган формула таркибидаги катталиқларнинг физик моҳияти нимадан иборат?
9. Бирламчи сигнал билан кўчириладиган ахборотнинг миқдори (ҳажми)ни аниқланг.
10. Эффеқтив узатиладиган энг кенг частоталар полосасига эга бирламчи сигнални айтинг.

11. Бирламчи сигналларнинг асосий параметрларини ва уларнинг ўлчов бирликларини айтинг.
12. Икки томонлама каналлар қандай ташкил қилинади?
13. Икки симли бир полосали, тўрт симли бир полосали ва икки симли икки полосали икки томонлама узатиш каналларини ташкил қилиш схемасини тасвирланг.
14. Икки томонлама каналларни ташкил қилишда ажратувчи қурилмаларнинг вазифаси, уларга қўйилган талаблар ва уларнинг таснифи ҳақида тушунча беринг.
15. Трансформаторли дифференциал тизимдаги баланс сўнишнинг физик моҳиятини тушунтиринг.
16. Барқарорлик захираси ва барқарорлик тушунчаларининг физик моҳиятини тушунтиринг.
17. Яқка берк тизимнинг тескари боғланишида бузилишларнинг вужудга келиш сабаблари, уларни аниқлаш ва камайтириш усулларини тушунтиринг.
18. Электр акс садолар нима сабабли юзага келади?
19. Электр акс садоларнинг халақит қилувчи таъсирини камайтиришнинг қандай усулларини биласиз?
20. Узатиш канали деб нимага айтилади? Унинг тузилиш схемаси ва асосий элементларига қўйилган талаблар.
21. Тўртқутбликка ўхшаш узатиш канали деганда нимани тушунаси?
22. Каналнинг асосий параметрлари ва тавсифларини санаб чиқинг ва уларнинг физик моҳиятини изоҳлаб беринг.
23. Узатиш каналининг қолдиқ сўниши деганда нимани тушунаси? У қандай аниқланади?
24. Сўниш узатиладиган сигнал сифатига қандай таъсир кўрсатади?
25. Каналнинг эффектив узатилаётган частоталар полосаси деганда нимани тушунаси?
26. Каналнинг частотавий тавсифини тушинтириб беринг. Сигнал тавсифининг меёрдан оғиши, сигнал сифатига қандай таъсир кўрсатади?
27. Каналнинг фаза-частотавий тавсифи ва гуруҳли ўтиш (секинлашиш) вақтининг частотавий тавсифи, уларнинг ўзарс боғлиқлиги ва уларнинг сигналларни узатилиш сифатига таъсирини тушунтиринг.

28. Чизиқли бузилишлар, уларнинг вужудга келиш сабаблари ва уларни аниқлаш усуллари. Чизиқли бузилишларнинг таснифини тушунтиринг.

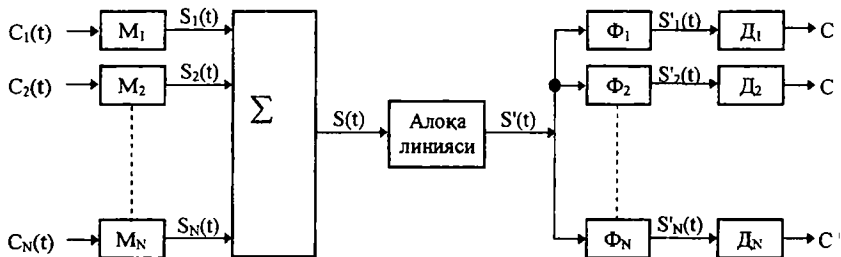
29. Каналнинг амплитудавий тавсифини тушунтириб беринг.

30. Ночизиқли бузилишлар нима сабабли вужудга келади ва улар қандай аниқланади.

II БОБ. ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯ УЗАТИШ ТИЗИМЛАРИНИНГ ТУЗИЛИШ ПРИНЦИПЛАРИ

2.1. Кўп каналли узатиш тизимининг умумий тузилиш схемаси

N манбалардан N истеъмолчиларга бир алоқа линияси (элек алоқа сигналлари тарқаладиган физик мухит) орқали бир хил ё ҳар хил маълумотларни бир вақтда ва мустақил равишда узатиш таъминловчи техник воситалар мужмуасини **кўп каналли узатиш тизими** (бундан кейин қисқача узатиш тизими) дейилади. каналли узатиш тизими (УТ) нинг умумий тузилиш схема 2.1-расмда келтирилган.



2.1-расм. Кўп каналли узатиш тизимининг умумий тузилиши.

$C_i(t)$ бирламчи сигналлар (улар бир вақтда мавжуд бўлиши частоталарининг спектри бир-бирининг устини қисман ёки тўлиқоплаши мумкин) узатиш тизимининг узатувчи қисмига кели тушади, бу ерда улар M_i қурилма ёрдамида $S_i(t)$ канал сигналлари ўзгаради.

Бирламчи сигнални канал сигналига ўзгариш жараёни икки масалани ҳал қилади.

Биринчидан, ҳар бир $S_i(t)$ канал сигнали уни бошқа канал сигналларидан фарқловчи физик белгиларнинг йиғиндисига қара ажратилади, бу белгилар ёки параметрларни ажратувчи дейилади.

Иккинчидан, канал сигналларини шундай шаклантириш керакки, уларда узатилаётган маълумотлар, яъни каналларнинг киришларига келиб тушаётган бирламчи сигналларнинг кўриниши тўғрисида маълумотлар сақланган бўлиши керак.

Кўп каналли ёки $S(t)$ гуруҳли сигнал канал сигналларини Σ бирлаштириш қурилмасида бирлаштириш орқали олинади. Хусусан канал сигналларини қўшиб гуруҳли сигнални олиш мумкин, яъни:

$$S(t) = \sum_{i=1}^N S_i(t). \quad (2.1)$$

Канал сигналлари йигиндисидан ташкил топган гуруҳли сигнал мавжуд бўлган узатиш тизимини *аддитив* (микдорий) *узатиш тизими* дейилади.

Гуруҳли сигнални шаклантиришда бошқа тадбирлар қўлланиладиган узатиш тизимини *комбинацион узатиш тизими* дейилади.

Замонавий кўп каналли телекоммуникация тизимлари асосан аддитив тизимлар ҳисобланади.

Гуруҳли сигналнинг алоқа линияси (тарқалиш муҳити) орқали ўтиши ҳалақитлар ва бузилишлар билан кузатилади, демак, узатиш тизими қабул қилиш қисмининг киришида $S'(t)$ сигнал ҳосил бўлади.

Гуруҳли сигнални бирламчи сигналлар узатилаётганда уларда мавжуд бўлган ажратиш белгилари асосида ажратувчи қурилмалар Φ_i (филтрловчи қурилмалар) билан айрим канал сигналларига ажратиш амалга оширилади. Φ_i қурилмаларнинг чиқишида $S_i(t)$ канал сигналидан бу сигналнинг узатиш тизими ускунасининг элементлари ва тарқалиш муҳити (алоқа линияси) орқали ўтиши сабабли вужудга келадиган ҳалақитлар ва бузилишларнинг ўзида мавжудлиги билан фарқланувчи $S'_i(t)$ канал сигнали олинади.

Φ_i ажратувчи қурилмалар чизикли ва ночизикли бўлиши мумкин. Ажратувчи қурилмалар ўзгармас ёки ўзгарувчи параметрли чизикли тўрткүтбликлардан иборат бўлган ҳолдаги узатиш тизимини чизикли ёки сигналларни *чизикли ажратиладиган узатиш тизими* дейилади. Агар ажратувчи қурилмалар ночизикли тўрткүтбликни ифодаласа, бундай узатиш тизимларини *ночизикли узатиш тизимлари* дейилади. Асосан каналлар (сигналлар)ни чизикли ажратиладиган узатиш тизимлари қўлланилади.

Канал сигналлари ажратилгандан кейин D_i қурилмага кели тушади, бу ерда $S'_i(t)$ канал сигналларининг $C'_i(t)$ бирламчи сигналларга ўзгариши амалга ошади. Бу сигналлар узатилаётган бирламчи сигналлардан ўзларида узатиш тизими ускунасининг элементлари ва алоқа линияси (тарқалиш муҳити) вужуди келтирадиган халақитлар ва бузилишларнинг мавжудлиги биле фарқланади.

Кўп каналли узатиш тизимлари ишлаб чиқиляётганда i тадқиқ қилинаётганда одатда бирламчи сигналларнинг хоссалари каналлар сони ҳамда алоқа линияси - тарқалиш муҳити i халақитнинг тавсифлари маълум бўлади.

Кўп каналли телекоммуникация тизимларини ташкил қилиш назарияси канал сигналларини ажратишнинг мумкинлигини таъминловчи шу сигналларнинг синфини кўрсатиб бериши ҳамд узатишдаги $C(t)$ ва қабул қилишдаги $C'(t)$ бирламчи сигналлар ўртасидаги минимал фарқни таъминловчи канал сигналларини шакллантиришни ва уларни ажратиш қурилмаларига қўйилган талабларни аниқлаб бериши керак. Шунингдек, канал сигналларини M шакллантириш, уларни Σ бирлаштириш i ажратиш қурилмаларини техник жиҳатдан қуриш йўллари ҳам кўрсатилган бўлиши керак.

Кўп каналли узатиш тизимларида ташқи халақитларда ташқари, канал сигналларини ажратиш қурилмаларининг идее бўлмаган ҳолда ишлаши сабабли ўзига хос халақитлар вужуди келади. Бу халақитлар каналлар ўртасида ўзаро ўтувчи таъсирла сифатида намоён бўлади. Бу таъсирларни уларнинг жон қийматларигача пасайтириш йўллари кўрсатиб бериш лозим.

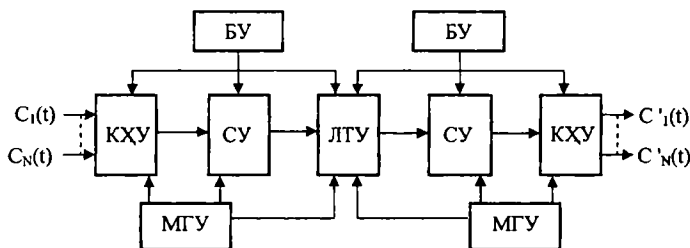
Узатиш тизимлари сигналларни узатишнинг юқор сифатлилигига эмас, балки унинг ишонччилигини ҳам таъминлаш керак. Бунда алоқанинг узокчилиги минглаб километргача етиш мумкин. Шунингдек, юқори иқтисодий самарадорликка эришиш ҳам кўп каналли узатиш тизимлари техникасининг муҳи вазифаларидан бири ҳисобланади. Юқорида кўрсатилганидек: иқтисодий самарадорлик узатиш каналининг 1 км ини қуриш i ундан фойдаланиш нархлари билан баҳоланади. Шу сабабдан 6 кўрсаткичларни минималлаштирувчи кўп каналли узатиш тизимини ташкил қилиш вазифаси қўйилиши мумкин.

Шундай қилиб, кўп каналли узатиш тизими техникасининг асосий вазифалари берилган маълум сондаги каналларни

узатишнинг талаб қилинаётган сифати, ишончлилиги, самарадор-лиги ва алоқанинг узоқлиги таъминловчи тизимларни яратишдан иборатдир.

Замонавий кўп каналли узатиш тизимлари қуйидаги асосий қисмлар: канал ҳосил қилувчи ускуна (КХУ), боғловчи ускуна (БУ), линия тракти ускунаси (ЛТУ), бир меъёрга солинган генератор ускунаси (УГУ) ва сервис ускунаси (СУ) дан иборат (2.2-расм).

Узатиш тизимининг аниқ тури учун канал ҳосил қилувчи ускуна бир меъёрга солинган бўлиб, у маълум меъёрларга мос бўлган тавсифли намунавий каналларни яратишга мўлжаллангандир.



2.2-расм. Бир меъёрга солинган кўп каналли узатиш тизимлари ускунаси.

Линия тракти ускунаси узатиш тизимининг бир қисми ҳисобланади, унда барча каналларнинг сигналлари гуруҳли ёки кўп каналли сигналга бирлашган бўлади. Бу сигналнинг параметрлари тарқалиш муҳитининг узатиш параметрлари билан мос бўлиб, уни *линия сигнали* дейилади. Линия тракти ускунаси охириги станцияларга ўрнатилган қурилмалар, алоқа линияси ва оралик станциялар (қучайтиргичлар ва қайта тиклаш пунктлари)нинг ускунасини ўз ичига олади.

Боғловчи ускуна ҳар бир узатиш тизими учун махсус бўлиб, у канал ҳосил қилувчи ускунанинг линия тракти ускунасига мос бўлишлигини таъминлайди.

Узатиш тизими таркибига бир меъёрга солинган генератор ускунаси ҳам киради. Бу ускуна канал сигналларини шакллантириш учун зарур бўлган электр сигналларни ва узатиш тизимининг барча ускуналарини сифатли ишлашини таъминловчи ёрдамчи сигналларни ишлаб чиқаради.

Сервис ускуна узатиш тизимининг каналлари ва трактларига техник хизмат кўрсатиш жараёнларини автоматлаштиришни таъминлайди.

Канал сигналларини турли усуллар билан ажратишни амалга оширувчи канал ҳосил қилувчи ускуна кўп каналли узатиш тизимининг энг қимматбаҳо турадиган қисми ҳисобланади.

2.2. Каналлар ўртасидаги ўзаро ўтувчи халақитлар

Узатишда канал сигналларини M_i шакллантириш қурилмалари ва қабул қилишда канал сигналларини Φ_i ажратиш қурилмаларининг идеал тарзда ишламаслиги оқибатида кўп каналли узатиш тизимларининг қабул қилувчи қисмида (2.5-расмга к.) каналлар ўртасида ўзига хос ўзаро ўтувчи халақит ёки ўзаро халақит вужудга келади. Гуруҳли (кўп каналли) сигнални узатиш қурилмаларидаги чизиқли ёки ночизиқли бузилишлар бундай халақитларнинг сабабчиси бўлиши мумкин.

Канал сигналларини M_i шакллантириш қурилмаларининг идеал тарзда ишламаслиги, $s_i(t)$ канал сигналларининг тақрибий шаклланишига олиб келади. Узатиш трактларидаги бузилишлар ва мультипликатив халақитлар канал сигналларининг шаклини ҳам ўзгартиради, элтувчи сигналларнинг ортогоналлик шарти бузилади. Натижада қабул қилиш қурилмасининг киришига келиб тушувчи канал сигналлари ажратиш шартларини тақрибий қаноатлантиради холос. Φ_i ажратиш қурилмасини идеал тарзда ишламаслиги сигналларни ажратиш алгоритмининг аниқ амалга оширишга имкон бермайди. Буларнинг ҳаммаси каналлараро ёки ўзаро ўтувчи халақитларнинг пайдо бўлиш сабабчиси ҳисобланади.

Кўп каналли узатиш тизимининг сифатини ўзаро ўтувчи халақитлар нуқтан назаридан таъсир қилувчи ва таъсирга дучор бўлган каналлар ўртасидаги ўзаро ўтувчи сўниш деб аталувчи сўниш катталиги билан тавсифлаш мумкин.

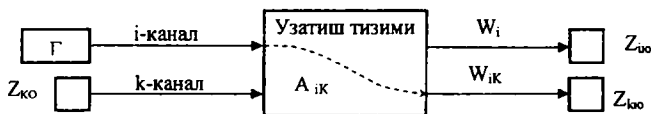
Ўзаро ўтувчи таъсирларни баҳолаш учун 2.3-расмни кўриб чиқайлик, бу ерда қуйидаги белгилашлар қабул қилинган: Γ - таъсир қилувчи i -каналнинг киришига уланган ўлчаш сигнали генератори; Z_{∞} - таъсирга дучор бўлган k -канал киришидаги юклама қаршилиги; $Z_{i\infty}$ - i -канал чиқишидаги юклама қаршилиги; $Z_{\infty k}$ - k -

канал чиқишидаги юклама қаршилиги; W_i - таъсир қилувчи канал чиқишидаги сигнал қуввати; $W_{ик}$ - таъсирга дучор бўлган канал чиқишидаги сигнал қуввати. Юқорида айтиб ўтилган сабаблар туфайли вужудга келган ўзаро ўтувчи ҳалақитларнинг сўниши қуйидагига тенг бўлади:

$$A_{ик} = 10 \lg \frac{W_i}{W_{ик}}. \quad (2.2)$$

$A_{ик}$ сўнишни каналнинг ўзаро ўтувчи ҳалақитлардан ҳимояланганлиги ҳам дейилади. Бу катталиқни билиш ўзаро ўтувчи ҳалақитнинг $W_{ик}$ қувват катталигини қуйидаги формула орқали аниқлаш имконини беради:

$$W_{ик} = 10^{-0.1 A_{ик}}, \quad \text{мВт.} \quad (2.3)$$



2.3-расм. Ўзаро ўтувчи ҳалақитларнинг сўнишини аниқлашга оид.

Кўп каналли узатиш тизимларини ташкил қилишда ҳал қилинадиган асосий масалалардан бири каналлар ўртасидаги ўзаро ўтувчи ҳалақитлар катталиқларининг уларнинг жоиз катталиқларидан ошиб кетмаслик шартларини таъминлашдан иборатдир. Ушбу катталиқлар ҳар бир аниқ ҳолатда сигналларнинг кўринишига, узатиш тизимининг мақсади ва алоқа сифатига қўйилган талабларга қараб аниқланади. Гуруҳли ёки кўп каналли сигнал узатиш трактининг берилган маълум тавсифларида элтувчилар тури ва ўзаро ўтувчи ҳалақитлардан ҳимояланганликнинг максимал қийматини таъминловчи уларнинг ажратиш ва ахборот параметрларини танлаш масаласи қўйилган бўлиши мумкин.

Кўп каналли узатиш тизимлари ташкил қилинаётганда каналларни ҳар хил модуляция турлари асосида вақт бўйича ва частотавий ажратиш кўпроқ тарқалган.

2.3. Каналлари частота бўйича ажратилган узатиш тизимида канал сигналларини шакллантириш принциплари

2.3.1. Каналларни частота бўйича ажратиладиган узатиш тизимининг тузилиш схемаси

Каналларни частота бўйича ажратиладиган кўп каналли узатиш тизимлари (КЧА УТ) бир хил ёки спектрлари бир-бирининг устини қоплайдиган, сигналларни чизиқли ажратувчи тизимлар синфига киради. КЧА УТ да канал сигналларини элтувчилар сифатида турли частотали гармоник тебранишлардан фойдаланилади, ушбу тебранишларнинг бир ёки бир нечта параметрларининг модуляцияси эса канал сигналларини шакллантириш усуллари ҳисобланади. Канал сигналларини элтувчиларни *элтувчи тебранишлар ёки элтувчи частоталар* дейилади.

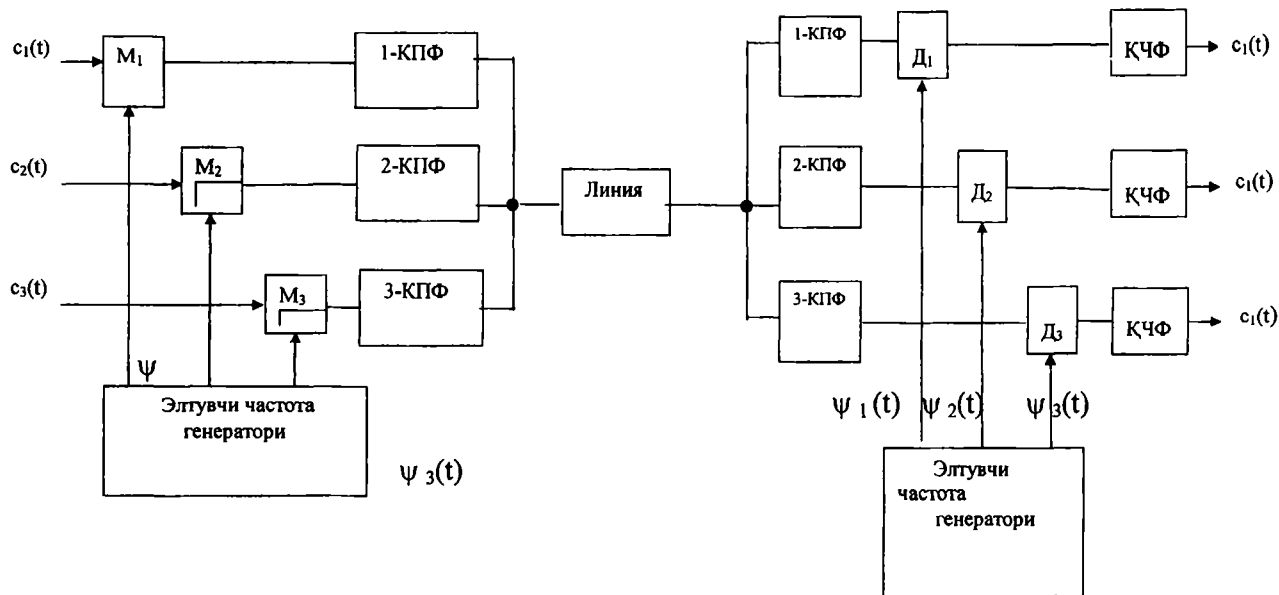
Маълумки, элтувчи частота параметрларидан бирининг модуляцияси модуляцияловчи сигнал спектрини элтувчи тебранишнинг частоталари ва модуляция тури билан аниқланадиган частоталар спектрига кўчиради.

КЧА УТ ни ташкил қилишнинг моҳияти шундан иборатки, ҳар бир бирламчи сигнал спектри элтувчи частоталар ёрдамида алоқа линияси (электр сигнал тарқаладиган физик муҳит) нинг унга ажратилган частоталар полосасига кўчирилади. Шундай йўл билан бир-бирининг устини қопламайдиган спектрли канал сигналлари шаклланади (2.4-расм).

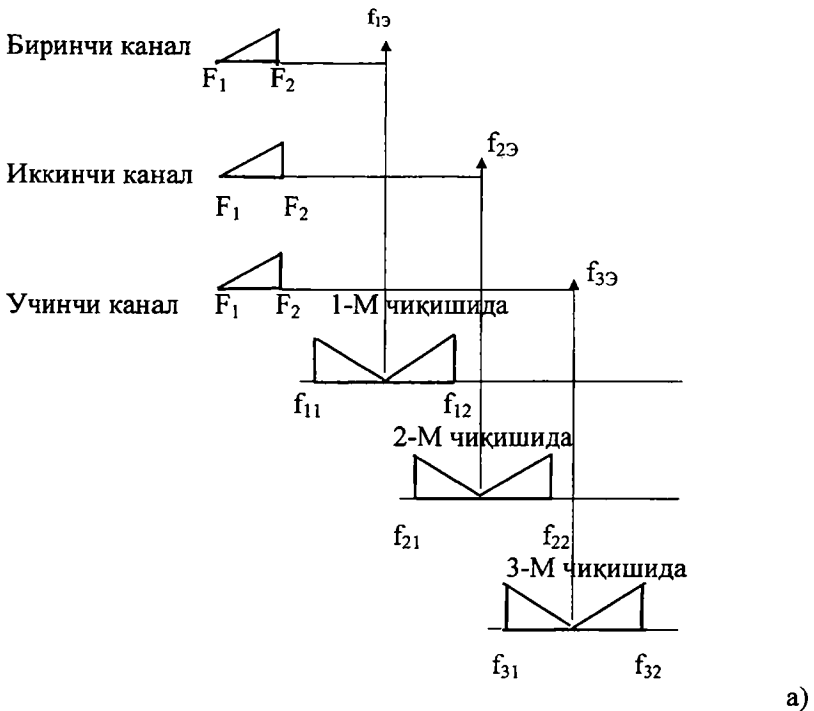
M_1, M_2 ва M_3 канал модуляторлари киришига $c_1(t)$, $c_2(t)$ ва $c_3(t)$ бирламчи сигналлар келиб тушади, уларнинг $S_1(f)$, $S_2(f)$ ва $S_3(f)$ спектрлари бир хил $\Delta F_C = F_1 \dots F_2$ частоталар полосасини эгаллайди (2.5.а-расм.).

Гармоник тебранишлар- $\psi_1(t)$, $\psi_2(t)$ ва $\psi_3(t)$ элтувчиларни ифодаловчи, яъни $f_{1\Omega}$, $f_{2\Omega}$ ва $f_{3\Omega}$ элтувчи частоталар ёрдамида бирламчи сигналлар биринчи канал учун $f_1' \dots f_1''$, иккинчи канал учун $f_2' \dots f_2''$ ва учинчи канал учун $f_3' \dots f_3''$ частоталар полосасини эгалловчи канал сигналларига ўзгаради (2.5.б-расм).

Канал сигналлари полосали канал филтрлари билан (биринчи канал учун 1-ПКФ, иккинчи канал учун 2-ПКФ ва учинчи канал учун 3-ПКФ) ажратилади.



2.4-расм. Каналларни частота бўйича ажратиладиган узатиш тизимининг тузилиш схемаси.

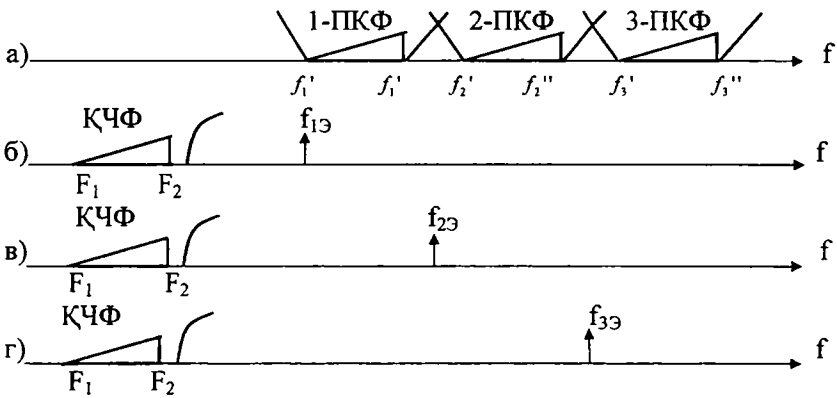


2.5-расм. Узатувчи қисм-узатиш трактидаги каналларни частота бўйича ажратиладиган узатиш тизимида канал сигналларини шакллантириш.

Гуруҳли сигнал спектри уч полосадан иборат бўлиб у f_1' да f_3'' гача бўлган умумий частоталар диапазонини эгаллайди.

Қабул қилувчи қисмида канал сигналларини биринчи канал учун 1-ПКФ, иккинчи канали учун 2-ПКФ, учинчи канали учун 3-ПКФ ажратувчи полосали канал филтрлари ёрдамида ажратиш содир бўлади. Каналлари частота бўйича ажратиладиган узатиш

тизимининг қабул қилувчи қисмининг сигналларини спектр диаграммаси 2.6-расмда келтирилган.

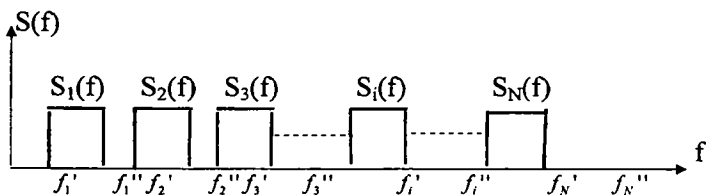


2.6-расм. Қабул қилувчи қисм – қабул қилиш трактда канал сигналларини ўзгартириш.

2.6.а-расмда каналлари частота бўйича ажратилган узатиш тизимининг қабул қилувчи қисми ёки қабул қилиш трактининг ажратувчи полосали канал фильтрлари (1-ПКФ, 2-ПКФ, 3-ПКФ) нинг чиқишидаги канал сигналлари кўрса-тилган. Ажратиб олинган канал сигналлари биринчи канал D_1 демодуляторининг, иккинчи канал D_2 демодуляторининг ва учинчи канал D_3 демодуляторининг киришига келиб тушади (2.4-расмга қаранг). Демодуляторнинг бошқа киришига биринчи каналнинг $f_{1з}$, иккинчи каналнинг $f_{2з}$ ва учинчи каналнинг $f_{3з}$ элтувчи частоталари берилади. Демодуляторлар чиқишида $\Delta F_c = F_1 \dots F_2$ частоталар полосасига эга бирламчи сигналлар ва юқори частотали демодуляция маҳсулотлари ҳосил бўлади. Демодулятор чиқишига ўрнатилган куйи частотали фильтр (КЧФ) бирламчи сигналларнинг ΔF_c частоталар полосасини ажратиб олади ва юқори частотали демодуляция маҳсулотларини йўқотади.

КЧА УТ узатиш трактининг полосали канал фильтрларининг чиқишида сигналларнинг частоталар соҳасида ортогонал (тўғри бурчакли) бўлишини кўрсатиш қийин эмас. N каналли узатиш

тизимини кўриб чиқайлик, унинг канал сигналларининг спектрлари 2.7-расмда келтирилган.



2.7-расм. Каналлари частота бўйича ажратиладиган N каналли УТ канал сигналларининг спектри.

Канал сигналлари спектри учун (2.7-расмга қаранг) қуйидаги шартлар ўринлидир:

$$\left. \begin{aligned}
 S_1(f) & \begin{cases} \neq 0 & f'_1 \leq f \leq f''_1 \\ = 0 & f'_1 > f > f''_1 \end{cases} & \text{бўлганда,} \\
 \dots\dots\dots \\
 S_2(t) & \begin{cases} \neq 0 & f'_2 \leq f \leq f''_2 \\ = 0 & f'_2 > f > f''_2 \end{cases} & \text{бўлганда.}
 \end{aligned} \right\} (2.4)$$

$S(f) = S_i(f)$ кўп каналли-гуруҳли сигналлар эгаллаган умумий частоталар диапазони f'_1 дан f''_N гача бўлган частоталар соҳасида жойлашган. $s_i(t)$ канал сигналлари спектрлари бир-бирининг устини қопламайди ва шунинг учун:

$$\int_{f'_i}^{f''_i} S_i(t) S_n(f) df = \begin{cases} A_i & i = n \\ 0 & i \neq n \end{cases} \quad \text{бўлганда,} \quad (2.5)$$

бу ерда A_i - i - канал сигналининг энергияси билан аниқланидиган баъзи бир ўзгармас катталиқ.

(2.5) ифода частотанинг ортогонал функцияларининг канал сигналларини спектрларини изохлашини кўрсатмоқда, демак, улар ҳаммиша ажраладиган спектрлардир. Канал сигналлари $s_1(t)$, $s_2(t) \dots s_N(t)$ -вақт функциялари сифатида ҳам ортогоналдир, буни Фурье алмаштиришлари ёрдамида исботлаш осон.

Агар i -ажратувчи $K_i(f)$ поласали канал филтрининг узатиш коэффициенти модули (частотавий тавсифи) куйидаги шартни қаноатлантурса:

$$K_i(f) = \begin{cases} 1 & f_i' \leq f \leq f_i'' \\ 0 & f_i > f > f_i'' \end{cases} \quad \text{бўлганда,} \quad (2.6)$$

гуруҳли сигналдан i -канал сигналини ажратиб олиш амалга ошади.

Бу ифода идеал поласали филтрининг частотавий тавсифига мос келади. Реал поласали филтрлар эффе́ктив сўниш поласасида маълум даражадаги, лекин сўнги сўнишга ва ўтиш соҳаси-филтрсизлаш поласасига эга. Шунинг учун канал сигналларини реал филтрлар ёрдамида канал сигналлари спектрлари оралигида ажралишини таъминлаш учун Δf_x химоявий частотавий интерваллар бўлиши керак, уларнинг кенглиги поласали канал филтрларини филтрсизловчи полоса кенглигини аниқлайди.

Поласали ажратувчи канал филтрларининг номукам-маллиги каналлараро ўтувчи халақитларни вужудга келтиради.

Агар барча канал сигналлари бир хил частоталар поласасига эга, яъни $\Delta f_i = \Delta f$ бўлса, гуруҳли сигналнинг трактга узатиладиган ΔF умумий частоталар поласаси бир канал учун ажратиладиган Δf_i частоталар поласаси, каналларнинг Δf_{xi} химоявий частотавий интервали ва N сони билан аниқланади:

$$\Delta F_x = \sum_{i=1}^N (\Delta f_i + \Delta f_{xi}) \quad (2.7)$$

ёки

$$\Delta F = N(\Delta f + \Delta f_x). \quad (2.8)$$

Бир канал учун ажратиладиган Δf частоталар поласаси канал сигналларини шакллантириш усули билан аниқланади ва унинг кенглиги бирламчи сигналнинг ΔF_c бошланғич частоталар поласасига тенг ёки ундан кенг, яъни $\Delta f \geq \Delta F_c$ бўлиши мумкин. Алоқа линиясидан тежамли фойдаланиш учун гуруҳли сигнал частоталар поласасининг кенглиги каналнинг белгиланган N сониди иложи борича кичик бўлиши керак. $\Delta f = \Delta F_c$ бўлганда, гуруҳли сигналнинг частоталар поласаси минимал кенгликка эга бўлади.

Шунинг учун КЧА УТ ни ташкил қилишда канал сигналларини шакллантирувчи усулни танлаб олиш катта аҳамиятга эга.

2.3.2. Канал сигналларини шакллантириш

Каналларни частота бўйича ажратилган узатиш тизимларида канал сигналларини шакллантиришнинг асосий усули сифатида гармоник тебраниш–элтувчи частотани амплитудавий модуляциялаш усулидан фойдаланилади. Бу усул алоқа линиясининг частотавий спектридан жуда самарали фойдаланишга имкон беради.

Элтувчи тебраниш куйидаги кўринишда ифодаланади:

$$\psi(t) = U_{\omega} \cos(\omega t + \varphi_{\omega}) = U_{\omega} \cos(2\pi f t + \varphi_{\omega}), \quad (2.9)$$

бу ерда U_{ω} -элтувчи тебраниш амплитудаси, f -элтувчи тебраниш частотаси, ω -айланма частота, φ_{ω} -элтувчи тебранишнинг бошланғич фазаси.

Бирламчи сигнал мураккаб тебраниш бўлиб, унинг частоталар спектри $F_1 \dots F_2$ (ёки $\Omega_1 \dots \Omega_2$) полоса билан чекланган, яъни:

$$c(t) = \sum_{\Omega_i=\Omega_1}^{\Omega_2} U_{\Omega_i} \cos(\Omega_i t + \varphi_{\Omega_i}), \quad (2.10)$$

бу ерда U_{Ω_i} -бирламчи сигнал i -частотавий ташкил этувчисининг амплитудаси, Ω_i -бирламчи сигналнинг i -частотавий ташкил этувчиси, φ_{Ω_i} -бирламчи сигнал i -частотавий ташкил этувчисининг бошланғич фазаси. Формулалар ва боғланишлардан олинган хулосаларни соддалаштириш учун, $c(t)$ модуляцияловчи сигнални куйидаги кўринишдаги бир частотали гармоник тебранишдан иборат деб фараз қилайлик:

$$c(t) = U_{\Omega} \cos(\Omega t + \varphi_{\Omega}). \quad (2.11)$$

Бундай фараз билан таҳлил қилишни амалга ошириш, сўнгра эса олинган хулосаларни мураккаб модуляцияловчи тебраниш-бирламчи сигналга татбиқ этиш нисбатан осондир.

Амплитудавий модуляцияланган сигналларнинг таҳли-ли. Элтувчи тебраниш (2.9) амплитудаси гармоник сигнал (2.11) билан модуляцияланганда амплитудавий модуляцияланган тебра-ниш қуйидаги кўринишни олади:

$$\begin{aligned} s(t) &= [U_{\omega} + U_{\Omega} \cos(\Omega t + \varphi_{\Omega})] \cos(\omega t + \varphi_{\omega}) = \\ &= U_{\omega} \left[1 + \frac{U_{\Omega}}{U_{\omega}} \cos(\Omega t + \varphi_{\Omega}) \right] \cos(\omega t + \varphi_{\omega}). \end{aligned} \quad (2.12)$$

$\frac{U_{\Omega}}{U_{\omega}} = m$ катталикини модуляциялаш чуқурлиги коэффициенти дейлади, бу ифодани ҳисобга олган ҳолда амплитудавий модуляцияланган сигнал учун (2.12) қуйидаги кўринишга эга бўлади:

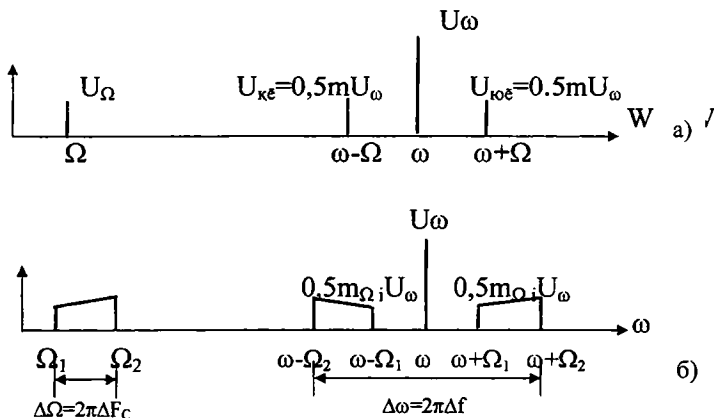
$$s(t) = U_{\omega} [1 + m \cos(\Omega t + \varphi_{\Omega})] \cos(\omega t + \varphi_{\omega}). \quad (2.13)$$

Чизикли амплитудавий модуляциялашда $m \leq 1$ бўлади.

Унча мураккаб бўлмаган тригонометрик алмаштиришлар орқали (2.13) ифода қуйидаги кўринишга келтирилади:

$$\begin{aligned} S(t) &= U_{\omega} \cos(\omega t + \varphi_{\omega}) + \frac{m}{2} U_{\omega} \cos[(\omega - \Omega)t + (\varphi_{\omega} - \varphi_{\Omega})] + \\ &+ \frac{m}{2} U_{\omega} \cos[(\omega + \Omega)t + (\varphi_{\omega} + \varphi_{\Omega})] \end{aligned} \quad (2.14)$$

Бу ифоданинг таҳлили шуни кўрсатадики, амплитудавий модуляцияланган сигнал спектри таркибида U_{ω} амплитудали элтувчи тебраниш ҳамда шу тебранишга нисбатан симметрик ва $U_{\pm} = \frac{m}{2} U_{\omega}$ га тенг бўлган бир хил амплитудали икки ёндош частотали тебранишлар мавжуд. Бирламчи сигнал ва амплитудавий модуляцияланган сигналнинг гармоник тебраниш билан модуляциялангандаги спектри 2.8.а -расмда кўрсатилган.



2.8-расм. Бирламчи сигнал ва амплитудавий модуляцияланган канал сигналининг гармоник тебраниш (а) ва мураккаб сигнал (б) билан модуляциялангандаги спектри.

Агар бирламчи сигнал $\Omega_1 \dots \Omega_2$ частоталар полосаси билан чекланган мураккаб сигнални ифодаласа, амплитудавий модуляцияланган сигнал куйидаги кўринишга эга бўлади:

$$s(t) = U_\omega \left[1 + \sum_{\Omega_i = \Omega_1}^{\Omega_2} m_{\Omega_i} \cos(\Omega_i t + \varphi_{\Omega_i}) \right] \cos(\omega t + \varphi_\omega) \quad (2.15)$$

ёки

$$s(t) = U_\omega \cos(\omega t + \varphi_\omega) + \frac{1}{2} U_\omega \sum_{\Omega_i = \Omega_1}^{\Omega_2} m_{\Omega_i} \cos[(\omega - \Omega_i)t + (\varphi_\omega - \varphi_{\Omega_i})] + \frac{1}{2} U_\omega \sum_{\Omega_i = \Omega_1}^{\Omega_2} m_{\Omega_i} \cos[(\omega + \Omega_i)t + (\varphi_\omega + \varphi_{\Omega_i})], \quad (2.16)$$

бу ерда $m_{\Omega_i} - U_{\Omega_i}$ амплитудавий модуляцияловчи сигналнинг i -ташкил этувчиси бўйича аниқладиган амплитудавий модуляциялаш чуқурлиги. Чизикли амплитудавий модуляцияланганда $\sum m_{\Omega_i} \leq 1$; $\frac{1}{2} m_{\Omega_i} U_\omega = U_{\Omega_i} - \omega \pm \Omega_i$ ёндош частота кучла-нишининг амплитудаси (юқори ёндош частотага «+» ишора, куйи ёндош частотага «-» ишора мос келади). Чизикли модуляциялашда (2.13) ва (2.15) формулалардаги квадратик қавсларда турувчи ифодалар ҳар доим мусбат бўлади (чунки $1 \geq m \geq 0$) ва $\omega \gg \Omega$

бўлганда, улар модуляцияланган тебранишнинг эгилишини ифодалайди.

(2.16) ифодадан амплитудавий модуляцияланган сигнал спектрининг таркибида элтувчи частота ва унга нисбатан симметрик бўлган икки ёндош частоталар полосаси (юқори ва қуйи) нинг мавжудлиги кўриниб турибди. амплитудавий модуляцияланганда канал сигнали спектрининг тўла кенглиги бирламчи сигналнинг энг юқори частотасини иккиланганига тенг: $\Delta f = 2F_2$ (2.5.б-расмдан $\Delta\omega = \omega + \Omega_2 - \omega + \Omega_2 = 2\Omega_2 = 2\pi\Delta f = 4\pi F_2$ га тенглиги, бундан $\Delta f = 2F_2$ га тенглиги келиб чиқади).

Амплитудавий модуляцияланган сигналнинг W_{AM} қуввати элтувчи тебраниш, қуйи ёндош $W_{\omega-\Omega}$ ва юқори ёндош $W_{\omega+\Omega}$ тебранишлар қувватлари йиғиндисига тенг. Ёндошларнинг қувватлари тенг, яъни $W_{\omega-\Omega} = W_{\omega+\Omega} = W_{\epsilon}$. Демак,

$$W_{AM} = W_{\omega} + W_{\omega-\Omega} + W_{\omega+\Omega} = W_{\omega} + 2W_{\epsilon}. \quad (2.17)$$

(2.14) формуладан шартли юкломанинг R қаршилигида ёндош тебранишнинг қуввати $W_{\epsilon} = \frac{U_{\epsilon}^2}{8R} m^2$ га, элтувчи тебранишнинг қуввати эса $W_{\omega} = \frac{U_{\omega}^2}{2R}$ га тенглиги келиб чиқади. Ёндош тебраниш қувватининг элтувчи тебраниш қувватига нисбати қуйидагига тенг:

$$\frac{W_{\epsilon}}{W_{\omega}} = \frac{U_{\omega}^2}{8R} m^2 \bigg/ \frac{U_{\omega}^2}{2R} = \frac{1}{4} m^2. \quad (2.15)$$

$m \leq 1$ бўлганда $W_{\epsilon} = 0,25m^2$ га тенг; $W_{\omega} \leq 0,25W_{\omega}$ бўлиши (2.18) дан кўриниб турибди демак,

$$W_{AM} = W_{\omega} (1 + 0,5m^2) \leq 1,5W_{\omega}. \quad (2.19)$$

(2.14) ва (2.19) муносабатларга биноан, амплитудавий модуляциялашда элтувчи тебранишнинг қуввати ўзгармай қолади, амплитудавий модуляцияланган сигналнинг қуввати эса m модуляциялаш чуқурлиги коэффицентига боғлиқ бўлган $2W_{\omega}$,

катталиққа ошади; бунда амплитудавий модуляцияланган сигналнинг қуввати 1,5 мартагача ошиши мумкин.

Амплитудавий модуляциялаш қатор афзалликларга эга бўлган ҳолда (техник жиҳатдан амалга оширишнинг осонлиги, амплитудавий модуляцияланган сигналнинг частоталар полосасини нисбатан унча кенг бўлмаслиги ва уни кичрайтириш имкониятининг мавжудлиги, амплитудавий модуляцияланган сигнални демодуляциялашнинг осонлиги), маълум камчиликларга ҳам эга, уларнинг асосийлари қуйидагилардан иборатдир: 1) ҳалақитга бардошлиликнинг пастлиги; 2) амплитудавий модуляцияланган сигналнинг асосий қуввати таркибида фойдали ахборот бўлмаган элтувчи тебранишларга тўғри келади, бу узатиш тракти элементлари (асосан кучайтиргич қурилмалари) нинг беҳуда юкланишига олиб келади.

(2.14) ва (2.16) формулалардан бошланғич-бирламчи сигналнинг фақат ёндош частоталар полосалари таркибидагина бўлиши кўриниб турибди ва шунинг учун қабул қилишда амплитудавий модуляцияланган сигналдан бирламчи сигнални тиклаш учун амплитудавий модуляцияланган сигналнинг барча спектрини канал орқали узатиш шарт эмас. Шунинг учун кўп каналли КЧА УТ дан фойдаланиш соҳасига ва уларнинг ишлашларининг ўзига хос хусусиятига кўра, канал амплитудавий модуляцияланган сигналларни шакллантириш ва узатишнинг турли усулларини қўллаш мақсадга мувофиқдир. Амплитудавий модуляцияланган сигналларни узатишнинг қуйидаги усуллари мавжуд:

икки ёндош полоса ва элтувчи частотани узатиш; бу ҳолда бир канал сигнали учун ажратиб олинadиган частоталар полосаси қуйидагига тенг:

$$\Delta f = 2F_2, \quad (2.20)$$

бу ерда F_2 -бирламчи сигналнинг максимал частотаси;

элтувчисиз икки ёндош частоталар полосасини узатиш; бу ҳолда бир канал сигнали учун ажратиб олинadиган частоталар полосаси қуйидагига тенг:

$$\Delta f = 2F_{2i}; \quad (2.21)$$

бир ёндош частоталар полосаси ва элтувчиلى узатиш; бу ҳолда бир канал сигнали учун ажратиб олинадиган частоталар полосаси қуйидагига тенг:

$$\Delta f = F_2; \quad (2.22)$$

элтувчисиз бир ёндош частоталар полосасини узатиш; бу ҳолда бир канал сигнали учун ажратиб олинадиган частоталар полосаси қуйидагига тенг:

$$\Delta f = \Delta F_c, \quad (2.23)$$

бу ерда ΔF_c - бирламчи сигналнинг частоталар полосаси;

бир ёндош частоталар полосаси, элтувчини ва иккинчи ёндош частоталар полосасининг бир қисмини узатиш; бу ҳолда бир канал сигнали учун ажратиб олинадиган частоталар полосаси қуйидагига тенг:

$$\Delta f = F_2 + F_6, \quad (2.24)$$

бу ерда F_6 -иккинчи (қисман бостирилган) ёндош частоталар полосасига узатиладиган бирламчи сигналнинг максимал частотаси. Одатда бу усул учун $\Delta f \cong 1,2F_2$.

Барча бу усуллар КЧА УТ да канал сигналларини шакллантиришнинг, қабул қилишда канал сигналларини чизиқли ажратиш ва бирламчи сигналларни тикланишининг асосий имкониятини таъминлайди. Лекин бу усулларни амалда рўёбга чиқариш турли техник ечимларни талаб қилади.

2.4. Каналлари частота бўйича ажратилган узатиш тизимининг каналлари ва трактларидаги бузилишлар

$s_i(t)$ канал сигналлари гуруҳли ёки $S(t)$ кўп каналли сигналга бирикади, қабул қилиш қурилмаларида кўп каналли сигнални канал сигналларига ажралгунига қадар у гуруҳли (кўп каналли) трактлар бўйича узатилади. $S(t)$ сигнал гуруҳли трактнинг элементлари орқали ўтаётганда турли кўринишдаги бузилишлар содир бўлади. Каналлари частота бўйича ажратиладиган узатиш

тизими (КЧА УТ) ташкил қилинаётганда канал сигналлари спектрининг ортогонал бўлмаслигига олиб келувчи бузилишларга алоҳида аҳамият бериш керак. Бунда частотавий филтрлар қабул қилишда канал сигналларини ажрата олмайди, бу эса қабул қилишда канал сигналларини идеал тарзда ажратиб бўлмаслиги туфайли, каналлараро ўтишларнинг содир бўлишига ёки каналлар ўртасида ўтиш таъсирларига олиб келади. Барча турли-хил бузилишлардан икки тури: чизикли ва ночизикли бузилишларни кўриб чиқайлик. Гурухли сигнални бузилишсиз узатилиши учун гурухли трактнинг амплитудавий тавсифини чизиклилигини, амплитуда-частотавий тавсифининг ўзгармаслигини ва фаза-частотавий тавсифининг чизиклилигини таъминлаш зарур. Амплитудавий тавсиф гурухли трактнинг ночизикли бузилишларини, амплитуда-частотавий ва фаза-частотавий тавсифлар эса чизикли бузилишларини белгилайди. КЧА УТ гурухли трактининг бу тавсифларининг гурухли сигнални узатиш сифатига таъсирини ва каналлараро ўтишларнинг содир бўлиши мумкинлигини кўриб чиқайлик.

Гурухли сигналнинг чизикли бузилишлари. Кўп каналли узатиш тизимидаги ҳар қандай канал ёки гурухли трактни узатишнинг кучланиш ёки ток бўйича $K(\omega)$ мажмуа коэффиценти билан тавсифланувчи чизикли тўрткүтблик сифатида кўриб чиқиш мумкин (2.9.a -расм):

$$\underline{K}(\omega) = K(\omega)e^{+jb(\omega)}, \quad (2.25)$$

бу ерда $K(\omega)$ - узатишнинг мажмуа коэффицент модули ёки амплитуда-частотавий тавсифи (АЧТ) ва $b(\omega)$ - фаза - частотавий тавсиф (ФЧТ). Чизикли бузилишларни аниқлашда ФЧТ ўрнида гурухли ўтиш вақти (ГЎВ) нинг қуйидаги частотавий тавсифидан фойдаланилади:

$$\tau(\omega) = \frac{db(\omega)}{d\omega}. \quad (2.26)$$

АЧТ ўрнида кўпинча трактнинг қуйидагига тенг сўниш катталигидан фойдаланилади:

$$A(\omega) = 20 \lg[1/K(\omega)] = -20 \lg K(\omega). \quad (2.27)$$

Гуруҳли тракт киришига N та ортогонал канал сигналлари йиғиндисидан иборат гуруҳли сигнал узатилади (2.9.а-расмга қаранг):

$$S(t) = \sum_{i=1}^N s_i(t) , \quad (2.28)$$

бу сигналнинг спектри бир-бирининг устини қопламайдиган (ортогонал) N та канал сигналлари спектрларининг йиғиндисига тенг:

$$G(\omega) = \sum_{i=1}^N g_i(\omega) . \quad (2.29)$$

Агар бузилмаган узатиш шартлари бажарилса, бу ҳолда гуруҳли тракт (канал) да чизикли бузилишлар бўлмайди.

1. Амплитуда-частотавий (ёки частотавий) бузилишларнинг бўлмаслик шarti; бу шарт гуруҳли сигналнинг частоталар полосасида АЧТ нинг ўзгармаслигини ифодалайди (2.9-расм):

$$K(\omega) = K_0 = const \quad \omega_1 \leq \omega \leq \omega_2 \text{ бўлганда} \quad (2.30)$$

ёки

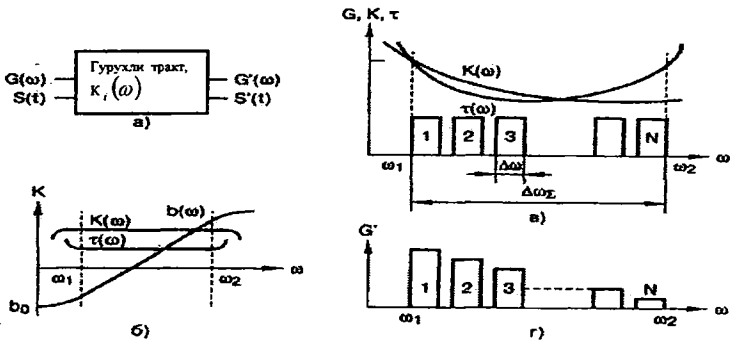
$$A(\omega) = A_0 = const. \quad (2.31)$$

2. Фаза-частотавий (фазавий) бузилишларнинг бўлмаслик шarti; бу шарт гуруҳли сигналнинг частоталар полосасида ФЧТ нинг чизикли боғлиқлигини ифодалайди (2.9.б -расмга қаранг):

$$b(\omega) = \omega\tau \pm 2\pi k \quad \omega_1 \leq \omega \leq \omega_2 \text{ ва } k = 0.1.2... \text{ ва бўлганда} \quad (2.32)$$

ёки гуруҳли сигналнинг частоталар полосасида гуруҳли ўтиш вақтининг ўзгармаслигини ифодалайди (2.9.б -расм):

$$\tau(\omega) = \frac{db(\omega)}{d(\omega)} = \tau = const \quad \omega_1 \leq \omega \leq \omega_2 \text{ бўлганда.} \quad (2.33)$$



2.9-расм. Гурухли трактнинг чизикли бузилишларини ва уларнинг каналларни частота бўйича ажратиладиган узатиш тизимларидаги сигналларни узатиш сифатига таъсири.

Гурухли тракт (канал) нинг чиқишидаги $G(\omega)$ гурухли сигнал спектри гурухли трактнинг киришидаги $G(\omega)$ гурухли сигнал спектри $\underline{K}(\omega)$ узатишнинг мажмуа коэффициентига кўпайтмасига яъни қуйидагига тенг:

$$G'(\omega) = G(\omega) \cdot \underline{K}(\omega) \quad (2.34)$$

ёки (2.25) ни ҳисобга олган ҳолда, қуйидагини оламир:

$$G'(\omega) = \underline{K}(\omega) \sum_{i=1}^N g_i(\omega) = \sum_{i=1}^N g_i(\omega) \underline{K}(\omega). \quad (2.35)$$

Гурухли трактнинг киришидаги $g_i(\omega)$ канал сигналлари спектрлари спектри бўйича кесишмайдиган (1 тур) тўпламини ифодалайди ва улар (2 турдаги) ортогоналлик шартини қаноатлантиради. Одатда $\omega_1 < \omega < \omega_2$ бўлганда, гурухли сигналнинг частоталар полосасида $K \neq 0$ бўлади, демак, (1) шарт гурухли тракт (канал)нинг чиқишидаги $g'_i(\omega) = \underline{K}(\omega) g_i(\omega)$ канал сигналлари спектрлари учун ҳам бажарилади. Шундай қилиб, гурухли трактнинг чиқишидаги канал сигналлари спектрлари ҳам бир-бирларининг устини қопламайди ва ортогоналлик шартини қаноатлантиради. Шунинг учун канал сигналлари қабул қилувчининг учиди частотавий канал филтрлари билан ажратиб олиниши мумкин, яъни каналларни частота бўйича

ажратиладиган узатиш тизимларида гуруҳли сигналнинг чизиқли бузилишлари каналлараро ўтишларга олиб келмайди.

Бузилмаган узатиш шартлари бажарилмаганда (2.9.в-расм), канал сигналларининг спектрларида амплитудавий (2.9.г-расм) ва фазавий муносабатлар ўзгаради ва чизиқли бузилишлар содир бўлади, уларда $s_i(t)$ канал сигнали ҳар бирининг шакли ўзича бузилади. Лекин айрим каналларда бундай бузилишлар унча кўп бўлмайди, чунки канал частоталарининг тор полосаси чегарасида АЧТ ва гуруҳли ўтиш вақти (ГЎВ) нинг частотавий тавсифи унча ўзгармайди.

Гуруҳли сигналнинг ночизиқли бузилишлари. Тракт киришидаги кучланишлар (тоқлар) билан унинг чиқишидаги кучланишлар (тоқлар) ўртасида мутаносибликнинг йўқлиги сигнал шаклининг бузилишларига олиб келади, уларни *ночизиқли бузилишлар* дейилади. Чиқиш кучланиши (тоқи)нинг кириш кучланиш (тоқи) га боғлиқлиги трактнинг амплитудавий тавсифи (АТ) билан изоҳланади, бу тавсиф куйидаги даражали қатор билан ифодаланиши мумкин:

$$S'(t) = a_1 S(t) + a_2 [S(t)]^2 + a_3 [S(t)]^3 + \dots, \quad (2.36)$$

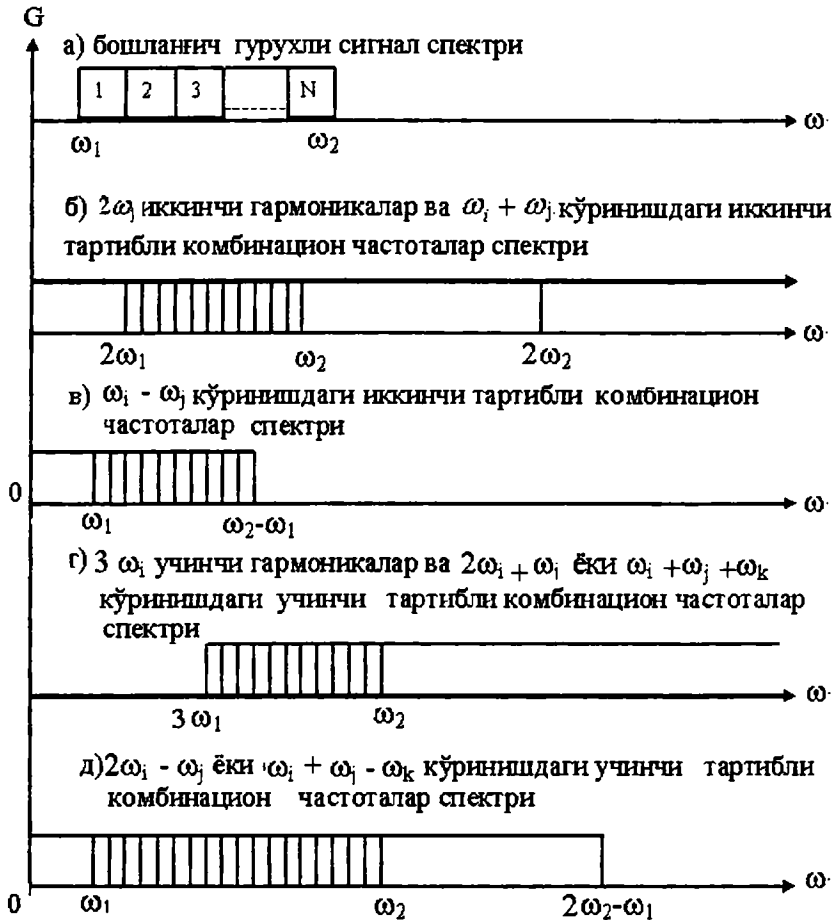
бу ерда $S(t)$ - гуруҳли тракт киришидаги гуруҳли (кўп каналли) сигналнинг кучланиши (тоқи) ва $S'(t)$ -гуруҳли тракт чиқишидаги гуруҳли сигналнинг кучланиши (тоқи) (2.5.а-расмга қаранг); a_1 , a_2 , a_3 ...- гуруҳли трактнинг АТ ни изоҳлайдиган даражали полином коэффициентлари. (2.36) даги биринчи кўшилувчи гуруҳли трактнинг чиқишидаги бузилмаган гуруҳли сигнални, қолганлари эса ночизиқли бузилишларни ёки ночизиқли халақитларни ифодалайди;

$$u_x(t) = a_2 [S(t)]^2 + a_3 [S(t)]^3 + \dots \quad (2.37)$$

Фурьенинг тўғри алмаштиришларидан фойдаланиб, гуруҳли тракт чиқишидаги гуруҳли сигнал спектрини аниқлаймиз (2.10.а -расмга қаранг):

$$G(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} S^*(t) e^{j\omega t} dt = a_1 G(\omega) + a_2 \int_{-\infty}^{\infty} [S(t)]^2 e^{-j\omega t} dt + a_3 \int_{-\infty}^{\infty} [S(t)]^3 \sqrt{e^{-j\omega t}} dt \dots \quad (2.38)$$

(2.38) даги биринчи кўшилувчи бузилмаган гуруҳли сигнал спектрини, қолганлари эса $u_x(t)$ ночизикли халақитлар спектрини ифодалайди.



2.10-расм. Каналлари частота бўйича ажратиладиган узатиш тизимининг гуруҳли трактларидаги ночизикли бузилишлар ва каналлараро ўтишларни вужудга келиши.

Агар $\omega_1 \dots \omega_2$ частоталар полосасини эгалловчи гуруҳли сигнал (2.6.а-расмга қ.) $S(t) = \sum_{\omega_1}^{\omega_2} U_i \cos \omega_i t$ кўринишдаги монохроматик (бир частотали) тебранишлар йиғиндисини ифодаласа, у ҳолда гуруҳли сигнал квадратининг [(2.38) даги иккинчи кўшилувчи)] спектри куйидагиларни ўз ичига олади:

спектри $2\omega_1$ дан $2\omega_2$ гача бўлган частоталар полосасини эгаллайдиган гуруҳли сигнал барча ташкил этувчиларининг $2\omega_i$ кўринишдаги иккинчи гармоникаларини (2.10.б -расм);

спектри $2\omega_1$ дан $2\omega_2$ гача бўлган частоталар полосасини эгаллайдиган $\omega_i + \omega_k$ кўринишдаги иккинчи тартибли йиғинди комбтнацион частоталарни (2.10.б -расмга қаранг);

спектри 0 дан $\omega_2 - \omega_1$ гача бўлган частоталар полосасини эгаллайдиган $\omega_i - \omega_k$ кўринишдаги иккинчи тартибли фарқли комбинацион частоталарни (2.10.в -расм).

Гуруҳли сигнал кубининг спектри [(2.238) даги учинчи кўшилувчи] куйидагиларни ўз ичига олади:

спектри $3\omega_1$ дан $3\omega_2$ гача бўлган частоталар полосасини эгаллайдиган гуруҳли сигнал ташкил этувчиларининг $3\omega_i$ кўринишдаги учинчи гармоникаларини (3.10.г -расм);

частота полосаси гуруҳли сигнал учинчи гармоникаларининг частота полосасига ўхшаш, $2\omega_i + \omega_k$ ва $\omega_i + \omega_j + \omega_k$ кўринишдаги учинчи тартибли йиғинди комбинацион частоталарни (2.10.г -расм);

спектри 0 дан $2\omega_2 - \omega_1$ гача бўлган частоталар полосасини эгаллайдиган $2\omega_i - \omega_k$ ва $\omega_i + \omega_j - \omega_k$ ва $\omega_i - \omega_j - \omega_k$ кўринишдаги учинчи даражали фарқли комбинацион частоталарни (2.10.д -расм).

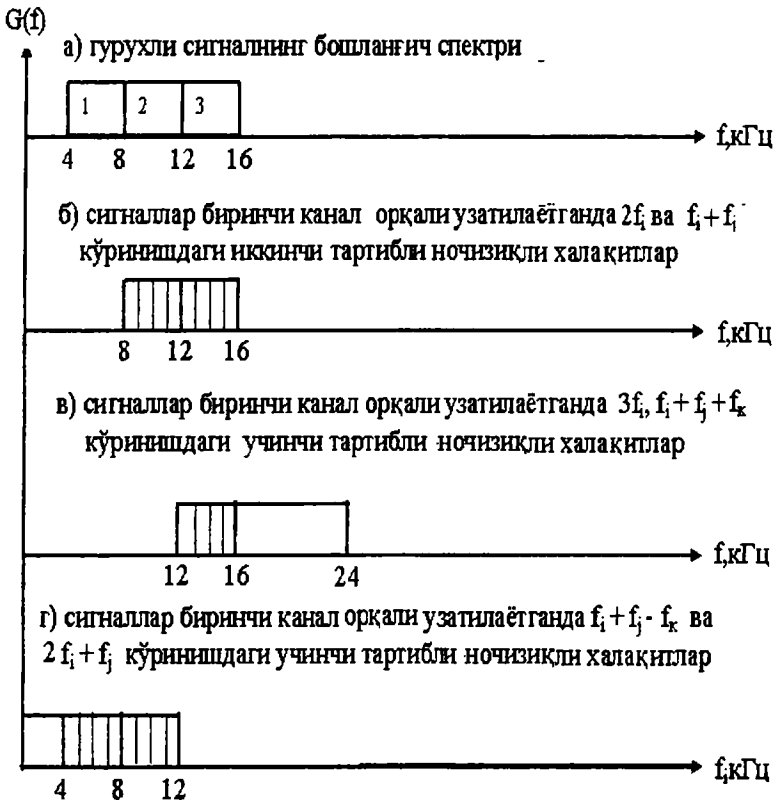
2.10-расмга биноан, гармоникалар ҳамда иккинчи ва учинчи тартибли комбинациялар кўринишидаги ночизикли халақитлар қисман ёки тўлиқ ҳолда ($2\omega - \omega_j$ кўринишдаги маҳсулотлар) гуруҳли сигналнинг $\omega_1 \dots \omega_2$ частоталар полосасига келиб тушади.

Агар сигнални фақат каналлардан бирининг киришига узатилса, у ҳолда бу сигнал (2.37) кўринишидаги ночизикли амплитудавий тавсифли гуруҳли тракт орқали ўтаётганида унинг спектри кенгайди (иккинчи ва учинчи гармоникалар, иккинчи ва учинчи тартибли комбинацион маҳсулотлар вужудга келади).

Бунда, 2.10-расмга биноан, бу каналнинг ночизикли халақитли спектри қўшни каналларнинг спектрлари билан қопланади.

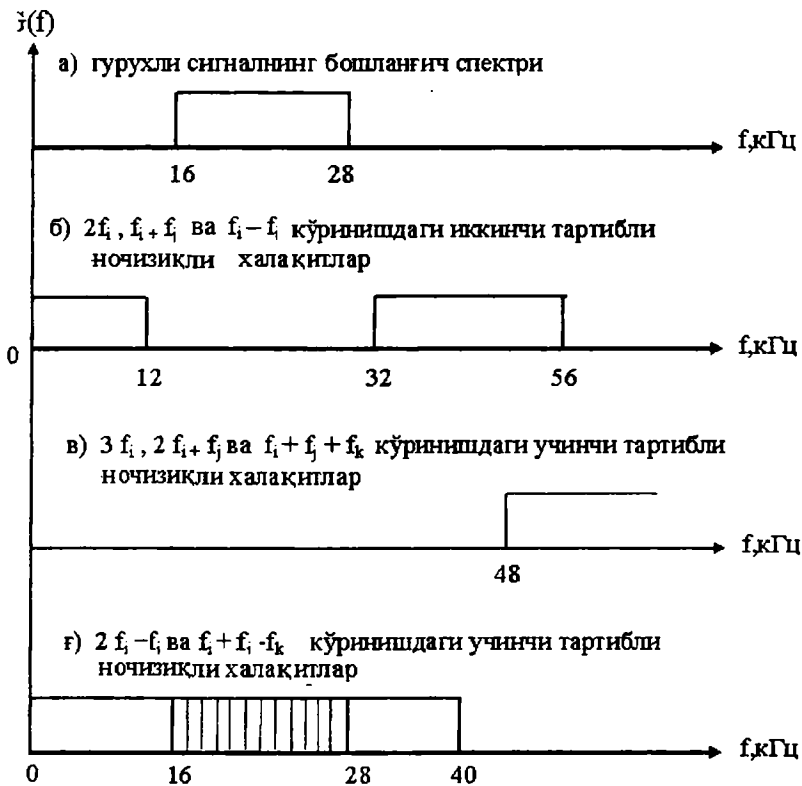
Бу бошқа каналларда ночизикли ўтиш халақитларини вужудга келишига сабаб бўлади. Шундай қилиб, КЧА УТ ни гуруҳли трактларидаги ночизикли бузилишлар каналлараў ўтишларни вужудга келтиради.

Мисол кўриб чиқайлик. Уч каналли КЧА УТ нинг гуруҳли сигнали 4 дан 16 кГцгача частоталар полосасини эгалласи биринчи канал 4–8 кГц, иккинчиси 8–12 кГц ва учинчиси 12–16 кГц частоталар диапазонини (яхлитланган) эгаллайди (2.11.а -расм).



2.11-расм. КЧА УТ нинг гуруҳли трактларида каналлараро ўтишлар ва ночизикли халақитларнинг вужудга келиши.

2.11-расмга биноан, сигнал биринчи канал орқали 4–8 кГц частоталар полосасида узатилаётганда гурухли трактнинг амплитудавий тавсифини ночизикли бўлганлиги туфайли, $2f_i$ ва $f_i + f_j$ кўринишдаги иккинчи тартибли ночизикли халақитлар (2.11.б-расм.), $3f_i$, $f_i + f_j + f_k$ ва $2f_i + f_j$ кўринишдаги учинчи тартибли ночизикли халақитлар (2.11.в-расм) ва $f_i + f_j - f_k$ ва $2f_i - f_j$ кўринишдаги учинчи тартибли ночизикли халақитлар (2.11.г-расм.) вужудга келади, улар иккинчи ва учинчи каналларнинг частоталар полосасига келиб тушади ва каналлараро ўтишлар кўринишида намоён бўлади (штрихланган қисмлар).



2.12-расм. β параметрнинг ночизикли халақитлар ва каналлараро ўтишларнинг спектр тақсимотига таъсири.

Каналлараро ўтишлар (таъсирлар) ни камайтириш мақсадиди КЧА УТ нинг гуруҳли трактлари қурилмаларига уларнинг амплитудавий тавсифлари эгриланишининг узатилаётган сигналнинг динамик диапазони чегарасида кичик бўлишлигини таъминлашга оид юқори талаблар қўйилади.

Ночизикли халақитлар ва каналлараро ўтишларни гуруҳли трактнинг нисбий кенг полосалилигини тавсифлайдиган $\beta = f_2/f_1$ параметрни танлаш орқали ҳам камайтириш мумкин. Ночизикли бузилишлар, ночизикли халақитлар ва каналлараро ўтишларни вужудга келишининг юқорида келтирилган механизмлари учун (2.12-расмга қаранг) параметр $\beta > 2$ бўлади ва бунга кўра иккинчи ва учинчи тартибли ночизикли халақитлар (гармоникалар ва комбинацион частоталар) гуруҳли трактнинг частоталар полосасига келиб тушади. Агар параметр $\beta < 2$ бўлса, қатор ночизикли маҳсулотлар гуруҳли трактнинг частоталар полосасига тушмайди.

Мисол кўриб чиқайлик. Гуруҳли тракт гуруҳли сигналга тегишли 16–28 кГц частоталар полосасини эгалласин (2.12.а -расм).

2.12-расмга биноан, бошланғич гуруҳли сигналнинг частоталар полосасига иккинчи тартибли ночизикли маҳсулотлар (гармо-никалар ва комбинацион частоталар) келиб тушмайди (2.8.б-расм), яна иккинчи турнинг учинчи тартибли ночизикли маҳсулотлари деб аталувчи учинчи тартибли ночизикли маҳсулотлар (гармоникалар ва йиғинди комбинацион частоталар) келиб тушмайди (2.12.в-расм) ва бошланғич гуруҳли сигналнинг частоталар полосасида учинчи тартибли ночизикли халақитлар-биринчи турнинг *учинчи даражали ночизикли маҳсулотлари* деб аталувчи фарқли комбинацион частоталар бўлади.

Мана шунинг учун частотани кўп марта ўзгартиришдан фойдаланган ҳолда, каналлар гуруҳи шакллантирилаётганда бошланғич гуруҳ, бирламчи, иккиламчи ва каналларнинг бошқа гуруҳи учун гуруҳли трактнинг кенг полосали параметри $\beta \leq 2$ шартни қаноатлантиради. Бу ҳолда каналлар гуруҳини навбатдаги ўзгартиришларда ночизикли халақитларнинг энг кам бўлиши таъминланади.

Ночизикли бузилишлар каналлар ўртасида ўзаро халақитларнинг вужудга келишига сабаб бўлади, улар асли пайдо бўлиши жиҳатидан ночизикли шовқин ёки бир каналдан бошқасига ўтувчи аниқ сўзлашув кўринишида намоён бўлиши мумкин, бошқа сигналлар (телеграфлар, маълумотлар, эшиттиришлар) ни узатиш

учун телефон частотали каналлардан фойдаланиш бу сигналларнинг бузилишига олиб келади.

2.5. Каналлари вақт бўйича ажратилган узатиш тизимини ташкил этиш принциплари ва уни ишлашининг ўзига хос хусусиятлари

2.5.1. Каналларни вақт бўйича ажратилган узатиш тизимининг тузилиш схемаси

Каналларни вақт бўйича ажратиш (КВА) ғояси бошқа каналларнинг сигналларига боғлиқ бўлмаган, i -каналга тегишли $c_i(t)$ бирламчи сигнал элементларини τ_{ik} турли вақт интервалларида умумий алоқа линияси орқали узатишдан иборат.

Кўпинча бирламчи сигналлар аналог (узлуксиз) сигналлар бўлиб, каналларни вақт бўйича ажратиш ғояси уларни дискретлаш зарурлигини ифодалайди. Дискретлаш амали дискретлаш теоремаси (ёки В.А. Котельников теоремаси) га биноан бажарилади [7]. Бу теорема электр алоқа сигналларига мувофиқ равишда қуйидаги кўринишда таърифланади: F_{\max} частота билан чекланган спектрли, ҳар қандай вақт давомида узлуксиз бўлган $c(t)$ сигнал унинг $T_d \leq \frac{1}{2F_{\max}}$ вақт интервалида олинган оний қийматлари

(саноғи) кетма-кетлиги орқали ифодаланган бўлиши мумкин. Демак, бирламчи сигналнинг ҳаммасини эмас, балки унинг вақт бўйича ажратилган бўлақларини узатиш мумкин. Бунда N та канал сигналларининг вақт бўйича ажратилган бўлақлари умумий алоқа линиялари орқали бир вақтда эмас, навбатма-навбат узатилиб, T_d вақт интервалида ҳар бир канал сигналига канал интервали деб аталувчи ўзининг $\tau_n = \frac{T_d}{N}$ вақт интервали тақдим этилган бўлиши керак.

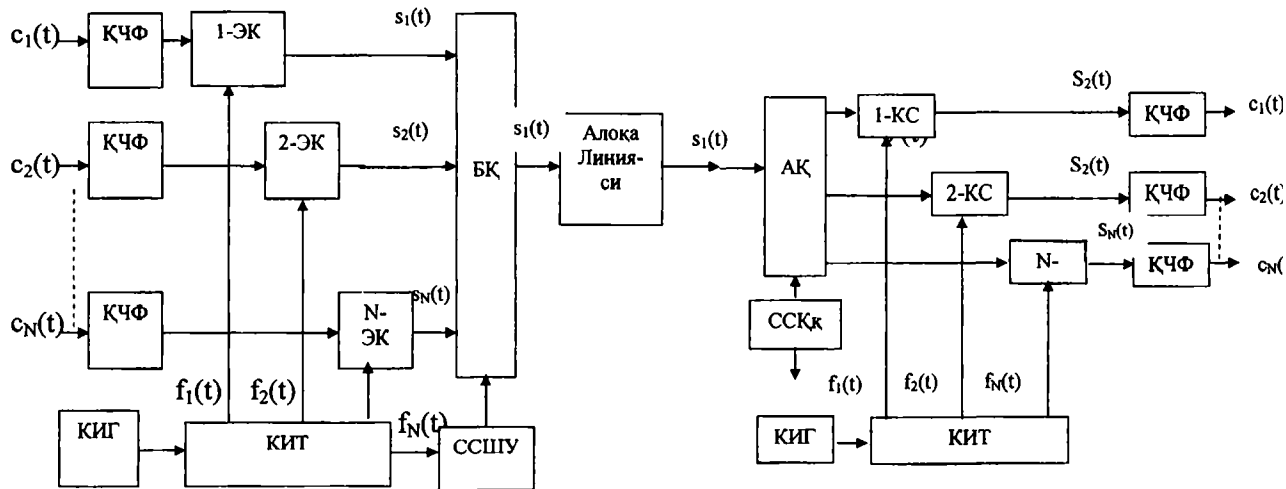
Илгари айтилганидек, бирламчи сигналлар (сўзлашув, эшиттириш, телевидение ва бошқалар) анча кенг частоталар диапазонини эгаллайди ва дискретлаш амалини ўтказишдан аввал бирламчи сигналнинг частоталар спектрини унга тегишли қуйи частоталар филтрити (ҚЧФ) ёрдамида чегаралаш зарур. Дискретлаш амали каналнинг электрон калити (ЭК) ёрдамида амалга оширилади. Унинг биринчи киришига $c(t)$ бирламчи сигнал,

бошқарув киришига эса T_0 даврли $f(t)$ тўғри бурчакли импульсларнинг даврий кетма-кетлиги (ТИДК) дан иборат элтувчи келиб тушади. ТИДК импульсларининг давомийлиги $\tau_n \ll T_0$. Сўнгра канал сигналлари бирлашади ва умумий гуруҳли тракт орқали узатилади. Қабул қилишдаги канал сигналларини ажратиш учун узатишдаги каналнинг электрон калитлари билан синхрон ишловчи канал селекторлари зарур.

Каналлари вақт бўйича ажратилган узатиш тизимининг умумий тузилиш схемаси 2.13-расмда келтирилган.

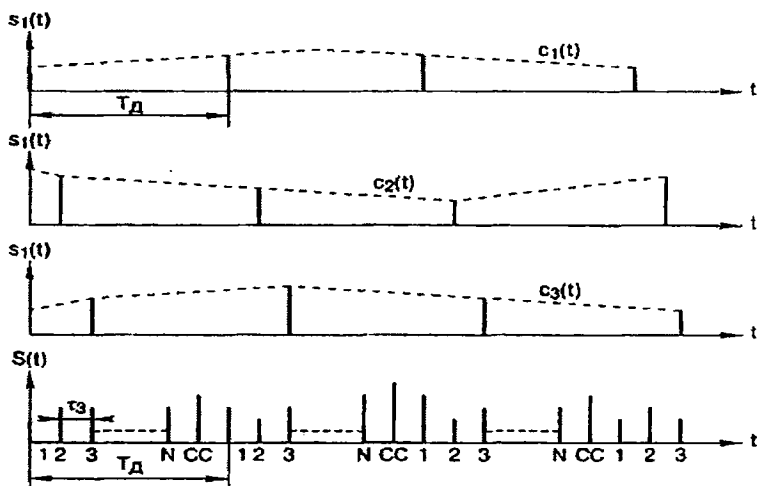
Бу ерда қуйидаги белгилашлар қабул қилинган: $c_1(t), c_2(t), \dots, c_N(t)$ – бирламчи сигналлар; ҚЧФ-қуйи частотали филтрлар, улар F_{\max} частотали бирламчи сигналларнинг частоталар полосасини чегаралайди ва қабул қилишдаги бирламчи сигналларни тиклайди; 1-ЭК, 2-ЭК, ..., N-ЭК-каналнинг электрон калитлари, улар частота бўйича чегараланган бирламчи сигналларни дискретлашни амалга оширади;

$s_1(t), s_2(t), \dots, s_N(t)$ – канал сигналлари; БҚ-бирлаштирувчи қурилма, у канал сигналлари билан узатишда каналнинг электрон калитларини ва қабул қилишда канал селекторларининг синхрон тарзда ишлашини таъминловчи синхросигналларни бирлаштиришга мўлжалланган; $S(t)$ – алоқа линиясининг киришдаги гуруҳли сигнал; 1-КС, 2-КС, 3-КС, ..., N - КС-канал селекторлари, улар тегишли канал сигналларини ажратиб олишни таъминлайди; АҚ-ажратувчи қурилма, у қабул қилишдаги канал сигналлари ва синхросигнални ажратишни таъминлайди; $S'(t)$ -халақитлар ва бузилишлар таъсирида ўзгарувчи алоқа линиясининг чиқишдаги гуруҳли сигнал; КИГ – узатиш ва қабул қилишдаги канал импульслари генератори ва КИТ–канал импульсларини тақсимлагич; ССШУ-синхросигнални шакллантиригич ва узаткич; ССҚҚ-синхросигнални қабул қилгич; $f_1(t), f_2(t), \dots, f_N(t)$ – тўғри бурчакли импульсларнинг даврий кетма-кетлиги (ТИДК), улар канал электрон калитларнинг ишини бошқаради. Баъзан электрон калитлар билан канал селекторларининг мажмуини электрон коммутаторлар дейилади, уларнинг ишини КИТ нинг чиқишдан чиқаётган импульслар бошқаради.



2.13-расм. Каналлари вақт бўйича ажратилган узатиш тизимининг тузилиш схемаси.

2.14-расмда КВА УТ даги канал сигналлари ва гурухли сигналнинг шаклланишини тушунтирувчи вақт бўйича диаграмма кўрсатилган.



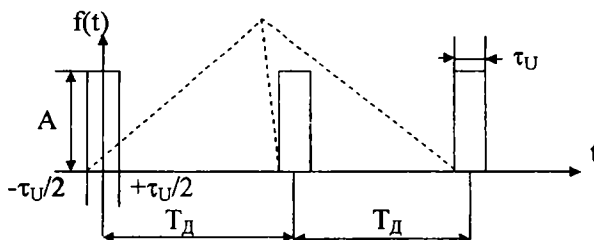
2.14-расм. Каналларни вақт бўйича ажратиш усули.

Узатишда каналнинг электрон калитларини ва қабул қилишда канал селекторларининг синхрон тарзда ишлашини таъминловчи синхронловчи сигнал (СС), канал сигналларининг вақт бўйича ажратилган импульсларидан нимаси биландир (амплитудаси, давомийлиги ва бошқалар) фарқланишини сезиш мумкин.

Канал сигналларини каналлари вақт бўйича ажратилган узатиш тизимларида шакллантириш. Каналлари вақт бўйича ажратилган узатиш тизимларида бир-бирига нисбатан τ_x ҳимоя интервали катталигига силжиган (2.14-расмга қаранг), параметрлари бирламчи сигналларнинг ўзгариш қонуни бўйича ўзгарадиган тўғри бурчакли импульслар даврий кетма-кетлиги (ТИДКэлтувчилар ҳисобланади.

Барча параметрлари кўрсатилган тўғри бурчакли импульслар даврий кетма-кетлиги 2.15-расмда кўрсатилган.

ТИДКнинг такт нукталари



2.15-расм. элтувчилар-тўғри бурчакли импульслар даврий кетма-кетлиги.

Куйидагилар ТИДК нинг асосий параметрлари ҳисобланади: A -импульслар амплитудаси, τ_U -импульслар давомийлиги (кенглиги), T_D -импульсларнинг такрорланиш даври ёки $F_D = 1/T_D$ -импульслар даврий кетма-кетлигининг такрорланиш частотаси ёки тактли частотаси ($\Omega_D = 2\pi F_D$ доиравий такрорланиш частотаси), импульсларнинг $t_i = iT_D$ ($i = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$) тактли нукталарга нисбатан ҳолати ва ТИДК нинг ўтказишга мойиллиги деб аталувчи $T_D/\tau_U = q$ нисбат. Замонавий КВА УТ да ўтказишга мойиллик 20–2500 чегарасида ётади.

Тўғри бурчакли импульслар даврий кетма-кетлигини куйидаги аналитик кўринишда ифодалаш мумкин.

$$f(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \sigma(t - kT_D), \quad (2.39)$$

бу ерда: $\sigma(t) - f(t)$ бошланғич кетма-кетликнинг якка импульсини ифодалайдиган функция.

ТИДК учун (2.15-расмга қаранг) $\sigma(t)$ функция куйидаги кўринишни олади:

$$\sigma(t) = \begin{cases} A, & -\frac{\tau_U}{2} \leq t \leq \frac{\tau_U}{2} \\ 0, & t < -\frac{\tau_U}{2}, t < \frac{\tau_U}{2} \end{cases} \quad \text{бўлганда.} \quad (2.40)$$

Иккинчи томондан, ТИДК нинг $f(t)$ аналитик кўриниши Фурье қаторлари билан ҳам тасвирланиши мумкин:

$$f(t) = A \left[\frac{\tau_U}{T_\delta} + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin n\pi \frac{\tau_U}{T_\delta}}{n} \cos n\Omega_\delta t \right], \quad (2.41)$$

бу ерда $\Omega_\delta = 2\pi/T_\delta - f(t)$ кетма-кетликнинг доиравий частотаси.

2.15-расмдан ТИДК спектри қуйидагига тенг амплитудавий ўзгармас ташкил этувчини:

$$A_0 = A \frac{\tau_U}{T_\delta} = \frac{A}{q},$$

такрорланиш частотасининг гармоникаси, қуйидаги амплитудали дискретлаш частотасини

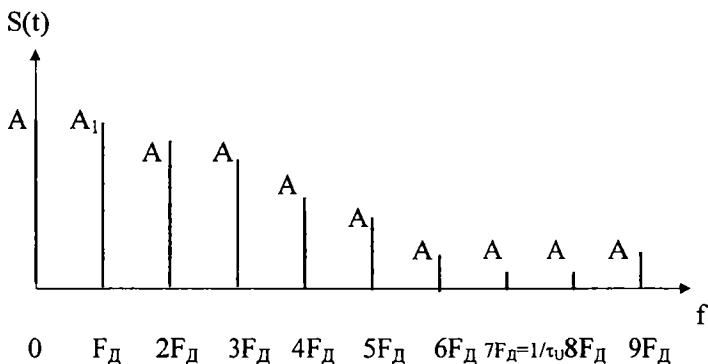
$$A_n = \frac{2A}{\pi} \frac{\sin n\pi \frac{\tau_U}{T_\delta}}{n} \cos n\Omega_\delta t = \frac{2A}{\pi n} \sin \frac{n\pi}{q} \cos 2n\pi F_\delta t$$

ўз ичига олиши кўриниб турибди. ТИДК спектри 2.16-расмда ифодаланган.

Маълумки, ТИДК амплитудалари спектрининг эгилиши τ_U давомийликли тўғри бурчакли якка импульс спектрига мос бўлиб, такт частотаси (такрорланиш частотаси) гармоникаларининг сони эса амплитудалар спектрининг биринчи нолигача $q-1$ га тенг, яъни импульслар кетма-кетлигининг q ўтказиш мойиллигидан биттага кам. Импульслар даврий кетма-кетлигининг 90...95 фоиздан ортиқроқ қуввати 0 дан $F_{\max} = 1/\tau_U$ гача частоталар полосасига тегишлидир. Демак, бошланғич ТИДК ни каналлар, трактлар ва алоқа линиялари орқали узатишда уларнинг частоталар полосаси $\Delta F = 1/\tau_U$ дан кичик бўлмаслиги керак.

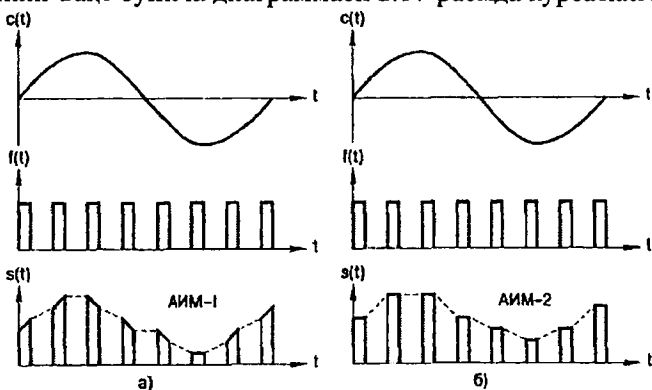
КВА УТ да канал сигналларини ТИДК нинг асосий параметрларидан бирини модуляциялаш асосида шакллантириш амалга оширилади. Асосан уч тур импульсли модуляция: амплитуда-импульсли (АИМ), кенг-импульсли (ИКМ) ва вақт

бўйича импульсли модуляция (ВИМ) лар кенг тарқалган. Фаза-импульсли модуляция (ФИМ) ва частота-импульсли модуляция (ЧИМ) ҳам импульсли модуляциянинг турлари ҳисобланади.



2.16-расм. Тўғри бурчакли импульсларнинг даврий кетма-кетлиги амплитудаларининг спектри.

Канал сигналларини амплитуда-импульсли модуляция ёрдамида шакллантириш. Амплитуда-импульсли модуляцияда ТИДК нинг амплитудаси $c(t)$ бирламчи ёки модуляцияловчи сигнал қонунига асосан ўзгаради, импульсларнинг давомийлиги, уларнинг такрорланиш частотаси ва тактли нуктасига нисбатан ҳолати эса АИМ да ўзгармай қолади. АИМ канал сигналини шакллантиришнинг вақт бўйича диаграммаси 2.17-расмда кўрсатилган.



2.17-расм. Амплитуда-импульсли модуляция принциплари.

$c(t)$ бирламчи сигнал $f(t)$ ТИДК нинг амплитудасини модуляциялаши натижада $s(t)$ амплитудавий модуляцияланган канал сигналининг ҳосил бўлиши 2.17-расмда кўрсатилган. Бунда амплитуда-импульсли модуляция (АИМ) нинг икки туридан фойдаланилади:

биринчи турдаги амплитуда-импульсли модуляция (АИМ-1) да, импульслар амплитудасининг оний қиймати модуляцияловчи сигналнинг оний қийматига боғлиқ бўлиб, импульсларнинг чўққиси бошланғич сигнални импульслар давомий- (кенглиги) лигида такрорлайди (2.17.а -расм);

иккинчи турдаги амплитуда-импульсли модуляция (АИМ-2) да, импульслар амплитудаси унинг барча давомийлигида ўзгармай қолади (2.17.б -расм.). ТИДК нинг ўтказишга мойиллиги $q > 10$ бўлганда, АИМ-1 ва АИМ-2 ўртасидаги фарқ йўқолади, шунинг учун бундан кейин амплитуда-импульсли модуляциянинг бу турлари ўртасидаги фарққа эътибор бермаймиз.

АИМ канал сигналларини узатиш учун керакли частоталар полосасини, уларни демодуляциялаш мумкинлигини аниқлаш ва турли хилдаги импульсли модуляцияни солиштириш учун қуйидаги синусоидал сигнал

$$c(t) = C_{\max} \sin \omega_c t \quad (2.42)$$

ва частоталари чегараланган спектрли мураккаб сигнал билан модуляцияланаётган АИМ сигнал спектрини аниқлаймиз.

Умумий ҳолда $s(t)$ амплитудавий модуляцияланган (канал) сигнални қуйидаги аналитик ифода билан изохлаш мумкин:

$$s(t) = [1 + m_a c(t)] f(t), \quad (2.43)$$

бу ерда m_a -модуляциялаш чуқурлигини тавсифлайдиган коэффицент; $c(t)$ -модуляцияловчи (бирламчи) сигнал; $f(t)$ -импульсларнинг даврий кетма-кетлиги. (2.43) даги $c(t)$ учун (2.42) ва $f(t)$ учун (2.39) ифодаларни қўйиб, АИМ канал сигнали учун қуйидаги ифодани оламиз;

$$s(t) = A \left(1 + m_a \sin \omega_c t \right) \left[\frac{\tau_u}{T_\partial} + \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin \pi \frac{\tau_u}{T_\partial}}{n} \cos n \Omega_\partial t \right], \quad (2.44)$$

бу ерда $m_a = c_{\max} / A$.

(2.44) да $q = T_\partial / \tau_u$ кўринишдаги алмаштиришни ва оддий тригонометрик алмаштиришларни бажариб, қуйидаги ифодани оламир:

$$s(t) = \frac{A}{q} + \frac{m_a A}{q} \sin \omega_c t + \frac{2A}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin \frac{n\pi}{q}}{n} \cos n \Omega_\partial + \frac{m_a A}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin \frac{n\pi}{q}}{n} \sin (n \Omega_\partial \pm \omega_c) t. \quad (2.45)$$

(2.45) формуладан АИМ канал сигнали:

$$A_0 = A/q \quad (2.46)$$

амплитудали доимий ташкил этувчидан,

$$A_c = \frac{m_a A}{q} \sin \omega_c t \quad (2.47)$$

амплитудали бошланғич модуляцияловчи сигналдан,

$$A_{\pi} = \frac{2A}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin \frac{n\pi}{q}}{n} \cos n \Omega_\partial \quad (2.48)$$

амплитудали ТИДК нинг такрорланиш частотаси-дискретлаш частотасининг гармоникаларидан ва

$$A_{ne} = \frac{m_a A}{\pi n} \sin \frac{n\pi}{q} \sin (n \Omega_\partial \pm \omega_c) t \quad (2.49)$$

амплитудали дискретлаш частотасининг гармоникалари яқинидаг ёндош частоталардан иборатлиги кўришиб турибди.

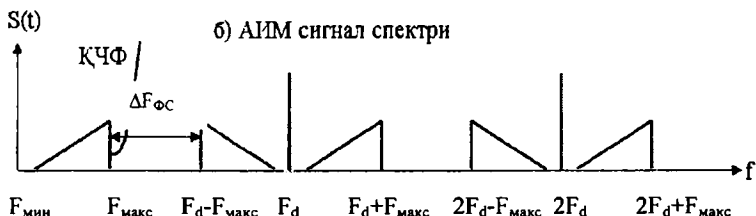
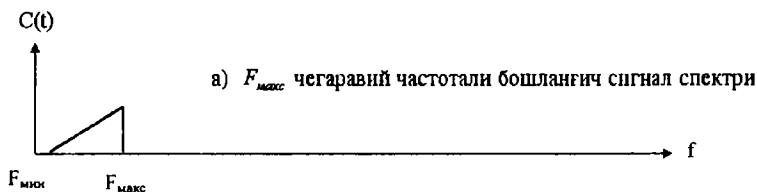
Агар модуляцияловчи сигнал ω_1 дан ω_2 гача частотала полосасини эгалловчи кўп частотали бўлса, $s(t)$ АИМ кана сигналнинг спектри доимий ташкил этувчидан, ω_1 дан ω_2 гач частоталар полосасини эгалловчи бошланғич сигналдан, $n\Omega$ дискретлаш частотасининг гармоникаларидан ҳамда $n\Omega_p \pm (\omega_1 \dots \omega_2)$ частоталар полосасини эгалловчи дискретлаш частотасининг гармоникалари атрофидаги қуйи ва юқори ёндош частотала полосасидан иборат бўлади.

Кўп частотали АИМ канал сигнали ташкил этувчиларининг амплитудалари (2.46)-(2.49) формулалардан аниқланади. $\omega_1 = \omega_{\min}$ ва $\omega_2 = \omega_{\max}$ доиравий частоталар ёки F_{\min} қуйи чегаравий частота ёки F_{\max} юқори чегаравий частота орқали чегараланган $S(f)$ спектрли сигнал билан модуляциялаш натижасида ҳосил бўлган АИМ сигналнинг $s(f)$ спектри 2.18-расмда кўрсатилган.

АИМ сигнал спектрида бошланғич сигналнинг ҳама мажудлиги 2.18.б-расмдан кўришиб турибди. Демак, АИМ сигнални демодуляциялаш жараёни қуйи частотали филтёр (ҚЧФ) орқали амалга оширилади. Лекин F_{\max} юқори чегаравий частоталар бошланғич сигналнинг частоталар полосаси билан $F_0 - F_{\max}$ қуйи чегаравий частотали F_0 дискретлаш частотасининг биринчи гармоникаси яқинидаги қуйи ёндош частоталар полосаси ўртасидан бирламчи сигнални бузмасдан ажратиш олиш учун ҚЧФ нинг ΔF_c филтёрсизлаш полосаси қуйидагига тенг бўлади:

$$\Delta F_{\phi c} = F_{\max} - (F_0 - F_{\max}) = 2F_{\max} - F_0. \quad (2.50)$$

Охириги ифодага биноан, «идеал қуйи частотали филтёр»да фойдаланилганда филтёрсизлаш полосаси $\Delta F_{\phi c} = 0$ тенг бўлади демак, Котельников теоремасига мувофиқ $F_0 = 2F_{\max}$ тенглик бажарилади.



2.18-расм. Чегараланган спектрли сигнал билан ТИДҚ ни модуляциялаш натижасида ҳосил бўлган АИМ сигнал спектри.

Лекин ўтиш соҳасида фақат чекли қияликка эга сўниш тавсифли филтрни тайёрлаш мумкин, шунинг учун АИМ сигналдан бирламчи сигнални бузмасдан тиклашни таъминлаш учун, қуйидаги шарт бажарилиши керак:

$$F_{\partial} = 2F_{\max} + \Delta F_{\text{Фс}} \quad \text{ёки} \quad F_{\partial} > 2F_{\max} \quad (2.51)$$

Телефон частотали каналлар учун максимал частота $F_{\max} = 3,4$ кГц га ва дискретлаш частотаси $F_{\text{д}} = 8$ кГц га тенг, яъни 6,8 кГц дан катта бўлади. Дискретлаш даври $T_{\partial} = 1/T_{\text{д}} = 1/8000 = 125$ мкс га тенг. Бунда АИМ канал сигналени демодуляциялашни амалга оширувчи ҚЧФ нинг филтрсизлаш полосаси $\Delta F_{\text{Фс}} = 1,2$ кГц га тенг.

АИМ асосида ташкил қилинган КВА УТ да канал импульсларининг $\tau_{\text{д}}$ давомийлиги N каналлар сони ва гуруҳли сигнал импульсларининг қуйидаги муносабат орқали аниқланадиган γ ўтказишга мойиллигига боғлиқдир:

$$\gamma = \frac{\tau_u + \tau_x}{\tau_u} \quad (2.52)$$

бу ерда τ_x -кўшни каналлар импульслари ўртасидаги химоя интервалининг давомийлиги.

АИМ сигналли N каналли узатиш тизимида импульслар давомийлиги куйидаги ифода орқали аниқланиши мумкин:

$$\tau_{\text{сим}} = \frac{T_\delta}{(N+1)\gamma} \quad (2.53)$$

бу ерда $T_\delta = 1/F_\delta$ – дискретлаш даври; $(N+1) \cdot T_\delta$ давр давомида ҳосил бўладиган импульсларининг умумий сони (СС-синхросигнални ҳисобга олган ҳолда). $N \gg 1$ бўлганда, $\tau_{\text{сим}} \approx T_\delta / N\gamma$ бўлади. Одатда гуруҳли сигналнинг ўтказиш мойиллиги $\gamma = 2$ га тенг. АИМ гуруҳли сигнални узатиш учун зарур частоталар полосаси куйидагига тенг:

$$\Delta F_{\text{сим}} = \frac{1}{\tau_{\text{сим}}} = \frac{(N+1)\gamma}{T_\delta} = F_\delta(N+1)\gamma \quad (2.54)$$

Амплитуда-импульсли модуляция асосида ташкил қилинган КВА узатиш тизимлари охириги станцияларни ташкил қилишнинг оддийлиги билан бошқалардан фарқ қилади, лекин уларнинг (пастроқда кўрсатилади) халақитга бардошлилиги паст бўлиб, улар линиявий, гуруҳли трактлар ва алоқа линияларининг частотавий тавсифларини албатта таҳлил қила бошлайди. Шунинг учун КВА УТ да амалда қўлланиладиган АИМ усуллари импульсли модуляциянинг бошқа турларидан фойдаланиладиган КВА узатиш тизимида канал сигналларини шакллантиришнинг биринчи босқичидагина қўлланилади.

2.6. Каналлари вақт бўйича ажратилган узатиш тизимининг каналлари ўртасида вужудга келадиган ўзаро ўтувчи таъсирлар

Каналлари вақт бўйича ажратилган кўп каналли узатиш тизимларининг каналлари ўртасидаги ўзаро ўтувчи таъсирлар,

битта канал сигнални вақт бўйича ажратиш учун кетган вақтнинг шу канал учун ажратилган вақт интервали билан чекланмаслигига асосланган. Бунда ушбу каналлар орқали узатилаётган сигналлар энергиясининг баъзи қисмини бошқа каналларнинг вақт интервалларига ўтиши содир бўлади.

Гуруҳли сигнал (2.19-расмга қаранг.) ночизикли бузилишларни келтириб чиқариши, импульсли-модуляцияланган сигналлар спектрини чеклаши мумкин бўлган ва ўтказиш полосасида чизикли (амплитуда-частотали ва фаза-частотали) бузилишларни келтириб чиқарадиган узатиш трактидан ўтади.

КВА УТ нинг гуруҳли сигнални узатиш тракти таркибига кирувчи инерциясиз чизикли тўртқутблик канал сигналларининг шаклини ўзгартириб, ночизикли бузилишларнинг вужудга келишига олиб келади, лекин канал сигналлари ҳаракат қилаётган вақт оралиғини ўзгартирмайди. Шунинг учун КВА УТ нинг гуруҳли сигналларни узатиш трактидаги ночизикли бузилишлар каналлар ўртасида ўзаро ўтувчи таъсирларнинг вужудга келишига сабаб бўлади.

Импульсли сигналларнинг чекланган ўтказиш полосали узатиш трактлари орқали ўтиши, ўзаро ўтувчи жараёнлар билан кузатилади. Қўшни каналларнинг импульслари ўртасидаги ҳимоялаш интервалининг кичик қийматида олдинги каналнинг импульсидан кейинги канал импульсининг пайдо бўлиш лаҳзасигача ўтиш жараёни тўхташга улгура олмайди. Бунда бошқа каналларнинг вақт интервалларида канал орқали узатилаётган сигнал энергиясининг баъзи қисмини ўзаро ўтиши рўй беради. Натижада импульсларнинг бир-бирининг устини қоплаши содир бўлади, узатиш тизимининг каналлари ўртасида ўзаро ўтувчи таъсирларнинг вужудга келишига олиб келувчи ўзаро кесишувчи бузилишлар деб аталувчи бузилишлар пайдо бўлади. Барча КВА УТ да ўзаро ўтувчи таъсирларнинг намоён бўлиш тури у ёки бу даражада бир хил бўлиб, битта узатиш канали орқали узатилаётган сигнал энергияси бошқа каналларни ташкил этувчи қурилмага келиб тушади. Амалда каналлар ўртасидаги ўзаро ўтувчи таъсирларнинг вужудга келиши муқаррардир; мақсад уларнинг катталикларини ва узатишга халақит берувчи таъсирлар даражасини камайтиришдан иборатдир.

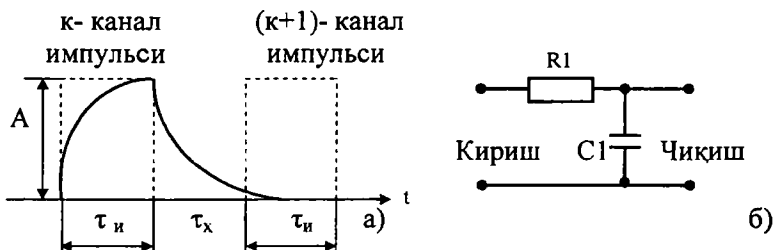
КВА УТ нинг гуруҳли узатиш трактининг киришида (масалан, ФИМ асосида ташкил қилинган) турли каналларнинг импульс-

ларини вақт бўйича ажратилган бўлаклари τ_x ҳимоялаш интерваллари билан бўлинган бўлиб, у идеал тўғри бурчакли кўринишга ва А амплитудага эга, деб фараз қилайлик (2.19.а -расм, пунктир).

Узатиш трактининг частоталар полосасини юқоридан чеклаш ҳисобига ўзаро ўтувчи таъсирларнинг таҳлилини осонлаштириш мақсадида, уни қуйи частотали RC-филтърнинг эквивалент схемаси деб тавсия этилади (2.19.б -расм,), 3 дБ сатҳда аниқланган унинг ўтказиш полосасининг юқори чегаравий частотаси қуйидагига тенг:

$$f_{\text{юч}} = \frac{1}{2\pi R_1 C_1} \quad (2.55)$$

Ўтказиш полосасини юқоридан чеклаш туфайли ҳар бир импульс фронтларининг чўзилиши содир бўлади. Бундай моделдаги гуруҳли узатиш трактининг чиқишида олинган сигнал туташ чизик билан кўрсатилган (2.19.а-расмга қаранг). Бу ерда τ_v – канал импульсларининг давомийлиги.

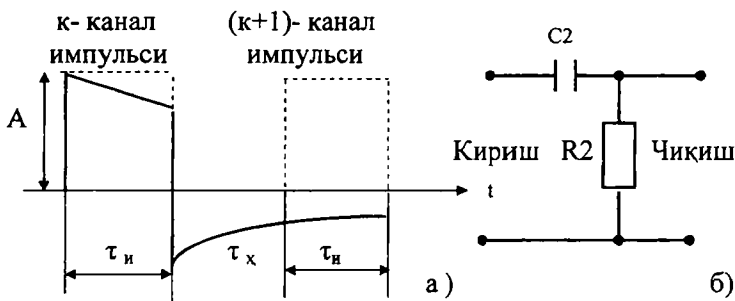


2.19-расм. Гуруҳли сигналнинг бузилмаган ва бузилган импульслари (а); гуруҳли узатиш трактининг юқори частоталар соҳасидаги эквивалент схемаси (б).

Канал импульслари юқори частотали ташкил этувчиларнинг сўниши туфайли импульслар чўзилган фронтларининг бошқа каналларнинг вақт интервалларида бир-бирининг устини коплашнинг содир бўлиши 2.19-расмдан кўриниб турибди.

Таъсир этувчи каналнинг бевосита орқасидан борувчи каналда энг кўп ўтиши ўрин эгаллайди; ўзаро ўтувчи ҳалақитнинг энергияси тезда сўниб, вақт бўйича анча узоқдаги каналларга

таъсири сезиларли даражада камаяди. Бундай бузилишлар ва улар туфайли каналлар ўртасида вужудга келадиган ўзаро ўтувчи халақитларни қисқача қилиб мос равишда 1-тур бузилишлар ва 1-тур ўзаро ўтувчи халақитлар дейилади.



2.20-расм. Гуруҳли сигналнинг бузилмаган ва бузилган импульслари (а); гуруҳли узатиш трактининг қуйи частоталар соҳасидаги эквивалент схемаси (б).

КВА УТ нинг гуруҳли трактини ўтказиш полосасини қуйидан чеклаш, 2.20.а - расмда кўрсатилганидек, импульсларнинг чўққидан пасаяётганлиги ва тескари кутбли импульсларнинг пайдо бўлиши каналлар ўртасида ўзаро ўтувчи таъсирларни келтириб чиқаради. Гуруҳли трактнинг ўтказиш полосасини қуйидан чеклангандаги унинг эквивалент схемаси 2.15.б -расмда кўрсатилган.

Ўтказиш полосасининг юқори частоталар соҳасидаги RC-филтрнинг 3 дБ сатҳидаги пастки чегаравий частотаси (2.20.б-расмга қаранг) қуйидагига тенг бўлади:

$$f_{кв} = \frac{1}{2\pi R_2 C_2}. \quad (2.56)$$

Ўтказиш полосасини қуйидан чеклаш, 2.20.б -расмда кўрсатилганидек, импульсларнинг чўққидан пасаяётганлиги ва тескари кутбли отқинларнинг пайдо бўлиши каналлар ўртасида ўзаро ўтувчи таъсирларни келтириб чиқаради. Бу отқинлар жуда секин сўнади, шунинг учун гуруҳли трактнинг ўтказиш полосасини юқоридан чеклаганда бўлганидек, вақт бўйича таъсир этувчи каналлардан анча узоқлаштирилган каналлар, ўзаро ўтувчи таъсирга дучор бўлади. Бундай кўринишдаги бузилишлар, 2-тур

бузилишлар, ўзаро ўтувчи халақитлар эса- 2-тур ўзаро ўтувчи халақитлар дейлади.

1-тур ўзаро ўтувчи халақитларни баҳолаш. Турли хилдаги импульсли модуляция учун ўзаро ўтувчи халақитларнинг вужуд келиш механизми қуйидагилар билан фарқланади: АИМ да ўзаро ўтувчи халақитнинг қиймати таъсирга дучор бўлган каналнинг импульси амплитудасининг ўзгаришига боғлиқ бўлса, КИМ ФИМ да ўзаро ўтувчи халақитнинг қиймати таъсирга дучор бўлган амплитудавий канал чеклагичи чиқишидаги импульслар фронтларининг ўзгаришига мутаносиб бўлади.

Қўшни каналдаги ўзаро ўтувчи халақитнинг қийматини аниқлайлик (2.19.а-расмга қаранг.). C_1 конденсаторда кучланишни пасайиши (2.19.б-расмга қаранг) экспоненциал конун бўйича рў беради:

$$U_n = Ae^{-\frac{t}{R_1 C_1}}, \quad (2.5)$$

бу ерда t – таъсир этувчи каналнинг τ_n вақт интервали тугашидан кейинги вақт.

Қўшни каналдаги ўзаро ўтувчи халақитнинг кучланишини аниқлаш учун (2.57) тенгламага қуйидагини қўйиб, (2.57) тенгламани t га нисбатан ечиш етарлидир.

$$t = \tau_x + \tau_\theta, \quad (2.58)$$

бу ерда τ_θ – сигналларни санаш кетма-кетлигини демодуляциялаш усулига боғлиқ бўлган катталиқ.

Қуйи частотали фильтр ёрдамида демодуляцияланаётган τ_θ катталиги қуйидагига тенг бўлади:

$$\tau_\theta = R_1 C_1 \lg \frac{\tau_u}{R_1 C_1}, \quad (2.59)$$

бу ерда τ_u – канал импульсининг давомийлиги.

(2.58) ва (2.59) ҳисобга олинган АИМ да, 1-тур ўзаро ўтувчи халақит кучланишининг қиймати қуйидагига тенг бўлади:

$$U_{1x} = Ae^{-\frac{\tau_x + \tau_\delta}{R_1 C_1}} \quad (2.60)$$

1-тур ўзаро ўтувчи халақитдан ҳимояланганлик қуйидаги ифода билан аниқланади:

$$A_{1n} = 20 \lg \frac{A}{U_{1x}} = 20 \lg \frac{A}{Ae^{-\frac{\tau_x + \tau_\delta}{R_1 C_1}}} = 20 \lg e^{\frac{\tau_x + \tau_\delta}{R_1 C_1}} = 8,7 \frac{\tau_x + \tau_\delta}{R_1 C_1} \quad (2.61)$$

(2.55) ни ҳисобга олган ҳолда, (2.61) формулани қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$A_{1x} = 2\pi 8,7(\tau_x + \tau_\delta) f_{\text{оч}} \quad (2.62)$$

Вақт бўйича таъсир қилувчи каналдан узоқлаштирилганда 1-тур ўзаро ўтувчи халақитларнинг сезиларли сўниши илгари айтилган эди. $\tau_x \cong \tau_u$ деб ва юқорида олинган муносабатлардан фойдаланиб, масалан, $(\tau_x + \tau_\delta)/R_1 C_1 = 3$ бўлганда, биринчи каналдаги ўзаро ўтувчи таъсирларнинг сўниши иккинчи каналниқига қараганда 52 дБ га катта бўлишини кўриш мумкин. Лекин, бу ҳол амалда мумкин эмас, чунки бу ерда биринчи каналнинг иккинчи каналга ўзаро ўтувчи таъсирларининг сўниши атиги 26 дБ ни ташкил этади деб тахмин қилинади. Ҳақиқатда эса каналлар ўртасидаги ўзаро ўтувчи сўнишнинг меъёри анча юқоридир. Агар биринчи каналдан иккинчига ўзаро ўтувчи сўниш, масалан, 60 дБ га яқин бўлса, бу ҳолда биринчи каналдан учинчига ўзаро ўтувчи сўниш 180 дБ га ортиши керак, яъни бундан узоқдаги каналлар учун 1-тур ўзаро ўтувчи таъсирларни ҳисобга олиш амалий жиҳатдан мақсадга мувофиқ эмас, деган хулоса келиб чиқади. КИМ ва ФИМ да импульс олд фронтининг ҳолати $U_{\text{чек}}$ чеклаш чегарасига эга амплитудавий чеклагич билан белгилаб қўйилади (2.18-расмга қаранг). Импульснинг бу даражадаги давомийлигини τ° билан ва ўзаро ўтувчи халақит туфайли (k+1)-канал импульси олдиндаги фронтининг вақт бўйича силжишини $\Delta \tau^\circ$ билан белгилаймиз.

КИМ ва ФИМ да биринчи тур ўзаро ўтувчи халақитларни миқдорий баҳолаш учун каналнинг ҳимояланганлик коэффициентини киритамиз:

$$K_{1x} = \frac{\angle \Delta \tau_{\max}}{\Delta \tau_0}, \quad (2.63)$$

бу ерда $\Delta \tau_{\max}$ —КИМ ва ФИМда импульс олд fronti ҳолатининг максимал ўзгариши. 1-тур ўзаро ўтувчи ҳалақитлардан ҳимояланганлик қуйидагига тенг бўлади:

$$A_{1x} = 20 \lg K_{1x} = 20 \lg \frac{2\Delta \tau_{\max}}{\Delta \tau_0}. \quad (2.64)$$

Ҳимоялаш интервали қанча катта бўлса, $\Delta \tau_0$ шунча кичик бўлади. Одатда линия орқали узатишда гуруҳли сигналнинг импульслари қўнғироқ шаклидаги импульсларни ифодалайди чунки бундай импульслар спектрининг энергияси частоталарнинг анча тор полосасига жамланган бўлади. Шунинг учун қўнғироқ шаклига ўхшаш импульслар шакли ва $\tau_x \cong 1,5\Delta \tau_{\max}$ да A_{1x} ҳимояланганлик катталиги 170–250 дБ тартибга тенг бўлади, яъни тизим параметрлари оптимал танланганда 1-тур ўзаро ўтувчи ҳалақитлар анча кам бўлади.

2-тур ўзаро ўтувчи ҳалақитларни баҳолаш. Қарама-қарши қутбли отқинларнинг пайдо бўлиши туфайли вужудга келган ўзаро ўтувчи ҳалақитларни (2.20.a -расмга қаранга) экспотенциал функциялар ёрдамида таҳлил қилиш мумкин. Таъсир қилувчи канал орқали узатилаётган сигналнинг саногини кучланиш икки марта сакрашининг йиғиндиси кўринишида ифодалаб таҳлилни олиб бориш қулай, бу сакрашлардан бири $t=0$ вақт лаҳзасида $+A$ га, иккинчиси эса $t = \tau_u$ да $-A$ га тенг бўлади.

Бу ҳолда U_{2x} ўзаро ўтувчи ҳалақитнинг кучланиши биринчи канал вақт интервалининг бошланишидан кейин t вақт ўтгандан сўнг қуйидаги муносабат орқали аниқланади:

$$U_{2x} = Ae^{-\frac{t}{R_2C_2}} - Ae^{-\frac{t-\tau_u}{R_2C_2}} = Ae^{-\frac{t}{R_2C_2}} \left(1 - e^{-\frac{\tau}{R_2C_2}} \right), t \geq \tau_u \quad (2.65)$$

Масалан, биринчи каналдаги сигналларни узатини туфайли иккинчи каналда вужудга келган ўзаро ўтувчи ҳалақитнинг кучланишини (2.65) тенгламага $t = \tau_u - \tau_x$ қийматни қўйиб топиш мумкин:

$$U_{\dots} = Ae^{-\frac{\tau_u + \tau_r}{R_2 C_2}} \left(1 - e^{-\frac{\tau_u}{R_2 C_2}} \right). \quad (2.66)$$

(2.66) формулада иккинчи каналдаги ўзаро ўтувчи халақит ихтиёрий вақт учун эмас, балки бу канал вақт интервалининг бошланиш лаҳзасида аниқланган. Лекин бу каналларнинг ўзаро таъсирини баҳолаш натижаларига кам таъсир қилади, чунки $R_2 C_2$ нинг анча катта қийматларида тескари кутбли отқинларнинг сўниши битта вақт интервали чегарасида ташлаб юборса бўладиган даражада кичикдир. Махсус ҳолларда $\tau_u + \tau_r \cong 10^{-3} R_2 C_2$ бўлади. Демак, ҳатто иккинчи каналнинг вақт интервали бошланишидан ҳисобланган 10 вақт интервалларидан сўнг, ўтиш халақитининг кучланиши унинг иккинчи каналдаги катталигига нисбатан 1 фойзагагина камаяди.

Таъсир қилувчи канал орқали санаш кетма-кетлиги узатилганда кўпгина санаш туфайли пайдо бўлган ўзаро ўтувчи халақитларнинг таъсиридан t вақт лаҳзасида 2-тур ўзаро ўтувчи халақитларнинг йиғинди кучланиши ҳосил бўлади. Агар таъсир қилувчи канал орқали F_d дискретлаш частотасидан анча кичик бўлган f_c паст частотали синусоидал тебраниш узатилса, бу ҳолда (2.55) ни ҳисобга олганда ўзаро ўтувчи халақитлар йиғинди кучланишининг қуйидагига тенглигини кўрсатиш мумкин:

$$U_{2x\Sigma} \cong \frac{F_d \tau_u}{f_c f_{\text{ср}}} . \quad (2.67)$$

Охири ифодадан 2-тур ўзаро ўтувчи халақитлар йиғиндисининг катталиги модуляцияловчи кетма-кетлик параметрлари билан аниқланиб, у химоялаш интервали катталигига боғлиқ эмас. Бундай кўринишдаги халақитлар КВА УТнинг барча каналларига зарар етказилади.

2.20.а-расм ва (2.67) га биноан, ўзаро ўтувчи халақитлардан химояланганлик қуйидагига тенг бўлади:

$$A_{2x} = 20 \lg \frac{f_c}{F_d f_{\text{ср}} \tau_u} . \quad (2.68)$$

2-тур ўзаро ўтувчи халақитлар импульсли модуляциянинг турли кўринишларида рўй беради, лекин ҳисоблашлар шуни кўрсатадики, ФИМ да 2-тур ўзаро ўтувчи халақитлардан химояланганлик АИМ ва КИМ дагига қараганда юқори бўлади.

2-тур ўзаро ўтувчи халақитлардан ҳимояланганликнинг керакли қиймати орқали маълум даражада узатиш трактларининг куйи частоталар соҳасидаги частотавий тавсифларига қўйилган талаблар аниқланади.

Назорат саволлари, масалалар ва машқлар

1. Кўп каналли узатиш тизими ташкил қилинаётганда каналларни частота бўйича ажратишнинг моҳияти нимада?

2. Кўп каналли узатиш тизимларида канал сигналлари қандай шаклланади?

3. Амплитудавий модуляциялашнинг частотавий ва фазавий модуляциялашга нисбатан афзалликлари ва камчиликлари нимада?

4. Амплитудавий модуляцияланган сигналларни қандай узатиш усулларини биласиз?

5. Каналлари частота бўйича ажратиладиган узатиш тизими (КЧА УТ)ни ташкил қилишда БЁПли узатиш усулини қўллаш мақсадга мувофиқ эканлигини асослаб беринг.

6. БЁП ни шакллантиришнинг филтрлаш усулининг моҳияти нимадан иборат?

7. Бузилмаган узатишнинг аналитик ва график шартларини ифодаланг. КЧА УТ нинг гурухли сигнални узатиш трактларида чизикли бузилишларининг намоён бўлиши нимага боғлиқ?

8. КЧА УТ нинг гурухли трактларида ночизикли бузилишларнинг намоён бўлиши, уларнинг вужудга келиш сабаблари нимада?

9. Нима учун КЧА УТ нинг гурухли сигнални узатиш трактларида ночизикли бузилишлар каналлараро ўтишга сабаб бўлади?

10. Нима учун Котельников теоремаси фақат чекланган спектрли узлуксиз сигналгагина тадбиқ қилинади?

11. Сигналнинг дискретлаш частотаси унинг максимал частотасидан икки марта кичик қийматга эга бўлганда, узлуксиз сигнал дискретланаётганда қандай бузилишлар ўрин эгаллайди?

12. $\tau_n = 1$ мкс, давр $T_d = 1$ мкс ва $A = 4B$ параметрлари импульс кетма-кетлиги берилган. Импульсларнинг F_d такрорланиш частотасини, импульс кетма-кетлигининг биринчи нол частота спектригача бўлган ΔF спектр кенглигини, F_d частотанинг бешинчи гармоникаларигача бўлган доимий ташкил этувчиси ва дискрет ташкил

этувчиларини аниқланг. Берилган импульслар кетма-кетлигининг частотавий спектрини тасвирланг.

13. АИМ-1 ва АИМ-2 деб нимага айтилади, уларнинг фарқи нимадан иборат ва қачон бу фарқлар йўқолади?

14. 1-турдаги ўзаро ўтувчи халақитларнинг вужудга келиш сабаблари ва уларни йўқотиш йўллари.

15. 2-турдаги ўзаро ўтувчи халақитларнинг вужудга келиш сабаблари ва уларни йўқотиш йўллари.

16. КВА УТнинг амплитуда-импульсли канал модуляторларининг киришига ва канал селекторларининг чиқишига уланадиган куйи частотали филтърнинг вазифаси.

17. Амплитуда-импульсли канал модуляторлари ва канал селекторларининг синхрон тарзда ишлашининг зарурати.

18. Нима учун КВА УТда фақат ФИМ, лекин, албатта, АИМ ёки КИМ билан биргаликда ишлатилади?

19. Телефон частотали каналга тегишли сигнал амплитуда-импульсли модуляцияга дучор бўлади. Амплитуда-импульсли модуляторнинг киришига ва канал селекторининг чиқишига уланадиган филтърларнинг филтърсизлаш полосасининг кенглиги $\Delta f_{\text{с}} = 1,2$ кГц га тенг. Дискретлашнинг бузилиши йўқоладиган дискретлаш часто-тасининг минимал қийматини аниқланг.

20. 60 дан 80 кГц гача бўлган частоталар полосали сигнал вақт давомида дискретлашга дучор бўлади. Дискретлаш частотасининг куйида санаб ўтилган қийматлари: 48 кГц, 96 кГц, 144 кГц ва 192 кГц дан қайсинисида дискретлаш бузилишлари кузатилмайди? Амплитуда-импульсли канал модулятори ва селекторида фойдаланиладиган филтърларни идеал филтърлар деб ҳисоблаш керак.

21. Амплитуда-импульсли канал модуляторининг киришига ва канал селекторининг чиқишига сўниш тавсифининг қиялиги 0,1 дБ/Гц ва эффектив кечиктирувчи полосадаги сўниш 60 дБ га тенг куйи частотали филтърли улангандаги, 0,3...3,4 кГц частоталар полосасини эгалловчи аналог сигнал дискретлаш частотасининг минимал қийматини аниқланг.

III БОБ. РАҚАМЛИ УЗАТИШ ТИЗИМЛАРИНИ ТАШКИЛ ҚИЛИШ

3.1. Рақамли узатиш тизимларидаги сигналларни шакллантириш ва узатишнинг умумий принциплари

Каналлари частота ва вақт бўйича ажратилган узатиш тизимлари ташкил қилинаётганда элтувчининг параметрлари ўзгараётган баъзи соҳаларда бу параметрлар амалда чексиз кўп қийматларни қабул қилса, модуляциянинг аналог усулларидан фойдаланилади. Шунинг учун бундай узатиш тизимлари аналог узатиш тизимлари (АУТ) га тегишли бўлади. Бу эса халақитлар фонида сигналларни ажратиб олишни, турли хил бузилишларни тузатишни қийинлаштиради, халақитлар ва бузилишларнинг тўпланишига олиб келади.

Линия сигнали параметрларининг имкон қадар кўп бўлиши маълум бўлса, халақитлар ва бузилишларнинг тўпланишидан холи бўлиш мумкин. Бунда сигнални унинг маълум параметрлари бўйича тўлиқ тиклаш учун ва шу йўл билан халақитлар ва бузилишларнинг таъсирини ҳамда уларнинг тўпланишини бартараф қилиш учун халақитлар ва бузилишлар фонида сигналнинг борлиги тўғрисида ахборотга эга бўлиш етарлидир.

Халақитлар ва бузилишларнинг тўпланиш жараёнини мумкин қадар камайтиришга, баъзида эса бутунлай йўқотишга йўл қўядиган бундай имкониятлар маълумотларни рақамли усулларининг кашф этилишига олиб келди.

Элтувчи параметрларининг маълум квантланган қийматлар билан ўзгарадиган кўп қийматлар қабул қилиши узатишнинг рақамли усулларининг моҳиятини ташкил қилади. Сигналларга бундай ишлов берилишига узлуксиз сигналларни узатишдан дискрет қийматли сигналларни узатишга ўтиш мисол бўла олади, бунда сигналнинг дискрет қийматлари В.А.Котельников теоремасига биноан, чексиз кўп ҳолатларни қабул қилувчи элтувчиларнинг ахборот параметрларини импульсли модуляциялаш усуллари билан танланади [7]. Бу ҳолатлар тўпланиши ҳам дискрет усуллар билан чеклаш мумкин. Масалан, амплитуда-импульсли

модуляциялашда канал сигналларининг вақт бўйича ажратилган бўлаклари амплитудалари A_{\min} дан A_{\max} чегарада ҳар қандай қийматларни қабул қилиши мумкин. Сигналларининг вақт бўйича ажратилган бўлакларининг амплитудавий қийматларини дискретлашдан фойдаланиб, уларнинг чексиз амплитудавий тўпламини A_{\min} дан A_{\max} гача диапазонда $\delta, 2\delta, \dots, M\delta$ амплитудаларнинг дискрет қаторини ҳосил қилувчи чекли тўплам билан алмаштириш мумкин. Сигналларнинг вақт бўйича ажратилган бўлакларини квантланган бу қатори *ҳал қилинган ҳолатлар* дейилади. Сигналларнинг вақт бўйича ажратилган бўлакларини амплитудаларининг узлуксиз тўпламини уларнинг дискрет қиймати билан алмаштиришни сатҳ бўйича квантлаш, тегишли сигнални эса *сатҳ бўйича квантланган сигнал дейилади*. δ катталиқни *квантлаш қадами дейилади*, сон жиҳатидан у куйидагига тенг:

$$M = (A_{\max} - A_{\min}) / \delta$$

Кенг-импульсли модуляциялашда импульслар давомийлиги τ_{\min} дан τ_{\max} гача чегарада чексиз кўп ҳолатларни қабул қилади. Кенг-импульсли модуляцияланаётган (КИМ) сигналлар учун квантлаш жараёнини қўллаб, юқорида айтилган ҳолатлар тўпламини $\Delta\tau, 2\Delta\tau, \dots, M\Delta\tau$ сигналларнинг вақт бўйича ажратилган бўлаклари давомийлигининг дискрет қатори билан алмаштирилади. $\Delta\tau$ катталиқни давомийлик бўйича квантлаш қадами дейилади, бунда квантлаш қадамлари (ҳал қилинган ҳолатлар) сони $M = (\tau_{\max} - \tau_{\min}) / \Delta\tau$ га тенг бўлади. Бундай иш тадбирини сигналларни фаза-импульсли модуляциялаш учун ҳам бажариш мумкин.

Узатишнинг дискрет усуллари сигналларни тиклаш (регенерациялаш) орқали линия бўйлаб ҳалақитларнинг тўпланишини анча камайтиришга имкон беради, бу дискрет узатиш усулларининг муҳим афзаллиги ҳисобланади. Регенерациялаш имконияти квантланган сигналнинг дискрет узатиш тизимларидаги барча ҳал қилинган ҳолатларининг қабул қилиш пунктида айнан ўзидай бўлишининг маълумлигига асослангандир. Бу ҳалақитлар ва бузилишлар таъсирига дучор бўлиб қабул қилинган сигнални сигналнинг ушбу тизимдаги барча ҳал қилинган ҳолатлари билан

солиштиришга, улардан қабул қилинган сигналга энг яқинини олишга ва уни қабул қилиб олувчи қурилмасига узатишга имкон беради. Регенерация жараёни кўпроқ иккилик сигналлар, яъни икки ажратилган ҳолатли сигналлар учун бажарилади.

Катта масофадаги алоқада алоқа линиясини қисмларга ажратиб ва уларнинг ҳар бирининг охирига сигнални тиклайдиган қурилмани ўрнатиб, регенерациялашни бир неча марта қайтариш мумкин. Бу қурилмани *регенератив трансляция* дейилади.

Замонавий рақамли узатиш тизимлари (РУТ) да узлуксиз бирламчи сигналларни амплитуда-импульсли модуляция усуллари билан дискретлашга ўтказиб, сўнгра сатҳ бўйича квантланади. Квантланган, сигналларнинг вақт бўйича ажратилган бўлаклари кодланади ва натижада рақамли сигнал ҳосил бўлади. Бу сигнал токли («бир») ва токсиз («нол») элтувчининг тасодифий кетма-кетлигини ифодалайди.

3.2. Сигналларни сатҳ бўйича квантлаш

Сатҳ бўйича квантланаётганда АИМ сигнални вақт бўйича ажратилган бўлақларининг амплитудаларини узлуксиз диапазонини, Ц квантлашнинг жуда кўп ҳал қилинган сатҳлари тўплами билан алмаштирилади. Бунда АИМ сигналнинг вақт бўйича ажратилган бўлақларини узлуксиз динамик диапазони δ_i квантлаш қадамлари деб аталувчи қатор участкаларга бўлинади. Агар сигналнинг вақт бўйича ажратилган бўлақларининг амплитудаси куйидаги шартни қаноатлантирса:

$$U_i - \frac{\delta_i}{2} \leq U_{\text{квр}} \leq U_i + \frac{\delta_i}{2}, \quad (3.1)$$

у ҳолда сигналга квантлашнинг i – сатҳига мос амплитуда тўғри келади.

Шундай қилиб, квантлаш жараёни АИМ сигналнинг вақт бўйича ажратилган бўлақларини, квантлаш сатҳларининг чекли сонидан иборат шкала билан солиштириш ва уни энг биринчи ҳал қилинган сатҳга яқинлаштириш жараёнини ифодалайди. Бошқача айтганда, квантлаш жараёни сигналнинг вақт бўйича ажратилган бўлагининг амплитудасини энг биринчи ажратилган сатҳигача яхлитлашни ифодалайди.

Сигналнинг вақт бўйича ажратилган бўлаклари кетма-кетлиги ва уларга мувофиқ квантланган сигналлар 3.1-расмда кўрсатилган. Квантлашни амалга оширадиган қурилмани *квантловчи қурилма* дейилади.

Ҳар бир дискрет чиқиш даражаси кириш сигнали қийматларининг баъзи интервалига тўғри келганлиги сабабли, квантловчи қурилманинг узатиш тавсифи босқичли бўлади (3.1.а-расмга қаранг).

АИМ-2 сигнал (3.1.б-расмга қаранг) билан унинг тахминан квантланган АИМ сигнали (3.1.а -расмга қаранг) орасидаги фарқни *хатолик* ёки $e(t)$ *квантлаш шовқини* дейилади. Унинг катталиги δ , квантлаш қадамининг ярмидан ошмайди, яъни

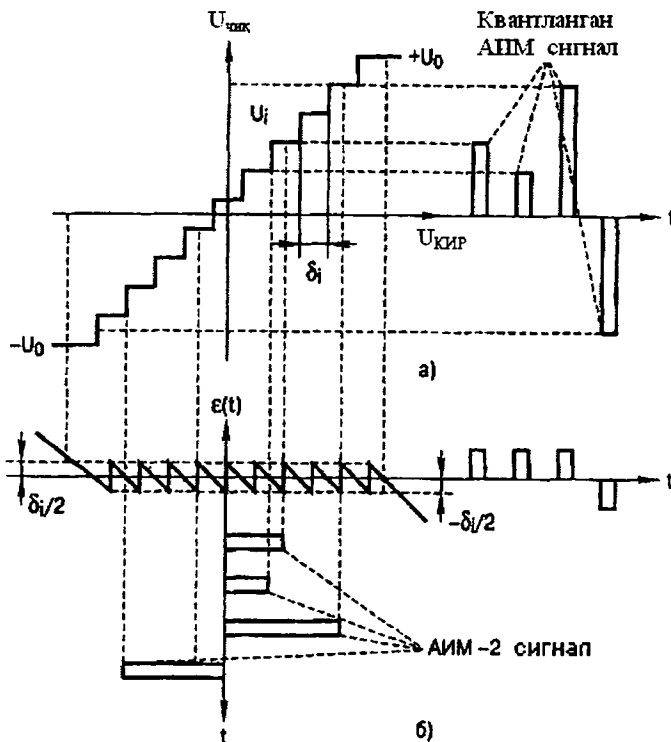
$$e(t) = U_{\text{кпр}} - U_i \leq \delta_i / 2 . \quad (3.2)$$

М квантлашнинг ҳал қилинган сатҳлари канча катта бўлса, яъни квантлаш қадами қанча кичик бўлса, хатолик ёки квантлаш шовқини катталигининг шунча кичик бўлиши 3.1-расмда аниқ кўриниб турибди.

Квантловчи қурилманинг амплитудавий тавсифи $e(t) = U_{\text{кпр}} - U_i \leq \delta_i / 2$ иккита ўзига хос участкалар: $-U_0 \leq U_{\text{кпр}} \leq +U_0$ бўлганда, квантлаш зонасига ва $U_{\text{кпр}} > U_0$ бўлганда, чеклаш зонасига эга босқичли эгри чизикдан иборат эканлиги 3.1.а - расмдан кўриниб турибди. Шовқиннинг квантлаш шовқини ва чеклаш шовқини турлари мавжуд.

Агар кириш сигналининг қийматлари $-U_0$ дан $+U_0$ гача бўлган барча диапазонда δ , квантлаш қадами катталиги ўзгармас катталик бўлиб қолса, бундай квантлашни *текис квантлаш*; агар квантлаш қадами $U_{\text{кпр}}$ сигналининг қиймати билан ўзгарса, бундай квантлашни *нотекис квантлаш* дейилади.

Квантланган сигналларни кодланган дейиш мумкин қачонки М рухсат этилган сатҳлар сонига тенг бўлган ва кодли гуруҳда символлар сони бирга тенг бўлган код асосида кодланган бўлса. Шундай қилиб, квантланган сигнал кўп сатҳли сигнал ҳисобланади.



3.1-расм. Квантлаш жараёни. Квантлаш шовқинлари.

3.3. Квантлаш шовқинларини баҳолаш

Текис квантлашдаги шовқинларни баҳолаш. Кириш сигналининг оний қийматларини тақсимлаш эҳтимоллигининг зичлиги $w(u_{\text{квп}})$ функция билан ифодаланаётган ва уни квантлаш $-U_0$ дан $+U_0$ гача чегарада амалга ошаётган бўлсин. Бу диапазон M та квантлаш қадамига бўлинган, уларнинг ҳар бири $u_i - \delta/2$ да $u_i + \delta/2$ гача чегарада ётади.

Сатхи i - квантлаш қадами чегарасида ётувчи сигналнинг пайдо бўлиш эҳтимоллиги қуйидагига тенг:

$$p_i(u_i - \delta_i/2 \leq u_{\text{кур}} \leq u_i + \delta_i/2) = \int_{u_i - \delta_i/2}^{u_i + \delta_i/2} w(u_{\text{кур}}) du_{\text{кур}} \quad (3.3)$$

Квантлаш қадами кириш сигналининг ўзгариш диапазонига нисбатан кичик бўлганлиги туфайли юқоридаги эҳтимолликни қуйидагига тенг, деб қабул қилиш мумкин:

$$p_i(u_i - \delta_i/2 \leq u_i \leq u_i + \delta_i/2) = w(u_i) \delta_i. \quad (3.4)$$

Бу формуладаги $w(u_i)$ -сигнал кучланиши катталиги эҳтимоллигининг қаралаётган интервалнинг ўртасидаги зичлиги.

Якка қаршилиқда ошиб борувчи квантлаш шовқинининг оний қуввати берилган квантлаш қадамига оид квантлаш хатолигининг квадратиغا тенг:

$$W_{\text{юн}} = (u_{\text{кур}} - u_i)^2,$$

i -квантлаш қадами чегараларида ётувчи сигналлар квантланаётганда пайдо бўлувчи квантлаш шовқинининг қуввати қуйидагига тенг бўлади:

$$W_i = \int_{u_i - \delta_i/2}^{u_i + \delta_i/2} (u_{\text{кур}} - u_i)^2 w(u_{\text{кур}}) du_{\text{кур}} \cong \frac{1}{12} w(u_i) \delta_i^3. \quad (3.5)$$

(3.4) ва (3.5) ифодаларни ҳисобга олиб, қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$W_i = \frac{1}{12} \delta_i^2 p_i. \quad (3.6)$$

Тўлиқ квантлаш шовқинининг қуввати ҳар бир қадамдан иборат бўлган ташкил ётувчилар квантлаш шовқинларининг йигиндисиға тенг:

$$W_{\text{кв}} = \sum_{i=0}^M \frac{1}{12} \delta_i^2 p_i. \quad (3.7)$$

Текис квантлаш шкаласида $\delta_i = \delta$, $\sum_{i=1}^M p_i = 1$, бўлганда,

$$W_{\text{кв}} = \frac{1}{12} \delta^2 \text{ бўлади.} \quad (3.8)$$

(3.8) формуладан текис квантлаш шкаласида квантлаш шовқинларининг қуввати квантланувчи сигналнинг сатхига боғли бўлмайди, у фақат квантлаш қадами орқали аниқланади.

Квантлаш шовқини фақат сигнални узатиш билан бир вақтда амалга ошади: сигнал бор экан, квантлаш шовқинлари бўлади, сигнал бўлмаса-квантлаш шовқинлари бўлмайди. Шунинг учун квантлаш шовқинларининг узатиш сифатига таъсирини сигналнинг квантлаш шовқинига нисбати (СКШН) ҳи орқали аниқлаш қулай. Бу нисбат қуйидагига тенг:

$$\eta = W_c / W_{\text{кв}}, \quad (3.9)$$

ёки бу нисбат сигналнинг квантлаш шовқинидан ҳимояланганлиг сифатида логарифмик бирликлар (дБ) да ифодаланади:

$$A_{\text{кв}} = 10 \lg(W_c / W_{\text{кв}}), \quad (3.10)$$

бу ерда W_c – фойдали сигналнинг қуввати.

Квантланувчи сигналнинг маълум динамик диапазонда δ квантлаш қадами M квантлаш сатхларининг сонини, яъни иккили рақамли сигнални шакллантириш мақсадида сигналнинг квантланган саноғини навбатдаги кодлаш учун зарур бўлган m код элементлари (разрядлари) нинг сонини аниқлайди.

Турли манбалардан квантловчи қурилманинг киришига кели тушувчи сигналлар қуввати, динамик диапазонга кўра бир биридан анчагина фарқ қилишлари мумкин. Масалан, микрофонлар, абонент линиялар тури ва узунлигининг ҳар хиллиги сўзлашувчиларнинг ўзига хос хусусиятлари туфайли телефон сигналларининг параметрлари ўзаро бир-биридан фарқ қилади. Квантловчи қурилманинг параметрлари кейинги кодлаш қурилмасида ҳам ўзгармай қолади, шунинг учун квантлаш қадам шундай танланадики, квантлаш шовқинлари минимал қувватли сигналларнинг жоиз қийматидан ошмасин. Айни вақтда талайгин

чеклаш шовкинларидан холи бўлиш учун U_0 чеклаш чегарасини (3.1.а-расм) кириш сигналнинг сатхи бўйича максимал бўлган кучланишнинг ўртача квадратик қиймати ($\sigma_{с.макс}$) дан k марта катта қилиб олинган киришдаги чеклаш чегарасининг сатх бўйича максимал бўлган параметрларидан келиб чиққан ҳолда танлаш керак, яъни:

$$U_0 = k \sigma_{с.макс} . \quad (3.11)$$

Агар квантлаш шкаласини чеклаш шовкинлари пайдо бўлмайдиган қилиб қурилса, у ҳолда U_0 катталиги сигналнинг чўққи қийматига тўғри келиши керак. Бу ҳолда k коэффициент сигнал чўққи қийматининг унинг ўртача квадратик қийматидан неча мартага катталигини кўрсатади ва у сон жиҳатидан сигналнинг чўққи-факторига тўғри келади. Умумий ҳолда k коэффициент сигнал параметрлари билан квантлаш шкаласининг қийматлари ўртасида боғланиш ўрнатади. Ундан фойдаланиб, U_0, δ ва M квантлаш сатхлари сони ўртасида куйидаги боғланишни ўрнатиш мумкин:

икки қутбли сигналлар квантланаётганда:

$$M = 2 |U_0| / \delta + 1 \approx 2 |U_0| / \delta ; \quad (3.12)$$

бир қутбли сигналлар кутбланаётганда:

$$M = |U_0| / \delta . \quad (3.13)$$

(3.11)-(3.13) ифодаларни (3.8) формулага қўйиб, квантлаш шовкинини баҳолаш тўғрисида бошқача тасаввурга эга бўламиз. Икки қутбли сигнал учун:

$$W_{кв} = \frac{1}{3} \frac{U_0^2}{M^2} = \frac{1}{3} \frac{k^2 \sigma_{с.макс}^2}{M^2} , \quad (3.14)$$

бир қутбли сигнал учун:

$$W_{кв} = \frac{1}{12} \frac{U_0^2}{M^2} = \frac{1}{12} \frac{k^2 \sigma_{с.макс}^2}{M^2} \quad (3.15)$$

бўлади.

Фойдали сигналнинг қуввати унинг дисперсиясига тенг, яъни

$$W_c = \sigma_c^2, \quad (3.16)$$

шунинг учун $\sigma_{c, \max}^2$ ўртача квадратик қийматнинг квадрати ҳам энг катта кириш сигналининг қувватини ифодалайди, яъни $W_{c, \max} = \sigma_{c, \max}^2 \cdot (3.9), (3.10)$ ва $(3.14), (3.16)$ дан фойдаланиб, СКШН ни топамиз:

икки қутбли сигналлар учун:

$$\eta = \frac{W_c}{W_{кв}} = \frac{3M^2}{k^2} \frac{\sigma_c^2}{\sigma_{c, \max}^2} \quad (3.17)$$

ёки ҳимояланганлик (дБ да):

$$A_{кв} = 10 \lg \frac{W_c}{W_{кв}} = 20 \lg \frac{M}{k} + 10 \lg 3 + 20 \lg \frac{\sigma_c}{\sigma_{c, \max}}; \quad (3.18)$$

бир қутбли сигналлар учун:

$$\eta = \frac{W_c}{W_{кв}} = \frac{12M^2 \sigma_c^2}{k^2 \sigma_{c, \max}^2} \quad (3.19)$$

ёки

$$A_{кв} = 10 \lg \frac{W_c}{W_{кв}} = 20 \lg \frac{M}{k} + 10 \lg 12 + 20 \lg \frac{\sigma_c}{\sigma_{c, \max}}. \quad (3.20)$$

m -разряд билан кодланаётганда $M=2^m$ га тенг бўлади. Бу қийматни (3.18) ва (3.20) формулаларга қўйиб, икки қутбли сигналлар учун квантлаш шовқинларидан ҳимояланганлик қийматини топамиз:

$$A_{кв} = 6m - 20 \lg k + 20 \lg \frac{\sigma_c}{\sigma_{c, \max}} + 4,8 \quad (3.21)$$

бир қутбли сигнал учун:

$$A_{кв} = 6m - 20 \lg k + 20 \lg \frac{\sigma_c}{\sigma_{c, макс}} + 10,8. \quad (3.22)$$

Сигнал битта манбадан квантланганда, $\sigma_c = \sigma_{c, макс}$ бўлганда, квантлаш шовқинларидан ҳимояланганлик қуйидаги формулалар орқали анқланади:

$$A_{кв} = 6m - 20 \lg k + 4,8 \quad (3.23)$$

икки кутбли сигналлар учун,

$$A_{кв} = 6m - 20 \lg k + 10,8 \quad (3.24)$$

бир кутбли сигналлар учун.

(3.23) ва (3.24) формулалар меъёрий квантланаётган код гуруҳидаги разрядларнинг ҳар бир бирликка ортиши билан $A_{кв}$ ҳимояланганлик 6 дБ га ошишини ва $\sigma_c < U_0$ бўлганда, у сигнал сатҳига тўғри пропорционал равишда ўсишини кўрсатаётир. Масалан, саккиз разрядлидан тўққиз разрядли кодга ўтилганда $A_{кв}$ квантлаш шовқинларидан ҳимояланганлик 6 дБ га ошади, лекин бунда талаб қилинаётган узатиш тезлиги 12,3 фоизга ошади, бу ҳамиша ҳам мақбул бўладиган ҳол эмас.

Турли сигналларни квантлаш шовқинларидан ҳимояланганлигини баҳолашда юқоридаги формулалардан фойдаланилади.

Гармоник сигнал. Сигнал амплитудасига тенг катталикини $U_{макс}$ чеклаш чегараси катталиги деб қабул қиламиз. Бунда коэффициент $k = U_{макс} / \sigma_c = \sqrt{2}$ га тенг бўлади, квантлаш шовқинларидан ҳимояланганлик эса (3.23) га кўра қуйидагига тенг бўлади:

$$A_{кв} = 6m - 20 \lg \sqrt{2} + 4,8 = 6m + 1,8. \quad (3.25)$$

Сўзлашув сигнали. Кўпгина амалий масалалар учун сўзлашув сигнали оний қийматларининг тақсимланиш эҳтимоллигининг зичлиги экспоненциал қонун орқали ифодаланади, деб қабул қилинган ва яқка сигнални кодлаш ҳолида коэффициент k нинг $k=3$ га тенг қиймати қабул қилинади, бунда чеклаш шовқинларининг пайдо бўлиш эҳтимоллиги 10^{-4} дан ошмайди. k қийматни (3.23) га қўйиб, қуйидагини оламиз:

$$A_{2кв} = 6m - 20 \lg 5 + 4,8 = 6m - 9,2. \quad (3.26)$$

Турли манбалардан келувчи сўзлашув сигнали. Бу ҳолда химояланганликни ҳисоблаш (3.21) формула орқали амалга оширилади. (3.26) ни ҳисобга олиб, куйидагига эга бўламиз:

$$A_{3кв} = 6m - 9,2 + 20 \lg(\sigma_c / \sigma_{c.макс}). \quad (3.27)$$

Турли манбалардан келувчи телефон сигналлари ўртача кувватининг тақсимланиши $\sigma_c = 3,5 \dots 5,5$ дБ ўртача квадратик огишли нормал қонунга бўйсинади. Бунда тасодифий катталиқнинг қиймати $p=0,997$ эҳтимоллик билан $\pm 3\sigma_c$ чегарадан катта бўлмайди. $\sigma_c = 5,5$ дБ бўлганда $y \pm 16,5$ ни ташкил этади. Юқорида айтилганларни ҳисобга олган ҳолда, квантлаш шовқинидан химояланганлик энг кучсиз сигналлар учун куйидагига тенг бўлади:

$$A_{3кв} = 6m - 42,2 \quad (3.28)$$

Кўп каналли гуруҳли телефон сигнали. Бу ҳолда $k=4$ га тенг, деб олиниб (3.23) дан куйидагига тенг квантлаш шовқинларидан химояланганликни топамиз.

$$A_{4кв} = 6m - 7,2. \quad (3.29)$$

Кўп каналли гуруҳли телефон сигнали оний қийматларнинг нормал тақсимланишига эга бўлиб, $k=4$ бўлганда чеклаш шовқинларининг пайдо бўлиш эҳтимоллиги $p=10^{-4}$ дан ошмайди.

Телевизион сигнал. Телевизион сигнал бир кутбلى бўлганлиги туфайли $k=\sqrt{3}$ да (бу катталиқ учун чеклаш шовқинларининг пайдо бўлиш эҳтимоллиги жуда кичик) квантлаш шовқинларидан химояланганлик (3.24) формула орқали топилади:

$$A_{5кв} = 6m - 20 \lg \sqrt{3} + 10,8 \approx 6(m + 1). \quad (3.30)$$

(3.21) ва (3.22) ифодалар квантлаш шовқинларидан химояланганлик турли сатҳдаги сигналлар учун доимий эмаслигини кўрсатади.

Кучсиз сигналлар учун у минимал бўлиб, $\sigma_c / \sigma_{c, \max}$ нисбатнинг ошиши билан у ҳам юқорилаша боради. $\sigma_c = \sigma_{c, \max}$ бўлганда, квантлаш шовқинларидан ҳимояланганлик максимал бўлади. $\sigma_c > \sigma_{c, \max}$ бўлганда, чеклаш шовқинларининг пайдо бўлиш эҳтимоллиги оша боради, квантлаш ва чеклаш шовқинларининг йиғинди таъсирларидан ҳимояланганлик эса пасая боради. Сўзлашув сигнали квантлашга дучор қилинади, деб фараз қилган ҳолда чеклаш шовқинининг қувватини ҳисоблаймиз.

Чеклаш шовқинининг оний қиймати $\xi_{\text{чек}} = u - U_0$ бўлиб, унинг қуввати қуйидаги муносабат орқали боғланган:

$$W_{\text{чек}} = 2 \int_{U_{\text{чек}}}^{\infty} (u - U_{\text{чек}})^2 w(u) du. \quad (3.31)$$

Бу ерда $w(u) = \frac{1}{\sqrt{2}\sigma_c} \exp\left[-\sqrt{2} \frac{|u|}{\sigma_c}\right]$ сўзлашув сигнали оний қийматларининг тақсимланиш эҳтимоллигининг зичлиги. $w(u)$ формулани (3.31) га қўйиб ва баъзи алмаштиришларни бажариб, қуйидагини оламыз:

$$W_{\text{чек}} = \sigma_c^2 \exp\left(-k\sqrt{2}\sigma_{c, \max} / \sigma_c\right). \quad (3.32)$$

Чеклаш шовқинларидан ҳимояланганлик қуйидагига тенг бўлади:

$$A_{\text{чек}} = 10 \lg \frac{W_c}{W_{\text{чек}}} = 6k \frac{\sigma_{c, \max}}{\sigma_c}. \quad (3.33)$$

$W_c / W_{\text{чек}}$ нисбат k ошиши билан катталашади, бу табиий ҳол, бунда U_0 чеклаш чегараси катталашганлиги туфайли, демак, нисбатнинг катталашини эҳтимоллиги кичраяди. Квантлаш ва чеклаш шовқинлари бир-бирига боғлиқ бўлмаганлиги туфайли, квантлашда пайдо бўлувчи умумий шовқин бу шовқинлар йиғиндисига тенг, яъни:

$$W_{\Sigma} = W_{\text{кв}} + W_{\text{чек}} = \frac{k^2 \sigma_{c, \max}^2}{3M^2} + \sigma_c^2 \exp\left(-k\sqrt{2}\sigma_{c, \max} / \sigma_c\right). \quad (3.34)$$

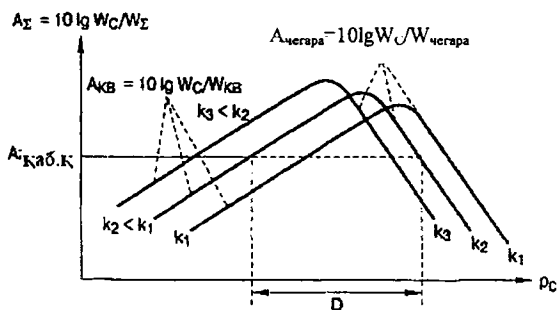
Сигнал/шовқин нисбатининг натижавий қиймати қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$\eta_{\Sigma} = \frac{W_c}{W_{\Sigma}} = \frac{\sigma_c^2}{\frac{k^2 \sigma_{c, \max}^2}{3M^2} + \sigma_c^2 \exp\left(-k\sqrt{2}\sigma_{c, \max} / \sigma_c\right)}. \quad (3.35)$$

3.2-расмда бу нисбатнинг кириш сигнали нисбий сатхининг қийматига боғланиши келтирилган. Бу қиймат орқали k коэффициентнинг турли қийматлари учун $p_c = 20 \lg(\sigma_c / \sigma_{c, \max})$ турдаги узатишнинг логарифмик ўлчови тушунилади. Боғланиш ясалаётганда $\sigma_c < \sigma_{c, \max}$ бўлганда, квантлаш шовқинлари асосий ўринни эгалласа, $\sigma_c > \sigma_{c, \max}$ бўлганда эса, чеклаш шовқинлари асосий ўринни эгаллаши ҳисобга олинади. Олинган графиклар сигнал/шовқин нисбатининг аниқ ифодаланган максимумларига эга бўлиб, уларнинг ҳолати $\sigma_c = \sigma_{c, \max}$ га тенг бўлган нуқтадан бирмунча силжиган бўлади.

Текис квантлашда кириш сигнали оптимал сатхининг мавжуд бўлиши ва у квантланаётганда сигнал/шовқин нисбатининг энг катта қийматга эга бўлиши юқоридаги графиклардан (3.2-расмга қаранг) кўришиб турибди. Кириш сигнали сатхининг камайиш томонга оғиши ҳам, катталашини томонга оғиши ҳам ҳимояланганликнинг пасайишига сабаб бўлади.

Олинган тавсифларга кўра, k коэффициенти маълум бўлганда кириш сигналлари сатхининг (шартли равишда динамик) D диапазонини аниқлаш мумкин, бу диапазон чегарасида ҳимояланганлик талаб қилинаётган қийматлар- A_{TK} дан кичик бўлмайди. Днинг қийматини 3.2-расмда кўрсатилганидек график равишда аниқлаш мумкин.



3.2-расм. Кириш сигналнинг нисбий даражасига боғлиқ бўлган квантлаш ва чеклаш шовқинларидан ҳимояланганлик.

Иккинчи тамондан текис квантлаш жараёнида квантловчи қурилманинг чиқишидаги АИМ сигналнинг саногии кодланаёт-

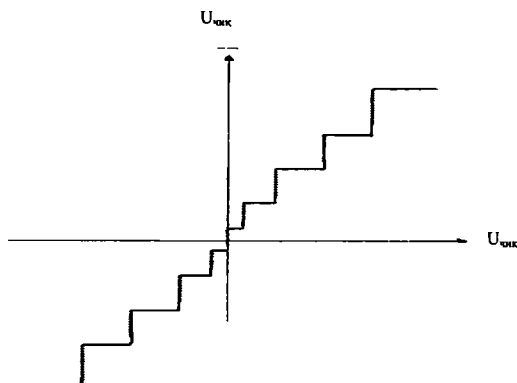
гандаги код комбинациясининг керакли разряди (ёки узунлиги) ни химояланганликнинг берилган минимал жоиз қийматлари ва кириш сигналлари сатхларининг ўзгаришлар диапазони орқали топиш мумкин. Бу масалани турли манбалардан келувчи телефон сигналларини кодлаш ҳоли учун кўриб чиқайлик.

Квантлаш шовқинларидан химояланганлик барча абонентлар учун $A_k=23$ дБ дан кичик бўлмаслигини таъминлаш талаб қилинаётган бўлсин. $m=(42,2+25)/6 \approx 12$ (катта бутун сонга яхлитланган) бўлганда, энг кучсиз сигналлар химояланганлик билан таъминланган бўлиши (3.28) формуладан кўриниб турибди, бу квантлаш сатхларининг $M=2^{12}=4096$ сонига тўғри келади. Бунда максимал амплитудали (кучли) сигналлар учун химояланганлик талаб қилинаётган химояланганликдан 30 дБ га ортиқ бўлади. Текис квантланаётганда код разрядларининг кўп сонли бўлиши аппаратуранинг мураккаблашишига ва трактнинг талаб қилинаётган ўтказиш қобилиятининг ошишига олиб келади, бу иқтисодий жиҳатдан фойдасиздир. Нотекис квантлашни амалга оширган ҳолда бу камчиликлар йўқотилади.

Нотекис квантлашдаги квантлаш шовқинларини баҳолаш. Нотекис квантланаётганда квантлаш қадами ўзгармасдан қолмайди, балки ўзгарувчан бўлиб, у маълум қонун бўйича ўзгаради. Агар кириш сигналларининг барча сатхлари учун берилган динамик диапазонда квантлаш шовқинларидан химояланганликнинг ўзгармас бўлиб қолиши талаб қилинса, у ҳолда (3.8) ва (3.10) формулалардан фойдаланиб, квантлаш қадамининг квантланувчи сигналнинг $u_{\text{күр}}$ кучланиши (ёки токи)нинг оний қийматига боғланишини аниқлаш осон:

$$\delta_i = u_{i,\text{күр}} \sqrt{12} \cdot 10^{-0,05 A_{\text{к}}} \quad (3.36)$$

Кучсиз сигналлар учун квантлаш қадамининг минимал бўлиши ва сигнал кучланиши (токи) нинг кўпайиши билан унинг катталашиши, яъни ночизиқли квантлаш шкаласининг мавжуд бўлиши (3.36) формуладан кўриниб турибди. Нотекис квантлашдаги тегишли квантловчи қурилманинг амплитудавий тавсифи 3.3-расмда кўрсатилган.



3.3-расм. Нотекис квантлаш шкаласи.

Квантлашнинг ўзгарувчи қадамини олишни куйидаги усулла орқали амалга ошириш мумкин:

1) сигнални чизиқли квантлаш шкалали кодлаш қурилмасид кодлашдан олдин унинг динамик диапазонини компрессор (К ёрдамида сиқиш орқали ва декодлашдан кейин экспандер (Э ёрдамида уни навбатдаги кенгайтириш орқали (3.4-расм) компрессор ва экспандер ёрдамида ўтказиладиган тадбирла; тўпламини сигнални компандерлаш дейилади; компандерлаш (К-Э) нинг, яъни компрессор ва экспандер босқичи бирикмасинин тавсифи чизиқли бўлиши керак;

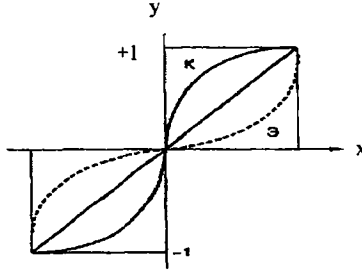
2) ночизиқли кодлаш ва декодерлаш орқали;

3) рақамли компандерлаш орқали.

Бу усуллар амалда тенг кучлидир, лекин назарий тадқиқотлар сўнгги хулосалар ва келажакда нотекис квантлашнинг турли усулларини амалга ошириш мақсадида сигнални компандерлаш ёрдамида нотекис квантлашни кўриб чиқайлик.

Ўқлари бўйича кириш $x = U_{кир} / U_{кир, макс}$ ва чиқиш $y = U_{чик} / U_{чик, макс}$ сигналларининг меъёрланган қийматлари жойлашган 3.4-расмда ифодаланган боғланишга Δx ўзгарганда Δy нинг ўсиши доимий, Δx нинг ўсиши эса тавсифнинг тиклигиг; тескари мутаносиб бўлган ҳолдагина эришилади, яъни:

$$\Delta x = \frac{\Delta y}{dy/dx}. \quad (3.37)$$



3.4-расм. Ночизикли квантлаш шкаласини компандер қурилмалар ёрдамида амалга ошириш.

x ўқидаги тегишли квантлаш қадами қуйидагига тенг бўлади:

$$\delta_i = \frac{\delta}{dy/dx}. \quad (3.38)$$

Агар M квантлаш даражалари сони меъёрланган (1дан минус 1гача) диапазонда бўлса, у ҳолда:

$$\delta_i = \frac{2}{M} \left(\frac{dx}{dy} \right). \quad (3.39)$$

δ_i квантлаш қадами ўрнига квантлашнинг ҳар бир қадамидаги унинг қийматини қўйиб, нотекис квантлаш туфайли пайдо бўлган шовқиннинг ўртача қувватини (3.3)...(3.8) ифодалар орқали аниқлаш мумкин. (3.39) ифодани (3.7) формулага қўйиб, қуйидагини оламиз:

$$W_{кс} = \sum_{i=1}^M \frac{1}{12} \delta_i^2 p_i = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^M \left(\frac{2}{M} \left(\frac{dx}{dy} \right) \right)^2 p_i = \frac{1}{3M^2} \sum_{i=1}^M p_i \left(\frac{dx}{dy} \right)^2 \quad (3.40)$$

M квантлаш сатхлари катта сонли бўлгандаги квантлаш шовқинларининг қувватини ҳисоблаш учун қўшиш амалини интеграллаш билан алмаштириш мумкин, у ҳолда:

$$W_{кс} = \frac{1}{3M^2} \int w(x) \left(\frac{dx}{dy} \right)^2 dx, \quad (3.41)$$

бу ерда $w(x)$ -квантловчи курилманинг чиқишидаги меъёрланган сигнал эҳтимоллигининг тақсимланиш зичлиги.

Сигнал қувватини квантловчи курилманинг чиқишидаг меъёрланган сигнал $w(x)$ эҳтимоллигининг тақсимланиш зичлиги орқали ифодалаш мумкин:

$$W_c = \int w(x)x^2 dx.$$

(3.41) ни ҳисобга олган ҳолда, сигнал-квантлаш шовқин нисбатини (СКШН) қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$\frac{W_c}{W_{кс}} = \frac{3N^2 \int w(x)x^2 dx}{\int w(x) \left(\frac{dx}{dy} \right)^2 dx}. \quad (3.42)$$

Қуйидаги шартни бажариб, СКШН нинг ўзгармаслигини сақлаш мумкин:

$$x/\Delta x = const = C_1. \quad (3.43)$$

(3.43) формулага (3.37) ифодани қўйиб, қуйидагини оламит:

$$x = C_1 \Delta x = C_1 \Delta y \left(\frac{dx}{dy} \right).$$

Δy ўзгармас катталиқ экан, y ҳолда қуйидагини олиш мумкин:

$$dy = C_2 (dx/x).$$

Бу ифоданинг ўнг ва чап қисмларини интеграллаб қуйидагини оламит:

$$y = C_2 \ln x + \ln \mu,$$

бу ерда $\ln \mu$ - интеграллаш доимийси.

Бу ерда $y = C_2 \ln(\mu x).$ (3.44)

Бу ифодадаги доимийларни топиш учун $y = \phi(x)$ ўзгаришлар қонунининг чегаравий шартлари: 1) $x=0$ бўлганда $y=0$ ва 2) $x=$ бўлганда $y=1$ бўлишини ҳисобга олиш керак.

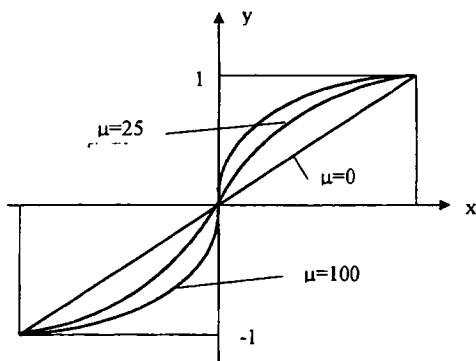
Биринчи шарт амалга ошириш мумкин бўлмайдиган натижага олиб келади. Олинган функциянинг боғланиши координата боши орқали ўтмайди (3.3-расм). Буни амалга ошириш учун (3.44) ифодани бирмунча ўзгартириш керак ёки бошланғич шартларни ўзгартириш керак.

(3.44) ифода ўзгартирилаётганда логарифм белгиси остига C доимийни киритамиз:

$$Y = C_2 \ln (\mu x + C_3), \quad (3.45)$$

у холда нол чегаравий шартларни қўйиб, доимий $C_3=1$ қийматни топамиз. Иккинчи чегаравий шартни қўйиб, C_2 учун қуйидаги қийматни топамиз:

$$C_2 = 1/\ln(\mu + 1).$$



3.5-расм. Компандерлаш μ қонунининг тавсифи.

Охирги ифодани (3.43) га қўйиб ва $C_3=1$ га тенглигини ҳисобга олиб, қуйидагини оламиз:

$$y = \frac{\ln(1 + \mu x)}{\ln(1 + \mu)}. \quad (3.46)$$

(3.46) формула орқали ифодаланадиган қонун бўйича амалга ошувчи компандерлашни μ типдаги тавсифли логарифмик компандерлаш (ёки компандерлашнинг μ қонуни) дейилади. μ параметрни сиқиш коэффициентини дейилиб, у қуйидаги муносабатдан аниқланади:

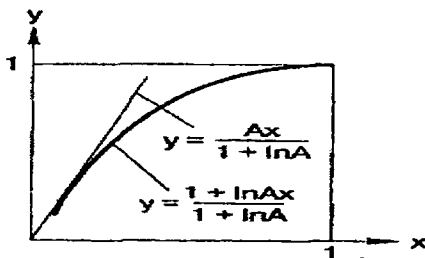
$$\frac{\delta_{\max}}{\delta_{\min}} = 1 + \mu. \quad (3.47)$$

Бу ердаги δ_{\max} ва δ_{\min} -квантлаш қадамнинг тегишли максимал ва минимал қиймати. μ сиқиш коэффициенти қанча катта бўлса, δ_{\max} ва δ_{\min} орасидаги фарқ шунча катта бўлади. μ сиқиш коэффициентининг турли қийматлари учун компандерлаш μ қонуни тавсифининг кўриниши 3.3-расмда кўрсатилган. Сиқиш коэффициенти кириш сигналларининг тавсифларига қараб танланади. Мавжуд рақамли узатиш тизимларида $\mu=233$, деб қабул қилинган.

μ сиқиш коэффициентининг катта қийматлари учун икки қутбли сигналларни квантлаш шовқинларидан ҳимояланганлиги куйидаги формула орқали аниқланиши мумкин:

$$A_{\text{н}} = 6m + 4,77 - 20 \lg[\ln(1 + \mu)] \quad (3.48)$$

Сиқиш коэффициентини танлашнинг квантлаш шовқинларидан ҳимояланганликка катта таъсир қилиши (3.48) ифодадан кўриниб турибди.



3.6-расм. Компандерлашнинг логарифмик А қонуни.

Агар $\mu=233$ бўлса, y ҳолда $m=7$ учун $A_{\text{н}}=32$ дБ га, $m=8$ бўлганда эса тегишли равишда $A_{\text{н}}=38$ дБ га тенг бўлади.

(3.44) ифодага қайтайлик. Бошланғич шартлар ўзгараётганда компандерлаш куйидаги тарзда амалга оширилади. (3.44) тенгликни фақат $y=1$ дан x_1 нуқтагача бўлган соҳада ҳақиқий деб ҳисоблаймиз (3.6-расмга қаранг.), унда $y(x)$ функцияга уринма чизиқ координата боши орқали ўтади (штрихли линия), y ҳолда (3.44) га асосланиб, иккинчи чегаравий шартни ҳам топамиз:

$$C_2 = 1/\ln \mu,$$

демак,

$$y = \frac{\ln \mu x}{\ln \mu}.$$

Энди $\mu = eA$ га тенг, деб қабул қилинса, бу ерда e -натурал логарифм асоси, y ҳолда

$$y = \frac{\ln eAx}{\ln eA} = \frac{\ln e + \ln Ax}{\ln e + \ln A} = \frac{1 + \ln Ax}{1 + \ln A}.$$

Бу функция тавсифнинг фақат x_1 маълум бир нуқтасигача мавжуд бўлиб, ундан кейин логарифмик тавсиф координата боши орқали ўтувчи уринма чизиққа айланади, y ҳолда

$$Bx_1 = \frac{1 + \ln Ax_1}{1 + \ln A}. \quad (3.49)$$

Иккала функциянинг ҳосилалари бу нуқтада тенг бўлади, яъни

$$B = \frac{A/Ax}{1 + \ln A} \Big|_{x=1/A} = \frac{1/x}{1 + \ln A}, \text{ ёки } Bx_1 = \frac{1}{1 + \ln A}. \quad (3.50)$$

(3.49) ва (3.50) ифодаларни тенглаштириб, қуйидагини оламиз:

$$1 + \ln Ax_1 = 1,$$

агар $x_1 = 1/A$ бўлгандагина бу мумкин. Бу ердан $B = A/(1 + \ln A)$.

$$Y = \begin{cases} \frac{Ax}{1 + \ln A}, & 0 \leq x \leq 1/A \text{ бўлганда,} \\ \frac{1 + \ln Ax}{1 + \ln A}, & 1/A \leq x \leq 1 \text{ бўлганда.} \end{cases} \quad (3.51)$$

(3.51) ифода орқали изоҳланувчи компандерлаш қонунини A қонун дейилади. Сиқиш (компрессия) параметри деб аталувчи A параметр одатда 87,6 га тенг, деб танланади. Компандерлашнинг бу қонуни Европа мамлакатларида, хусусан Россияда ҳам кенг суратда қўлланила бошланди. Кучланиши U_{\max}/A дан кичик бўлган кириш сигналлари линиявий кодлашга дучор бўлади, кучланиши U_{\max}/A дан катта бўлган сигналлар эса логарифмик қонун бўйича нотекис квантлашга дучор бўлади.

Ночизикли квантлаш катта сатхли сигналлар учун $A_{\text{КВ}}$ ҳимояланганликнинг маълум даражада пасайиши ҳисобига унинг кичик сигналлар соҳасида анча яхшиланишига имкон яратади. Компандерлаш ΔA қўшимча ҳимояланганлик компрессия (сиқиш) тавсифининг тиклигига тўғри мутаносиб бўлиб, $U_{\text{кв}} \rightarrow 0$ бўлганда, у кучсиз сигналлар учун текис квантлашнинг квантлаш қадамини нотекис квантлашнинг квантлаш қадамига нисбати орқали аниқланиши мумкин. Текис квантланаётгандаги квантлаш шовқинининг қуввати (3.8) формула орқали ҳисобланади. Нотекис квантлашда кучсиз сигналлар учун у, квантлашнинг энг кичик қадами орқали аниқланади:

$$W_{\text{кв}} = \delta_{\text{мин}} / 12.$$

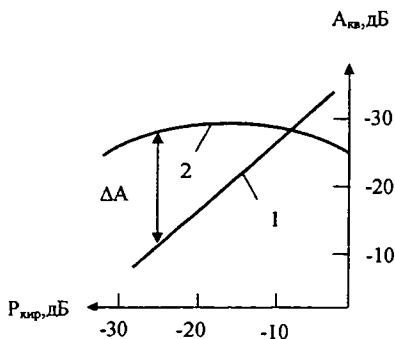
У ҳолда нотекис квантлаш ҳисобига қўшимча ҳимояланганлик қуйидагича бўлади:

$$\Delta A = 10 \lg \frac{12W_c}{\delta_{\text{мин}}^2} - 10 \lg \frac{12W_c}{\delta^2} = 20 \lg \frac{\delta}{\delta_{\text{мин}}}, \quad (3.52)$$

бу ерда W_c – фойдали сигналнинг қуввати.

Квантлаш қадами компрессор тавсифининг тиклигига боғлиқ бўлиб (3.38) ифодага биноан $\delta/\delta_{\text{мин}}$ нисбат dy/dx га тенг бўлади. $1/A$ қийматдан кичик ёки унга тенг (3.51-ифода). Сигналларни A қонун бўйича компандерланаётганда ҳосила $dy/dx = A/(1 + \ln A)$ га ва $A=87,6$ бўлганда квантлаш шовқинларидан қўшимча ҳимояланганлик $\Delta A=24$ дБ га тенг бўлади.

Солиштириш мақсадида $A_{\text{қв}}$ ҳимояланганликни чизикли квантланаётган (1-чизик) ва нотекис квантланаётган (2-чизик) сигналнинг $R_{\text{қир}}$ кириш сатҳига боғланиши 3.7-расмда келтирилган.



3.7-расм. Нотекис квантлашдаги қўшимча ҳимояланганликни аниқлашга оид.

Шундай қилиб, компандерлашнинг A қонуни бўйича текис квантлаш ҳимояланганликни 24 дБ га ошириб, код разрядлари сонини $24/6 = 4$ га камайтиришга имкон яратади, бунда Текис (чизикли) квантланаётганда у ўн икки разрядли кодлаш ўрнига саккиз разрядли кодлашдаги анча кучсиз сўзлашув сигналлари учун талаб қилинаётган квантлаш шовқинларидан ҳимояланганликни таъминлайди.

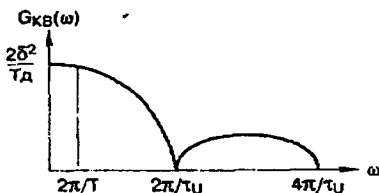
Замонавий рақамли узатиш тизимларида рақамли компандер қурилмалари (компрессорлар ва экспандерлар-сиқувчилар ва кенгайтирувчилар) дан фойдаланилади, улар бир-бири билан бирлаштирилган бўлиб, биргаликда кодловчи ва декодерловчи қурилмалар орқали ўзаро боғланади. Бунда $u(x)$ функция сифатида гипотетик компрессор тавсифи қўлланилади, бу тавсиф компандерлаш қонунларидан бири (μ ёки A) нинг аппроксимациясини синиқ чизик орқали ифодалайди.

Квантлаш шовқинининг энергетик спектри. Дискретлаш ва квантлаш натижасида пайдо бўлувчи квантлаш шовқини, тасодифий амплитудали корреляцияланмаган (ўзаро боғланмаган) импульслар кетма-кетлигини ифодалайди (3.1.6-расмга қаранг). Бундай кетма-кетликнинг энергетик спектри қуйидаги ифода орқали ифодаланadi:

$$G_{\kappa\kappa}(\omega) = \frac{2\tau_u^2}{T_o} \sigma_{\kappa\kappa}^2 \frac{\sin^2(\omega\tau_u/2)}{(\omega\tau_u/2)}, \quad (3.53)$$

бу ерда τ_u – импульс давомийлиги; T_o – дискретлаш даври; $\sigma_{\kappa\kappa}$ – квантлаш шовқинининг дисперсияси. Квантлаш шовқини энергетик спектрининг кўриниши 3.8-расмда кўрсатилган.

Ҳал қилинган импульслар τ_u давомийлигининг камайишига мувофиқ равишда квантлаш шовқини энергетик спектрининг борган сари текислаша боришини (3.53) формуладан кўриш мумкин, $\tau_u \rightarrow 0$ бўлганда квантлаш шовқини кенг частоталар полосасида ўзгармас энергетик спектрга эга бўлган «оқ шовқин» га айланади, бу спектрнинг кенглиги сигнал спектрининг кенглигидан каттадир.



3.8-расм. Квантлаш шовқинларининг энергетик спектри.

АИМ сигнални демодуляциялашнинг кесма частотаси сигнал спектрининг F_{\max} юқори частотасига тенг бўлган қуйи частотали фильтр (ҚЧФ) билан амалга оширилиши илгари айтилган эди. Демодулятор киришидаги квантланган АИМ сигнални бошланғич АИМ сигнал ва квантлаш шовқинининг йиғиндисидан иборат деб ҳисоблаш мумкин, демодулятор чиқишидаги сигнал-квантлаш шовқини нисбати (СКШН) ни баҳолаш учун бузилмаган сигнал ва шовқиннинг ҚЧФ дан ўтишини кўриб чиқайлик.

АИМ сигнал спектри паст частотали ташкил этувчисининг қуввати бошланғич сигналнинг қувватидан T_o/τ_u марта кичик

бўлиб ($m_a=1$ учун), бу спектрнинг максимал частотаси дискретлаш частотасининг ярмидан ошмаслиги керак. Демодулятор чиқишидаги АИМ сигнални квантлаш шовқинининг қуввати нолдан дискретлаш частотасининг ярми $\Omega_p/2$ гача бўлган частоталар полосасида қуйидагига тенг бўлади:

$$W_{\text{кв.чик}} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\Omega_p/2} G_{\text{кв}}(\omega) d\omega = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\Omega_p/2} \frac{2\tau_u^2}{T_p^2} \sigma_{\text{кв}}^2 \frac{\sin^2(\omega\tau_u/2)}{\omega\tau_u/2} d\omega$$

$\Omega_p/2$ юқори частотада аргумент $\omega\tau_u/2 = \frac{\pi\tau_u}{2T_p}$ бўлади.

$\tau_u \ll \tau_p$ бўлганда, $\frac{\sin(\pi\tau_u/T_p)}{\pi\tau_u/T_p} \approx 1$ бўлади.

У ҳолда квантлаш шовқинларининг қуввати учун юқоридаги ифода қуйидаги кўринишни олади:

$$W_{\text{кв.чик}} = \sigma_{\text{кв}}^2 \frac{1}{2\pi} \frac{2\tau_u^2}{T_p^2} \frac{\Omega_p}{2} = \sigma_{\text{кв}}^2 \frac{\tau_u^2}{T_p^2} \quad (3.54)$$

Бундан демодуляторнинг ҚЧФ чиқишидаги СКШН қуйидагига тенг бўлади:

$$\frac{W_{\text{чик,с}}}{W_{\text{кв.чик}}} = W_c \frac{\tau_u^2}{T_p^2} / \left(\sigma_{\text{кв}}^2 \frac{\tau_u^2}{T_p^2} \right) = \frac{W_c}{W_{\text{кв}}}$$

Демак, АИМ квантланган сигналнинг демодуляторида дискретлаш частотасининг ярмига тенг ўтказиш полосали ҚЧФ дан фойдаланилганда, филтър чиқишидаги СКШН сигнал билан квантлаш шовқини тўлиқ қувватларининг нисбатига тенг бўлади. Шунинг учун ҳисоблашлар олиб борилаётганда квантлаш шовқинининг спектри $0 \dots \Omega_p/2$ частоталар соҳасида тўпланган деб ҳисобланади ва у бу диапазон чегарасида бир меъёрдаги спектр зичлигига эга бўлади:

$$G_{\text{кв}}(\omega) = \frac{\sigma_{\text{кв}}^2}{\Omega_p/2} 2\pi = \frac{4\pi}{\Omega_p} \sigma_{\text{кв}}^2 \quad (3.55)$$

Агар сигнал Ω_p дан кичик частоталар полосасини эгалласа, демодуляторнинг ҚЧФ $\Omega_{\text{макс}}$ дан $\Omega_p/2$ гача частоталар диапазонидаги квантлаш шовқинининг бир қисмини пайтирилганлиги, сигнални эса тўлиқ ўтказганлиги туфайли бундай филтърнинг чегаравий частотасини сигналнинг $\Omega_{\text{макс}}$ юқори частотасига тенг деб қабул қилиш мақсадга мувофиқдир.

Нотекис квантланаётганда 0 дан $\Omega_0/2$ гача частоталар полосасида квантлаш шовкиннинг спектрини бир текис деб ҳисобласа бўлади.

Кодлашга дучор бўладиган сигнал, каналлари частота бўйича ажратилган кўп каналли узатиш тизимининг гуруҳли сигнали бўлганда, квантлаш шовқинларининг спектрини билиш айниқса муҳимдир. Бу ҳолда фақат айна шу канал сигнаolini квантлашгина эмас, балки гуруҳли сигнални квантлаш ҳам канал чиқишидаги шовқинга сабаб бўлади; бу жараён кенг полосали шовқинни ҳосил қилади, унинг бир қисми каналлари частота бўйича ажратилган узатиш тизимининг канал филътрига келиб тушади. Агар барча каналлар бир хил режимда (айтайлик, фақат телефон маълумотларини узатишга) фойдаланишга мўлжалланган бўлса, у ҳолда уларнинг ўртача сигналларини бир хил, деб ҳисоблаш керак, демак, шовқин спектри бир текис бўлади.

3.4. Квантланган сигналларни кодлаш

Кўп сатҳли сигналларни узатиш анча ноқулай бўлганлиги сабабли, қабул қилгич барча рухсат этилган сатҳларнинг фарқига бориши керак. Бундан ташқари, бундай сигналлар халақитлар таъсирига дучор бўлган бўлса, уларни тиклаш (регенерациялаш) қийин. Бошқача айтганда, аналог сигналларнинг камчиликлари маълум даражада кўп сатҳли сигналларга ҳам хосдир. Шунинг учун рақамли узатиш тизимларида одатда нисбатан асоси кичик бўлган кодлардан, кўпинча иккилик кодлардан фойдаланилади. Кўп сатҳли сигнални асоси кичик бўлган кодга ўзгартириш жараёнини *кодлаш* дейилади. Тегишли санок тизимида квантланган сигналнинг рухсат этилганининг тартиб рақамини ифодаловчи символлар (элтувчи, рақам) комбинацияси кодлашнинг натижаси ҳисобланади. Рақамли узатиш тизимларида иккилик санок тизими кенг суратда қўлланилади. М рухсат этилган сатҳли ҳар қандай квантланган сатҳни иккилик санок тизимида қуйидаги кўринишда ифодалаш мумкин:

$$M = \sum_{i=1}^m a_{m-i} 2^{m-i}, \quad (3.56)$$

бу ерда m -код разрядларининг сони; $a_i = 0$ ёки 1 қийматни қабул қилувчи разряд рақами. m разрядли иккилик коди ёрдамида қуйидагига тенг квантлаш сатҳларининг сонини кодлаш мумкин:

$$M = 2^m. \quad (3.57)$$

Квантлаш сатҳларининг сонини танлаш квантлаш кадаминини жоиз катталиги орқали аниқланганлиги туфайли, одатда тескари масалани ҳал этиш: яъни M маълум бўлганда, кодлаш учун фойдаланилиши мумкин бўлган код разрядларининг керакли минимал сонини аниқлашга тўғри келади. (3.57) дан иккилик коди учун қуйидагини топиш мумкин:

$$m = \text{ent}(\log_2 M), \quad (3.58)$$

бу ерда $\text{ent}(x)$ -х сони бутун қисмининг олинисини ифодалайди.

Масалан, 111 сонини кодлаш учун керакли разрядлар сони $m = \text{ent}(\log_2 M) = \text{ent}(\log_2 111) = \text{ent}(6,79) = 7$ га тенг бўлади, 111 сонини (56) га биноан қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$111 = \sum_{i=1}^7 a_{7-i} 2^{7-i} = 1 \cdot 2^6 + 1 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0,$$

яъни унга 1101111 код комбинацияси тўғри келади, бу разряд рақамларининг $a_6=1, a_5=1, a_4=0, a_3=a_2=a_1=a_0=1$ га тенг қийматларига тўғри келади. $Q_{m-i} = 2^{m-i}$ катталиклар тўпламини разряднинг маълум тартиб рақами орқали тенг эталон сигналларнинг қатори сифатида қараш мумкин. Бизнинг мисолда $Q_6=64, Q_5=32, Q_4=16, Q_3=8, Q_2=4, Q_1=2, Q_0=1$.

Эталон сигнал катталигининг рухсат этилган квантланган сатҳининг иккилик эквиваленти разрядининг тартиб рақами билан бирдай алоқада бўлиши алоқа тизимида фақат код комбинациялари (ёки код гуруҳи) ни ташкил этувчи a_i катталиклар қаторини узатиш билангина чекланишга ижозат беради.

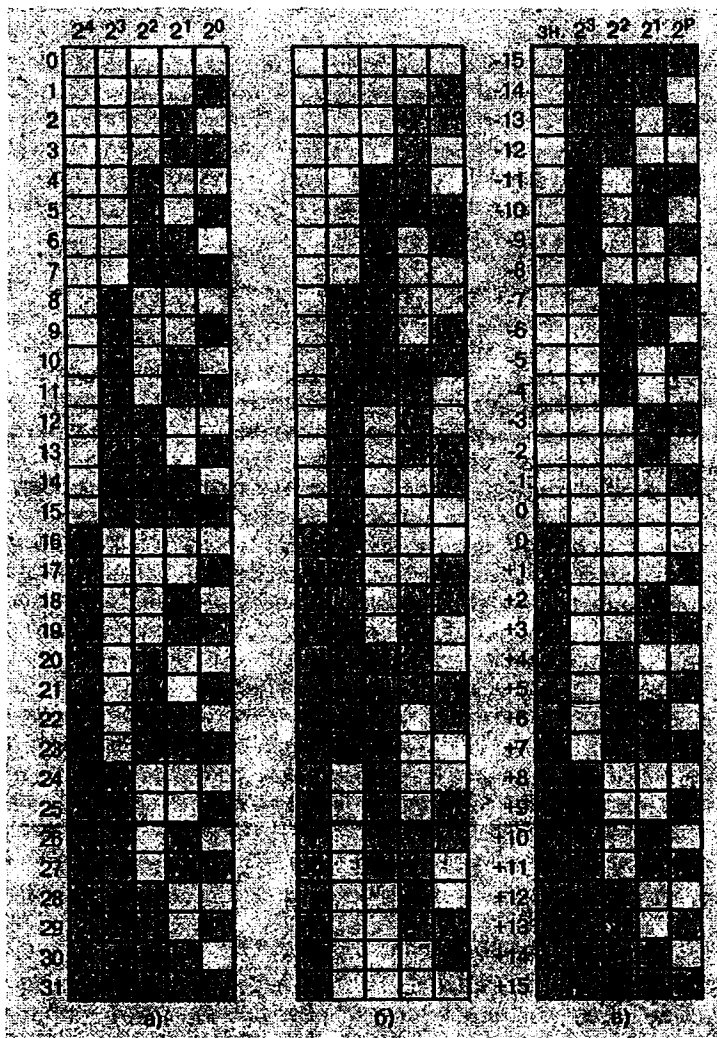
Комбинацияларни тузишнинг ягона қонуни билан боғланган фойдаланиладиган код комбинациялари тўпламини код дейилади. Комбинацияларни тузиш негизда (3.56) муносабат ётадиган код энг оддий код ҳисобланиб, уни *натурал иккилик код* дейилади. Квантлаш сатҳларининг ўзаро алоқа турини ва уларга тегишли код комбинацияларини тавсифловчи код жадваллари ёки код растрлари орқали кодларни график равишда тасвирлаш қулайдир, бунда квантлаш тартиб бўйича амалга оширилади. 3.9 а-расмда беш

разрядли натурал иккилик коднинг код растри кўрсатилган, унинг ёрдамида 32 та иккилик сони-код комбинацияларини ҳосил қилиш, демак, 32 та квантланган сатҳларни узатиш мумкин; 1 («бир рақамлари») ёки «импульслар») ва 0 («ноллар») ёки «очиқ қолган жойлар») бу ерда тегишли равишда қора ва оқ квадратлар орқали кўрсатилган. Сатҳларни рақамлаш юқоридан пастга қараб берилган, юқорида код разрядларининг ўлчови кўрсатилган. Код комбинацияларининг такрорланиш тартибини тескарисига алмаштириб, оддий тесқари код олинади. Масалан, $M=22$ га тенг сатҳ натурал кодда 10110 кўринишдаги комбинациялар орқали ифодаланади (3.9 а-расмга қаранг), тесқари код эса 01101 кўринишдаги комбинациялар орқали ифодаланади.

Код комбинациясидаги барча импульсларни очиқ қолган жойлар (ёки «бир рақамлари»)ни «нол») га алмаштириш инверс кодига олиб келади. Масалан, $M=22$ учун натурал коддаги код комбинацияси инверс кодида 01001 кўринишга эга бўлади.

Коднинг рақамли узатиш тизимларида қўлланиладиган бошқа типи-Грей коди (рефлекс ёки кўзгу коди) дир. Ҳар қандай икки кўшни код гуруҳларининг (3.9.б -расмга қаранг) бир-биридан атиги битта разряди билан фарқ қилиши Грей кодининг ўзига хос хусусияти ҳисобланади. Кодлар тузилаётганда бу хусусиятдан фойдаланилади ва у кодлашдаги хатоларни камайтиришга йўл кўяди. Тесқари ёки инверс коди ифодасини Грей кодига қўллаш мумкин.

Яна бир синфни симметрик кодлар ташкил қилади. Санокларни, масалан, ўзининг нол сатҳларидан юқорироқ ёки пастроқ бўлган бир хил мутлақ қийматларни қабул қилувчи сўзлашув-телефон сигналларини кодлашда кутб белгиси, яъни мусбат ёки манфий белгини белгилаш учун биринчи разряддан, мутлақ катталиқни белгилаш учун эса бошқа разрядлардан фойдаланиш қулай бўлиши мумкин. Агар квантланган АИМ сигналнинг кутбини аниқловчи биринчи (олий) разрядга эътибор берилмаса, ҳосил бўлувчи код жадвали (код растри) ўзининг ўртасига нисбатан симметрик бўлади, Грей коди ҳам шубҳасиз симметрик хоссага эгадир (3.9 б -расмга қаранг.).



3.9-рasm. Иккилик кодларнинг код жадваллари:
 а-натурал иккилик код; б- Грейнинг рефлекс иккилик коди;
 в-симметрик иккилик код.

Рақамли узатиш тизимлари техникаси юқорида санаб ўтилган кодлар билан чегараланиб қолмайди. Кодларнинг катта миқдор тақлиф этилган, улардан фойдаланишининг мақсадга мувофиқли

аниқ кодлаш масалалари орқали ва узатилаётган рақамли ахборотнинг тўғрилигига қўйилган талаблар орқали ҳал қилинади.

Код гуруҳлари линиявий трактлар орқали узатилгандан кейин қабул қилгичда декодирланади ва саноқ қийматларига кўра бошланғич сигнал тикланади.

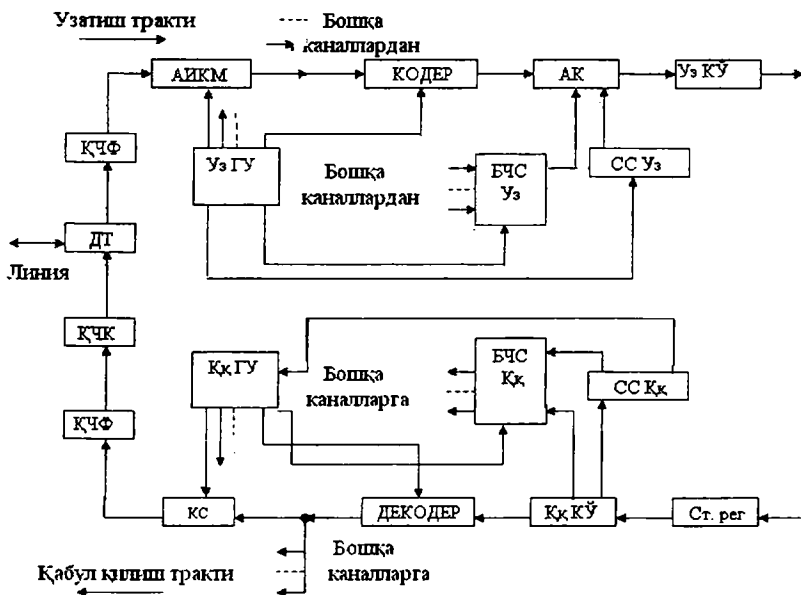
Замонавий РУТ да квантлаш ва кодлаш жараёни, одатда, биргаликда олиб борилади, рақамли сигнални шакллантириш жараёнини *аналог-рақамли ўзгартиш* (АРЎ) жараёни, тескари жараёни эса *рақамли-аналог ўзгартиш* (РАЎ) жараёни дейилади. АРЎ ва РАЎ учун мўлжалланган кодерлар ва декодерларнинг тўпламини *кодеклар* дейилади.

3.5. Рақамли узатиш тизимининг умумий тузилиш схемаси

Каналлари вақт бўйича ажратилган (КВА) рақамли узатиш тизимларида импульс-кодли модуляция (ИКМ) кенг суратда қўлланила бошлади. ИКМ асосида ташкил қилинган КВА рақамли узатиш тизимларида рақамли сигнал шакллантирилаётганда аналог бирламчи сигналларни дискретлаш ва квантлаш, сўнгра эса кодлаш амалга оширилади. Импульс-кодли модуляция асосида ташкил қилинган каналлари вақт бўйича ажратилган рақамли узатиш тизими (ИКМ-РУТ) нинг охириги ускунасини тузилиш схемаси 3.10-расмда, унинг вақт бўйича диаграммалари эса 3.11-расмда келтирилган.

Бирламчи сигнал узатиш ва қабул қилиш трактларини ажратишга мўлжалланган дифференциал тизим (ДТ) га келиб тушади. ДТ дан чиқаётган бирламчи сигнал F_0 дискретлаш частотасининг оптимал қийматини танлаш мақсадида бирламчи сигналнинг частоталар полосасини чеклайдиган узатиш трактининг куйи частотали филътри (ҚЧФ) га келиб тушади. Бундай чеклаш қабул қилинган дискретлаш частотасида сигнални қабул қилиш трактининг амалда қўлланадиган ҚЧФ ёрдамида бузмасдан тиклаш имконини таъминлаш учун керак. Узатиш тракти ҚЧФ нинг чиқишидан чиқаётган спектри бўйича чекланган сигнал амплитуда-импульсли канал модулятори (АИКМ) га келиб тушади, унинг бошқа киришига узатишнинг генератор ускунаси (Уз ГУ) дан чиқаётган такрорланиш частотаси дискретлаш частотасига тенг канал импульслари келиб тушади. АИКМ да узлуксиз бирламчи сигнални дискретлаш, яъни АИМ-2 сигнални шакллантириш

амалга оширилади. АИМ-2 сигнал импульсларининг мавжуд бўлиш вақтида кодлаш жараёни тугалланишга улгуриши учун, уларнинг давомийлиги анча катта бўлиши керак. Барча каналлар АИМ нинг чиқиши параллел бўлиб, уларнинг чиқишларида гурухли АИМ сигнал шаклланади.



3.10-расм. ИКМ асосида ташкил қилинган КВА рақамли узатиш тизимининг тузилиш схемаси.

Шундан кейин сигнал кодловчи қурилма (КОДЕР) га келиб тушади, у ерда тегишли қонун асосида квантлаш ва сўнгра коднинг танланган типиди кодлаш амалга ошади. Кодлаш жараёни U_3 ГУ дан келаётган ва маълум частота билан такрорланувчи (бу частотани f_T такт частотаси дейилади) импульсларнинг даврий кетма-кетлиги билан бошқарилади. Кодер чиқишидаги ҳар бир квантланган қийматга код комбинацияси тўғри келади. Кодер чиқишидан чиқаётган рақамли сигнал шакллантирувчи қурилма (ШК)га келиб тушади, у ерда рақамли кўп каналли сигналнинг автоматик телефон станциялари (АТС) га бошқарув ва чақирув сигналлари (БЧС U_3) ҳамда синхронлаш сигналлари (СС U_3)

узаткичидан келиб тушаётган бошқарув сигналлари билан бирлашиши ва ўзаро таъсирлашиши содир бўлади. Шундай қилиб, ШҚ нинг чиқишида узатиш цикли ҳосил бўлади. Бу цикл БЧС сигналларини, узатишдаги амплитуда-импульсли канал модуляторлари ва қабул қилишдаги канал селекторларининг синхрон равишда ишлашларини таъминловчи синхросигнални ва бошқа қўшимча сигналларни узатиш учун зарур бўлган бир неча қўшимча канал интерваллари (КИ)ни ўз ичига олган N канал интерваллари (КИ) дан ташкил топган. Ҳар бир канал интервали m-разрядли код комбинациясини ифодалайди, унинг P_m, P_{m-1}, \dots, P_1 разрядларида иккилик символлари (1 ёки 0) узатилади.

БЧС узатиш каналларининг керакли сонини таъминлаш учун ИКМ асосида ташкил қилинган КВА рақамли узатиш тизимининг цикллари меъеридан ортиқ цикллarga бирлашади. Циклдаги КИ нинг умумий сони ва код комбинациясидаги разрядлар сонига қараб, такт частотаси, яъни ШҚ чиқишидаги ИКМ сигнал импульсларининг такролланиш частотаси қуйидагига тенг бўлади:

$$f_T = F_o m N . \quad (3.59)$$

ШҚ чиқишидаги сигнал бир қутбли иккилик символларни ифодалайди. Бундай сигналлар линия орқали узатилаётганда бирмунча бузилишларга дучор бўлади. Бузилишларни камайтириш мақсадида сигнал спектр тавсифларини йўналтирувчи муҳит-линиянинг частотавий тавсифлари билан мослаштириш учун сигнални қайтадан кодлашни амалга ошириш зарурдир. Бу ишни узатишнинг код ўзгартиргичи (Уз КЎ) бажаради, унинг чиқишида рақамли линия сигнали-РЛС олинади.

Рақамли линия сигнали линия орқали ўтаётганда турли хилдаги бузилишларни ҳис қилади, халақитлар таъсирига дучор бўлади, сўнишларни сезади. Бу таъсирларни барчасини бартараф қилиш учун охириги станциянинг қабул қилиш трактида линиядан келган рақамли сигнални унинг амплитудаси, шакли ва вақт давомидаги ҳолати бўйича тиклайдиган станция регенератори (Ст. рег) ўрнатилади. Тикланган сигнал, қабул қилувчи қисмдаги код ўзгартиргич (Ққ КЎ) да узатиш трактининг шакллантирувчи қурилма (ШҚ) си чиқишидаги импульсларга ўхшаш иккилик код импульсларига ўзгаради. Бу қурилмада қабул қилувчи қисмдаги генератор ускунаси (ГУққ) нинг ишини бошқарадиган такт

частотасининг ажралиши амалга ошади. Декодер гуруҳли ИКМ сигнални гуруҳли АИМ сигналга ўзгартиради. Вақт давомида канал селекторлари (КС) бу сигнални айрим каналларга тақсимлайди. ГУққ дан чиқаётган импульслар кетма-кетлиги гуруҳли АИМ сигналдан ўзининг каналларини ажратиб олишни таъминлаган ҳолда, яна навбати билан улар ҳар бир каналнинг КС ни очади. КС чиқишидан АИМ сигнал куйи частотали филтър (ҚЧФ) нинг киришига келиб тушади, у АИМ сигнал спектридан бошланғич бирламчи сигналнинг частоталар полосасини ажратиб олади. ҚЧФ чиқишидаги бирламчи сигналнинг қуввати жуда кичик бўлганлиги учун, уни номинал қийматга етказиш учун паст частотали кучайтиргичдан фойдаланилади. ИКМ асосида ташкил қилинган КВА РУТ да гуруҳли сигнални ҳосил қилиш 3.11-расмда ифодаланган. 3.11 а,в-расмда биринчи каналнинг $C_1(t)$, иккинчи каналнинг $C_2(t)$ ва N-каналнинг $C_N(t)$ бирламчи сигналлари ва уларнинг T_p вақт интервали (дискретлаш даври) орқали олинган дискрет сигналлари ифодаланган; 3.11 г-расмда $C_{\text{АИМ}}$ гуруҳли АИМ сигнал ва 3.11 д -расмда $C_{\text{ИКМ}}$ рақамли ИКМ сигнал ифодаланган.

Гуруҳли ИКМ сигнални узатиш учун керакли частоталар полосаси қуйидаги тарзда аниқланиши мумкин. 3.11 д -расмдан:

$$T_p = m \cdot \tau_u \cdot N \text{ ёки } 1/\tau_u = (1/T_p) \cdot m \cdot N = F_\partial \cdot m \cdot N \quad (3.60)$$

лиги кўриниб турибди, бу ерда τ_u код комбинацияси импульсининг давомийлиги, N-узатиш циклидаги КИ канал интервалларининг умумий сони. τ_u давомийлигига эга якка импульсни узатиш учун $\Delta f_{\text{ИКМ}} = 1/\tau_u$ частоталар полосаси етарлидир ва (3.60) ни ҳисобга олган ҳолда, қуйидагини оламиз

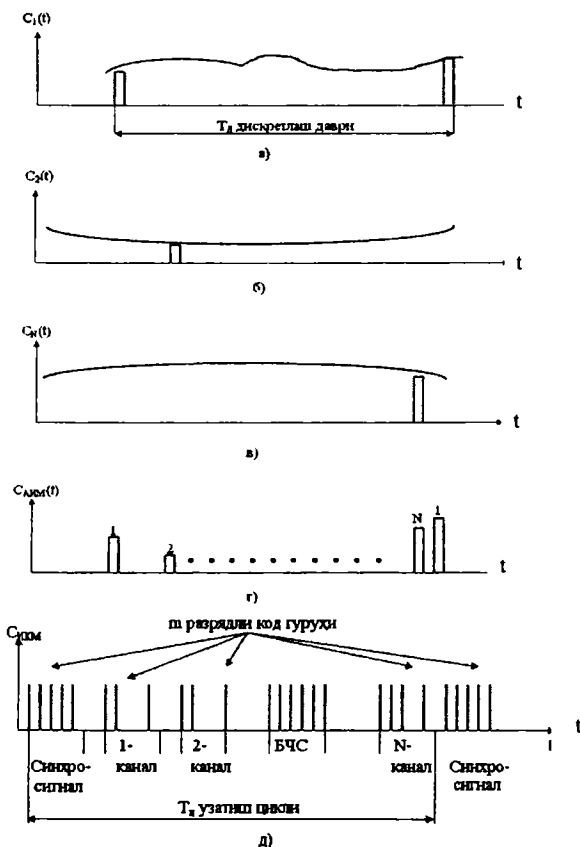
$$\Delta f_{\text{ИКМ}} = F_\partial \cdot m \cdot N. \quad (3.61)$$

Гуруҳли ИКМ сигналнинг частоталар полосаси унга тегишли рақамли оқимнинг узатиш тезлигига мос келади, яъни

$$C_{\text{ИКМ}} = F_\partial \cdot m \cdot N. \quad (3.62)$$

Битта каналнинг рақамли оқимини узатиш тезлиги қуйидагига тенг бўлади:

$$C_k = F_{\delta} \cdot m$$



3.11-расм. Гуруҳли ИКМ сигнални ҳосил қилиш.

3.6. Рақамли узатиш тизимларидаги синхронизациялаш турлари

ИКМ асосида ташкил қилинган КВА узатиш тизимларидаги амплитуда-импульсли канал модуляторлари ва канал селекторлари,

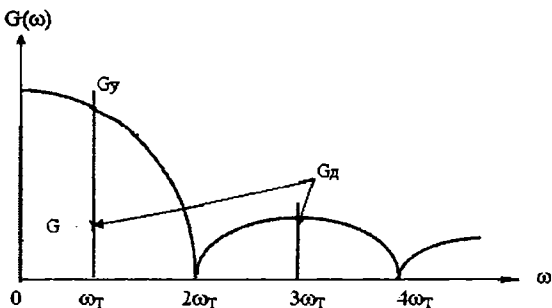
кодловчи ва декодерловчи курилмаларнинг синхрон ва синфаз ишлашини таъминлаш зарур.

Синхронлик тактли синхронлаш тизими орқали, синфазлик цикли синхронлаш тизими орқали амалга оширилади.

Тактли частота билан синхронизациялаш узатиш ва қабул қилишда сигналларга ишлов бериш тезлигининг тенглигини таъминлайди ва у тактли частота ажраткичи (ТЧА) орқали линиявий рақамли сигнал спектридан тактли частота тебранишларини ажратиб олади.

ШҚ чиқишидаги гуруҳли рақамли сигнал импульсларининг такрорланиш частотаси ИКМ-КВА узатиш тизимининг (3.10-расмга қаранг) тактли частотаси ҳисобланади. Оддий ҳолда ШҚ чиқишидаги сигнал, ўтказишга мойиллиги иккига тенг бўлган импульсларнинг бир қутбли тасодифий кетма-кетлигини ифодалайди. Бундай кетма-кетликнинг $G(\omega)$ энергетик спектри «бирлар» ва «ноллар» пайдо бўлишининг бирдай эҳтимоллигида, шунингдек, импульсларнинг давомийликлари ва пайдо бўлиш лаҳзаларининг флукуацияланиши бўлмаганда G_0 доимий, $G_0(\omega)$ дискрет ва $G(\omega)$ узлуксиз ташкил этувчилардан иборат бўлади (3.12-расм).

Дискрет ташкил этувчилар тактли частота гармоникалари йиғиндисини ифодалайди. Тактли частота ташкил этувчилари гуруҳли ИКМ сигналдан шу частотага созланган тор полосали фильтр орқали ажратиб олиниши мумкин. Бу ҳолда филтрнинг ўтказиш полосасига $C_p(\omega)$ узлуксиз спектрнинг бир қисми ҳам тушиши мумкин, у ҳалақит вазифасини ўтаб, тактли частотани флукуацияланишига олиб келиши мумкин. Ўтказиш полосаси қанча кичик бўлса, флукуацияланиш шунча кам бўлади.



3.12-расм. ИКМ сигналнинг энергетик спектри.

Цикли синхронизациялаш узатиш циклининг бошланишини белгилайди. Циклнинг тузилиши ҳамisha маълум бўлганлиги учун, цикли синхронизациялаш каналларни ажратишни амалга оширишга имкон яратади. Цикли синхронизациялаш тизимининг ишлаши гуруҳли ИКМ сигналнинг гуруҳли сигналга атайлаб киритиладиган ортиқчасидан фойдаланишига асосланган. Шу мақсадда, 3.11.д - расмда кўрсатилганидек, цикл таркибига канал сигналларининг кодли гуруҳларидан ташқари, яна синхросигнални ҳосил қилувчи цикли синхронизациялашнинг қўшимчи код гуруҳлари ёки айрим символлари киритилади.

Цикли синхронизациялаш яна узатилаётган ИКМ сигналнинг статистик хоссаларидан фойдаланишга ҳам асосланиши мумкин (ортиқча табиий ахборотга эга цикли синхронизациялаш).

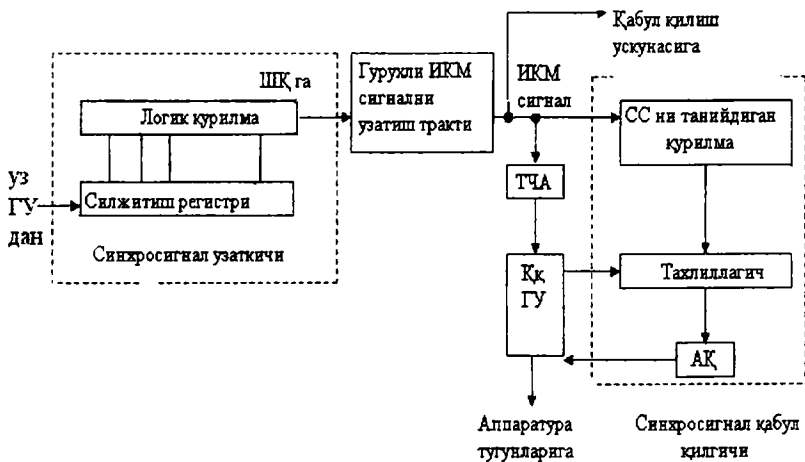
ИКМ-КВА узатиш тизимларида асосан синхросигналдан фойдаланиладиган цикли синхронизациялаш курилмалари қўлланилади. Гуруҳли ИКМ сигналида синхросигнал сифатида қандай символлар гуруҳи танланмасин, ахборот символларининг бундай бирикмаси пайдо бўлишининг маълум эҳтимоллиги ҳамisha мавжуд. Агар, масалан, синхросигнал етти разрядли код комбинациясини ифодаласа, рақамли сигналда «1» ва «0» символларининг пайдо бўлиш эҳтимоллиги тенг бўлганда, нотўғри синхрогуруҳнинг пайдо бўлиш эҳтимоллиги $p_n(0,5)^7=0,0078125$ га тенг бўлади. Бу эҳтимолликнинг бўлиши анча юқори. Шунинг учун синхросигнал тузилиши унинг нуқсон белгиси ҳисобланиб, ишончли цикли синхронизациялашни амалга ошириш учун синхросигналнинг яна бир муҳим хоссасидан, чунончи унинг даврийлик хоссасидан қўшимча фойдаланиш зарур. Ҳақиқий синхросигнал даврийлиги узатиш цикли чегарасида сигналнинг бир хил позицияларида пайдо бўлиши билан аниқланади, сохта синхрогуруҳлар эса тасодифий ҳолатни эгаллайди. Синхрогуруҳларнинг пайдо бўлиш даврийлигини текшириб, уларнинг ҳақиқийлиги ёки сохталигини аниқлаш мумкин. Бирон хулосани қабул қилиш жараёнида цикллар сони қанча кўп бўлса, бунда хатоликлар эҳтимоллиги шунча кам бўлади.

Циклларнинг такрорланиш частотаси ҳамisha тактли частотага карралаи бўлади. Шунинг учун генератор ускунаси, тактли частотани кодли гуруҳларнинг цикли чегарасида узатиладиган сонга тенг бўлган сонга бўлиш орқали цикли синхронизациялаш сигналлини автоном равишда ишлаб чиқиши мумкин. Масалан,

цикли 30та каналларнинг кодли гуруҳидан ташкил топган, БЧ сигналларини ва битта синхрогуруҳни узатишга мўлжалланга ИКМ-30 туридаги тизимда, циклларнинг такрорланиш частотасини тактли частотани 32 га бўлиш орқали олиш мумкин. Биро генератор ускунаси орқали автоном равишда ишлаб чиқариладига синхроимпульслар фазаси ихтиёрий бўлиши мумкин ва цикли синхронизациялаш тизимининг вазифаси синхроимпульсларни линиядан келувчи цикли синхронизациялаш сигналлари била фазалашни амалга оширишдан иборатдир.

Синхросигналнинг кодли комбинациясини шакллантирувчи унинг узатишдаги гуруҳли ИКМ сигналга киришини ва унинг қабул қилишдаги гуруҳли ИКМ сигналдан ажратиб олишнинг таъминловчи қурилмалар мажмуи цикли синхронизациялаш (ЦС тизимини ҳосил қилади.

ЦС тизимида синхросигнал узаткичи ва қабул қилгичи бо (3.13-расм), унда қуйидаги белгилашлар қабул қилинган:



3.13-расм. Цикли синхронизациялаш тизимининг тузилиш схемаси.

$ГУ_{уз}$ ва $ГУ_{ққ}$ -узатувчи ва қабул қилувчи станцияларга тегишли генератор ускунаси; ШҚ-шакллантирувчи қурилма (3.10-расм қаранг); ТЧА-тактли синхронизациялашни таъминлаш учун зару

бўлган тактли частотани ажраткич; СС-синхросигнал; АҚ-асосий курилма.

Цикли синхронизациялаш тизими куйидаги тарзда ишлайди. Узаткич цикли синхронизациялаш сигналига мос бўлган $\Gamma U_{\text{уз}}$ дан код комбинациясига келиб тушувчи импульсларнинг даврий кетма-кетлигини силжитиш регистри ва логик курилма ёрдамида ўзгартиради, сўнгра синхросигнал (СС) охириги станциянинг узатиш трактидаги ШҚ га келиб тушади ва у гуруҳли ИКМ сигналга киритилади. Кириш сигнални қабул қилиш станциясида СС га мос бўлган кодли комбинацияни аниқлашга мўлжалланган СС синхросигнал қабул қилгичидаги танийдиган курилмага келиб тушади. Танийдиган курилма силжитиш регистрини ифодалайди, унинг чиқишига бевосита ёки инвертор орқали мос келиш схемаси уланган бўлади. Агар киришдаги комбинациянинг тузилиши СС га мос келса, у ҳолда танийдиган курилманинг чиқишида импульс пайдо бўлади. Бу импульс таҳлиллагич киришларидан бирига узатилади; унинг бошқа киришига $\Gamma U_{\text{кк}}$ ишлаб чиқарадиган сигнал узатилади. Агар тизим цикли синхронизм ҳолатида бўлса, у ҳолда сигналлар таҳлиллагич чиқишларида вақт давомида мос бўлади. Синхронизм мавжуд бўлмаганда танийдиган курилма ва $\Gamma U_{\text{кк}}$ дан чиқаётган сигналлар вақт давомида мос бўлмайди. Таҳлиллагич чиқиши асосий курилма (АҚ) га уланган бўлади. Агар таҳлиллагич $\Gamma_{\text{кыр}}$ маълум цикллар сони давомида унинг киришларидаги сигналларнинг вақт давомида мос бўлишини қайд қилса, у ҳолда АҚ тизимда синхронизм мавжудлиги тўғрисида бир тўхтамга келади ва $\Gamma U_{\text{кк}}$ ишлаётганида у ҳеч қандай ўзгаришларни келтириб қолмайди. $\Gamma_{\text{кыр}}$ катталигини синхронизмга кириш бўйича жамгариш коэффициенти дейилади ва у одатда 3—4 га тенг. Ҳаҳлиллагич киришларида импульслар мос бўлмаганда АҚ сиришига синхронизмнинг мавжуд эмаслиги тўғрисида сигнал узатилади. Агар синхронизмдан чиқиш бўйича жамлаш коэффициенти деб аталувчи ва одатда 4—6 га тенг бўлган $\Gamma_{\text{чик}}$ маълум цикллар сони давомида синхронизм мавжуд бўлмаса, бу ҳолда АҚ синхронизмнинг мавжуд эмаслигини қайд қилади ва у $\Gamma_{\text{кк}}$ ишлаб чиқарадиган цикли синхронлаш импульсларининг тактли частотасининг бир даврга кечикиши (тормозланиши)ни зужудга келтирувчи хато сигнални шакллантиради. Цикл T_T зақти-тактли частота даврига катталашган бўлади, $\Gamma_{\text{кк}}$ ва синхрогуруҳ импульселари ўртасидаги масофа эса битта тактга

камаяди. Агар бунда ҳам улар мос бўлмаса, у ҳолда АҚ яна ҳақ сигналини ишлаб чиқади, $ГК_{\text{жк}}$ импульси яна битта тактти силжийди ва ҳ.к. Бу жараён цикли синхронизацияла импульслари ва $ГК_{\text{жк}}$ импульслари мос бўлмагунига қада қайтарилаверади, шундан кейин таҳлиллагич синхронизмни мавжудлигини аниқлайди. АҚ синхронизмнинг мавжудлиги ёк мавжуд эмаслиги тўғрисида ягона синов асосида эмас, балки биров бир воқеани бир қанча изчил такрорлашлар асосидагина би тўхтамга келади. Шундай йўл билан сохта синхроғуруҳлар ғ халақитлар таъсиридан кераклича ҳимояланиш амалга оширилади.

Бир цикл чегарасида сохта синхроғуруҳнинг пайдо бўлишид АҚ цикли синхронизациялаш импульсларининг «тормозли ниши»нинг зарурийлиги тўғрисида бир тўхтамга келмайди, ғ циклар давомида бир хил позицияларда сохта синхроғуруҳларни пайдо бўлиш эҳтимоллиги эса жуда кичик. Иккинчида синхроғуруҳнинг халақитлар томонидан ора-сира бузилишлар тизимни синхронизм ҳолатидан чиқариши мумкин эма синхроғуруҳнинг $Г_{\text{чик}}$ халақитлар томонидан бирварақайи бузилиш эҳтимоллиги ҳам жуда кичик.

Тактли синхронизациялаш сигнали тактли частота ажраткич (ТЧА) да шаклланади. Цикли синхронизациялаш тизимларин куйидаги асосий талаблар қўйилади:

аппаратура ишлаши учун дастлаб уланаётганда синхронизм кириш вақти ва алоқа бузилгандан кейин синхронизмни тикланиш вақти минимал бўлиши керак; РУТ ускунас ишлаётганда синхронизм ҳолати узлуксиз ва автоматик равишд ушлаб турилиши керак; синхронизм тикланишининг берилга маълум вақтида узатиш циклидаги синхроғуруҳнинг ҳажм минимал бўлиши керак; синхросигнал қабул қилгичи халақити бардошли бўлиши ва синхронизмнинг тўхтаб қолишлар ўртасидаги ўртача вақт иложи борича катта бўлиши керак

Айтиб ўтилган бу талаблар узатиш тизими ускунасин куришнинг техник жиҳатдан содаллиги, тежамкорлиги ғ ишончилигига мос келиши керак.

3.7. Рақамли сигналларни регенерациялаш принциплари

Рақамли сигнал алоқа линияси орқали ўтиб кучсизланади бузилади ва турли халақитлар таъсирига дучор бўлади, б

импульслар шакли ва давомиилигининг оузилишига, улар амплитудасининг кичрайиши ва тасодифий вақт давомида силжишига олиб келади. Шунинг учун ИКМ асосида ташкил қилинган УТнинг линия трактидаги рақамли сигналнинг параметрларини тиклаш учун маълум масофалар оралаб регенераторлар, яъни рақамли линия сигналининг параметрларини тўлиқ тикловчи қурилмалар қурилади.

Рақамли сигнални регенерациялаш (тиклаш) жараёнида куйидаги асосий тадбирлар бажарилади:

алоқа линияси орқали ўтаётганда импульслар сўнишни ҳис қилганлиги учун тикланаётган импульсларни кучайтириш;

рақамли сигнал алоқа линияси орқали ўтаётганда амплитуда-частотавий ва фаза-частотавий тавсифларнинг ноидеаллиги туфайли линия сигнали импульсларининг кўриниши ўзгарганлиги учун импульсларнинг кўринишини тузатиш;

халақитлар фонидида сигналнинг мавжудлиги ёки мавжуд эмаслигини аниқлаш учун кучайтирилган ва тузатилган импульсларни унинг чегаравий қиймати билан солиштириш;

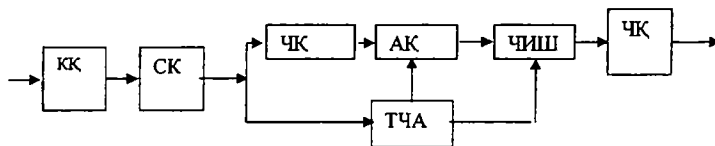
импульсларни таъқиб қилиш; таъқиблаш натижасида вақтнинг катъий ўрнатилган маълум лаҳзаларида регенератор чиқишидаги рақамли сигнал импульслари шаклланадиган шароитлар яратилади;

берилган маълум параметрли ва вақтнинг маълум лаҳзаларида янги импульсларни шакллантириш.

Регенератор ва унинг ишлашини тушунтирувчи вақт бўйича диаграмма тегишли равишда 3.14 ва 3.15-расмларда ифодаланган, унда куйидаги белгилашлар қабул қилинган:

КҚ-линиянинг кириш қаршилигини регенератор кириш қаршилиги билан мослашишига мўлжалланган кириш қурилмаси; ТҚ-регенерация тармогининг сўнишини компенсациялашга ва линиялар ҳосил қиладиган амплитуда-частотавий бузилишларни тузатишга ва шу йўл орқали баъзи бир импульсларнинг бошқаларига таъсирини қисман ёки тўлиқ бартараф қилиш учун импульсларнинг кўринишларини тузатишга мўлжалланган тузатувчи қурилма; ЧҚ-сигналнинг халақитлардан катталашишини аниқлашга мўлжалланган чегаравий қурилма; агар импульснинг амплитудаси У_{чег} дан катта бўлса, у ҳолда чегаравий қурилма чиқишида импульс ҳосил бўлади, агар импульс амплитудаси У_{чег} дан кичик бўлса, чегаравий қурилма чиқишида импульс ҳосил бўлмайди; ЧҚ чиқишидан чиқаётган импульслар асосий қурилма

(АҚ)га узатилади; ТЧА- таъқиб қилинувчи қисқа импульсларни шакллантиришга мўлжалланган тактли частота ажраткичи; таъқибланувчи импульслар кириш символларига нисбатан шундай фазаланадики, бунда кириш импульсларининг амплитудаси тактли интервалларнинг ўртасида максимал бўлади; таъқибланувчи импульслар асосий қурилманинг иккинчи киришига узатилади; АҚ-келиб тушаётган символларни ҳар бир тактда синаш учун зарур бўлган асосий қурилма; агар ТЧА чиқишидан чиқаётган таъқибланувчи импульснинг АҚ га келиб тушиш лаҳзасида ЧҚ чиқишидан чиқаётган импульс АҚга келиб тушса, у ҳолда АҚ чиқишида импульс ҳосил бўлади, яъни ахборот сигналининг «1» символи қайд қилинади; агар ТЧА чиқишидан чиқаётган таъқибланувчи импульсларнинг келиб тушиш лаҳзасида АҚ киришига импульс келиб тушмаса, у ҳолда АҚ чиқишида импульс ҳосил бўлмайди, яъни ахборот сигналининг «0» символи қайд қилинади;



3.14-расм. Регенераторнинг тузилиш схемаси.

ЧИШ- чиқиш импульсларини шакллантиргич, яъни уларнинг амплитудалари, давомийлиги ва тактли частотаси билан такрорланувчи рақамли линия сигналининг символлари ўртасидаги ўзаро вақт бўйича муносабатни шакллантиргич; ЧҚ-регенераторни алоқа линиясига мослаб улашга мўлжалланган чиқиш қурилмаси.

Охирги станциянинг якунидаги узатиш тракти ёки олдинги регенераторнинг чиқишидан чиқаётган рақамли линия сигнали (3.15 а -расмга қаранг) линияга келиб тушади. Сигнал линия орқали ўтаётганда у сўниш, бузилиш ва халақитларнинг таъсирини хис қилади. Регенераторнинг созловчи кучайтиргичи ёки охирги станциядаги қабул қилувчи тракт регенератори киришидаги сигнал 3.15 б-расмда кўрсатилган кўринишга эга бўлади. Охирги станцияларнинг қабул қилиш тракти регенераторларини станция регенераторлари, алоқа линиялари бўйлаб ўрнатиладиган регенераторларни эса *линейвий регенераторлар* дейилади. Созловчи

кучайтиргичнинг чиқишидаги сигналлар 3.15 в-расмда кўрсатилган. Агар чегаравий қурилма (ЧҚ) киришидаги сигнал $U_{\text{чег}}$ чегаравий қийматини оширса, у ҳолда ЧҚ чиқишида 3.15 г-расмда шартли равишда кўрсатилган сигнал ҳосил бўлади. ЧҚ чиқишидан чиқаётган сигнал асосий қурилма (АҚ) нинг киришларидан бирига келиб тушади, унинг бошқа киришига тактли частота ажраткич (ТЧА) нинг чиқишидан чиқаётган таъқибланувчи импульслар келиб тушади. АҚнинг киришидаги «1» символлар АҚнинг чиқишидаги таъқибланувчи импульсларга мос бўлганда «1»га тегишли символлар ҳосил бўлади (3.15 е-расмга қаранг). Бу символлар чиқиш импульсларини шакллантиргич (ЧИШ) нинг киришига келиб тушади, рақамли линия сигнали импульсларининг бошланғич амплитудалари ва давомийлиги тикланади (3.16 ж-расмга қаранг).

ТЧА дан чиқаётган импульсларни шакллантиргич (ЧИШ)нинг ишлашини синхронизациялаш, импульсларни узатиш жараёнида пайдо бўладиган, уларнинг вақт давомидаги ҳолатлари флукуацияларини бартараф бўлишини таъминлайди. Бу флукуацияларни *фазавий титрашлар* дейилади.

Рақамли узатиш тизимларининг регенераторини ишлаш принципи баёнидан уни техник жиҳатдан амалга оширадиган ва ишда хатонинг минимум бўлишини таъминлайдиган асосий хусусиятларини ажратиб олиш мумкин:

Созловчи кучайтиргич кучайтиришининг частотавий тавсифи, регенерациялаш участкаси сўнишининг частотавий тавсифига мос бўлиши керак;

кучайтиргич чиқишида сигнал/шовқин нисбатининг максимал бўлиши таъминланган бўлиши керак;

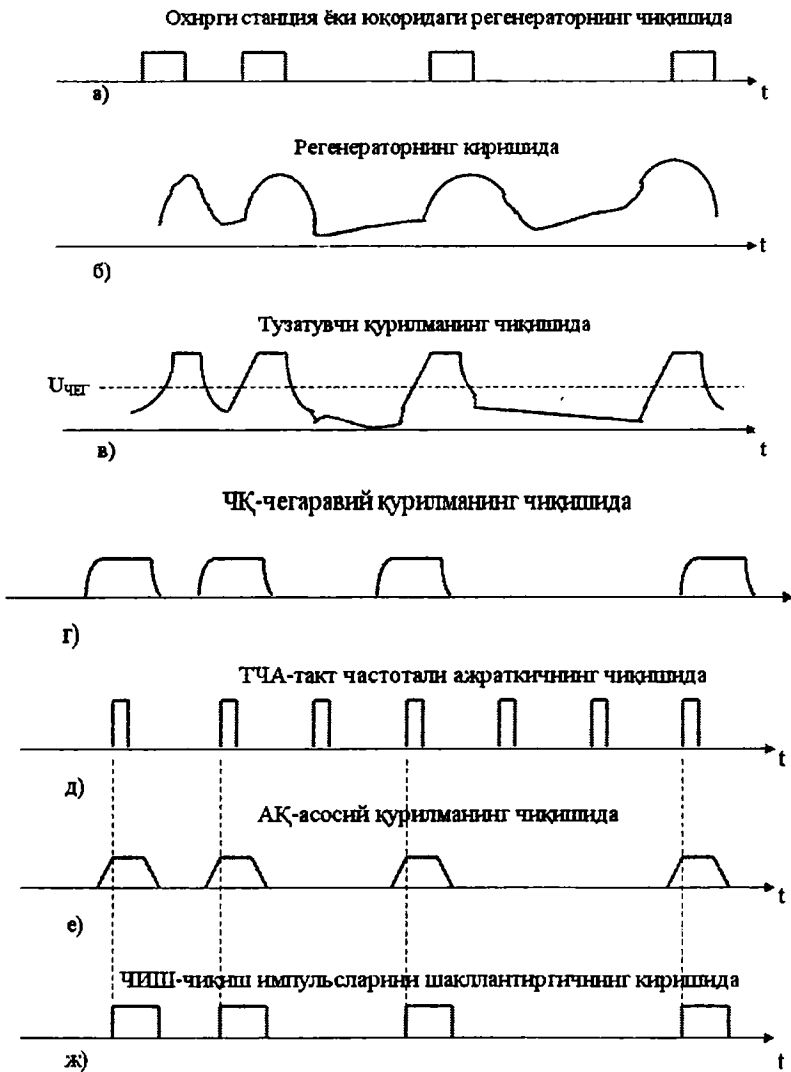
$U_{\text{чег}}$ чегаравий кучланиш қийматини оптимал равишда танлаш; чегаравий қурилманинг киришидаги импульслар ёрдамида энг катта қийматга эришадиган лаҳзада амалга ошириладиган таъқиблашнинг қисқа вақтлилиги.

Шундай қилиб, амплитудаси $U_{\text{чег}}$ дан катта бўлмаган халақитлар АҚнинг нотўғри тўхтамга келишига сабаб бўлмайди ва $U_{\text{чег}}$ дан катта бўлган, лекин таъқиблаш лаҳзаларига тўғри келмайдиган халақитлар ҳам хатоларга олиб келмайди.

Регенераторнинг ишлаш сифатини асосий кўрсаткичлари рх хатолик эҳтимоллигидир.

Шовқин кучланиши ЧҚ киришидаги чегаравий кучланиш қийматидан ошиб кетганда, АҚнинг бир тўхтамга келишида

хатолик юзага келади, оқ гаусс шовқин ҳоли учун хатоли эҳтимоллиги куйидагига тенг бўлади:



3.16-расм. Регенератор ишлашининг вақт бўйича диаграммаси

$$p_x = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \int_{U_{\text{чек}}}^{\infty} e^{-t^2/2\sigma^2} dt,$$

бу ерда $U_{\text{чек}}$ -чегаравий кучланиш; σ -ЧҚ киришидаги шовқин куввати.

Чегаравий қурилма киришидаги сигнал/шовқин нисбати регенераторнинг халақитга бардошлилик ёки халақитдан ҳимояланганлик ўлчови бўлиб, у қуйидагича ифодаланади:

$$A_x = 20 \lg \frac{U_m}{\sigma},$$

бу ерда U_m - чегаравий қурилманинг киришидаги импульс амплитудасининг максимал қиймати.

Хатолик эҳтимоллигини бевосита аниқлаш, хатолик коэффиценти (ХК)ни ўлчашга асосланган, у хатоликларнинг пайдо бўлиш частотаси орқали аниқланиб, хатолик эҳтимоллигини аниқлашга хизмат қилади.

Хатолик коэффиценти нотўғри қабул қилинган рақамли сигнал элементлари сонининг ўлчашлар олиб борилган вақт давомида қабул қилинган элементларнинг умумий сонига нисбати орқали аниқланади:

$$K_x = N_n / N = N_x / N_T,$$

бу ерда N_n -нотўғри қабул қилинган элементлар (символлар) сони; N -умумий олинган элементлар сони; N_T -узатиш тезлиги; T -ўлчаш вақти.

3.8. Рақамли узатиш тизимларида линиявий кодлаш

Рақамли сигналлар турли-кабелли (электр ва оптик толали), радиореле ва йўлдошли алоқа линиялари орқали узатилади. Фойдаланилаётган тарқатиш муҳитига қараб линиядаги сигнал параметрларига, алоқа линиясининг параметрларига анча мос келадиган қилиб ишлов берилади. Бу тадбирни линиявий кодлаш дейилади, унда ахборот сигналининг «1» ва «0» символлари тавсифи линия параметрларига анча яқин бўлган рақамли сигналлар билан алмашинади. Линиявий кодлаш туфайли олинган рақамли сигнални *линиявий код* дейилади.

Линиявий кодларга қуйидаги талаблар қўйилади:

декодерлашнинг бир хиллилиги, яъни рақамли линия сигналдан, иккилик символларнинг бошланғич кетма-кетлиги бир хил бўлиб шаклланиши керак;

рақамли линия сигналининг энергетик спектрида пас частотали ва юқори частотали ташкил этувчилар пасайган бўлиш керак;

рақамли линия сигналида импульсларнинг юқори зичлиги таъминланган бўлиши, яъни тактли интервалларини аниқловчи импульслар сони очик жой («нол»)лар сонидан анча кўп бўлиш керак.

Фойдаланилаётган тарқалиш муҳитига қараб турли линияви кодлар қўлланилади. Радиореле ва йўлдошли линияларда, масала турли хилдаги фазавий ва частотавий манипуляцияда фойдаланилади. Электр кабелли алоқа линияларида рақамли сигналларни ўзгармас ток импульслари орқали узатиш тарқалган. Бунда линиядаги сигналлар икки сатҳли ва кўп сатҳли бўлиш мумкин, кўпинча уч сатҳли сигналлар қўлланилади. Икки сатҳли сигналлар кодлаш жараёнида «+» ёки «-» кучланиш қийматин қабул қилиши мумкин, уч сатҳли сигналлар эса «+», «-» ва «0» (бўш жой) қийматни қабул қилади. Рақамли оптик толали узатиш тизимининг линиявий кодлари кодлаш жараёнида «+» ёки «0» (бўш жой) қийматларни қабул қилувчи икки сатҳли сигналлари ифодалади.

Қатор ҳолларда рақамли сигналлардан бир хил сигналларнинг узун кетма-кетлигини, шунингдек, даврий равишда такрорлани турувчи символлар дастасини чиқариб ташлаш учун, бошланғич иккилик сигнали, линиявий кодлаш олдидан қўшимча қайтада кодлашга дучор қилинади, бунда у тасодифий оқим хусусиятига эга бўлади. Қайтадан кодлашда бажариладиган тадбирни, *сигнални скремблаш* дейилади ва у бошланғич сигнални маълум ($2n-1$ г тенг, бу ерда n -бутун сон) символлар сонига эга сохта тасодифи кетма-кетлик (СГК) га «2-модули бўйича» қўшишдан иборатдир. Аниқланган бу кетма-кетликлар уч тасодифий мезонни қаноатлантиради:

кетма-кетликнинг ҳар бир даврида «1» символлар сони «0» символлар сонидан, бир сонидан катта бўлмайдиган сонга фарқланади;

бир ва нолларнинг ярим сериялари кетма-кетлиги даври давомиди узунлик 1 га, тўртдан бириники- 2 га, саккиздан бириники- 3 га ва ҳ. к. га тенг. Бу давомийлик у маънога эга бўлгунга қадар давом этади. Бир хил рақамлар кетма-кетлигини *серия* дейилади;

агар кетма-кетликни, кетма-кетликнинг даври давомида символ бўйича ҳар қандай циклик силжиш билан солиштирилса, мос келишлар сони мос келмасликлар сонидан бирдан катта бўлмаган сонга фарқ қилади, циклик силжишга эга бўлган бу кетма-кетликни «2 модули бўйича» қўшаётганда эса бошланғич кетма-кетликнинг янги циклик ўрин алмаштиришлари вужудга келади.

Масалан, $n=4$ бўлганда, юқорида кўрсатилган талабларни қаноатлантирувчи сохта тасодифий кетма-кетлик 000100110101111 кўринишга эга бўлади. Бу кетма-кетликдаги символлар сони 15га тенг. Унда бир рақами сони 8га, ноллар сони 7га га тенг, бу биринчи мезонни қаноатлантиради. У иккинчи мезонни ҳам қаноатлантиради, чунки бу кетма-кетликда саккизта ҳар хил сериялар бор, шу жумладан бир рақамларининг тўртта серияси, нолларнинг тўртта серияси мавжуд. Улардан бир рақамининг иккита серияси ва нолларнинг иккита серияси (8 тадан 4 таси)нинг узунлиги 1 дан, бир рақамлари ва нолларнинг битта серияси (8тадан 2таси)нинг узунлиги 2 дан ва саккизта сериядан биттаси учта нолдан иборат. Кетма-кетликни символларнинг хоҳлаган сонига силжитиб ва уни бошланғич ҳоли билан солиштириб, 3-мезоннинг тўғрилигига ишонч ҳосил қилиш мумкин. Масалан, қуйдагини учта элементга силжитилганда:

000100110101111

111000100110101

Бу сатрларда символлар 7 марта мос келиши ва 8 марта мос келмасликларини кўриш мумкин. «2 модули бўйича» қўшиш 111100010011010 кетма-кетликнинг ҳосил бўлишига олиб келади, бу кетма-кетлик дастлабки кетма-кетликнинг циклик ўрин алмашилиши ҳисобланади. Юқорида кўрсатилган учта мезонни қаноатлантирувчи сохта тасодифий кетма-кетликни максимал узунликка эга кетма-кетлик дейилади ва у тескари боғланишли силжитиш регистрлари ёрдамида шаклланади. Одатда $n>10$ қилиб танланади, бу 1023 символдан кўп бўлган символли СТК нинг узунлигига мос келади.

Кириш иккилик оқими ва максимал узунликка эга даврий такрорланувчи кетма-кетликни қўшиш туфайли ҳосил бўлган сигнал сохта тасодифий сигнал хусусиятини сақлайди ва уни *скремблланган сигнал* дейилади. Унда «0» ва «1» символларнинг пайдо бўлиш эҳтимоллиги бир хил, шунинг учун k та ноллардан

таркиб топган серияларнинг кетма-кет ҳосил бўлиш эҳтимоллиги $p=0,5k$ га тенг. $k=20$ бўлганда, $p_{20}\approx 10^{-6}$ бўлади. Бундай сигналдан синхронизациялаш сигналларини ажратиб олиш учун анча яхши хусусиятларга моликдир.

Скремблланган линия сигнали декодирланаётганда, йиғинд рақамли сигналдан СТК ташкил этувчини чиқариш ва бунинг ҳисобига бошланғич рақамли сигнални тиклаш содир бўлади.

Одатдаги ИКМ асосида ташкил қилинган КВА узати тизимларида квантланган кириш сигналнинг ҳар бир саног (дискрети) барча бошқа сигналлардан мустақил равишда кодланади, яъни ихтиёрий тасодифий сигналлар кодланади. Биро сўзлашув сигналларининг таҳлили шуни кўрсатадики, би дискретдан бошқасига ўтилганда ортиқчалик пайдо бўлади. Ёнма ён жойлашган дискретлар ўртасидаги корреляция даражаси етарлича каттадир (корреляция коэффиценти 0,85 дан кичи бўлмаслиги керак). Демак, одатдаги ИКМ да ортиқчалик кодлашнинг анча эффектив усуллари ҳисобига узатилаётганда частоталар полосасини маълум даражада тежаш мумкинлигини кўрсатиб беради.

Кодланган сигналнинг узатиш тезлигини камайтириш учун сўзлашув сигналнинг кўшни дискретлари ўртасидаги корреляциядан ташқари, бошқа ортиқчалик хиллари: амплитудаларнинг нотекис тақсимланиши, сигналдаги даврийлик билан боғлиқ бўлган корреляция, асосий тон даврлари ўртасидаги корреляциядан сўзлашувнинг сустиги билан, сўзлашув ўртачаланган спектрининг нотекислиги билан ва сўзлашув спектрининг қисқа вақтлилиги билан боғлиқ бўлган ортиқчаликдан ҳам фойдаланиш мумкин.

3.9. Кодлашнинг фарқлари, кодланадиган усуллари. Рақамли узатиш тизимлари иерархияси

3.9.1. Дифференциал импульс-кодли модуляция

Одатдаги импульс-кодли модуляция (ИКМ) нинг рақамли сигнални узатиш учун зарур бўлган частоталар полосасини кичрайтиришга код комбинациясининг разрядларини камайтириш ҳисобига эришилади. Бу квантлаш қадамининг катталашишига демак, сигналларнинг квантлаш шовқинларидан ҳимояланган лигининг пасайишига олиб келади. Сўзлашув сигналлари эшиттириш ва телевидение сигналларининг ёнма-ён жойлашган

саноклари ўртасидаги корреляцион боғланишлардан фойдаланиб, квантлаш ва декодирлашга мутлақ санок катталигини эмас, балки бошлангич сигналнинг олдинги ва кейинги саноклари ўртасидаги фарқни дучор қилиш орқали бу камчиликни бирмунча камайтириш мумкин. Кодлашга саноклар ўртасидаги фарқ дучор қилинадиган узатиш тизимини рақамли фарқланувчи тизим дейилади.

Саноклар ўртасидаги фарқлар диапазони санокларнинг ўзидан кичик бўлганлиги сабабли, фарқ катталигини кодлаш учун дискретлаш частотасида, худди одатдаги ИКМ даги дискретлаш частотасида бўлганидек, *кам разрядлар* талаб қилинади. Рақамли сигналнинг бундай шаклланиши уни узатиш учун зарур бўлган частоталар полосасининг кичрайишига олиб келади.

Рақамли сигналнинг шаклланишида квантлаш ва кодлашга икки ёнма-ён жойлашган саноклар ўртасидаги фарқ сигнали дучор қилинадиган рақамли сигналнинг шаклланиш усулини дифференциал импульс-кодли модуляция-ДИКМ дейилади.

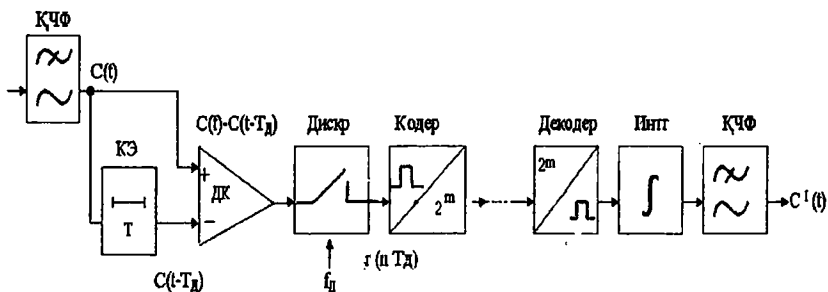
Рақамли сигнални ДИКМ асосида шакллантирувчи қурилмалар тўпламини ДИКМ-кодер деб аталади, тескари ўзгартиришларни бажарувчи қурилмаларни эса ДИКМ-декодер деб аталади. ДИКМ-кодер ва ДИКМ-декодер биргаликда ДИКМ-кодекни ташкил қилади.

Олдинги кириш саногини бевосита аналог хотирада эсда сақлаш ва фарқни олиш учун аналог айириш қурилмасидан фойдаланиш ДИКМ-кодек учун ёнма-ён жойлашган саноклар фарқини олишнинг оддий усули ҳисобланади, кейин бу фарқ узатиш учун квантланади ва кодланади. Қабул қилишнинг охирида қабул қилинган рақамлар кетма-кетлик дастлаб декодерланади, натижада саналаётган лаҳзада сигналнинг квантланган ўсишларининг кетма-кетлиги тикланади, сўнгра интегратор ёрдамида кетма-кет қўшиш орқали улар сигналнинг вақт бўйича ажратилган бўлақларини квантланган кетма-кетлигига ва ундан кейин бошлангич аналог сигналига ўзгаради.

ДИКМ-кодекнинг бундай ишлашининг тузилиш схемаси 3.9-расмда кўрсатилган. Бу ерда куйидаги белгилашлар қабул қилинган: ҚЧФ-бирламчи (ахборот) сигналнинг частоталар полосасини чеклашга ва $S(t)$ сигнални шакллантиришга мўлжалланган куйи частотали филтър; КЭ- $S(t)$ сигнални T_{Δ} дискретлаш даврига тенг T вақтга кечиктирувчи элемент; КЭ чиқишида $S(t-T_{\Delta})$ кўринишдаги сигнал шаклланади; ДК-айириш қурилма-

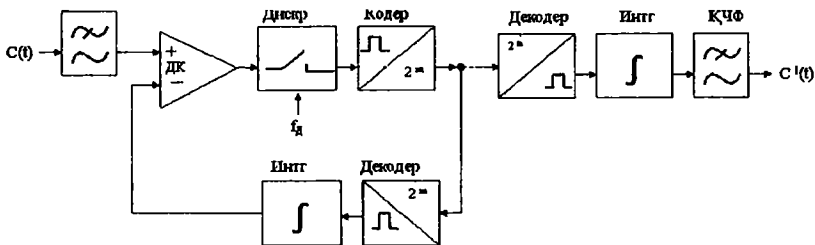
сининг ўрнини босувчи дифференциал кучайтиргич, унинг чиқишида $C(t) - C(t - T_d)$ кўринишдаги фарқ сигнали ҳосил бўлади. Дискр-ДК чиқишидаги фарқ сигнаolini f_d частота билан дискретлангани амалга оширувчи дискретизатор, унинг чиқишида $r(nT_d)$ сигнал ҳосил бўлади; Кодер-ДИКМ рақамли сигнални шакллантирувчи кодловчи қурилма; Декодер-қабул қилинган рақамли ДИКМ сигнални фарқ сигнаolini саноғига ўзгартирувчи декодерловчи қурилма; Интг-декодер чиқишидаги $r(nT_d)$ сигнални босқичли сигналга ўзгартирувчи интегратор, босқичли сигнал қабул қилгичдаги ҚЧФ ёрдамида $C(t)$ сигналидан квантлаш шовқинлари ва ДИКМга хос бузилишларнинг мавжудлиги билан фарқланувчи $C(t)$ кўринишдаги сигналга ўзгаради.

3.17-расмда, узатувчи қисми таркибида тескари алоқа занжири мавжуд бўлган ДИКМ-кодек схемаси ифодаланган; тескари боғланиш занжирида декодер ва интегратор мавжуд.



3.16-расм. Аналог ДИКМ-кодекнинг тузилиш схемаси.

Олдинги кириш катталиги санок қийматларининг кодланган фарқлари йиғиладиган тескари алоқа занжири ёрдамида тикланганлиги сабабли, 3.17-расмдаги кодек схемаси 3.16-расмдаги схемага қараганда анча мураккабдир. Ҳақиқатан тескари алоқа занжиридаги сигнал кириш сигнаolini аниқлайди, бу аниқлаш санокларнинг кодланган фарқларини интеграллашни амалга оширилади.

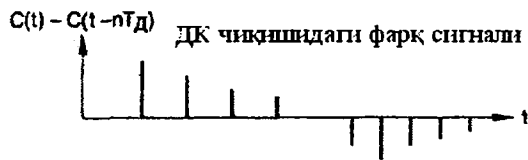
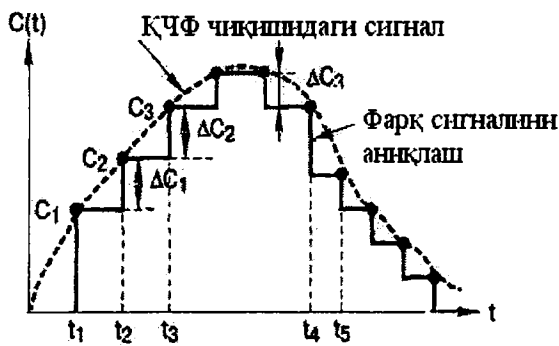


3.17-расм. Тескари боғланишли ДИКМ-кодекнинг тузилиш схемаси.

Тескари алоқа занжирига эга бўлган ДИКМ-кодек ишлашининг афзаллиги шундан иборатки, бунда квантлаш шовқинлари чекланмаган ҳолда йиғилмайди. Квантлаш шовқинларининг йиғилиши натижасида тескари алоқа занжиридаги сигнал кириш сигналидан четлашса, у ҳолда фарқ сигнали навбатдаги кодланаётганда бу четланиш автоматик тарзда йўқолади. Тескари алоқаси бўлмаган тизимда линиянинг қарама-қарши томондаги охирида жойлашган декодер билан шакллантирилган чиқиш сигнали квантлаш шовқинларини чекланмаган ҳолда йиғиши мумкин.

ДИКМ-декодекнинг ишлаш принципларини тушунтирувчи вақт бўйича диаграммалари 3.18-расмда кўрсатилган.

t_1 бошланғич лаҳзада интегратор чиқишида сигнал бўлмайди, дифференциал кучайтиргич (ДК) чиқишидаги сигнал эса узлуксиз сигналга тўғри келади. C_1 амплитудали дискрет санок кодерда квантланади ва кодланади ва сўнгра декодер орқали интегратор (Интегр) га келиб тушади, у санок амплитудасини t_2 лаҳза (яъни T_0 дискретлаш даврига тенг вақт)гача эсда сақлайди. Сигнал t_2 лаҳзада ДКнинг инверторламайдиган Кириши (+) да C_2 аналог сигнаliga, инверторловчи Кириши (-) да эса C_1 га тенг бўлади. ДК чиқишида $\Delta C_1 = C_2 - C_1$ фарқ сигналини оламиз. Бу фарқ квантланган ва кодлангандан кейин линияга ёнма-ён жойлашган иккита санокларнинг фарқига мос бўлган код комбинациялари келиб тушади.



3.18-расм. ДИКМ сигнал шаклланишининг вақт бўйича диаграммалари.

C_2 саноклар амплитудаси тескари алоқа занжиридаги декодер орқали интеграторга келиб тушади ва у интеграторда t_3 лаҳзагача сақланади. Бу лаҳзада яна ΔC_2 фарқни аниқлаш, уни квантлаш, кодлаш ва ш. к. содир бўлади. Интегратор чиқишидаги сигнал аналог сигналидан катта бўлган вақт (t_4) да ДК чиқишидаги фарқ манфий бўлади. Квантлаш, кодлаш ва декодерлашдан кейин интегратор чиқишида ΔC_3 сигналнинг шу фарққа тенг катталиги билан манфий сакраши содир бўлади.

Сигналларнинг вақт бўйича ажратилган бўлақларининг фарқларини амплитудаси, сигналларнинг вақт бўйича ажратилган бўлақларининг ўзининг амплитудасидан кичик бўлиши 3.18-

расмдан кўриниб турибди, шунинг учун бир хил квантлаш қадамида ДИКМ даги код комбинацияларида разрядлар сони одатдаги ИКМ дагига нисбатан кам бўлади.

ДИКМ нинг сарадорлигини куйидаги мисол орқали изоҳлаш мумкин. 800 Гц часотали ва U_c амплитудали куйидаги синусоидал сигнал ДИКМ асосида ўзгаришга дучор бўлаётган бўлсин:

$$c(t) = U_c \cdot \sin 2\pi \cdot 800 t.$$

Фарқ сигналининг амплитудасини $c(t)$ ни дифференциаллаш ва бу фарқни сигналларнинг вақт бўйича ажратилган бўлаклари ўртасидаги вақт бўйича интервал $-T_d = 1/f_d = 1/8000$ га (бу ерда $f_d = 8000$ Гц-дискретлаш частотаси) бўлиш орқали олиш мумкин:

$$\frac{dc(t)}{dt} = U_c \cdot 2\pi \cdot 800 \cdot \cos 2\pi \cdot 800t ;$$

$$\Delta c(t)_{\max} = U_c \cdot 2\pi \cdot 800/8000 = 0,628U_c .$$

Разрядлар сонини тежаш куйидаги формула орқали аниқланади:

$$\log (1/0,628) = 0,67 \text{ разряд.}$$

Кўриб чиқилган мисол куйидагича хулоса қилишга имкон беради: ДИКМ асосида ташкил қилинган узатиш тизимида одатдаги ИКМ ли тизимдагига қараганда 2/3 марта кам бўлган разряддан бирдай фойдаланиш мумкин.

ДИКМ нинг кодерлари ва декодерлари сигналга ишлов бериш ишларининг аналог ва рақамли занжирлари ўртасида бўлинишига қараб, кўпгина усуллар орқали ясалиши мумкин. Иложи бўлмаган бирон-бир ҳолда дифференциаллаш (фарқ сигналинини шакллантириш) ва интеграллаш функциясини аналог занжирлар воситасида амалга ошириш мумкин бўлса, айти вақтда иложи бўлмаган бошқа бир ҳолда сигналларга бериладиган барча ишловларни рақамли усул орқали бажариш мумкин, саноклар эса киришга одатдаги ИКМ сигнали кўринишида келиб тушади.

Аналог дифференциалловчи ва интегралловчили ДИКМ тизимларида фарқ сигнали аналог-рақамли ўзгаришга, тескари алоқа занжирида эса чекланган диапазонга эга фарқ сигналининг код комбинация тўғридан-тўғри рақамли-аналог ўзгаришга дучор бўлади. Интеграллашда аналог жамловчи ва хотира қурилмаларидан фойдаланилади.

Интеграллаш рақамли кўринишда бажариладиган ДИКМ ли тизимлар қўлланила бошланди. Фарқ сигналининг код комбина-

цияси тескари алоқа занжирида қайтадан аналог кўринишга тўғридан-тўғри ўзгариши ўрнига у жамланади ва олдинги кириш саногини рақамли кўринишда олиш учун регистрда тўплангани Сўнгра тескари алоқа занжиридан аналог сигналини чиқариб олиш учун сигналнинг тўлиқ динамик диапазонида қўлланиладиган рақамли-аналог ўзгартиргичдан фойдаланилади.

Юқори даражада интеграциялайдиган (яхлитлайдиган) (ЮДИ) интеграл микросхемалар технологиясидаги ютуқлар сабабли сигналга бериладиган барча ишлов рақамли мантиқ схемалай ёрдамида бажариладиган ДИКМ тизимлари кенг қўлланилган бошланди. Аналог-рақамли ўзгартиргич тўлиқ амплитуда диапазонли санокларга мувофиқ код комбинацияларини шакллантиради (одатдаги ИКМ сингари), сўнгра улар рақамли усул орқали олинган олдинги код комбинациялари билан таққосланади. Бу ҳолда аналог рақамли ўзгартиргич кириш сигналларининг барча динамик диапазонида код комбинацияларини шакллантириши керак, айна вақтда, худди аввалги ҳолдагидек фақат фарқ сигналларининг ишловга учрайди.

Декодерлар юқорида кўриб чиқилган учта вариантнинг ҳаммасида худди тегишли кодерларнинг тескари алоқа занжири сингари мавқега эга бўлади. Бу тескари алоқа занжирида кириш сигнали аппроксимацияси (сигналнинг дискретлашнинг би даврига кечикиши)нинг шаклланиши билан боғлиқдир. Агар ДИКМсигналнинг узатиш трактида хатолик содир бўлмаса, у ҳолда декодер чиқишидаги сигнал (филтрлашлардан олдин) тескари алоқа занжиридаги сигнал билан бир хил бўлади. Шундай қилиб тескари алоқа занжиридаги сигнал кириш сигналини қанча аниқ қилиб такрорласа, декодер чиқишидаги сигнал ҳам кириш сигналини шу қадар аниқ қилиб такрорлайди.

Олдиндан айтиб берувчи линиявий қурилмани тизимга ўхшаш дифференциал импульс-кодли модуляция. Умумий нуқтаи назардан ДИКМ-кодер олдиндан айтиб берувчи линиявий қурилманинг махсус турини ифодалайди, бунда сигналнинг қиймати сигнал олдинги санокларининг чамалаб кўрилган йиғиндиси сифатида шаклланади:

$$c^*(t) = \sum_{i=1}^k \alpha_i c_{куп}(t - iT), \quad (3.63)$$

бу ерда $c^*(t)$ – сигналнинг t вақт лаҳзасидаги олдиндан айтилган қиймати; $c_{куп}(t - iT) - i$ такт интервалида t лаҳзадан олдинги $t - i$ T лаҳзадаги сигналнинг саноғи; α – қандай чама билан сигналлар саноғи ҳисобга олинаётганини кўрсатувчи олдиндан айтиб бериш коэффициентини.

ДИКМ-кодернинг тескари алоқа занжиридаги сигнал унинг кейинги санок қийматининг биринчи тартибини олдиндан айтиб беришни ифодалайди, саноклар қийматлари ўртасидаги фарқни эса олдиндан айтиб беришлик хатолик дейилади. Битта санок бўйича олдиндан айтиб бериш ҳолида

$$c^*(t) = \alpha c_{куп}(t - T). \quad (3.64)$$

Фарқ сигнали

$$c_\phi(t) = c_{куп}(t) - c^*(t) = c_{куп}(t) - \alpha c_{куп}(t - T) \quad (3.65)$$

Фарқ сигналининг дисперсияси

$$\sigma_\phi^2 = \sigma_c^2 + \alpha^2 \sigma_c^2 - 2R(T)\sigma_c^2\alpha, \quad (3.66)$$

бу ерда $R(T)$ – сигналнинг меъёрланган корреляцион функциясининг қиймати; у сигналнинг T дискретлаш интервалига силжитилган қийматлари ўртасидаги статистик боғланишни ифодалайди; σ_c^2 – сигнал дисперсияси.

Фарқ сигналининг қиймати қанча кичик бўлса, ДИКМ асосида ташкил қилинган узатиш тизимининг самарадорлиги шунча юқори бўлади. σ_ϕ^2 дисперсия қиймати минимал бўладиган α олдиндан айтиб бериш коэффициентининг қийматини аниқлайлик. Бунинг учун $d\sigma_\phi^2/d\alpha$ ҳосилани олиб, $\alpha_{opt} = R(T)$ ни аниқлаймиз. Бу ҳолда

$$\sigma_\phi^2 = \sigma_c^2 [1 - R^2(T)]. \quad (3.67)$$

$R(T)$ нинг нолдан фарқли ҳар қандай қийматида $\sigma_\phi^2 < \sigma_c^2$ кўринишдаги тенгсизлик ўрин эгаллайди.

ДИКМ, узатишнинг фарқлар кодланадиган усулларини турларидан бўлиб, унда олдиндан айтиб бериш коэффициентини $\alpha = 1$ га тенг. Бунинг физик моҳияти шундан иборатки, сигналнинг $i -$

тактли лаҳзасидаги олдиндан айтиб бериш қиймати сифатида, сигналнинг олдинги (i-1)-лаҳзасидаги саноғи қабул қилинади. Бу ҳолда фарқ сигналининг дисперсияси қуйидагига тенг бўлади:

$$\sigma_{\phi, \text{ДИКМ}}^2 = 2\sigma_c^2 [1 - R(T)]. \quad (3.68)$$

$R(T) > 0,5$ бўлганда, дисперсия $\sigma_{\phi, \text{ДИКМ}}^2 < \sigma_c^2$ бўлади.

Квантлаш шовқини, хатоликларнинг асосий манбаи ҳисобланади деб фарқ тизимларидаги сигнал-шовқин нисбатини аниқлайлик. Бу тиклик бўйича ортиқча юкланиш бўлмаган, яъни сигналнинг s энг катта тиклиги унинг нухасининг $s_{\text{ИМ}}$ имкон қадар эришиши мумкин бўлган қуйидагига тенг тиклигидан кичик бўлган ҳоллар учун ўринлидир:

$$s_{\text{ИМ}} = |c_{\phi}|_{\text{макс}} / T = \delta N / T = \delta N F_{\delta},$$

бу ерда $|c_{\phi}|_{\text{макс}}$ - фарқ сигналининг максимал қиймати, у σ_{ϕ} билан қуйидаги муносабат орқали боғланган: $|c_{\phi}|_{\text{макс}} = k_{\phi} \sigma_{\phi}$, бу ерда k_{ϕ} - фарқ сигналининг чўққи-фактори; δ -квантлаш қадами ва N-фарқ сигналининг максимал қиймати квантлаш қадамларининг умумий сони.

ИКМ учун оптимал олдиндан айтиб бериш ҳолида сигнал-шовқин нисбати қуйидагига тенг бўлади:

$$\eta_{\text{ИМ}} = \left(\frac{W_c}{W_{\text{кв}}} \right)_{\text{опт}} = \frac{3N^2}{k_p^2} \frac{1}{1 - R^2(T)}, \quad (3.69)$$

бу ерда W_c -сигнал қуввати ва $W_{\text{кв}}$ -квантлаш шовқинларининг қуввати. ДИКМ учун эса:

$$\eta_{\text{ДИКМ}} = \left(\frac{W_c}{W_{\text{кв}}} \right)_{\text{ДИКМ}} = \frac{3N^2}{k_p^2} \frac{1}{2[1 - R(T)]}. \quad (3.70)$$

Сигналнинг вақт бўйича ажратилган бўлақларининг ўртасидаги корреляция қанча юқори бўлса, $W_c/W_{\text{кв}}$ нисбат шунча катта бўлади. Фарқ тизимлари ва ИКМ ни солиштириш дискретлаш частотасининг чўққи-факторнинг қийматиغا тенг бўлганда

$$\frac{\eta_{\text{опт}}}{\eta_{\text{ИКМ}}} = \frac{1}{1 - R^2(T)} \text{ ва } \frac{\eta_{\text{ДИКМ}}}{\eta_{\text{ИКМ}}} = \frac{1}{2[1 - R(T)]} \quad (3.71)$$

бўлишини кўрсатади, бу ерда $\eta_{\text{ИКМ}}$ – оддий ИКМ учун сигнал-квантлаш шовқини нисбати. Сигнал саноклари ўртасида корреляция бўлмаганда, оптимал олдиндан айтиб берувчи қурилмани тизим ИКМ га нисбатан афзалликка эга бўлмайди, ДИКМ эса ИКМ дагига нисбатан 2 марта ёмонроқ бўлган сигнал-шовқиннинг кичикроқ нисбатини таъминлайди. $R(T)=0,5$ бўлганда ИКМ ва ДИКМ даги сигнал-шовқин нисбатлар тенгдир. $R(T)> 0,5$ бўлганда, ДИКМ ИКМ га нисбатан афзалликка эга бўлади.

Демак, оптимал олдиндан айтиб берувчи қурилмани фарқ тизими ДИКМга нисбатан самаралироқ бўлади. Бироқ оптимал олдиндан айтиб беришни амалга ошириш учун сигналнинг корреляцион функциясини билиш зарур. Бундан ташқари, бир хил сигнални узатишга мўлжаллаб қурилган олдиндан айтиб берувчи қурилма бошқа сигналларни узатишга самарасиз бўлади. ДИКМ да сигнал тўғрисида ҳеч қандай тажриба ва далилларга асосланмаган маълумотлардан фойдаланилмайди ва турли хилдаги сигналларни узатишда олдиндан айтиб берувчи қурилмани қайта қуриш талаб қилинмайди.

Энди қандай сигналлар узатилаётганда фарқ тизимлари ИКМга нисбатан афзалликка эга бўлишини ва ИКМ дан фарқлар кодланадиган усулларга ўтишда улар қандай устунликка эга бўлиш мумкинлигини аниқлайлик. Бу саволларга жавоб бериш учун кодланувчи сигналларнинг корреляцион функцияларини билиш зарур. Узатилаётган сигнал 0 дан $\omega_{\text{макс}}$ гача чегарада текис спектрга эга, деб фараз қилайлик. Бундай спектрга қуйидаги кўринишдаги меъёрланган корреляцион функция тўғри келади:

$$R(\tau) = \left[\sin(\omega_{\text{макс}} \tau) / (\omega_{\text{макс}} \tau) \right].$$

Дискретлаш частотаси $\omega_{\sigma}=2\omega_{\text{макс}}$ бўлганда, корреляцион функция $R(\tau)=0$ бўлади ва бундай сигналларни кодлашда фарқлар кодланадиган усулларни қўллаш фойдасиздир. $R(\tau)>0$ катталиги энергетик спектри қуйи частоталар соҳасида ўсадиган сигналларга тегишлидир. Сўзлашув сигнали учун $R(\tau)$ тахминан қуйидаги формула орқали ифодаланади:

$$R(\tau) = e^{-1140|\tau|} \cos 2980 \tau . \quad (3.72)$$

Телефон сигнали учун дискретлаш частотаси $f_d = 8$ кГц бўлганда (3.67) формулага асосан $R(T)=0,8$ га тенг бўлади. Бу қийматни (3.67) га қўйиб, ИКМ га нисбатан оптимал олдинда айтиб беришда сигнал-шовкин нисбатидаги устунлик 3 марта (5 дБ дан камроқ) ни ва ДИКМ да 2,5 марта ёки 4 дБ га яқинни ташкил қилади, бу 0,67 разряднинг тежалишига тўғри келади (илгарӣ кўрилган мисолдагидек). Бундай устунликнинг телефон сигналлари узатилаётганда аппаратуранинг мураккаблаштиришнинг ўрнини қоплаши даргумондир.

Юқоридаги корреляцион функцияга эга товушли эшиттириш сигналлари узатилаётганда $f_d = 32$ кГц га тенг бўлади. Шунга ўхшаш ҳисоблашлар бу ҳолда фарқлар кодланадиган усулларни қўллаш туфайли ҳосил бўлган устунлик 15 дБ дан кўпроқни ташкил этишини кўрсатади. Бу код комбинациясидаги разрядлар сонини икки-учтага камайтиришга имкон беради.

Асосий энергияси қўйи частоталар соҳасига тўғри келадиган видеосигналлар узатилаётганда устунлик анча юқори бўлади. Видеосигналларни қабул қилишнинг ўзига ҳослигини ҳисобга олган ҳолда, телевизион сигналларни узатиш учун ДИКМ ни қўллаш код комбинациясида разрядлар сонини етти-тўққизтадан тўрт-бештагача туширишга имкон бериши исботланган.

ДИКМ да кичик катталикдаги фарқ сигналлари квантланаётганда улар энг кўп бузилишларга дучор бўлади. Бу бузилишларни камайтириш учун номезърий квантлашни қўллаш мумкин, бунда квантлаш қадами фарқ сигнали қийматинини катталашшига қараб катталашади. Фарқни кодлашнинг бундай усулини адаптив дифференциал импульс-коди модуляция (АДИКМ) дейилади, чунки бунда квантлаш қадами катталигинини кодланувчи сигналнинг параметрларига мослашиши содир бўлади.

3.9.2. Дельта-модуляция

Дельта-модуляция (ДМ) фарқ сигналини кодлаш усулларида бири бўлиб, у линияга ёнма-ён жойлашган саноклар фарқи ўсишининг ишораси тўғрисидаги ахборотнинг узатилишини ифодалайди (ДИКМ нинг охирги ҳолати).

ДМ да, худди одатдаги ИКМ да бўлганидек, узлуксиз сигнал дискретланиш ва квантланишга дучор бўлади, натижада $s(t)$

узлуксиз функция $G(t)$ босқичли (узгармас оулакли) функция билан ўзгартирилади (3.20.а -расмга қаранг)

Бирок одатдаги ИКМдан фарқли равишда, ДМ да ҳар бир дискретлаш қадамида $G(t)$ босқичли функциянинг δ бир квантлаш қадами катталигига тенг бўлган ўсишига йўл қўйилади. Линияга $c(t)$ ўзгармас сигналнинг вақтнинг kT дискрет лаҳзаларидаги ўсишининг ишораси тўғрисидаги маълумотлар узатилади. Линия сигнали шаклланишининг алгоритми қуйидаги кўринишга эга:

$$f(kT) = \text{sign} \{c(kT) - G[(k-1)T]\}, \quad (3.73)$$

бу ерда sign фарқнинг ишорасини кўрсатади.

Шундай қилиб, $f(t)$ сигнал ДМда иккилик тизими бўйича кодланган бўлиб, у икки кутбли импульслар кетма-кетлигини ифодалайди (3.19.б -расм). $f(t)$ линия сигналини интеграллаб, $G(t)$ босқичли сигнални олиш мумкинлиги (3.69) формула ва 3.19-расмдан аниқ кўришиб турибди, яъни:

$$G(t) = \int_0^t f(t) dt. \quad (3.74)$$

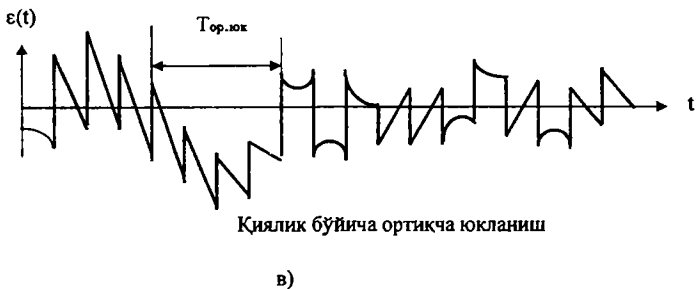
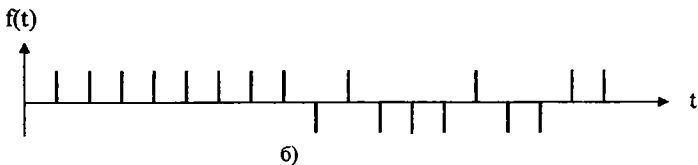
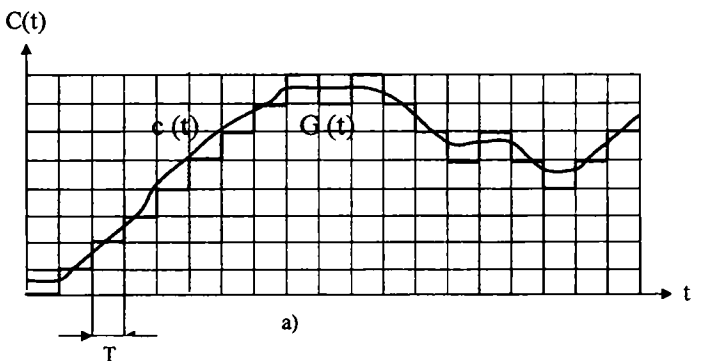
Демак, узатиш тизимининг қабул қилгичидаги декодерлаш тадбири $f(t)$ линия сигналини интеграллашга олиб келади.

ИКМ ёки ДИКМ тизимларида бўлганига ўхшаб, ДМ да ҳам квантлаш шовқинлари пайдо бўлади (3.19.в -расм):

$C(t)$ бирламчи сигнал қуйи частотали фильтр (ҚЧФ) ёрдамида частота бўйича чекланади ва $f_{\text{макс}}$ чегаравий частотали $c(t)$ сигнал шаклланади. $c(t)$ сигнал айирувчи қурилма (АҚ) нинг киришларидан бирига келиб тушади, унинг бошқа киришига интегратор билан шаклланаётган $G(t)$ босқичли сигнал келиб тушади. АҚ нинг чиқишида фарқ сигнали ёки $\square(t)$ хатолик сигнали ҳосил бўлади. Хатолик сигнали кодерга келиб тушади, унинг бошқа киришига дискретлаш частотаси $f_d = 1/T$ га тенг бўлган тактли импульсларнинг даврий кетма-кетлиги келиб тушади. Агар тактли импульснинг келиб тушиш лаҳзасида $\square(t) < 0$ бўлса, кодер мусбат импульсни, $\square(t) > 0$ бўлганда эса, манфий импульсни шакллантиради. $f(t)$ сигналнинг икки кутбли импульслар кетма-кетлиги линияга йўналади ва бир вақтнинг ўзида у $G(t)$ босқичли сигнални

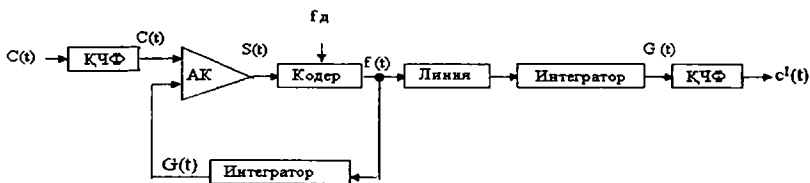
шакллантирувчи интеграторга узатилади. Сигнал интегратор чикишидан АК га келади, унинг бошқа киришига $c(t)$ келиб тушад ва АК (5.75) муносабатни амалга оширади.

$$\varepsilon(t) = G(t) - c(t) \quad (3.75)$$



3.19-расм. ДМ сигнални шакллантириш принциплари.

ДМ асосида ташкил қилинган рақамли каналнинг содд тузилиш схемаси 3.20-расмда келтирилган.



3.20-расм. Дельта-модуляция асосида ташкил қилинган каналнинг умумий тузилиш схемаси.

Қабул қилгичдаги декодерлаш қурилмасининг вазифасини интегратор бажаради (узаткич схемасидаги интеграторга ўхшаб), унинг чиқишида $G(t)$ босқичли сигнал ҳосил бўлади. У қуйи частотали фильтр (КЧФ) билан текислангандан кейин, $c(t)$ сигналига анча яқин бўлган $c'(t)$ сигнал шаклланади. $f(t)$ сигнални шакллантирувчи қурилмалар мажмуини дельта-кодер дейилади, $f(t)$ сигнални $c'(t)$ сигналга ўзгартирувчи қурилмалар мажмуини дельта-декодер дейилади, бу қурилмалар эса умумий ҳолда дельта-кодекни ташкил қилади.

ДМ да $G(t)$ аппроксимацияланувчи босқичли функция ўсишининг $t_k = kT$ лаҳзада δ квантлаш қадамига тенглиги илгари айтиб ўтилган эди. Шунга кўра, тиклиги монотон равишда ўсувчи (ёки камаювчи) $G(t)$ функциянинг максимал мумкин бўлган ўртача тиклигидан катта бўлган $c(t)$ узатилаётган сигналнинг тармоқларида квантлаш шовқини кескин ўсади. Бу ҳодисани кодер (кодловчи қурилма)нинг ортиқча юкланиши дейилади. 3.19.в-расмда ортиқча юкланиш $T_{ор.юк}$ тармоқда кўрсатилган. ДМ да ортиқча юкланиш бўлмаслиги учун $c(t)$ функциянинг ўсиши T тактли интерваллари вақтида квантлаш қадамидан катта бўлмаслиги керак. Бу шартни қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$\left[\text{Max} \frac{dc(t)}{dt} \right] T \leq \delta. \quad (3.76)$$

Иккинчи томондан, квантлаш шовқини анча паст бўлиши учун квантлаш шкаласининг сатҳи бўйича поғоналари M минимал жоиз сонига эга бўлиши керак; демак

$$\delta = \frac{C_{\text{макс}}}{M}. \quad (3.77)$$

(3.77) формуласидаги тенглик белгисини олиб, (3.78) да куйидагини оламиз:

$$T = \frac{C'_{\max}}{C'_{\max}} \cdot \frac{1}{M}, \quad (3.78)$$

бу ерда $C'_{\max} = \text{Max}[dc(t)/dt]$ (3.78) формуладан ДМ да дискретлаш частотаси учун куйидаги ифода келиб чиқади:

$$f_{\delta} = \frac{1}{T} = M \frac{C'_{\max}}{C_{\max}}. \quad (3.79)$$

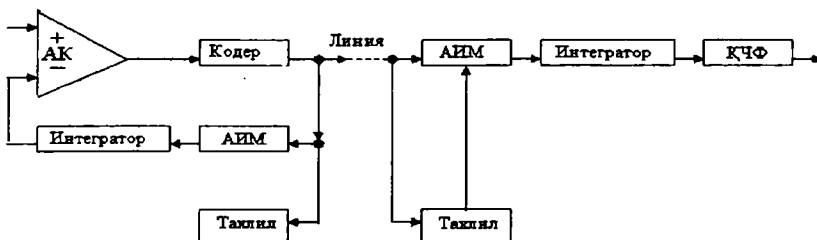
Ҳисоблашлар шуни кўрсатадики, телефон маълумотларини юқори сифат билан узатиш учун ДМ да ИКМ дагига нисбатан 2–3 марта кенгроқ частоталар полосаси талаб қилинади. Бу ДМ нини катта камчилиги ҳисобланса, кодлаш ва декодерлаш аппаратуралари тузилишининг соддалиги эса ДМ нинг асосий афзаллиги ҳисобланади.

ДМ асосида ташкил қилинган узатиш тизимлари олдинда айтиб берувчи линиявий қурилмали тизимлар ҳисобланади. Схемадаги (3.20-расмга қаранг) якка интегратор олдиндан айтиб берувчи қурилманинг содда хили саналади. Олдиндан айтиб берувчи қурилма сигнал нусхаларини қанча аниқ шакллантириб берса ($G(t)$ функция $s(t)$ сигналга яқинлашса), улар ўртасидаги фаршунча сезиларсиз бўлади, демак, квантлаш шовқинлари кучсиз бўлади. Дельта-кодер схемасида олдиндан айтиб берувчи қурилма сифатида қўш интегратордан фойдаланиш олдиндан айтиб беришни такомиллаштиришнинг мумкин бўлган усулларида бири ҳисобланади. Дельта-кодек схемасида қўш интеграторга ўтиш сигнал-квантлаш шовқини нисбатини барча сигнал турлари учун 6...10 дБ га оширади.

Қўш интегратор асосида ташкил қилинган олдиндан айтиб берувчи қурилмали дельта-модуляцияни икки марта интеграллашга эга *дельта-модуляция* дейилади. Компандерли ДМ ни қўллаб, уни яна адаптив (мослашувчи) ДМ ҳам дейилади, квантлаш шовқинларини оширмасдан ДМ учун дискретлаш частотасини пасайтириш ёки дискретлаш частотасининг энг кичик қийматида квантлаш шовқинларидан ҳимояланганликни ошириш мумкин. Компандерли ДМ да ДМ сигнални шакллантириш жараёнида квантлаш қадами ўзгармас бўлиб қолмайди, балки узатилаётган

сигналнинг параметрларига қараб у ўзгаради. Компандерлаш уни ва инерцион бўлади.

Оний компандерлаш ҳолида квантлаш қадами ҳар бир тактда ўзгаради. Оний компандерлашли дельта-модуляция (ОҚДМ) нинг бир неча хили бор, лекин уларнинг ҳаммаси тиклик бўйича ортиқча юкланиш вужудга келганда квантлаш қадамининг ўзгаришига асосланган (3.19-в-расмга қаранг). Чиқиш сигналида бир нечта бир хил символларнинг кетма-кет ҳосил бўлиши ортиқча юкланиш тўғрисида маълумотларнинг пайдо бўлишига сабаб бўлиши мумкин. ОҚДМ дельта-кодек тузилмасига (3.21-расм) импульс кетма-кетлиги кўринишидаги таҳлиллагич (Таҳлил) ва амплитуда-импульсли модулятор (АИМ) киритилади. Бир хил кутбли элтувчи пайдо бўлганда таҳлиллагич АИМни шундай бошқарадики, бунда интегратор (Интегр) га узатилаётган импульсларнинг амплитудаси ўсади ва мос равишда сигнал нусхасини квантлаш қадами ҳам катталашади. Турли кутбли импульслар кетма-кетлигини топганда таҳлиллагич АИМ га чиқиш импульсларининг амплитудасини кичрайтирувчи кучланишни узатади, натижада сигнал нусхасининг ўзгариш қадами ҳам кичраяди. ОҚДМ-кодекларнинг бошқа схемалари ҳам мавжуд бўлиб, уларда АИМ ўрнида кенг-импульсли модуляция (КИМ) қўлланилади. ОҚДМ да квантлаш шовқинларидан ҳимояланганлик кириш сигнали қувватининг нисбатан катта ўзгариш диапазонида юқори бўлиб қолаверади, ҳолбуки айти бу вақтда ДМ да кириш қувватининг ошиши билан у тез камая бошлайди, бу ортиқча юкланиш шовқинларининг кучайиши билан боғлиқдир.



3.21-расм. ОҚДМ-кодекнинг тузилиш схемаси.

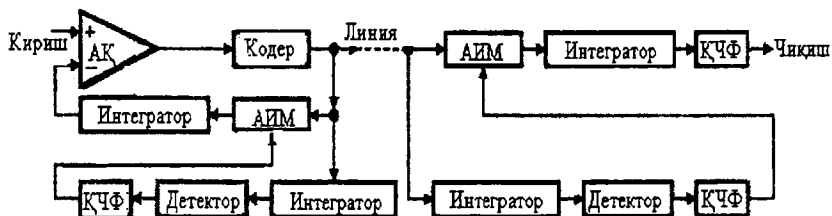
Инерцион компандерли дельта-модуляция (ИКДМ) ҳолида квантлаш қадамнинг ўзгариши кодланувчи сигнал қиясининг ўзгаришига кетган вақтга тенг вақт ичида секин содир бўлади. Квантлаш қадамнинг ўзгариш тезлиги сўз бўғинларининг ўзгариш тезлигига мос бўлганлиги учун, баъзан ИКДМ ни бўғинли компандерли ДМ дейилади. ИКДМ нинг тузилиш схемаси 3.15-расмда келтирилган. ОКДМ ҳолидагига ўхшаб, ИКДМ схемаси ҳам тескари алоқа занжирида интегратор чиқишидаги сигнал нусхасини шакллантирувчи импульсларнинг амплитудаси ва давомийлигини ўзгартирувчи АИМ (КИМ) модуляторга эга. Бу схеманинг 6-расмдаги схемадан фарқи шундан иборатки, импульслар амплитудаси билан бошқариш инерциясиз ҳолда эмас, балки кодланувчи сигнал қиясининг ўзгаришига ўхшаб, нисбатан секин амалга ошади. Бошқариш сигнали чиқиш сигнали ёки унинг нусхасидан ажралиб чиқиши мумкин. 3.22-расмда келтирилган тузилиш схемаси биринчи усулга мос келади. Бу ҳолда бошқариш занжири таркибида интегратор, сигналнинг паст частотали қиясининг ажратиб олувчи детектор ва ҚЧФ бор.

ИКДМ-кодекнинг мослашув инерционлиги сўзлашув сигнали асосий тонининг даврига яқин ва у тахминан 10 мсга тенг, ҳолбуки бу вақтда бўғинлар такрорланишининг ўртача интервали 100 мс дан ошади.

ИКДМ да квантлаш қадами кириш сигналининг сатҳига боглиқ бўлиб, у катталашган сари квантлаш қадами ҳам катталаша боради. Агар бунда сигналнинг баъзибир ўзгариш диапазонида унинг кучланиши ва квантлаш қадами ўртасида тўғри мутаносиблик ўрнатилса, ҚЧФ нинг чиқишидаги сигнал-квантлаш шовқини нисбати ўзгармай қолаверади. Шу йўл орқали сигнал-шовқин нисбатининг кириш сигналининг сатҳига боглиқлиги (бу ўзгармас қадамли ДМ га хосдир) бартараф қилинади. Тажрибалар шуни кўрсатдики, ИКДМ ва 48 кГц тактли частотадан фойдаланилганда кириш сигналининг сатҳи 40 дБ га ўзгарса, сигнал-квантлаш шовқини нисбати 25 дБ дан ошади. Шундай қилиб, саккиз разрядли кодлашда ИКМ қандай узатиш сифатини таъминлаган бўлса, ИКДМ ҳам шундай сифатдаги узатишни, лекин талаб қилинаётган узатиш тезлигида эса ИКМ дагидан 1,5–2 марта паст бўлган сифатдаги узатишни таъминлайди.

Ниҳоят шуни таъкидлаш лозимки, ДМ сигнали узатилаётганда линия трактидаги хатолик таъсирида иккита квантлаш қадамига

тенг хатолик вужудга келади, ИКМ да эса хатолик халакитлар таъсири туфайли код комбинациясининг қайси разрядида тўхтаб қолиш содир бўлганлигига боғлиқ бўлади. Демак, ДМ да узатишнинг тўғрилигига қараб, линия трактига кўйиладиган талаблар ИКМ дагидан бир неча тартибга паст бўлади.



3.22-расм. ИКДМ кодекнинг тузилиш схемаси.

ИКМ да сигнални демодуляциялаш учун икки хил синхронизациялаш: тактли ва код гуруҳи бўйича цикли синхронизациялаш талаб қилинади. ДМда код гуруҳлари бўлмайди ва ишлаш учун фақат тактли синхронизациялаш талаб қилинади.

3.10. Импульс-кодли модуляция асосида ташкил қилинган рақамли узатиш тизими иерархияси

Телекоммуникация тармоқларида фойдаланиладиган рақамли узатиш тизимлари маълум иерархия асосида ташкил қилинади, у қуйидаги асосий талабларни қаноатлантириши керак:

аналог, дискрет ва рақамли сигналларнинг барча турларини РУТнинг каналлари ва тактлари орқали узатилишини;

сигналларга иерархиянинг турли босқичларида ишлов бериш ва уларни узатиш тезлигининг тегишли қарралигини;

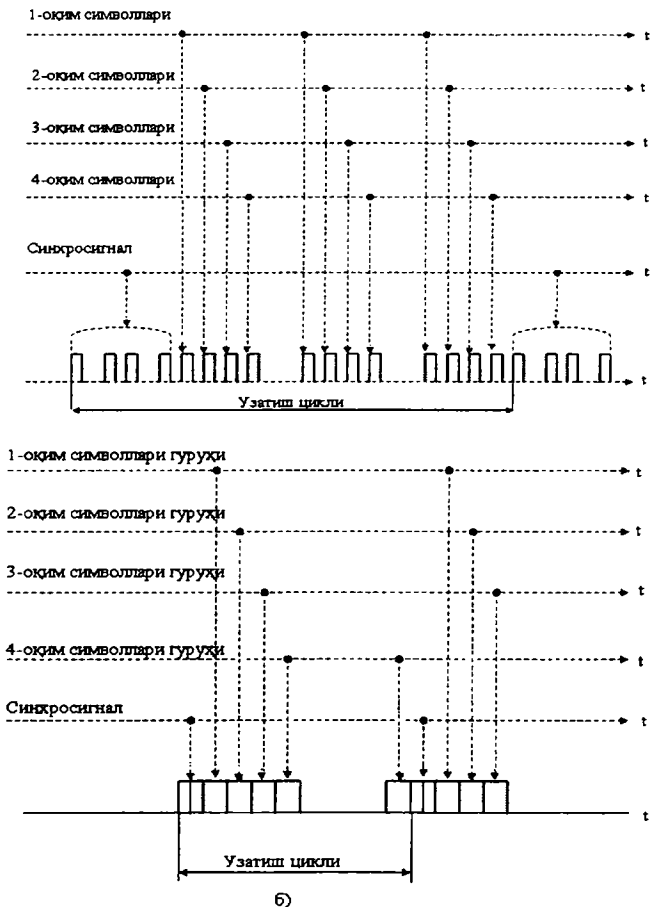
узатилаётган рақамли оқимларни энг оддий ҳолда бирлаштириш, бўлақларга бўлиш, ажратиб олиш ва транзитлашнинг мумкинлигини;

РУТ нинг параметрларини мавжуд бўлган ва келажакда бўладиган йўналтирувчи тизимларнинг тавсифларини ҳисобга олган ҳолда танланишини;

РУТ нинг аналог узатиш тизимлари ва турли коммутация тизимлари билан ўзаро таъсирлашиши мумкинлигини;

бир турдаги маълумотларнинг сигналлари узатилаётганда РУТнинг ўтказиб юбориш қобилиятидан энг яхши ҳолда фойдаланиш кераклигини РУТ иерархиясининг шаклланиши компонентлар деаталувчи паст тартибли рақамли оқимларни ягона рақамга бирлашиш асосида амалга ошади, буни гуруҳли ёки агрегат рақам дейилади.

Рақамли сигнал гуруҳи-оқим шаклланаётганда рақамли оқимларнинг қуйидаги: символ бўйича (3.23а-расм) ва канал бўйича (3.23 б-расм) бирлаштириш усуллари бўлиши мумкин.

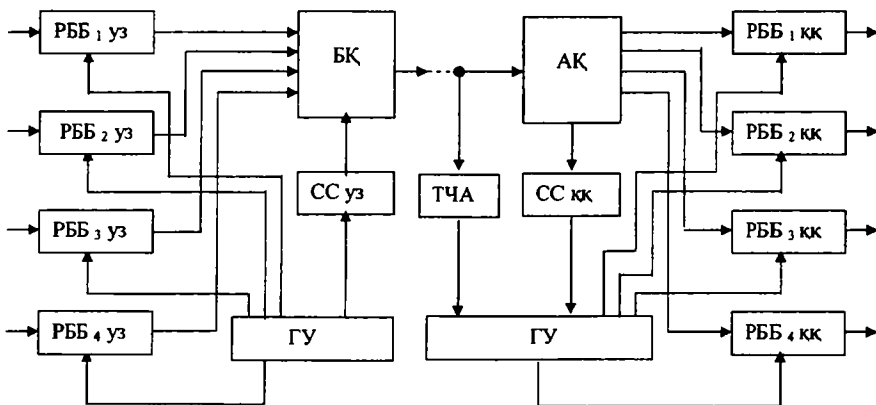


3.23-расм. Рақамли оқимлар символ бўйича (а) ва канал бўйича (б) бирлашаётган рақамли узатиш тизими циклининг тузилиши.

Иккала ҳолда тўртта оқим бирлашади. Символ бўйича бирлашаётганда, бирлашаётган рақамли оқимдаги рақамли сигналларнинг импульслари вақт давомида бўшаган интервалларга бошқа оқимларнинг бирлашаётган импульслари жойлашиб олиши мумкин бўладиган ҳолда қисқаради ва тақсимланади. Рақамли оқимлар канал бўйича бирлашаётганда код гуруҳлари учун ажратилган вақт интерваллари давомида улар сиқилади ва тақсимланади. Синхросигнал қабул қилишнинг охирида рақамли оқимларнинг тўғри тақсимланиши учун зарурдир.

Рақамли оқимлар циклар бўйича ҳам бирлашиши мумкин, бу бирлашиш канал бўйича бирлашишга ўхшайди, фақат бу ҳолда уларга вақт давомида ишлов берилади (сиқилади) ва бир, сўнгра эса кейинги рақамли оқим цикли тўлиқ узатилади. Символ бўйича бирлаштириш энг оддий ва кенг суратда қўлланиладиган усул ҳисобланади.

Рақамли оқимларни бирлаштириш вақт давомида гуруҳ ҳосил қилувчи, яъни мультиплексирловчи ускунада амалга оширилади, унинг тузилиш принципи 3.24-расмда ифодаланган.



3.24-расм. Вақт давомида гуруҳ ҳосил қилувчи-мультиплексирловчи ускунани тузилиш принципи.

Ускуна таркибига қуйидагилар киради: узатиш ва қабул қилиш трактидаги РББ_{уз}, РББ_{кк} боғловчи рақамли блок; узатиш трактидаги оқимларни БҚ бирлаштирувчи қурилма ва уларнинг

қабул қилиш трактидаги АҚ ажратувчи қурилма; ССУз, ССКҚ синхросигнални узаткич ва қабул қилгич; рақамли лини; сигналининг ТЧА тактли частотасини ажраткич; узатувчи ва қабул қилувчи станциянинг ГУ генератор ускунаси.

РББ Уз нинг чиқишларидан чиқаётган сигналлар циклли синхронизациялаш сигналлари билан бирга БҚ нинг киришиги келиб тушади. РББ Уз чиқишларидаги импульслар кетма кетликлари ўртасидаги вақт давомидаги силжиш ГУ дан чиқаётган бошқарувчи импульслар орқали амалга оширилади. Қабул қилишдаги АҚ гуруҳли сигнал импульсларини ўзига тегишли РББ Ққ бўйича, шунингдек, сигналларни ССКҚ га таксимлайди.

Узатиш тизимининг анча паст тартибли генератор ускунаси ёки рақамли оқимларни бирлаштириш ва ажратиш ускунасида мустақил равишда ишлаши мумкин ёки синхронизациялаш умумий узатувчи генератор орқали амалга оширилиши керак. Бунга қараб рақамли оқимларни бирлаштириш асинхрон ёки синхрон тарзда бўлиши мумкин.

Рақамли сигналлар синхрон тарзда бирлаштириляётганда бу ахборотни РББга ёзиш тезлиги ёки РББ дан санаш тезлиги ўзгармас ва каррали бўлади, чунки унга бир хил ГУда ишлов бериледи Бунда ахборотни санаш унинг РББ Уз га келиб тушишидан кейин содир бўлиши учун ёзиш ва санаш командалари ўртасида талаб қилинаётган вақт давомида силжиш ўрнатилган бўлиши керак.

Рақамли оқимларни бирлаштириш қурилмасидаги ГУ ва паст тартибли рақамли оқимларни шакллантириш қурилмасидаги ГУ мустақил равишда ишляётганда рақамли оқимлар асинхрон тарзда бириктириляётган бўлса, ёзиш ва санаш тезликлари ўртасида бироз фарқ бўлиши мумкин. Бу тезликларнинг мувофиқлашуви учун тегишли чора-тадбирлар кўриш зарур.

Ҳозирги пайтда РУТ иерархиясининг икки тури қабул қилинган:

плезеохрон рақамли иерархия (ПРИ) ёки Plesiochronous Digital Hierarchy (PDH);

синхрон рақамли иерархия (СРИ) ёки Synchronous Digital Hierarchy (SDH).

РУТ ни ташкил қилишнинг иерархия принципи канал ҳосил қилувчи ускунани бир хиллаштиришга, тегишли ускунани ишлаб чиқариш, тадбиқ қилиш ва ундан техник жиҳатдан фойдаланиш жараёнларини соддалаштиришга ва умуман телекоммуникация

тизимлари ва тармоқларининг техник-иқтисодий кўрсаткичларини кўтаришга имкон беради. РУТ ташкил қилинаётганда бошланғич сигнал сифатида тезлиги 64 кбит/с га тенг асосий рақамли канал-АРК (ёки DSO-Digital Signal of Level O)нинг сигналидан фойдаланилади.

3.11. Рақамли оқимларни плезиохрон рақамли иерархияда бирлаштириш

Плезиохрон рақамли иерархия 80-йилларнинг бошида таркиб топган тезликларнинг уч стандартини ўз ичига олади. Шимолий Америка стандарти деб аталувчи биринчи стандартда (АҚШ ва Канадада қабул қилинган) БРО бирламчи рақамли оқим (ёки DS1-Digital Signal of Level 1) тезлиги 24 DSO (АРК) нинг тезлигига мос бўлган 1544 кбит/с га тенг қилиб танланган. Японияда қабул қилинган иккинчи стандартда бирламчи рақамли оқимнинг Шимолий Америка стандарти, яъни DS1 даги тезликдан фойдаланилган. Европа ва Жанубий Америкада қабул қилинган учинчи стандартда БРО бирламчи рақамли оқим тезлиги 2048 кбит/с га тенг қилиб танланган. Бундай тезлик 32 АРК нинг тезлигига тўғри келади. Амалда 30 АРК плус узатиш тезлиги 64 кбит/с га тенг бўлган иккита синхронизациялаш ва бошқариш каналидан фойдаланилади.

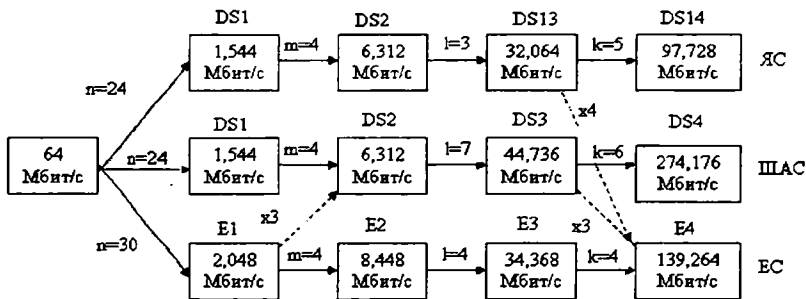
ПРИ нинг биринчи стандарти 1544 (ёки DS1)-6 312(ёки DS2)-44 736 (ёки DS3) -274 176 (ёки DS4) кбит/с (яхлитлаган ҳолда: 1,5-6-45-274 Мбит/с) тезликларнинг иерархик кетма-кетлигини ўз ичига олади. Бундай кетма-кетлик куйидаги мультиплексирлаш коэффициентлари қатори: DSO нинг 24 сигналидан DS1 сигналинини шакллантириш учун $p=24$ га, DS1 нинг 4 сигналидан DS2 сигналинини шакллантириш учун $m=4$ га, DS2 нинг 7 сигналидан DS3 сигналинини шакллантириш учун $l=7$ га ва DS3 нинг 6 сигналидан DS4 сигналинини шакллантириш учун $k=6$ га тўғри келади. ПРИ нинг ушбу стандарти DSO (ёки АРК) нинг 24,96,672 ва 4032 каналини ташкил қилишга имкон беради.

DS1-DS2-DS3-DS4 сатҳли рақамли сигналларни одатда тегишли равишда бирламчи рақамли канал (оқим)-БРК(О), иккиламчи рақамли канал (оқим)-ИРК(О), учламчи рақамли канал (оқим)-УРК(О) ва тўртламчи рақамли канал (оқим)-ТРК(О) дейилади.

ПРИ нинг иккинчи стандарти 1 544 кбит/с тезликка эга бўлиб, у 1 544 (ёки DS1)-6 312 (ёки DS2)-32 064 (ёки DSJ3)-97 728 (ёки DSJ4) кбит/с кетма-кетлигини (1,5-6-32-98 Мбит/с тақрибий катталиклар қаторини) ташкил қилади. Ушбу стандарт учун мультиплексирлаш коэффициентлари тегишли равишда $n=24$, $m=4$, $l=5$, $k=3$ га тенг. Бу иерархия DSO (ёки АРК) нинг 24, 96, 480 ва 1440 каналларини ташкил қилишга имкон беради. Бу ерда DSJ3 ва DSJ4 сигналларини 3 ва 4 сатҳли япон ПРИ нинг рақамли каналлари (ёки оқимлари) дейилади.

ПРИ нинг учинчи стандарти 2 048 кбит/с тезликка эга бўлиб, у 2 048 (ёки E1: бирламчи рақамли канал-оқим)-8448 (ёки E2: иккиламчи рақамли канал-оқим)-34368 (ёки E3: учламчи рақамли канал-оқим)-139264 (ёки E4: тўртламчи рақамли канал-оқим)-564992 (ёки E5: бешламчи рақамли канал-оқим) кбит/с кетма-кетлигини ёки 2-8-34-140-565 Мбит/с тақрибий кетма-кетлигини ҳосил қилади, бу $n=30$, $m=l=k=4$ га тенг мультиплексирлаш коэффициентларига тўғри келади. Ушбу стандарт тегишли равишда 30, 120, 480, 1920 ва 7680 АРКни узатишга имкон беради, улар одатда ИКМ-30, ИКМ-120, ИКМ-480 ва ИКМ-1920 рақамли узатиш тизимлари номи билан аталади.

Турли стандартдаги ПРИ рақамли оқимларни мультиплексирлаш схемаси 3.26-расмда берилган.



3.25-расм. ПРИ нинг Шимолий Америка (ШАС), Япония (ЯС) ва Европа (ЕС) стандартларидаги мультиплексирлаш (-) ва кросс-мультиплексирлаш (---) схемаси.

ПРИ нинг учта турли стандартларининг параллел равишда ривожланиши жаҳон бўйлаб улкан телекоммуникация тармоқларининг ривожланишини тўхтатиб турганлиги учун, телекоммуникациялар бўйича Халқаро электр алоқа иттифоқи ХТИ томонидан уларни бир хиллаштиришга ва имкон қадар бирлаштиришга оид қадамлар қўйилди. Натижада шундай стандарт ишлаб чиқилдики, унга кўра:

биринчидан, ИКМ ва каналларни вақт бўйича ажратиш асосида рақамли узатиш тизимларини ташкил қилишда асосий стандарт сифатида ПРИ биринчи стандарти (DS1-DS2-DS3) нинг учта биринчи сатҳлари, иккинчи стандарти (DS1-DS2-DSJ3-DSJ4) нинг тўртта сатҳлари ва учинчи стандарти (E1-E2-E3-E4) нинг тўртта сатҳлари стандартланган ва стандартларнинг кросс-мультиплексирлаш, масалан, учинчи стандартдан биринчи стандартга (биринчидан иккинчи сатҳга) ва аксинча (учинчидан тўртинчи сатҳга) кросс-мультиплексирлаш схемаси 3.19-расмда кўрсатилган (мультиплексирлаш коэффициентлари узатиш тезликларини тақдим этувчи блоklarнинг алоқа линияларида кўрсатилган);

иккинчидан, иккинчи стандартда 32 064–97 728 кбит/с (яхлитланган ҳолда 32–98 Мбит/с) тармоги, яъни биринчи стандартдаги DS3 ва учинчи стандартдаги E4 сатҳларига параллел бўлган DSJ3 ва DSJ4 сатҳлари сақланган бўлади. DSJ3 сатҳ E3 сатҳга мос бўлади, бу эса иккинчи сатҳдан учинчи сатҳга кросс-мультиплексирлашни осонлаштиради.

3.12. Рақамли оқимларни синхрон рақамли иерархияда бирлаштириш

Синхрон рақамли иерархия-СПИ (ёки Synchronous Digital Hierarchy-SDH) нинг яратилиши рақамли узатиш тизимининг ривожланишида сифат жиҳатдан янги босқич ҳисобланади. СПИ технологияси маълум ҳажмдаги ахборотни элтиб бериш мақсадида стандартлаштирилган рақамли тузилмалар тўплами сифатида аниқланади ҳамда текшириш ва бошқаришни ўз ичига олган ҳолда ахборотни комплекс равишда кўчириш жараёни сифатида амалга оширилади. СПИ нинг узатиш тизимлари турли стандартлар ва сатҳлардаги ПРИнинг рақамли оқимлари (сигналлари) ни, шунингдек, янги электр алоқа хизматларини жорий қилиш билан

боғлиқ бўлган кенг полосали сигналларни элтиб беришга мўлжалланган.

ПРИ дагига ўхшаб, СРИ нинг ҳар бир сатҳида гуруҳли сигнални узатиш тезлиги ва циклларнинг тузилиши стандартланган. ХТИ қуйидаги сатҳлар: узатиш тезлиги 155,52 Мбит/с га тенг биринчи сатҳ; узатиш тезлиги 622,08 Мбит/с га тенг тўртинчи сатҳ; узатиш тезлиги 2488,32 Мбит/с га тенг ўн олтинчи сатҳ бўйича тавсиялар қабул қилган. Тегишли сатҳларнинг тезлиги биринчи сатҳнинг тезлигини унга тегишли номдаги сатҳ сонига кўпайтириб топилади.

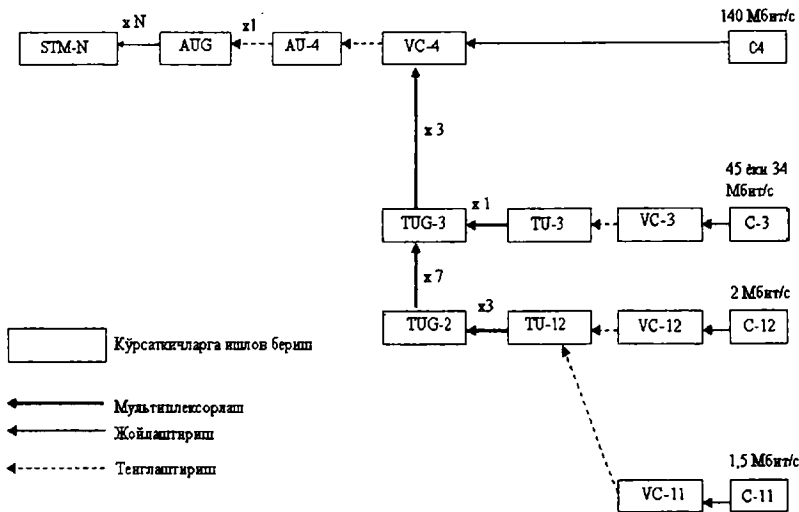
СРИ да сигналнинг асосий формати сифатида 155,52 Мбит/с узатиш тезлигига эга синхрон транспорт модули-STM (ёки Synchronous Transport Modul-STM) қабул қилинган бўлиб, унда ПРИ нинг Европача ва Шимолий Америка стандартларининг рақамли оқимлари мавжуддир. Синхрон транспорт модулининг такрорланиш даври 125мкс га тенг блокли циклик тузилмани ифодалайди. STM-1 асосий модули, STM-4, STM-16, STM-64 ва STM-256 юқори сатҳларнинг модули асосий ахборот юкланишидан ташқари, назорат қилиш, бошқариш ва хизмат кўрсатиш вазифаларини ҳамда қатор ёрдамчи вазифаларни таъминловчи ортиқча сигналларнинг талайгина ҳажмини ва қўшимча функциялар қаторини ҳам элтади.

Европа ва Шимолий Америка стандартли ПРИ нинг STM=N оқимлари учун вақт давомида гуруҳнинг ҳосил бўлиши ёки мультимплексирлашнинг тузилиш схемаси 3.26-расмда келтирилган.

Гуруҳнинг ҳосил бўлиш принципи изоҳланган жараёнда қабул қилинган белгилашларга тушунтириш берамиз.

Бошланғич ахборот юклама ПРИнинг тегишли сатҳлари билан SDНни мультимплексирловчи тузилманинг асосий элементларини ифодаловчи тегишли сатҳли С контейнер (Container) бўлиб бирлашади. N-сатҳли синхрон транспорт модулининг шаклланишини тушунтирувчи мисолни кўриб чиқайлик.

Цикл давомийлиги $T_{\text{Ц}}=125$ мкс га тенг 2176 байтга мос келувчи 140 Мбит/с узатиш тезлигига эга E4 Европа стандартининг тўртламчи рақамли оқимига тенглаштирувчи байтни қўшиш билан у C-4 сатҳли контейнерга ўзгаради; $T_{\text{Ц}}=125$ мкс давомийликли 537 байт сонли E3нинг учламчи рақамли оқимига тенглаштирувчи байтни қўшиш билан у C-3 сатҳли контейнерга ўзгаради.



3.26-расм. Синхрон рақамли иерархиядаги ўзгартириш схемаси.

45 Мбит/с узатиш тезлигига эга DS3 сатҳли ПРИ Шимолий Америка стандартининг рақамли оқими ҳам юқоридаги сингари С-3 сатҳли контейнерга ўзгаради. Ёнинг бирламчи рақамли оқими га тенглаштирувчи битни қўшиш билан у С-12 типдаги контейнерга, Шимолий Америка DS1 эса С-11 контейнерга ўзгаради.

Сўнгра С-4, С-3, С-12 ёки С-11 контейнерлар жойлаштириш тадбири воситасида 125 ёки 250 мкс даврга эга тегишли сатҳли VC виртуал контейнерлар (Virtual Container-VC)га ўзгаради. VC виртуал контейнер С контейнер тузилмага тракт сифатини назорат қилишни, аварияга ва фойдаланишга оид ахборотни узатишни таъминловчи РОН (Path Over Head) тракт бошланишининг байтини қўшиш билан С контейнердан ҳосил қилинади. Жойлаштириш тадбири шартли суратда С контейнер таркибидаги ахборотнинг тракт бошланишининг бити билан алмашиб, виртуал контейнернинг маълум вазиятларига жойлашишидан иборатдир.

СРИ нинг Европа стандарти учун виртуал контейнерларнинг куйидаги турлари ўринлидир:

VC-12; таркибида С-12 контейнер ва РОН-тракт бошланиши бўлган VC-12га PTR кўрсаткичи (PointeR-кўрсаткичи) нинг

байтини қўшиб тенглаштириш орқали у TU-12 (Tributary Unit-TU сатҳли компонент блокка ўзгаради;

VC-3; таркибида C-3 контейнер, POH-тракт бошланиши бўлган VC-3-юқори сатҳли виртуал контейнерга PTR кўрсат кичининг байтини қўшиб тенглаштириш орқали у TU-3 сатҳли компонент блокка ўзгаради;

VC-4; таркибида C-4 контейнер, тракт бошланиши бўлган VC 4-юқори сатҳли виртуал контейнерга PTR байтини қўшиб тенглаштириш орқали у AU-4 сатҳли административ бло (Administrative Unit-AU)ка ўзгаради.

3, 7 ва 1га тенг мультиплексирлаш коэффициентлари билан тегишли равишда мультиплексирлаш орқали иккинчи TUG-2 ва TUG-3 учинчи (юқори) сатҳли TUG компонент блоklar гуруҳи (Tributary Unit Group) шаклланади.

VC-4 виртуал контейнернинг ёки C-4 контейнер асосида, ёки TUG-3 компонент блоklarидан 3га тенг мультиплексирлаш коэффициенти билан мультиплексирлаш орқали шаклланиши 3.27-расмдан кўриниб турибди. VC-4 виртуал контейнер AU-4 административ блокка ўзгаради, AU-4 эса мультиплексирлаш ёрдамида AUG административ блоklar гуруҳига ўзгаради.

N сатҳли STM-N нинг синхрон транспорт модулини шакллантиришни административ блоklar гуруҳини STM нинг N сатҳига тенг мультиплексирлаш коэффициенти билан мультиплексирлаш орқали ва унинг тузилишига RSOH регенерация секцияси бошланиши (Regeneration Section Over Head) ва MSOH мультиплексирлаш секцияси бошланишини (Multiplex Section Over Head) қўшиб амалга оширилади.

Назорат саволлари ва масалалар

1. Квантлаш ва кодлаш тадбирларини бажаришдан олди АИМ-1 нинг АИМ-2 га ўзгаришининг зарурлигини тушунтиринг.

2. Рақамли ИКМ сигнал шакллантирилаётганда сигналнинг сатҳига қараб квантлашнинг зарурлигини тушунтиринг.

3. Квантлаш шовқинлари, уларнинг физик моҳияти ва уларни аниқлаш. Квантлаш шовқинларининг энергетик спектри.

4. Нотекис квантлашни қўллашнинг зарурлиги ва уни амалга ошириш усуллари. Компандерлаш қонунлари.

5. Рақамли ИКМ сигнал шаклантириладиғанда қўлланиладиган иккилик кодлар.
6. Гуруҳли ИКМ сигналининг частоталар полосаси қандай аниқланади?
7. Санокга тегишли код гуруҳидаги элементларнинг сони нимага боғлиқ бўлади?
8. 10 мВ га тенг квантланиш қадамли етти разрядли линиявий коддернинг киришига АИМ-2 импульслар берилган, уларнинг амплитудавий қиймати +98 мВ, +412 мВ ва -412 мВ га тенг. Кодлаш симметрик кодда амалга оширилади. Коддернинг чиқишида ҳосил бўлувчи код гуруҳлари қандай тузилишга эга бўлади?
9. 8 мВга тенг квантланиш қадамли саккиз разрядли линиявий декодернинг киришига код гуруҳининг қуйидаги кетма-кетлиги: 11110111, 00001000 ва 10010101 келиб тушади. Декодер натурал (оддий) кодга асосланиб тузилган гуруҳларни декодерлашга мўлжалланган. Декодер чиқишида ҳосил бўладиган АИМ-2 импульслари қандай амплитудага эга бўлади?
10. ИКМ асосида ташкил қилинган КВА РУТ охириги станцияси тузилиш схемасининг элементлари, узатиш ва қабул қилиш трактининг вазифасини тушунтиринг.
11. ИКМ асосида ташкил қилинган КВА РУТ нинг вақт бўйича цикли қандай тузилади?
12. Тонал частотали каналлар сони $N=12$, код комбинациясидаги элементлар сони $m=7$ бўлгандаги, ИКМ асосида ташкил қилинган КВА РУТнинг такт частотасини топинг.
13. ИКМ асосида ташкил қилинган КВА РУТ да синхронизациялашнинг қайси турларидан фойдаланилади?
14. Тактли синхронизациялаш қурилмаларига қўйилган асосий талабларни айтинг. Тактли синхронизациялашнинг бузилиши нимага таъсир қилади? Тактли синхронизациялашни амалга ошириш принциплари.
15. Цикли синхронизациялаш қурилмаларига қўйилган асосий талабларни айтинг. Цикли синхронизациялашнинг бузилиши нимага таъсир қилади?
16. Цикли синхронизациялаш қурилмаларининг ишлаш принциплари қандай бўлади?
17. Рақамли линия трактларида сигналларнинг бузилишини вужудга келтирувчи асосий сабабларни айтинг. 1- ва 2-тур бузилишларнинг моҳияти ва уларнинг халақитдан ҳимояланганликга таъсири.

18. Линиявий кодлашнинг зарурати.
19. Дифференциал импульс-кодли модуляциянинг моҳияти в унинг одатдаги импульс-кодли модуляциядан фарқи.
20. Дельта-модуляциянинг моҳияти, унинг дифференциал ва ода: даги импульс-кодли модуляциядан фарқи. Дельта-модуляция турлари.
21. Рақамли линия регенераторининг вазифаси, унинг умуми тузилиш схемаси ва ишлаш принципи.
22. ИКМ асосида ташкил қилинган КВА рақамли узати тизимининг иерархияси нимадан иборат? РУТ нинг иерархияс қандай тузилади? РУТ иерархиясининг асосий стандартлари.
23. Рақамли оқимларни қандай усуллар билан бирлаштири мумкин? Вақт давомида гуруҳ ҳосил қилувчи ёки мультиплексирловчи ускуналарни тузилиш принципи.
24. Плезиохрон рақамли иерархияда вақт давомида гуруҳ ҳоси қилувчи схема.
25. Синхрон рақамли иерархияда вақт давомида гуруҳ ҳоси қилувчи (мультиплексирловчи) схема.

IV БОБ. ОПТИК ТОЛАЛИ УЗАТИШ ТИЗИМЛАРИНИ ТАШКИЛ ҚИЛИШ АСОСЛАРИ

4.1. Оптик алоқа, унинг афзалликлари ва қўлланиш соҳалари

Оптик толали узатиш тизимлари (ОТУТ) нинг кенг қўламда қўлланилиши телекоммуникация тизимлари ривожланишининг асосий йўналиши ҳисобланади. ОТУТ тушунчаси орқали маълумотларни масофага оптик тўлқинлар ва сигналлар ёрдамида оптик толалар (ОТ) орқали узатишга мўлжалланган актив ва пассив қурилмалар мажмуи тушунилади. Бошқача айтганда, ОТУТ-бу оптик сигналларни шакллантириш, ишлов бериш ва узатишни таъминловчи оптик узатиш қурилмалари ва оптик узатиш линиялари мажмуидир. Оптик толали ёки, қисқача, оптик кабеллар ва улар асосида яратиладиган оптик толали алоқа линиялари (ОТАЛ) оптик сигналлар тарқаладиган физик муҳит ҳисобланади. ОТУТ ва ОТАЛ мажмуи толали оптик узатиш линияси (ОТУЛ) ни ҳосил қилади. ОТАЛ дан кенг суратда фойдаланмасдан туриб, телефон ва телеграф алоқа, кабелли телевидение ва факсимил алоқа, маълумотларни узатиш, таркибида хизмат қилишни яхлитлаштирувчиси бўлган ягона рақамли тармоқ-ХЯРТ (Integrated Services Digital Network-ISDN)ни яратиш, телекоммуникация тармоқларига асинхрон узатиш усули (Asynchronous Transfer Mode-АТМ) технологиясини жорий қилиш ва синхрон рақамли иерархия-СПИ (Synchronous Digital Hierarchy-SDH) асосида транспорт тармоқларини ташкил қилиш соҳаларида телекоммуникация технологияларини ривожлантириш мумкин эмас. ОТУТ нинг қўлланиш соҳаси ҳар қандай турдаги маълумотларни амалда хоҳлаган масофага энг катта тезликда узатиш билангина чекланмайди, балки у борт тизимлари (самолётлар, кемалар ва бошқалар) дан локал ва глобал оптик толали телекоммуникация тармоқларигача бўлган жуда катта доирани ўз ичига олади. Бундай тизимларнинг жорий қилиниши фақат одатдаги телекоммуникация тизимлари ва тармоқларинигина эмас, балки радиоэлектроника, атом энергетикаси, космос, машинасозлик, кemasозлик ва ш. к. ларнинг ҳам ривожланишини олдиндан белгилаб беради.

ОТУТ да маълумотларни узатиш 0,1 мкм дан 1 мм гача бўлган ёруғлик оқимлари ёрдамида амалга оширилади. Тўлқин (ёки частота) узунликларининг диапазонлари чегарасида ёруғлик тўлқинларининг оптик тола орқали энг яхши тарқалиш шароити таъминланса, бундай тўлқин узунликларининг диапазонларини оптик толанинг *шаффофлик дарчалари* дейилади.

Ҳозирги пайтда ОТУТ ни ташкил қилишда инфрақизил нурланиш (қисқача ёруғлик) ёки оптик нурланиш (ОН) деб аталувчи 0,8 мкм дан 1,65 мкм гача бўлган (бундан кейин 2,4 ва 2,6 мкм ли анча узун тўлқинларни ҳам ўзлаштириш мўлжалланган) тўлқин узунлигидан фойдаланилади.

Узатиш узоқлигини ёруғлик тўлқинининг жуда яхши тарқалиши ҳисобига ошириш учун оптик толалар (ОТ) ёки ёруғлик ўтказгичлар деб аталувчи турли хил оптик тўлқин ўтказгичлар текширилди. Бундай ўтказгичлар орқали қобиқ (қобиқлар) билан ўралган ўзақлардан таркиб топган, оптик нурланишни узатадиган йўналтирувчи каналлар тушунилади. ОТ оптоэлектрон технологиялар (оптик нурланишни ҳосил қилиш, унинг кучайиши, оптик сигналларни қабул қилиш, унга ишлов бериш ва бошқалар) билан бирга нурланишни оптик толалар-оптик толали ўтказгичлар орқали узатилишини ўрганувчи техниканинг толали оптика деб аталувчи замонавий йўналишининг ривожланишига туртки берди.

ОТАЛ нинг қуйида санаб ўтилган афзалликлари уларнинг тез ва кенг кўламда қўланилишини таъминлайди:

1. Ретрансляторлар ўртасидаги масофани 100...150 км дан кам бўлмаслигини таъминлайдиган параметрли ОТ ни олиш имконини;

2. Ахборот ўтказиш қобилияти жуда юқори бўлган ҳолда кичик габарит ўлчамли ва енгил массали оптик кабеллар (ОК) ни ишлаб чиқаришни;

3. Оптик кабелларни ишлаб чиқариш нархининг доимий ва узлуксиз равишда пасайиши ва уларни ишлаб чиқариш технологиясини такомиллаштиришни;

4. Ташқи электромагнит таъсирлар ва ўтиш халақитларидан юқори даражада ҳимояланганликни;

5. Алоқа (ахборотнинг чиқиб кетиши)нинг юқори даражада махфийлигини: сигнал фақат бевосита айрим толага улангандагина унинг тармоқланиши мумкинлигини;

6. Талаб қилинаётган ўтказиш полосасини олишдаги мосланувчанлик;

7. Рақамли узатиш тизимларида барча иерархия даражаларида электр кабеллар ўрнига турли типдаги ОТ ни ишлатиш мумкинлигини;

8. Оптик нурланишнинг янги манбалари, оптик толалар, яхши тавсифли ёки бу тавсифларга қўйилган талаблар ошиб бораётганда бошқа узатиш тизимлари билан мос кела олишликни тўла сақлайоладиган оптик нурланишли фото қабул қилгич ва кучайтиргичларнинг яратилишига қараб, ОТУТ ни доимий равишда такомиллаштириш имконини;

9. Ноқулай об-ҳаво шароитлари ва намлик тегишли йўсинда лойиҳаланган ОТАЛ га унча таъсир қилмаганлиги сабабли, улардан сув ости кабеллари сифатида фойдаланиш мумкинлигини;

10. Ишончли хавфсизлик техникаси (портлаш хавфи бор муҳитларда зарар кўрмаслик, учқунланиш ва қисқа туташувнинг йўқлиги)ни, тўла электр изоляцияни таъминлаш мумкинлигини.

Ҳозирги пайтда умумий ҳолда фойдаланилаётган кўпгина ОТАЛ да 622 Мбит/с гача бўлган узатиш тезлигидан фойдаланилмоқда, лекин узатиш тезлиги 2,5 Гбит/с ли ва ундан юқори бўлган ОТУТ борган сари кўпроқ қўлланилмоқда. Бундай ОТАЛ бўйича 7680 тадан 100000 тагача телефон частотали каналлар (ТЧК) ни ёки ўтказиш қобиляти 64 кбит/с ли асосий рақамли каналлар (АРК) ни ташкил қилиш мумкин. Ҳозирги пайтда узатиш тезлиги 40 Гбит/с гача бўлган ОТУТ ишлаб чиқилган.

4.2. Оптик толали узатиш тизимининг умумий тузилиш принциплари

Оптик толали узатиш тизими (ОТУТ) нинг таркибига қуйидаги техник воситалар киради:

1. Узатиш трактининг канал ҳосил қилувчи ускунаси (КХУ); у стандарт кенгликка эга ўтказиш полосали ёки узатиш тезлигига эга маълум сондаги намунавий каналлар ёки намунавий гуруҳли грактларни шакллантиришни таъминлайди;

2. Трактнинг боғловчи ускунаси (БУ), у КХУ чиқишидаги кўп каналли сигналнинг параметрларини оптик узаткичнинг параметрлари билан боғлайди;

3. Оптик узаткич (ОУз); у электр сигнални тўлқин узунлиги оптик толанинг бирон-бир шаффофлик дарчаси билан бирдаё бўлган оптик сигналга ўзгартиради; ОУз таркибига қуйидагилар оптик нурланиш манбаи (ОНМ)-бир ёки бир нечта параметрлари БУдан келаётган кўп каналли электр сигнал билан модулланадиган оптик элтувчи манбаини ва оптик нурланишни иложи борича кам йўқотиб оптик толали кабелга киритиш учун зарур бўлган мослаштирувчи қурилма (МК) киради; одатда, оптик нурланиш манбаи ва мослаштирувчи қурилма (МК) узатувчи оптик модули (УзОМ) деб аталувчи ягона блокни ҳосил қилади;

4. Оптик кабел; унинг толаси (ОТ) оптик нурланиш тарқаладиган муҳит бўлиб хизмат қилади;

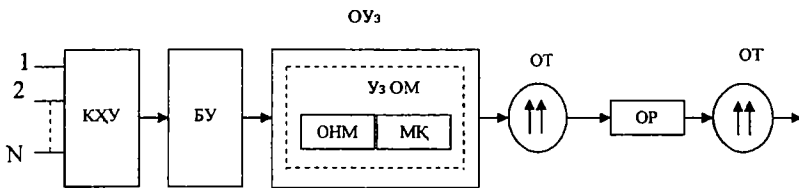
5. Оптик ретранслятор (ОР); у сигнал оптик тола (ОТ) орқали ўтаётганда унинг сўнишини компенсациялашни ва турли хил бузилишларни коррекциялаш (тўғрилаш) ни таъминлайди. ОР хизмат қилувчи ёки хизмат қилмайдиган хилларга бўлиниши мумкин ва улар ретрансляция тармоқлари деб аталувчи маълум масофани оралатиб ўрнатилади. ОРда оптик квант кучайтиргичлар ёрдамида оптик сигнални ўзгартириш орқали ҳосил қилинган электр сигналга ҳам ва тўғриланган электр сигнални навбатдаги ўзгартириш орқали ҳосил қилинган оптик сигналга ҳам ишлов бериш (кучайтириш, коррекциялаш, регенерациялаш ва ш. к.) лар бажарилиши мумкин;

6. Оптик қабул қилгич (ОҚк); у оптик нурланишни қабул қилиш ва уни электр сигналга ўзгартиришни таъминлайди. ОҚк таркибига оптик нурланишни иложи борича кам йўқотиб ОТ дан чиқариш учун зарур бўлган мослаштирувчи қурилма (МК) ва оптик нурланишнинг қабул қилгичи (ОНҚк) киради. Оптик нурланишнинг мослаштирувчи қурилмаси билан қабул қилгичи мажмуи қабул қилувчи оптик модули (ҚқОМ) ни ифодалайди;

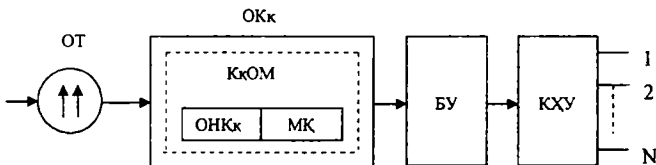
7. Қабул қилиш трактининг боғловчи ускунаси (БУ); у қабул қилувчи оптик модулнинг чиқишидаги сигнални тегишли КХУ нинг кўп каналли сигналига ўзгартиради;

8. Қабул қилиш трактининг канал ҳосил қилувчи ускунаси; у кўп каналли сигнални айрим намунавий каналлар ва трактларнинг сигналига тескари ўзгартиришни амалга оширади.

ОТУТ нинг умумий тузилиш схемаси 4.1-расмда келтирилган.



а) ОТУТ узатиш трактининг тузилиш схемаси



б) ОТУТ қабул қилиш трактининг тузилиш схемаси

4.1-расм. Оптик толали узатиш тизимининг умумий тузилиш схемаси.

Оптик элтувчини кўп каналли электр сигнал билан модуляциялаш учун частотавий (ЧМ), фазавий (ФМ), амплитудавий (АМ), қутбловчи (ҚМ) модуляция, жадаллиги бўйича модуляция (ИМ) ва бошқалардан фойдаланиш мумкин.

Монохроматик оптик нурланиш электр майдонининг оний қийматини белгиланган фазовий координаталарда қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$E(t) = E_M \cos(\omega_0 t + \varphi_0),$$

бу ерда E_M -майдон амплитудаси; ω_0 ва φ_0 -оптик элтувчининг тегишли частотаси ва фазаси. У ҳолда оптик нурланиш жадаллигининг оний қиймати қуйидагига тенг бўлади:

$$P_{OH} = E^2(t) \cos(\omega_0 t + \varphi_0),$$

$T_0 = 2\pi / \omega_0$ давр бўйича ўртача қиймати эса қуйидагига тенг:

$$\bar{P} = 0,5 E_M^2.$$

\bar{P} катталиқни оптик нурланишнинг ўртача жадаллиги ёки қуввати дейилади.

Жадаллик бўйича модуляцияланаётган (ИМ) да айна \bar{P} катталиги модуляцияловчи кўп каналли сигналга мос равишда ўзгаради.

Оптик нурланиш тўлқин табиатга эга бўлиб, айна шу вақтда у дискрет бўлади. У фақат дискрет квантлар $-hf$ энергияли фотонлар кўринишида нурланади ва ютилади, бу ерда h -Планк доимийси. Шунинг учун \bar{P} оптик нурланиш қувватини фотонлар оқими (вақт бирлигидаги сони)нинг кўп каналли сигналлар билан модуляцияланадиган $J = P/hf$ жадаллиги орқали тавсифлаш мумкин.

Яримўтказгич манбаининг нурланишини унинг жадаллиги бўйича модуляциялашни ва оптик сигнални электр сигналга тескари ўзгартириш, яъни демодуляциялашни бошқариш (модуляциялаш) қурилмаси билан амалга оширишнинг техник жиҳатдан нисбатан содда ҳал қилиниши туфайли оптик толали узатиш тизимини ташкил қилишда ИМ жуда кенг қўламда қўлланила бошлади.

4.3. Оптик толали узатиш тизимларининг таснифи.

Оптик толали узатиш тизимлари асосида икки томонлама боғланишни ташкил қилиш усуллари.

4.3.1. Оптик кабелларни зичлаш усуллари.

ОТУТ нинг турли хил таснифи мавжуд, лекин асосан қуйидагилар қўлланилади:

1. Қўлланилаётган канал ҳосил қилувчи ускунага қараб, ОТУТ қуйидагиларга бўлинади:

- аналог оптик толали узатиш тизимлари (АОТУТ) га. Агар канал ҳосил қилувчи ускуна гармоник элтувчи частотанинг параметрлари (амплитудавий, частотавий, фазавий модуляция ва уларнинг комбинациялар)ни ёки импульслар даврий кетма-кетлигининг параметрлари (амплитуда-импульсли, кенг-импульсли, фаза-импульсли модуляция ва уларнинг комбинациялари)ни модуляциялашнинг аналог усуллари асосида қурилса;

- рақамли оптик толали узатиш тизимлари (РОТУТ) га. Агар канал ҳосил килувчи ускуна импульс-кодли модуляция, дельта-модуляция ва уларнинг хиллари асосида қурилса; РОТУТ жуда кенг суратда қўлланилмоқда.

2. Оптик нурланишни модуляциялаш усулига қараб, ОТУТ қуйидаги қисмларга бўлинади:

- оптик нурланиш жадаллиги модуляцияланадиган оптик толали узатиш тизимларига ва унинг демодуляцияланишига тегишли оптик толали узатиш тизимларига. Бу демодуляциялашни баъзан бевосита модуляциялаш дейилиб, у кўп РОТУТ да кенг суратда қўлланилади;

- оптик нурланиш (оптик элтувчи)ни аналог усуллар (амплитудавий, фазавий, частотавий модуляциялар ва уларнинг комбинациялари) билан модуляцияланадиган оптик толали узатиш тизимларига.

3. Оптик сигнални қабул қилиш ва уни демодуляциялаш усулига қараб, ОТУТ қуйидаги қисмларга бўлинади:

- бевосита демодуляциялайдиган ёки бевосита қабул қиладиган оптик толали узатиш тизимларига. Бунда оптик нурланиш жадаллигининг электр сигналга бевосита ўзгариши содир бўлади, бу сигналнинг кучланиши ёки токи оптик сигнал жадаллигининг ўзгаришини бир хил акс эттиради;

- когерент оптик толали узатиш тизимларига. Буларда оптик нурланишни модуляциялаш турларидан (синхрон ёки носинхрон) қатъи назар, частотани оралиқ частотада амалга ошириладиган гетеродин ёки гомодин усулда ўзгартириш қўлланилади. Қабул қилишнинг гетеродин усулида фотодетекторга f_c частотали оптик сигнал билан бир вақтда f_r частотали маҳаллий гетеродиннинг жуда кучли оптик нурланиши узатилади, фотодетекторнинг чиқишида $f_{op} = f_c - f_r$ оралиқ частота ҳосил бўлади ва унда оптик сигнални электр сигналга навбатдаги ўзгариши амалга ошади. Қабул қилишнинг гомодин усулида қабул қилинаётган оптик нурланиш ва маҳаллий гетеродин тебранишларнинг частотаси бир хил ($f_c = f_r$), фазалари эса синхронланган бўлиши керак.

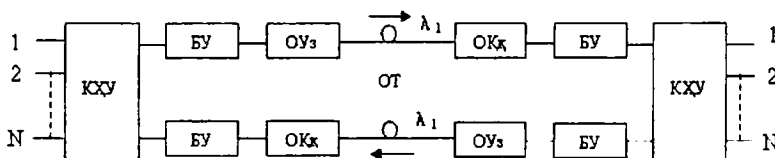
4. Икки томонлама алоқани ташкил қилиш усулига қараб, ОТУТ қуйидаги қисмларга бўлинади:

а) икки толали бир поласали бир кабелли узатиш тизимига. Унда оптик сигналларни узатиш ва қабул қилиш λ тўлқин узунлиги бир хил бўлган икки оптик тола орқали амалга оширилади. Ҳар бир

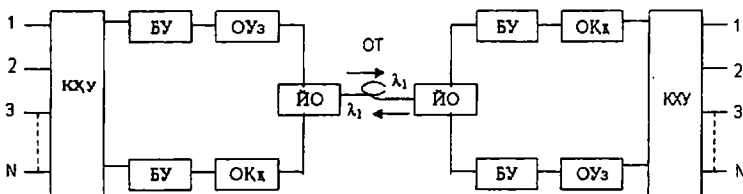
ОТ икки симли физик занжирга эквивалент бўлиб, кабелнинг оптик толалари ўртасида ўзаро таъсир бўлмаганлиги сабабли, турли тизимларнинг узатиш ва қабул қилиш трактлари бир кабелли қилиб ташкил қилинади, яъни бундай ОТУТ бир кабелли бир полосали бўлади.

Икки толали бир полосали бир кабелли ОТУТ ни ташкил қилиш принципи 4.2-расмда кўрсатилган, бу ерда қуйидаги белгилашлар қабул қилинган: КХУ-канал ҳосил қилувчи ускуна; БУ-боғловчи ускуна; ОУз-оптик узаткич; ОТ-оптик тола; ОҚк оптик қабул қилгич; охириги ва оралик станцияларнинг узатиш ва қабул қилиш трактларида бир типли ускунадан фойдаланиш бундай ОТУТ нинг афзаллиги ҳисобланса, ОТ нинг ўтказиш қобилиятидан фойдаланиш коэффициентининг анча кичиклиги эса унинг камчилиги ҳисобланади.

б) бир толали бир полосали бир кабелли узатиш тизимига (4.3-расм). Бу тизимнинг ўзига хослиги шундан иборатки, сигналларни икки йўналишга узатиш учун бир хил тўлқин узунликли бир оптик толадан фойдаланилади; 4.3-расмда илгари қабул қилинган белгилашларга қуйидаги белгилашлар қўшилади:



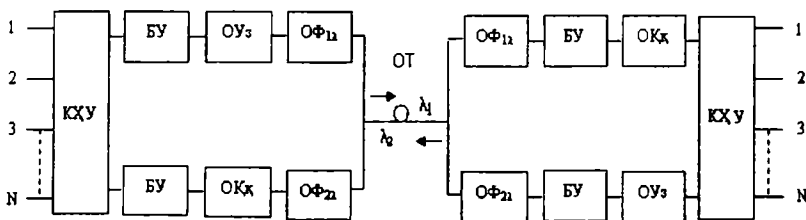
4.2-расм. Икки толали бир полосали бир кабелли ОТУТни ташкил қилиш принципи.



4.3-расм. Бир толали бир полосали бир кабелли ОТУТни ташкил қилиш принципи.

ОАҚ-оптик ажратувчи курилма, у ёруғлик тўлқинларини кутблаш ёки оптик нурланиш йўналтирилган тўлқинларининг турларини ажратишни амалга оширади.

в) бир толали икки полосали бир кабелли узатиш тизимига. Бунда бир йўналиш бўйича узатиш тўлқин узунлиги λ_1 га тенг оптик нурланишда олиб борилаётган бўлса, бошқа йўналиш бўйича узатиш эса λ_2 тўлқин узунликли оптик нурланишда олиб борилади; узатиш йўналишларини ажратиш оптик нурланишнинг тегишли тўлқин узунлигига созланган йўналтирувчи оптик фильтр (ОФ) лар ёрдамида амалга оширилади; бундай усулда амалга ошириладиган икки томонлама боғланишнинг умумий схемаси 4.4-расмда келтирилган, бу ерда ОФ_{1,2 λ} - тегишли тўлқин узунликларини ажратиш оладиган йўналтирувчи оптик фильтрлар.



4.4-расм. Бир толали икки полосали бир кабелли ОТУТни ташкил қилиш принципи.

5. Узатишнинг мақсади ва узоклигига қараб, ОТУТ қуйидаги қисмларга бўлинади:

а) магистрал ОТУТ га. Улар маълумотларни минг километрларгача узатишга мўлжалланган бўлиб, республикалар, ўлкалар, вилоятларнинг марказлари, йирик саноат, илмий марказлар ва бошқаларни ўзаро боғлайди;

б) зонавий ОТУТ га. Улар республикалар, ўлкалар, вилоятлар ва 600км гача узунликдаги масофаларда маъмурият доирасида боғланишни ташкил қилишга мўлжалланган;

в) маҳаллий тармоқлар учун ОТУТ га. Улар шаҳар ва қишлоқ телефон тармоқларида станциялараро боғловчи линияларни ташкил қилишга мўлжалланган;

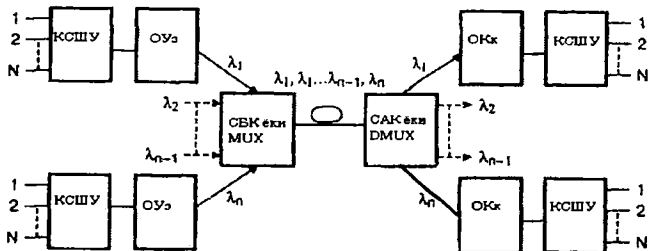
г) ахборотни тақсимлайдиган ОТУТ га. Улар ҳисоблаш машиналари ўртасидаги боғланишни, локал компьютер тармоқлари

ва кабелли телевидение тармоқларини ташкил қилишни таъминлайди.

б. Мультиплексорлаш жараёни, яъни бир неча ёруғлик нурланиши оқимини бир тола орқали бир вақтнинг ўзида узатишга асосланган оптик толани зичлаш усулларига қараб, ОТУТ куйидагиларга бўлинади:

а) спектр бўйича зичланган ёки мультиплексирилган, тўлқин узунликлари ажратилган (wavelength-division multiplexing, WDM) ОТУТ га. Бунда бир ОТ орқали бир вақтнинг ўзида бир неча спектр тарзида тарқаладиган оптик элтувчилар узатилади, уларнинг ҳар бири тегишли канал ҳосил қилувчи ускуна билан шакллантирилган кўп каналли сигнал билан модуляцияланади. Бундай тизимларни ташкил қилишнинг имконияти ОТ сўниш коэффициентининг тегишли шаффофлик дарчаси чегарасидаги оптик элтувчининг частотаси (ёки тўлқин узунлиги)га бир мунча кучсиз боғланишига асосланган. Шунинг учун частота бўйича ажратиш усулини қўллаб ва ахборотни узатишнинг натижавий тезлигини ошириб, бир ОТ бўйича бир неча кенг полосали оптик каналларни ташкил қилиш мумкин. Оптик каналларни спектри бўйича ажратилган ОТУТ нинг тузилиш схемаси 6.5-расмда кўрсатилган; бу ерда илгари қабул қилинган белгилашларга янги белгилашлар қўшилган: КСШУ-кўп каналли сигнални шакллантирувчи ускуна, у параметрлари оптик узаткич (ОУз) ва оптик қабул қилгич (ОҚқ)га мослашган электр сигналларни шакллантиришга мўлжалланган канал ҳосил қилувчи ускуна (КХУ) ва боғловчи ускуна (БУ) мажмуасини ифодалайди; СБҚ (ёки МИХ-WDM мультиплексор) спектр бўйича бирлаштирувчи қурилма; у турли оптик элтувчиларни бир оптик тола (ОТ) га киритишни амалга оширади. САҚ (ёки ДМИХ-WDM демультиплексор) - спектр бўйича ажратувчи қурилма; бунда оптик элтувчилар фазода ажратилади ва улар оптик қабул қилгичга келиб тушади.

Узатувчи станцияда n та узатиш тизими (бир типли ёки ҳар хил типли) мавжуд, уларнинг сигналлари $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_{n-1}, \lambda_n$ турли оптик элтувчилар нурланадиган n та оптик узаткичларга узатилади. СБҚ ёрдамида турли элтувчиларни ОТ га киритиш амалга оширилади. САҚ нинг қабул қилиш томонида оптик элтувчилар ажралади ва улар оптик қабул қилгичга, сўнгра КСШУ га узатилади.



4.5-расм. Спектр бўйича ажратувчи қурилмали ОТУТ нинг тузилиш схемаси.

Шундай қилиб, бир ОТ бўйича спектр тарзда ажраладиган p та оптик каналлар ташкил қилинади, яъни ОТ нинг ўтказиш қобилияти оптик узатиш тизимининг одатдаги ташкил қилинишидаги ўтказиш қобилиятига нисбатан p мартага ошади. Бундан ташқари, бу усул кўшимча қурилиш ишларини ўтказмасдан алоқа тармоқларини кенгайтиришни таъминлашга, шунингдек, ёруғлик оқимлари ажратиб олинадиган жойлардаги спектр бўйича зичланган пассив элементларга эга ҳар қандай тузилманинг тармоқланган тармоқларини яратишга имкон беради. Бунда турли тезликка ва турли частота полосалари кенглигига, рақамли ва аналог модуляциялаш типига эга турли сигналлар (телефон, телевидение, телеметрия, маълумотларни узатиш ва б.)ни узатиш имконияти кенгайди. Буларнинг ҳаммаси тежамли кўп функцияли телекоммуникация тизимлари ва тармоқларининг яратилишини таъминлайди.

Оптик элтувчиларни бирлаштириш ва ажратиш учун турли оптик спектр қурилмалари: ишлаши физик оптик ҳодисалари-дисперсия, дифракция ва интерференцияга асосланган мультиплексорлар, демультиплексорлардан фойдаланиш мумкин. Оптик призма, кўп қатламли диэлектрик, дифракцион панжара ва б. лар мультиплексорлар ва демультиплексорлар тузилмасининг асосини ташкил қилиши мумкин.

б) Частота бўйича ёки гетеродин усул билан зичланган ОТУТ га Линия трактларидаги турли манбаларнинг бошланғич кўп каналли сигналлар билан частота бўйича мультиплексирланадиган

узатиш тизимларида маълум частоталар полосалари ажратиб олинади. Бу ҳолда гуруҳли линия оптик сигналини олиш учун бир-бирига яқин жойлашган барқарор оптик элтувчилар керак бўлади. Бироқ оптик нурланиш частотасининг нобарқарорлиги, айниқса катта тезлик билан модуляцияланаётганда, қўшни каналларнинг ишчи тўлқин узунликлари ўртасидаги спектр ораликларининг ахборот сигналининг полосасидан кўп марта катта бўлишига олиб келади. Шунга қўра, ОТУТ да бир-бирига яқин жойлашган спектр каналларини олиш учун оптик элтувчининг тегишли силжиши ёрдамида турли манбалардан эмас, балки битта, лекин етарли даражада барқарор бўлган манбадан чиқаётган турли элтувчилардан фойдаланилади. Оптик элтувчиларни шакллантиришнинг бундай принципидан фойдаланиладиган зичлашни *частота бўйича ёки гетеродин усулда зичлаш* дейилади. Гуруҳли оптик сигнални шакллантириш принципини тушунтирувчи таркибий схема 4.6-расмда келтирилган.

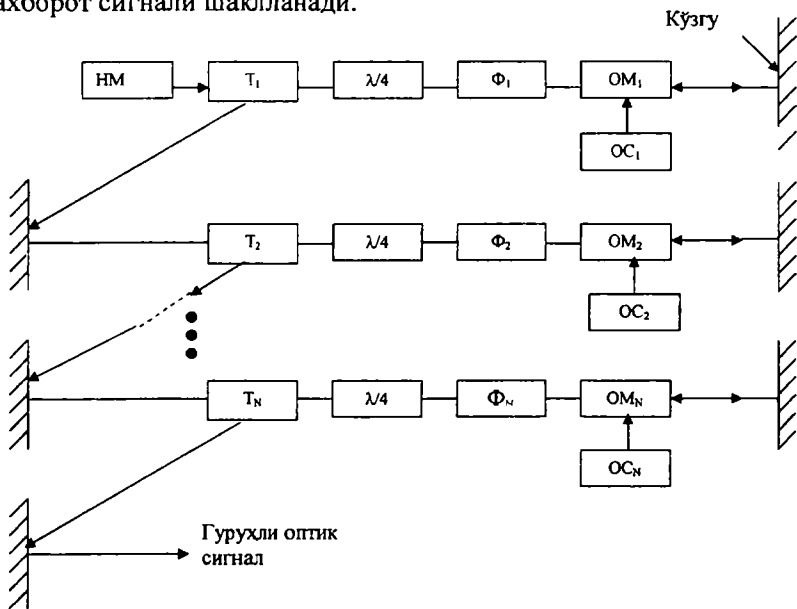
Оптик нурланиш манбаи (НМ) чиқишидан чиқаётган, таркибида f_1, f_2, \dots, f_n қатор элтувчилар бўлган оптик нурланиш Глан-Тейлор спектр призмасини ифодалайдиган T_1 таҳлиллагич, сўнгра эса $\lambda/4$ чорак тўлқинли призмадан ўтиб, биринчи каналнинг Φ_1 фильтрига келиб тушади. Бу фильтр биринчи каналнинг f_1 оптик элтувчисини OM_1 оптик модуляторга ўткази, бу ерда у ахборот оптик сигнали (OC_1) билан модулланади. f_2, \dots, f_n (яъни f_1 дан ташқари) частотали оптик нурланиш фильтр билан қайтарилади ва у T_1 таҳлиллагичга қайтиб келади.

Йўлида у иккинчи марта чорак тўлқинли призма орқали ўтиб, T_2 таҳлиллагичга келиб тушади. Биринчи каналнинг OM_1 да ахборот сигнали билан модуляцияланган оптик элтувчиси кўзгудан қайтиб, у ҳам T_1 таҳлиллагичга келиб тушади.

Ярим тўлқинли призмадан икки марта ўтган оптик сигналнинг кутбланиш текислиги бошланғич тебранишнинг кутбланиш текислигига нисбатан $\pi/2$ га бурилади, шу сабабли ёруглик дастаси призмада оғиб, ундан чиқади. Кейин сигналнинг умумий оқими T_2 таҳлиллагичга келиб тушади, энди f_2 частотали оптик нурланиш модулланиб, бу жараён қайтарилади; Шундай қилиб, кабелнинг оптик толасига келиб тушадиган гуруҳли оптик сигнал шаклланади.

Таркибида қатор модуляцияланган оптик элтувчиси бўлган қабул қилинаётган гуруҳли оптик сигнал T_1 таҳлиллагичга келиб

тушади (4.7-расм), кейин эса биринчи каналнинг чорак тўлқинли призмаси ва филтريدан ўтиб, оптик аралаштиргич (ОАР) га келиб тушади. Φ_1 филтър фақат f_1 элтувчи частотали оптик сигнални ўтказади, бошқа частотали сигнал қайтиб, T_2 га келиб тушади. Оптик модуляцияланган f_1 элтувчи частота ОАР да маҳаллий гетеродин (Гет) частотасидек бўлиб кўпаяди, сўнгра полосали филтър (ПФ) билан $f_{\text{орал}}$ оралиқ частота ажрагиб олинади ва у фотодетектор (ФД) га келиб тушади, унинг чиқишида эса электр ахборот сигнали шаклланади.

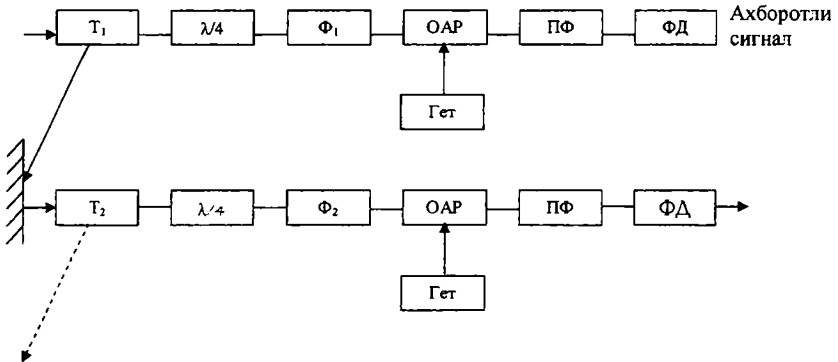


4.6-расм. Частота бўйича (гетеродин) зичланаётганда ҳосил бўладиган гуруҳли оптик сигнални шакллантириш схемаси.

Шундай қилиб, қабул қилиш гетеродин усул билан амалга оширилади. Сигнални барча бошқа каналларда детекторлаш юқоридагига ўхшаш содир бўлади.

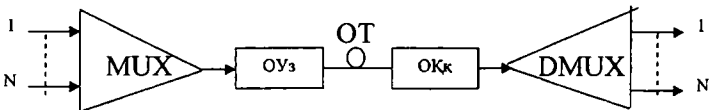
Частота бўйича (гетеродин) зичлаш усулининг афзаллиги шундан иборатки, бунда регенерациялашнинг регенерация тармогининг узунлиги қабул қилишнинг гетеродин усули ҳисобига 200 км гача етади, ОТ нинг ўтказиш қобилиятидан фойдаланиш коэффиценти анча ошади. Кутбланиши сақланган қабул қилиш ва

узатиш оптик трактининг, шунингдек, қатор қўшимча қурилмалар частотани сургичлар; оптик венти́ллар, қутбланишни текши рувчилар, оптик кучайтиргичлар, частотани автосозлаш тизими в. б. нинг бўлиши ушбу усулнинг камчиликлари ҳисобланади буларнинг ҳаммаси ўз навбатида ОТУТ ни анча мураккаб лаштиради ва унинг нарҳини оширади.



4.7-расм. Частота бўйича (гетеродин) зичланаётганда ҳосил бўладиган гуруҳли оптик сигнални қабул қилиш схемаси.

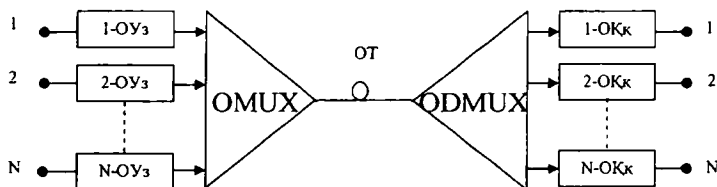
в) вақт бўйича зичланган (вақт бўйича мультимплексиранган РОТУТ га; унда бир неча ахборот ёки компонент оқимлар би- оқимга бирлашади, ҳар бир компонент оқимни бир ОТ орқали узатиш учун уларга вақт интервали ажратилади. Бирлаштириш электр сигналлар сатҳида ёки оптик сигналлар сатҳида амалга оширилиши мумкин. Электр сигналлар сатҳидаги вақт бўйича мультимплексири- лаш 4.8-расмда келтирилган, бу ерда қуйидаги белгилашлар қабул қилинган:



4.8-расм. Электр сигналлар сатҳидаги вақт бўйича мультимплексири- лаш.

1...N-компонентли ахборот оқимлари манбалари; улар кўп каналли электр сигналларни ифодалайди. МИХ-вақтли

мультиплексор, у гуруҳли электр сигнални ҳосил қилиб, навбати билан компонентли кўп каналли электр сигналларни маълум вақт оралиғида умумий оптик узаткич (ОУЗ) га улайди; ОТ-оптик тола; ОҚҚ-оптик қабул қилгич, у оптик сигнални таркибида N компонентли кўп каналли электр сигналли гуруҳли электр сигналга ўзгартиради; ДМИХ-вақтли демультимплексор, қабул қилинган компонентли кўп каналли электр сигналларни тегишли $1...N$ қабул қилгичлар орқали тақсимлайди. Мультиплексор ва демультимплексор синхрон тарзда ишлаши керак. Компонентли ахборот оқимларининг каналлари частота бўйича ажратиладиган узатиш тизими асосида ҳам, импульсли ва рақамли модуляция усуллари асосида ташкил қилинган узатиш тизими асосида ҳам шаклланиши мумкин.



4.9-расм. Оптик сигналлар сатҳидаги вақт бўйича мультиплексорлаш.

Оптик сигналлар сатҳидаги вақт бўйича мультиплексорлаш (зичлаш) схемаси 4.9-расмда келтирилган, бу ерда куйидаги белгилашлар қабул қилинган: $ОУЗ_{1...N}$ $1...N$ компонентли ахборот оқимлар (оптик сигналларга ўзгарган аналог ёки рақамли кўп каналли электр сигналлар)нинг оптик узаткичи; ОМУХ- оптик мультиплексор, у ҳар бир ОУЗ дан чиқаётган оптик сигнални Δt , $2\Delta t$, ..., $N\Delta t$ вақт катталигига (бу ерда N -компонентли ахборот оқимлари ёки кўп каналли оптик сигналлар сони) кечиктиришни, N кўп каналли оптик сигналларни гуруҳли оптик оқимга бирлаштиришни ва уни оптик тола (ОТ) га йўналтиришни амалга оширади; ОДМУХ-оптик демультимплексор, у қабул қилишда тескари ўзгартиришларни амалга оширади.

Электр сигналлар сатҳидаги вақт бўйича мультиплексорлашда ҳам, оптик сигналлар сатҳидаги вақт бўйича мультиплек-

сорлашда ҳам қисқа (нано секундли) ёруғлик импульслари узатилиши керак. Бироқ субнаносекундли импульсларни узатиш ОТУТ нинг оптик узаткичлар ва қабул қилгичлар оптоэлектрон компонентларининг тезкорлигига ўта юқори, энг охириги чегарадаги талабларни қўяди. Бундан ташқари, оптик трактлардаги узатиш тезлиги ва унинг кенг полосалилиги ОТ нинг дисперсия хусусиятлари билан чекланади.

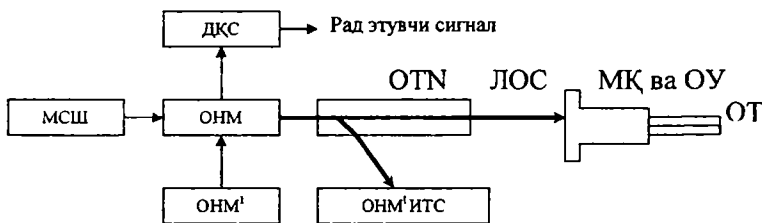
ОТ нинг ўтказиш қобилиятларидан фойдаланиш коэффициентининг катталаниши (узатиш тезлиги 16 ва ундан юқори Гбит/с гача эришилди) ва оптик алоқа тармоғининг тўлиқ яратиш имкониятининг мавжудлиги вақт бўйича мультиплексорлашнинг асосий афзалликлари ҳисобланади.

4.4. Оптик узатиш тизимларининг асосий тугунлари

Оптик линия тракти

4.4.1. Оптик узаткичлар

ОТУТ нинг оптик узаткичи электр сигналларни оптик сигналларга ўзгартиришни амалга оширувчи электрон оптик ўзгартиргич-яҳлит ҳолда узатувчи оптик модуль (УОМ) шаклида тузилади.



4.10-расм. Оптик узаткичнинг умумий тузилиш схемаси.

Узатувчи оптоэлектрон модуль (УОМ) нинг умумий тузилиш схемаси 4.10-расмда келтирилган, бу ерда қуйидаги белгилашлар қабул қилинган:

МСШ-модуляцияловчи сигнални шакллантиргич, у боғловчи ускунанинг («Оптик толали узатиш тизимининг умумий тузилиш схемаси» даги 4.1-расмга қаранг) чиқишидан чиқаётган оптик модулятор ёки оптик нурланиш манбаининг оптимал иш тартибине таъминловчи ускунага келиб тушадиган сигнални ўзгартиришни

амалга оширади. ОНМ-оптик нурланиш модулятори; бу ерда оптик нурланиш параметрларидан бири (жадаллиги, частотаси, фазаси, кутбланиши ва бошқалар) ни модуляциялаш амалга оширилади; ОНМ¹- оптик нурланиш манбаи; ОТ- оптик тармоқлагич, у оптик сигнални ОНМ¹ ИТС-оптик нурланиш манбаи иш тартибининг стабилизаторига йўналтиради; ЛОС-линия оптик сигнали (оптик кабел орқали узатиладиган модуляцияланган оптик нурланиш); ДКС-оптоэлектрон модулнинг иш қобилиятини текширишга мўлжалланган диагностика қурилмасининг схемаси; МҚ ва ОУ-оптик сигнални оптик кабелга киришини таъминловчи мословчи қурилма ва оптик улагич; ОТ-оптик тола. Оптик нурланиш манбаи УОМ нинг ишлашини сифат жиҳатидан аниқлайдиган асосий блок ҳисобланади.

4.4.2. Оптик нурланиш манбаларига қўйилган талаблар, уларнинг параметрлари ва тавсифлари

Оптик нурланиш манбаларига қуйидаги талаблар қўйилади:

- оптик нурланишнинг тўлқин узунлиги оптик толанинг шаффофлик дарчаларидан бири билан бир хил бўлиши керак;
- чиқаётган нурланишнинг қуввати ва унинг оптик толага кириш эффе́ктивлиги етарли даражада юқори бўлиши керак;
- оптик нурланишни турли усуллар билан модуляциялаш имконияти мавжуд бўлиши керак;
- етарли даражада узоқ вақт хизмат қилиши керак;
- электр энергиядан иложи борича кам фойдаланиб, юқори самарадорликка эришиш керак;
- жуда кичик габарит ва оғирликка эга бўлиши керак;
- нархининг ўрта миёна бўлишини, параметрлари ва тавсифлари қайта тикланувчанликларининг юқори сифатли бўлишини таъминловчи ишлаб чиқариш технологияси содда бўлиши керак.

Бу талабларни ёруғлик тарқатувчи диодлар (ЁТД) ва яримўтказгич лазер диодлар (ЛД) асосида қурилган оптик нурланиш манбалари анча тўлиқ қаноатлантиради.

Қуйидагилар оптик нурланиш манбаининг асосий параметрлари ҳисобланади:

1) λ_0 оптик нурланишнинг тўлқин узунлиги, мкм; у оптик тола сўниш тавсифининг минимумларидан бирига тўғри келади;

- 2) $\Delta\lambda$ оптик нурланишнинг спектр кенглиги, нм;
- 3) W оптик нурланишнинг қуввати, мВт ёки p оптик нурланиш қувватининг мутлақ сатҳи, дБм;
- 4) $I_{\text{уйғ}}$ оптик нурланиш манбаини уйғотиш токи, мА; у орқали барқарор ёруғлик нурланишини таъминловчи токнинг минимал қиймати тушунилади;
- 5) нурланиш эффективлиги, яъни оптик нурланиш манбаининг фойдали иш коэффициентини (ФИК) орқали қуйидаги кўринишдаги нисбат тушунилади:

$$\eta = \frac{W_0}{W_{\text{ист}}} \cdot 100 \%,$$

бу ерда W_0 - оптик нурланишнинг қуввати; $W_{\text{ист}}$ - оптик нурланиш манбаининг электр энергиянинг ташқи манбаидан истеъмол қилган қуввати;

б) $t_{\text{ус}}$ оптик нурланиш импульсининг ўсиш вақти, бу вақт давомида унинг амплитудасининг номинал қиймати 0,1 дан 0,9 гача катталашади;

7) C ахборотни максимал узатиш тезлиги, Мбит/с ёки $F_{\text{мод}}$ модуляциялаш частотаси, МГц;

8) оптик нурланиш манбаларининг шовқини.

4.5. Оптик қабул қилгичлар

Яхлит ҳолда қабул қилувчи оптоэлектрон модуль (ҚҚОМ) кўринишида ясаладиган оптик қабул қилгичнинг умумий тузилиш схемаси 4.11-расмда ифодаланган, бу ерда қуйидаги белгилашлар қабул қилинган:

ОК-оптик кабел; ОУ-оптик улагич; ФД-фотодиод ёки фотодетектор; ДҚШК-дастлабки кам шовқинли кучайтиргич. ҚАРҚК-кучайтиришни автоматик ростлайдиган қудратли кучайтиргич; ФК-фильтр-корректор.



4.11-расм. Оптик қабул қилгичнинг умумий тузилиш схемаси.

Оптик кабел (ОК) нинг чиқишидан чиқаётган оптик сигнал оптик улагич (ОУ) орқали фотодетектор (ФД) га келиб тушади, бу ерда унинг электр сигналга ўзгариши содир бўлади. ФД чиқишида электр сигнал жуда кичкина бўлиб, у турли кўринишдаги шовқинлар билан кузатилади. Сезиларли даражада йўқотишларсиз кучайтириш учун шовқиндан ҳимояланганликда дастлабки кам шовқинли кучайтиргич (ДКШК) дан фойдаланилади.

Кучайтирилган электр сигнал шундан кейин кучайтиришни автоматик ростлайдиган кудратли кучайтиргич (КАРҚК) билан кучайтирилади ва сўнгра фильтр-корректор (ФК) ёрдамида халақитни филтрлаш ва электр сигнал кўринишини тўғрилаш амалга оширилиб, у ОТУТ қабул қилиш трактининг боғловчи ускунасига узатилади («Оптик толали узатиш тизимининг умумий тузилиш схемаси»даги 4.1-расмга қ.).Оптик сигнални тегишли кўринишдаги электр сигналга ўзгартирувчи оптоэлектрон асбоб-фотодетектор ОТУТ оптик қабул қилгичининг асосий элементи ҳисобланади.

4.6. Оптик элтувчи модуляторлар

Оптик элтувчини монохроматик оптик нурланишнинг электр майдони сифатида тасаввур қилиш мумкин, унинг белгиланган фазовий координаталардаги оний қиймати қуйидагига тенг:

$$E(t) = E_M \cos(\omega_0 t + \varphi_0), \quad (4.1)$$

бу ерда E_M майдон амплитудаси; ω_0 ва φ_0 оптик элтувчининг частотаси ва фазаси. Шундай қилиб, оптик нурланиш амплитуда, частота, оний фаза ёки кутбланиш билан тавсифланади. (4.1) ифоданинг квадратини оптик нурланишнинг оний жадаллиги дейилади:

$$E(t) = E_M^2 \cos^2(\omega_0 t + \varphi), \quad (4.2)$$

бу ерда E_M^2 – жадалликнинг амплитудавий қиймати.

Оптик нурланиш амплитудаси, частотаси, фазаси (ёки кутбланиши) ва жадаллигининг бошқарувчи-модуляцияловчи сигнал таъсирида ўзгаришини модуляциялаш дейилади. Модуляцияловчи сигнал электрик (*ток, кучланиш*), акустик, механик ва оптик сигнал бўлиши мумкин. Оптик нурланиш параметрларини модуляциялашнинг турли усуллари мавжуд.

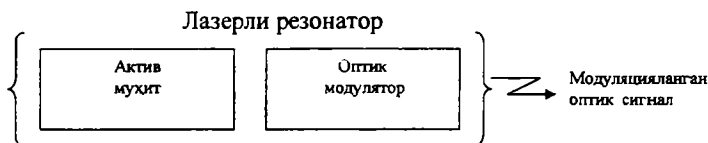
Улардан биринчиси- бу тўғридан-тўғри ёки бевосита модуляциялаш бўлиб, бунда лазер диод (ЛД) ёки ёруғлик тарқатувчи диод (ЁТК) нурланишларини модуляциялашга дам бериш токи ёки силжиш токини ўзгартириш орқали эришилади (4.12 а-расм).



а) тўғридан-тўғри ёки бевосита модуляциялаш



б) ташқи модуляциялаш



в) ички модуляциялаш

4.12-расм. Оптик нурланишни модуляциялаш.

Бу ўзгаришлар электронларнинг p-n орқали инжекцияла-нишини бошқаради ва чиқаётган оптик нурланишнинг жадалли-гини кенг чегарада ўзгартиради. Модуляциялаш частотасини чеклаш эркин элтувчиларни генерациялаш ва рекомбинация-лашнинг доимий вақтига, шунингдек, кўзгатиш занжирларидаги сиғимларга боғлиқ бўлади.

Бевосита модуляциялаш нурланиш жадаллигининг ўзгартиришдан ташқари, ЛД резонаторлари айрим модаларининг тўлқин узунлиги ва амплитудасини ўзгартириб, нурланиш спектрига динамик таъсир қилади, шуни ҳам эътиборга олиш керакки, нурланувчи мода сони қанча кам бўлса, бу таъсир шунча сезиларли бўлади. Шу сабабли ташқи модуляторлардан фойдаланиш зарурати пайдо бўлди.

Иккинчи усул-модуляцияланмаган ёруғлик манбаининг нурланишини модуляциялаш. Бу ташқи модуляциялашдир (4.12.б-расм,.). Ташқи модуляциялашда бошқарувчи сигналнинг оптик нурланишга таъсир қилиши албатта, шарт. Бунинг учун оптик модулятор керак.

Учинчи усул-ички модуляциялаш бўлиб, бунда нурланишнинг ўзгариши лазер резонатори, масалан, Фабри-Перо резонатори ичига жойлаштирилган ва унинг асллигини ўзгартирувчи тегишли оптик модулятор ёрдамида бевосита оптик нурланиш манбаида бу нурланишни шакллантириш жараёнида содир бўлади. Баъзан оптик нурланишни модуляциялашнинг бундай турини автомодуляциялаш дейилади.

Оптик узатиш тизимларида модуляцияланган оптик сигнални қабул қилишнинг икки усулидан фойдаланилади: 1) жадаллиги бўйича модуляцияланган оптик нурланишни тўғридан-тўғри ёки бевосита демодуляциялаш ва 2) оптик сигналларни когерент қабул қилиш усулидан, бунда частоталарни ўзгартиришнинг гетеродин ёки гомодин усулларидан фойдаланилади. Когерент қабул қилиш усулида сигналларни оралиқ частота бўйлаб модуляциялашнинг турли хиллари билан синхрон ва носинхрон демодуляциялаш мумкин.

Оптик элтувчини модуляциялашни амалга оширувчи қурилмаларни *оптик модуляторлар* дейилади.

4.7. Оптик линия трактининг умумий тузилиш схемаси

Оптик сигнал оптик кабель (ОК) орқали ўтаётганда, электр сигналлар металл кабеллар орқали узатилаётгандагига ўхшаш, ёруғлик нурланишининг оптик толали (ОТ) материалда ютилиши ва сочилиши туфайли ўзининг хусусий йўқотишларига асосланган сўнишга дучор бўлади. Бу йўқотишларнинг спектра боғлиқлиги

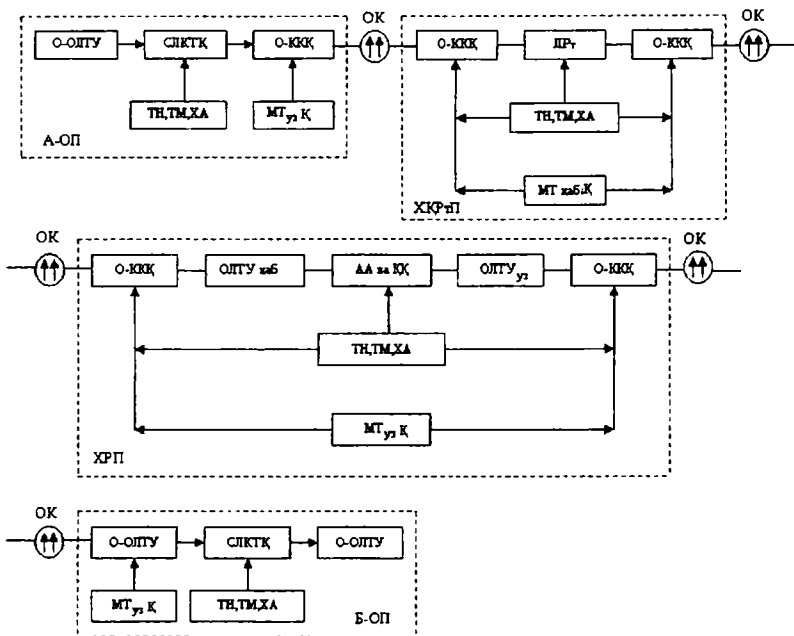
сигналларнинг амплитуда-частотавий (қисқача частотавий) бузилишларига, демак, улар шаклларининг бузилишига сабаб бўлади.

ОТ материаллардаги дисперсия ҳодисалари сигналнинг спектр ёки мода ташкил этувчиларининг вақт мобайнида сочилишининг, яъни уларнинг ҳар хил вақтда тарқалишининг содир бўлишига олиб келади. ОТ дисперсияси (оптик нурланишнинг турли ташкил этувчилари гуруҳли тезликларининг фарқи) оптик импульсли сигналлар шакли ва давомийлигининг ўзгаришига, яъни уларнинг кенгайишига олиб келади. Бу бузилишлар фаза-частотавий (қисқача фазавий) бузилишларга ўхшаш бўлиб, импульсли сигналлар узатилаётганда бузилишларнинг берилган маълум қийматларида символлараро ёки интерференцион ҳалақитларни ҳосил қилиши мумкин.

Шундай қилиб, оптик сигналлар ОТ орқали ўтганда чизиқли: частотавий ва фазавий бузилишлар кузатилади. Бундан ташқари, оптик сигналлар ОТ орқали ўтаётганда ОКнинг қурилган узунлигида ва ОГУТ таркибидаги ажратувчи ва ажратмайдиган улагичларда уларнинг сўниши ва қайтиши содир бўлади.

Маълум тўлқин узунлигидаги оптик нурланишни узатишга мўлжалланган ва ёруғлик оқимининг сўнишини компенсациялаш, сигналларнинг бузилишларини тузатиш, жоиз ҳимояланганлик ёки хатонинг бўлиш эҳтимоллигининг минимал бўлишини таъминлайдиган техник қурилмалар мажмуини оптик линия тракти-ОЛТ дейилади.

ОЛТ ни умумий тузилиш схемаси 4.13-расмда келтирилган, у ерда қуйидаги белгилашлар қабул қилинган: А(Б)-ОП- охирги пункт [охирги станция (канал ҳосил қилувчи, ОЛС оптик линия сигналини уловчи ва шакллантирувчи барча ускуналар мажмуасини ўзида мужассамлаштирган ОТУТ)]; ОЛТУ- охирги пунктнинг ОЛТ ускунаси, бу ерда параметрлари оптик толали (ОТ) узатиш тизимининг параметрларига ўта мос бўлган ОЛСнинг шаклланиши, шунингдек сигнални мумкин қадар кам йўқотишлар ва бузилишлар билан ОТ га киритиш содир бўлади.



4.13-расм. Оптик линия трактининг умумий тузулиш схемаси.

ТМ-телемеханика қурилмалари; ХА-турли типдаги ва турли мақсадга мўлжалланган (тармоқ, станция, магистрал) хизмат кўрсатувчи алоқа қурилмалари; МТ_{y3}К-хизмат кўрсатмайдиган ретрансляцион пунктлар (ХКР_Т-П) ни масофадан таъминловчи узатиш қурилмалари; пунктларнинг электр таъминоти оптик кабелнинг металл симлари орқали амалга оширилади; О-ККҚ-линия ОКни хизмат кўрсатувчи ва хизмат кўрсатмайдиган охириги, ретрансляцион пунктларга киритиш қурилмаси; ЛР_т-ажратувчи ва ажратмайдиган бирикмаларни, ОК ни, оптик нурланишни киритиш-чиқариш қурилмаларидаги сўнишни компенсациялашни, оптик ва электр сигналларнинг кўринишини тузатишни, бошланғич сигналларда вақт ва спектрга оид муносабатларни тиклашни амалга оширувчи линия ретранслятори; ретранслятор электр сигналнинг оптик кучайтиргичи сифатида ҳам ёки регенератори сифатида ҳам ишлатилиши мумкин. МТ_{kab}К-ХКР_тП ларни масофадан таъминловчи қабул қилиш ва тақсимлаш қурилмаси; ОЛТУ_{kab(y3)}-хизмат кўрсатувчи ретрансляцион пункт (ХКР_тП) даги ОЛТ нинг қабул

килувчи ва узатувчи ускунаси; АА ва ҚҚ-ХРтП ёки ОПда (ХҚРтП да ҳам бўлиши мумкин) каналлар гуруҳини ажратувчи қайтадан қабул қилувчи аппаратура.

ХРтП ва ХҚРтП нинг асосий элементи линия ретранслятор хисобланиб, у оптик сигнални амалда белгиланган сиф кўрсаткичлари билан исталган масофага узатишни таъминлайдиган умуман олганда ОЛТ ва ОТУТ нинг асосий техник-иқтисодий кўрсаткичлари ЛРТ га боғлиқ бўлади.

ОЛТ ва унга тегишли ЛРТ нинг тузилиши оптик ва электр сигналлар (аналог, импульсли, рақамли ва б.) ни узатишни танланган усуллари, модуляциялаш (ИМ, АМ, ЧМ, ФМ бошқалар) ва қабул қилиш (бевосита детекторлаш, когерент қабул қилиш ва бошқалар) турлари орқали аниқланади. Хозирги пайтда телекоммуникация тармоқларида нурланиш жадаллигини аналог ёки рақамли электр сигналлар орқали оддий ва ишончли тарзда бевосита модуляциялашга эга ОТУТ ва жадаллиги бўйича модуляцияланган оптик нурланишни р-і-п ёки кўчкили фотодиодли ёрдамида бевосита детекторлаш кенг суратда тарқала бошлади.

Оптик линия трактлари, худди ОТУТ сингари, рақамли аналог хилларга бўлинади.

Импульс-кодли (ИКМ) ёки дельта модуляция (ДМ) ёрдамида шакллантирилган рақамли электр сигнал билан жадаллиги модуляцияланадиган (бошқариладиган) ёруғлик оқими узатиладиган трактни рақамли оптик линия тракти (РОЛТ) дейилади.

Аналог АМ, ЧМ ва ФМ ёки АИМ, КИМ ва ФИМ ёрдамида шакллантирилган аналог электр сигнал билан жадаллиги модуляцияланадиган ёруғлик оқими узатиладиган трактни аналог оптик линия тракти (АОЛТ) дейилади.

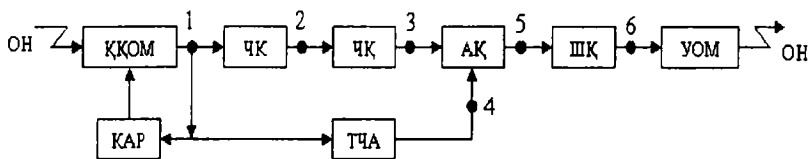
Бундай равишда таснифлаш ниҳоятда шартли бўлиб, тегишли материалларда содир бўладиган электр ва акустик ҳодисалар асосида яратиладиган модуляторлар билан оптик нурланиш параметрларини модуляциялашнинг келажақда кўздатирилган усуллари қамраб ола олмайди.

Хозирги пайтда оптик нурланишни бевосита модуляциялаш оладиган ва бевосита детекторлаш оладиган рақамли оптик тола узатиш тизими кенг миқёсда тарқалганлиги сабабли, келгусидан рақамли узатиш тизими (РУТ) нинг одатдаги атамдан: регенератор (ретранслятор ўрнига), регенерация тармоғи (ретрансляция тармоғи ўрнига), хизмат кўрсатувчи (ХП) ёки хизмат кўрсатмайдиган (ХКП)

регенерация (ретрансляция ўрнига) пунктларидан фойдалана бошланади.

Рақамли линия регенераторининг умумий тузилиш схемаси 4.14-расмда келтирилган, бу ерда қуйидаги белгилашлар қабул қилинган:

ОН-оптик кабелдан келувчи оптик нурланиш; ҚҚОМ-оптик нурланишни тузатилган ва кучайтирилган электр сигналга ўзгартирувчи қабул килувчи оптик модуль; ЧК-электр сигналнинг чўкки кийматларини, демак, аддитив халақитларни ҳам қирқадиган чеклагич-кучайтиргич; ЧК-чегаравий қурилма; АҚ- асосий қурилма; ТЧА-такт частотани ажраткич; ШҚ-берилган амплитуда, давомийлик ва шаклга эга импульсларни шакллантирувчи қурилма; УОМ-электр сигнални оптик нурланишга ўзгартирувчи узатувчи оптик модуль.

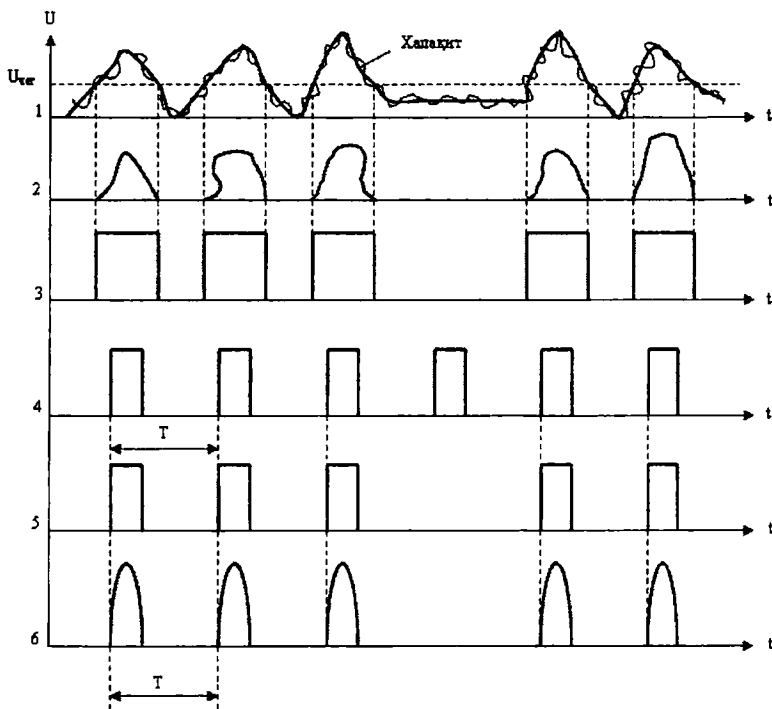


4.14-расм. Рақамли линия регенераторининг умумий тузилиш схемаси.

Регенератор элементларининг вазифаси унинг ишлашининг вақт бўйича диаграммасини кўриб чиқишдан иборатдир (4.14-расм). Бу ерда сигналнинг регенератор схемасининг турли нуқталаридаги 1-6 шакллари кўрсатилган (4.14-расмга қаранг). Электр сигнал аддитив халақит билан бирга ҚҚОМ нинг чиқишидан ЧК га келиб тушади (4.14-расмдаги 1-эгри чизикқа қаранг) ЧК да бу сигналнинг кучайиши ва унинг амплитудасининг $U_{чек}$ киймат билан чекланиши содир бўлади. Агар кириш сигнали $U_{чек}$ чегаравий сигналдан катта бўлса, у ҳолда ЧК нинг чиқишида сигнал пайдо бўлади, агар кириш сигнали $U_{чек}$ дан кичик бўлса, у ҳолда ЧК чиқишида сигнал пайдо бўлмайди, демак, халақитларнинг бир қисмини пасайтириш содир бўлади (4.14-расмдаги 2-эгри чизикқа қаранг).

Аддитив халақитлардан озод бўлган сигнал ЧК чиқишидан ЧКнинг киришига келиб тушади (4.14-расмдаги 3-эгри чизикқа қаранг).

ТЧА чиқишидаги сигнал $f_T=1/T$ тактли частота билан тақрорланувчи импульсларнинг даврий кетма-кетлигини ифода-лайди (4.14-расмдаги 4-эгри чизикқа қаранг), бу ерда T импульсларнинг тақрорланиш даври.



4.14-расм. Рақамли линия қайд қилгичи ишлашининг вақт бўйича диаграммаси.

Агар АҚ нинг киришларидан бирига ЧҚ нинг чиқишидан келаётган ахборот кетма-кетлиги (4.14-расмдаги 3-эгри чизикқа қаранг), бошқа киришига эса импульсларнинг такт кетма-кетлиги берилса (4.14-расмдаги 4-эгри чизикқа қаранг), уларнинг бир-бирига мос бўлиш ҳолида АҚ нинг чиқишида ШҚ ни ишга тушириш учун зарур бўлган маълум амплитудали ва давомийликли импульслар пайдо бўлади (4.14-расмдаги 5-эгри чизикқа қаранг).

ШҚ да импульслар шаклининг тўлиқ регенерацияланиши (қайта тикланиши) содир бўлади (4.14-расмдаги 6-эгри чизикқа қаранг), сўнгра у УОМ киришига келиб тушади, у ерда оптик нурланишни модуляциялаш ёки электр сигналнинг тегишли тўлқин узунликли ва жадалликли оптик сигналга ўзгариши амалга оширилади.

ТЧА ишлаётгандаги нуқсонлар туфайли содир бўладиган фазавий титрашлар (флуктуациялар) ни камайтириш учун, ТЧА чиқишидаги импульсларнинг даврий кетма-кетлиги ЧҚ чиқишидаги коррецияланган импульслар билан, албатта, фазаланган бўлиши керак.

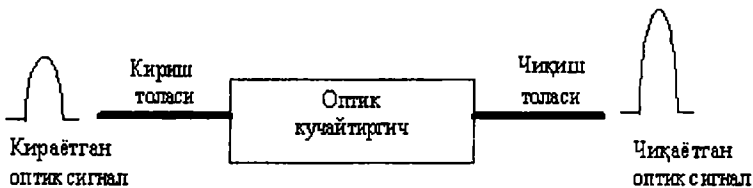
Чегаравий қурилма ва ЧК регенераторнинг асосий элементлари ҳисобланиб, улар регенераторнинг халақитга бардошлилигини таъминлайди ҳамда улар $U_{\text{чег}}$ чегаравий кучланиш ва барқарор кучайиш аниқ белгиланган бўлишини талаб қилади.

Чегаравий кучланишнинг исталган томонга ўзгариши регенераторнинг халақитга бардошлилигини пасайтиради, бу ЧК киришидаги тузатилган импульсларнинг максимал қийматлари билан ЧҚ нинг чегаравий кучланиши ўртасидаги оптимал муносабатнинг бузилишига олиб келади. Бундай оптимал муносабатни доимий саклаб туриш учун регенераторда кучайишни автоматик ростлаб турувчи ускуна (КАР) қўлланилади (4.14-расмга қаранг), бунда бошқарувчи сигнал сифатида ЧК чиқишидаги импульсларнинг чўкки қийматидан фойдаланилади.

4.8. Оптик кучайтиргичлар

Оптик сигналларнинг кучайиш ҳодисасига лазер қурилмалардаги жараёнлар тадқиқ қилинаётганда улар билан биргаликда содир бўладиган ходиса сифатида қаралган. Бироқ оптик тола техникаси ва технологиясининг ривожланиши билан 80-йилларнинг бошида у оптик кучайтиргичлар (ОК) да амалга ошириладиган мустақил йўналишга айланиб, ОГУТ линия трактларининг ретрансляторларини қуришда борган сари кўп қўлланила бошлади.

Юқорида кўриб ўтилган регенератордан фарқли равишда, оптик кучайтиргич эптоэлектрон ўзгартиришни амалга оширмайди, балки оптик сигнални дарҳол кучайтиради (4.15-расмга қаранг).



4.15-расм. Оптик кучайтиргич.

Оптик кучайтиргичлар кириш сигналини, шунингдек шовқинни бирдай кучайтиради. Бундан ташқари, улар чиқётган оптик сигналга ўзининг шовқинларини киритади.

Оптик кучайтиргичлар бир вақтнинг ўзида турли тўлқин узунлигидаги бир неча оптик сигналларни кучайтириш зонаси деф аталадиган маълум тўлқин интервали чегарасида кучайтириши мумкин.

Оптик кучайтиргичлар, худди лазерларга ўхшаб, индукцияланган нурланиш принциpidан фойдаланади. Оптик кучайтиргичнинг беш типи мавжуд.

1. Фабри-Перо кучайтиргичи. Кучайтиргичлар ярим шаффоф кўзгу деворли ясси резанатор билан жиҳозланган. Улаў ўта қисқа (1,5 ГГц), лекин спектр диапазони кенг (800 ГГц) миқёсда ўзгарадиган юқори кучайтириш коэффициентига (25 дБ гача) эга. Бундан ташқари, бундай кучайтиргичлар оптик сигналнинг кутбланишини сезмайди ва бошқа ташкил этувчиларни кучли пасайтириши (5 ГГц интервал чегарасидан ташқарида 20 дБ га кучсизланади) билан тавсифланади.

Зичланган спектрли кўп каналли кириш каналлари (WDM)дан фақат маълум тўлқин узунлигидаги бир спектрли канални кучайтириш учун тавсифларига қараб ҳамиша қайтада ясалиши мумкин бўлган Фабри-Перо кучайтиргичлари демультиплексорлар сифатида ишлатилишига жуда кўл келади.

2. Бриллюэн масофасидан фойдаланувчи толали кучайтиргичлар. f_1 частотали оптик тўлқин энергияси f_2 силжиган частотали янги тўлқин энергиясига ўтганда, кремний толасида вужудга келадиган ночизикли эффект кучайтирилган Бриллюэн масофаси ҳисобланади.

Агар кремний толасида f_1 частотада кучли дам бериш амалга оширилса, у ҳолда кучайтирилган бриллюэн масофаси f_2 частотали

кириш сигналини кучайтиришга қодир бўлади. Кириш сигнали тор диапазонда тўпланган бўлиб, бу хато қилиши 1,5 ГГц га тенг канални танлашга имкон беради.

3. Раман масофасидан фойдаланувчи толали кучайтиргичлар. Бриллюэн масофасидан фойдаланган кучайтиргичларга ўхшаб, бу кучайтиргичлар ҳам ночизикли эффектни амалга оширади. Бироқ бу ҳолда сигнал тўлқини билан дам бериш тўлқини ўртасидаги частотавий силжиш ($|f_2 - f_1|$) катта, чиқишдаги кучайишнинг спектр диапазони кенг бўлиб, бу WDM тизим бир неча каналларининг баравар кучайишига имкон беради. Кучайтирилаётган спектр каналлар ўртасида пайдо бўладиган катта ўзаро ўтувчи халақитлари бундай каналларни ишлаб чиқаришдаги асосий муаммони ифодалайди.

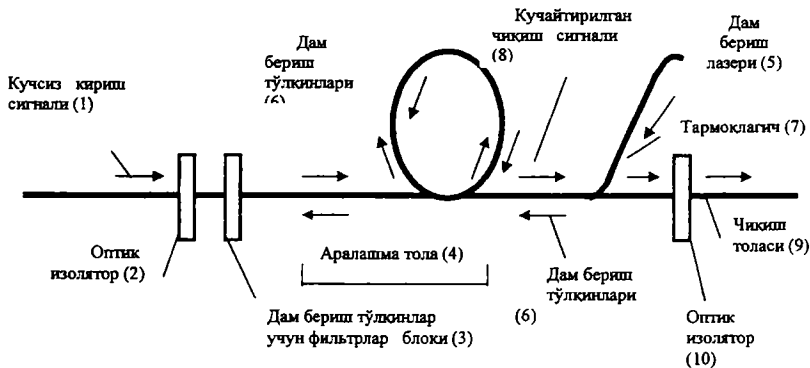
4. Яримўтказгичли лазерли кучайтиргичлар (ЯЛК). Бу кучайтиргичлар яримўтказгич лазерлардаги актив муҳитга эга бўлиб, лекин уларда кўзгу резонаторлари бўлмайдди. Френел қайтишларни камайтириш мақсадида кучайтиргич актив муҳитининг иккала томонидан тегишли синдириш кўрсаткичли $\lambda/4$ калинликка эга махсус қоплама суртилади.

5. Аралашма толали кучайтиргичлар. Бу кучайтиргичлар айниқса кенг тарқалган бўлиб, ёруғлик сигналини кенг спектр диапазонида кучайтира олганлиги учун, улар тўлиқ сурьатда оптик тармоқлар технологиясининг асосий элементлари ҳисобланади.

Бундай кучайтиргич схемаси 4.16-расмда келтирилган.

Кучсиз кириш сигнали (1) ёруғликни тўғри йўналиш бўйлаб-чапдан ўнгга ўтказувчи, лекин сочилган ёруғликни тесқари йўналиш бўйлаб ўтказмайдиган оптик изолятор (2) орқали ўтади, сўнгра тўлқин узунлиги дам бериш тўлқин узунлигига тенг ёруғлик оқимларини муҳосаралайдиган, бироқ сигналнинг тўлқин узунлигига тенг ёруғлик оқими учун очиқ бўлган филтрлар блоки (3) орқали ўтади.

Кейин сигнал нодир ер элементларидан ташкил топган аралашма билан легирланган толали галтак (4) ка келиб тушади. Тола бундай соҳасининг узунлиги бир неча метрни ташкил этади. Толанинг бу соҳаси қарама-қарши томонда ўрнатилган, етарли даражада қисқа тўлқин узунлигидаги яримўтказгич дам бериш лазери (5) нинг кучли узлуксиз нурланишига дучор бўлади.



4.16-расм. Аралашма толали оптик кучайтиргичлар.

Дам бериш тўлқин узунлигидаги (6) бу лазер (5) нини нурланиши аралашма атомларини кўзғатади, уларнинг кўзғалган ҳолати асосий ҳолатга спонтан тарзда ўтиш учун катта релаксация вақтига эга. Бироқ кучсиз сигнал пайдо бўлганда аралашма атомларининг кўзғалган ҳолатдан асосий ҳолатга индукцияланган ўтиши шу ўтишни келтириб чиқарган сигналнинг тўлқин узунлиги ва фазасига тенг тўлқин узунлик ва фаза билан ёруғликнинг нурланиши орқали содир бўлади. Селектив тармоқлагич (7) кучайтирилган фойдали сигнал (8) ни чиқиш тола (9) сига йўналтиради. Чиқишдаги қўшимча оптик изолятор (10) чиқиш сегментидан тескари сочилаётган сигналнинг оптик кучайтиргичнинг актив соҳасига келиб тушишининг олдини олади.

Назорат саволлари ва масалалар

1. Оптик толали узатиш линиясининг асосий қисмини айтинг.
2. Оптик толанинг асосий афзалликларини айтинг. Уларнинг ҳар бирига мисоллар келтиринг.
3. 300 МГц, 3000 МГц ва 30000 МГц электромагнит тебранишининг эркин фазодаги тўлқин узунликлари қандай бўлади?
4. Ёруғлик тезлиги қаерда катта: ҳаводами ёки шишада?
5. Қуйидаги тўлқин узунликли оптик нурланиш манбаидаги фотон частотаси ва энергиясини аниқланг: а) $\lambda=6328$ мкм, б)

$\lambda=1,059$ мкм ва в) $\lambda=10,6$ мкм. Жавоби: (а) $4,74 \cdot 10^{14}$ Гц, 1,96 эВ; (б) $2,83 \cdot 10^{14}$ Гц, 1,17 эВ ; (в) $2,83 \cdot 10^{13}$ Гц, 0,12 эВ.

6. Куйидаги сўниш коэффициентларига эга толаларда тарқалаётганда оптик нурланишнинг қуввати 10 мартага камайдиган масофани топинг: а) 2000 дБ/км; б) 20 дБ/км; в) 0,2 дБ/км.

7. Оптик нурланишнинг тўлқин узунлиги нимага боғлиқ бўлади?

8. Узатувчи оптик модулнинг умумий тузилиш схемасини ифодаланг.

9. Қабул қилувчи оптик модулнинг умумий тузилиш схемасини ифодаланг.

10. Оптик нурланишни бевосита модуляциялашнинг моҳияти. Унинг афзалликлари, камчиликлари ва қўлланиш соҳаси.

11. ОТУТ рақамли линия регенераторининг умумий тузилиш схемаси, унинг ишлашининг вақт бўйича диаграммаси.

12. EDFA типидagi оптик кучайтиргичнинг ишлаш принципи.

У БОБ. СИНХРОН РАҚАМЛИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯ ТИЗИМЛАРИ

5.1. Синхрон рақамли тармоқлар

SONET/SDH синхрон рақамли технологиялар пайдо бўлгунг қадар яратилган ва қайта ишланган рақамли технологиялар асинхрон эди. Чунки уларда марказий таянч манбадан ташқари синхронизацияланиш қўлланилмас эди. Уларда битларнинг йўқолиши нафақа ахборотларнинг йўқолишига, балки синхронизациянинг бузилишига ҳам олиб келарди. Натижада тармоқ якунида, йўқолган фрагментларни қайта узатиш билан синхронизацияни қайта тиклашдан кўра, лока тармоқлардаги каби нотўғри қабул қилинган фреймларни ташлаб юбориш осон эди. Бу шуни кўрсатадики узатилган ахборот орқага қайтмасдан йўқолиб кетади.

Амалда маҳаллий таймерлар, аниқ узатиш тезлигида сезиларли даражадаги оғишни бериши мумкин. Масалан [8], DS3 (44.736 Мбит/с) сигналлари учун турли манбалардаги бундай оғиш 1789 бит/с га етиши мумкин.

Синхрон тармоқларда барча маҳаллий таймерларнинг ўртача частотаси, аниқлиги 10^{-9} дан ёмон бўлмаган марказий таймерлар (манбалар)ни қўллаш ҳисобига ёки бир хил (синхрон) ёки синхронга яқин (плезиахрон) (бу DS3 учун 0,045 бит/с атрофид) тезликни оғиш имконини беради). Бундай ҳолатда фрейм ва мультифреймларни тенглаштириш зарурати унчалик қаттиқ эмас тенглаштириш диапазони эса етарли даражада тор. Шунингдек аниқ фрагментни ажратиш билан боғлиқ ҳолат (масалан, DS ёки E1), агар унинг фрейми тузилишида шу фрагментнинг бошланишида кўрсаткич киритилса соддалашади. Кўрсаткичларни қўллаш, ташувчи контейнернинг ички тузилишини мустаҳкамлаш имконини беради. Кўрсаткичлар (фрейм ёки мультифрейм сарлавҳалари)нинг буферда сақланиши ва хатоликлари коррекцияланган кодлар билан қўшимча ҳимояланганлиги, тармоқ бўйлаб узатиладиган фойдали юклама (фрейм, мультифрейм ёки контейнер)ларни фавқулодда ички тузилиши локаллаштирилган мустаҳкам тизимни олиш имконини беради.

Юқорида баён этилганлар шуни кўрсатадики, синхрон тармоқлар, қўлланиладиган асинхрон тармоқларга нисбатан бир қатор афзалликларга эга экан. Уларнинг асосийлари қуйидагилар:

- тармоқнинг соддалиги. Синхрон тармоқларда бир кириш/чиқишли мультиплексор (пастки бандларда қараб чиқилади) оқимларни бевосита чиқариши (киритиши) мумкин (масалан, STM-1 (155 Мбит/с) фреймидан Е1 (2 Мбит/с сигнални). Нагижада битта кириш/чиқишли мультиплексор бир неча PDH мультиплексорларининг ўрнини боса олади, бу нафақат қурилмаларнинг иқтисодий (унинг наменклатурадаги нархи бўйича) тежамкорлиги, балки уларни талаб қилинган жойда ўрнатиш, таъминот ва хизмати билан ҳам боғлиқдир;

- тармоқнинг ишончлилиги ва ўзини қайта тиклаши. Биринчидан, тармоқда оптик толали кабеллар қўлланилади, амалда ахборотларни узатишда электромагнит таъсирлар мавжуд эмас; иккинчидан, тармоқ архитектураси ва уни мослашган ҳолда бошқариш ҳимояланган иш режимини қўллаш имконини беради. Бунда сигналларнинг тарқалиши икки альтернатив йўл билан амалга ошади: сигнал узатиладиган бирорта йўл лат еганда бир зумда захирага уланиш, лат еган тармоқ тугунини айланиб ўтиш. Бу тармоқни ўз-ўзини қайта тиклаш имконини беради.

- мослашувчан тармоқ бошқаруви, бу етарли даражадаги жуда кўп кенг полосали бошқарув каналларининг мавжудлиги, тармоқ сатҳи ва элемент менеджменти билан боғлиқ бўлган компьютерли иерархик бошқарув тизими, шунингдек каналларнинг динамик реконфигурациясини ва тармоқни функционаллаштириш ҳақидаги маълумотларни тўплаш билан биргаликда битта марказдан автоматик ҳолда масофадан бошқариш имкони билан боғлиқ;

- талаб бўйича ўтказувчанлик полосасини ажратиш. Олдин, амалга оширилиши мумкин бўлган хизматлар, олдиндан режалаштирилган ишончнома (масалан, бир неча кун олдин) бўйича (масалан, видеоконференцияни ўтказишда талаб қилинадиган канални чиқариш) амалга ошар эди, ҳозир эса бошқа (кенг полосали) каналга уланиш орқали санокчи дақиқаларда амалга ошади;

- ҳар қандай трафикни узатишда шаффофлик, бошқа технологияларда шакланган, замонавий Frame Relay, ISDN и ATM технологияларини бириктирган ҳолда трафикларни узатиш учун виртуал контейнерларни қўллаш билан боғлиқ;

- қўллашнинг универсаллиги. Технологияни, нуқтадан-нуқта-гача минглаган каналларни 40 Гбит/с тезликда узатишни таъминловчи, глобал тармоқларни ёки глобал магистралларни яратишда қўлланиш мумкинлиги каби, ўнлаган локал тармоқларни бирлаштирувчи ҳалқали корпоратив тармоқлар учун ҳам қўллаш мумкин;

- қувватни оширишнинг соддалиги, аппаратурани ўрнатиш учун универсал устуннинг мавжудлиги, бир гуруҳ функ-ционал блокларни олиб ўрнига (юқори тезликга мўлжалланган) янги блоklar гуруҳини қўйиш, иерархиянинг кейинги анча юқори тезликларига ўтиш имконини беради.

5.1.1. Синхрон рақамли иерархия тизимлари

Синхрон рақамли иерархия (СРИ) (SDH) да линия сигналлари беш босқичга эга синхрон рақамли мультиплексорларда (STM) – (Synchronous Dijital Multiplexer) шаклланади.

Маълумотни рақамли тракт орқали юборувчи бундай блоklar синхрон транспорт модуллари-STM (Synchronous Transport Module) дейилади. Мультиплексорлар ёрдамида шаклланадиган транспорт модуллари беш босқичга бўлинади:

Биринчи босқич – STM-1 (синхрон рақамли оптик линия трактда узатиш тезлиги 155 Мбит/с). бундай тезлик 2 Мбит/с тезликдаги 63 та рақамли сигналлар оқимини узатишни таъминлайди. Телефон частотали каналларнинг сони $63 \times 30 = 1890$ га тенг (Икки мегабитли оқимни иккита хизмат каналлари асосан ҳисобга олинмайди);

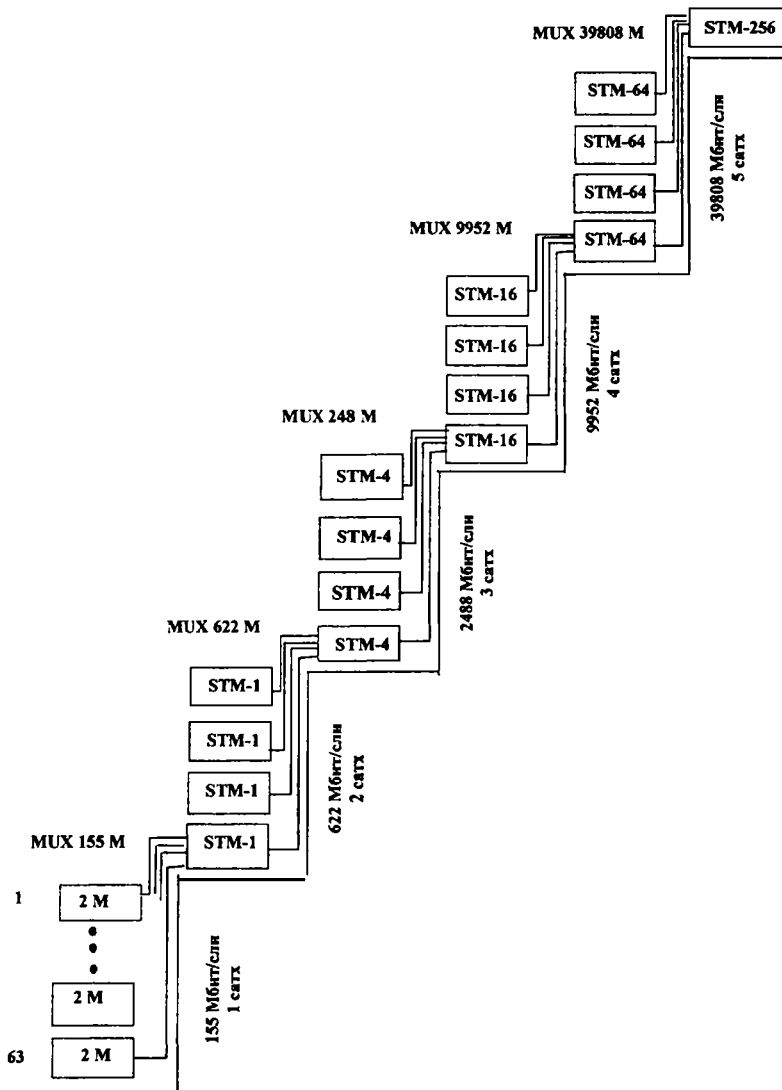
Иккинчи босқич – STM-4 (синхрон рақамли оптик линия трактида узатиш тезлиги 622 Мбит/с). Бундай тезлик 4 та STM-1 транспорт модулларини 155 Мбит/с тезликда узатишни таъминлайди. Телефон частотали каналлар сони $1890 \times 4 = 7560$ га тенг.

Учинчи босқич – STM-16 (синхрон рақамли оптик линия трактда узатиш тезлиги 2488 Мбит/с). Бу 4 та 622 Мбит/с тезликдаги STM-4 транспорт модулларини бирлашмасидир. Телефон частотали каналлар сони $1890 \times 16 = 30240$ га тенг.

Тўртинчи босқич – STM-64 (синхрон рақамли оптик линия трактидаги узатиш тезлиги 9952 Мбит/с). 4 та STM-16 транспорт модулларининг бирлашмаси. Телефон частотали каналлар сони $1890 \times 64 = 120960$ га тенг.

Бешинчи босқич – STM-256 (синхрон рақамли оптик линия трактда узатиш тезлиги 39808 Мбит/с). 4 та STM-64 транспорт модулларининг бирлашмаси. Телефон частотали каналлар сони

1690x250—465640 та тенг. 5.1-расмда синхрон рақамли сигналлар оқимининг таркибий тузилиши кўрсатилган.



5.1-расм. Синхрон рақамли оқимнинг таркибий тузилиши.

5.1.2. SDH да оқимларни умумий мультиплексорлаш схемаси

Синхрон рақамли иерархия-СРИ (ёки Synchronous Digital Hierarchy-SDH) нинг яратилиши рақамли узатиш тизимининг ривожланишида сифат жиҳатдан янги босқич ҳисобланади. СРИ технологияси маълум ҳажмдаги ахборотни элтиб бериш мақсадида стандартлаштирилган рақамли тузилмалар тўплами сифатида аниқланади ҳамда текшириш ва бошқаришни ўз ичига олган ҳолда ахборотни комплекс равишда кўчириш жараёни сифатида амалга оширилади. СРИ нинг узатиш тизимлари турли стандартлар ва сатҳлардаги ПРИ нинг рақамли оқимлари (сигналлари) ни, шунингдек, янги электр алоқа хизматларини жорий қилиш билан боғлиқ бўлган кенг полосали сигналларни элтиб беришга мўлжалланган.

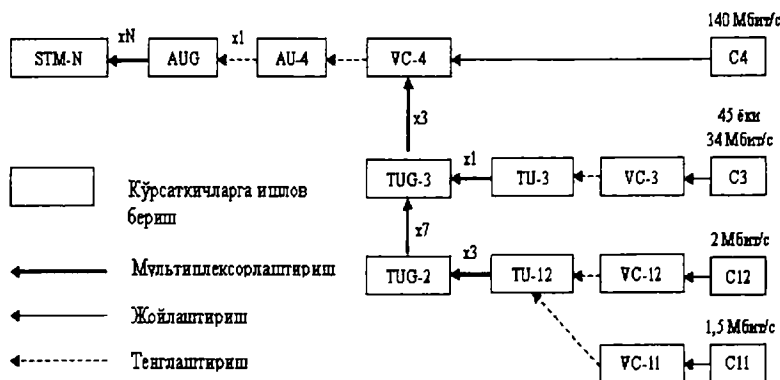
Плезиахрон рақамли иерархия (ПРИ) дагига ўхшаб, СРИ нинг ҳар бир сатҳида гуруҳли сигнални узатиш тезлиги ва цикллارнинг тузилиши стандартланган. қуйидаги сатҳлар: узатиш тезлиги 155,52 Мбит/с га тенг биринчи сатҳ; узатиш тезлиги 622,08 Мбит/с га тенг тўртинчи сатҳ; узатиш тезлиги 2488,32 Мбит/с га тенг ўн олтинчи сатҳ бўйича тавсиялар қабул қилган. Тегишли сатҳларнинг тезлиги биринчи сатҳнинг тезлигини унга тегишли номдаги сатҳ сонига кўпайтириб топилади.

СРИ да сигналнинг асосий формати сифатида 155,52 Мбит/с узатиш тезлигига эга синхрон транспорт модули-STM (ёки Synchronous Transport Modul-STM) қабул қилинган бўлиб, унда ПРИ нинг Европача ва Шимолий Америка стандартларининг рақамли оқимлари мавжуддир. Синхрон транспорт модули такрорланиш даври 125 мкс га тенг блокли циклик тузилмани ифодалайди. STM-1 асосий модули, STM-4, STM-16, STM-64 ва STM-256 юқори сатҳларнинг модули асосий ахборот юкланишидан ташқари, назорат қилиш, бошқариш ва хизмат кўрсатиш вазифаларини ҳамда қатор ёрдамчи вазифаларни таъминловчи ортқча сигналларнинг талайгина ҳажмини ва кўшимча функциялар қаторини ҳам элтади.

Европа ва Шимолий Америка стандартли ПРИнинг $STM=N$ оқимлари учун вақт давомида гуруҳнинг ҳосил бўлиши ёки мультиплексорлашнинг тузилиш схемаси 5.2-расмда келтирилган.

Гуруҳнинг ҳосил бўлиш принципи изоҳланган жараёнда қабул қилинган белгилашларга тушунтириш берамиз.

Бошланғич ахборот юклама ПРИнинг тегишли сатхлари билан SDNни мультимплексирловчи тузилманинг асосий элементларини ифодаловчи тегишли сатҳли С контейнер (Container) бўлиб бирлашади. N-сатҳли синхрон транспорт модулининг шаклла-нишини тушунтирувчи мисолни кўриб чиқайлик.



5.2-расм. Синхрон рақамли иерархиядаги ўзгартириш схемаси.

Цикл давомийлиги $T_{Ц}=125$ мкс га тенг 2176 байтга мос келувчи 140 Мбит/с узатиш тезлигига эга Е4 Европа стандартининг тўртламчи рақамли оқимига тенглаштирувчи байтни кўшиш билан у С-4 сатҳли контейнерга ўзгаради; $T_{Ц}=125$ мкс давомийликли 537 байт сонли ЕЗнинг учламчи рақамли оқимига тенглаштирувчи байтни кўшиш билан у С-3 сатҳли контейнерга ўзгаради. 45 Мбит/с узатиш тезлигига эга DS3 сатҳли ПРИ Шимолий Америка стандартининг рақамли оқими ҳам юқоридаги сингари С-3 сатҳли контейнерга ўзгаради. Е1нинг бирламчи рақамли оқимига тенглаштирувчи битни кўшиш билан у С-12 турдаги контейнерга, Шимолий Америка DS1 эса С-11 контейнерга ўзгаради.

Сўнгра С-4, С-3, С-12 ёки С-11 контейнерлар жойлаштириш тадбири воситасида 125 ёки 250 мкс даврга эга тегишли сатҳли VC виртуал контейнерлар (Virtual Container-VC)га ўзгаради. VC виртуал контейнер С контейнер тузилмага тракт сифатини назорат қилишни, аварияга ва фойдаланишга оид ахборотни узатишни таъминловчи РОН (Path Over Head) тракт бошланишининг байтини кўшиш билан С контейнердан ҳосил қилинади. Жойлаштириш

тадбири шартли суратда С контейнер таркибидаги ахборотнинг тракт бошланишининг бити билан алмашилиб, виртуал контейнернинг маълум вазиятларига жойлашишидан иборатдир.

СРИ нинг Европа стандарти учун виртуал контейнерларнинг қуйидаги турлари ўринлидир:

VC-12; таркибида С-12 контейнер ва РОН-тракт бошланиш бўлган VC-12га PTR кўрсаткичи (PoinTeR-кўрсаткичи) нин байтини қўшиб тенглаштириш орқали у TU-12 (Tributary Unit-TU даражали компонент блокка ўзгаради;

VC-3; таркибида С-3 контейнер, РОН-тракт бошланиш бўлган VC-3-юқори даражали виртуал контейнерга РТ кўрсаткичининг байтини қўшиб тенглаштириш орқали у TU-даражали компонент блокка ўзгаради;

VC-4; таркибида С-4 контейнер, тракт бошланиши бўлган VC 4-юқори даражали виртуал контейнерга PTR байтини қўшиб тенглаштириш орқали у AU-4 даражали административ бло (Administrative Unit-AU) га ўзгаради.

3, 7 ва 1га тенг мультимплексирлаш коэффициентлари билан тегишли равишда мультимплексирлаш орқали иккинчи TUG-2 в TUG-3 учинчи (юқори) даражали TUG компонент блоklar гуруҳи (Tributary Unit Group) шаклланади.

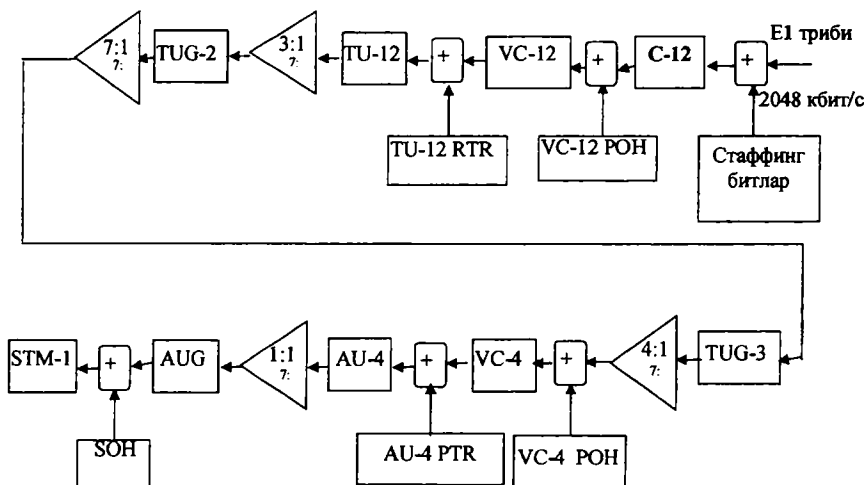
VC-4 виртуал контейнернинг ёки С-4 контейнер асосида, ёки TUG-3 компонент блоklarидан 3га тенг мультимплексирлаш коэффициенти билан мультимплексирлаш орқали шаклланиш 5.2-расмдан кўриниб турибди. VC-4 виртуал контейнер AU-административ блокка ўзгаради, AU-4 эса мультимплексирлаш ёрдамида AUG административ блоklar гуруҳига ўзгаради.

N даражали STM-N нинг синхрон транспорт модулини шакллантиришни административ блоklar гуруҳини STM нинг N даражасига тенг мультимплексорлаш коэффициенти билан мультимплексорлаш орқали ва унинг тузилишига RSOH регенерация секцияси бошланиши (Regeneration Section Over Head) ва MSOH мультимплекс секцияси бошланишини (Multiplex Section Over Head) қўшиб амалга оширилади.

5.1.3. STM-1 модулининг шаклланиши. E1 трибларидан STM-1 га ўтиш

E1 триблари оқимидан STM-1 модулининг шаклланишини мантиқий схемаси 5.3-расмда тасвирланган. Шуни назарда тутиш лозимки, физик схемада алоҳида элементларнинг ҳолати масалан, кўрсаткичларнинг, мантиқий схемадаги ўрнига мос келмайди, бундан ташқари бир қатор захирадаги ва тўлдирувчи вазифасини ўтовчи қайд қилувчи элементлар, бошқарув элементлари ёки SDH фреймининг тенглаштирувчи элементлари қўлланилади.

Бундай ёндашишни назорат қилиш, маршрутлаштириш, ажратиш, STM-N оқимидан ҳар бир E1 оқимининг хатоликларини осонгина топиш имконини беради. Бундай узатишда STM-1 оқимининг тезлиги 155 Мбит/с ни ташкил этади. Блокларнинг барчасидан, TUG-2, TUG-3, VC-4 ва STM-N позицияларида сигнални вақт бўйича мультиплексорлаш амалга ошади. Ҳар битта вақт бўйича бирлаштиришда (мультиплексорлашда) цикл вақти ўзгаришсиз қолади (125 мкс). Энди E1 юклама оқимидан STM-1 сатҳига ўтишни қараб чиқамиз.



5.3-расм. E1 юклама оқимидан STM-1 синхрон транспорт модулининг шаклланиши.

Бу расмда + симболи, SDHнинг мультиплексорлаш схемаси даги бошқа элементларга сарлавҳа ёки кўрсаткични физик ёки мантиқий тутатиш операциясини, Δ симболи эса ичкарида кўрсатилган, мос келувчи коэффициент билан мультиплексорлаш операциясини билдиради.

Схема ҳар доим ҳам реал ҳолда физик ўзгартиришни ак эттиравермайди ва айрим тушинтириш ва фикрларни чуқурроқ ўрганиш керак.

1-қадам. Барчаси E1трибидан таъминланувчи, уланувчи каналлардан тўлдирилувчи C-12 контейнерни шакллантиришда бошланади. Кейинги мулоҳазаларни қулайлиги учун унинг 2,048 Мбит/с оқимини, 8 кГц ли яъни STM-1 фреймининг такрорланиш частотаси ($2048000/8000 = 256$ бит ёки 32 байт) билан циклик такрорланувчи 32-байтли рақамли кетма-кетлик кўринишида тасаввур қилиш лозим.

C-12 ни шакллантириш жараёнида бу кетма-кетликка тенглаштирувчи, шунингдек қайд қилувчи, бошқарувчи ва жойлаштирувчи битлар қўшилиши мумкин. C-12 нинг ҳажми 32 байтдан юқори бўлиши маълум, VC-12 нинг TU-12 га ўзгариш режимига боғлиқ ҳолда амалда у 34 байтга тенг ёки катта бўлади. Кейинги мулоҳазаларни соддалаштириш учун C-12 контейнери ўлчамини 34 байтга тенг деб қабул қиламиз.

2-қадам. Кейинчалик C-12 контейнерини, виртуал контейнерга ўтиши ҳақидаги маълумотларни тўплаш учун қўлланиладиган, узунлиги бир бит бўлган (V5 деб белгиланган) маршрут ахбороти кўрсатмаси билан VC-12 PON маршрут сарлавҳаси қўшилади. Натижада ўлчами 35 байт бўлган [8] VC-12 виртуал контейнер шаклланади.

3-қадам. VC-12 виртуал контейнерга бир байт узунликдаги TU-12 PTR кўрсаткичи қўшилиши билан, у 36 байт узунликдаги TU-12 триб блокларига айланади (мантиқан уни икки ўлчамли жадвал (матрица) ёки 9x4 байтли фрейм кўринишида, шунингдек STM-1 модулининг охириги тузилишини ҳисобга олган ҳолда 9 қаторга ва 270 устунга эга бўлган 9x270 байтли фреймлар кўринишида тасаввур қилиш қулай).

1-фикр. VC-12 виртуал контейнерни (шунингдек VC-11 ва VC-2 каби) TU-12 триб блокларига (ёки мос ҳолда TU-11 и TU-2 блокларига) ўзгартириш мумкин ва кейинги мультиплексорлаш

икки схема ёки икки режим (сузувчи ва қайд қилувчи) бўйича амалга ошиши мумкин.

Сузувчи режимнинг афзаллиги шундаки, фойдали юклама майдонида контейнернинг ҳақиқий ҳолатини аниқлаш учун кўрсаткичлардан фойдаланишга рухсат беради, демак контейнерларни транспортлаштиришда маълум бир асинхронликга йўл қўйилади ва у юкланган тузилиш ичидаги контейнер ҳолатини мослашувчан динамик тенглаштирувчи восита ҳисобланади.

Қайд қилувчи режим, юқори сатҳ контейнерларининг фойдали юклама майдонидаги триб блоклари ахборотларини, синхрон акс эттирувчи қайд қилишни қўллайди. У, АU маъмурий блок кўрсаткичлари ёрдамида бу ахборотларни контейнерларга мос ҳолда бир хил кўринишда белгилайди ва ТU ва РTR триб блоклари кўрсаткичларини қўллашга ҳожат қолмайди. Бундай режимнинг афзаллиги, кейинги қайта ишлашнинг анча самарали бўлишини таъминловчи ТU ёки ТUG нинг тузилишини анча соддалиги.

Сузувчи режимни таъминлаш учун, паст сатҳдаги (С-11, С-12, С-2) контейнер сузиши мумкин бўлган «рамкада», бир неча фреймлардан ташкил топган мультифреймлар шаклланади. Бундай мультифреймларни яратишда, унинг тузилишида акс этган трибларнинг уч вариантга рухсат берилади: асинхрон, бит-синхрон, байт-синхрон. Акс этиш вариантлари алоқа операторлари томонидан белгиланади, жим ҳолатда эса асинхрон акс этиш қўлланилади.

Бит-синхрон жойлаштириш, байт (октет)ли тузилишга эга бўлмаган сигналлар учун қўлланилади ва халқаро уланишлар учун тавсия этилмайди.

Е1 триблари учун байт-синхрон варианты икки усулга эга: биринчиси ички канал сигнализациясига эга бўлган РDН трибларига мос келади САС (140 байтли ТU фреймининг 19-байти), бошқаси умумий канал сигнализациясига эга бўлган СС (SS# 7 си гнализацияси қўлланилади).

Шундай қилиб, VС-12 контейнерлари учун мультифрейм, тўртта кетма-кет VС-12 фреймларидан шаклланади. У, 500 мкс такрорланиш даврига ва 140 байтли таркибий узунликка (35x4 = 140) эга. Унинг бошланғич фазаси, юқори сатҳли контейнернинг РОН сарлавҳасида Е4 юклама ҳолатининг индикатор байти билан аниқланади. Мультифреймда ҳар бир фрейм бир байт узунликдаги сарлавҳага эга, амалда бу сарлавҳалардан биринчи V5 фреймнинг

сарлавҳаси қўлланилади. J2, Z6 и Z7 деб белгиланган бошқ сарлавҳалар захираланган. VC-12 фреймининг ички тузилиши, ак этиш вариантга боглиқ ҳолда турлича. Худди шу мультифрейм AU-12 триб блокени шакллантиришда асосий ҳисобланади. Унг VC-12 нинг ҳар бир фрейми сарлавҳаси олдидан, узунлиги бир бай бўлган TU-12 PTR (И, V2, V3 и V4 каби белгиланади) кўрсаткич кўшимча жойлаштирилади. Натижада такрорланиш даври 500 мк ва таркибий узунлиги 144 байт бўлган мультифрейм шаклланади.

V1 ва V2. кўрсаткичлари битта умумий 16 битли майдонни ташкил этади. Битларнинг вазифаси куйидагича: (чапдан ўнга) 1-битлар (V1 битлар)- NDF (унинг нормал «0110» ҳолатини инверсияланган «1001» ҳолатга ўзгарганидан хабар беради натижада юклама таъсирида тенглаштириш ўзгаради, шунингдек TU ўлчами ҳам ўзгариши мумкин) маълумотларининг янги байроғи, 5-6 битлар (S битлар)- TU триб блоклари туридаги кўрсаткич (TU-12 учун бу кетма-кетлик «10»), 7-16 битлар (1/1 битлари билан алмашинувчи кетма-кетлик, бу ерда 1-мусбат тенглаштирувчи битлар, D эса манфий тенглаштирувчи битлар) TU-н PTR нинг шахсий кўрсаткичи, TU-12 учун унинг қиймати 0-139 диапазонгача ўзгариши мумкин. Бу кўрсаткич, TU-12 мультифреймида V2 дан кейин жойлашган VC-12 нинг биринчи фрейми (5.4-расм, пастки, 0-34 майдон) ни ҳолатини аниқлайди. V4 кўрсаткич захира майдон ҳисобланади, V3 эса тенглаштириш учун қўлланилади.

V5	VC-12 ₁	J2	VC-12 ₂	Z6	VC-12 ₃	Z7	VC-12 ₄
V1	105-139	V2	0-34	V3	35-69	V4	70-104

5.4-расм. VC-12 (VC-12_{1,2,3,4}) ва TU-12 (V1- V4) сузувчи режимда.

Тенглаштириш биринчи фреймга нисбатан амалга ошади ва мусбат бўлиши мумкин яъни кейинги фреймлар орқага (V4 дан V3 гача) сурилади, бунинг учун кейинги V3 байтлари қўлланилади. Шунингдек манфий бўлиши ҳам мумкин, бунинг учун V3 кўрсаткичи майдони (V4 дан V3 гача) қўлланилади.

Қайд қилувчи режимда кўрсаткичлар қўлланилмайди ва мультифрейм шаклланмайди. Бундай режим учун бит-синхрон каби

байт-синхрон акс этиш ҳам қўлланилиши мумкин. VC-1 ни киритиш/чиқаришга эга бўлган тармоқларда охириги вариант қўлланилмайди. Бундай режимда, TU-12 фрейм кўриниши, бошланғич такрорланиш даври 125 мкс ва узунлиги 36 байтдан иборат бўлади. Шулардан биринчи байт (R деб белгиланади), V1, V2, V3, V4 намуналаридан, иккинчиси эса (шунингдек R) V5, J2 Z6, Z 7 намуналаридан иборат.

4-қадам. TU-12 гриб блоклари кетма-кетлиги байт мультиплексорлаш (3:1) натижасида, кетма-кетликлар йиғиндисининг узунлиги ($36 \times 3 = 108$) 108 байт бўлган TUG-2 триб блоклари гуруҳига айланади. Шунингдек, TUG-2 нинг мантиқий тузилишини 9×12 фрейм кўринишидаги байтларда ифодалаш қулай.

2-фикр. TU-12 ни TUG-2 га мультиплексорлашда TU-12 PTR кўрсаткичи фреймнинг бошида виртуал контейнердан алоҳида жойлашади.

5-қадам. TUG-2 кетма-кетлиги, такрорланувчи 7:1 мультиплексорланиш байти орқали олиб борилади, натижада 9×84 байтли, фреймга мос келувчи 756 байт ($108 \times 7 = 756$) узунликдаги фрейм - TUG-3 триб блоклари гуруҳи шаклланади.

3-фикр. Бошида қўшилувчи икки устун (2×9 байтли), NPI – нолинчи кўрсаткичининг индикация майдонидан ва FS - қайд қилинган бўш майдондан ташкил топган TUG 39×86 фреймига мос келади. Натижада TUG-3 ни ташкиллаштирувчи формула қуйидаги кўринишга келади:

$$TUG-3 = 7 \times TUG-2 + NPI + FS_{TUG-3},$$

бу ерда: TUG-3 индекси турли тузилишларда фойдаланиладиган FS ни фарқлаш учун қўлланилади.

Шундай қилиб, TUG-3 фрейми 774 байт ($7 \times 108 + 3 + 15 = 774$) узунликка эга, бу 9×86 байтли фреймга мос келади.

6-қадам. Олинган кетма-кетликлар яна мультиплексорланади (3:1), натижада йиғинди узунлиги 2322 байт ($774 \times 3 = 2322$) бўлган TUG-3 блоклари кетма-кетлиги шаклланади.

7-қадам. Олинган кетма-кетликка узунлиги 9-байтли, PON маршрут сарлавҳасининг қўшилиши натижасида юқори сатҳнинг VC-4 виртуал контейнери шаклланади. Бу эса узунлиги 2331 байт ($2322 + 9 = 2331$) ли фреймга олиб келади.

4-фикр. Амалда VC-4, (1×9 байтли) PON нинг бирорта устундан ташкил топган тузилиши, FS нинг иккита қайд қилинган бўш майдони устунни ва мултиплексорлаш натижасида олинган учта TUG-3 блоки, 9×261 фреймига мос келади. Натижада VC-4

нинг ҳосил бўлиш формуласи қуйидаги кўринишга келади: $VC-4 = 3 \times TUG-3 + POH_{VC-4} + FS_{VC-4}$.

Шундай қилиб VC-4 кетма-кетлиги 2349 байтли $(3 \times 774 + 9 + 2 \times 9 = 2349)$ узунликка эга, бу 2349 байтга $(3 \times 774 + 9 + 2 \times 9 = 2349)$ мос келади.

Юқоридагилардан кўриниб турибдики, юкламадан синхрон транспорт модулини шакллантиришда, сарлавҳа ёки кўрсаткични мультиплексорлаш, схеманинг бошқа элементларига физик ёки мантиқий бирлашиш жараёнини билдиради. Бундай синхрон транспорт модули шаклланишида юкламага аввал тенглаштирувчи битлар, бошқарувчи ва жойлаштирувчи битлар қўшилади. Шаклланган C-12 контейнерига, VC-12 POH (Path Over Head) маршрут сарлавҳаси қўшилади, натижада виртуал контейнер шаклланади. Виртуал контейнер, 1 байт (PTR) кўрсаткичнинг қўшилиши натижасида TU юклама блокига айланади. Ундан кейин, VC юқори сатҳли виртуал контейнерлар шакллангунга қадар, зич ҳолда, ҳар хил сатҳли юклама блоклари (TUG) гуруҳларида юклама блокларини мультиплексорлаш процедураси амалга ошади. VC-4 POH маршрут сарлавҳаларини қўшилиши натижасида, маъмурий (AU) блоklar ҳосил бўлади ва уларга SOH секция (Section Over Head) сарлавҳаси қўшилади. SOH регенерациялаш секцияси (RSOH) сарлавҳаси ва мультиплексорлаш секцияси (MSOH) сарлавҳасидан ташкил топган.

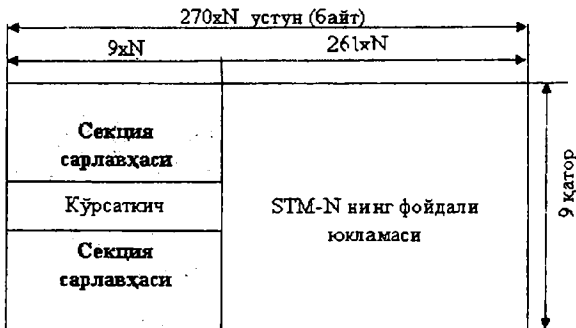
Кўриниб турибдики, рақамли оқимларни юклатиш, тенглаштириш жараёнлари (битли стаффинг) ни қўллаш, кўрсаткичларнинг фаоллиги шунингдек POH ва SOH сарлавҳаларини қўллаш билан боғлиқдир.

SDH тизимларида контейнерлар PDH оқимларини юклаш учун лозим бўлган хажмдан бир неча марта каттадир. Рақамли оқимларни юклаш (битли стаффинг усули)да унинг тезликларини тенглаштириш процедураси амалга ошади. Бунинг учун контейнернинг бир қисми қўлланилади.

5.1.4. STM-N фреймининг тузилиши

Мультиплексорлашнинг барча вариантлари аввало STM-1, кейин эса STM-N модулининг шаклланишига олиб келади. STM-N модулининг логик тузилишини қараб чиқамиз.

STM-N модули фремининг тузилиши қунидагича 5.5-расмда кўрсатилган.



5.5-расм. STM-N цикли (фрейми)нинг тузилиши.

Кўриш қулай бўлиши учун фрейм икки ўлчамли 270xN бир байтли устунлар ва 9 қаторли форматлар қўнишида тасвирланган. Тузилишнинг узунлиги 2430xN (9x270=2430) байт, такрорланиш частотаси 800 Гц бўлган кадрлар ёки бир ўлчамли рақамли кетма-кетликлар қўринишидан иборат.

Фрейм учта майдонлар гуруҳидан ташкил топган: 3x9xN ва 5x9xN байтли форматнинг SOH секция сарлавҳаси майдони; 1x9xN байтли форматнинг AU-4 кўрсаткичи майдони ва 9x261xN байтли (N=1, 4, 16, 64, 256) форматининг фойдали юклама майдони.

5.1.5. STM-1 учун секция (SOH) сарлавҳасининг тузилиши

Умумий ҳолатда транспорт тузилишининг сарлавҳаси куйидаги функцияларни амалга оширади:

- транспорт тузилишининг циклини кадрилини шаклланиши;
- тракт (секция) ҳолати (мониторинги) назоратини амалга ошириш;
- хатоликларни аниқлаш ва уларни манбадан локаллаштиришни амалга ошириш;
- тракт (секция) ва бошқаришни функциялаштиришни таъминлаш.

STM транспорт модулининг сарлавҳа тузилиши, ҳар доим фойдаланувчи ахборотдан ажралган ҳолдадир. Шунинг учун ҳар

қандай вақтда бутун модулни бузмасдан алоҳида трактларнинг сарлавҳаларига битли ахборотларни қўшиш ва алмаштириш, таҳлил қилиш мумкин. Сарлавҳаларнинг боғланиш соҳаси, техник хизмат элементларига мос келувчи тракт ва секциялар орқали аниқланади. Энди турли сарлавҳаларнинг тузилишини қараб чиқамиз (5.1-жадвал).

5.1-жадвал

RSOH	A1	A1	A1	A2	A2	A2	C1	M.T	M.T
	B1			E1			F1		
	D1			D2			D3		
Кўрсаткич (PTR, AU)									
MSOH	B2	B2	B2	K1			K2		
	D4			D6			D6		
	D7			D8			D9		
	D10			D11			D12		
	S1	Z1	Z1	Z2	Z2	M1	E2	M.T	M.T

STM-1 модулининг SOH секция сарлавҳаси, ҳар бири 9 байт бўлган 8 қатордан иборат. Биринчи уч қатор, RSOH регенерациялаш секцияси сарлавҳаси, охириги беш қатор эса MSOH мультимплексорлаш секцияси сарлавҳасига киради. Тўртинчи қаторда, SOH нинг секция сарлавҳасига кирмайдиган кўрсаткич (PTR, AU) жойлашган.

RSOH байтлари регенерациялаш секциясини назорат қилиш ва бошқариш учун қўлланилади. Бундай байтлар ҳар бир регенераторда ҳосил қилинади ва лозим бўлганда кейинги схемага узатилади.

MSOH байтлари мультимплексордан-мультимплексоргача қўлланилади ва регенераторлар учун қўлланилмайди.

M.T деб белгиланган мустақил байтлар келгусида *ҳалқаро* тармоқлардан фойдаланиш учун захираланган. Улар миллий тармоқларда қўлланилади. Шуни айтиш жоизки, SOH нинг биринчи қатори скрембланмайди. Шунинг учун биринчи қаторнинг M.T сида байтли ахборотларни жойлаштиришда бир ва ноли пакетлардан эҳтиёт бўлиш лозим. A1 ва A2 (A1=11110110, A2=00101000) олти байтда цикли синхросигнал жойлашган. STM-1 модулининг барча синхросигналлари, STM-N таркибига киради, STM-4 га мос ҳолда $6 \times 4 = 24$ байт қўлланилади, STM-16 учун эса 96 байт ва ҳоказо.

Маълумотларни узатиш канали (D1÷D12) 12 байтда жойлашган. Улар бошқарувчи ахборотларни узатишга мўлжалланган ва DCC деб номланади. Ўз навбатида DCC иккига бўлинади: умумий узатиш тезлиги 192 кбит/с бўлган DCCR ва умумий узатиш тезлиги 576 кбит/с бўлган DCCM (D4÷D12). STM-N таркибида фақатгина биринчи STM-1 нинг DCCлари қўлланилади.

STM-1 нинг ҳар бир модули, STM-N таркибидаги унинг позициясини аниқлаш ва текшириш учун қўлланиладиган, мос келувчи идентификаторларга эга. Бундай идентификаторлар C1 байтларига жойлаштирилади.

E1, E2 битлари хизмат алоқасини ташкил қилиш учун (шу жумладан овозли) хизмат қилади, яъни регенераторлар орасида (E1) ёки мультимплексорлар орасида (E2) овозни узатишни таъминлайди. Бундай ҳолат фақат STM-1 N1 учун аниқланган.

F1 байти тармоқ операторлари қўллаши учун заҳираланган. Бундан ташқари махсус фойдаланишлар учун ҳам қўллаш мумкин. Бу ҳам фақат STM-1 N1 учунгина аниқланган.

B1 байти, регенерациялаш секциясидаги STM-N модулида хатоликларни аниқлаш учун қўлланилади. B1нинг бир байти, ҳар бир STM-1 модулининг RSOH сарлавҳасида қараб чиқилади. STM-Nли узатишда, фақатгина STM-1 N1 модулининг B1 байти қўлланилади. Хатоликлар эса ВІР-8 усули орқали аниқликни назорат қилишни қўллаш орқали аниқланади.

STM-N сигнали назорат қилинганда ВІР-8 процедураси барча скрембрланган модул учун қўлланилади. Натижада 8 битли кодли сўз, скрембрлашгача кейинги STM-N модулининг B1 байтида жойлашади. B1, ҳар бир регенератор ва мультимплексорда ҳисобланади.

Мультимплексорлаш секциясидаги хатоликларни назорати учун учта B2 байти қўлланилади. ВІР-24 процедурасини бажарганлик натижаси, 24 битли кодли сўз ҳисобланади ва у STM-1 модулининг учта B2 байтида жойлаштирилади.

B2 нинг барча (Nx32xB2) байтлари STM-N сигналларини узатишда қўлланилади.

STM-1 да ВІР-24 процедураси, SOH нинг биринчи уч қаторини ҳисобга олмаганда модулнинг скрембрланган барча ташкил топувчилари учун амалга ошади, натижаси, эса скрембрланмаганда кейинги кадрнинг B2 байтига жойлаштирилади. SOH (RSOH) нинг биринчи уч қатори, RSOH регенераторларида ўзгариш

рўй берадиган бўлса В2 га таъсир қилмаслиги учун, В2 д ёзилмайди. К1 ва К2 икки байти APS (automatic protection switching) ни автоматик ҳимоялаш коммутацияси ҳақидаги сигнализация учун хизмат қилади ва у қуйидаги функцияларни бажаради:

- К2 байтининг 6, 7 ва 8 битлари, мультимплексорлаш секциясида авария ҳолати ҳақидаги индикация (AIS) сигнални бериш учун «1» да жойлаштирилади. Агар бу битлар «1» де аниқланса, STM-N ни дескремблангандан кейин, AIS сигнали қабул қилинади;

- узокдаги секциянинг якунида хатоликларни қабул қилиш (FERF). Агар STM-N мультимплексори сигнални қабул қилмаса ёки AIS ни қабул қилса, унда у тескари йўналишда FERF кодини узат бошлайди ва у К2 байтининг 6, 7 ва 8 битларида «110» аралашмаси кўринишида жойлаштирилади. Бу қарама-қарши томон сигнални қабул қилмаётганини ёки AIS сигнални қабул қилганлигини билдиради;

- линияни 1:n ($n=1-14$) автоматик ҳимояловчи коммутация. Бир неча каналларни ҳимоялаш учун захира канали қараб чиқилган. Авария ҳолатида линиянинг икки томонидаги мультимплексорлаш захира каналга уланиши лозим. Процедурани мослаштириш учун К1 байти қўлланилади шунингдек бундай мақсадларда стандарт протокол хизмат қилади. К1 ва К2 байтлари фақатгина STM-N таркибидаги STM-1 N1 учун аниқланган.

S1 байти STM-N дан келаётган синхронизация манбаларининг тури ҳақидаги ахборотни ташийди. Бунинг учун 5, 6, 7, 8 битлар қўлланилади. Бу STM-N таркибидаги STM-1 N1 модули учунгина аниқланган.

M1 байтлари, ВР-24 (В2) кодлари ёрдамида аниқланган узокдаги блокларнинг хатоликлари сонига эга. Ушбу қиймат STM-1 учун 0 дан 24 гача, STM-4 учун эса 0 дан 96 гача белгиланган Меъёрдаги шароитда белгиланган чегарадан ошувчи қиймат генерацияланмаслиги лозим.

STM-N модули таркибида M1 байти бир марта берилди. У Z2 нинг иккита биринчи байтларидан кейин узатилади. Z1 ва Z2 байтлари, келгусида халқаро тармоқларда фойдаланиш учун захираланган ва STM-N таркибидаги барча STM-1 лар учун аниқланган.

РОН-тракт сарлавҳаси, С контейнерига уланади. Улар биргаликда VC виртуал контейнерини ташкил қилади ва улар

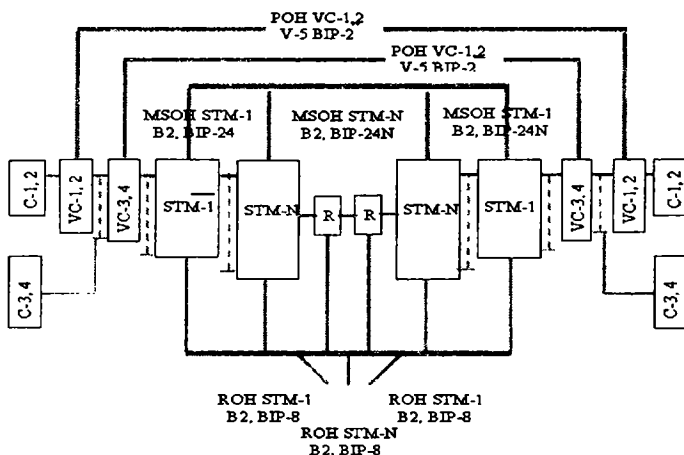
тармоқ бўйлаб ўзгармайдиган объект каби кўчирилади. РОН ахборотли контейнерларни ишончли транспортлаштириш учун лозим бўлган барча шароитга эга. Трактнинг ҳолати ҳақидаги ахборотни, РОН таркибини қайта ишлаш орқали олиш мумкин. Турли РОН ларнинг таъсир қилиш соҳаси қуйидаги 5.6-расмда кўрсатилган.

Расмда транспорт (С-контейнерлари, ВС виртуал контейнерлар ва STM синхрон транспорт модул) ларнинг тузилиши, шаклландуви жойи ва R регенераторининг жойи кўрсатилган. РОН нинг VC-3, VC-4 байтларининг вазифаси эса 5.3-жадвалда берилган.

5.3-жадвал

J1	Трактни трассалаштириш	Алоқа учун
B1	VIP-8	Битлар
C2	Сигнал белгиси	Алоқа функцияси
G1	Тракт ҳолати	Таъсир қилмайди
F2	Трактдан фойдаланувчи канал	Юклама
H4	Юқори цикл индикатори	Тури учун
F3	Трактдан фойдаланувчи канал	Специфик байтлар
K3	Захирага уланиш	-
N1	Транзит уланиш назорати	-

Бу ерда: J1-маршрут уланувчи идентификаторни узатиш учун қўлланилади;



5.6-расм. Сарлавҳаларнинг таъсир қилиш соҳаси ва VIP коди ёрдамида секция назорати.

В3 да VIP-8 коди ёрдамида контейнер таркибининг аниқлигини текшириш натижалари узатилади. Бунинг учун скремб-лашгача бўлган олдинги VC контейнерининг барча байтлари ҳисобланади ва ҳисобланган қийматлар скремб-лашдан олдин мазкур байтгача жойлаштирилади.

C2, виртуал контейнернинг фойдали юклама туридаги кўрсаткичга эга.

G1 байтлари, узоқдаги мониторинг ҳолати ва натижалари ҳақидаги ахборотни узатади. У тескари йўналишда узатиладиган PON да жойлашади.

VIP-8 ёрдамида аниқланган FEVE, хатоликлар сонини узатиш учун қўлланилади. Мумкин бўлган қиймат 0 дан 8 гача, мумкин бўлмаган қийматларнинг пайдо бўлиши эса 0 (хатолик йўқ) деб фараз қилинади. 5-бит, узоқдаги тракт якунида (FEVE) авария ҳақидаги сигнализация учун қўлланилади.

F2 ва F3 байтларидаги 6÷8 битлар трактдан фойдаланувчиларнинг хизматини ташкил қилиш учун қўлланилади. H4 байтлари юқори циклнинг индикаторлари ҳисобланади. У бир неча кадрлар орасида юкломани тарқатиш лозим бўлгандагина қўлланилади яъни юқори циклдан қайси цикл (кадр) ушбу виртуал контейнерда мавжудлигини кўрсатади.

K3 байтлари, захирага автоматик уланиши лозимлиги ҳақидаги сигнализацияни таъминлайди. Бунда 1÷4 битлари қўлланилади.

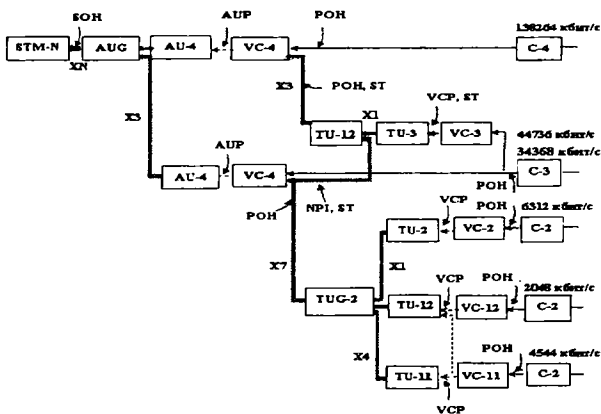
N1 байтлари, иккита оператор чегарасида транзит уланишнинг назорати учун (1-4 битлар) ва маълумотларни узатиш каналини (5÷8 битлар) ташкил қилиш учун қўлланилади.

5.1.6. STM-N нинг шаклланиши

STM-N сатҳини шакллантиришда, SDH нинг энг асосий қонунларини бажариш яъни синхрон рақамли тармоқнинг ҳар қандай пунктида PDH, SDH трибларининг, STM-N сатҳидан осон ва оддий ҳолатдан киритиш ва чиқариш имкониятига эга бўлиши лозим. Бундай кириш/чиқишли режимларга эга бўлган синхрон рақамли мультиплексор PDH мультиплексорларининг бутун занжири билан алмашиши керак. 5.7-расмда турли PDH трибларидан ташкил топган STM-N нинг умумий шаклланиш схемаси кўрсатилган.

Бошланғич ахборотли юкламалар, маълум бир ўтказувчанлик қобилиятига эга бўлган, синхрон рақамли иерархия (СРИ) нинг бирор сатҳидаги сигналларни узатиш учун етарли бўлган блоклар кўринишида контейнерларда (C-containers) жойлашади.

Контейнер, жойлаштириш операцияси (SDH mapping) орқали, давомийлиги 125 мкс ёки 500 мкс бўлган блокли циклик тузилишга эга бўлган виртуал контейнер (Virtual Container-VC) га (тракт турига боглиқ холда) ўзгаради. VC да бошланғич ахборотлардан ташқари яна трактнинг сифатини назорат қилувчи, авария ва фойдаланишни таъминловчи тракт сарлавҳаси (POH-Pat Over Head) ҳам шаклланади. Шартли равишда жойлашиш операцияси шундан иборатки, C контейнердаги ахборот, VC нинг маълум бир позицияларида жойлашади, жойлашиш синхрон (агар бошланғич ахборотлар СРИ тизимларида синхронизацияланган бўлса) ёки асинхрон ҳолатда амалга ошиши мумкин. Агар асинхрон жойлашиш бўлса, унда бошланғич оқимларнинг узатиш тезликларини рақамли тенглаштириш (мослаштириш) лозим. Бу эса бошланғич оқимларнинг маълум бир битларида, VC позицияларини бириктирилиши мустақкам бўлмаганлиги туфайли сузувчи режимда ишлашга мажбурлайди. Синхрон жойлаштириш белгиланган режимдаги каби, сузувчи режимда ҳам амалга ошиши мумкин. Шуниям айтиб ўтиш жоизки, синхрон ва асинхрон оқимларни қайта ишлаш учун битта қабул қилгичдан фойдаланиш мақсадга муфовикдир.



5.7-расм. Триб сигналларидан N-сатҳдаги синхрон транспорт модулининг шаклланиши.

Бу ерда:

xп-вақтли гуруҳлаштириш;

←---- созлаш;

← жойлаштириш;

ST- қўшимча символ

Шундай қилиб, VC виртуал контейнер СРИ трактларининг қатламларида қўлланиладиган, юклама ва тракт сарлавхаларини ахборотли майдонларидан иборат бўлган ахборотли тузилишга эга.

VC контейнер икки турга бўлинади:

- анча паст тартибли VC-н ($n=1, 2$) контейнерлардан ва POH VC дан иборат;

- юқори тартибли VC-н ($n=3, 4$) контейнерлари POH VC билан биргаликдаги с-н ($n=3, 4$) лардан ёки POH VC билан биргаликдаги компонент гуруҳ (TUG-2, TUG-3) лардан иборат.

Юқори тартибли виртуал контейнерлар (VC-3, VC-4) созлаш процедураси орқали, маъмурий (AU-Administrative Unit) блокларга, паст тартибли эса (VC-11 VC-12 ва VC-2) компонент блокларга (TU-Tributary Unit) ўзгаради. AU блоки юқори тартибли тракт қатламларини, мультиплексорлаш секциясининг тармоқ қатламлари билан мослаштиради. VC циклининг бошланиши мультиплексорлаш секциясининг циклига нисбатан ўзгариши мумкин ва шунинг учун ўрни белгиланган AUP кўрсаткичи билан белгиланади.

Шундай қилиб созлаш процедураси, AU юкламаси фазасини ва тезлигини ўзгаришини яхшилайти. Шартли равишда созлаш процедурасини қуйидагича белгилаш мумкин: $AU = VC + AUP$

Паст тартибли виртуал контейнерлар (VC-2, VC-12. VC-11), айрим ҳолларда VC-3 ҳам худди юқоридаги айтганимиздек созлаш процедураси ёрдамида мос келувчи компонент TU (субблок) блокларига ўзгаради. Шартли равишда ушбу процедурани қуйидагича белгилаш мумкин: $TU = VC + TUP$. Субблоклар паст тартибли трактларнинг тармоқ қатламларини юқори тартибли трактларнинг тармоқ қатламлари билан созлайди. Юқори тартибли VC юкламасининг маълум бир белгиланган позицияларини эгаллаган бир ёки бир неча TU лар, субблоклар гуруҳи деб аталади. Масалан бундай гуруҳларга TUG-2 ва TUG-3 (Tributary Unit Group-TUG) лари киради. Биринчиси, бир хил TU-11, TU-12 ёки битта TU-2 субблоклар гуруҳи мажмуасидан иборат, иккинчиси, TU-2 ёки битта TUG-3 субблокларнинг гуруҳи мажмуасидан иборат. Гуруҳли

субблоклар вақтли гурухлаштириш процедураси натижасида ҳосил бўлади. Маъмурий блоклар гуруҳи (AUG-Administrative Unit Group-AUG) га эса AU блоклари бирлаштирилади.

AUG-блоклари вақтли гурухлаштириш процедураси орқали давомийлиги 125 мкс бўлган блокли тузилиш (Synchronous Transport Modul-STM) га айланади. STM-1 нинг асосий модули (биринчи сатҳ модули) 155520 кбит/с узатиш тезлигига эга, юқори сатҳ модуллари эса бундай тезликдан N марта катта (STM-N, бу ерда N=4, N=16, N=64, N=256).

STM-N ни олиш процедурасини шартли равишда қуйидагича белгилаш мумкин: $STM-N=AUG \times N+SOH$, бу ерда SOH – секция сарлавҳаси.

SOH-секция сарлавҳаси, регенерациялаш секцияси сарлавҳаси (RSOH) га ва мультимплексорлаш секцияси сарлавҳаси (MSOH) га бўлинади. Бунда RSOH регенераторлар орасида берилади ва цикли синхронизация, хатоликлар назорати функциясини бажаради, шунингдек маълумотларни узатишни, хизмат алоқасини ва фойдаланувчиларнинг каналларини ташкил қилади. MSOH, STM филтърланадиган ва шаклланадиган узатиш муҳитининг қатлам-ларига уланувчи нукталар орасида узатилади ва хатоликларни назорат қилиш функциясини бажаради, шунингдек захирага автоматик уланишни, берилганларни узатишни, хизмат алоқасини бошқарув каналларини ҳосил қилади.

Шундай қилиб, AU-маъмурий блоки, анча юқори бўлган сатҳнинг тракт қатламлари ва СРИ секцияси орасида мослаштиришни таъминловчи, юклама (анча юқори сатҳли VC) дан ва маъмурий блок кўрсаткичлари (AUP) дан иборат бўлган ахборотли тузилишга эга. Шунга мос ҳолда AU-3 ва AU-4 ларни байт бўйича уланиши амалга ошади.

TU-компонент блоки, анча паст ва юқори сатҳли тракт қатламлари орасида ўзаро боғланишни таъминловчи ахборотли тузилишга эга. У ахборотли юклама (анча паст сатҳли VC) дан ва компонент блоклар кўрсаткичи (TUP) дан иборат. TUG компонент блоклар гуруҳи, турли TU лардан тузилган бўлиши мумкин, бу эса тармоқнинг мустаҳкамлигини оширади.

TUG-2, TU-2 дан ёки TU-1 гуруҳларидан, TUG-3 эса, TU-3 ёки TU-2 гуруҳларидан шаклланган бўлиши мумкин. Шунингдек TUG яна битта AU-4 ёки учта AU-3 гуруҳидан ташкил топган бўлиши ҳам мумкин.

5.2. SDH нинг функционал модуллари

Синхрон рақамли иерархия тармоги ўзининг бир қатор қурилмаларига эга. Булар синхрон рақамли мультиплексорлар, синхрон рақамли коммутаторлар, синхрон рақамли регенераторлар, синхрон рақамли концентраторлар ва бошқа қурилмалардир. Ушбу қурилмалар тармоқда бир қанча функцияларни бажаради, улар қуйидагилардир:

- **терминал мультиплексор (ТМ)**, барча келаётган оқимларни йиғиш, уларни мультиплексорлаш ва тармоқдан узатишни амалга оширади;
- **кириш/чиқишли (ADM) мультиплексор**, оралик пунктларда оқимларни (каналлар)ни киритиш ва чиқаришни амалга оширади;
- **рақамли коммутатор ёки кросс коммутатор (DXC)**, йўналиш схемасига қараб виртуал контейнерларни тармоқнинг бир сегментидан иккинчи сегментига ўтказиш ва коммутациялашни амалга оширади, бир нечта бир хил рақамли оқимларни йиғишни концентратор амалга оширади;
- **регенераторлар**, узатилаётган сигналлар шакли ва амплитудасини қайта тиклаш ва сўнишни компенсациялашни амалга оширади.

Кейинги бандларда ана шу қурилмалар ҳақида батафсил тўхтаб ўтамиз.

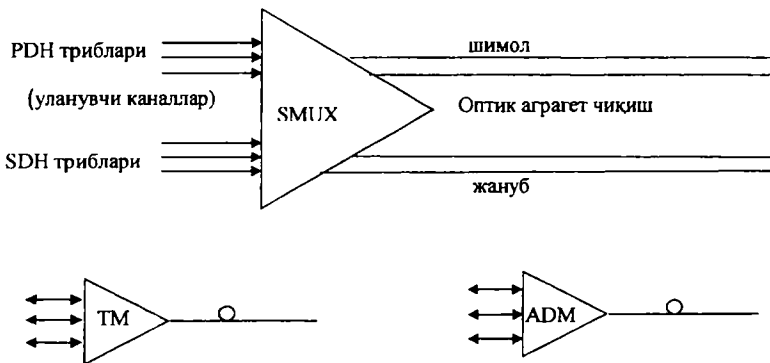
5.2.1. Синхрон рақамли иерархия мультиплексорлари

Синхрон рақамли мультиплексорлар SDH тармоғининг энг асосий қурилмаси ҳисобланади. Мультиплексор паст тезликли рақамли оқимлардан юқори тезликли рақамли оқимларни йиғиш (мультиплексорлаш) ва юқори тезликли рақамли оқимлардан паст тезликли рақамли оқимларни ҳосил қилиш (демультиплексорлаш) учун мўлжалланган. SDH мультиплексорлари (SMUX) нинг оддий PDH мультиплексорларидан фарқи шуки, у ўзининг мультиплексорлаш функциясидан ташқари, уланувчи терминал қурилма функциясини ҳам бажаради. SDH мультиплексорлари универсал ва улардан турли мақсадларда фойдаланиш мумкин. Биргина SDH мультиплексорлари фақатгина мультиплексорлашдан ташқари коммутациялаш, регенерациялаш ва концентрациялаш имконини

ҳам беради. Бу SDH мультиплексорларининг турли модул конструкцияга эга эканлиги ҳисобига амалга ошади.

SDH мультиплексорлари икки асосий турга бўлинади: терминал мультиплексорлар (TM) ва кириш/чиқишли (ADM) мультиплексорлар.

Терминал мультиплексор (TM) лар, PDH, SDH иерархияси трибларига мос келувчи, уланувчи каналларга эга бўлган SDH тармоқларининг охириги қурилмалари ҳисобланади (5.8-расм). TM лар каналларни киритиш, яъни линия чиқишини триб интерфейслари кириши билан коммутациялаш ёки каналларни чиқариш, яъни триб интерфейслари чиқишини линия кириши билан коммутациялаши мумкин, шунингдек бирорта триб интерфейсчиқиши билан локал коммутацияланиши ҳам мумкин.



5.8-расм. Синхрон мультиплексор (SMUX); терминал мультиплексор (TM) ёки кириш/чиқишли (ADM) мультиплексор.

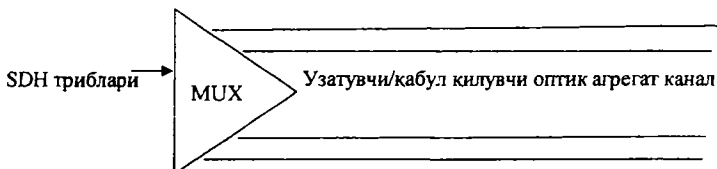
SDH мультиплексорларининг энг асосий хусусиятларидан бири иккита оптик линия чиқишларига эгалигидир (кириш ва чиқиш каналлари учун). Бундай чиқишлар, 100 % ли захирани таъминлаш учун қўлланиладиган ёки ишончлиликини ошириш мақсадида 1+1 схемаси бўйича *ҳимояланганликни таъминловчи агрегат чиқишлар* деб аталади. Шунингдек, бундай чиқишларни асосий ва захира (линия топологияси учун) ёки шимол ва жануб (ҳалқасимон топология) чиқишлари деб аташ ҳам мумкин.

Кириш/чиқишли (ADM) мультиплексорлари ҳам киришда терминал мультиплексорлар сингари триблар тўпламига эга

бўлиши мумкин. У, каналларга мос ҳолда киритиш ва чиқаришни амалга оширади.

5.2.2. Синхрон рақамли иерархия регенераторлари

Регенератор, мультимплексорларнинг бир туғма ҳолати ҳисобланиб, битта кириш каналига эга (5.9-расм).



5.9-расм. Регенератор режимидаги мультимплексор.

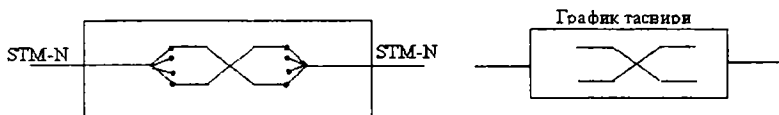
Қонунга мувофиқ STM-N нинг оптик триби, битта ёки иккита (1+1 ҳимоя схемасини қўллаганда) агрегат чиқишдан иборат. У фойдали юклама сигналларини регенерациялаш йўли билан SDH тармоқлари тугунлари орасидаги масофани ошириш учун қўлланилади. Одатда бу масофа (бир моддали оптик толали каналларни қўллашни назарда тутган ҳолда) 1,3 нм тўлқин узунлиги учун 40÷60 км ни, 1,55 мкм тўлқин узунлиги учун 80÷100 км ни ташкил этади.

Оптик кучайтиргичларни қўллаганда бу масофа 100-150 км гача етиши мумкин. Аниқроқ қилиб айтганда бу масофа, регенератор секцияси учун мумкин бўлган йиғинди йўқотишларни кабелнинг 1 километрга тўғри келувчи сўниш нисбати орқали аниқланади.

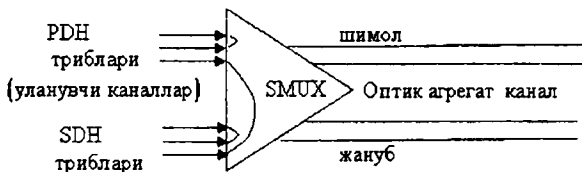
5.2.3. Синхрон рақамли иерархия коммутаторлари

Замонавий кириш/чиқишли мультимплексорлар модул принципи асосида тузилади. Бу модуллар орасида марказий ўринни кросс-коммутаторлар, оддий қилиб айтганда, DXC коммутаторлари эгаллайди. Синхрон тармоқларда у турли каналлар орасида алоқани тиклаш учун қўлланилади. Бундай алоқанинг имкониятлари SDH тармоқларининг VC-4 виртуал контейнерлари сатҳида маршрутлаштиришни амалга оширишдан иборат. Каналларни ички коммутациялашнинг физик имкониятлари мультимплексорларнинг

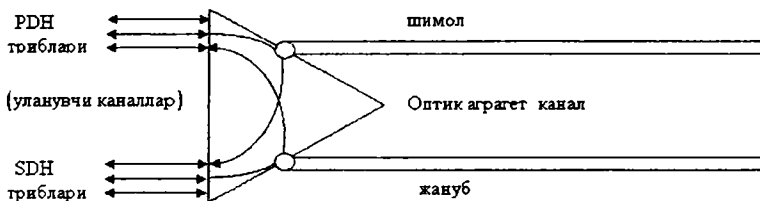
Ўзида жойлашган, бу шуни англатадики, мультимплексор ички коммутация ёки маҳаллий коммутация режимида ишлаши ҳам мумкин. Расмда:



в) ички коммутациялаш режимидаги кириш/чиқишли мультимплексор



б) локал коммутатор режимидаги кириш/чиқишли мультимплексор



в) ички коммутациялаш режимидаги кириш/чиқишли мультимплексор

5.10-расм. Коммутатор режимидаги синхрон рақамли мультимплексорнинг турлари.

Ички коммутациялаш режимида (5.10.а-расм) фойдали юклама менеджери, триб блоклари (TU) ва уланувчи каналлар орасидаги логик мосликни динамик ўзгартириши мумкин, бу эса ички коммутациялаш билан тенгдир, шунингдек мультимплексор шахсий уланувчи каналларни коммутациялаш имкониятига ҳам эга (5.10.б-расм), бу эса каналларни локал коммутациялаш билан тенгдир. Демак буларнинг барчаси SDH тармоқларининг

тугунларида коммутациялаш режимини бошқариш имкониятига эгаллигини кўрсатади. Лекин бундай имкониятлар, каналларни коммутациялаш сони бўйича чегараланганлиги каби, коммутациялаш имкониятига эга бўлган (VC) виртуал контейнерларнинг тури бўйича ҳам чегараланган. Шунинг учун ҳам махсус қайта ишланган синхрон коммутатор (SDXC) ларни қўллашга тўғри келади. Бундай коммутаторларда нафақат локал, балки умумий ёки юқори тезликли (34 мбит/с ва юқори) оқимларнинг ва STM-N синхрон транспорт модулининг ўтишини ҳам амалга ошириш мумкин (5.10.в-расм).

Демак қурилма таркибидаги коммутатор ишлаш режига боғлиқ ҳолда бир қатор специфик функцияларни бажариши мумкин.

SDXC 4/4, VC-4 ёки 140 ва 155 мбит/сли оқимларни қайта ишловчи коммутатор;

SDXC 4/3/2/1 , VC-4 ёки 140 ва 155 мбит/сли оқимларни қабул қилувчи, шунингдек VC-3, VC-2 ва VC-1 виртуал контейнерларни ёки 34; 45,6 ва 1,5; 2 мбит/сли оқимларни қайта ишловчи коммутатор;

SDXC 4/3/1 , VC-4 ёки 140 ва 155 мбит/с ли оқимларни қабул қилувчи, шунингдек VC-3 ва VC-1 ёки 34; 4 ва 1,5; 2 мбит/сли оқимларни қайта ишловчи коммутатор;

SDXC 4/1, VC-4 ёки 140 ва 155 мбит/сли оқимларни қабул қилувчи, шунингдек VC-1 ёки 1,5; 2 мбит/с ли оқимларни қайта ишловчи коммутаторлар.

5.2.4. Синхрон рақамли иерархия концентраторлари

Узоқ масофада жойлашган, тармок тугунларидан келаётган бир турдаги оқимларнинг бир нечасини SDH нинг тақсимловчи тугунига бирлаштириб берувчи мултиплексор концентратор деб аталади. SDH нинг тақсимловчи тугунлари STM-N ёки STM-1 туридаги икки, уч, тўрт ёки ундан кўпроқ тугунларга эга. Уларнинг вазифаси, асосий ёки ҳалқадаги оқимларни тарқатиш, ёки асосий оқимга бир неча тугунлардан келаётган оқимларни қўшишдан иборат. Умумий қилиб айтганда концентратор асосий транспорт тармокқа уланган каналлар сонини камайтириш имконини беради. Тақсимловчи тугунда жойлашган мултиплексор, ўзининг тақсимловчи портига уланган каналларни маҳаллий коммутациялай олади ва узоқда жойлашган тугунларни бир-бири билан алоқасини

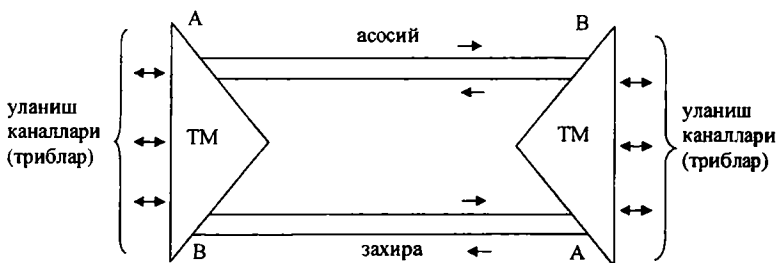
Ўзи орқали амалга оширади. Шунинг билан бирга концентратор асосий транспорт тармоғини юклагмасини камайтиради.

5.3. SDH нинг базавий топологиялари

SDH тармоқларини куриш бир неча боскичлардан иборат бўлиб, лойиҳалаш жараёнида ҳар бир боскичда техник талаблардан юзага келган турли функционал масалалар, муаммолар ечилади. Бу масалаларга, тармоқнинг тузилишини танлаш, танлаб олинган тармоқнинг тузилишига қараб, тармоқ тугунларидаги қурилмаларини аниқлаш, тармоқни бошқариш ва синхронизация масалалари киради. Агар асосий стандарт топологиялар маълум бўлса, бу масалаларни жуда осон ечиш мумкин. Шунинг учун SDH тармоқларида қўлланиладиган базавий топологиялар ва уларнинг хусусиятларини қараб чиқамиз.

5.3.1. «Нукта – нукта» топологияси

Иккита А ва В тугунларни боғловчи тармоқ сегменти ёки «нукта-нукта» топологияси, SDH нинг базавий топологиялари ичида энг соддасидир. Бу топология терминал мультиплексор (ТМ) лар ёрдамида оптик агрегатларнинг чиқиш ва кириш линиялари ва каналларини захирасиз ва захира асосида куриш имконини беради. Агар электрик ёки оптик агрегатларнинг чиқиш ёки кириш каналари ишдан чиқса, юз фоизли 1+1 туридаги захирани қўллаган ҳолда бир неча миллисекунд ичида автоматик тарзда захира каналга уланиши мумкин.

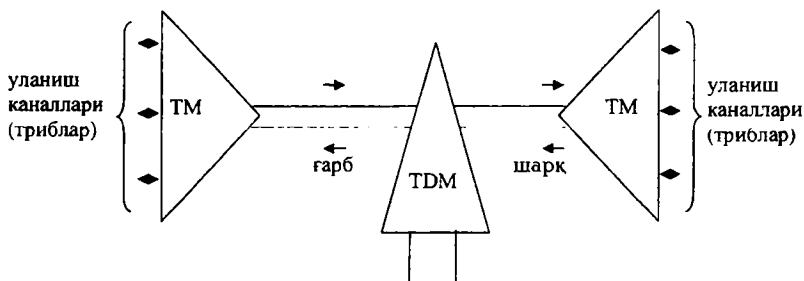


5.11-расм. ТМ асосидаги «нукта-нукта» топологияси.

Бу топология содда бўлишидан қатъий назар, юқори тезликка эга бўлган магистрал линияларда кенг миқёсда қўлланилади (масалан, рақамли телефон трафикларига хизмат кўрсатадиган океанлараро магистрал линияларида қўлланилиши мумкин). Шунингдек бу топология юқори иерархиядаги янги SDH тезликларига ўтишда, синов учун ҳам қўлланилади, (масалан, 622 Мбит/с (STM-4) дан 2.5 Гбит/с (STM-16) га ўтиш учун ёки 2.5 Гбит/с (STM-16) дан 10 Гбит/с (STM-64) га ўтишда). Худди шу топология радиал халқали топологиянинг бир қисми сифатида ҳам қўлланилади ва «кетма-кет линия занжири» топологиясининг асосини ташкил этади, бошқа томондан захирали «нукта-нукта» топологиясини ёйилган «халқа» топологияси деб қараш мумкин.

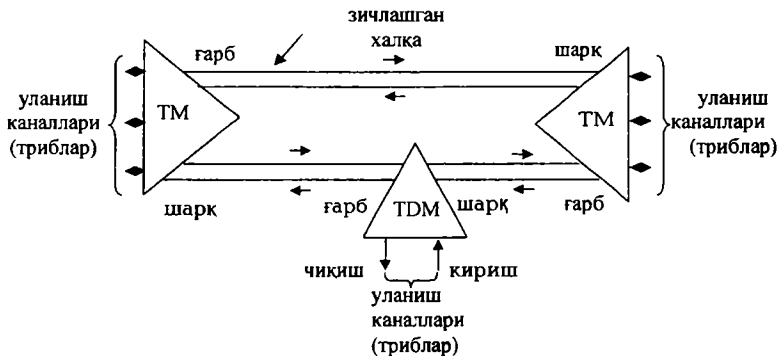
5.3.2. «Кетма-кет линия занжири» топологияси

Бу топология тармоқдаги трафикларнинг фаоллиги юқори бўлмаганда, тармоқнинг бир неча жойида кириш ва чиқиш каналларини ташкил қилиш зарурати бўлганда мультиплексорларни қўллагандаги каби, ажратувчи/ бирлаштирувчи нукталарда кириш/чиқишли мультиплексорларни қўллаганда ҳам фойдаланиш мумкин.



5.12-расм. «Кетма-кет линия занжири» топологияси.

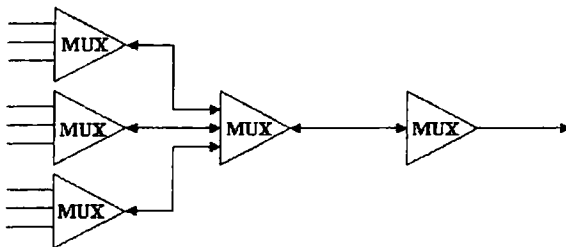
Бу топологияни, захирага эга бўлмаган кетма-кет линия занжири ёки 1+1 туридаги захирага эга бўлган мураккаб кетма-кет линия занжири кўринишига келтириш мумкин (5.12-расм).



5.13-расм. 1+1 туридаги химояга эга бўлган «кетма-кет линия занжири» топологияси.

5.3.3. Концентратор функциясини қўлловчи «юлдузча» топологияси

Юлдузча топологиясида коммутация маркази (масалан рақамли АТС) ёки марказий ҳалқадаги SDH тугуни билан уланган олисдаги бир тармоқ тугуни, концентратор вазифасини бажаради.



5.14-расм. Концентратор функциясини бажарувчи юлдузча топологияси.

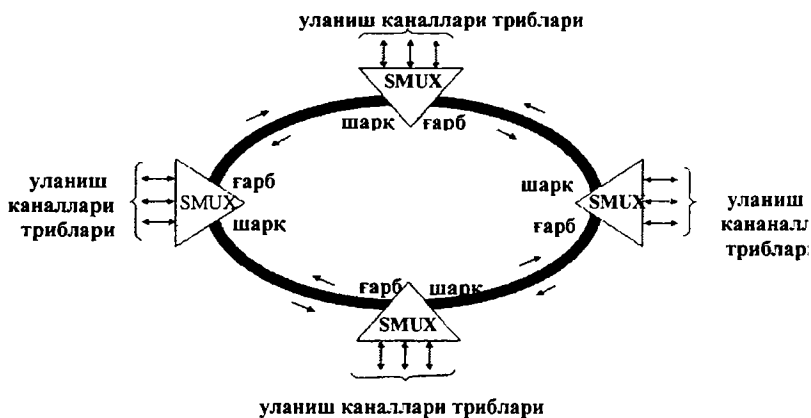
Бундай тугунда трафикнинг бир қисми фойдаланувчиларга, қолган қисми эса тармоқдаги бошқа тугунларга тақсимланади. Концентраторлар бундай вазифани бажариш учун фаол ва

интеллектуал бўлиши керак, яъни кросс-коммутацияни амал оширувчи кириш/чикиш мультимплексори бўлиши керак.

Айрим ҳолларда бундай схемаларнинг киришига тўли бўлмаган STM-N оқими (ёки бир поғона қуйидаги оқимла берилса, унинг чикишида тўлиқ STM-N оқими бўлса, бундай схема *оптик концентратор* дейилади. Аслида бундай топология марка: тугунда SDH мультимплексори қўлланилган «юлдузча» топологиясини эслатади (5.14-расм).

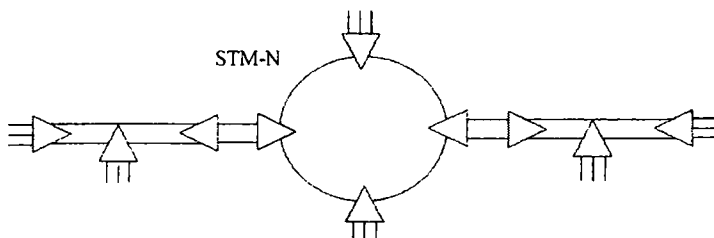
5.3.4. «Халқа» топологияси

Ҳалқа топологиясининг энг ажойиб хусусиятларидан бир тармоқ ишдан чиққанида ўз-ўзини тиклаш қобилиятидир. Ҳ топологиянинг асосий афзаллиги, 1+1 турдаги химояни осон амал оширади. Бундай химояни осон амалга оширишнинг сабаб синхрон мультимплексорлардаги (SMUX) «шарқ-ғарб» деб номландиган ва қарама-қарши йўналишдаги иккита ҳалқа оқимини ҳосил қиладиган икки жуфт (асосий ва захира) чикиш оптик агрегатларнинг мавжудлигидадир (5.15.-расм).



5.15-расм. TU-n триб блоклари даражасида 1+1 химояга эга бўлган ҳалқа.

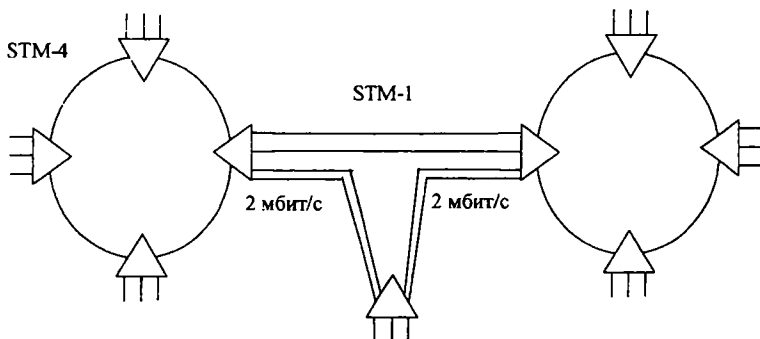
Демак, SDH тармоқларини лойиҳалаштиришда, транспорт тармоқларининг тузилиши юқорида кўриб чиқилган топологияли тармоқларнинг алоҳида бир элементи сифатида ташкил қилинади. Одатда ҳалқа топологияси ёй «нуқта-нуқта» ёки «кетма-кет линия занжири» топологиялари билан биргаликда қўлланилади. Мисол тариқасида 5.16-расмда «нуқта-нуқта» ва «ҳалқа» архитектураси келтирилган.



5.16-расм. Нуқта-нуқта ва ҳалқали SDH тармоғи.

Расмдан кўриниб турибдики, бу тармоқни қуриш учун иккита «ҳалқа» ва «кетма-кет линия занжири» топологиялари қўлланилган.

SDH тармоқларининг архитектурасида энг кўп қўлланиладиган «ҳалқа-ҳалқа» топологияларидир. Бундай уланишларда ҳалқалар бир хил ёки SDH иерархиясининг турли сатҳларида бўлиши мумкин. 5.17-расмда STM-1 нинг интерфейс карталари ёрдамида STM-4 сатҳидаги икки ҳалқанинг уланиши кўрсатилган.

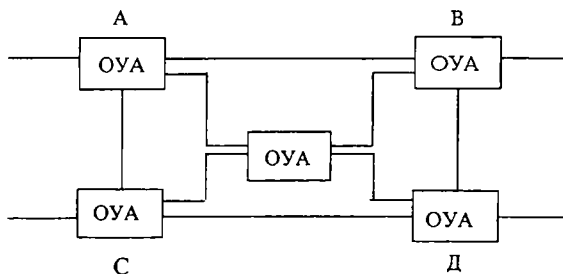


5.17-расм. Интерфейс портлари ёрдамидаги бир сатҳда (STM-4) жойлашган икки ҳалқа орасидаги алоқа схемаси.

5.3.5. Ячейкали топология

Ҳалқали топологияни кириш/чиқишли мультплексорлар ташки этса, ячейкали топологиянинг маркази ва унинг элементлар вазифасини операцион уловчи аппаратура (ОУА) лар ташкил этади (5.18-расм).

ОУА лар ўзига тушган кириш ахборотларини, VC-3, VC- виртуал контейнерларнинг маршрут сарлавҳаларини мос йўналиш бўйича тақсимлайди. Бундай вариантга эга бўлган топологияни афзаллиги шуки, ҳар бир йўналишда ўзининг юкмаси ва узати тезлиги назарда тутилади.



5.18-расм. Ячейкали топология.

Бундан ташқари, бирор ёки бир неча йўналишда узилиш рў берган тақдирда ҳам мос келувчи пунктлар орасида алоқ узилмайди. Ячейкали тузилишга эга бўлган топологияда алоқ қанча катта бўлса, ячейкали аппаратураларда ишончлилик шунч юқори бўлади.

5.4. SDH тармоқларида синхронизация

5.4.1. Рақамли тармоқларда синхронизациянинг аҳамияти

Рақамли телекоммуникация тизимларига эга тармоқларнинг синхронизация муаммолари олдинги бандларда қараб чиқилга эди. Синхрон рақамли иерархия тармоқлари учун қараб чиқилга саволларнинг маъноси шу бўйича ўзгармасдан қолади, фақатгин тармоқ элементларининг синхронизмини ташкил қилишда тизимл ёндашиш лозим. Синхрон рақамли телекоммуникация тармоқ ларида цикли синхронизациянинг вазифаси, одатдаги вазифада

фарқ қилади, чунки синхрон тизимларнинг цикли барча иерархия поғоналарида синхрон, плезиахрон иерархиядаги каби, юқори поғонадан бошлаб синхронизмга кириш кетма-кетлигига эга. Бу тизимнинг синхронизмга кириш вақтини камайтиради ва синхрон рақамли иерархиянинг энг асосий афзалликларидан биридир. Синхрон рақамли тармоқларда тактли синхронизациясининг вазифаси худди плезиахрон тизимларидаги каби, яъни тармоқда ишловчи рақамли курилмаларнинг частота берувчи генераторларини частота бўйича мослашишини таъминлашдан иборат. Лекин плезиахрон тармоқларда, берилган рақамли оқимлар учун қабул қилувчи ва узатувчи қисмдаги частота берувчи генераторларнинг мослигини таъминлаш чегараланган, синхрон тармоқларда эса тармоқнинг барча курилмаларида частота берувчи генераторларнинг мослигига эришилади. Бундай мосликни таъминлаш компонент оқимларга уланишини тезлаштиради, бу ҳам ўз навбатида синхрон рақамли телекоммуникация тизимларининг афзалликларидан бири ҳисобланади.

5.4.2. Синхросигнал манбаларининг асосий параметрлари

Синхросигнал манбаларининг асосий параметрлари – генератор курилмаларида ишлаб чиқиладиган частотанинг аниқлиги ва мўътадиллигидир.

Генератор частотасининг аниқлиги деб, генератор курилмасида ишлаб чиқилган частота (f_a) нинг, номинал частота (f_0) дан нисбий оғишига айтилади, яъни аниқлик $f_a = |f_0 - f_a|/f_0$ масалан: 50 прт, ишлаб чиқилган частотанинг 5×10^{-5} аниқлиги учун мумкин бўлган қийматдир.

Мўътадиллик деб, берилган маълум бир вақт оралиғида, генераторнинг номинал частота генерацияси режимини ушлаб туриш хусусиятига айтилади. Мўътадиллик параметри яна частотани номиналдан нисбий оғиш бирлиги билан ҳам ўлчанади ва кузатишнинг (масалан суткада бу 10^{-10} га тенг) оралик вақтини ўзига бирлаштиради. Кузатиш вақти бўйича генератор мўътадиллиги, қисқа муддатли ва узок муддатлига бўлинади. Вақт бўйича мўътадиллик параметрлари $t_s = 10^3 - 10^4$ с атрофида баҳоланади. Агар мўътадиллик параметрлари t_s гача таҳлил қилинса, унга қисқа муддатли мўътадиллик, агар t_s дан катта давр давомида таҳлил қилинса, унга узок муддатли мўътадиллик

дейилади. 5.19-расмда қисқа ва узок муддатли мўътадиллиги тушунчасига тўғри келувчи частота мўътадиллигининг графиги кўрсатилган.



5.19-расм. Синхросигналнинг номўътадиллик графиги: қисқа ва узок муддатли номўътадиллик.

Худди шунга ўхшаб, турли шароитда генератор ишининг мўътадиллиги ҳарорат мўътадиллиги бўйича ҳам аниқланади. Фойдаланиш жараёнида ҳар хил шароитда генератор ишининг мўътадиллиги жуда катта аҳамиятга эга. Шунинг учун синхронизация манбаларини ва ҳар хил мўътадиллик параметрларини танлашда жуда катта қиймат ажратилади. Одатда генератор ишининг мўътадиллик параметрларини ўлчашда ташқи шароитга боғлиқ ҳолда лабораторияда сертификацияланган ўлчовлар ўтказилади.

Демак генератор ишидаги ноаниқлик доимий равишда ишлаб чиқиладиган частотанинг оғиши (частота сўрилиши) билан боғлиқ. Генератор юқори мўътадилликка эга бўлган ҳолда, ундан берилувчи синхросигналларнинг частота суртилишига эга.

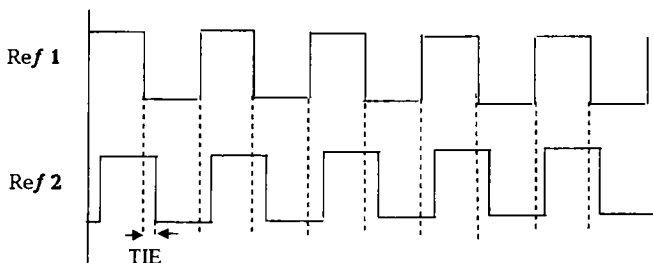
5.4.3. Синхронизация тизимининг асосий параметрлари

Синхронизация тизимларининг иккинчи тоифали параметрларига синхросигналнинг вандер тахлили билан боғлиқ бўлган TIE (Time interval error-вақт оралиғи хатолиги), MTIE (вақт

оралиғини максимал хатолиғи), TVAR (вақт бўйича вариация), TDEV (вақт бўйича давиация) параметрлари ҳам киради.

Вақт оралиғи хатолиғи. TIE

Бунинг учун узатиувчи ва қабул қилинувчи Ref 2 рақамли сигнални, Ref 1 эталон сигнал билан солиштириш жараёнини қараб чиқамиз (5.20-расм).

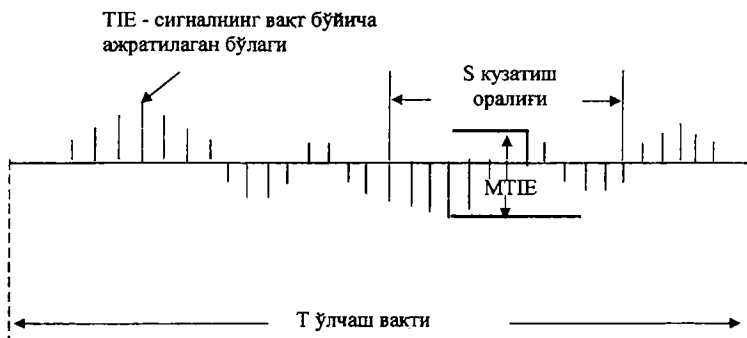


5.20-расм. TIE тушунчаси.

Расмдан кўришиб турибдики, эталон сигналга нисбатан Ref 2 сигнали фаза бўйича сурилишга эга. Бундай сурилиш **вақт бўйича сурилиш** – TIE (Time interval error) номини олган ва уни вақт параметри орқали баҳолаш мумкин. Синхросигнал билан эталон сигнални солиштириш орқали, TIE параметрларини олдинги қиймати, TIE параметрларининг кузатиш вақтига ҳар хил боғлиқлиғи ва TIE параметрларининг максимал қиймати ўлчанади. TIE параметрларини ўлчаш абсолют birlikлар сингари, келтирилган birlikлар (масалан U1) да ҳам амалга ошади. Бу ерда U1 – бу берилган узатиш тизими орқали 1 бит ахборотни узатиш учун лозим бўлган вақт.

Вақт оралиғининг максимал хатолиғи – MTIE

TIE параметри, синхросигнал параметрларини таҳлил қилиш учун меъёрдаги баҳолашни бермайди. Бунинг учун эталон сигнал билан солиштириладиган эркин синхросигнални қараб чиқамиз (5.21-расм).



5.21-расм. TIE ва MTIE параметрлари.

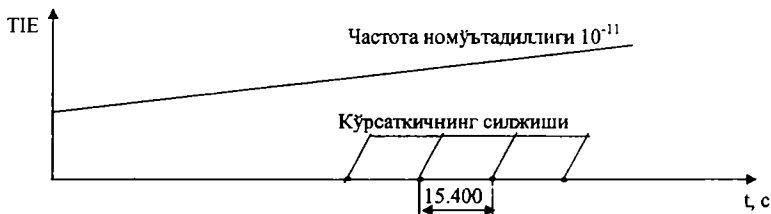
Бунда маълум дискретизациялаш қадами билан TIE қиймат ўлчанади. ўлчаш, ўлчанадиган T вақт давомида амалга ошад Бунинг учун TIE параметридан энг катта оғишни максимал баҳоловчи ўлчаш оралиғи параметри (S) ни киртамыз. Бу параметр MTIE (вақт оралиғини максимал хатолиғи) номини олган. Шунде қилиб, MTIE қуйидагича аниқланади:

$$MTIE = TIE^{\max} |_{S} - TIE^{\min} |_{S}$$

5.21-расмда TIE ва MTIE параметрлари кўрсатилган. MTI параметрларининг қиймати S оралиғининг ўлчамига боғли. Одатда синхросигнал тавсифлари сифатида, синхронизация манбаларининг асосий тавсифларидан бири ҳисобланувчи MTIE (S боғланиши қўлланилади. MTIE параметрларини ўлчаш учун 1 даги S кузатиш оралиғи қўлланилади. Бу параметр нафақат ванде каби, балким джиттер каби ҳам таъсир қилади. Шундай қили MTIE параметрига вандер таъсир қилади.

SDH да TIE ва MTIE параметрлари

Биз TIE параметрларининг қандай боғлиқлигини ва TI параметри бўйича частота сурилишини қандай баҳолаш мумкинлигини қараб чиқамиз.



5.22-расм. Частота номўтадиллиги ва кўрсаткичларининг силжиши.

Масалан тармоқда синхронизация оғиши ($\Delta t = 10^{-11}$) рўй берган деб фараз қилсак (5.22-расм), бундай, оғиш, ҳар бири 15400 секунд (4.2 соат) бўлган кўрсаткичларнинг оғишига олиб келади.

Берилганларни 155,520 Мбит/с тезликда узатганда, бир битни узатиш учун:

$$t_b = 1/t = 6.4 \times 10^{-9} \text{ с}$$

вақт лозим ва битта кўрсаткичнинг сурилиши, вақтли сурилишнинг $TIE = 154 \text{ нс}$ га тенг. Демак битта силжиш учун юзага келувчи вақт 33.4 мс га тенг ва SDH тизимларида синхронизациянинг бузилиши, кўрсаткичларни силжишига олиб келади

5.4.4. Синхронизация сигналлари ва уларнинг мўтадиллигига таъсир қилувчи омиллар

Рақамли тармоқларда синхронизацияга эришиш учун аввало тармоқнинг барча қурилмалари орқали тактли частота ҳақида ахборот бериш лозим. Бундай мақсадларда синхросигналлар қўлланилади. Бу сигналлар линия сигналлари билан биргаликда ёки алоҳида сигналлар кўринишида берилиши мумкин. Тармоқ бўйича синхросигналларни узатиш жараёнида улар ҳар хил таъсирларга учрайди. Натижада сигналнинг сифати пасаяди ва тармоқда синхронизация параметрларининг бузилишига олиб келади. Замонавий телекоммуникация тизимларида синхронизация сигналларини ёки сигнал сақловчиларнинг мўтадиллигини бузилиши ташқи электрик шовқинларни физик сабаби ва узатиш линиясининг физик параметрларининг ўзгариши натижасида юзага келади.

Бундан ташқари яна алгоритмик сабаблар (масалан кўрсаткичларнинг силжиши) туфайли ҳам юзага келади.

Тактли частотанинг номўтадиллиги сигнал сақловчисининг **фазали титраши** деб аталади. Сигналнинг фазали титрашин частотага боғланиши 10 Гц дан юқори бўлса **джиттер**, 10 Гц да паст бўлса **вандер** деб аталади. Джиттер ҳар хил занжир ва қурилмаларда ўзгаради. Вандер фазали синхронизация занжир бўйича ўзгаришсиз ўтади, занжирда йиғилиши ва синхронизация тизимига таъсир қилиши ҳам мумкин. Частота номўтадиллигининг асосий сабаблари:

- электромагнит интерференция;

- қабул қилгичдаги синхронизация занжирига таъсир қилувчи шовқинлар;

- тракт узунлигининг ўзгариши;

- сақловчи ахборотларни ўз вақтида тушмаслиги.

Частота номўтадиллигининг асосий алгоритмик сабаби битли ёки байтли усулни қўллаганда тезликларни тенглаштириш режими ҳисобланади, масалан, кўрсаткичларнинг силжиши.

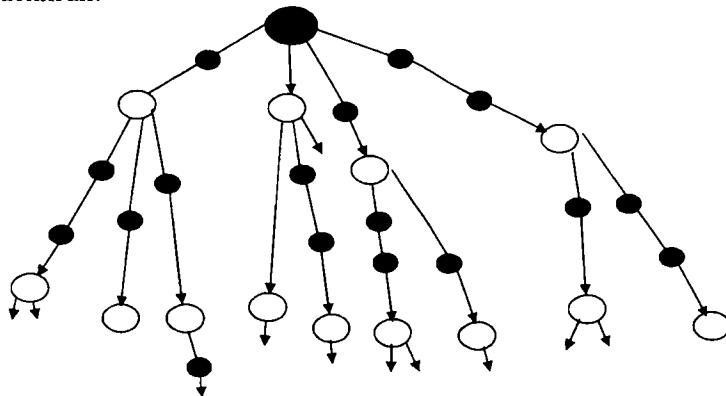
Қабул қилгич ва узатгичнинг синхронизацияловчи генератор учун шовқинларни таъсир қилиш механизми, одатда фазавий автосозловчи занжирда юзага келади. Бунда ҳар хил тузилишга эг бўлган шовқинлар қабул қилинган ва сақланувчи сигналга таъсир кўрсатади. Натижада частотали фазавий автосозловчи ҳалқал сақловчи сигнални нотўғри қабул қилиш эҳтимоллиги ошади. Нотўғри қабул қилинган сақловчи сигнал туфайли тизим ўзин ушлаб туриш режимидан чиқади.

Тракт узунлигининг ўзгариши, ҳарорат туфайли кенгайиш ёки узатиш муҳитининг сикилиши туфайли юзага келади. Тракт узатганда, қабул қилгичнинг киришидаги узатиш тезлигининг самарадорлиги камаяди. Чунки жуда кўп битлар узатиш муҳитидан йиғилади. Тракт қисқарганда эса узатиш тезлиги ошади. Дема тракт узунлигининг ўзгариши тизимнинг синхронизация частотасига таъсир қилади, чунки узатиш тезлигининг ўзгариши тизимнинг синхронизация частотасини асосий номўтадилли параметрларига эквивалентдир. Сақланувчи ахборотларни вақтид тушмаслиги эса қуйидагича:

- рақамли узатиш тизимларида кодларга бўлган асосий талаблар шундан иборатки, линиянинг охиридаги қабул қилгичда тактли частота тебранишини сақлаши ва сақланувчи ахборотларни етарли даражада аниқлашни таъминлаши лозим. Агар сақланувчи ахборотнинг сатҳи рақамли сигналга боғлиқ бўлса, унда тактли частота тебранишларидан қайта тикланган фазали титрашлар сақлашга боғлиқ бўлган импульсларнинг кичик зичлигига нисбатан вақт даври давомида ошади. Фазали титрашларнинг амплитудаси нафақат импульсларнинг зичлигига боғлиқ, балким рақамли сигналнинг тузилишига ҳам боғлиқ. Масалан, ахборотларни сақлаш зичлигини ошириш, АМІ линия кодларини HDB-3 кодларига ўзгартиришга олиб келади.

5.4.5. Синхронизация тармоғининг тузилиши

Синхрон рақамли иерархия (СРИ) тармоқларида тактли синхронизациянинг барча турлари қўлланилади: ўзаро боғланган, автоном ва мажбурий. Шулардан охиргиси яна, тарқатилган бошқарувчи n ва бошқарувчи-бошқарилувчи n турларга бўлинади. 5.23-расмда SDH нинг синхронизация тармоғининг архитектураси кўрсатилган.

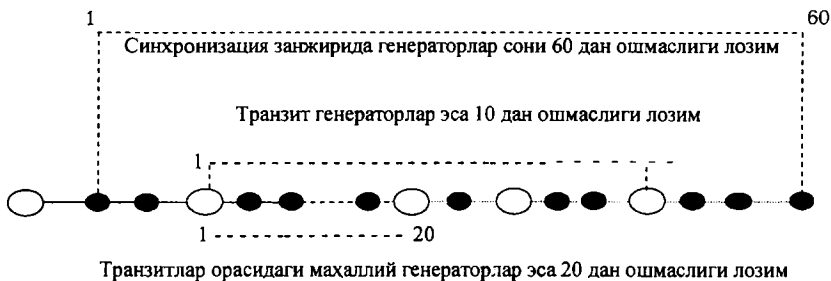


Бу ерда :

- - бирламчи генератор;
- - транзит генератор;
- - маҳаллий генератор;

5.23-расм. Синхронизация тармоғининг тузилиши.

Агар синхронизациянинг алоҳида занжири эталонга мос келса унда синхронизациянинг сифати яхши деб ҳисобланади 5.24-расмда синхронизациянинг эталон занжири кўрсатилган.



5.24-расм. Синхронизациянинг эталон занжири.

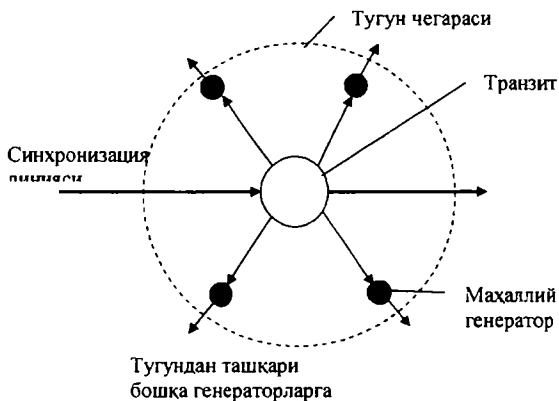
Бундай тармоқда тактли частотанинг нисбий номўтадиллиги жуда кичик бўлиши лозим. Шунинг учун ҳам таянч генераторнинг (бирламчи эталон генератор, БЭГ, PRC) нархи жуда баланд. Шунга боғлиқ ҳолда синхрон рақамли иерархия (СРИ) тармоғининг маълум бир участкалари битта бирламчи эталон генератор (БЭГ) дан синхронизацияланади (масалан регионал). Синхросигналнинг тарқалиши узатиш линияси бўйлаб амалга ошади. Тугундаги частота берувчи генераторнинг синхронизацияси учун бошқарувчи тугунда линия сигналидан тактли частотанинг ташкил топувчилари ажратиб олинади. Шундай қилиб синхронизация тармоғининг архитектураси 5.24-расмдаги кўринишга эга бўлади.

Синхронизация занжири бўйлаб синхросигнал тарқалганда, фазавий флуктуацияларнинг йигилиши туфайли унинг сифати ёмонлашади. Фазавий флуктуацияларнинг маълум бир қисми иккиламчи генераторлар (иккиламчи частота берувчи генератор, ИЧББ ёки синхронизацияни таъминловчи SSU блоки)да пасайтирилади.

5.4.6. Тугун ичи (юлдузснмон) синхронизация

Синхронизация тармоғини яратганда унинг алоҳида (шоҳлари) бўлақлари қисқа бўлишини таъминлашга ҳаракат қилинади. Шунинг учун ҳам агар тугун ичида тармоқнинг бир неча элементлари мавжуд бўлса, уларнинг генераторларини «тарқалган

бошқарувчи» услуда синхронизациялаш лозим, яъни худудий (зона ичкари) тармоқларининг синхронизацияси юлдузсимон бўлиши лозим. Қуйидаги 5.25-расмда тугун ичи юлдузсимон синхронизацияси кўрсатилган.



5.25-расм. Тугун ичи (юлдузсимон) синхронизацияси.

Бундай ҳолда, синхронизация тармогидаги барча генераторлар учта иерархия сатҳида жойлашади: юқори сатҳни бирламчи эталон генератор (БЭГ), эгаллайди, иккинчи сатҳ иккиламчи частота берувчи генератор (ИЧБГ) га тегишли, учинчи сатҳ эса мультимплексор генераторлари-маҳаллий частота берувчи генераторлар (МЧБГ) (қурилманинг частота берувчи генераторлари, SEC, SETS лари) дир. ИЧБГ лар икки турга бўлинади: транзит тармоқ таймерлари (TNC) ва локал (маҳаллий) тармоқ таймерлари (LNC)).

Регенераторларнинг генератори алоҳида гуруҳларга ажралиши мумкин. Улар нисбатан содда қурилмалар бўлиб, узатувчи йўналишларнинг тактли кетма-кетларини алоҳида таъминлашни амалга оширади. Одатда бундай қурилмалар, STM-N синхрон транспорт модулида ажралиб келган таянч сигналларини қабул қилади ва регенераторнинг барча блоклари, шунингдек чиқиш интерфейслари учун тактли сигналларни шакллантиради.

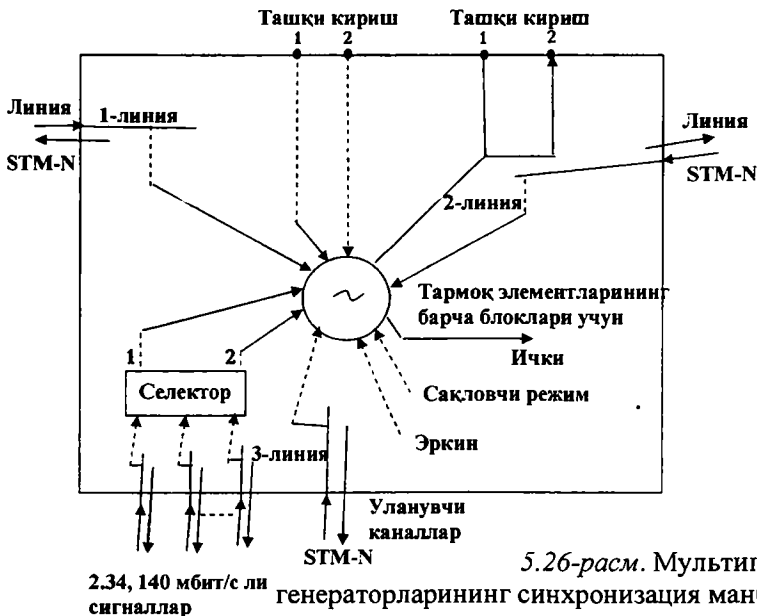
Регенераторларда ҳосил бўлувчи фазали флуктациялар жуда кичик бўлганлиги туфайли улар жуда узун занжирлардагина (50 регенераторгача) ҳисобга олинади. Шунинг учун ҳам регене-

раторлар синхронизация сигналлари учун шаффоф ҳисобланади 1 эталон занжирларда ҳисобга олинмайди.

Бирламчи эталон генератор мураккаб тизим бўлиб, уни сигналини частота мўътадиллиги жуда юқори. СРИ тизимлари бундай генераторлар сифатида таянч элементи рубидийли 1 цезийли лазерларга эга бўлган қурилмалар қўлланилади.

Иккинчи сатҳ генераторлари (синхронизацияни таъминловч блоклар, SSU), мультимплексорларга нисбатан ташқи қурилмалар ҳисобланади. Улар фазаги флуктуацияларни пасайтирилишини амалга оширади. Учинчи сатҳ генераторлари-мультимплексор генераторлари, (SEC ёки SETS) бўлиб, одатда жуда кў синхросигнал манбаларига уланиши мумкин. Мультимплексор генераторидаги синхросигнал интерфейслари тахминан қуйидигиларни кўрсатиши лозим:

Биринчидан, бир-бирига боглиқ бўлмаган икки ташқи кириш ташқи манбадан, масалан бирламчи генератордан синхросигнал олиши мумкин. Иккинчидан, линия сигналлари (STM-N) да ажратиб олинувчи, бундай таянч сигналлари мультимплексорларнинг линия киришларига тушади.



5.26-расм. Мультимплексор генераторларининг синхронизация манбалари

Учинчидан, уланувчи сигналлардан ажратиб олинган бу таянч сигнали синхрон (STM-1) бўлгани каби, плезиахрон (2,34, 140 Мбит/с) ҳамдир.

Агар барча ташқи синхросигналлар йўқолса, генератор сақлаш (hoilover) режимига ўтади, яъни генератор худди қотиб қолганга ўхшайди. Синхросигнал йўқолган лахзадаги частотадан, эркин тебранувчи частотага ўтиш нисбатан жуда секин амалга ошади. Эркин тебраниш режимида сигналнинг частота мўътадиллиги, генераторнинг шахсий кварц резонаторида аниқланади. Мультиплексор генератори, мультиплексорнинг барча блоклари учун тактли сигналлар ишлаб чиқаради ва ташқи чиқишларига синхросигнални, (масалан тармоқ тугунининг бошқа қурилмаларни синхронизацияси учун узатиши мумкин). Синхросигнал манбаларига лойиқ бўлган ҳар бир мультиплексорда синхросигнал пропорционал аниқланган. Масалан 5.26-расмда кўрсатилган генератор учун приротет қуйидаги тартибда белгиланиши мумкин: 1-ташқи кириш, 2-ташқи кириш; 1-линия; 2-линия; 3-линия; 2, 34, 140 Мбит/с ли сигналлар. Агар ташқи синхронизация манбаси олдиндан имкониятга эга бўлмаса, унда мультиплексор генератори, кварцли мўътадиллик (эркин тебраниш режими) га эга бўлган, боғлиқ бўлмаган генератор сингари конфигурацияланади.

МСОН мультиплексорлаш секцияси сарлавҳасининг S1 байтидаги 5-8 битларда берилган STM-N нинг шаклланиши учун қўлланиладиган, синхросигналнинг сифати (Q сатҳини белгиловчи код) автоматик холда киритилади.

Қуйидаги 5.3-жадвалда шу кодлар келтирилган.

5.3-жадвал

Q сифат сатҳи	код	Қийматлар
2	0010	Бирламчи эталон генератор, PRC
3	0100	Иккиламчи транзит генератор, TNC
4	1000	Иккиламчи маҳаллий генератор, LNC
5	1011	Маҳаллий генератор (сақлаш режимидаги мультиплексор генератори), SEC
6	1111	Синхронизация учун қўлланилмайди
0	0000	Сифати ноаниқ
Келгусида қўллаши учун кодернинг бошқа қийматлари		

Шуни ҳам ҳисобга олиш лозимки, сифат сатҳи (Q) одатд олдин чиқарилган қурилмаларга мос келади (унда ҳали S1 байтлар аниқланмаган).

Таянч синхронизация манбаларини танлаш учун қуйидаги конунлар қўлланилади:

1) барча уланувчи манбалар ичидан энг юқори сифатли манба танланади;

2) агар юқори сифатли манбалар сони бир нечта бўлса, эн юқори пропорцияга эга бўлгани танланади;

3) авария сигнали олинган манба (Q6) сифат сатҳига мо келади. Бу S1, битдаги кодга боғлиқ эмас.

4) берилган мультимплексор синхронизацияси учун таян сигнал ажратиб олинмаган, оқимга қарама-қарши йўналтирилган оқимнинг S1 байтида Q6 сифат сатҳи белгиланади.

5.5. SDH тизимларини бошқариш. Бошқариш иерархияси

5.5.1. SDH тизимларини бошқариш

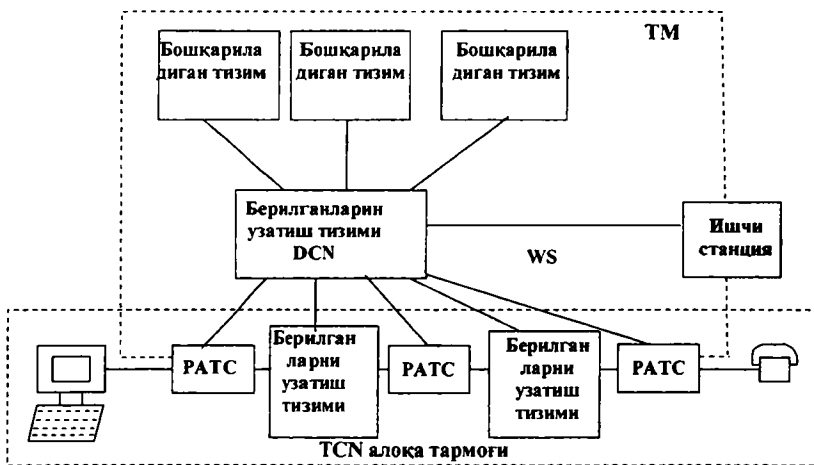
Ҳар қандай тармоқни функционаллаштириш, унинг ҳар хи сатҳларидаги хизматсиз мумкин эмас. Умумий ҳолатда тармоқ хизмати автоматик, ярим автоматик ёки қўлда бошқаришга, уни тестлаштиришга (авария ҳолатида) сигналнинг ўтиши ҳақидаги маълумотларни йиғишга ёки тизимни маъмурий бошқаришга олиш келади. Ўз навбатида бу функцияни тизимнинг ҳолати ҳақидаги турли сигнализацияларсиз тасаввур қилиш жуда қийин (масала авария ҳолати юзага келганлиги ҳақидаги сигнализация) Сигнализация, бошқарув тизими ва бошқариладиган тизимлар ёки тармоқ элементлари билан боғланган, шу канал учун захираланган махсус канал орқали амалга ошади.

Бошқариш муаммоларини ҳал қилиш учун, тармоқ моделини қайта ишлаш ва тармоқнинг турли участкаларини бошқариш функциясини қўллаш учун лозим бўлган алоқа интерфейсларининг турини аниқлаш лозим. PDH тизимлари алоқани махсус бошқариш каналларига, интерфейсларга ва модулнинг стандарт тавсифига эга эмас. SDH тизимлари эса ўзининг махсус бошқарув тизимига эга Бундай тизимлар ҳозирги даврда етарли даражада қайта ишланган моделларни тавсифловчи стандартга, интерфейсларга, блок функцияларига ва бошқарув каналларига эга.

Синхрон рақамли иерархия телекоммуникация тармоқларини бошқарувнинг умумий схемасини, ҳар бир сатҳ ўзининг маълум бир функциясини бажарувчи тўрт сатҳли бошқарув модели деб тасаввур қилиши мумкин. У қуйидаги сатҳлардан иборат:

- бизнес менежмент (тармоқнинг иқтисодий самарадорлигини бошқарувчи юқори сатҳ-BOS);
- сервис-менежмент (тармоқни сервис бошқариш сатҳи -SOS);
- тармоқ менежменти (тармоқ ни бошқарувчи тизим сатҳи-NOS);
- элемент менежмент (ЕМ элемент менежерларнинг паст сатҳи ёки EOS тармоқ элементларини бошқариш тизими).

Бундай иерархияда ҳар бир юқори сатҳнинг функционаллашиши, шу сатҳлар орасидаги интерфейслар орқали узатиладиган, паст сатҳнинг ахборотига асосланган.



5.27-расм. TCN телекоммуникация тармоқларини бошқаришнинг умумий схемаси.

Элемент менеджер ЕМ, NE алоҳида тармоқ элементларини бошқаришни амалга оширади яъни тармоқнинг элементлари (мультиплексор, коммутатор, регенераторлар ва ҳоказолар) орқали амалга оширилади. Унинг вазифаси:

- тармоқ элементларининг конфигурацияси - конфигурация параметрларини жойлаштириш, масалан каналларни белгилаш, триб интерфейсларини тақсимлаш, аниқ вақтни белгилаш;

- мониторинг-ишга қобилиятлилик даражасини аниқлаш, йиғиш ва авария ҳолатида юзага келган сигналларни қайта ишлаш;

- узатиш функциясини бошқариш, тармоқни функционал-лаштиришга жавоб берувчи операцион параметрларни бошқариш, аниқроқ қилиб айтганда интерфейс ҳолатини текшириш, захира қурилмага ўтказиш учун химоя тизимининг фаоллиги;

- TMN функциялари орқали бошқариш -авария ҳолати юзага келганлиги ҳақидаги сигналларнинг оқимини бошқариш, бундай хабарлар юзага келган манзилни аниқлаш, хатоликларни филтрлаш мезонининг шаклланиши, хизмат каналлари бўйича ахборотли пакетларни маршрутлаштириш, синхронизация сигналларининг генерацияси ва мониторинги;

- тармоқ элементларини тестлаштириш - берилган қурилма тури учун характерли бўлган тестларни ўтказиш;

ажратилган қатлам рамкасида NE локализацияси - NE сервисларини амалга ошириш ва NE дан келган ахборотларни қайта ишлашдан иборат.EM функцияси, OS бошқарув тизими боғлиқ бўлмаган функцияга ўхшашдир. Бунда аниқ NE да, берилган EM ёрдамида, OS қўллаб-қувватлаши ёрдамида сервис интерфейси орқали функциялар амалга ошади. Бундай функцияларни амалга ошириш учун барча NE лар маълум бўлиши ва маълум бир OS билан фарқланиши лозим. Агар бир неча OS лар бир хил сервис интерфейсларини қўлласа, унда бундай ҳолатда элемент менеджер бир неча OS ларга тарқалиши мумкин. У, 5.27-расмда кўрсатилган.

Тармоқ менеджери NM ёки NMS тармоқни бошқариш тизими, тармоқ сатҳини бошқаришга ёки тармоқни бутунлигича бошқаришга мўлжалланган. Менеджер бу сатҳда, элемент-менеджер бошқарадиган, бажарадиган вазифаси нуқтаи назаридан қараладиган алоҳида элементни аниқлайди.

NM эса NE нинг қуйидаги функцияларини қўллайди:

- алоқа функцияси, коммутациялаш имкониятига эга бўлган барча элементлар орқали амалга ошади;

- мультиплексорга имкон берувчи функция, мультиплексорлар орқали амалга ошади;

- секциянинг узатиш функцияси, қўлланиладиган алоқа нукталари орасида ёки ўзининг мультиплексорлари орасида амалга ошади.

Тармоқ менеждери қуйидаги функцияларни амалга оширади:

- мониторинг функцияларини қўллаган ҳолда узатиш маршрутини, узатиш сифатини ва алоқани ўзининг имкониятини текшириш, (бунда OS ўзи қўлланилиши мумкин ёки EM операция тизимини қўллаши мумкин);

- тармоқни технологик бошқариш-узатиш маршрутларини улаш учун алоқа функциясини бошқариш;

- ажратилган қатламлар рамкасидаги локализация, ҳар бир берилган қатлам учун NE дан тушувчи ахборотларни қайта ишлаш ва NM сарлавҳасини амалга ошириш;

- NM нинг ҳар бир қатламида SM сервис менеждер қатлами учун маршрутларни таъминлаш;

- сервис менеждер-тармоқ сервисини одатдаги турларини таъминлаш яъни у қўйидаги функцияларни бажаради:

- мониторинг-сервисни амалга ошириш имкониятини текшириш, шунингдек NM қатламларида тайёрланган узатиш маршрутларига имконият яратиш;

- бошқариш, сервис тавсифлари орқали бошқариш, шунингдек, узатиш маршрутларини ўзгартиришлар;

- ажратилган қатлам рамкасида локализация - бунда SM сервиси ва NM дан тушган ахборотларни қайта ишлаш амалга оширади.

Бизнес-менеждер, сервис турларининг мониторинги ва бошқаришни таъминлайди.

Элемент менеждер

Элемент-менеждер EM-бу дастурий маҳсулот бўлиб, SDH тармоғининг алоҳида элементларини бошқариш ва мониторинги учун, SDH қурилмаларини ишлаб чиқарувчилар томонидан қайта ишланган. У яна тугун менеждери (NM) деб ҳам аталади, чунки у SDH нинг бир нечта элементлари (мультиплексорлар) дан иборат бўлган, SDH тармоқларининг тугунларини бошқаради.

Элемент-менеждер, қуйидаги асосий вазифаларни амалга оширади:

- тармоқнинг янги тугунларини конфигурациялаш;

- тахминан конфигурацияланган тармоқ тугунидан конфигурацияни ўзгартириш;

- тугунларнинг ҳолат мониторинги ва тармоқ тугунларининг ишлаб чиқариш тавсифлари.

Энг асосийси ЕМ ни нафақат локал тармоқларда қўллаш мумкин, балки тармоқнинг узок тугунларида ҳам қўллаш мумкин. Уни яна майдон шароитида тармоқ трассасида таъмирлаш ишларини амалга ошириш ва тугунларни функционаллаштиришни назорат қилиш учун ҳам қўллаш мумкин.

- Элемент-менеджер (ЕМ) дан яна ҳар хил OS бошқаришларни қўллаган ҳолда компьютерларда фойдаланиш мумкин. ЕМ да ишлаш жараёнида олинadиган ахборот, файлда ёки SDH тармоқларининг NM тармоқ менеджерларида қўлланиладиган, берилганларнинг базасида сақланиши мумкин. ЕМ одатда Ethernet локал тармоқларга уланиш учун мўлжалланган интерфейс ва Q3 протоколи билан ишлаш имкониятига эга.

- тармоқда синхронизацияни бошқариш учун ҳам ЕМ дан фойдаланилади. Унда у қуйидаги функцияларни амалга оширади:

- эталон сифатида қўлланилган манбаларни белгилайди;

- эталон манбаларни танлашда приоритетни белгилайди;

- 2 Мбит/с ли узатиладиган сигнал сифатини ва унга мос келувчи 2 МГц частотали синхронизация сигналларини белгилайди;

- STM-N нинг ҳар бир интерфейснинг белгиланган сифат сатҳи, ёки SSM синхронизация статуси хабарини қўллаш имконияти танланади;

- ташқи интерфейсдан жўнатиладиган таймер сигналл танланади.

ЕМ, синхронизация тизимининг ишини учта режимини қўллаши мумкин:

- приоритетларга мос ҳолда шаклланган рўйхатдаги эталон сифатида қўлланиладиган синхронизация манбаларини энг яхшисини танлаш имконияти учун приоритет рўйхатини қўллаш режими;

- синхронизация манбаини қўлда танлаш режими;

- синхронизацияни ушлаб қолиш режими.

Элемент-менеджерлар, тармоқни конфигурациялаш жараёнида шаклланувчи махсус кросс-уловчи жадвал бўйича кросс-уланиш конфигурацияланишини ҳам амалга оширади. Бундан ташқари авария ҳақидаги мониторинги ҳам ЕМ дисплей экранида

дастурлаштириш йўли орқали акс этиши мумкин. Бунда экранда куйидагилар пайдо бўлади:

- авария ҳолатидаги манба;
- мураккаблик даражаси ва муаммолар статуси (индикаторини ҳар хил рангларида фойдаланган ҳолда);
- берилган тугунга тегишли бўлган авария хабарларининг рўйхати;
- берилган блокка тегишли бўлган авария хабарларининг рўйхати;
- бўлиб ўтган ходисалар журнали log, яъни маълум бир вақтда рўй берган барча авария хабарларини рўйхати акс этган, шу жумладан ўчирилгани ҳам.

Тармоқ менеджери

Тармоқ-менеджери NM-бу амалий дастурий маҳсулот бўлиб, бутун SDH тармоқларини бошқариш ва мониторинги учун, SDH курилмаларини ишлаб чиқарувчилари яратган. У бир қатор бошқариш функцияларини ва US1 модемини тармоқ сатҳи рамкасида тармоқни бошқариш вазифасини амалга оширади. Уларга куйидагилар киради:

- трактни узатиш йўналишини текшириш мониторинги;
- тармоқ топологиясини бошқариш;
- тармоқ сервисини амалга ошириш ва NE тармоқ элементидан ахборотни қайта ишлаш;

NM томонидан амалга ошириладиган функциялар бир қатор: ITU-T Rec. G 784, M 310, X 217, X 227, X 219, X 229, ISO 09595, ISO 959. таклиф ва стандартларига мос келади. NM куйидагиларни амалга оширади:

- авария хабарларини қайта ишлаш;
- ишчи тавсифларни бошқариш;
- конфигурацияни бошқариш;
- тармоқни дастурий хизматини ва унинг элементларини бошқариш;
- тизим хавфсизлигини бошқариш;
- маъмурий бошқариш.

NM иккита иш режимга эга: бошқариш режими (master mode) ва мониторинг режими (monitor mode).

Бошқариш режими-сақланган файл конфигурациясини импорт имкониятларидан ташқари, бошқариш режимини тўлиқ имкониятларини таъминлайди. Мониторинг режими-тизимнинг ишга

қобилиятлилик кўрсаткичини йиғиш ва баҳолаш орқали амалга ошади.

НМ да ишчи тавсифларни бошқариш, тармоқ менеждериг; имконият беради:

- тармоқнинг муҳим бир элементининг тавсифи бўйича якуний маълумотларга эга бўлган ойнани очиш ва қараб чиқиш;

- аниқ бир элементнинг ишчи тавсифларини ўзгариш динамикасини қараш;

- QOS хизмат сифати тавсифларини аниқлаш учун қўлла ниладиган вақт бўйича ораликни белгилаш;

- ишчи тавсифларни аниқлашда қўлланилган хисоблагичларни олдинги ҳолатига қайтариш;

- мониторинг жараёнида қўлланиладиган параметрларнинг қийматларини шакллантирувчи мумкин бўлган чегарани белгилаш;

- VC-4 турдаги объект учун мониторинг маълумотларини йиғиш;

- НМ да конфигурацияни бошқариш қуйидагича амалга ошади:

- тармоқдан тармоқга, элементларига (тугунларига) қўшиш (олиб ташлаш);

- тармоқ тугунларининг элементлари гуруҳини яратиш ва тўғрилаш.

Тармоқда, берилган оқимларнинг маршрутларини бошқариш қуйидагича амалга оширилади:

- берилган оқимларнинг маршрутлари, тармоқ топологиясини мультителексор турини, мижозларнинг терминал нукталаринини манзилни, берилган каналларнинг талаб қилинган ҳажмини, ва бошқа ахборотларни қўллаган ҳолда автоматик режимда шакллантиришни;

- берилган оқимларнинг шаклланишини, алоҳида участкаларда мавжуд бўлган SDH тармоқларининг ресурслари ҳақидаги маълумотни ва чегараланишни қўллаган ҳолда янгилаш, сошлаш;

- РОН VC паст сатҳ мониторинги нуктасининг вазифаси асосида берилган мониторингни амалга ошириш.

Берилган оқимларнинг қуйидаги ҳимояларини шакллантириш: ҳимоясиз, тўлиқ (икки томонлама) қисман, SNCP туридаги, берилган оқимларни сервис сатҳида ҳимоялаш;

- трафикни реконфигурациялаш ва берилган оқимларни қайта тиклаш.

Тармоқнинг дастурий хизматини бошқариш ва унинг элементларини тестлаштириш қуйидагича амалга ошади:

- танланган элементлар тугунининг диагностикасини амалга ошириш;
- бошқариш тизимини қайта юкланишини амалга ошириш;
- танланган объект учун авария хабарлари оқимини ва сигнал йўқолишларини сунъий номлаш ва AIS, ERF сигналларини жўнатиш;
- фаол ҳалқани ҳимояга автоматик уланишини блакировкалаш;
- фаол ҳалқани захирага қўлда (улаш) ўтказишни амалга ошириш;
- синхронизация манбасини танлашни амалга ошириш;
- TCM ҳимояловчи трибларининг матрицалари ёрдамида триб карталарни захирага ўтказишни амалга ошириш;
- SDH TCM операциясини қўллаш учун VC виртуал контейнерлар сатҳидаги операцияни амалга ошириш лозим.

Тизим хавфсизлигини бошқариш эса қуйидагича амалга ошади:

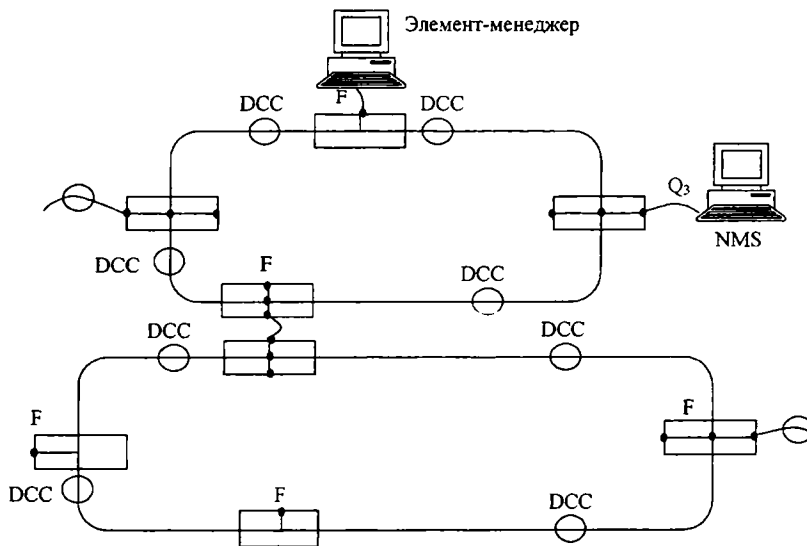
- паролни белгилаш ва ўзгартириш;
- имкониятга эга бўлган фойдаланувчиларнинг рўйхатини ўзгартириш;
- маъмурият тизими, имкониятли фойдаланувчиларнинг иерархия сатҳини ишлаб чиқиш.

5.5.2. DCC каналлари асосида тармоқни бошқариш

Амалда қўлланиладиган икки сатҳли SDH тармоқларини бошқариш схемасини қараб чиқамиз. Масалан: бир нечта тугун мультиплексорларидан ташкил топган SDH ҳалқасида, ҳалқаларни ва тугунларни улашни SMN шаклантиради. Бундай уланишларни бошқаришни SDH қурилмаларининг ўзи таъминлайдиган DCC каналларини қўллаш ёки X.25 ва Ethernet тармоқларида қўлланиладиган, тугунлар орасидаги ташқи кабелларни қўллаш орқали амалга ошириш мумкин. Ҳар қандай ҳолда ҳам ҳар бир тугун бошқариш имкониятига эга бўлиши лозим. Бошқариладиган тармоқнинг анчагина муҳим учаскаларини ҳимояси учун захирани қўллаш мумкин.

Бошқариладиган тармоқларнинг маршрути масалан, охириги ва оралиқ тизимлар орасидаги алоқа иловалари ёки (IS-IS) оралиқ тизимлар орасидаги алоқа иловалари асосида амалга ошади. Бундай иловалар Q₃ хизмат интерфейсининг иловасидан олинади. Бу

тармоқ инсталляцияси жараёнидаги каби, тармоқда хатолик юза келганда яъни тармоқнинг бирор звеноси носоз бўлганда альтернатив маршрутни қўллаш орқали автоматик маршрутлаштиришни таъминлайди. Маршрутлаштириш схемаси, конфигурация ўзгарганда автоматик ҳолда ўзгариши лозим. Бунда битта тугун учун, маршрутлаштириш вақти катта бўлмаслиги учун иккита ёки учта DCC каналлари қўлланилади. Агар лозим бўлса уларни сонини еттигагача ошириш мумкин. SDH тармоқларини бошқариш қуйидаги схемада берилган: 5.28-расмда, Q_3 интерфейси орқали SDH тармоғини локал тармоқ билан улайдиган, SDH тармоқларини бошқаришни амалда қўлланиладиган схемаси берилган. У, EM-элемент менеджери (бошқаришнинг паст сатҳи)га эга бўлган тўрт мультиплексорли иккита ҳалқадан ташкил топган бўлиб, F интерфейси ва NMS тармоқ менеджери (бошқаришнинг юқори сатҳи) орқали уланган.



5.28-расм. SDH тармоқларини бошқариш схемаси.

Бу локал (берилган ҳалқа учун) ёки марказий менеджер бўлиши мумкин. Шунингдек ҳалқа, Q_3 интерфейси орқали бошқариш контури бўйича ўзаро бир-бири билан уланган.

Тармоқнинг ҳар бир тугуни, NSAP тармоқ сервисининг уланувчи нуқталари ўзининг манзилига эга бўлиши лозим. У жуда ажойиб ва уни ЕМ га ёки NMS га уланганда тугун идентификацияси учун хизмат қилади.

Аниқ бир тармоқларни бошқаришда, бошқариш имкониятига эга бўлган тугун (мультиплексор) ларнинг максимал сони, энг асосий параметрлардан биридир. Масалан бу сон 100 га тенг. Агар тармоқ ўсиши натижасида тугунлар сонининг кўрсаткичи ошса, унда бошқариладиган тармоқ, бошқариладиган элементлар сони кичик бўлган областга бўлинади. Агар бундай бўлиниш лозим бўлса, у ҳолда бир катор чегараланишлар ҳисобга олинади. Одатда бундай бўлинишлар маршрут бўйича қўлланиладиган кўрсатмалар асосида амалга оширилади. Бўлинишларни амалга ошириш учун қуйидагиларни билиш лозим:

- бир нечта областларга эга бўлган бошқариш тармоғи учун қулай топологияни танлаш. (масалан юлдузча топологиясини);
- областни бошқариш, SDH нинг транспорт тармоқлари топологияси билан ҳеч қандай умумийликка эга эмас;
- ЕМ сифатида норматив компьютерни қўллаган ҳолда, норматив компьютернинг NSAP манзилини областдан областга ўтказганда ўзгартириш мумкинлигини эсдан чиқармаслик лозим.

NSAP манзили: бошланғич ва ўзига хос икки қисмдан иборат (ISP ва DSP). Бошланғич қисм IDR ўз навбатида икки майдондан ташкил топган: идентификатор AFI формат майдони (1 байт узунликдаги) ва IDI бошланғич идентификатор (2 байт узунликдаги). Специфик қисмнинг тузилиши (DSP) IS-IS иловага мос келади (бизнинг мисолимизда маршрутизатор сифатида).

Бир областнинг ичидаги бошланғич қисм ва АЛ област манзили (10 байт узунликда) доимийдир. Фақатгина SID тизим (6 байт узунликдаги) идентификатори бир областни ичида тугундан тугунга ўзгаради, лекин ўлчови доимий қолади.

Энди бошқариш учун Ethernet тармоғини қўллашни қараб чиқамиз. Локал тармоқ сифатида Ethernet, стандарт кабеллар ёрдамида уланиши мумкин. Ethernet тармоқларидаги максимал тугунлар сони (битта станция эга бўлган) чегараланган (масалан битта функционал вазифага эга бўлган битта ёки бир нечта тугун).

Ethernet тармоқларига уланган SMN тармоқларидаги тугунлар сони чегараланган, масалан 15 тагача бўлиши мумкин. Ethernet тармоқларида ҳосил бўлган бундай «оролчалар» кўприксимон

кўринишда уланиши мумкин, бундай уланишлар худди Ethernet тармогининг кўшимча уланиши каби ҳисобланади.

Энди хизмат каналлари ва ташқи интерфейсларнинг ишини қараб чиқамиз. Бизга маълумки STM-N фреймининг SOH ва POH сарлавҳаси, ҳар хил хизмат каналларини шакллантириш учун қўллаш мумкин бўлган етарли даражадаги жуда катта захира ҳажмга эга. сарлавҳанинг умумий ҳажми 90 (81+9) байтни ташкил этади. Ҳар бир байтни қўлланилиши 64 кбит/с ҳажми каналнинг шаклланишига эквивалентдир. Кўрсатилган ҳамма байтлар уч турга бўлинади:

- SDH қурилмаларидан фойдаланувчилар қўллана олмайдиган байтлар;
- хизмат мақсадида ёки хизмат каналларини яратиш учун қўлланиладиган махсус байтлар. Унга масалан: регенерациялаш секциясининг хизмати учун, тезлиги 192 кбит/с га эга бўган DCC канали (D₁, D₂, D₃), мультимплексорлаш секцияси хизмати учун 576 кбит/с A₄, DCC_m (D₄- D₁₂) каналлари бундан ташқари яна E₁, E₂ ва A₁, A₂, 4 байт мавжуд бўлиб, 64 кбит/с ҳажмли тўртта канални яратиш учун захираланган;
- фойдаланувчининг имкониятли байтлари бўлиб, лекин функция стандарт бўйича регламент қилмаган.

Байтларнинг кейинги икки гуруҳи, хизмат каналларини ва SDH қурилмаларидан фойдаланувчилар уланиши учун лозим бўлган ташқи интерфейсларга коммутациялашни ҳосил қилиш учун гуруҳлаштирилиши мумкин. Бундай интерфейсларнинг сони (худди шундай гуруҳлаштириш вариантлари ҳам) қурилмани ишлаб чиқарувчиларга боғлиқ. Масалан Nokia компанияси STM-1,4 сатҳдаги мультимплексорларда, 4-6 шундай интерфейсларни таъминлайди.

Бундай интерфейсларни яратиш ва жуда катта берилганлар мажмуаси, V.11 интерфейслари ёрдамида SDH мультимплексорларига, 64 кбит/*с ли бошқарув каналларини улаган ҳолда, 12, 34 OH Фрейм сарлавҳаларининг байтлари асосида фойдаланувчидан шаклланган PDH қурилмаларини SDH тармоғи ёрдамида бошқаришни амалга оширади. Бу ягона бирлашган тармоқ асосида гибрид PDH-SDH мажмуаларини бошқариш имконини беради ва PDH қурилмаларидан фойдаланиш даврини оширади.

5.6. Тармоқ архитектурасининг тузилиши

5.6.1. TMN архитектураси

Куйидаги 5.29-расмда телекоммуникация тармоқларини бошқариш архитектураси кўрсатилган. Бунда функционал блоклар факатгина ўзининг функцияси (Q, NEF, ME, QAF, OSF, WSF) ни, бундан ташқари бу блоклар (НО-лозим бўмаган) функцияларни ҳам бажаради.

Куйидаги 5.4-жадвалда TMN блоклари ва уларнинг бажарадиган функциялари берилган. 5.29-схемада OS бошқариш тизими X, F, Q₃ мос келувчи таянч нукталари билан интерфейсининг 3 та тури орқали телекоммуникация тармоқлари билан боғланади. Бу ерда боғланиш OS-1, 1-3 сатҳида қўлланиладиган илова ва DSF функциясини сакловчи, берилганларни узатувчи DSN тармоғи орқали амалга ошади. DSN ҳар хил, ўзаро бир-бири билан боғланган тармоқлардан тузилиши мумкин.

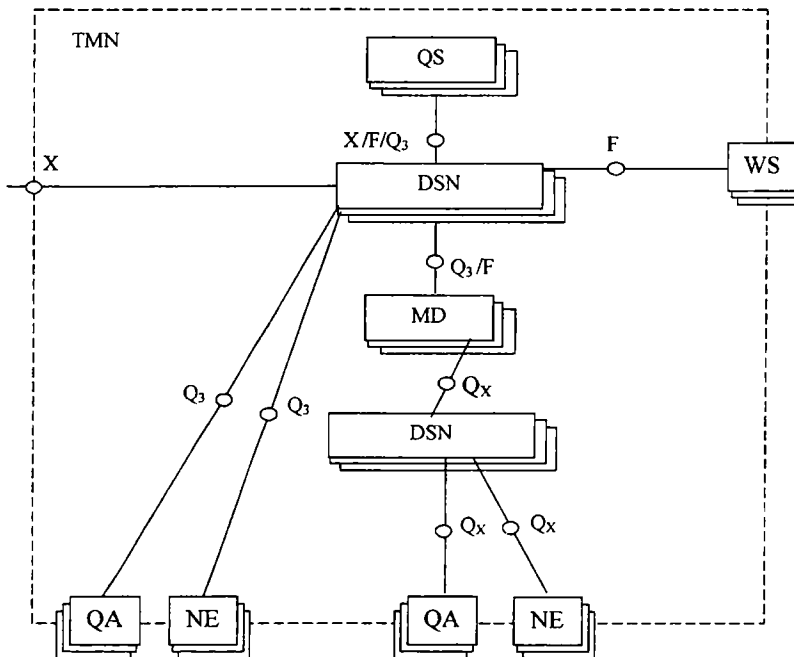
5.5-жадвал

TMN блоклари	Бажарадиган функциялари				
	NEF	MP	QAF	QSF	WSF
NE	0	НО	НО	НО	НО
MD	-	0	НО	НО	НО
QA	-	-	0	-	-
OS	-	НО	НО	0	НО
WS	-	-	-	-	0

Масалан: SDH тармоқларида DCC кўринишида бўлиши мумкин. F интерфейси орқали DSN тармоғи, тармоқни бошқарувчи монитор вазифасини ўтовчи WS ишчи станция билан боғланиши мумкин. X интерфейси DSN ни ташқи дунё билан боғлаши мумкин. Q₃ интерфейси орқали DSN, NE элементи ёки QA адаптери билан тўғридан-тўғри боғланиш мумкин. У TMN интерфейси билан мослашмаган қурилмаларни улаш имконига эга.

Ва ниҳоят Q₃ ва F интерфейслари орқали MD қурилмасига уланади. MD қурилмаси, ўз навбатида Q_x интерфейси орқали бошқа DSN ларга уланиши мумкин. (WS-ишчи станция яъни шахсий компьютер, OS-тизим операцияси, DSN-берилганларни узатиш тизими, MD-медиатор, NE-тармоқ элементлари: QA, X, F, Q₃, Q_x-интерфейслар).

Ҳар қандай бошқариш тармоғи ўзига бир нечта ишч станцияларни бирлаштириб олиши мумкин (битта шахси компьютерни, бир нечта берилганларни узатиш тизимини ёк интерфейсларни).



5.29-расм. Телекоммуникация тармоқларини бошқаришнинг умумий архитектураси.

Физик архитектура эса, функционал архитектура элемент ларига мос келувчи функцияни амалга оширади.

Назорат саволлари

1. E1 юклама оқимидан STM-1 синхрон транспорт модулига ўтиш қандай амалга ошади?
2. STM-N фрейми қандай тузилган?
3. Секция сарловҳаси қандай тузилган ва у қандай функцияларни амалга оширади?

4. AU кўрсаткичининг вазифаси нимадан иборат?
5. PON тракт сарлавҳасининг вазифаси нимадан иборат?
6. SDH да рақамли линия сигналлари қандай шаклланади?
7. SDH да оқимларни мультиплексорлашнинг умумий схемасини тушунтиринг.
8. SDH да юқори тартибли рақамли оқимлар қандай олинади?
9. Виртуал контейнер (VC) ларнинг вазифаси нимадан иборат?
10. Маъмурий блок кўрсаткич (AUP) ларининг вазифаси нимадан иборат?
11. Синхрон рақамли тармоқларнинг қандай қурилмаларини биласиз?
12. Терминал мультиплексорларнинг вазифаси нимадан иборат?
13. Кириш/чиқишли мультиплексорларнинг вазифаси нимадан иборат?
14. Синхрон рақамли иерархия регенераторларининг вазифаси нимадан иборат?
15. Синхрон рақамли иерархия коммутаторларининг вазифаси нимадан иборат?
16. Синхрон рақамли иерархия концентраторларининг вазифаси нимадан иборат?
17. Синхрон рақамли иерархиянинг қандай базавий топологияларини биласиз?
18. «Нуқта – нуқта» топологияси қандай ташкил қилинади?
19. «Кетма-кет линия занжири» топологияси қандай тузилган?
20. Концентратор функциясини қўлловчи «юлузча» топологиясини қачон қўллаш мумкин?
21. «Ҳалқа» топологияси қандай ташкил қилинади?
22. «Ячейкали» топологияни қачон қўллаш мумкин?
23. Синхрон рақамли тармоқларда қайси топологияни қўллаган яхши?
24. Рақамли тармоқларда синхронизация қандай аҳамиятга эга?
25. Синхросигнал манбаларининг қандай асосий параметрларини биласиз?
26. Генератор частотасининг аниқлиги деганда нимани тушинасиз, мўътадиллик дегандачи?
27. ТПЕ (вақт оралиғи хатолиғи) деганда нимани тушинасиз?

28. MTIE (вақт оралиғини максимал хатолиги) деганда ниман тушинаси?
29. VAR (вақт бўйича вариация), TDEV (вақт бўйича девиация) деганда нимани тушунаси?
30. Синхронизация тизимларининг қандай асосий параметрларини биласиз?
31. Синхронизация сигналларининг мўътадиллиги қачо бузилади?
32. Джиттер, вандер қачон юзага келади?
33. Синхрон рақамли телекоммуникация тармоқлари қанда бошқарилади?
34. Телекоммуникация тармоқларини бошқариш архитектурасини тушинтириб беринг.
35. TMN архитектураси қандай тузилишга эга ва ун элементларининг вазифаси нимадан иборат?

VI БОБ. ТЎЛҚИНЛИ ЗИЧЛАШТИРУВЧИ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

6.1. WDM технологияси

6.1.1. WDM технологиясининг афзалликлари ва камчиликлари

Толали оптик тармоқлар, SDH/SONET иерархиясини қўллаган ҳолда узатиш тезликларини ошириш бўйича ривожланди. Натижада кам каналли узатиш тезликларидан, тезлиги 155 Мбит/с бўлган синхрон рақамли иерархиянинг STM-1 тизимига, ундан кейин тезлиги 622 Мбит/с бўлган STM-4 тизимига ва тезлиги 2.5 Гбит/с бўлган STM-16 тизимига ўтиш амалга ошди. Жадаллик билан ривожланиш зарурияти Internet трафикларига яъни унинг хизмат турларига бўлган қизиқиш билан боғлиқдир. Internet тармоқларига уланувчи каналлар ҳажмининг ошиши ўз навбатида фойдаланувчиларга мультимедиялардан фойдаланиш имконини беради. Бу эса тармоққа уланувчи операторларнинг сонини оширишга мажбур қилади ва натижада каналлар сони сингари уларнинг узатиш тезликлари ҳам ошади. Бундай тезликлардан фойдаланиш учун STM-64, STM-256 технологиялари яратилди. Лекин маълумотларни узатиш ҳажмининг янада ошиши ва мавжуд бўлган оптик толалар орқали ўтказувчанлик қобилиятининг тез тўлиши яна муаммоларни юзага келтирди.

Алоқа соҳасида ахборотларни узатиш тезлигини ошириш нуқтан назаридан талабларнинг ошиши, шунингдек янги регионларни қамраб олиши янги оптик толали технологияларни, айниқса каналларни тўлқин бўйича мультимплексорловчи (зичловчи) WDM ва DWDM деб аталувчи технологияларни яратилишига олиб келди. WDM (wavelength division multiplexing) тўлқин узунлиги бўйича ажратишга эга бўлган мультимплексорлаш, DWDM (dense wavelength division multiplexing) - тўлқин узунлиги бўйича ажратишга эга бўлган зич мультимплексорлаш маъносини англатади.

Бундай технологиялар, толали оптик каналларнинг ва алоқа тармоқларининг ўтказувчанлик қобилиятини юз мартагача ошириш имконини беради. Охириги йилларда уларни вақтли зичлаштирувчи технология (TDM) лар билан биргаликда қўллаш орқали, битта

оптик тола бўйлаб ахборотларни узатишни терабит тезлигигга етказиш мумкин.

Ётқизилган кабеллар бўйича толанинг оптик ўтказувчанлиқ қобилиятини икки усул орқали ошириш мумкин: каналнинг узати тезлигини, анчагина тез вақтли зичлаштиришни қўллаш ҳисоби ёки WDM-технологияларини қўллаб, бир оптик тола бўйлаб сигналларни узатишни амалга оширувчи тўлқинли каналларни сонини ошириш ҳисобига.

Биринчи вариантни қўллаш, синхрон рақамли иерархия (SONET/SDH) тизимлари қўлланиладиган узоқ масофали алоқ тармоқларида, бир қанча кийинчиликлар билан боғлиқ, яъни узатиш тезлиги 40 Гбит/с дан юқори бўлган охириги аппаратлар билан зудлик билан қимматлашишига олиб келади. Ҳозирги вақтда амалда ахборотларни узатиш тезлиги 10 Гбит/с тезликка эришилган TDM каналлари қўлланилмоқда. 40 Гбит/с тезликли TDMA каналларини қўллашни таъминловчи аппаратуралар яратилмоқда ва такомиллаштирилмоқда. Бундан ташқари кўпгина ҳолларда ётқизилган оптик толалар 10 Гбит/с дан юқори бўлган тезликда ахборотларни узатиш имконини бермайди, чунки уни ётқизиш толали оптик кабел таркибида, ахборотларни бундай узатиш тезлигида толада юзага келадиган бир қатор таъсирлар назарда тутилмаган.

Биринчидан, толада ёруғлик импульсларининг кенгайиши олиб келувчи дисперсиянинг мавжудлиги ахборотни узатиш тезлигининг чегараланишига олиб келади. Бир модалли оптик толаларда тўлиқ ҳолдаги дисперсия, хроматик ва поляризация модалли дисперсия (ПМД) лардан иборат. Хроматик дисперсия киймати, тескари ишорали дисперсияга эга бўлган бир бўла толали линияга улаш йўли билан камайтириш мумкин. ПМД, киймати, технологияларнинг такомиллашмаганлиги туфайли юзага келувчи, тасодифий характерга эга бўлган, думалоқ шаклдаги ёруғликни ўтказувчи толали кўндаланг кесимининг ёғиши боғлиқ. Шунинг учун ҳам доимий равишда дисперсияни компенсациялаш имкони бўлмайди.

Иккинчидан, узатиш тезлигининг ошиши билан фото қабул қилувчи қурилмаларининг сезувчанлиги ва ёруғлик сигналларининг элтувчисини ахборотли сигналлар билан модуляцияланиш чуқурлиги пасаяди, натижада сигналнинг шовқинга бўлган нисбат ҳам камаёди. Бундай таъсирларни компенсациялаш учун қўшим

равишда оптик сигнал кучайтиргичлари ва регенераторлари ўрнатилади. Буларнинг барчаси оптик аппаратураларнинг мураккаблашишига ва унинг нархини ошишига олиб келади.

Толали оптик алоқа линиялари бўйича ахборотларни узатиш тезлигини ёки ахборот ҳажмини оширишнинг бошқа йўли ҳам мавжуд. Бу тўлқинларни мультиплексорлаш, яъни WDM-технологиясини қўллашдир. WDM қўлланиладиган тизимлар бир вақтнинг ўзида кенг спектрдаги оптик нурланишларни ўтказувчи оптик тола қобилятига ёки интерференцияланмайдиган ва ўзаро боғланмаган тўлқин узунликларининг жуда катта мажмуасига асосланган. Ҳар бир тўлқин узунлиги ёки шу спектрнинг тўлқин узунлигининг аниқ бир диапазони, тола бўйлаб ахборотларни узатувчи ўзаро боғлиқ бўлмаган оптик канал бўлиб хизмат қилади.

Ҳозирги вақтда қўшни тўлқинли каналларнинг тўлқин узунлиги жуда кичик нанометрларни ташкил этади.

Охириги йилларда бундай технологияларнинг ривожланиши, дуплекс режимда (бир вақтнинг ўзида икки томонлама йўналишда) бир тола бўйлаб бир-бирига боғлиқ бўлмаган юзлаган оптик каналларни узатувчи толали оптик тизимларни ва тармоқларни яратиш имконини берди.

WDM технологиясининг афзаллиги::

- каналларнинг ўтказувчанлик қобилятининг юқорилиги;
- маълумотларни узатиш тезлигининг юқорилиги;
- битта оптик тола орқали трафикларни икки томонлама узатиш имконининг мавжудлиги;
- тор оралиқли ярим ўтказгичли лезерлардан фойдаланиш имконига эгаллиги (спектрнинг нурланиш кенглиги 0.1 нм);
- кенг полосали кучайтиргичлардан ва яқин каналларни ажратишда оптик филтрлардан фойдаланиш имконияти;
- қўлланиладиган мультиплексор ва демультиплексорлар нархинининг арзонлиги.

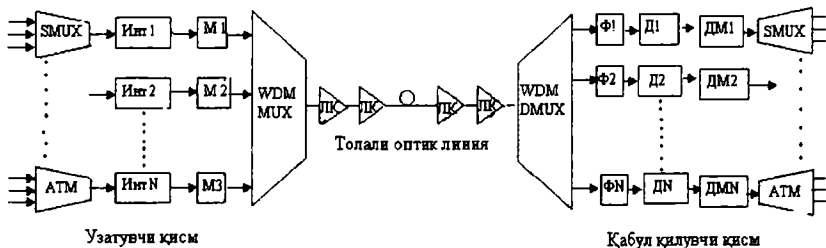
WDM технологияси камчиликлари:

- яқин частоталарни қўллаганда DWDM тизимларининг энг қимматбаҳо элементларидан бири бўлган, ишлаб чиқарадиган нурларнинг юқори мўътадилли тўлқин узунлиги бўлиши таъминловчи тор оралиқли ярим ўтказгичли лазерларни таъминлаш қилиши;

- мультиплексор/демультиплексорларда сигнал кувватининг заифлашиши;
- кўп ҳолларда WDM қурилмаларининг ва вақтли мультиплексорлаш қурилмаларининг ишчи тўлқин узунликларини мос келмаслиги;
- коммутация тугунлари сифатининг пастлиги;
- саноат стандартларининг мавжуд эмаслиги;
- маълумотларни узатишда турли технологияларнинг маълумотларини мультиплексорлаш лозимлиги туфайли бошқариш муаммоларининг юзага келиши;
- бир нечта ташувчиларни бир вақтда узатиш нафақат сигналнинг заифлашишига, балки унинг бузилишига ва бошқа каналларнинг сигналларини ўтишига ҳам олиб келади.

6.1.2. WDM тизимининг тузилиши

Ҳозирги пайтда WDM маълумотларни узатувчи аналог тизимлар каби оптик синхрон тизимларда ҳам тўлқин бўйича мультиплексорлаш (FDM) вазифасини ўтайди. Шу сабабли WDM тизимлари, частота бўйича оптик мультиплексорловчи (OFDM) тизимлар номини олди. Лекин бундай технологиялар бир-биридан кескин фарқ қилади. FDM да бир ён частота оралигига эга бўлган амплитудавий модуляциялаш механизми қўлланилади. OFDM модуляция механизмида эса, элтувчи частоталар алоҳида манбалар (лазерлар) да ишлаб чиқилади. Бундай сигналлар битта кўп частотали сигналга мультиплексорлар ёрдамида бирлаштирилади. Унинг ҳар бир ташкил топувчиси (элтувчиси) турли синхрон технологиялар қонуни бўйича шакилланган рақамли сигналларнинг оқимларини, масалан битта элтувчи ATM трафикни, бошқаси SDH ч, учинчиси эса PDH ни узатиши мумкин. Бунинг учун элтувчи, элтувчи трафикка мос келувчи рақамли сигнал билан мувофиқлаштирилади. Қуйидаги 6.1 – расмда WDM тизимининг блок-схемаи кўрсатилган.



6.1-расм. WDM тизимининг тузилиш схемаси.

Тизимнинг узатувчи қисми турли манбалардан N маълумотлар оқими (ташувчининг тўлқин узунлигига эга бўлган кодланган рақамли импульслар рақамли кетма-кетлиги) ни қабул қилади.

Бундай оқимлар мос келувчи интерфейсларда (Инт) қайта ишланади ва оптик модуляторлар (М) ёрдамида модуляцияланади. Тўлқин узунлигига эга бўлган модуляцияланган оптик ташувчилар WDM MUX мультиплексорлари ёрдамида модуляцияланади ва кучайтирилади. Ундан кейин эса чиқишдаги агрегат оқимлар толага узатилади. Қабул қилувчи қисмда тола чиқишидан оқим қабул қилинади ва кучайтирилади, демультимплексорланади яъни тўлқин ташувчига эга бўлган оқимларга ажратилади, (Д) детекторланади, киришдаги фильтр (Ф) эса ўзаро ўтувчи шовқинларни камайтириш ва детекторлашда шовқин бардошлиқни ошириш учун қўлланилади ва ДМ ёрдамида демодуляцияланади яъни чиқишда кодланган бошланғич импульслар кетма-кетлиги ҳосил бўлади.

6.1.3. WDM мультиплексорларини қўллаш

WDM нинг биринчи мультиплексорларида иккита ташувчи (1310 нм ва 1550 нм) дан фойдаланилган. Уларнинг орасидаги фарқ 240 нм ни ташкил қилганлиги (катта оралиқни) сабабли, уларни ажратишда махсус филтрлар талаб қилинмаган.

Ҳозирги пайтда каналларни ажратиш бўйича учта конкурент технология қўлланилади. Шулардан иккитаси интеграл оптикали, тўлқин ўтказгич массивидаги дифракцион панжара асосида элтувчиларни ажратиш AWG (Agrayed Waveguid Grating), иккинчиси букланган дифракцион панжара ёрдамида элтувчиларни

ажратиш CG (Concave Grating). Учинчи технологияда эса одатдаги янги технология сатхида дискрет оптика қўлланилади. Бунда каналларни ажратиш учун уч ўлчамли оптик мультиплексо| технологиясидан фойдаланилади (3-D Optics WDM). Оптик мультиплексиращни солиштирсак қуйидаги натижаларни кўриш мумкин.

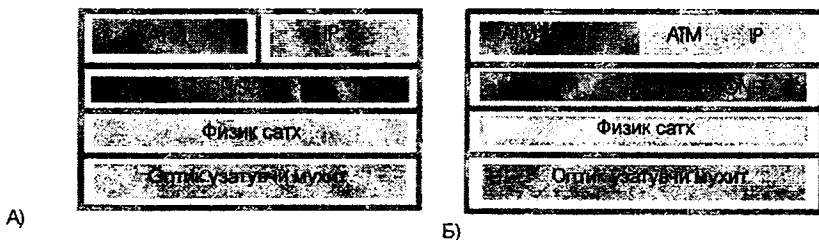
6.1-жадвал

Технология	Каналларнинг максимал сони (нм)	Каналларни кўчириш	Олиб келадиган йўқотиш (дБ)	Ўзаро ўтувчи сўниш (дБ)	Поляризацияга сезувчанлик (%)
AWG	32	0.1-15	6-8	-5 ÷ -29	2
CG	78	1-4	10-16	-7 ÷ -30	2-50
3-D Optics WDM	262	0.4- 250	2-6	-30 ÷ -55	0

Жадвалдан кўриниб турибдики, 3-D Optics WDM, беш параметрнинг тўрттаси бўйича афзалликка эга ва уни HDWDM сатхида 0,4 нм дан кам бўлмаган каналларни кўчиришда WDM тизимларида қўллаш мумкин.

6.1.4. Транспорт технологиялари билан WDM моделининг ўзаро боғланиши

Қуйидаги 6.2 - расмда WDM технологияси яратилгунга қада| ва WDM технологияси яратилгандан кейинги транспорт технологиялирининг ўзаро боғловчи моделлари кўрсатилган.

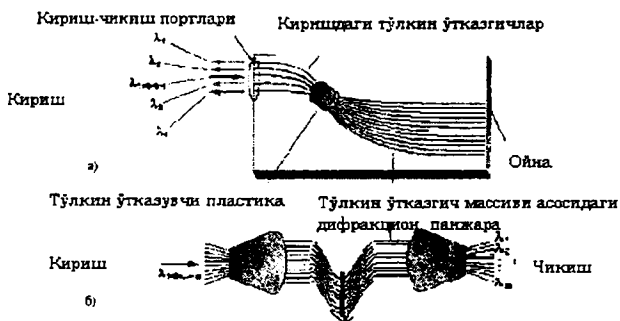


6.2-расм. Асосий транспорт технологияларининг моделининг ўзаро боғланиши.

- А) WDM технологияси яратилгунга қадар;
 Б) WDM технологияси яратилгандан кейин.

WDM технологиясигача бўлган модел, уч сатҳдан ва узатиш мухитидан иборат эди ва юқори сатҳнинг (ATM, IP) трафикларини оптик узатувчи мухит орқали транспортлаштириш учун SDH/SONET интерфейсларини қўллаган ҳолда транспорт модулларига инкапсуляция қилиниши лозим эди. WDM тизимлари яратилгандан кейин эса узатиш мухити ҳисобга олинмаган, уч ёки тўрт сатҳдан иборат бўлди. Натижада худди SDH/SONET каби WDM нинг оралиқ сатҳи пайдо бўлди. Бундай сатҳни физик интерфейс таъминлайди ва у физик сатҳ орқали нафақат SDH/SONET технологияларига балки ATM ва IP технологияларига ҳам оптик узатувчи мухит орқали ўтишни таъминлайди. Бундай WDM технологияси ATM ячейкаларини ва IP пакетларини инкапсуляциялашни талаб қилади. Бу эса ўз навбатида катта ишлаш процедурасини, трафикларни транспортлаштиришни шунингдек сарлавҳа узунлигини етарли даражада камайтиришни ва трафикларни узатиш сифатини оширишни таъминлайди.

Қуйидаги 6.3-расмда WDM да мультиплексирлаш схемаси кўрсатилган.



6.3-расм. WDM да мультиплексорлаш жараёни.

Мультиплексорлар ва демультиплексорлар умуман олганда пасив қурилмалар ҳисобланади. Унинг иши тўлқин узунлигини сезувчанлигига боғлиқ бўлган учта омил билан характерланади:

- 1) бурчакли дисперсия;
- 2) интерференция;
- 3) селектив ютилиш.

Юқоридаги 6.3-расмда мультиплексор/демультиплексорлар бир-биридан тўлқин ўтказувчи пластиналар сони билан фарқ қилади. 6.3.а-расмда ёруғлик каналларининг йиғиндиси (тушаётган сигнал) киришдаги тўлқин ўтказгич орқали тўлқин ўтказувчи пластинага тушади. Ундан кейин эса дифракцион панжар кўринишидаги жуда кўп ёруғлик ўтказгичларга бўлинади. Бундан ҳар бир оптик канал ёруғлик ўтказгич кўринишида тасвирланади кейин эса бу сигналлар ойна юзасида акс қайтади ва уларнинг интерференцияси тўғриловчи, тўлқин ўтказувчи пластинкага тушади. Бу ерда турли тўлқин узунликларига мос келувчи муҳитда максимумлар ҳосил бўлади. Максимумларнинг муҳитли кўчирилиши алоҳида оптик каналларни киритиш-чиқариш учун мўлжалланган. Киришдаги тўлқин узунлиги ўтказгичларнинг қўйилишига боғлиқ. Мультиплексорлаш жараёнида худди шу тўлқин ўтказгичлар алоҳида оптик каналларни киритиш учун хизмат қилади. 6.3.б-расмда жуфт тўлқин ўтказувчи пластиналарнинг қўлланилиши, улар бажарадиган функциялар билан фарқланади. Бу ерда фокуслаш, каналларни ажратиш, алоҳида пластиналарда амалга ошади. Мультиплексорлар ва демультиплексорлар пассив қурилмалар бўлганлиги сабабли маълум бирикдорда сигнални заифлаштиради. Бу қурилмалардаги йўқотилган 10-12 ДБ га етади, шунинг учун бундай йўқотишларни тўғрилаш мақсадида уларни оптик квант кучайтиргичлар билан таъминлаш лозим.

6.1.5. WDM синфлари

WDM мультиплексорлари уч турга бўлинади:

- одатдаги WDM;
- зичлашган WDM;
- юқори зичлашган WDM.

Шу пайтгача бундай мультиплексир турларининг орасида аниқ бир бўлинган чегара йўқ эди, лекин Alkatel компанияси мутахассислари томонидан WDM тизимларини қайта ишлаш учун айрим чегаралар мавжуд ва G.692 стандарти бўйича «тўлқин режаси ёки частотавий режа» деб аталувчи канал режаси билан боғлиқ. Шунга боғлиқ ҳолда тўлқинли ёки частотавий канал режасининг шкаласи қўлланилади. Уларга қуйидагилар киради:

- 200 ГГц дан кам бўлмаган каналларни частотавий кўчирувчи WDM тизимлари, улар 16 дан кўп бўлмаган каналларни мультиплексорлаш имконини беради;
- 100 ГГц дан кам бўлмаган каналларни частотавий кўчирувчи DWDM тизимлари, улар 64 дан кўп бўлмаган каналларни мультиплексорлаш имконини беради;
- 50 ГГц дан кам бўлмаган каналларни частотавий кўчирувчи HDWDM тизимлари, улар 64 дан кўп бўлмаган каналларни мультиплексорлаш имконини беради.

6.2. DWDM технологиясининг афзалликлари

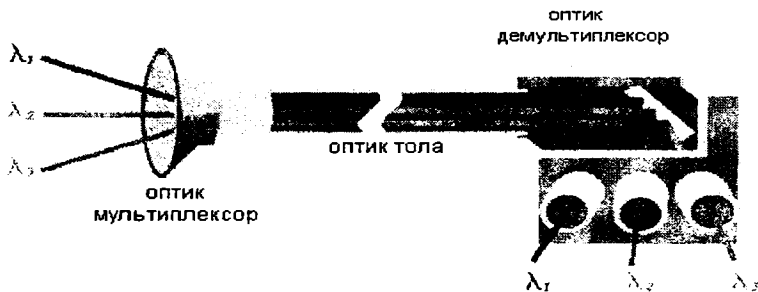
Телекоммуникациянинг одатдаги технологияси, бир оптик тола бўйича битта сигнал узатиш имконини беради. Тўлқинли ёки оптик зичлаштириш усулларининг маъноси шундан иборатки бунда битта тола бўйлаб SDH нинг жуда кўп алоҳида сигналларини узатишни амалга ошириш мумкин ва шунга мос ҳолда алоқа линиясининг ўтказувчанлик қобилияти ҳам ошади. Бундай технология, тўлқинларни юқори зичлаштирувчи технология таркибига кириди ва бу АТ&Т компанияси томонидан яратилган.

DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) – транспорт технологияси битта оптик жуфтлик орқали унча катта бўлмаган тезликни таъминлайди. Бунга юқори тезликли тўлқин узунлигини мультиплексорлаш орқали эришилади. Бунда ҳар бир оптик жуфтлик орқали бир-бирига боғлиқ бўлмаган бир неча оқим узатилади ва уларнинг ҳар бири ўзининг оптик диапазониغا эга. Бундай қурилма 16–128 канални қўллаш имконига эга ва унинг ҳар бирида шаффоф ҳолдаги тезлиги 100 Мбит/с дан 100 Тбит/с гача бўлган ахборотли оқимларни узатиши мумкин.

DWDM магистралларини қуришда, юқори тезликли абонентни уловчи интерфейсларга эга бўлган DWDM мультиплексорларини қўллаш лозим. Мультиплексорлар орасидаги масофа 100 км ни, регенераторлар орасидаги масофа эса 500 ÷ 600 км ва ундан кўпни ташкил қилади. Мустақкам DWDM тармоқларини қуриш учун эса Add-Drop (OADM) (кириш-чиқишни таъминловчи) мультиплексорлари қўлланилади ва бундай оптик сатҳдаги DWDM магистраллари (оптик сигнални электрик сигналга ўзгартирмасдан) тарқалувчи оптик транспорт тармогини ташкил қилиш имконини беради. Бундай технология ёрдамида битта оптик тола орқали

2 Гбит/с ли 10 та канални зичлаш мумкин. Бунда ёруғлик оқимлари турли тўлқин узунликларида узатилади, яъни бир тола бўйлаб юзлаган стандарт каналлар (160 тагача тўлқин узунлик) ни узатиш мумкин.

DWDM нинг принципиал схемаси жуда оддий. Бундаё технологияда бир тола орқали SDH нинг бир нечта оптик каналини узатиш учун, сигналларнинг оптик тўлқин узунликлари ўзгартирилади, мультимплексор ёрдамида улар аралаштирилади ва оптик линияга берилади, қабул қилувчи пунктда тескари жараён амалга ошади. 6.4-расмда Оптик мультимплексор ва оптик демультимплексор кўрсатилган.



6.4-расм. Оптик мультимплексор ва оптик демультимплексор.

Бундай технология турли тўлқинлар оқимини ажратиб олиш учун махсус аниқликга эга бўлган қурилма билан таъминланган. Оптик толадан ўтганда сигнал сўнганлиги туфайли уларни кучайтириш учун оптик кучайтиргичлардан фойдаланилади. Бу эса маълумотларни оптик сигналдан электрик сигналга ўзгартирмасдан 4000 км гача узатиш имконини беради. DWDM тармоқлари қуйидагича асосий афзалликларга эга:

- узатиш тезлигининг юқорилиги;
- ҳалқа топологияси асосида 100 % ли захирани таъминлаш имконияти;
- оптик толадаги каналларнинг шаффофлиги туфайли канал сатҳида ҳар қандай технологияни қўллаш имконияти;
- оптик магистралдаги каналлар сонини соддагина ошириш имконияти.

6.2.1. Шаҳар шароитида DWDM технологиясини қўллаш

Шаҳар шароитида DWDM ни қўллаш, асосан Metro DWDM дейилади. Бундай усул трафикларнинг ҳимояси, ишончли механизмлардан қилинган ҳалқали конфигурацияда қўлланилади. Иложи борича тугунларнинг нархи унча катта бўлмаган 12 та тўлқин узунлигини ажратишга мўлжалланган OADM мультиплексорларидан фойдаланилади. Бирор тугундан бошқа тугунга ахборотларни узатиш учун, ўзаро бир-бири билан боғланган бир неча оралиқ тугунлардан фойдаланилади. Бундай технологиларни қўллаш орқали:

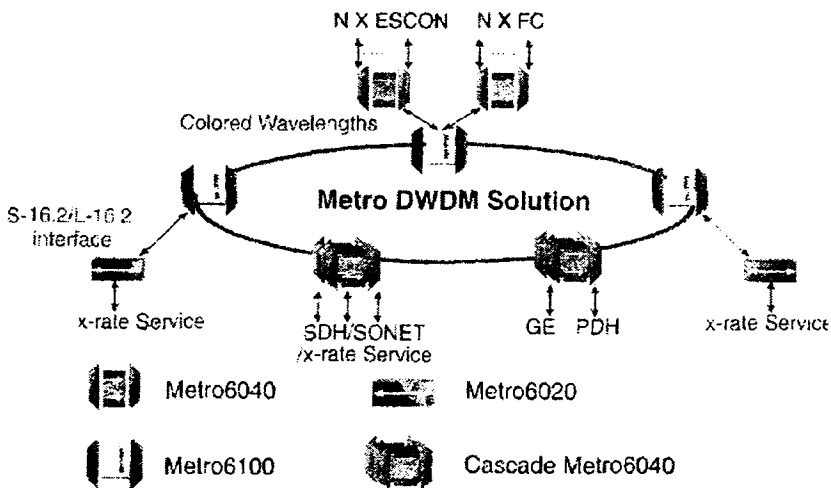
- нукта-нукта ва ҳалқа топологияси асосида миллий масштабдаги операторларнинг юқори тезликли транспорт тармоқларини яратиш;
- турли протоколлардан фойдаланиладиган ва юқори узатиш тезлигини талаб қилувчи жуда кўп фойдаланувчилар қўллашга мўлжалланган қувватли шаҳар транспорт магистралини яратиш мумкин.

DWDM қурилмалари 4 та асосий тугунга бўлинади:

- оптик терминал мультиплексор (Optical Terminal Multiplexer-OTM);
- регенератор (Regenerator-REG);
- оптик кучайтиргич (Optical Line Amplifier);
- кириш-чиқишли оптик мультиплексор (Optical Add Drop Multiplexer- OADM).

Оптик терминал мультиплексор охириги станцияларда жойлаштирилади ва турли тизимларнинг сигналларини тўлқинли зичлашни амалга оширади:

- оптик кучайтиргич сигнални кучайтиради;
- оптик регенератор гуруҳли сигналнинг шаклини қайта тиклайди, джиттерни пасайтиради ва сигналнинг шовқинга нисбатини яхшилади;
- кириш-чиқишли мультиплексорларда асосан оптик каналларни киритиш ва чиқариш амалга оширилади.



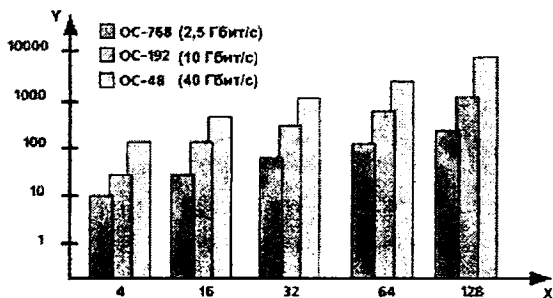
6.4-расм. Metro DWDM қурилмаларининг тармоқда қўлланилиши.

6.2-жадвал
DWDM стандарты

Тизим сатҳи	
Ҳажми, Гбит/с	100 (2.5 Гбит/с дан 40 та канал)
Формат	OC – 48 (STM-16)/ OC- 48/ x STM-16
Частотавий режаси	50 ГГц
Мумкин бўлган конфигурацияси	5 секция 25 Дб (500 км) 2 секция 33 Дб (240 км)
Хатолик пайдо бўлувчи тизимли частота	$<10^{-15}$
Канал интерфейси	
Формат	қиска оралик масофа STM-16/G.957 1-16& S.16.1 офис ичидаги иловалар
Кириш сигнали сатҳи, Дб	-18 дан -3 гача
Чиқиш сигнали сатҳи, Дб	-5 ± 0.5

Киргизиладиган нурланишнинг тўлқин узунлиги, нм	1250-1600
Тармоқни бошқариш	
Бошқарув тизими	WaveWatch™ CIENA нинг SNMP ёки TMN маҳсулоти
Стандарт интерфейси	VT100(TM) асинхрон RS-232, Telnet, ITU TMN, TL-1, SNMP орқали узоқга уланиш
Каналларнинг ишга қобилиятлик мониторинги	SDH сарлавҳасидаги В1 орқали каналнинг битли хатолиги, ҳар бир каналдаги оптик қувват назорати
Узоқдаги интерфейслар	RS-422/X.25 (TL-1 интерфейс), IP/802.3 10 Base 10Base-T орқали
Оптик хизмат канали	2.048 Мбит/с 1625 нм ли тўлқин узунликда
Таъминот бўйича тавсиф	
Таъминот кучланиши, В доимий ток	-4 дан -58 гача
40 каналнинг талаб қиладиган қуввати, Вт	Типик 800 1-устун (максимум)925; Типик 1000 2- устун (максимум)1250

Қуйидаги расмда, ахборотларни узатувчи стандарт синхрон тармоқлар ва ҳар бир каналнинг ахборот ҳажми 2,5 Гбит/с, 10 Гбит/с ва 40 Гбит/с бўлган синхрон оптик тармоқлар (SDH/SONET) да DWDM-технологиясини қўллаш ҳисобига толали оптик алоқа линияларининг ўтказувчанлик қобилиятини ошириш имконияти қараб чиқилган.



6.6-расм. Оптик тола бўйлаб узатиладиган ахборотнинг ҳар бир каналдаги учта тезлиги учун мультиплексорланадиган спектрал каналларнинг сонига боғланиши.

Бу ерда: x - спектрал каналлар сони; Y -битта тола бўйли ахборотларни узатиш тезлиги.

Расмдан кўриниб турибдики, DWDM-технологияси, оптик толаннинг фақат битта шаффоф дарчасида толали оптик канални ўтказувчанлик қобилиятини бир неча Тбит/с гача ошириш мумкин.

6.3. CWDM технологияси

CWDM тизимлари одатдаги WDM тизимларига нисбатан анқўпол яъни 20 нм частоталар тўрида қўлланилади. Агар 8 тада ортиқ WDM каналлари талаб қилинса, унда қимматбаҳо DWDM тизимларини ўрин алмаштирувчи сифатида қаралади.

Бундай тизимлар биринчи навбатда шаҳар тармоқларида ё «Metro» (яъни инглиз адабиётларида олдинги IEEE 802.6, ISO/IE 8802-6 стандартлари бўйича MAN-Metropolitan Area Network) синфли, уч сатҳли (LAN, MAN, WAN) тармоқларда қўлланиш бошлаган.

ITU-T нинг G.694. 2 таклифига биноан 20 нм кадамли 1 ташувчигача қўллаш тавсия этилган.

CWDM технологияси Gigabit Ethernet нинг бир неч каналларини, физикавий оптик толаннинг бир жуфтига тўлқинл (спектрал) зичлаш учун қўлланилади, бу эса тола ресурсин тежайди ва оптик мультиплексорлардан фойдаланиб ян топологик ечимларга эга бўлиш имкониятини беради.

CWDM тизимларида ёнма-ён турган ахборот каналларининг спектрлари анчагина узоқ масофада жойлашган бўлиб, учинчи шаффоф ойна учун одатда 20 нм га (2500 ГГц) тенг бўлади.

CWDM технологиясининг асосий мақсади, оптик алоқа линиясининг ахборот сиғимини талаб даражасида жуда арзон нарҳда (DWDM га нисбатан) кенгайтиришдир. Ушбу мақсадга каналлар орасида кенг спектрал оралиқлардан фойдаланиш орқали эришилади.

Замонавий CWDM қурилмаларининг кўпчилиги C ва L диапазонни ва қисман S диапазонни эгаллайди. Жиҳозларнинг мувофиқлигини таъминлаш учун халқаро телекоммуникация иттифоқи (ITU-T), CWDM каналлари тўлқин узунлигининг спектрон соҳаларини аниқлади ва каналлар орасидаги масофа 20 нм га тенг қилиб олинди. Ундан ташқари анча илгариги тизимлар CWDM дан 800 нм тўлқин узунлиги атрофида ишловчи кўп модали толали алоқа линияларида фойдалана бошлашган. Бундай тизимлар икки ёки тўртта канални қувватлай олади ва узоқлик 2 км дан кам бўлган ҳолларда ахборотни узатиш тезлигини 500 Мбит/с дан камроқ бўлишини таъминлайди.

Қўлланиладиган тўлқинли зичлаштирувчи тизимлар бир неча вариантларга эга. 6.3-жадвалда таснифланишининг энг кўп тарқалган варианты келтирилган.

6.3-жадвал

	CWDM (зич бўлмаган СУ)	DWDM (зич СУ)	HDWDM (юқори зичликдаги СУ)
Каналлар орасидаги масофа	20, 25 нм	1,6 нм 200, 100, 50 ГГц	0,4 нм 25, 12, 5 ГГц
Диапазон	O, E, S, C, L	S, C, L	C, L
Каналлар сони	максимум 18 та	ўнлаб/юзлаб	ўнлаб
Нархи	паст	юқори	юқори

Бу ерда:

O – бирламчи диапазон (Original, 1260-1360 нм),

E – кенгайтирилган диапазон (Extended, 1360-1460 нм),

S – қисқа тўлқинли диапазон (Short wavelength, 1460-1530 нм),

C – стандарт диапазон (Conventional, 1530-1570 нм),

L – узун тўлқинли диапазон (Long wavelength, 1570-1625 нм).

CWDM технологияси каналлар орасидаги интервалнинг етарлича катталиги билан тавсифланади. (20 нм ёки 25 нм), бу эса унга бошқа WDM технологияларга нисбатан кенг частоталаф соҳасига эга бўлишини таъминлайди. Бу оптик алоқа тизимлари учун бир нечта стандарт частоталар диапазони («шаффофли ойнаси») га эга бўлиш имконини беради. CWDM тизимларида 18 тагача канал ташкил қилиш ва кўп моддали ҳамда бир моддали толалардан фойдаланиш мумкин.

Шунга қарамасдан CWDM тизимларида иккита муамма мавжуд:

- анча кичик бўлган тўлқин узунликларида деярли икки мартаба кўп йўқотиш мавжуд, бу эса узатиш масофасини сезиларли даражада камайтиради;

- толада гидроксил OH гуруҳининг мавжудлиги сабабли 1383 нм тўлқин узунлигида ютилиш пикига эгаллиги сабабли каналлар сони бўйича чекланишлар мавжуд.

CWDM тизимларида битта канал бўйича узатиш тезлиги 2,5 Гбит/с бўлганда 16 канал бўйича 40 Гбит/с тезлик таъминланади. Агар тизим 1270-1610 нм бўлганда тўлқин диапазонида фойдаланса, уни FS-CWDM тизим (Full-spectrum CWDM) дейилади. Ҳозирги вақтда CWDM технология узоқлик параметри бўйича DWDM технологияга қўйиладиган талабаларни бажарилишини таъминлаши мумкин.

CWDM қурилмаси узатиладиган ахборотнинг ихтиёрий тури ва ихтиёрий тезлиги учун шаффоф ҳисобланади ҳамда магистрал тармоқ ва уланиш тармоғи орасида бўғин бўлиши мумкин. CWDM технологияси ахборотни узатишнинг турли протоколларига инвариантдир (боғлиқ эмас). Бу эса ягона транспорт муҳитида турли телекоммуникация хизматларининг яратилиш имкониятини таъминлайди.

CWDM тизимларида каналлараро частотавий масофанинг узоқлиги DWDM тизимларга нисбатан актив ва пасив компонентлар нарҳининг сезиларли даражада арзон бўлишига имконият яратади. Узатиш тизимининг мукамаллигига кўра CWDM технологияси турли тармоқ топологиясини конструкциялаш имкониятини беради.

Улардан кўпроқ қўлланиладиганларини қараб чиқамиз:

- «нуқта-нуқта» топологияси. Ахборот каналлар бўйича иккита нуқта орасида узатилади. Турли толалардаги оқимларнинг

бирлашиш/ажрашиши рўй берадиган тугунларида мультиплексор/демультиплексорлар ўрнатилади. Бундан тизимлар ёрдамида кўп сонли видео ва аудио маълумотларни вақтнинг реал масштабида оптик тармоқда толаларнинг чекланган ҳолида ҳам узатиш масалаларини ечиш мумкин;

тармоқланувчи топология. Ахборотни тугундан тугунга узатиш алоҳида каналларнинг киритиш/чиқариши йўлга қўйилган оралик тугунлар орқали амалга ошади. Оралик тугунлардаги йўқотишлар ҳисобига алоқа узоклиги бироз камаяди. Бундай тизим транспорт магистралларида, нефтгаз узатмаларида ва бошқа давомли объектларда видеокузатувларда қўлланилади;

«халқа» топологияси. Бундай топология параметрни қўриклаш масаласини ҳал қилади. «Халқа» узилган ҳолда ҳам тармоқ ихтиёрий тугунлар орасида ахборотни узатиш қобилиятини саклаб қолади.

2002-йилда халқаро электр алоқа иттифоқи CWDM тизими учун элтувчи частотани аниқловчи стандартни қабул қилди – ITU-T G.694.2 тавсияси. Ушбу тавсияга кўра C, S ва L маълум диапазонлардан ташқари CWDM тизимларида иккита янги тўлқин узунликдаги диапазон пайдо бўлади – диапазон O (1260-1360 нм) ва диапазон E (1360-1460 нм).

CWDM тизимлари нисбатан кам сонли оптик каналларни (16-18) таъминлайди, лекин бу – камчилик деб ҳисобланмаслиги керак, чунки, каналларнинг бундай сонда бўлиши, одатда, алоқа операторларининг ўтказиш соҳасидаги замонавий талабларидан устундир. CWDM тизимларидаги қўшни каналларининг тўлқинлари орасидаги масофанинг нисбатан катта бўлиши кириш/чиқишли оптик мультиплексорларни (OADM – Optical ADD-Drop Multiplexor) ва оптик кросс*коммутаторлар (OXC-Optical cross connector) учун арзон коммутациялаш элементларининг яратишига имкон беради.

Назорат саволлари

1. WDM технологиясини қўллашдан мақсад нима?
2. WDMли тизим қандай тузилишга эга?
3. WDMнинг қандай афзаллик ва камчиликларини биласиз?
4. WDMли тизимларда қандай мультиплексорлар қўлланилади?

- 5.WDM тизимлари транспорт технологиялари билан қандай боғланишга эга?
- 6.WDMда мультиплексорлаш қандай амалга ошади?
- 7.WDMнинг қандай синфларини биласиз?
- 8.DWDMда сигналларни узатиш қандай амалга ошади?
- 10.Шаҳар шароитида DWDM қандай қўлланилади?
- 11.WDMдан DWDMга ўтиш нима учун зарур?
- 12.CWDM тизимларининг афзаллиги нимада?
- 13 Қандай мақсадларда CWDMларни қўллаш мумкин?
- 14.Тармоқнинг қандай топологияларида CWDMни қўллаш мумкин?

VII БОБ. МУЛЬТИСЕРВИСЛИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯ ТАРМОҚЛАРИ ТУЗИЛИШИНING ТЕХНОЛОГИК АСОСЛАРИ

Сўнги ўн йиллик, ижтимоий-сиёсий, ишлаб чиқариш, илмий, маданий ва бошқа турдаги соҳалар турли-туман ахборотлар хажмини юксак даражада ошириш билан тавсифланади. Ҳисоблаш техникаси воситаларидан фойдаланишни кенгайтириш, ҳамда турли кўри-нишдаги ахборот тизими ва тармоқларини ташкил этиш, «ахборот бўшлиғи» деб атаса бўладиган, ўзига хос муаммони енгиб ўтиш имконини беради. Тараққий этган давлатларнинг халқаро тажрибасига кўра, ахборот-ҳисоблаш технологияларидан унумли фойдаланиш, уни замонавий юқори тезликдаги телекоммуникация тизимлари билан уйғунлашувида ёрдам беради.

Замонавий телекоммуникация ва компьютер технологиялари уйғунлигининг яққол мисоли сифатида глобал компьютер тармоғини – интернетда тўлиқ ўз аксини топганлигини кўриш мумкин. Шунинг учун телекоммуникация ва тақсимланган тармоқ уяларининг кучли узатиш тармоқларига асосланган замонавий ахборот инфраструктурасини шакллантирмай, ривожланган давлатни барпо этиб бўлмайди. Бундан ташқари кенг полосали узатиш тармоқлари асосида телекоммуникация хизматларини босқичма-босқич ривожлантириш, хизматларни шахсийлаштириш ва тармоқларни интеллектуаллаштириш, телекоммуникация тараққиётининг асосий тамойилларидан ҳисобланади.

Замонавий компьютер ва телекоммуникация технологияларининг ўзаро бирлашуви, истеъмолчи учун хилма-хил хизматлар туркумига бой бўлган телекоммуникациявий-ахборот тармоғини яратишга имкон беради. Шу ўринда телекоммуникациянинг барча турдаги илмий-техник тараққиётининг энг сўнги ютуқлари (сигналларни рақамли тахрирлаш тамойили, кенг полосали коммутация ва маълумот узатиш тизимлари, рақамли иерархик узатиш тизимлари, толали оптик тармоқлар ва бошқалар) аста-секин ривожланиб янги, сифатли босқичга кўтарилмоқда. Шунинг учун инсон фаолиятининг турли жабҳалари (иқтисод, фан, маданият, таълим, санъат ва бошқалар) да телекоммуникация

тизимлари XXI асрнинг глобал ахборот муҳитининг муҳим устуни ҳисобланади. Телекоммуникация соҳасида технологияларнинг кундан-кунга ривожланишини, тармоқда турли хизматларнинг юзага келишини ва уларни юқори тезликда, сифатини кафолатлаган ҳолда mijozларга етказишни назарда тутган ҳолда мульти-сервиси тармоқларни яратиш долзарб масалалардан биридир.

7.1. Мультисервиси тармоқлар ва уларнинг тузилиши

Телекоммуникация тармоқларининг ривожланиши куйидаги учта омил ёрдамида аниқланади: тарифларнинг ошиши, жамиятнинг янги хизматларга бўлган талаби ва технология соҳасида эришилган ютуқлар.

Бу омилларнинг ҳар бири мустақил эмас, лекин уларнинг ҳар бири электр алоқанинг ривожланиш идеологиясини аниқлаб беради. Қурилмаларни етказиб берувчилар ўртасидаги рақобатлашиш ва технологик ютуқлар қурилмалар нархининг пасайишига, бу эса ўз навбатида трафикларнинг ўсишига ва янги хизматларни яратилишига олиб келди.

Охириги йилларда тармоқ трафиклари доимий ва юқори тезлик билан ўсиб бормоқда. Интернетнинг дунёвий трафиғи ҳар йили 60 – 80 % , кенг полосали тармоқларнинг абонентлар сони эса ўртача тезликда 60 % га ошди. Охириги 4 йил ичида алоқа ва ахборотлаштириш соҳасининг ривожланиши 42 – 43 % ни ташкил қилди [13].

Алоқа соҳасида янги хизматларнинг талаб қилиниши трафикларнинг ошиши, тахминан ҳар 10 йилда тармоқларнинг тузилишини ўзгаришига олиб келмоқда. Шунинг учун замонавий ривожланиш босқичида ахборот ва коммуникация технологиялари жамият, иқтисод ва бизнесни ривожлантиришда асосий омиллардан биридир. Бу ривожланишнинг ажралмас бир бўлағи, маълумотларни яратиш, қайта ишлаш ва узатишдир. Янги трафикларнинг юзага келиши, тармоқнинг янги хизматларини яратиш, маълумотларни қайта ишлашда илгор технологияларни яратиш заруриятини туғдиради ва ахборотларни узатиш сифатига бўлган жуда қаттиқ талабларни қўяди. Ахборотларнинг турига боғлиқ бўлмаган ҳолда маълумотларни қайта ишловчи янги технологиялар, мавжуд бўлган техник воситалар базасига асосланган ҳолда, иқтисодий маблағ талаб қилмасдан истеъмолчи талабини қоник-

тирувчи барча ахборот турларини узатиш имконига эга бўлади. Бугунги кунда тармоқни тузишда юқоридаги барча вазифаларни битта технология базаси асосида амалга ошириш қобилиятига, интеграциялашган хизматларга эга бўлган маълумотларни узатиш ёки юқорида айтиб ўтганимиздек мультисервиси тармоқларни ташкил қилиш орқали эришиш мумкин. Бундай тармоқлар IP (Интернет протокол) га асосланган.

Янги авлоднинг мультисервиси IP тармоқларининг энг муҳим томони сифатни (Quality of Service – QoS), таъминлашдан иборат, акс ҳолда «IP бўйича овозни узатиш» ва «талаб бўйича видео» каби янги хизматларни қўллаб бўлмайди.

Тармоқ қурилмаларини ишлаб чиқарувчилар янги авлод NGN (Next generation Network) тармоғини яхши эканлигини таъкидлашмоқда. Кенг маънода мослашувчан бошқарув имкониятларга эга бўлган алоқа тармоқларини қуриш бу тармоқ масалаларини такомиллаштириш ҳисобига янги кўшимча хизматларни яратиш концепциясидир. Такومиллаштириш деганда, овоз, видео ва маълумотларни узатишда пакетли коммутацияни қўллаш тушунилади. Янги авлод тармоғи (NGN) нинг асосий концепциясини шунга асослангани, агар олдин компания турли ахборот тизимлари ва каналларидан (телефон, маълумотларни узатиш учун ажратилган линиялар, кузатувчи видеокамералар учун ички телевидения, одатдаги почта ва шунга ўхшаганлардан) фойдаланган бўлса, ҳозирги пайтда IP протоколи бўйича ишловчи битта каналнинг ўзи етарли. Янги авлоднинг маълумотларни, овозни ва видеони узатиш учун мўлжалланган мультисервиси тармоғини тузишда иложи борича битта ишлаб чиқарувчининг қурилмаларини қўллаш лозим ва бундай қурилмалар ҳар қандай масалаларга комплекс ёндошишни таъминлайди. Телекоммуникация қурилмалари бўйича бозорнинг мавжуд бўлган ҳолати аниқлангандан кейин, хавфсизликни ва хизмат сифатини таъминловчи масалалар ҳал қилинади..

NGN тармоқлари ягона кенг полосали алоқа канали орқали маълумотларни, аудио ва видео ахборотларини узатиш имкониятларини беради. Янги тармоқ MPLS (Multi Protocol Label Switching) технологияларининг охириги ютуқлари базаси асосида қурилади.

Янги авлод (NGN) нинг алоқа тармоғи, тармоқни бошқаришнинг мустақкам имкониятларига эга бўлган, чекланмаган хизмат турларини, тармоқ муаммоларини такомиллаштириш ҳисобига

янги хизматларни амалга ошириш, шунингдек тарқатилган коммутацияга эга бўлган универсал транспорт тармоқларини қўллаш имкониятларига эга бўлади. NGN тармоғи MPLS технологиялари ютуқларига асосланади. Бу технология сон (метка) ларни қўллаш орқали кўп протоколли тармоқларда пакетларни зудлик билан коммутациялашни амалга оширади. Ўзбекистон Республикасида бундай янги технология асосида қурилаётган тармоқ Телекоммуникация бозорида ягона ва давлат стандартларига жавоб беради. Янги авлод технологиясини айниқса корпоратив тармоқларда қўллаш тармоқда мавжуд бўлган камчиликларни бартараф қилиш ва янги ютуқларга эришиш имконини беради.

Умумий кўринишда NGN [31] тармоқларининг функционал моделини уч сатҳ деб тасаввур қилиш мумкин: транспорт, коммутацияни бошқариш ва маълумотларни узатиш, хизматларни бошқариш.

Транспорт сатҳининг асосий вазифасига маълумотлар оқимини шаффоф ҳолда узатиш, шунингдек мавжуд алоқа тармоқлари билан ўзаро боғланишни қўллаб-қувватлаш киради.

Коммутацияни ва узатишни бошқариш сатҳида сигнализация маълумотларини қайта ишлаш ва чақириқларни бошқариш амалга оширилади.

Хизматларни бошқариш сатҳи, мантикий хизматлар ва протоколларни бошқаришни таъминлаб беради. Бундай функционал ажратиш, асосан қўлланиладиган узатувчи ва коммутацияловчи технологияларни ажратган ҳолда, чақирикни бошқариш масалаларини такомиллаштириш имконини беради. Натижада транспорт тармоқларининг тури (IP, АТМ ва бошқалар) га, шунингдек уланиш усулларига боғлиқ бўлмаган ҳолда бир хил мантикий хизматларни қўллаш имкони яратилади.

NGN ни, марказлаштирилган хизматларни бошқаришга эга бўлган мультисервиси тармоқлар каби тавсифлаш мумкин. Унинг асосини тақсимланган пакетлар коммутациясига эга бўлган, универсал транспорт муҳити ташкил этади. Бундай тармоқ таркибига одатдаги тармоқ узеллари (мультиплексорлар, коммутаторлар ва маршрутизаторлар) дан ташқари сигнализация назорати ва турли вазифали шлюз қурилмалари киради.

Махсус серверлар ёрдамида NGN хизматларига уланиш, узел хизматлари функцияларини бажарувчи охирги ва охирги – транзит узеллар ёрдамида амалга оширилади.

Одатдаги алоқа тармоқлари (умумфойдаланувчилар телефон тармоғи-ТУФТ, маълумотларни узатиш тармоғи-МУТ), чегараланган хизматлар билан тавсифланади. Ҳар бир алоқа тури учун шахсий қайта ишловчи ва техник хизматни амалга оширувчи алоҳида тармоқ мавжуд. Бунда бирорта тармоқнинг бўш ресурси бошқа тармоқ учун қўлланилмайди. Мультисервиси тармоқ, бир неча устма-уст қўйиладиган иккиламчи тармоқларни рад этиши мумкин, узатиладиган ахборот ҳажмига боғлиқ ҳолда турли талаблар билан боғлиқ янги хизматларни яратиш ва уни узатиш сифатини таъминлайди.

Шундай қилиб, янги технологияларни қўллашга асосланган мультисервиси тармоқ оператори, турли кўринишдаги трафиклар интеграцияси ва турли хизматларни етказиб берувчи ўтказувчанлик полосасини тўлиқ қўллаши мумкин. Бунда, фойдаланувчининг ҳар қандай вақтда, ҳар қандай нуқтага уланиши орқали турли ахборотларни олиш талаби кондирилади.

Мультисервиси тармоқ барча турдаги трафиклар (овоз, маълумот, овоз, видео) ни қўллаб-қувватлайдиган ягона ахборот-телекоммуникация тузилишини ташкил этади ва барча турдаги (одатдаги ва янги, базавий ва қўшимча) хизматларни ҳар қандай нуқтага, ҳар қандай вақтда ва ҳажмда, сифатини ва нархини кафолатлаган ҳолда етказиш имконини беради. 6.1-расмда мультисервиси тармоқ тузилиши келтирилган.

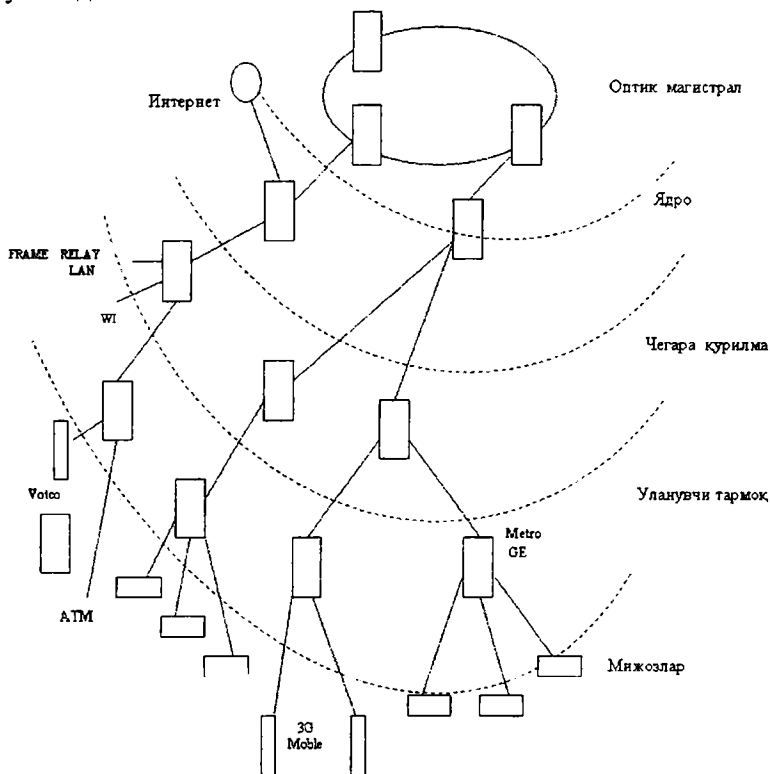
Мультисервиси тармоқ қуйидагиларни таъминлайди:

- маълумотларни узатишда барча: ажратилган линиялар, Frame Relay, АТМ, локал тармоқлар хизматларини бошқариш;
- кенг полосали уланиш сатҳида трафикларни ўтказиш;
- янги авлод телефон алоқасининг инфраструктураси;
- чегара/таянч IP маршрутизаторлари трафикларини ўтишини таъминлаш ва бошқалар.

Мультисервиси тармоқлар, тармоқ конвергенциясини ва хизмат интеграциясини таъминловчи универсал узатиш мухити, универсал тармоқ технологиялари асосида тузилади.

Конвергенция деганда, ҳозирги пайтда мавжуд бўлган ва умумий технологик асосларга мос келувчи технологиялар (масалан: IP тармоқларини бирлаштириш ва MPLS технологияси бўйича

АТМ тармоқлари), GMPLS технологияси базаси асосидаги оптик тармоқли маълумотларни узатувчи ўзаро боғланган тармоқлар, Softswitch дастурий коммутаторлари асосидаги пакетли коммутация тармоқлари билан ўзаро боғланган УФТ тармоғини, ва маълумотларни узатиш овоз, видео тармоқларини бирлаштириш жараёни тушунилади.



7.1-расм. Мултисервиси тармоқ тузилиши.

Хизмат интеграцияси деганда, ягона универсал технология асосида турли хизматларни етказиш жараёни тушунилади.

Транспорт технологияларида тармоқ ичида ахборот алмашиши барча турдаги трафиклар (овоз, маълумотлар, видео) ни ягона тармоқ протоколларида, масалан, IP ёки АТМ инкапсуляциялаш йўли билан амалга ошади.

Технологиялар конвергенцияси ҳолатида ягона мульти-сервиси муҳит бирлаштириладиган тармоқларнинг барча хизматларини етказишни таъминлайди. Бунда операторлар номенклатурани кенгайтириш имкони каби, телекоммуникация соҳасида ўзи учун берк бўлган аралаш соҳаларга кирган ҳолда сифатли етказиладиган хизматларнинг имкониятарини ҳам кенгайтиради. Бу имконият янги хизматларнинг яратилишига олиб келади.

Шундай қилиб, мультисервиси тармоқлар турли нарх/сифат нисбатларига эга бўлган кенгайтирилган хизматлар мажмуасини етказиб беради.

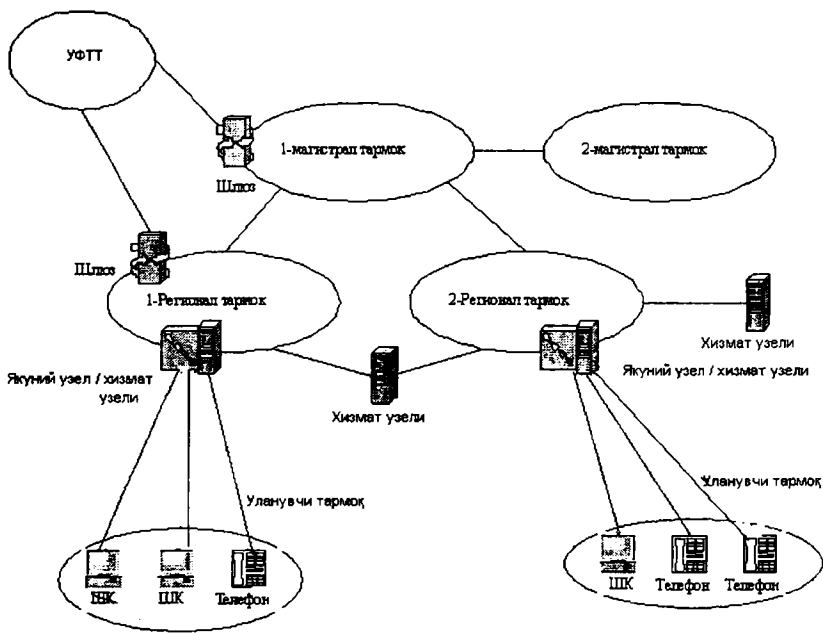
7.2. Регионал ва магистрал мультисервиси тармоқларнинг архитектураси

Мавжуд алоқа тармоқлари ва мультисервиси тармоқларнинг (масалан телефон хизмати) базавий хизматлари бир хил тавсифга эга бўлиши керак. Бу шуни билдирадики, мультисервиси тармоқлар ҳар хил хизматлар учун сифат кўрсаткичлари, интерфейслар параметрлари ва бошқаларни бирлаштирган ҳолда қабул қилинган меёр ва талабларни бажаришни таъминлаши лозим.

Хизматларнинг янги турлари учун (интеллектуал тармоқ, мультимедиа, инфокоммуникация хизматлари каби) мультисервиси тармоқлар бошқа тармоқларнинг ўхшаш хизматлари билан ўзаро боғланиш имконини таъминлаши лозим.

Мультисервиси тармоқларни қуриш регионал ва магистрал (регионлар аро сатҳни ҳисобга олган ҳолда) сатҳлардан ташкил топган икки сатҳли архитектурага мос келиши лозим. Бу, инфокоммуникация хизматларини яратиш, ишончлиликини, хизматнинг сифат кўрсаткичларини меёрлаштириш каби масалаларни ҳал қилиш учун шароит яратади (7.2-расм).

Регионал сатҳда мультисервиси тармоқлар абонентлар уланиши ва транспорт хизматлари каби инфокоммуникация ва бошқа хизматларни, шунингдек бир хил хизматни бошқа регионал тармоқлар билан ўзаро боғланишини таъминлаши лозим.



7.2-расм. Регионал ва магистрал мультисервиси тармоқларнинг архитектураси.

Магистрал сатҳда мультисервиси тармоқлар, регионал мультисервиси тармоқларни ўзаро боғланиши учун кўчирувчи хизматларни етказиш, шунингдек барча мавжуд тармоқларнинг юкламаларини (зарур бўлганда) узатишни таъминлаши лозим.

Юқорида айтиб ўтилган муаммоларни ечиш бир томондан узатиш тизимига қатъий чегараланиш шarti қўйилмайдиган участкаларда трафиклар тақсимотини таъминлаш ва бошқа томондан трафиклар концентрацияси амалга ошмайдиган уланувчи тармоқларни шакллантириш билан боғлиқ. Шуниям айтиш жоизки кўшимча трафиклар ҳисобига мавжуд тармоқларда бир қатор ошиқча юк муаммоларини ҳал қилишда интеграллашган нуқталар қатнашишини қўлловчи қурилмаларни яратиш йўлини қўллаш мумкин бўлади.

Уланувчи тармоқ деганда, абонент линияларидан, уланувчи узеллардан, регионал тармоқ ресурсларига фойдаланувчиларни уланишини ташкиллаштириш учун хизмат қилувчи узатиш

тизимларидан ташкил топган тизимли-тармоқ тузилиши тушунилади.

Уланувчи тармоқлар мамурий-ташкилий нуқтаи назардан регионал тармоқнинг операторларини бир қисми бўлгани каби, алоҳида операторларнинг- уланувчи тармоқ операторларининг техник воситалари ҳам бўлиши мумкин.

Уланувчи тармоқларнинг асосий хизматлари қуйидаги турдаги абонентларнинг уланишини таъминлашдан иборат:

- УФТ тармоқларига аналог кўринишда уланувчи абонентлар;
- интеграл хизматли рақамли тармоқларга базавий уланувчи абонентлар.

Бундай хизматлардан ташқари уланувчи тармоқлар қуйидаги турдаги абонентларга хизмат кўрсатиши мумкин:

- xDSL га уланувчи абонентлар;
- п х 64 Кбит/с ва 2 Мбит/с ажратилган алоқа каналлари абонентлари;
- уланиш учун оптик кабелли технологиялар (PON) ни қўлловчи абонентлар;
- симсиз ва радио уланишларни қўлловчи абонентлар.

Юқорида айтиб ўтилган ҳар бир хизмат тури қўлланиладиган узатиш тезлиги ва уланувчи технологияга боғлиқ ҳолда бўлинади.

Мультисервиси тармоқ ресурсларига уланиш, тармоқ қурилмаларига ёки мавжуд тармоқларга уланувчи чегара узеллари орқали амалга ошади. Охириги ҳолда чегара узели тармоқлараро шлюз функциясини бажаради.

7.3. Мультисервиси тармоқларни қуришнинг асосий масалалари

Магистрал ва уланувчи тармоқлар учун технологияларни танлаш, конкрет шароитга боғлиқ ва бир қанча омиллар билан аниқланади. Уларга: трафик турини кўп бўлиши, мавжуд кабелли инфраструктура ва унинг ривожланиш имкониятлари, фойдаланилаётган қурилмалар ва бошқалар киради.

Охириги вақтда магистрал учун энг кўп Gigabit Ethernet, уланувчи тармоқлар учун эса xDSL технологиялари қўлланилади.

Бундай технологияларнинг кенг тарқалиши қуйидаги афзалликлар билан боғлиқ:

- қурилмалар нархининг нисбатан пастлиги;

- юқори ўтказувчанлик қобилияти: транспорт магистралларида 1 Гбит/с (Gigabit Ethernet), ва уланувчи тармоқларда 8 Мбит/с (ADSL), 50 Мбит/с (VDSL);
- уланувчи тармоқларда мавжуд кабелли инфраструктурані қўллаш имконияти.

Таксимланган мультисервиси тармоқларни ташкил этиш 7.3-расмда келтирилган. Тармоқнинг магистрал қисмида, юқори ўтказувчанлик қобилиятини таъминлаш учун, гигабит оптик интерфейсларга эга бўлган бошқарувчи коммутаторлар қўлланилади. Ажратилган линиялар бўйича уланиш, DSL базаси асосидаги концентраторлар бўйича ташкил этилади. Бунда концентраторлар, устивор технологияни қўллаб-қувватловчи L2 бошқарувчи коммутаторларга, IEEE 802.1q/p стандарт бўйича виртуал тармоқларга, ҳар қандай тармоқ протоколи учун шаффоф бўлган LAN Ethernetга эга. Абонент воситалари сифатида DSL модемлари қўлланилади. Улар кўприк ёки SUA (NAT нинг аниқ варианты) ни қўллаб-қувватловчи маршрутизаторлар каби ишлаш мумкин, шунингдек ўтказувчанлик полосасини ва маршрутизацияни соловчи саккизтагача PVC ни қўллаш мумкин. LAN интерфейсида учтагача IP тармоқ (Aliases) ни қўллаш мумкин.

Мижоз трафиғи, 2-3 сатҳдаги бошқариладиган магистрал коммутаторлар ёрдамида йиғилади. Бунда бошқа мижозларнинг трафиклари билан қуйидаги манипуляциялар ўтказилиши мумкин:

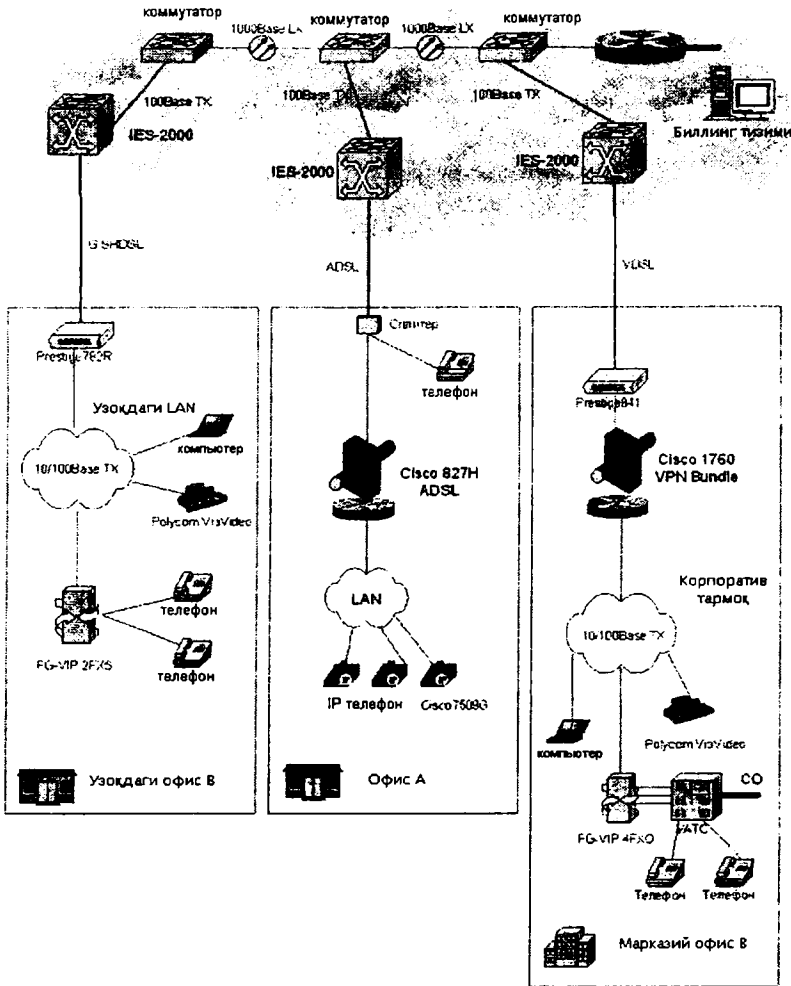
- трафик, магистрал коммутаторлар қурилмалари қўллаб қувватловчи, VLAN IEEE 802.1q стандарти технологияси ёрдамида ажратилиши мумкин;

- QoS билан белгиланган трафик, QoS нинг аниқ бир сиёсати учун қўлланилиши мумкин;

- Ҳар бир Ethernet портининг тезлиғи, 1 Мбайт/с қадам билан совланиши мумкин.

Агрегацияланган трафик марказий маршрутизатор орқали ўтади. Мижозлар учун унинг интерфейслари Интернетга уланувчи шлюзлар ҳисобланади. Шлюз орқали ўтувчи ҳар бир мижоз трафиғи ҳисобга олинади ва у ҳақидаги маълумотлар биллин тизимиға тушади.

Алоқа оператори тармоғи



7.3-расм. Тақсимланган мультисервиси тармоқларни ташкил этиш схемаси.

Марказий маршрутизатор сифатида, юқори сифат кўрсаткичли модул маршрутизаторларини қўллаш мақсадга мувофиқдир. Улар маълумотларни узатишнинг кенг спектрини, интерфейс модул-

ларини зудлик билан алмаштириш ва қўшимча таъминот манбаини қўллаш имконини беради. Аниқ моделни танлаш, юқори сат. провайдерларига етказиладиган ва мижозлар талаб қиладиган ўртача ҳажмдаги канал кенгликларига боғлиқ.

Тарификациялаш учун ахборотларни йиғиш бир неча усулла; ёрдамида амалга ошиши мумкин:

- трафик статистикасини VLAN Sub-маршрутизатор интерфейслари орқали йиғиш, бундай ҳолда турли абонентларнинг трафиғи 802.1q белгиси билан ниқобланади ва маршрутизаторда идентификацияланади;

- мослашган дастурий таъминот ёрдамида модем протокол бўйича маршрутизатор билан уланади;

- протокол ёрдамида биллинг тизими, узатилган кадр ва пакетлар бўйича статистикага эга бўлган объектларда ахборотларни йиғади.

7.4. Мультисервиси тармоқ технологияларини танлаш

Бугунги кунда телекоммуникация операторларига, турли трафикларни узатишда ва кенг спектрдаги хизматларни етказишда мижозларнинг талабини қондиришга тўғри келади. Уларнинг ичиде энг талабгори:

- бу одатдаги телефон трафикларини узатиш;
- Интернетга уланишни ташкиллаштириш ва магистрал каналлари бўйича Интернет трафикларини узатиш;
- корпоратив тармоқларнинг трафикларини узатиш, локал тармоқларни бирлаштириш;
- видеоконференцияни ташкиллаштириш ва IP телефони трафикларини узатиш ҳисобланади.

Бирорта хизматни етказишга мос келувчи маълумотларни узатиш каналлари бошқасини узатиш учун ҳар доим ҳам мос келавермайди. Етказиладиган хизматларнинг ҳажмини ошиши оператор ва провайдерларни бошқа тармоқларга паралел ҳолда ривожланишга мажбурлайди. Бу жуда катта маблағ ва сезиларли даражадаги техник қийинчиликларни талаб қиладди. Худди шу вақтда шу хизматларни етказувчи операторлар ва Интернет провайдерлари орасида рақобат кучаяди. Шунинг учун ҳам охириги вақтларда мультисервиси тармоқларга бўлган қизиқиш ошди.

Юқорида айтиб ўтганимиздек мультисервиси тармоқ-бу турли типдаги трафикларни маълумотларини узатиш учун якка канални қўлловчи инфроструктурадир. У турли типдаги қурилмаларни камайтириш, ягона стандартни ва ягона кабелли тизимни қўллаш, хизматларнинг тўлиқ спектрини етказиш учун коммутациялаш муҳити орқали марказдан бошқариш имконини беради.

Мультисервиси тармоқларни лойиҳалаштириш, етказиладиган хизматларнинг турларини аниқлашдан бошланади. Биринчи навбатда операторлар қандай хизматларни етказиш, турли кўринишдаги трафикларнинг нисбатини баҳолаш ва яқин келажакдаги ҳолатни башоратлаш масалаларини ечиши лозим. Шундан кейин тармоқни қуриш учун технологияни танлаш мумкин.

Замонавий алоқа транспорт тармоғи қуйидаги талабларга жавоб бериши керак:

- масштабланувчанлик;
- сезиларли ўсишни ҳисобга олган ҳолда тармоқ ривожланишини таъминлаш;
- маълумотларни узатиш тезлигини ошириш;
- бошқарувчанлик;
- ишончлилик ва захиралаш имконияти;
- ахборот хавфсизлиги;
- талаб қилинадиган ўтказувчанлик полосасини таъминлаш;
- миждозларга талаб даражасидаги хизматни таъминлаш.

Магистралнинг энг асосий тавсифларидан бири бу унинг узунлигидир. Маълумки, оптик кабел бундай тармоқлар учун узатиш муҳити сифатида жуда мос келади. Лекин айрим ҳолларда радиореле линияларини қўллаш кўпроқ самара беради.

Технологияларни ва тармоқнинг тузилиш вариантларини танлашда иқтисодий самарадорликка кўпроқ эътибор бериш лозим. Уни, узатиладиган ахборот бирлиги нархидан келиб чиққан ҳолда баҳолаш мумкин.

Магистрал алоқа тармоқларининг базавий технологияларига қуйидагилар киради: DWDM, SDH, ATM, POS (Pasket Over SONET), DPT (Dynamic Posket Transport - Cisco Systems компанияси қўллаган RPR технологияси), Fast/Gigabit Ethernet [13].

7.5. Уланувчи технологияларни танлаш

Уланувчи тармоқларда 50% дан 80% гача воситалар инвестицияланади, шунинг учун технологияларни ва тармоқни тузиш вариантларини тўғри танлаш жуда муҳимдир. Қуйида абонентлар уланувчи технологияларни танлашда таъсир қилувчи омиллар кўрсатилган:

- бир абонент ҳисобида уланиш нархи;
- уланишнинг соддалиги – абонентлар учун уланиш имкониятларини, абонентлар уланишини тезлаштиришни аниқловчи омиллар;
- абонент учун етарли даражадаги ўтказувчанлик полосаси ёки маълумотларни узатиш тезлиги;
- миждозларнинг талаб даражасидаги хизмат сифатини таъминлаш;
- мавжуд кабеллар инфроструктураси-коаксиал кабел, ўрамлар жуфтлиги, телефон симлари, оптик тола ва бошқалар.

Агар уланувчи тармоқларда мавжуд кабелли инфромиструктурани қўллаш имкони бўлмаса, у ҳолда абонент тармоғига керакли технологияларни танлаш ҳақида чуқурроқ ўйлашга тўғри келади. Унда нима қилиш зарур?, Янги мис кабелларни ётқизиш керакми ёки оптик кабелларними?. Маҳаллий рельеф ёки об-ҳаво шароити, ишончли симсиз уланишларни ташкил қилиш имконини берадими?. Янги кабелни қандай ва қаерга ётқизиш лозим? Юқоридаги саволларнинг жавобига боғлиқ ҳолда қуйидаги технологиялардан бирини танлаш мумкин: xDSL (HDSL, ADSL, VDSL ва бошқалар), PON (пассив оптик тармоқлар), HFC (гибрид толали-коаксиал тармоқ, кабелли модемлар), LMDS/MMDS (радиоуланиш), ИК-алоқа (симсиз оптик алоқа), Ethernet/Fast Ethernet. Бундай технологияларни қўллаш замонавий алоқа тармормоқларини қуриш имконини беради.

7.6. Мультисервиси тармоқ хизматлари

Мультисервиси тармоқ хизматларини икки турга бўлиш мумкин: базавий (барча алоқа узелларига маълумотларни етказиш зарур бўлган) ва қўшимча (фойдаланувчи ёки провайдер томонидан етарли даражада сўраш бўлган тақдирдагина амалга ошириладиган) хизматлар.

Мультисервиси тармоқларнинг базавий хизматларига одатдаги узатиш ва уланиш хизматлари киради. Уларга:

- одатдаги телефон трафикларини узатиш;
- Интернет маълумотлари трафикларини узатиш;
- корпоратив тармоқларнинг маълумотлари трафикларини узатиш;
- мобил тармоқ трафикларини узатиш;
- Интернет тармоқларига уланиш;
- маълумотлар узатиш тармоқларига узатиш.

Қўшимча хизматларга қуйидагилар киради:

- DSL га уланувчи концентраторлар ҳажмини арендага бериш. Ушбу хизмат охириги фойдаланувчиларни Интернет тармоғига узлуксиз улаш учун хизмат қилади.

- IP телефониянинг овозли трафигини узатиш;
- видеоконференцияни ташкиллаштириш учун видео трафикларни узатиш;
- студиядан видеотрафикларни узатиш;
- қуйидаги параметрлар билан Интернет тармоғига уланиш: кафолатланган минимал ва имкони борича максимал ўтказувчанлик полосаси, чегарадан ошмаган кечикиш, мумкин бўлган чегарада кечикиш вариацияси;
- хусусий виртуал тармоқни ташкил этиш;
- провайдерларга сўраши бўйича видео ва аудио (ушбу хизмат сўраш бўйича танланган видео, аудио) дастурларни трансляция қилиш имконини беради, «интерфаол янгиликлар» (фойдаланувчиларга олдин ўтиб кетган ҳодисаларни кўриш, эшитиш ва ахборотни ўқиш имконини беради), электрон супермаркет (фойдаланувчи «электрон магазин»дан товарни танлайди, у ҳақидаги тўлиқ маълумотни олади), интерфаол таълим (хорижий тилда аудио ва видеотаълим ва бошқалар), турли ўйинлар (буш вақтда электрон ўйинлардан фойдаланиш) хизматлари кафолатланган хизмат сатҳида таъминланади.

7.7. Мультисервиси тармоқларни бошқарув тизимлари

Мультисервиси тармоқларни бошқаришни ташкиллаштириш учун турли оператор ва хизмат билан таъминловчиларга тегишли бўлган бошқарув тизимлари ўзаро боғланиши лозим. Тармоқ ичидаги бирорта операторга тегишли конфигурациялаш

масалалари, сифат ва авария назорати ички ҳисобланади, бир якундан бошқа якунга маълумотларни етказиб бериш ва сифатли хизматни таъминлаш эса турли тармоқ операторлари билан биргаликда ҳал қилинади.

Бошқаришни соддалаштириш учун маълумотларни ва овозни узатувчи транспорт тармоғининг турли соҳаларида (WDM, SDH, АТМ ва бошқалар) бошқарувнинг алоҳида кичик тизимлари бўлиши мақсадга мувофиқдир [18].

Улар транспорт тармоқлари ва хизматларини бошқарувчи интеграллашган кичик тизимларга бирлашиши мумкин.

Бошқарув тизимларининг модул тузилишида, турли бошқарув вазифаларини бажарувчи интеграл блоклар мавжуд деб тахмин қилинади. Уларга қуйидагилар киради:

- авария назорати;
- топологияни бошқариш;
- хавфсизликни бошқариш;
- тизим ва жараёнларни бошқариш.

Бундай блоклар бошқарувнинг алоҳида кичик тизимлари функцияларини интеграллаштириши, масалан: битта фойдаланувчи интерфейсида бир неча йўналиш бошқарувининг авариясини акс эттириши, бутун топологияни акс эттириши, умумий бошқарув хавфсизлигини таъминлаши лозим.

Сифатни бошқариш, чакириқ ва пакетли тармоқ ичини бошқариш сатҳида амалга оширилади.

Кичик тизимлардан юқори турувчи бошқарув тизимлари аварияларни ва тармоқ топологиясини марказдан бошқаришни, тармоқ ва хизматларни биргаликда бошқариш функциясини таъминлайди. Операторнинг ўрни, бошқарувнинг барча шахсий функцияларини яратувчи марказий нукта ҳисобланади.

Янги хизмат билан таъминловчилар, ахборот билан таъминловчилар каби, фойдаланувчиларни ҳам бошқарув тизимлари билан ўзаро боғланишини таъминлаши лозим.

Бир вақтда ва боғлиқ бўлмаган ҳолда регионал сатҳдаги каби магистрал сатҳда ҳам мультисервиси тармоқларни яратиш мумкин.

Регионал сатҳда мультисервиси тармоқларни яратиш мавжуд маҳаллий тармоқларни такомиллаштириш ёки алоҳида абонент гуруҳларига хизмат қилиш учун мўлжалланган янги тармоқларни яратиш йўли орқали амалга ошади.

Магистрал сатҳда мультипротоколли транспорт тармоқларини яратиш, маълумотларни узатувчи турли тармоқларни ўзаро боғланиш зарурати, GPRS тармоқларини қуриш ёки учинчи авлоднинг (3G) мобил алоқа тармоғини белгиланган сегментлари учун аниқ вазифали чегаралар рамкасида амалга ошади.

Айрим ҳолларда яратиладиган мультисервиси тармоқлар одатдаги мавжуд тармоқларнинг инфраструктурасини бир қисми билан алмаштирилади. Албатта улар «алмаштириладиган» тармоқни қуриш норматив-техник талабларига жавоб бериши лозим.

7.8. Канал, тармоқ ва транспорт сатҳи технологиялари

Х.25 тармоқ протоколи. Пакетли коммутацияга эга бўлган маълумотларни узатувчи Х.25 протоколи, жуда катта шовқин сатҳига эга бўлган алоқа линиялари (масалан аналог телефон линиялари) бўйича ишлаш учун ХТИ (ITU-T) томонидан ишлаб чиқилган. Узатиладиган ахборотларни талаб қилинган ишончилигини таъминлаш учун, хатоликларни аниқлаш ва соzлашнинг кўп сатҳли тизими қўлланилади.

Пакетларнинг ҳаракатланиш йўлида Х.25 тармоғининг ҳар бир коммутациялаш узели пакетнинг бутунлигини текширади, унинг сарлавҳасида мавжуд бўлган ва узатишда ҳисобланган назорат йиғиндисини ўқийди, олинган пакетлар учун унинг қийматини аниқлайди ва ва бу икки қийматни солиштиради. Хатолар сони унча кўп бўлмаса, узел пакетларни қайта тиклаш қобилиятига эга бўлади ва уни кейинги таъқиб йўлига узатиши мумкин. Бунда узел кейинги узелга пакетлар қабул қилинганда улар соzланганлиги ҳақидаги маълумотни жўнатади. Кейинги узелда пакетни қайта тиклаш имкони бўлмаса, уни қайта узатиш ҳақида маълумотни жўнатади. Қолган тармоқ узеллари - Х.25 коммутаторлари худди шундай тартибда ишини давом этдиради.

Линиядаги шовқин сатҳининг юқорилиги, узатиш тезлигини камайишига олиб келади, шу сабабли пакетли коммутацияга эга бўлган кўпгина тармоқлар 64 Кбит/с гача узатиш тезлиги билан ишлайди. Шунинг билан бирга ахборотларни узатиш тезлиги (уни узлуксиз физик каналдаги узатиш тезлик билан чалкаштириш керак эмас) доимий қолмайди ва хатоликлар туфайли юзага келган шовқин сатҳига боғлиқ. Бошқача қилиб айтганда бир пакетни

етказиш вақти доимий қийматга эга эмас ва фақатгина кана сифатига боғлиқ.

Frame Relay (кадрларни трансляция қилиш) протоколи Узоқ масофаларга маълумотларни узатишда хатоликлар сони кў бўлганлиги туфайли пакетларни коммутациялаш усуллар яратилган эди. Натижада, пакетлар сарлавҳалар билан жуда тўлга ва жуда кўп ортиқча ахборотлардан иборат бўлган. Пакетларни қайта тиклаш ва хатоликларни йўқотиш нафақат охирги станция: балки тармоқнинг барча узеллари функциясига ҳам кирган эд (масалан Х.25 протоколларини қўллаш орқали).

Маълумотларни узатиш учун оптик толали муҳи қўлланиладиган замонавий юқори тезликли телекоммуникация тармоқларида хатоликлар сатҳи кескин камайди. Натижада паке майдонидаги кодировка ортиқчалиги керак бўлмай қолди.

Frame Relay протоколи шовқин сатҳи кам бўлган алок линияларида қўллаш учун ишлаб чиқилган. Бундай линияларг оптик толали магистраллар киради. Frame Relay да буту кадрларнинг хатоликларини назорат қилиш тизими бартара қилинган, лекин бунинг ўрнига тармоқ коммутатори олинга кадрларни бутунлигини текширади ва фақат манзил майдони учу хатоликлар назорати амалга оширилади. Агар бу тестларнинг бирортаси ўтмаса, унда коммутатор кадрларни қайта юбори ҳақидаги сўровни жўнатади.

Аввалги каналларни коммутациялашга эга бўлган тармоқла охирги фойдаланувчига 64 Кбит/с га яқин тезликни етказган бўлса Frame Relay тармоғи 2 Мбит/с тезликда глобал телекоммуникация тармоқларини фойдаланувчига уланишини амалга оширади. Frame Relay технологиясининг энг асосий афзаллиги, пакетдаги ахборотлар ортиқчалигининг пастлигидир. Натижада маълумотларни узатиш тармоқларида унумдорлик зудлик билан ошди.

Frame Relay кадрларни коммутациялаш интерфейсини англатиб, қайта ишлашни яхшилаш ва худудий тармоқда маҳаллий тармоққа узатиш нархини камайтириш ва лока ҳисоблаш тармоғи билан юқори тезликда уланишни таъминлайди Frame Relay технологияси қуйидагиларни талаб қилади:

- охирги қурилмалар юқори даражали интеллектуал протокол билан таъминланган бўлиши;
- алоқа канали виртуал ва хатоликлардан холи бўлиши;

- тадбик этилган жихозлар турли узатишга мўлжалланган бўлиши керак.

Бундай технология нафақат локал ҳисоблаш тармоқлари ва худудий тармоқни пульсацияли трафик билан бошқаришга мос келади, балки сезгир трафикни яъни овозни узатишга мослашади.

Frame Relay технологиясининг тармоқ ускуналари ва фойдаланувчи қурилмалари, интерфейс орқали маълумотларни пакетли коммутация кўринишида узатиш имконини беради. Тармоқ интерфейси нуқтаи назаридан Frame Relay ҳам Х.25 протоколи қаторидан ҳисобланади. Лекин Frame Relay Х.25 га нисбатан функционал имкониятлари ва формати бўйича устун туради. Бундай технология бузилган битларни текшириш алгоритмига эга, лекин бузилган маълумотларни тиклаш механизмига эга эмас.

Ethernet технологияси. Локал ҳисоблаш тармоқларида маълумотларни узатиш учун Ethernet худди транспорт технологияси каби қаралади. Маълумотларни узатиш тезлигининг 10 Мбит/с дан 1 Гбит/с гача (яқин келажақда 10 Гбит/с гача) ошиши, узатиладиган ахборотларнинг нархини пастлиги, архитектурасининг нисбий соддалиги ва Ethernet технологиясига Интернет провайдерларининг ва алоқа операторларининг қизиқиши мувозанатли хизмат таъминоти билан боғлиқ. Бундай технологияларнинг охириги ишлаб чиқилган варианты бир неча портлар сонига эга бўлган коммутаторларни қўллашга асосланган. Бундай коммутаторлар бир вақтда бир неча портлар орасида кадрларни узатишни таъминлайди. Натижада коммутацияланувчи Ethernet технологиясида ҳар бир қурилма ўзаро ажратилган каналга ва коммутатор портига эга бўлади. Локал тармоқларнинг турли сегментлари орасида маълумотларни узатувчи алоқа каналларининг тезлигини таъминлаган ҳолда, коммутациялаш самарали бошқарув тизимига эга бўлган йирик тармоқларни яратиш имконини беради. Лекин алоҳида коммутаторлар уланувчи магистрал тармоқларни яратишда жуда катта тезлик талаб қилади. Натижада Ethernetнинг 10 Мбит/с ли кўпгина сегментларида ошиқча юклама юзага келади ва ўтказувчанлик қобилятини пасайтиради.

Бугунги кунда локал тармоқларнинг 85 % канал сатҳидаги Ethernet технологияси бўйича қурилган. Канал сатҳидаги Ethernet нинг фарқ қилувчи хусусияти, икки кичик сатҳларга: муҳитга уланишни бошқариш (MAC) ва мантиқий канал бошқариши (LLC) га бўлишдир. Пастки MAC сатҳи муҳитга уланиш алгоритмини,

тармоқдаги ишчи станцияларнинг манзилини аниқлайд шунигдек физик сатҳни биргаликда қўллашни қўлла қувватлайди. Пастки LLC сатҳи куйидаги хизматларни қўлла қувватлайди:

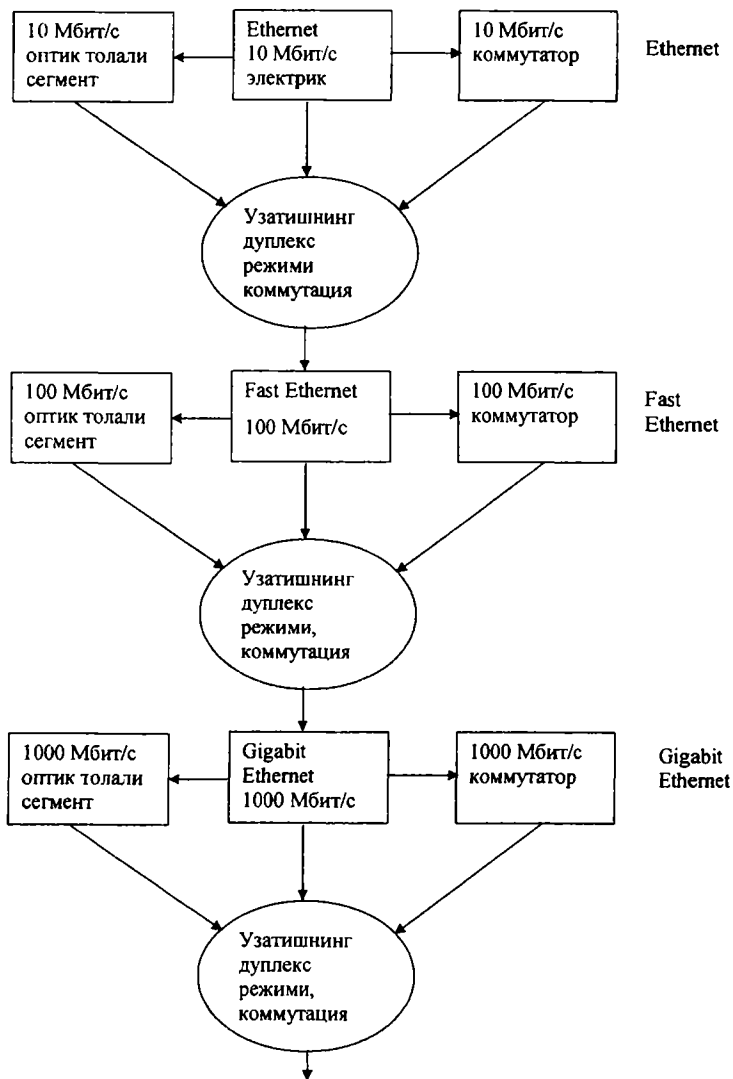
- уланишни амалга оширмайдиган ва тасдиқсиз хизмат;
- уланишга мўлжалланган хизмат;
- уланишни амалга оширмайдиган тасдиқга эга хизмат.

Технологиянинг энг асосий камчилиги муҳитга конкурент уланиш ҳисобланади.. Худди шу пайтда бу яна унинг қурилмалақ нарҳини сезиларли даражада камайтириш имконини берувч афзаллигини ҳам билдиради. Бунда локал тармоқ технологияси тегишли одатдаги Ethernet да масофанинг чекланиши, опти толаларни қўллаш ҳисобига бартараф этилади. Натижада Ethernet шаҳар ва глобал тармоқ технологиясига айланади.

Ethernet технологияси ўзининг ривожланиш жараёнида би қатор эволюцион босқичлардан ўтди (7.4-расм) ва оддий ши (10 Мбит/с ли) архитектурасидан, тезликни ошириш ҳисоби 10 Гбит/с) ва ундан юқори сегментларни қўллаш технологияси айланди. Шундан ҳам билиш мумкинки, Ethernet ни ўтказувчанлик қобилияти ҳар 5-7 йилда 10 мартага ошиб бормоқд Ҳозирги вақтда 10 Гбит/с ли Ethernet (Gigabit Ethernet) физик сатҳда DWDM технологиясини қўллайди.

Кейинги пайтларда Gigabit Ethernet замонавий рақамли тармоқ технологиялари сафидан мустахкам ўрин эгаллаган. Gigabit Ethernet технологияси бирламчи стандартлаштириш босқичида ўтди ва телекоммуникация бозорида рақамли узатиш тизимларини ишлаб чиқарувчиларнинг янги аппаратуралари – маршрутизаторлар/коммутаторлар сифатида аҳамиятга эга ва улар замонавий юқори тезликли маълумотларни узатиш тармоқларини қуриш қўлланилади.

Gigabit Ethernet 1000 Base-x маршрутизатор/коммутатор интерфейслари ишчи станциялар суперкомпьютерлар сакловч воситаларни ва 4 сатҳли архитектурага эга бўлган перифери узелларни ўзаро боғловчи технология - физик сатҳ стандарт Fibre Channel (Fc) га асосланган. Пастки сатҳлар учун FC- (интерфейслар ва муҳит) ва FC-1 (кодлаш ва декодерлаш) Gigabit Ethernet га кўчирилган, бу эса Gigabit Ethernet оригинал стандартини яратиш вақтини камайтиради. ВОС (OSI) модели Gigabit Ethernet стандарти канал ва физик сатҳга мос келади.



7.4-расм. Ethernet технологияси эволюцияси.

Телеметрик хизматларни қўлловчи компанияларнинг одатдаги операторлардан фарқи, одатда SDH нинг шахсий

инфроструктурасига эга эмаслиги, лекин яхши ривожланган уланувчи участка жойлашганлиги.

Ethernet инкапсуляцияси. Ethernet трафикларини инкапсуляциялашнинг асосий муаммоси шундан иборатки, SDH нинг маълумотлар блоки (контейнерлари) мавжуд фойдали юклам бўлса ҳам, бўлмаса ҳам тўхтамасдан кадр сингари узатилади. SDH контейнерларида Ethernet трафикларини инкапсуляциялашнинг бир неча процедуралари бор.

GFP (Generic Framing Procedure – кодлашнинг умумий процедураси) ва X.86 (LAPS-SDH каналларига уланувчи протокол каби) процедуралари стандартлаштирилган. Қайси бири яхши Иккаласи ҳам SDH контейнерларида Ethernet трафикларини инкапсуляциялайди, лекин турлича. GFP процедураси инкапсуляциядан анча самарали бажаради ва LAPS дан фарқи детерминацияланган хисобланади. Берилган процедуралар ITU-T X.86 (LAPS) ITU-T G.7041 (GFP) стандартларида тўлиқ берилган. Шунинг ҳам айтиш жоизки, айрим ишлаб чиқарувчилар ўзининг ишлаб чиқарганини қўллайдди.

Виртуал контейнерларни тортиш. SDH тармоқларида Ethernet трафикларида юзага келувчи асосий муаммо, SDH контейнерлари ўлчамига эга бўлган Ethernet кадрларининг мослашмаганлигидир. Бундай муаммоларни ечишда виртуал контейнерларнинг тортишиши ёрдам беради. Тортишиш 2 тур бўлинилади: аралаш ва виртуал.

Виртуал тортишиш, VC-12 (2.176 Мбит/с) қадамли виртуал контейнерларни тортишда ўтказувчанлик қобилиятини оширади шу вақтда худди аралаш тортишиш сингари фақат VC-4 (149.7 Мбит/с) сатҳдан бошлаб қўллаш мумкин. Аралаш ва виртуал тортишиш турлари 7.1-жадвалда кўрсатилган.

Шунинг таъкидлаш керакки, виртуал тортишни қўлаганд мавжуд SDH тармоқларининг транзит узелларида бирорт ўзгартиришни амалга ошириш зарурати йўқ, лекин аралаш тортишиш қўлланилганда барча транзит узеллардаги қурилмаларни аралаштиришни талаб қилади.

Виртуал тортишиш SDH трафикларини ҳимоялашда ҳам бошқа афзалликларга эга. Буларнинг барчаси SDH контейнерларини виртуал тортишни қўллашни тасдиқлайди. Виртуал тортишиш процедуралари ITU-T H.707 стандартида тўлиқ келтирилган.

Уланиш қажмини ростлаш. SDH каналларини автоматик химоялаш функцияси (ITU-T G.841 хужжатида тавсифланган) 3 турдаги канални аниқлайди:

- ишчи канал (агар ишчи уланиш бирор сабабга кўра бузилса, унда трафик 50 мс давомида химоя каналига уланади);

- химоя канали - асосий ишчи канал рад этган ҳолда трафикни кўчиради: берилган уланиш бўйича асосий ишчи канал меёрда ишлаётган бўлса, лекин G.841 хужжати, қўшимча трафикларни узатиш учун химоя қилишни қўллаётганини тавсифласа;

- химояланган канал.

7.1- жадвал

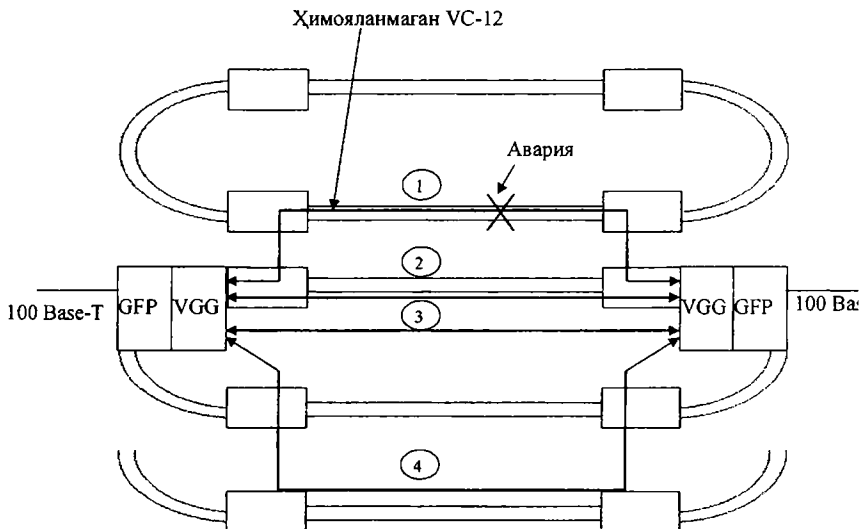
Аралаш ва виртуал тортишиш

SDH контейнерлари	Тури	Фойдали юклама, Мбит/с
VC-12	Low Order	2,176
VC-3	High Order	48,384
VC-4	High Order	149,76
Аралаш тортишиш		
VC-4-4c	High Order	599,04
VC-4-8c	High Order	1198,08
VC-4-16c	High Order	2396,16
VC-4-64c	High Order	9584,64
Виртуал тортишиш		
VC-12-Xv	Low Order	X·2,176 (X=1...63)
VC-3-Xv	Low Order	X·48,384 (X=1...255)
VC-4-Xv	High Order	X·149,76 (X=1...255)

Виртуал гуруҳга кирувчи, химояланган бирорта VC-12 виртуал контейнерининг йўқолиши, барча гуруҳнинг йўқолишига элиб келади. Бундай ҳолат рўй бермаслиги учун LCAS (Link Capacity Adjustment Scheme-уланиш ҳажмини ростловчи схема) протоколи қўлланилади. LCAS протоколи, SDH тармоғи бўйлаб узатиладиган Ethernet трафикларини химоялаш функциясини бажаради ва трафик билан мослашган ҳолда ишлайди. Ягона гуруҳга бирлаштирган (7.5-расм), бир неча каналларни қўллаган ҳолда трафикларни узатиш ҳолатини қараб чиқамиз.

1-химояланмаган канал рад этганда виртуал гуруҳнинг барча графиклари йўқолади, лекин LCAS механизми уланишни излайди. Ундан кейин GEP процедураси оний тезликни ўзгартиради ва

виртуал гуруҳга кирувчи қолган виртуал контейнерларни қўллаге ҳолда уланишни қайта тиклайди. Бу тармоқнинг ишламай қоли мувозанатини пасайтирмасдан трафикларни узатиш учун 2,3 ва каналларни ишлаш имконини беради. VC-4 контейнерлари учу LCAS нинг реакция вақти 64 мс, VC-12 контейнери учун эса 128 м дан ошмайди.



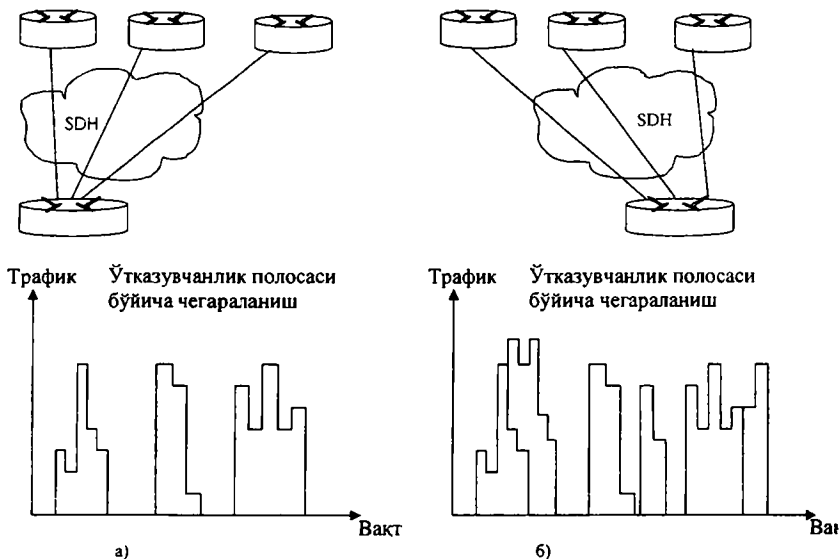
7.5-расм. LCAS технологиясини қўллаган ҳолда Ethernet трафигини химоялашни ташкиллаштиришга мисол.

Берилган ушбу мисолдан кўриниб турибдики, LCAS н қўллаш, ишчи каналлар орасида трафикларни динамик тарқати имконини беради, шунингдек қўшимча трафикларни узатиш учу каналларнинг химоясини таъминлайди. LCAS протоколи ITU- G. 7042 тасифида тўлиқ берилган.

Ethernet нинг қўшимча функционаллиги. Юқорид тавсифланганлар «нуқта-нуқта» Ethernet E-line (7.6-расм) н улашни амалга ошириш имконини беради.

Бу фақатгина Ethernet нинг ажратилган каналлари ва бунда ташқари SDH тармоғининг Ethernet трафиклари учун тоз транспортдир. Шундай ҳолда тармоқни тузиш учун операто

Ethernet портларининг сонини, шунга тенг бўлган уланишни таъминлаши, шунингдек Ethernet пакетларини коммутациялаш учун қўшимча қурилмаларни қўллаши лозим. Бундан ташқари эрта ёки кеч оператор транспорт тармоқларининг ресурсларини етишмаслиги дуч келади, бунда ҳар бир каналнинг ўртача статистик юкланиши кам бўлади. Шунинг учун қўлланиладиган (IEE 802.1D, 802.1P ва бошқалар) стандартларга мос ҳолда Ethernet пакетларини қайта ишлаш имконини таъминлаш зарур, бу Ethernet трафиклари билан мослашган ҳолда ишлаш ва уни ҳозирги пайтда нафақат кўп операторлар қўллайдиган портлар сатҳига, балки Ethernet сатҳига ажратиш имконини беради.



7.6-расм. Уланишни ташкиллаштириш: а) «нуқта-нуқта»; б) «нуқта-и нуқта».

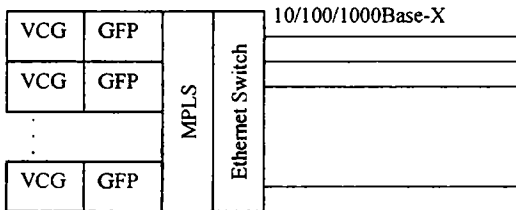
Ethernet технологияси абонентлар трафигининг ёки виртуал локал тармоқларнинг (Virtual Local Area Network, VLAN) умумий каналларидаги хизматни ажратади. Кўпгина абонентлар аллақачон ушбу усулнинг афзалликларидан кенг фойдаланмоқдалар. Уни қўллаш учун транспорт тармоқлари орқали VLAN индентификаторларини тўсиқсиз узатишни таъминлаш лозим.

Хусусий VLAN ларни яратиш механизми шунингдек Ethernet трафикларининг устиворлиги мавжуд стандартларга мос бўлиши керак. Буларнинг барчаси маълум бўлган E-LAN каби мураккаб «нукта – кўп нукта» ва «кўп нукта - кўп нукта» структурасини тузиш мижоз трафикларининг концентрациясини амалга ошириш ва транспорт инфраструктурасидан самарали фойдаланиш имконини беради.

Шундай қилиб, IEEE 802.1.D (Bridge Protocol and Spanning Tree), IEEE 802.1 Q (VLAN) ва IEEE 802/1P (Priority) тавсифларига мос ҳолда Ethernet трафиклари билан тўлиқ ишлаш имкони таъминланади.

Хизмат сифати. Хизмат кўрсатиладиган абонентлар сони ошиши билан, оператор аниқ бир хизмат сифатини таъминлаш муаммоларига дуч келади. Чет давлат операторларининг тажрибаси шуни кўрсатдики, яқин келажакда SLA (Service Level Agreement-хизмат сатҳи ҳақидаги шартнома) берилганларни таъминлаш бўйича Ethernet функцияси етарли бўлади, кейинчалик эса кўшимча равишда MPLS технологияси имкониятларини қўллаш зарур бўлади.

Протоколлар стеки. Протоколлар стеки қуйидагича шаклланади (7.7-расм): абонент, GFP кадрларида инкапсуляцияланувчи Ethernet кадрларини узатади (хусусий VLAN ни қўллаган ёки қўлламаган ҳолда), ундан кейин виртуал тортишувчи контейнерларда инкапсуляцияланади. LCAS механизми, рад этишлар юзага келганда уланишнинг ўтказувчанлик қобилиятини динамик ўзгартириш йўли орқали Ethernet трафикларининг ҳимояланганлини таъминлайди. SDH физик сатҳда мавжуд тармоқлар билан ўзаро боғланишни қўллайди.



7.7-расм. Протоколлар стекининг шаклланиши.

Gigabit Ethernet. Бундай технология Ethernet нинг бирмунча такомиллаштирилган стандартларидан бири бўлиб, топологиясининг бошқачароқ эканлиги билан фарқ қилади. Gigabit Ethernet нинг асосий мақсади, тармоқда мавжуд бўлган Ethernet базасини сақлаган ҳолда анча юқори тезликли маълумотлар узатишдан, шунингдек турли тезликда ишловчи сегментлар орасида маълумотларни жўнатиш имкониятини таъминлаш, йирик маиший корхоналарда қўлланиладиган, мавжуд бўлган коммутациялаш архитектурасини соддалаштиришдан иборат.

Ethernet нинг 802.3.0 формат кадрини қўллаган ҳолда, 802.0. стандартининг функционал талабига мос ҳолда узатиш тезлиги 1 Гбит/с га тенг. Технология асосан корпоратив тармоқларнинг марказида қўллашга асосланган. Бундай технологиянинг камчилиги хизмат сифатини қўлловчи механизмнинг мавжуд эмаслигидир. Бунинг учун Gigabit Ethernet дан фойдаланувчилар хизмат сифатини таъминлаш учун RSVP каби IP базаси асосидаги протоколларни қўллаши лозим. У лозим бўлган маълумотлар тезлигини таъминлаш учун маршрутизатор ресурсларини захиралаш имконини беради.

IP технологияси. Юқорида санаб ўтилган хизматлар ва уларга бўлган талабларга асосланган ҳолда, ҳозирги пайтда рақамли каналлар бўйича маълумотларни узатишда IP протоколлари (Интернет протоколлар) кенг қўлланилмоқда. Бу асосан ажратилган каналларнинг ошиши ва ўзаро боғланган тармоқнинг охириги истемолчиларининг уланувчи нуқталарини узоқда жойлашгани нархга боғлиқ эмаслик хусусияти билан боғлиқ. Натижада алоқанинг нархи зудлик билан камаяди. IP телефониянинг энг асосий афзаллиги Интернет телефонияда алоқа сифатининг юқорилиги ва реал вақтда факсларни узатиш имкониятидир. Бундан ташқари IP телефония телекоммуникация соҳасида янги ёндашишни юзага келтиради: аудио ва видеоконференция, абонентларни зудлик билан топиш ва бошқалар.

IP асосида тармоқда барча маълумотлар: овоз, матн, видео, компьютер дастурлари ёки бошқа турдаги ахборотлар пакетлар кўринишида узатилади. Бундай тармоқда ҳар қандай компьютер ва терминал ўзининг IP манзилига эга. Унда узатиладиган пакетлар шу манзилга мос ҳолда талабгорга жўнатилади. Маълумотлар жуда кўп мижозлар орасида бир вақтда узатилади. IP тармоғида муаммолар юзага келганда, у носоз участкани айланиб ўтган ҳолда

маршрутни ўзгартиради. Бунинг учун IP протоколи сигнализаци учун ажратилган канални талаб қилмайди.

IP тармоғи бўйлаб овозни узатиш жараёни бир неча босқичда иборат: биринчи босқичда овозни рақамлаш амалга ошади. Кейи рақамланган маълумотлар, мижозга узатилаётган маълумотларнинг физик ҳажмини камайтириш мақсадида тахлил қилинади ва қайт ишланади. Қонун бўйича бу босқичда керак бўлмаган паузалар в шовқин фонларини йўқотиш шунингдек компрессорлаш амалг ошади. Кейинги босқичда олинган маълумотлар кетма-кетлиг пакетларга бўлинади ва унга протокол ахборотлари – мижо манзили, пакетнинг тартиб рақами ва қўшимча равишд хатоликларни созловчи маълумотлар қўшилади. Бунинг учу тармоққа узлуксиз жўнатиладиган пакетларни шакллантириу мақсадида лозим бўлган маълумотлар сони вақт бўйича жамланади Қабул қилинган пакетлардан, узатилган ахборотларни топиш ҳа бир неча босқичдан иборат. Овозли пакетлар қабул қилувчи терминалга келганда аввало уларнинг тартиб бўйича кетма-кетлиг текширилади, IP тармоғи вақт бўйича ахборотларни етказиш беришни кафолатламайди ва катта тартиб рақамига эга бўлган пакетлар олдин келиши ҳам мумкин, бундан ташқари қабул қилишдаги вақтли оралик ҳам турли бўлиши мумкин. Бошланғич кетма-кетликларни ва синхронизацияни қайта тиклаш, пакетларни тўплаш учун эса вақт керак. Лекин айрим пакетлар йўлда йўқолиши мумкин ёки уларни етказишдаги кечикиш мумкин бўлган қийматдан ошиб кетиши мумкин.

Оддий шароитда қабул қилувчи терминал узатишда хатс жўнатилган ва йўқолган пакетларни қайта жўнатишни талаб қилади. Лекин овозни узатиш жуда кечикишга сезувчан, шунини учун бундай ҳолда аппроксимациялаш алгоритми киритилади. У олинган пакетлар асосида йўқолганини қайта тиклайди ёки йўқолган пакетлар ўрнини тасодифий ҳолда тўлдиради. Худди шундай усулда олинган маълумотлар кетма-кетлиги декомпрессияланади ва аудио сигналга ўзгартирилади. Шундай қилиб жуда катта эҳтимоллик билан ахборот қабул қилинади. Бундай ҳолда IP тармоқларининг мижозлари нафақат телефон тармоқларида: фойдаланишга, балки кенг хизмат доирасига, уларни содда қўллаш усулига, шунингдек яна қуйидагича қўшимча афзалликларга эга бўлади:

- одатдаги телефон алоқасининг хизмати учун нархнинг пастлиги;

- бир вақтнинг ўзида овоз ва маълумотларни қўллаш. Бу шуни кўрсатадики, мижозлар, ривожланишнинг иқтисодий қўшим-ча афзалликларга эга бўладилар. Бундай хизмат асосан ягона тармоқдан фойдаланиш ҳисобига амалга ошади, шунингдек трафиклар ҳажми ва шаблони овоздан маълумотгача (ва тескариси) тез ўзгаради, бу эса мижозни ҳимоялайди.

Мижоз тармоқнинг қаерида ва қандай уланишидан қатъий назар, кўпгина хизмат турларига эга бўлиш имкониятига эга:

- уланувчи қурилмаларнинг янги тўплами: одатдаги телефон ва факслардан тортиб то компьютергача;

- IP базаси асосидаги архитектуранинг очиқ интерфейси орқали янги хизматларга уланиш (овозли почта, конференцалоқа, факсни узатиш ва бошқалар), бу ишлаб чиқарувчиларнинг таклифларини кенг спектрда мослашувчанлигини таъминлайди;

- хизматлар тўпламини созлаш имконияти;

- IP нинг хизмат ҳақини тўлашни осонлиги (пластик карточкалардан фойдаланиш имконияти);

- мижозлар томонидан унинг ҳисобини назорат қилишнинг соддалиги (интернет орқали);

- IP телефониядан Интернет провайдерлари ҳам кенг фойдаланиш имкониятига эга. Чунки уларда мавжуд бўлган IP инфротузилмаси, овозли алоқа хизмати учун яхши имконият яратади. Бунинг учун лозим бўлган аппаратлар дастурий воситалар босқичма-босқич ўрнатилади.

Интернет провайдерлари учун, интернет-телефония хизмати қуйидаги афзалликларни таъминлайди:

- очиқ компьютер платформасини қўллаш ҳисобига капитал маблағни тежаш;

- ягона тармоқнинг турли хизматларидан фойдаланиш ҳисобига эксплуатацион харажатларнинг камайиши;

- кўпгина хизматлар учун мижознинг битта каналдан фойдаланиш имконияти;

- IP телефония, халқаро ва шаҳарлараро телефон алоқасида альтернатив сифатида ҳам қўлланилади, бу асосан трафикларни ўтказиш ҳисобига таърифни тежайди. Умумий фойдаланувчи телефон тармоқлари операторлари, ошиқча юк ёки авария ҳолати юз берганда захира каналига улайди.

Агар тармоқда турли хил сервислар сони кўп бўлса, масалан: web-навигация, файлларни жўнатиш, электрон почта, IP телефония

ва ҳаказолар, албатта ҳар хил ўлчовдаги жуда кўплаб пакетлар узатилади. Пакетлар кетма-кетликларини аниқлаш имконининг йўқлиги ва навбатга тушаётган пакетларнинг кечикиши, турли оқимларнинг жуда катта даражада кечикишига олиб келади. Шунинг учун ҳам ҳақиқий вақтда трафикларни IP тармоғи бўйлаб узатишда асосий муаммолар юзага келади ва бундай трафикларни махсус қайта ишлаш зарур.

Лекин, замонавий жихозлар ва тармоқлардан фойдаланишда кечикиш вақтининг юқори нуқтаси бугунги кунда 250 мс даражасида бўлиб, IP телефония каналларининг сифати уяли алоқа каналлари сифати ва коммутациялаш тармоқлари билан тенг бўлмоқда. Жихозлар туфайли кечикиш вақти процессорнинг ишлаш қобилятининг тахминий аксига мутоносиб. Процессорнинг иш қобиляти эса 1.5 - 2 йилда икки баровар ортмоқда. Шунга асосланиб яқин йиллар ичида IP телефония каналларидаги кечикиш 150 мс (коммутацион каналлар учун меъёр) каналнинг сифати эса аъъанавий телефон каналлари сифатига яқинлашиб қолади. IP телефония жихозларининг сўнги турларида IP телефонияни ва умумфойдаланувчи телефон тармоқларини бирлашиш имкониятлари жамланган. Бу тармоқларнинг бирлашуви, фирмалар ўртасидаги рақобат, IP телефония каналлари сифатини жихоз ва тармоқларни такомиллашуви орқали яхшиланишига туртки бўлади.

IP қўлланиладиган тармоқларда асосий протокол сифатида Интернет маршрутизаторлари қўлланилади ва турли каналлар ва алоқа портларини туташтирувчи магистрал қурилмалар сифатида ишлатилади. Маршрутизаторлар автоном қурилмалар кўринишида бўлиши ёки компьютер ва махсус коммуникация адаптерлари базаси асосида яратилган бўлиши мумкин.

IP протоколларига асосланган, мураккаб тармоқлар сифатидаги асосий соҳаларда Cisco маршрутизаторлари қўлланиланади. Кўп ҳолларда Cisco қурилмалари Интернетнинг таянч нуқталарида кенг қўлланилади. Агар тармоқ, турли алоқа каналлари ва маълумотларни узатиш тармоғи орқали узоқдаги LAN ни бирлаштириш учун мўлжалланган бўлса ва мураккаб IP маршрутларини талаб қилса, унда Cisco қурилмаларини қўллаш оптимал танлашдир. X.25 ва Frame Relay воситаларида Cisco маршрутизаторлари фақат периферик қурилмалар сифатида қўлланилади.

MPLS технологияси. Сўнги ўтган 15 йил мобайнида ахборот-коммуникация технологияларининг ривожланиши натижасида, мамлакатимизнинг алоқа соҳасида юқори натижаларга эришилмоқда. Телекоммуникация тармоқларини модернизациялаш, замонавий технологияларни қўллаш, янги рақамли техника воситаларини ўрнатиш, уларни оптималлаштириш ишлари натижасида, жаҳон ахборот интеграциялашув жараёнига Ўзбекистоннинг жадал суръатда қўшилиши кўзга ташланмоқда.

Шуниям айтиб ўтиш жоизки, ҳозирги пайтда йилдан-йилга янги замонавий технологияларнинг яратилиши ва алоқа тармоқларида қўлланилишда алоқа тармоқларини қуриш қимматга тушади, трафикларни бошқаришда эса муаммоларни юзага келтиради. Шунинг учун ҳам бундай алоқа тармоқларини ташкил қилишда эски технологиялардан янгисига ўтишни таъминловчи, янги хизмат турларига эга бўлган, иктисодий томондан арзонга тушадиган технологияларни қўллаш мақсадга мувофиқдир.

Бундай муоммоларни ҳал қилиш учун «EAST TELECOM» Ўзбекистон-Британия-Россия қўшма корхонаси янги авлоднинг NGN (Next Generation Network) тармоғини яратди. NGN тармоқлари ягона кенг полосали алоқа канали орқали маълумотларни, аудио ва видео ахборотларини узатиш имкониятларини беради.

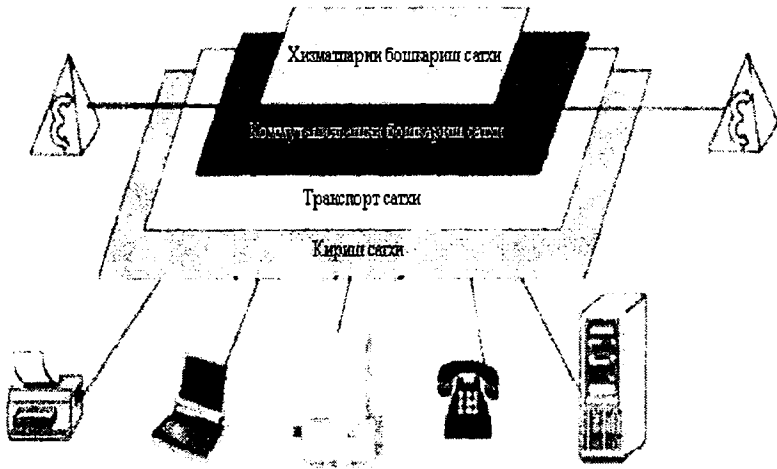
NGN технологиясининг республикаимиз алоқа тармоқларида қўлланилиши, алоқа сифат кўрсаткичларини жаҳон стандарти талабига жавоб берадиган поғонага олиб чиқмоқда.

NGN технологияси асосида қурилган тармоқ (яъни NGN тармоқ) универсал тармоқ ҳисобланиб, пакетли коммутация асосида ихтиёрий турдаги маълумотларни (товуш, видео, расм, телевизион кадр ва бошқалар) сифатли, йўқотишларсиз ва юқори тезликда узатиш имкониятига эгадир. NGN тармоғи турли хил маълумотлар тракти учун керак бўладиган барча хизматларни таъминлаш имкониятига эгадир, яъни (QoS-Quality of Service) хизмат кўрсатиш сифати юқори кўрсаткичга эгадир. Назарий жиҳатдан ўйлаб қаралганда NGN тармоғи айти пайтда фойдаланиб келинаётган Умумфойдаланувчи телефон тармоғи (УФТТ-PSTN), маълумотлар узатиш тармоғи (МУТ), электр алоқа тармоғини (ЭАТ) мукамал ягона тизим сифатида бирлаштирган мултисервис тармоғидир.

NGN тармоғини куришдан асосий мақсад, кенг спектрдаги хизматлар турини жорий қилишдир. Уларга қуйидагиларни мисол қилиш мумкин:

- телефон алоқаси хизмати (махаллий, шаҳарлараро, халқаро телефон алоқаси);
- маълумотлар узатиш хизмати (ажратилган маълумот узатиш канали, маълумотларни узатувчи виртуал хусусий тармоқлар);
- телематика хизмати («электрон почта», «овозли почта», «IP-телефония», «аудиоконференция», «видеоконференция»);
- ҳаракатдаги электр алоқа хизмати;
- провайдер хизмати («электрон супермаркет», «масофадан ўқитиш»).

Бу ҳолда NGN тармоғи ҳар хил турдаги алоқа воситалари, яъни аналог телефон аппарати, факсимиль аппарати, IP-телефония терминали, мобил алоқа воситалари, ракамли тармоқ қурилмалари ва бошқа тур алоқа компонентларини қўллаб-қувватлайди. NGN тармоғининг ютуғи, хизмат турларининг (жуда кўплиги) мавжудлигидир. NGN тармоғида қийин масалалар, уни бошқариш ва хавфсизлик масаласидир.



7.8-расм. NGN тармоғининг архитектуравий модели.

NGN тармоғининг архитектурасини яратишда битта ягона инфраструктурада УФТТ, Мобил алоқа тармоғи, Интернет тармоғи ресурслари, IP-телефония тизимини жамлаш кўзда тутилади. Ҳозирги кунда NGN тармоғининг тўрт сатҳли архитектураси мавжуд. У қуйида (7.8-расм) кўрсатилган.

NGN тармоғининг архитектуравий модели қуйидаги сатҳлардан иборат:

- хизматларни бошқариш сатҳи;
- коммутациялашни бошқариш сатҳи;
- транспорт сатҳи;
- кириш сатҳи.

Хизматларни бошқариш сатҳи, хизматларни бошқарувчи мантикий функцияларни жамлайди ва қуйидагиларни таъминловчи тақсимланган ҳисоблаш муҳитини тақдим этади:

- инфокоммуникацион хизматларни тақдим қилиш;
- хизматларни бошқариш;
- янги хизматларни яратиш ва жорий қилиш;
- ҳар хил турдаги хизматларни боғлиқлиги таъминлаш.

Коммутациялашни бошқариш сатҳи, сигнализация ахборотини ишлаб чиқиш, чақириқларни маршрутлаш ва маълумотлар оқимини бошқариш каби вазифаларни бажаради.

Бунда дастурий коммутаторлар (SoftSwitch) санаб ўтилган функцияларни бажаради. Тармоқда бир нечта SoftSwitch бўлиб, улар бир-бири билан SIP (Session Initiation Protocol) протоколлар ёрдамида ўзаро муносабатда бўлади ва ўрнатилган бошқаришни биргаликда бошқаришни таъминлайди.

Транспорт сатҳи, фойдаланувчилар ўртасидаги маълумотларни узатишни таъминлайди. Бунда айти пайтда магистралларимизда мавжуд бўлган PDH ва SDH узатиш тизимлари муҳим аҳамиятга эгадир.

Ҳалқаро Телекоммуникация Уюшмаси (ITU-T) транспорт сатҳи учун қўйиладиган қуйидаги талабларни аниқлаган:

- реал вақт давомида йўқотишларсиз боғлианишни таъминлашни қўллаб-қувватлаш;
- «ячейкали», «нуқта-қўп нуқта», «қўп нуқта-қўп нуқта», «қўп ячейкали» топологияли боғлианишни таъминлаш, қўллаб-қувватлаш;

- ишончлилиқ, масштаблаштириш, киришувчанлик ва бошқаларни юқори даражасини таъминлаш.

Транспорт сатҳига қуйидаги талаблар қўйилади:

- алоқа тугунидаги қурилмаларнинг юқори ишончилигини таъминлаш;

- трафикни бошқаришни таъминлаш;

- масштабланувчанликни таъминлаш.

NGN тармоғининг транспорт сатҳи иккита, кириш тармоғи ва базавий тармоқдан ташкил топган.

Кириш тармоғи абонент линияси, кириш узели ва узати тизимлари (PDH/SDH) дан иборат.

Базавий тармоқ каналларни транспорлаштириш ва коммутациялаш вазифасини бажаради. Базавий тармоқ қуйидаги та технология сатҳларидан иборат:

- IP, ATM, MPLS (пакетларни коммутациялаш);
- SDH, Ethernet... (трактларни форматлаштириш);
- FOC, DRRL, CC... (сигналларни узатиш муҳити).

NGN нинг базавий тармоғи қуйидагиларни ўз ичига олади:

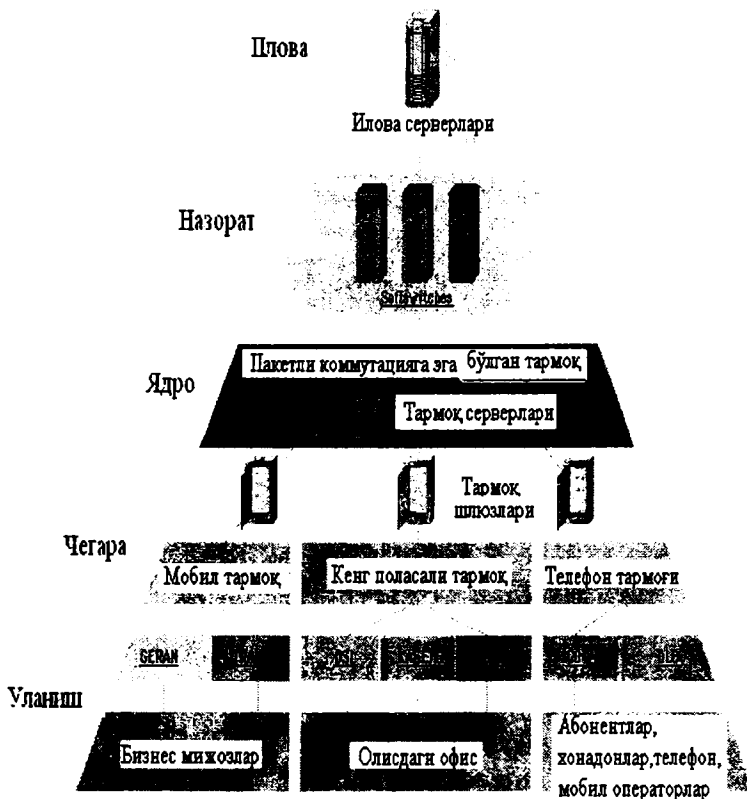
- транзит узеллар;
- абонентларни мультисервис тармоғига уловчи охириги тугун;
- ахборот, қақирув, улаш сигналларини бошқарув;
- УФТТ, МУТ, ЭАТ га уловчи шлюзлар.

Кириш сатҳи, турли хил алоқа воситаларини (компьютер телефон аппарати, факсимиль аппарати ва бошқалар) тармоққ уланишини таъминлайди. Унда қуйидаги технологияла ишлатилиди:

- симсиз алоқа технологияси (Wi-Fi);
- кабелли телевидение тизими асосидаги технология (DOCSIS DVB);
- толали оптик технология (PON);
- xDSL технологияси.

NGN тармоғининг бошқарув тизими қуйидаги расмда (7.9-расм келтирилган:

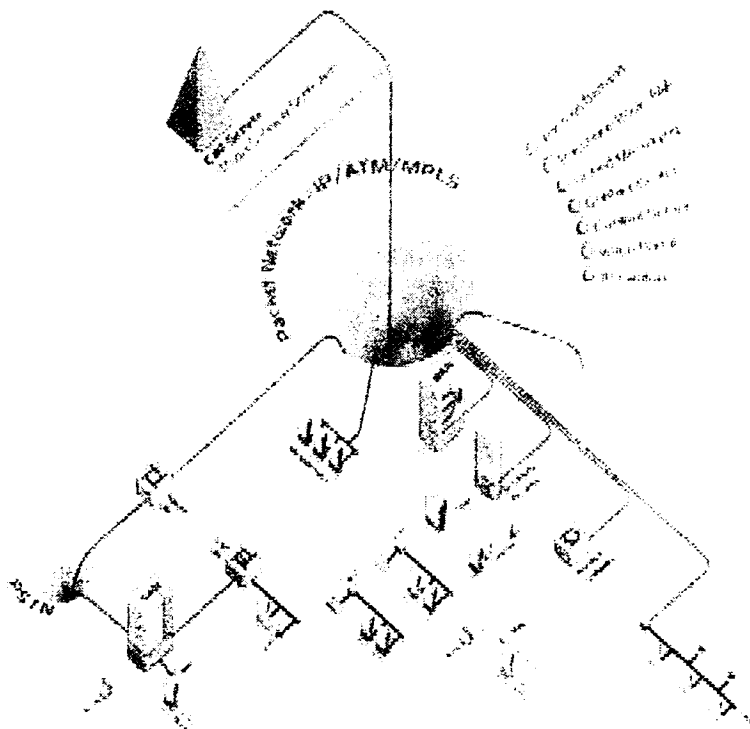
Бошқарув



7.9-расм. NGN тармоғининг бошқарув тизими.

NGN тармоғининг асосий хусусияти шундаки, пакетларни маршрутлаштириш ва узатиш ҳамда тармоқ қурилмалари (каналлар, маршрутизаторлар, коммутаторлар, шлюзлар) физик ва лантиқий жихатдан хизматлар ва чақирувларни бошқариш

қурилмасидан алоҳида ажратилган бўлади. Уни қуйидаги расм (7.10-расм) ифодалаш мумкин:



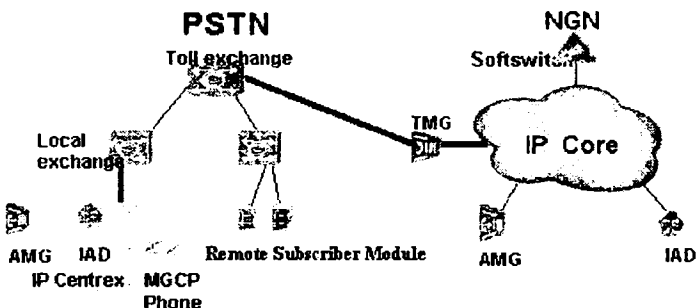
7.10-расм. NGN тармоғининг мантиқий кўриниши.

NGN тармоғининг бу хусусияти телекоммуникаци дунёсидаги бошқа тармоқларни, IP-тармоғини, УФТТ дан ажрати туради.

Барчамизга маълумки ҳозирда республикамизда NGN тармоғини қуриш ишлари жадал олиб борилмоқда. Автоматил Телефон Станцияларда (АТС) HUAWEI компаниясининг C&COI коммутация тизими ўрнатилмоқда. Бу амалда УФТТ дан аста секинлик билан NGN тармоғига ўтишнинг асосий омилдир ўтишнинг биринчи қадами юқорида эътироф этганимиздек

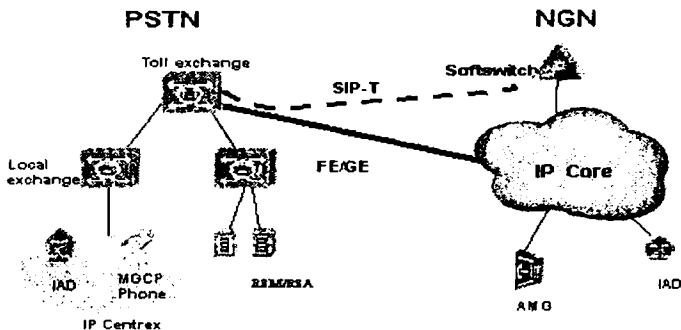
мавжуд тармоқларни ягона тармоққа бирлаштиришдир. NGN тармоғининг эволюцияси қуйидаги 3 та босқичга бўлинади:

1-босқич. C&CO8 коммутация тизими VoIP ва IP CENTREX технологияларини таъминлайди, бунда УФТТ ва NGN тармоқлари ўзаро медиашлюзлар орқали боғланади (7.11-расм).



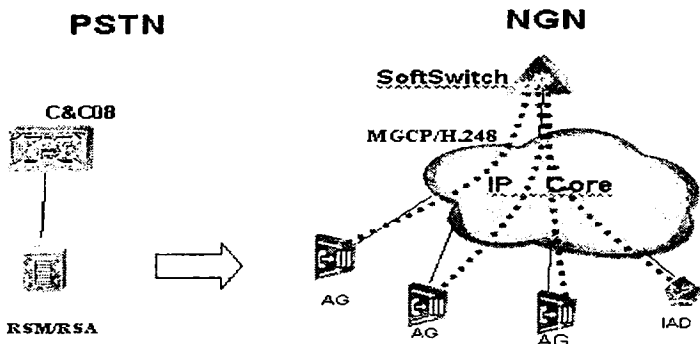
7.11-расм. УФТТ ва NGN тармоқларининг ўзаро боғланиши.

2-босқич. Бу босқичда NGN тармоғининг қурилиши бошланади, бунда медиашлюзларлар ишлатилмайди, балки SoftSwitch УФТТ ва NGN тармоқларини ўзаро боғлаш учун SIP-T протоколи ёрдамида пакетли интерфейсни ишлатади (7.12-расм).



7.12-расм. SIP-T протоколи орқали УФТТ ва NGN тармоқларини боғланиши.

3-босқич. Бу яқунловчи босқич бўлиб, УФТТ тармоғининг фойдаланувчилари NGN тармоғининг фойдаланувчилар ҳисобланади. Бунда C&CO8 коммутация тизимидаги масофавий модуллари NGN даги кириш шлюзлари (AG) билан осонгин боғланади (7.13-расм). Рақамли C&CO8 коммутация тизимидаги RSA/RSI масофавий модуллар нафақат AG билан, балки кириш медиашлюзлари (AMG) билан ҳам осонгина боғлана олади.



7.13-расм. УФТТ ва NGN тармоқлари бирлашишининг яқунловчи босқичи.

Янги тармоқ MPLS (Multi Protocol Label Switching) технологияларининг охириги ютуқлари базаси асосида қурилади.

Янги авлоднинг (NGN) алоқа тармоғи, тармоқни бошқаришнинг мустаҳкам имкониятларига эга бўлган, чекланмаган хизмат турларини, тармоқ муоммоларини такомиллаштириш ҳисобига янги хизматларни амалга ошириш, шунингдек тарқоқ коммутацияга эга бўлган универсал транспорт тармоқларини қўллаш имкониятларига эга бўлади.

Бундай қўшма корхонанинг NGN тармоғи MPLS технологиялари ютуқларига асосланган. Бу технология сон (метка) ларни қўллаш орқали кўп протоколли тармоқларда пакетларни зудлик билан коммутациялашни амалга оширади. NGN тармоғи Ўзбекистон бозорида биринчи бўлиб чиқяпти. Янги технология асосида қурилаётган тармоқ Ўзбекистон Республикаси Телекоммуникация бозорида ягона ва давлат стандартларига жавоб беради. Янги авлод технологиясини айниқса корпоратив тармоқларда

қўллаш тармоқда мавжуд бўлган камчиликларни бартараф қилиш ва янги ютуқларга эришиш имконини беради.

MPLS технологиясининг афзалликлари. Телекоммуникация бозорида замонавий технологияларнинг хилма-хиллиги, оператор тармоқларини тузиш ва ривожлантириш учун мос келадиган ёндашишни танлаш имконини беради. Лекин буни танлаш осон эмас. Янги стандартларнинг, айрим ишлаб чиқарувчиларнинг хусусий протоколларини пайдо бўлиши, шунингдек узлуксиз равишда магистрал тармоқларида ва уланувчи абонент участкаларида қўлланиладиган технологияларни куч нисбатини ўзгартиради. Биринчи навбатда операторлар ўзининг тармоқ базасида қайси хизмат турларини танлаш лозимлиги, ҳар хил трафик турларини нисбатини баҳолаши ва яқин келажакдаги ҳолатини айтиб бера олиши лозим. Хозирги кунда операторлар учун қуйидагилар одатдаги хизмат турларига киради:

- телефонлаштиришда одатдаги трафикларни узатиш;
- интернет трафикларини узатиш (хусусий ва компаниялар учун);

- корпоратив тармоқларнинг маълумотлар трафикини узатиш;
- IP телефония трафикларини узатиш;
- унча юқори бўлмаган видео трафикларни узатиш, видео конференцияларни ташкилаштириш ва серверлар билан видеотрансляцияларни ташкилаштириш;

- студиядан видеотрафикларни узатиш.

Бундай хизматлар, юқорида айтиб ўтилган, бугунги кунда мавжуд бўлган бир пакетга бирлаштирилувчи кўпгина хизматлар тенденцияси сервис – провайдер орасида конкурент кураш билан боғлиқ. Масалан видео тармоқнинг операторлари ва одатдаги телефон операторлари ўзининг абонентларига интернетга уланишни таклиф қилишмоқда, йирик Интернет провайдерлар эса IP телефониянинг альтернатив тармоқларини ташкил қилади. Хизмат турларини аниқлагандан кейин оператор ўзининг участкаси ёки тармоғи учун магистрал технологияларини танлаши лозим. Магистрални яратиш учун танланган технологияларни ва „охирги мил“ муоммоларини ҳал қилишда оператор қуйидаги иқтисодий омилларни назарда тутиши лозим:

- тармоқ иқтисодий жиҳатдан самарали ва рентабилли бўлиши;

- оператор ўзининг хизматларини фаол шаклантира билиш лозим, чунки уни бозорга боғловчи, шаклантирувчи в текширишлар ўтказиш учун маркетинг технологиясини қўлла лозим;

- тармоқ хизмати, учта ташкил топувчиси бўйича имконият эга бўлиши лозим, операцион, камфорт ва ҳақ тўлаш.

Биринчи ташкил топувчи яқин келажақдаги ривожланиши ҳисобга олган ҳолдаги ва ҳозирги пайтдаги талабларни қондирувчи абонент қурилмаларини жойлаштириш деб фараз қилинади. Камфорт эса қурилмаларнинг соддалиги ва уларни қўллашнинг қулайлиги билан боғлиқ. Ҳақ тўлаш, хизмат ҳақини тўлашнинг содда ва қулайлиги (масалан пластик карталар ёрдамида) дир.

MPLS-иккинчи сатҳ коммутациясига боғлиқ бўлмаган технология бўлиб, учинчи сатҳда қўлланилади, лекин иккинчи сатҳда қандай хизматлар амалга ошса учинчи сатҳда ҳам худди шу хизматларни амалга оширади ва унинг иши метка (сон) ларни алмашлашга асосланган. У иккинчи сатҳга боғлиқ эмас, кадрларни узатишга эга бўлган тармоқлардаги каби, ячейкаларни узатишга эга бўлган тармоқларда ҳам қўлланилади. MPLS метка (сон) ларини трансляциялаш жадвалини тузиш учун IP маршрутизаторлари каби учинчи сатҳ функцияларидан фойдаланилади. У, иккинчи сатҳга мос келувчи хизматларни амалга оширади, бунда метка (сон) ларни коммутациялаш йўли сифатида виртуал алоқа йўларда фойдаланилади. Йўл белгиланган манзилга асосланган ҳолда ёки хизмат синфига ва бошқа талабларга асосан танланади.

Бу технология бир неча стандарт ва бошқарув протокол ларидан ташкил тошган бўлиб, уларнинг ҳар бири маълум биқ муаммоларни ҳал этади. MPLS нинг маълумотлар оқими каналларни коммутациялашни эслатади. Худди шу маънода АТМ ни эслатади, лекин у ячейкаларни эмас кадрларни коммута циялашни амалга оширади. У қуйидагича афзалликларга эга:

- MPLS технологияси тармоқда мавжуд бўлган эски хизматлардан фойдаланган ҳолда трафикларни оптималлаштиради (Масалан, И тармоқларини олсак, тармоқда унинг хизматлари қолади, фақатгина ҳар бир коммутациялаш манзили янгиланади);
- MPLS технологияси худди олдинги мавжуд бўлган хизматларни И инфраструктурасига самарали ўтиш йўлини яратган ҳолда пакетларни узатади;
- MPLS мавжуд бўлган (DS3, SONET) эски ва яратилган янги

инфротузилма (10/100/1000/10 G Ethernet)ни ва тармоқ (IP, ATM, кадрларни ретрансияциялаш, Ethernet ва TDM)ни функционал-лаштиради;

- MPLS трафикларни шакллантириш имкониятига эга. Аник белгиланган маршрутлаштириш ва трафикни шакллантириш функцияси, ўтказувчанлик қобилиятига эга бўлган чегарада жуда катта маълумотлар ҳажмини зичлаштиришга ёрдам беради;
 - MPLS хизмат сифатини кафолатланган ҳолда етказиб бериш имкониятига эга. Провайдерларга, видео ва овозли сигналларни жудаям кичкина кечикиш билан етказиши мумкин;
 - MPLS, маршрутизаторларга қўйилган қайта ишлаш талабини содалаштиради. Умуман маршрутизаторлар белгиланган метка (сон)ларга асосланган ҳолда пакетларни узатади;
 - MPLS, IP тармоқларини ҳимоялаш учун, мос келувчи сатҳни хавфсизлигини тامينлайди. Бир вақтни ўзида IP тармоғидаги умумий фойдаланувчиларни шифрлаш талабини камайтиради;
 - MPLS базаси асосидаги хусусий виртуал (VPN) тармоқлар
 - фойдаланувчи базасидаги VPN га нисбатан яхши соланади.
- Чунки у лозим бўлган конфигурацияни ва талабгарлар тармоғини бошқаришни камайтирган ҳолда провайдерлар тармоғидан фойдаланади.

MPLS технологияси, ҳар қандай умумий фойдаланиш тармоғи орқали территориал тарқалган корхона бўлимларини ёки истемолчиларни, марказлашган тармоққа энг қулай ва самарали улаб бериш усулини амалга оширади. Бундай технологияларда виртуал шахсий тармоқ (VPN) ни қўллаш, ахборот алмашишнинг хавфсизлигини таъминлайди, шунингдек алоқанинг шахсий ажратилган каналларига кетадиган харажатни қисқартиради. Истемолчилар орасида узатиладиган барча маълумотлар, ахборот хавфсизлигининг замонавий стандартлари асосидаги ҳимоялаш режимида берилади.

Шахсий ёки арендага олинган каналлардан курилган, умумий фойдаланувчилар тармоғи базаси асосида яратиладиган тармоқ, шартнома асосида ажратилган корпоратив тармоқнинг энг яхши альтернативи ҳисобланади ва улар қуйидагича афзалликларга эга:

- арендага олинган виртуал каналларнинг нарҳини пастлиги;
- тармоқ тополдогиясининг ривожланганлиги (жуда катта географик кенгликга эга);
- ишончилиқнинг юқорилиги;

- локал ҳисоблаш тармоқларининг топологияларига боғлиқ бўлмаган ҳолда, конфигурация ўзгаришининг енгиллиги;
- истемолчиларнинг ҳодиса ва таъсирларини назорат қилиш имкони.

MPLS технологияси асосида яратиладиган бундай корпоратив тармоқлар, умумий тармоқ ресурсларига эга бўлган ягона ахборотли муҳитда регион бўлимларини марказий аппарат офиси билан бирлаштириш имконини беради ва маълумотларни узатиш, овоз, видеоконференция ва шунга ўхшаган телекоммуникация сервисларининг тўлиқ мажмуаси билан таъминлайди.

Фойдаланувчи нуктаи назаридан қараганда MPLS нинг асосий афзаллиги хизмат сифати (Qos) ҳисобланади, ундан кейинги энг асосийси эса ҳимоянинг соддалиги ва VPN га имконият процедурасидир. Бу афзаллик MPLS технологиясининг моделини таъминлайди. Шунинг учун ҳам MPLS технологияни тармоқ бўйлаб трафикларни узатишда уларни оптималлаштириш учун қўлланилади.

7.9. MPLS нинг NGN тармоқларига уланиш принципи

Аналог телефон линияларига уланиш. IAD-(integrated Access Device)-интеграциялашган уланувчи қурилма 2 дан 32 гача телефон портларига эга. Бу қурилмаларнинг вазифаси одатдаги аналог телефонларни ва ЛХМ ни NGN га улашдан иборат. IAD–интеграциялашган уланувчи қурилма, трафикни пакетларга бўлади ва уни мультимплексорлаган ҳолда юқори тезликда тармоққа уланишини ҳосил қилади. Алоқани ташкил қилиш учун марказий аппаратда 8-01 IAD талабини белгилаш лозим. Уланадиган телефонлар аналог, рақамли ёки IP телефония бўлиши, шунингдек хошиш бўйича видеофонни ўрнатиш мумкин.

IAD қурилмаси, телефон тармоқларидаги абонентлар сонини, дастурлаштирилган коммутаторлар ёки қўшимча платаларни жойлаштириш ҳисобига кенгайтириш имконини қараб чиқади.

IAD имкониятлари:

- VOICE over xDSL (xDSL дан юқори овоз) ни қўллаш;
- 2,3 Мбит/с гача тезликда пакетли овозларни узатишни қўллаш;
- RS-232, TELNEN ёки SNMP портлари орқали бошқариш;
- статистик ва динамик IP маршрутлаштириш ва бриджинг;
- Roiting Information Protocol (RTP) протоколини қўллаш;

- бир неча истеъмолчилар ичида битта IP тезликни қўллаш имкони

(Network Address Translation-NAT).

7.14, 7.15, 7.16 - расмларда MPLS технологияси асосидаги корпоратив тармоқларнинг NGN га уланиши кўрсатилган

MPLS технологиялари ютуқларига асосланган корпоратив тармоқлар иерархия тузилиши бўйича қуйидаги сатхлардан иборат бўлади:

1. Тармоқ ядроси ва бошқариш маркази: марказий аппарат;
2. Республика сатхи, марказий аппарат област бўлимлари;
3. Область сатхи: област бўлимлари-район бўлимлари.

Асос сифатида MPLS/VPN технологиясини қўлаш мумкин.

MPLS/VPN технологияси (Multi protocol label switching/virtual private network-сонлар бўйича мултипротокол/виртуал хусусий тармоқ), ҳар қандай умумий фойдаланиш тармоғи орқали марказий фойдаланиш тармоқларига фойдаланувчиларнинг ёки территориал тарқалган бўлимларнинг корхоналарини қулай ва самарали усулда уланиш имконини беради. VPN ни қўллаш, ахборот алмашиш хавфсизлигини оширади, шунингдек шахсий ажратилган алоқа каналларига кетадиган маблағ камаяди.

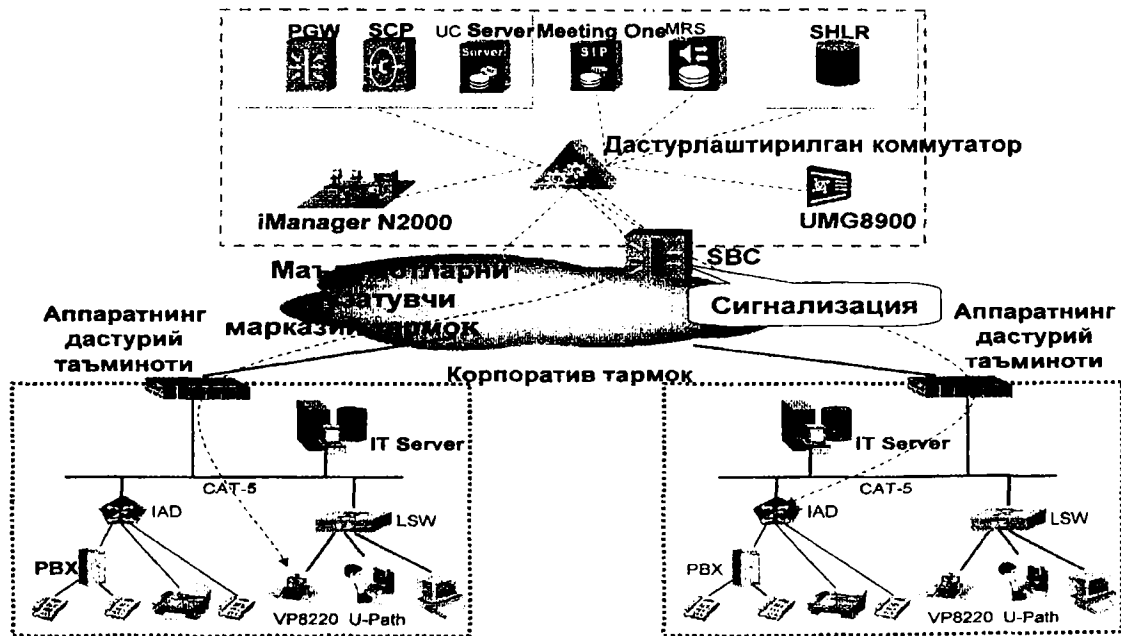
VPN орқали узатиладиган маълумотлар, ахборотни химоялашнинг янги стандартларига асосланган режимда химояланган ҳолда узатилади. Умумий фойдаланиш тармоқлари базаси асосида яратилган VPN, шахсий ёки арендага қурилган, яхши альтернатив изоляцияланган корпоратив шартномали тармоқдир. Бундай тармоқ қуйидаги афзалликларга эга:

- аренда олинган виртуал каналларнинг нархини пастлиги;
- тармоқнинг ривожланган топологияси (кенг географик чегара);
- юқори ишонччилик;
- конфигурация ўзгаришининг енгиллиги, Л²Т топологиясига боғлиқ эмаслиги;
- ҳодисаларни назорат қилиш ва фойдаланувчиларнинг таъсири.

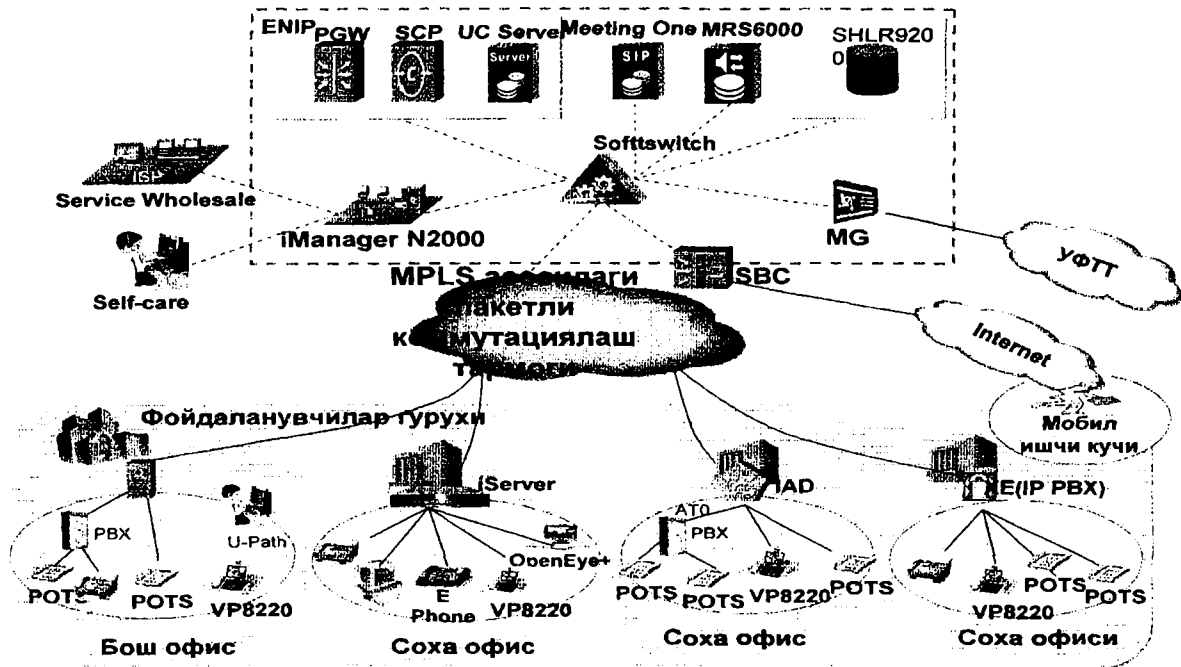
Бундай корпоратив тармоқларнинг сегментларини улаш учун модем- маршрутизаторлар қўлланилади.



7.14-расм. Янги интеграциялашган хизматлар



7.15-расм. Корпоратив тармоқларда хизматларнинг таъминланиши



7.16-расм. MPLS технологиясига асосланган корпоратив тармокнинг NGN га улавиши

7.10. Физик сатҳ. Синхрон рақамли иерархия

Бугунги кунда телекоммуникация тармоқларида плезиахрон рақамли иерархия (PDH) ва синхрон рақамли иерархия (SDH) нинг мультимплексор қурилмаларидан фойдаланилади. Юқоридаги бобларда айтиб ўтилганидек, тарихан биринчи бўлиб, маҳаллий бирламчи тармоқларнинг рақамли узатиш тизимлари (ИКМ-12, ИКМ-15, ИКМ-30), ундан кейин эса шаҳар ва зона ички тармоқларига мўлжалланган (ИКМ-120, ИКМ-480) рақамли узатиш тизимлари, шунингдек «Сопка» туридаги толали оптик узатиш тизимлари яратилган. PDH мультимплексорларининг асосий камчилиги рақамли оқимларни ажратиб олишнинг мураккаблигидир. Бундай муаммоларни SDH да осонгина ҳал қилиш мумкин.

Шундай қилиб SDH тизимлари орқали маълумотларни узатишда босқичма-босқич мультимплексорлаш ва демультимплексорлашга ҳожат қолмайди. Натижада қурилмалар сони кескин камаяди ва тармоқ қурилмаларига кетадиган харажат камаяди.

ХТИ (ITU-T) таклифига биноан SDH да маълумотларни узатиш тезлиги 155, 52 Мбит/с деб белгиланган.

SDH рақамли узатиш тизимлари, телекоммуникация тармоқлари бўйлаб сигналларни транспортлаштириш учун мўлжалланган стандарт ахборотли структура мажмуасидан иборат. Уларнинг ичида энг асосийси N тартибли синхрон транспорт модули (STM-N) дир. SDH рақамли узатиш тизимларида ўтказувчанлик қобилияти STM га мос ҳолда SDH иерархияси сатҳи билан белгиланади. SDH нинг асосий афзаллиги ишончли, бошқариладиган тармоқни қуриш мумкинлигидир.

Узатиш линиялари сегментларининг ҳолатини назорат қилиш ва хизмат ахборотларини юқори тезликли узатиш каналларини ташкил этиш, ортикчаликни киритиш орқали амалга ошади. Рақамли узатиш тизимларида электрик кабелларни қўллаганда ортиклик, узатиш тезлигини ошириш ҳисобига регенерациялаш участкаларининг узунлигини камайтиришга олиб келар эди. Толали оптик алоқа линиялари ёки радио реле линиялари трактларини қўллаганда бундай боғланиш йўқолади.

SDH да линияларни захиралашнинг энг кенг тарқалган усулларидан бири бу тармоқда ҳалқа топологиясини қўллашдир.

Халқали тузилиш, икки: асосий ва захира йўл орқали ахборотли сигналларни ўтишини таъминлайди. Ҳар қандай участка бузилганда, трассанинг бузилган участкасини айланиб ўтувчи йўлга уланиш амалга ошади.

Шундай қилиб, SDH рақамли узатиш тизимлари нафақат оддий узатиш тизими, балки SDH замонавий ахборотли тармоқларни ташкил қилувчи, яшовчан, юқори сифатли алоқа тармоғи аппаратурасидир. SDH:

- сифатли рақамли каналлар тўпламини ташкиллаштириш;
- оператив назорат аппаратуралари ва улагичлари, шунингдек тармоқ тузилишининг ишончилиги ҳисобига мижозларга ишончли канал ва трактларни етказиш;
- тармоқда оператив бошқарувни амалга ошириш;
- АТМ технологиясини қўллаган ҳолда юқори сифат кўрсаткичли рақамли тармоқни қуриш имконини беради.

Бугунги кунда SDH технологияси шаҳар ва магистрал тармоқларда устун турувчи технологиялардан бири ҳисобланади.

Дунёнинг йирик фирмаларининг кўпгина мутахассислари 2000 йилларда трафикларнинг зудлик билан ошишини башоратлаган ҳолда (айниқса маълумотларни узатиш соҳасида) узатилаётган маълумотлар ҳажмини транспортлаштиришни SDH тизимлари орқали амалга ошириш мумкин эмаслигини ва у тез орада синишини, уни ўрнига эса оптик транспорт тармоқларидан фойдаланиш лозимлигини айтишган эдилар. Лекин бу, башорат қилинганидек бўлмади. Гап шундаки, қутилганидек трафикларнинг зудлик билан ўсиши амалга ошмади. Трафикларнинг ўсиши давом этди, лекин башорат қилинганидек эмас.

Ҳозирги пайтда «Тўлиқ оптик тармоқлар» деб аталувчи фотон тармоқлари технологияларини такомиллаштириш давом этмоқда. Бир вақтнинг ўзида SDH технологияларини ҳам такомиллаштириш давом этмоқда. Бу соҳада янги ечимларнинг топилиши SDH га бўлган қизиқишни оширди ва SDH мультисервис плотформасига айлантирилди.

Амалда ҳар қандай SDH-мультиплексори, IEEE 802.1x серияли протоколларни қўллаб-қувватловчи QoS ва бошқа механизмли тўлиқ Ethernet коммутаторларига нисбатан айланиши мумкин. «Виртуал уланиш», «Кадрлар шаклланишининг умумий процедураси», «Каналнинг ўтказувчанлик қобилятини созловчи схема» каби стандартлар SDH орқали Ethernet пакетларини

самарали кўчиришни таъминлайди. «SDH орқали Ethernet» стандартлари, SDH нинг асосини ташкил қилувчи стандартларга таъсир этмайди. Шунинг учун «SDH орқали Ethernet-транспорт» ни қўллаганда, тармоқда якуний SDH мультимплексорларини такомиллаштиришнинг ўзи етарли.

7.11. Физик сатҳ. Тўлқинли зичлаштириш (WDM, DWDM, CWDM)

Ҳозирги пайтда Республикамизда ХТИ (ITU-T) тавсияларига мос келувчи, юқори ўтказувчанлик қобилиятига эга оптик толалар ва STM-64 (10 Гбит/с) сатҳидаги синхрон мультимплексорлар қўлланилмоқда.

Дарҳақиқат, учинчи шаффоф ойнада яъни 193 ГГц частотада оптик толанинг ўтказувчанлик қобилиятини назарий чегараси тахминан 3×10^9 асосий рақамли канални ташкил этади. Худди шу вақтда STM-64 учун асосий рақамли каналлар сони 120 000 ни ташкил этади. Оптик толани қўллаш коэффициентини оширишни ва оптик толани етишмаслик муаммоларини ҳал қилишни тўлқинли зичлаштириш ҳисобига амалга ошириш мумкин.

Битта оптик толада жойлашадиган тўлқинлар сонига боғлиқ ҳолда WDM, CWDM, DWDM ва HWM технологияларига бўлинади. Агар оптик толада 1300 ва 1500 нм ли шаффоф ойнали фақатгина икки канал ташкил қилинган бўлса, спектрал мультимплексорлашга эга бўлган технология- WDM дейилади. Тўлқинли мультимплексорлаш тизимлари 1300-1650 нм спектрал диапазонда ишлайди ва 16 та оптик ташувчини қўллайди. Ташувчилар орасидаги интервал 20 нм. DWDM да ҳар бир канал учун 25-50 ГГц полоса ажратиладиган 160 тагача ташувчи қўлланилади [31].

WDM технологиясининг энг асосий афзаллиги шундан иборатки, каналнинг ўтказувчанлик қобилияти чегарасига барҳам берган ҳолда маълумотларни узатиш тезлигини етарли даражада оширади. Бунда албатта ётқизилган толали оптик кабеллардан ва вақт бўйича мультимплексорловчи стандарт аппаратуралардан фойдаланилади. WDM туфайли, битта тола бўйлаб (одатдаги линияларда бир жуфт тола ахборотларни узатиш ва қабул қилиш учун қўлланилади) кўп каналли трафикларни икки томонлама узатишни ташкил қилиш мумкин.

SDH тармоқларида, бошқа каналларнинг тезлигига боғли бўлмаган ҳолда, алоҳида каналларнинг тезлик қийматини (иерархи сатҳини) танлаб, ундан кейин турли узатиш усулларини қўллаш мумкин. Охириги технологик ютуқларга эришган WDM нин тарқалиши, нурланиш спектрининг кенглиги 0,1 нм дан кичи бўлган, тор полосали ярим ўтказгичли лазерларни, кенг полосали оптик кучайтиргичлар ва яқин каналларни ажратиш учун оптик филтрларни яратиш имконини беради.

WDM технологияси иқтисодий томондан қараладиган бўлса маҳаллий тармоқларда мос келувчи аппаратураларнинг нарх қиммат, айниқса узатувчи қурилмаларни, шунингдек трафикларни коммутациялаш мураккаб. Тадқиқотлар шуни кўрсатдики, кичи масштаби тармоқларда WDM базаси асосида масаларни ҳа қилиш, иқтисодий самарадорликни беради. Бунинг учун, маҳаллий ва таянч тармоқларнинг мослашувчи жойида ўрнатиладиган кириш/чиқишли мультиплексорларнинг арзонини қўллаш лозим.

DWDM аппаратураларини қўллаганда нарх янаям ошади. Яқин частоталарни қўллаганда генерацияланадиган нурланишнинг юқори мўътадилли тўлқин узунлигига эга бўлган тор полосали ярим ўтказгичли лазерлар талаб қилинади. Бу DWDM тизимларининг энг қиммат элементларидан бири ҳисобланади. Шунга қарамадан DWDM тизимларининг асосий афзалликлари сақланади.

Ҳозирги вақтда DWDM тармоқлари, «нуқта-нуқта», «ҳалқа» топологиялари асосида миллий масштабдаги операторларнинг юқори тезликли транспорт тармоқларини қуришда ва юқори тезликни талаб қилувчи жуда кўп фойдаланувчиларга эга бўлган ва турли протоколлар қўлланиладиган қувватли шаҳар транспорт магистралларини қуришда қўлланилади.

Оптик алоқа тармоқларини ташкил қилиш бўйича мутахассислар, WDM ларни қўллаганда чегараланиш мавжуд эмаслигини ва TDM хусусиятлари туфайли технология қийинчиликлар юзага келишини таъкидлашмоқда. Оптик толаниш ўтказувчанлик қобилиятини яхшилаш учун, WDM технологиясида TDM да қўлланилгани каби битта таркибий каналнинг узатиш тезлигини ошириш ўрнига, узатиш тизимида қўлланиладиган каналлар сони (тўлқин узунлиги) оширилади.

WDM технологиялари қўлланилганда узатиш тезлигини ошириш, қимматбаҳо оптик кабелларни алмаштирмасдан амалга

ошади. WDM технологияларини қўллаш нафақат оптик кабелларни ва толаларни арендага бериш балки, «виртуал тола» концепциясини қўллаган ҳолда алоҳида тўлқин узунликларини арендага бериш имконини ҳам беради. Турли тўлқин узунликларида бир оптик тола бўйлаб бир вақтда турли иловаларни: кабелли телевидения, телефон, Интернет трафиклари, «талаб бўйича видео» ва бошқаларни узатиш мумкин. Бунда оптик кабелдаги толанинг бир қисмини захира учун қўллаш мумкин.

WDM технологиясини қўллаш мавжуд тармоқларда оптик кабелларни қўшимча ётқизишни бартараф этади. Хатто келгусида янги технологияларни қўллаш ҳисобига толанинг нархи камайса ҳам, толали оптик инфротузилма (ётқизилган толалар ва жойлаштирилган ускуналар) ҳар доим етарли даражада қиммат бўлади. Ундан самарали фойдаланиш учун узоқ вақт давомида тармоқнинг ўтказувчанлик қобилиятини ошириш ва оптик кабелни ўзгартирмасдан етказиладиган хизматлар мажмуасини ўзгартириш имконига эга бўлиш керак.

WDM технологияси асосан жуда юқори ўтказувчанлик қобилияти талаб қилинадиган катта масофали алоқа линияларида қўлланилади. Шаҳар ва регионал масштабдаги тармоқлар ва кабелли телевидения тизимлари WDM тизимларида муҳим ўрин эгаллайди.

Шу вақтда DWDM технологияларини қўллаш, қурилмаларга ва линия компонентларига ва шунга мос ҳолда унинг параметрларининг аниқ ҳисобига анча юқори талабларни қўяди. Толали оптик алоқа линияларининг имкониятлари бозор талабига мос келиши учун унинг ривожланишини тўғри режалаштириш муҳимдир. Бу толали оптик алоқа линияларининг қурилиши учун кетадиган сарф-харажатни вақт бўйича тақсимлаш ва фойдаланувчиларнинг талабини ҳисобга олган ҳолда унинг ҳажмини ошириш имконини беради.

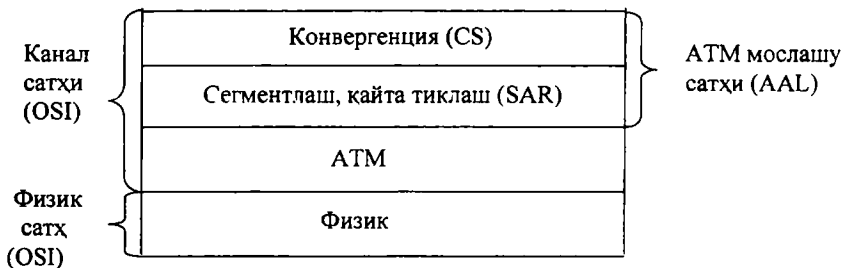
7.12. АТМ технологияси

АТМ «мультисервиси» технология ҳисобланади. У, турли маълумотларни узатувчи технологияларни қўллаш орқали қурилган тармоқни бирлаштириш масалаларини самарали ҳал қилиш ва зарур бўлган хизмат сифатини таъминлаш имконини беради.

Шуни айтиш жоизки АТМ да маълум бир ўлчамдаги (53 байт) унча катта бўлмаган узунликда, ячейка деб аталадиган пакетлар в транзит тугунларда жуда содда функциялар қўлланилади. Хатоликларни аниқлаш ва тўғрилаш фақат сарлавхада амалг ошади. Мавжуд ахборотли ячейкалар учун ҳеч қандай текшириш в қабул қилувчи қисмда қайта тиклаш қўлланилмайди ва фақатгин уланишга мўлжалланган ахборотларни узатиш қўлланилади. АТМ ларни қўллаш одатда аппаратдан амалга ошади. Буларнинг барчаси статистик мультимплексорлаш билан бирга кечикиш вақтини камайтиради, бу айникса реал вақтда трафикларни узатишд муҳимдир.

АТМ технологияси трафикни бошқариш усуллари ва хизма сифати механизмларини таъминлайди. Бу шуни кўрсатадики, АТМ тармоқларида талаб қилинган ўтказувчанлик қобилияти узатишдаги кечикиш ва ячейкаларнинг сатҳини кафолатловчи ресурслар захираланган бўлиши мумкин.

АТМ протоколлари стеки. АТМ протоколлари стеки қуйидаги: АТМ мослашуви ва физик сатҳларга ажралади. АТМ мослашув сатҳи конвергенциянинг икки пастки сатҳга бўлинади сегментлаш ва қайта тиклаш. АТМ мослашув сатҳи, фойдаланувчи иловалари ва АТМ сатҳи орасидаги интерфейс ҳисобланади в; илованинг турли тўрт гуруҳини қўллаб-қувватлашни таъминлайди.



7.17-расм. АТМ протоколлари стеки.

Барча протоколлар бир хил пастки (SAR) тизимни қўллайди лекин протоколнинг ҳар бир тури ўзининг шахсий махсус пастки (CS) сатҳини қўллайди.

Конвергенция пастки (CS) сатҳи, кейинчалик SAR сатҳини тақдим этиш учун хизмат ахборотларини қўшиш ҳисобига, ундан юқори сатҳлардан маълумотларнинг протокол модулини олади ва уни мослашувига жавоб беради. Чунки ҳар бир турдаги трафик махсус қайта ишлашни талаб қилади ва тўрт турдаги мослашув сатҳи (AAL) га ажратади.

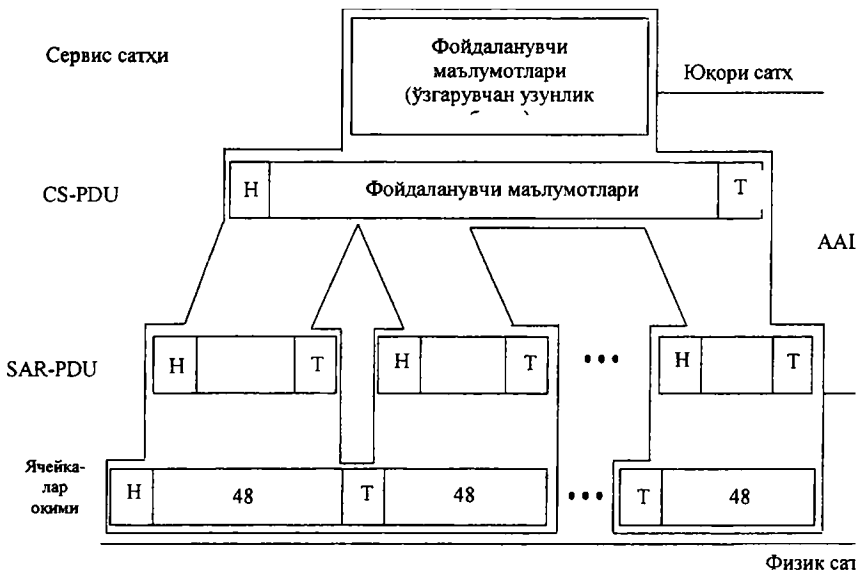
Пастки SAR сатҳларининг вазифаси, АТМ ячейкаларининг фойдали юкламаси бўлган 40 октет узунликдаги модуллари шакллантиришдан иборат. Пастки SAR сатҳининг функционаллартириш қонуни шундан иборатки, айрим ҳолларда пастки SAR сатҳида, пастки CS сатҳининг PDU модулига ўзининг шахсий маълумотлари қўшилиши мумкин, бошқа ҳолда эса, пастки CS сатҳининг PDU модулини 48 октет бўйича кесади ва уни пастга АТМ сатҳига узатади.

АТМ сатҳи, OSI моделининг канал сатҳини пастки қисмига мос келади. Унинг асосий вазифаси, жўнатувчи ва қабул қилувчи орасида уни узатишни амалга ошириш учун мос келувчи усул билан ячейкаларни коммутациялашдан иборат. АТМ сатҳидаги асосий модул ячейка ҳисобланади. Юқорида айтиб ўтилганидек ячейканинг узунлиги 53 октетга тенг. Шундан 48 таси фойдали юкламани қўчириш учун, қолган 5 та октет эса АТМ сатҳидаги хизмат ахборотлари учун яъни АТМ ячейкаси сарлавҳаси учун қўлланилади [13].

АТМ тармоқларининг физик сатҳида одатда SDH қўлланилади. 7.18-расмда АТМ нинг турли сатҳларида амалга ошириладиган операцияларнинг таркибий тузилиши кўрсатилган. Бу ерда Н-сарлавҳани белгилайди, Т-якуний.

Юқорида ётган сатҳнинг PDU протоколи модули (масалан IP пакети), мослашув сатҳининг пастки CS сатҳига тушади. У ерда юқорида ётган PDU модулига хизмат ахборотини қўшиш йўли орқали, CS-PDU модули шаклланади. AAL нинг ҳар бир тури, хизмат ахборотининг шаклланишида ўзига хос ёндашишга эга.

CS-PDU модули шаклландан кейин пастки SAR сатҳига узатилади. Пастки SAR сатҳининг асосий вазифаси, CS-PDU модулини 48 октет узунликли блоklarга сегментлашдан иборат. Уларга яна АТМ сатҳида 5 октет ячейка сарлавҳаси қўшилади. Ундан кейин ячейкалар физик сатҳнинг мос келувчи форматларига ўзгаради.



7.18-расм. АТМ протоколи операцияси.

Қабул қилувчи қисмда 7.18-расмда кўрсатилган жараённинг тескариси амалга ошади.

ААЛ хизматларининг **синфлари**. ААЛ хизматларининг синфлари қуйидаги 7.19- расмда кўрсатилган.

Трафик (хизмат синфи)	Товуш (А)	Сикилган видео (В)	Маълумотлар, FR,... (С)	LAN (D)
Синхронизация	Талаб қилинади		Талаб қилинмайди	
Тезлик	Доимий	Ўзгарувчан	Ўзгарувчан аниқ	Ўзгарувчан ноаниқ
Уланиш	Уланишни амалга ошириш,, виртуаль каналлар			Уланишсиз
ААЛ тури	ААЛ1	ААЛ2	ААЛ3/4	
Вақтли параметр	Реал	Реал/нореал	Нореал	

7.19-расм. ААЛ хизматларининг синфлари.

АТМ ни яратувчиларнинг фикрича ҳозирги вақтда учрайдиган ёки келгусида пайдо бўладиган хизмат синфлари, маълум бир турдаги трафикларни ўз ичига олувчи тўрт турга бўлинади. А синфидаги хизматларга уланишни амалга оширувчи сервислар киради. У синхронизация ўтадиган доимий тезликли битлар трафигини қўллаб-қувватлайди. Бу хизмат синфи одатда овозли ва сиқилмаган видеосигналлар оқимини узатиш учун қўлланилади.

В синфидаги хизматлар, уланишни амалга оширувчи сервислар ҳисобланади ва А таснифли сервислардан фақатгина ўзгарувчан тезликли битларни узатишга эга бўлган сигналларни қўллаб-қувватлаш билан фарқ қилади. В синфли сервислар қўлланиладиган трафиклар учун ҳам синхронизация талаб қилинади. В синфли хизматлар учун зарур бўлган сигналлар, сиқиш ва пакетларни овозли ва видеомаълумотларга бўлишни ўз ичига олади.

С синфли хизматлар, уланишни амалга оширувчи хизматлар ҳисобланади ва синхронизацияни қўллаб-қувватлаш талаб қилинмайдиган, ўзгарувчан тезликли маълумотлар трафигини узатиш учун мўлжалланган. С синфли хизматларни қўлловчи трафиклар, таклиф қилинган уланишларни амалга оширишда маълумотларни ўз ичига олиши мумкин лекин чегаралаши мумкин эмас, масалан Frame Relay каби кадрларни.

Д синфли хизматлар уланишлар мавжуд бўлмаган трафикларни қўллаб-қувватлашга ёрдам беради. Бундай трафик узатиладиган битларнинг ўзгарувчанлиги ва синхронизация ўтишига бўлган талабларнинг мавжуд эмаслиги билан характерланади. Бундай трафикга, IP протоколлари пакети мисол бўлиши мумкин.

Аввало, тўрт турдаги хизматлар, АТМ нинг мослашув протоколлари билан мос келган. Кейинчалик, ААЛ3 ва ААЛ4 протоколлари ААЛ3/4 протоколларига алмаштирилди. Лекин улар самара бермади ва натижада SEAL-оддий самарали мослашувчи протоколни яратилишига олиб келди. Бу протокол қабул қилингандан кейин АТМ форуми унга ААЛ5 деб ном берди.

7.13. Мультимедиали трафикнинг таснифланиши

Мультимедиали трафик. Мультимедиали трафик деганда, турли хабарлардан иборат бўлган, инсонни сезиш органлари ҳис

киладиган (одатда товуш ёки видео хабарлар), рақамли маълумотлар оқими тушунилади. Мультимедиали маълумотлар оқими, телекоммуникация тармоқлари орқали узокларга интерфаол хизматларни етказиб бериш мақсадида узатилади. Ҳозирги кунда энг кўп тарқалган, абонентлар тармоғига етказиладиган мультимедиали хизматларга: видеотелефония, мультимедиа маълумотларини юқори тезликда узатиш, IP- телефония, рақамли телекўрсатувлар, мобил алоқа орқали видео алоқа ва сўровларга жавоб тариқасида видеоларни олиш киради.

Етказиладиган хизмат турларига боғлиқ ҳолда мультимедиали трафиклар 2 асосий котегорияга бўлинади:

1. Реал вақт маштабда фойдаланувчилар ўртасидаги маълумотларни узатиш учун етказиладиган мультимедиали хизматлар.

2. Электрон почта файлларини узатиш, виртуал терминал, маълумотлар базасига масофадан уланиш каби замонавий телекоммуникация тармоқларининг одатдаги хизматлардан ҳосил бўлган оддий маълумотлар трафиги.

Реал вақт трафигини генерациялайдиган хизматларга мисол тариқасида IP – телефонияни келтириш мумкин. У юқори сифатли овоз, видео телефон, видеоконференцалоқа, масофадан туриб тиббий хизмат кўрсатиш (башоратлаш, мониторинг, маслаҳат), видеомониторинг, кенг полосали видео, рақамли телевидения, радио эшиттириш ва телевизион дастурларни амалга оширади [15].

IP-телефония. Ушбу хизмат, тармоқдаги иккита абонент орасида овоз трафигини узатиш учун ишлатилади. Бунда тармоқ ўрнига IP (Интернет протокол) дан фойдаланилади. Хизматни ташкиллаштиришда IP–телефония локал, корпоратив, глобал тармоқлар, шунингдек Интенет тамоғида ишлатилиши мумкин. Умумфойдаланувчилар телефон тармоғида қўлланиладиган махсус шлюзлар орасида телефон тармоқларининг абонентлари ва маълумотларни узатиш тармоғи абонентлари орасида IP - телефония алоқаси таъминланади.

Юқори сифатли овоз. Юқори сифатли овоз деганда, юқори сифатли овозли эшиттириш ва уни узатишни амалга ошириш тушунилади, масалан, мусиқа, концертда ижро этиш.

Видеотелефония. Икки абонент орасида инсон овозини унинг тасвири билан, унча юқори бўлмаган сифат билан узатиш хизмати амалга ошади Бунда абонентлар махсус алоқа аппаратидан фойданишлари керак бўлади. Бу ҳолда, реал вақтда биринчи ва

иккинчи абонентлар бир-бирларини ҳам эшитишлари ҳам кўришлари мумкин.

Видеоконференция. Ушбу хизматда гуруҳли абонентлар ўртасида овозни ва видеотрафикни узатиш амалга ошади. Овозли ва видеосигналлар бир-бирига боғлиқ бўлмаган тармоқ бўйича узатилади (турли транспорт тармоги бўйича), қабул қилишда уларнинг синхронизацияси мос келувчи транспорт сатҳи протоколи бўйича амалга ошади.

Масофадан тиббий хизмат. Бу хизмат, беморларга масофадан тиббий хизмат кўрсати, башоратлаш ва маслаҳатлар беришни тامينлайди. Мазкур хизмат трафиги, реал вақт масштабида узатилган овозли ва видео маълумотларни, текшириш натижаларини ўзига бириктиради.

Видеомониторинг. Ушбу хизмат биолорни видео кузатишни амалга оширади, турли вазифали территориялар муҳофазаси учун оператив сигнализация, одамлар тўпланган жойларни доимий кузатиш учун қўлланилади.

Радио ва телевизион дастурларни намойиш этиш. Бу хизмат рақамли телекоммуникация тармоқлари бўйича оддий радио ва телевизион каналлар кўрсатувларини намойиш этишни амалга оширади.

Рақамли телевидения. Бу хизмат, мижозларнинг ушбу хизматига бўлган сўраши бўйича (бадий филмлар, мусиқали видеоклиплар, спорт бўйича трансляциялар) юқори сифатли рақамли телевидение эшиттиришларини амалга оширади.

Замонавий телекоммуникация тармоқларининг ривожлантиришда асосий тенденция турли хизматларни қўллаб-қувватлаш ҳисобланади, шу жумладан мультимедиани ҳам [15]. Тармоқ ресурсларига ва мультимедиа трафиклари типларига бўлган талаб бир-биридан фарқ қилиши мумкин. Масалан, конун бўйича оддий трафикни фойдаланувчига етказгунча вақт бўйича чегараланиш йўқ. Бундай трафик учун кичик ўтказувчанлик қобилияти талаб қилинади. Реал вақт масштабида видеоконференцияларни ўтказиш учун трафик ҳам бунга мисол бўлиши мумкин. У нафақат катта ўтказувчанлик қобилиятини талаб қилади, балки фойдаланувчигача видеокадрларни кичик вақтда етказишни ҳам талаб қилади. Бундан ташқари, агар ахборотлар пакетининг кечикиши тўғрилаб бўлмайдиган даражада катта бўлса, видеоконференцияларни ўтказиш сеансининг сифати қониқарли бўлмайди. Бундай ҳолатда

тармоқ ресурсларига жуда кўп жуда кўп параметрлари бўйича каттик талаблар қўйилади.

Замонавий телекоммуникация тармоқларида мультимедиа трафикларининг тавсифлари ва тахлили қийин ва мураккаб вазифа ҳисобланади. Бундай қийинчиликларнинг асосий сабаблари қуйидагилар билан боғлиқ:

- узатиш тезлигининг кенг диапозони телефон трафикларини
- узатишда бир неча Кбит/с дан видео оқимларни узатишда юзлаган Мбит/с гача;

- узатиладиган мультимедиа ахборотлар оқимининг турли статистик хусусиятлари (реал вақтда узатиладиган трафикнинг тармоқ ресурсларига жуда катта талаб қўяди);

- тармоқ конфигурацияларининг турли хиллиги ва узатишда турли технологиялар ҳамда протоколларнинг ишлатилиши (Gigabit Ethernet, ATM, MPLS ва бошқалар);

- узатилаётган хабарларни турли хил босқичда қайта ишлаш.

Бунда хизмат кўрсатиш сифати қайта ишлашнинг бир неча босқичига боғлиқ бўлиб қолади.

7.14. Мультимедиа трафик параметрлари

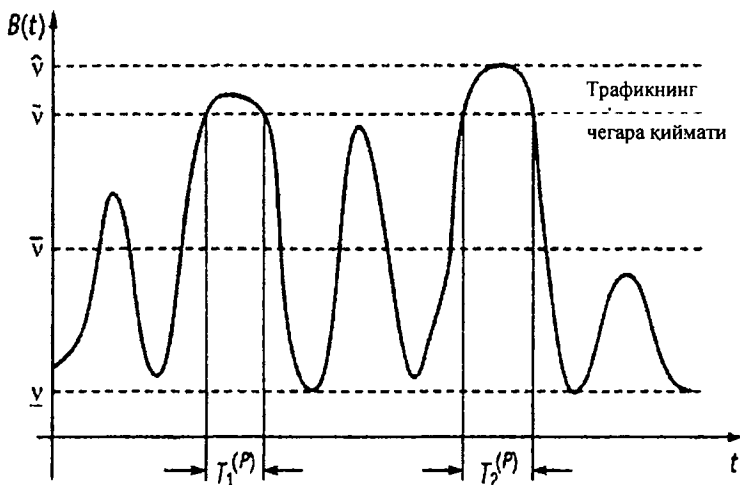
Турли телекоммуникация тармоқларида трафик тавсифларининг жуда кўп моделлари мавжуд.

Умумий ҳолда мультимедиа трафикнинг баъзи бир хизматларни тасодифий жараён кўринишида тасвирланади. Трафикнинг оний қиймати, бирлик вақтда мос келувчи хизматларни генерацияловчи ахборотли блоклар сони бўлса, унда умумий ҳолда $B(t)$ тасодифий жараён, $F_{B(t)}(x)$ тақсимлаш функцияси билан тавсифланади. У қуйидагича аниқланади:

$$F_{B(t)}(x) = \text{Вер} \{B(t) \leq x\}.$$

Амалда бундай тавсифли усулни амалиётда қўллаш қийинчиликлар туғдиради [бундай умумий кўринишдаги ностационар юкламани баҳолашни таъминлаб берадиган сифат параметрларини математик аппарати яратилмаган, баҳолашдаги қийинчилик туғдирадиган нарса бу бўлиниш оиласи функцияси ҳисобланади $F_{B(t)}(x)$].

Мультимедиали трафикларнинг параметрлари учун ITU-T [16,17] тавсияси билан аниқланадиган бир неча характеристикалар ишлатилади.



7.20- расм. Мултимедиали трафикнинг асосий параметрлари.

Бундай тавсифлар $B(t)$ тасодифий жараённинг интеграл параметрларини тавсифлайди (7.20- расм).

Турли мультимедиали хизматлар ёрдамида генерация қилинадиган трафик тавсифларига қуйидагилар кириши мумкин:

трафик қиймати (оний, максимал, юкори қийматли, ўрта ва минимал), бит/с;

трафик пульсацияси коэффиценти;

юкори қийматли трафикнинг ўртача давом этиш вакти;

алоқа сеансининг ўртача давом этиш вакти;

трафик элементларининг форматлари;

пакетларнинг максимал, ўрта ва минимал ўлчамлари;

трафик сўровларининг жадаллиги.

Трафикнинг максимал қиймати \hat{v} . Вақт бирлиги ичида мос тушадиган хизматларни генерация қиладиган маълумотлар блокининг максимал сони. У қуйидагича аниқланади:

$$\hat{v} = \max B(t).$$

Трафикнинг энг юқори қиймати. Мос келувчи серви трафиги унинг учун белгиланган энг юқори чегарани \hat{v} оширади.

Трафикнинг ўртача қиймати \bar{v} . Вақт бирлиги ичида маълум бир хизматга мос тушадиган маълумотлар блокининг ўртача сон қуйидагича аниқланади:

$$\bar{v} = \frac{1}{T^{(s)}} \int_0^{T^{(s)}} B(t) dt ,$$

бу ерда $T^{(s)}$ – алоқа сеансининг давомийлиги.

Трафикнинг минимал қиймати v . Маълум бир хизматга вақт бирлиги ичида мос тушадиган маълумотлар блокининг минимал сони қуйидагича аниқланади:

$$v = \min B(t) ,$$

Трафик пульсацияси коэффициентини K . Мос келувчи хизматнинг максимал ва ўртача трафиклари орасидаги нисбат каб аниқланади:

$$K = \frac{\hat{v}}{v}$$

юқори қийматнинг ўртача давомийлиги $\bar{T}^{(p)}$. Мос келувчи хизмат трафигини генерация қилишга кетадиган ўртача вақт интервалининг ўртача узунлиги қуйидагича аниқланади:

$$\bar{T}^{(p)} = \frac{1}{N^{(p)}} \sum_{i=1}^{N^{(p)}} T_i^{(p)}$$

бу ерда $N^{(p)}$ - алоқа сеанси давомидаги юқори қийматлар сони; $T_i^{(p)}$ - $B(t)$ $i = \overline{1, N^{(p)}}$, i -юқори қийматнинг давомийлиги, i юқор қийматнинг давомийлиги қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$T_i^{(p)} = t_i^{(e)} - t_i^{(s)} ,$$

бу ерда $t_i^{(s)}$, $t_i^{(e)}$ - i -юқори қийматнинг бошланғич ва охириг лаҳзаларининг қийматлари. Бу қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$t_i^{(s)} = \min_{\substack{B(t) > \bar{v} \\ t > t_{i-1}^{(s)}}} t, \quad t_i^{(e)} = \min_{\substack{B(t) > \bar{v} \\ t > t_i^{(s)}}} t,$$

Бу ерда $t_0^{(s)}, t_0^{(e)} = 0$

Юкорида келтириб ўтилган параметрлар абонент хизмати билан, бир хизмат давомида мос келувчи хизмат трфиги тавсифи учун қўлланилади.

Сўровларнинг жадаллиги λ . Мос келувчи хизмат абонент тармоқларининг хизматларини олиш учун қўлланиладиган сўрашлар жадаллиги, тушган сўрашлар сонига бирлик вақтда кўрсатиладиган хизматларнинг ўртача сони каби аниқланади.

Алоқа сеансининг ўртача давомийлиги - \bar{T}^s , тушган сўрашларга мос келувчи, маълум бир хизматни қайта ишлашга кетган вақтнинг ўртача давомийлиги.

пакетнинг максимал ўлчами - \hat{s} , трафик элементининг битдаги максимал ўлчами (трафик элементи тўлалигича манзил бўйича узатилади). Мультимедиали хизмат трафигининг параметрлари (бир типдаги кийматлар) 7.2-жадвалда келтирилган.

7.2-жадвал

Мультимедиали хизматнинг тури	Мультимедиали трафикнинг параметри					
	\hat{v} Мбит/ с	\bar{v} Мбит /с	K	$T^{(P)}$ с	$T^{(s)}$ с	λ Сеанс/ кун
IP – телефония	0.064	0.064	1	100	100	5
Юкори сифатли товуш	1	1	1	53	53	3
Видеотелефон	10	2	5	53	53	6
Видеоконференция	10	2	5	1	100	6
Масофадан тиббий хизмат	10	2	5	1	1000	3
Видеоманииторинг	10	2	5	-	-	6
Радио ва телекурсагувлар ни намойиш этиш	34	34	1	-	-	6
Рақамли телевидения	34	34	1	-	5400	6

\bar{s} ракетларнинг ўртача ўлчами – битдаги трафик элементининг ўртача ўлчами.

\hat{s} ракетларни минимал ўлчами – битдаги трафик элементининг минимал ўлчами.

Назорат саволлари

1. Мультисервиси тармоқ деганда нима тушинилади?
2. Мультисервиси тармоқлар қандай тузилади?
3. Регионал ва магистрал мультисервиси тармоқларнинг архитектураси қандай тузилган?
4. Магистрал тармоқ технологиялари нималарга асосларган ҳолда танланади?
5. Мультисервиси тармоқ технологиялари қандай танланади?
6. Уланувчи технологиялар қандай танланади?
7. Мультисервиси тармоқлар қандай базавий хизматларни амалга оширади?
8. Мультисервиси тармоқларнинг бошқарув тизимларини вазифаси нимадан иборат?
9. Канал, тармоқ, транспорт сатҳига қайси технологиялар тегишли?
10. Физик сатҳга қайси технологиялар тегишли?
11. Мультимедиали трафик деганда нима тушинилади?
12. Мультимедиали хизматларнинг қандай турларини биласиз?
13. Мультимедиали трафикнинг қандай параметрларини биласиз?

VIII БОБ. АБОНЕНТЛАР УЛАНУВЧИ ТАРМОҚЛАРНИНГ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯ УЗАТИШ ТИЗИМЛАРИ

8.1. Абонентлар уланувчи тармоқларнинг тузилиши

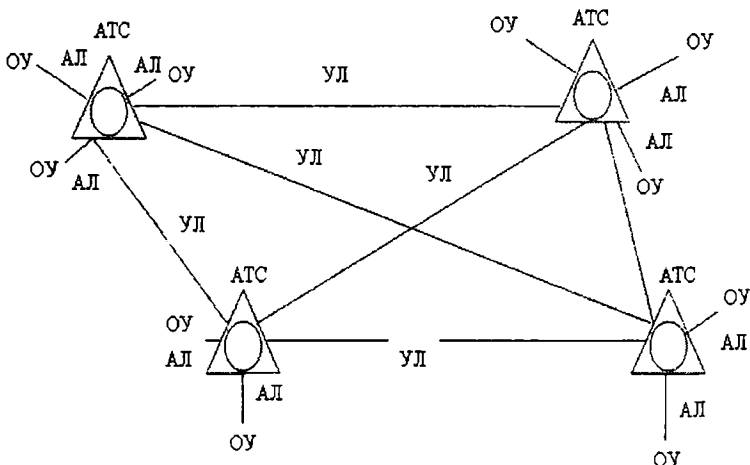
Телефон тармоқлари энг узун, сертармоқ телекоммуникация тармоғига уланадиган тармоқлардан биридир. Телефон тармоқлари абонентнинг охириги ускуналари (ОУ) уланадиган ва станциялар орасидаги уланишни амалга оширадиган телефон тугунларидан ташкил топган.

Таъкидлаш жоизки, охириги қурилма телефон станциясига уланади. Охириги станция қурилмасига уланадиган линия абонент линияси (АЛ), телефон станциясигача уланадиган линия эса уланувчи линия (УЛ) деб аталади.

Умумий фойдаланувчиларнинг телефон линияси, бу барча фойдаланувчиларга яъни абонентларга телефон алоқасини етказиш учун мўлжалланган тармоқдир. Абонент линияларидан фойдаланиш самарадорлигини ошириш учун, абонентларни телефонга ва бошқа тармоқларга телефондан умумий фойдаланиш (ТфУФ) орқали уланиш усуллари мавжуд. Уларга қуйидагилар киради:

- телефон аппаратларига жуфтлашган ҳолда уланиш;
- барча имкониятларга эга бўлган канал ҳосил қилувчи қурилмалар (зичлаштирувчи тизимлар ва мультиплексорлар) ни қўллаш орқали уланиш;
- концентрация амалга ошувчи жойга станция қурилмаларини кўчиришни ташкиллаштириш орқали уланиш;
- симсиз (радио) уланиш.

Юқоридагиларни ҳисобга олган ҳолда маҳаллий телефон тармоқлари 8.1-расмдаги кўринишда тузилади.



8.1-расм. Телефон тармоқларининг тузилиши.

8.2. Абонент тармоқларининг хизматига бўлган талаблар

Охирги вақтда ахборотнинг узатиш ҳажмини ошириш, мавжуд бўлган уланувчи каналларнинг ўтказувчанлик қобилиятининг етишмаслигига олиб келмоқда. Бу асосан интернет, видео, видеоконференция, электрон почта ва бошқа хизматларни пайдо бўлиши билан боғлиқ. Корпоратив тармоқларда бундай муаммоларни юқори частотали узатиш каналларини арендага бериш йўли билан ҳал қилиш мумкин, лекин ҳонадон секторида ва кичик бизнес секторида бу муаммоларни ҳал қилиш қийинлашади. Чунки шу вақтгача абонент тармоқларида эски аппаратуралар қўлланилиб келинмоқда.

Бизга маълумки бугунги кунгача тармоққа уланувчи абонент линияларининг эски интерфейслари абонентнинг телефон аппаратини маҳаллий АТС билан боғловчи асосий симметрик жуфтликлар ҳисобланарди.

Технологияларнинг кейинги ривожланиш босқичида абонентлар уланувчи тармоқларга, юқори частотали зичлаштиришни иккита асосий вазифасини ҳал қилувчи: симетрик жуфтликларни қўллаш самарадорлигини ошириш; маҳаллий АТС

хизматининг территориясини кенгайтириш механизмлари киритилди.

70-йилларнинг бошларида маҳаллий тармоқларда фақатгина аналог узатиш тизимлари қўлланилган. Масалан бундай тизимга абонентнинг икки каналлик юқори частотали қурилмаси киради. Бундай қурилма битта абонент линияси орқали иккита: стандарт паст частотали телефон каналини ва иккита элтувчи частота орқали ишловчи юқори частотали каналларни ташкил қилган.

Ундан кейинги ривожланиш босқичида эса бундай аналог тизимларнинг ўрнини абонентнинг рақамли тизимлари эгаллади. Бунга мисол сифатида 10-каналли, юқори частотали абонент қурилмаси (ДАВУ), юқори частотали рақамли абонент қурилмасини олиш мумкин.

Рақамли абонент аппаратураси, қишлоқ ва шаҳар телефон тармоқларининг шароитига мос ҳолда бир нечта вариантларда қайта такомиллаштирилди ва у бошқа қурилмалардан, тезлиги 64 кбит/с ли (асосий рақамли канал деб аталувчи), импульс-кодли модуляция асосида ишловчи рақамли телефон каналларига мўлжалланганлиги билан фарқ қилади.

Охириги йилларда маҳаллий телефон тармоқларининг абонент участкаларида, айниқса корпоратив фойдаланувчилар учун, T1 ва E1 турдаги (станциялараро линияларда қўлланувчи) бирламчи рақамли узатиш тизимлари кенг тарқалди.

Юқорида айтиб ўтилган узатиш тизимларининг камчиликларига қуйидагилар киради:

- телефон каналларининг сонини камлиги;
- алоқа тармоқлари кенглигининг чегараланганлиги;
- телефон каналларининг сигналларини узатишда тезликнинг пастлиги;
- абонент линиялари орқали фақатгина телефон каналларини узатиш;
- ўтказувчанлик қобилятининг пастлиги.

Камчиликларни бартараф қилиш учун абонентлар уланувчи тармоқларни қайта қуришга тўғри келади. Лекин бундай тармоқларни қайта қуриш ўз навбатида қуйидаги муаммоларни юзага келтиради:

- тармоқни қайта қуриш ва «охирги мил» муаммолари (унча катта бўлмаган аналог АТС ларнинг сонининг кўплиги, линияларнинг етишмаслиги, янги линияларни қуриш учун канализа-

цияларни етишмаслиги, мис линиялар бўйича хизмат сифатинини пастлиги, қурилишга ва фойдаланишга кетадиган сарф-харажатнинг кўплиги, айниқса маҳаллий жойларда);

– тармоқдан тушадиган маблағнинг камлиги (АТС хизматларининг камлиги ва янги хизматларни киритишнинг техни мураккаблиги);

– техникадан фойдапанишнинг мураккаблиги ва нархинини юқорилиги (қурилмаларни тез-тез бузилиши ва линиялардаги авариялар, фойдаланиш учун сарф-харажатнинг кўплиги қурилмаларни ва линия воситаларини таъмирлаш).

Юқорида айтганимиздек, бундай қурилмаларни, юқори тезликли маълумотларни узатишда ёки Интернет тармоқларига уланишда қўллаш мумкин, лекин улар етарли даражада қимматдир. Шунинг учун кўпгина фойдаланувчилар интернет тармоқларига уланиш учун, телефон линияларида қўллашга мўлжалланган аналог модемлардан фойдаланадилар.

Миллионга яқин хусусий бизнес эгалари ва хусусий абонентлар учун кўп йиллар мобайнида юқори тезликли маълумотларни узатиш иқтисодий жиҳатдан қимматга тушганлиги учун кенг тарқалмади ва оптик толали линиялар билан таъминлаш имконига эга бўлмади. Шунга қарамадан бундай абонент гуруҳларининг рақамли узатиш техникасига бўлган талаби ошиб бормоқда. Охириги вақтгача маълумотларни узатиш учун қўлланиладиган умумий телефон тармоқларининг линияларидан фойдаланишга тўғри келди. Шу сабабли уларни босқичма-босқич алмаштириш талаб этилади.

Юқоридагиларни назарда тутган ҳолда замонавий абонент тармоқлари қуйидаги талабларга жавоб бериши керак:

– замонавий технологияларни қўллаган ҳолда юқори тезликда маълумотларни узатишни амалга ошириш;

– кенг полосали телекоммуникация хизматларини узатиш;

– ўтказувчанлик қобилияти юқори бўлиши;

– тармоқ келгусида кириб келадиган янги хизматларга мослаша олиш қобилиятига эга бўлиши;

– техникадан фойдаланиш содда ва арзон бўлиши;

– хизмат нархи паст бўлиши лозим.

Бундан ташқари бундай тармоқлар асосан кенг полосали интеграллашган хизматларни амалга оширишга мўлжалланганлиги учун тармоқга қуйидагича талаблар қўйилади:

- абонентдан абонентгача йўл қўйиладиган кечикиш вақти кам бўлиши;

- талаб қилинадиган узатиш тезлиги юқори бўлиши;

- узатилаётган хабар хажми катта бўлиши лозим.

8.1-жадвалда турли хизматларнинг тармок хусусиятларига бўлган талаблари келтирилган.

Рақамли шаклдаги ахборотларни узатишда энг кичик кечикиш вақти (30 мс) гача йўл қўйилади. Кечикишнинг анча юқори қийматлари фойдаланувчилар учун сезиларли даражада сўзлашувнинг аниқлигини пасайишига олиб келади. Сезиларли даражада катта қийматдаги кечикиш вақтига маълумотлар (файллар) ни катта массивини узатишда йўл қўйилади.

Энг кичик хабар хажми телексга ва энг катта хабар хажми эса файлларга хос бўлади. Энг юқори юклама соатидаги энг юқори юкланишни телевизион узатгичлари, энг кичик юкланишни телекс терминаллари ҳосил қилади.

Кўриб чиқилган хизматларнинг барча талабларини қондириш учун, қуйидаги хусусиятларга эга бўлган кенг полосали ISDN технологиясидан фойдаланиш керак:

- ахборот узатиш тезлигини 100 Мбит/с дан кам бўлмаган ҳолда таъминлаши;

- бир охириги пунктдан бошқа бир охириги пунктгача хабарни узатишда кечикиш вақти бир неча ўн ва ҳатто юзлаб миллисекунддан ошмаслиги;

- тармокдаги коммутациялаш станциясида хабарни кечикиш вақти бир миллисекунддан ошмаслиги;

- коммутациялаш станциясида пакетлар коммутацияси тизими секундига бир неча юз минг пакетни қайта ишлаш хусусиятига эга бўлиши лозим.

Бундай муамоларни ҳал қилишда 2 хил усулдан фойдаланиш мумкин:

- замонавий технологияларга ва юқори ўтказувчанлик қобилиятига эга бўлган уланувчи алоқа тармоқларини қайта қуриш;

- мавжуд бўлган алоқа линияларидан ва замонавий технологиялардан фойдаланиш имкониятига эга бўлган тармоқларни қайта қуриш.

Турли хизматларнинг тармоқ хусусиятларига бўлган талаблари

8.1-жадвал

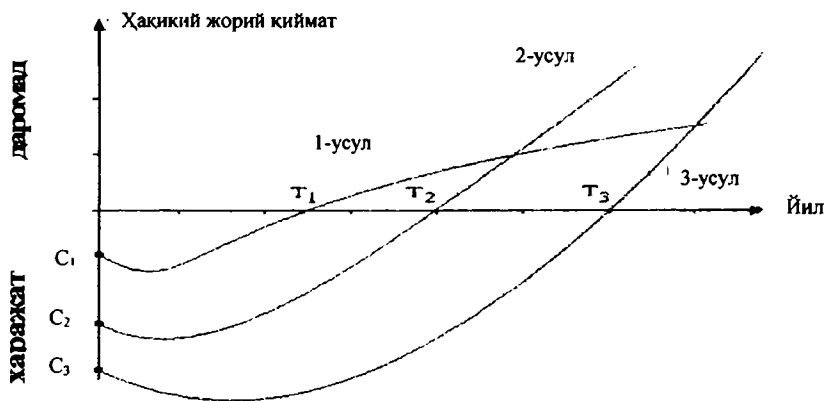
Хабар тури	Абонентдан кейинги абонентгача йўл қўйиладиган кечикиш вақти, с	Талаб қилинадиган узатиш тезлиги	Узатилаётган хабар ҳажми	Энг юқок юклам соатида юклани Эрл/лин
Рақамли шаклдаги ахборот	0,030 дан ортик эмас	64 Кбит/с	10^5 бит	0,1-0,2
Телетекс	<1,0	240 бит/с	Бир неча минг белгилаб	0,01
Телекс	<5,0	50 бит/с	300-2000 белгилаб	0,0006
Интер фаол маълумотлар	<1,0	200 бит/с - 64 Кбит/с	Бир неча минг белгилар	0,3
Маълумотларнинг катта массиви	Бир неча ўнлаб минутгача (оралиқ тугунлардаги кечикиш)	Секундаги бирдан то ўнлаб мегабитгача	10^6 - 10^8 Бит	0,01
Телефакс (икки томонлама)	< 10,0	64 Кбит/с	-	0,01
Телефакс (бир томонлама)	60-180	14400 бит/с гача	-	<0,01
Телерасм	<1,0	64 Кбит/с	-	-
Харакатланувчи тасвирлар	<1,0	140 Мбит/с гача	-	0,5

Алоқа соҳасидаги асосий талаб, ҳар қандай фойдаланиладиган тармоқ иложи бориचा юқори ўтказувчанли

кобилиятига эга бўлиши, турли хизматларни ўз ичига олиши ва вақтида амалга ошириши, узатиладиган ахборотларни сифатини кафолатлаши, фойдаланадиган тармоқни ишончлилиги ва хавфсизлиги билан баҳоланади.

Юқоридаги 1-усулга назар ташласак, эски кабелларни олиб ташлаб, янгисини ётқизиш ва уларни янги технологиялар билан жиҳозлаш жуда қimmatга тушади. Бундай тармоқларни ташкил қилиш албатта юқори даражали талабга жавоб беради. Кейинги 2-усулга келсак, ҳозирги пайтда абонент тармоқларида мис жуфтликларга эга бўлган кабеллардан фойдаланилади. Бундай кабеллар фақатгина телефон сигналларини узатишга мўлжалланган, лекин xDSL (Digital Subscriber Line – рақамли абонент линияси) қурилмаларини қўллаш орқали, паст частотали линияларни юқори частотали линияларга айлантириш мумкин.

Абонент тармоқларини модернизация қилишда иқтисодий масалалар жуда муҳим ўрин эгаллайди. Бу тасдиқни 8.2-расмда келтирилган учта график орқали изоҳлаш мумкин.



8.2-расм. Абонент тармоқлари модернизациясининг турли усуллари учун «Ҳақиқий жорий қиймати»ни ўзгариш графиги.

Бу графикларда абонент тармоқлари модернизациясининг уч усули учун ҳақиқий жорий қийматлар (эгри чизиқларнинг турли силжиши орқали) акс этдирилган.

Агар абонент тармоқларида концентраторлар ўрнатилса, у ҳолда жуфтликлар маълум усул билан танланган рақамли узатиш тизимлари билан зичлаштирилади. Ўз-ўзидан кўриниб турибдики, тармоқни модернизациялаш учун бошланғич сарф харажатлар унча катта бўлмайди. Сарфланган маблағларни чиқариш даври (Т1) ҳам унча катта бўлмайди. Келгусида оператор даромади тез орада янги инфокоммуникация хизматларига рақобатлаша ололмаганлиги учун ўсишдан тўхтаб қолади. Шунга қарамасдан, фақат телефон алоқасига мослашган минимал таваккалчилик ва талаб қилинган даромадни таъминлашда оператор абонент тармоқларини модернизациясини ушбу усулни танлаши мумкин.

Иккинчи усул кенг полосали тармоқ куришда, ҳеч бўлмаганда магистрал участкада қўллаш мумкинлиги билан фарқ қилади. Бундай ечим инглизча абревиатура билан маълум бўлган FTTC (тақсимлаш шкафигача оптик тола тортиш) га яқин ҳисобланади. Ҳақиқатдан ҳам, бундай ечим катта бошланғич маблағни талаб қилади. Сарфланган маблағларни чиқариш даври (Т2) ҳам биринчи усулга нисбатан солиштирганда анча ўсади. Бошқа тарафдан, оператор кенг полосали каналлардан фойдаланишга асосланган янги хизматларга бозорда рақобатбардош бўлади.

Учинчи усул абонент тармоқларини радикал модернизацияси билан боғлиқ. Ушбу ечимни ўзига хос хусусиятини барча кўп жуфтликли кабелларни алмаштириш деб ҳисоблаш мумкин. Абонент тармоқларини бундай модернизациялаш стратегияси FTTV (ишлаб чиқариш биноси ёки турар жой биносигача оптик тола тортиш) абревиатураси билан маълум. Кўриниб турибдики, бошланғич маблағ қиймати ва сарфланган маблағларни чиқариш даври (Т3) энг катта бўлади. Учинчи усулни шубҳасиз афзаллиги потенциал рақобатбардошлигини максимал даражада бўлишидир.

Шуни ҳисобга олиш керакки, ҳар хил фрагментлар учун айнан шу маҳаллий тармоқларга барча усуллар мувофиқ келиши мумкин:

- шаҳарнинг марказий қисмида абонент тармоқларини модернизациялашнинг учинчи усулини иқтисодий жиҳатдан қўллашга руҳсат берувчи, жуда юқори даражада тўлай олиш қобилиятига эга энг замонавий инфокоммуникацион хизматлар учун ишбилармон абонентлар сектори тўпланган;

- абонент тармоқларини ривожлантиришнинг иккинчи усули шаҳар маркази атрофида жойлашган абонентларнинг анчагина қисмига хизмат кўрсатиш учун оптимал ҳисобланади;
- шаҳар атрофи ва ташқарисидаги зоналар учун янги кўринишдаги хизматларга сўровни шаклланишини олдиндан айтиб бўлмагани учун биринчи усулга асосланган абонент тармоқларини куриш мақсадга мувофиқдир.

Қоидага кўра универсал ечим мавжуд эмас. Бошқа тарафдан янги инфокоммуникацион хизматларига тўлай олиш қобилияти бўлмасда абонент тармоқларини ривожланишининг биринчи усули кичик истикболи ҳақида мулоҳаза қилиш мумкин.

Абонентларнинг юқори тезликли маълумотларини узатиш хизматини амалга ошириш учун абонентнинг ўзида лозим бўлган қурилма жойлаштириш, уни тўғри улаш ва телефон станциясида жойлашган қурилмалар билан, фойдаланувчи қурилмасини уловчи линияни тайёрлаш лозим. Юқоридаги хизматларни амалга оширишда, барча ташкилотлар учун қурилмалар ва янги технология билан ишлашни биладиган кадрларни тайёрлаш талабини амалга ошириш лозим.

8.3. Замонавий телекоммуникация тизимлари ва унга уланувчи абонент тармоқларининг тузилиши

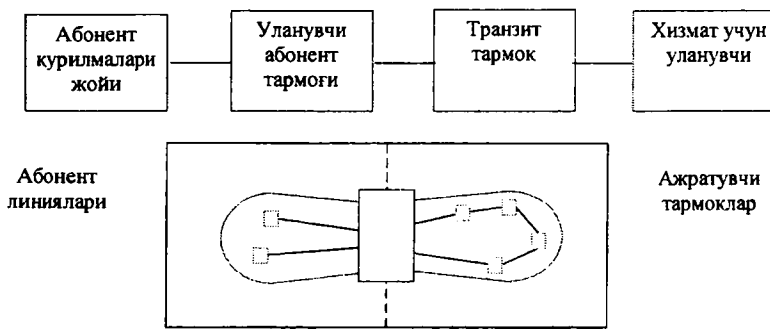
Қайта ишланган концепция бўйича бирламчи тармоқлар, мавжуд бўлган алоқа воситаларидан базаланган ҳолда, келгусидаги ривожланишида замонавий техник воситаларни қўллаш таклиф қилинади (масалан: оптик толали техника, рақамли узатиш тизимлари, радиореле алоқа линиялари, фазовий узатиш тизимлари). Умуман бирламчи тармоқлар икки сатҳли тузилишга эга: транспорт тармоғи ва уланувчи абонент тармоғи. Маҳаллий тармоқларнинг магистрал ва зона ичкари қисми, рақамли тармоқларнинг асоси ҳисобланади. Маҳаллий бирламчи тармоқлар «маҳаллий тугун-охирги қурилма» участкаси учун уланувчи тармоқ ҳисобланади.

Магистрал бирламчи тармоқлар, зона ичкари тармоқлари ва маҳаллий бирламчи тармоқларни рақамлаштиришни таъминлаш учун, мустақил тармоқ тузилишига эга бўлган рақамли бирламчи тармоқга устма-уст қўйилади.

8.3 -расмда келгусидаги телекоммуникация тизимлари ва унга уланувчи абонент тармоқларининг ўрни кўрсатилган.

Телекоммуникация тизимларининг биринчи элементини абонент (фойдаланувчи) хонадонида жойлаштирилган терминал ва шунга ўхшаш қурилмаларнинг йиғиндиси дейиш мумкин.

Телекоммуникация тизимларининг иккинчи элементи уланувчи абонент тармоғидир. Унинг вазифаси абонент хонадони ва транзит тармоқда жойлашган қурилмалар орасидаги ўзаро боғланишни таъминлашдан иборат.



8.3-расм. Келгусидаги телекоммуникация тизимларининг модели.

Одатда транзит тармоққа эга бўлган уланувчи абонент тармоқларининг ўзгартирувчи нуқталарида коммутацияловчи станция жойлаштирилади. Уланувчи абонент тармоғини беркитадиган муҳит, абонентнинг уйида ва шу коммутацияловчи станцияда жойлашган қурилмалар орасида ётади.

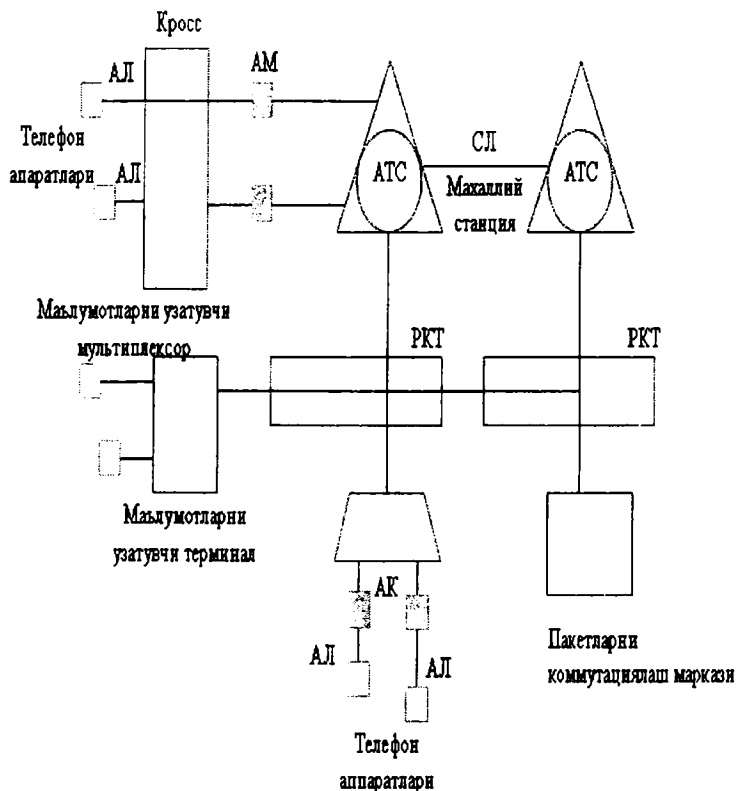
Уланувчи абонент тармоғи, иши бўйича икки участкага бўлинади:

- терминал қурилмага шахсий уланувчи восита сингари қараладиган абонент линияси;
- уланувчи абонент воситаларининг самарадорлигини ошириш учун хизмат қилувчи тармоқ. Узатиш тизимлари базаси асосида қўлланиладиган бу уланувчи тармоқ, айрим ҳолларда юктамаларни концентрацияловчи қурилмаларда қўлланилади.

Телекоммуникация тизимларининг учинчи элементи, транзит тармоқдир. Унинг функцияси, абонентнинг турли тармоқларига уланган терминаллар орасидаги боғланишни амалга ошириш ёки

терминаллар орасида ва бирорта хизматни қўлловчи воситалар орасида улашни амалга оширишдан иборат. Транзит тармоқ, бирорта шаҳар ёки қишлоқ чегараси территорияси билан қоплангани каби, иккита турли давлатларни уловчи абонент тармоқлари орасида ҳам қўлланилади.

Телекоммуникация тизимларининг тўртинчи элементи, электр алоқанинг хизматлари учун турли воситаларни улашини таъминлайди (масалан, хизматни қўлловчи тугунлар). Бундай тугунларга телефон операторларининг иш жойи ва ахборот сақланувчи серверлар мисол бўлиши мумкин. 10.4-расмда уланувчи ахборот тармоқларини яратишнинг гипотетик модели кўрсатилган.



8.4-расм. Уланувчи абонент тармоғининг гипотетик модели.

Бу ерда: АТС – автоматлаштирилган телефон станция; АЛ - абонент линияси; АМ – абонент мажмуаси; СЛ – сигнал линияси РКТ – рақамли кросс тугуни.

Таклиф қилинган моделнинг тузилиши иккита маҳаллий охириги станция (МС) дан (АТС 1 ва АТС 2) ва битта пакетларни коммутацияловчи марказдан иборат.

Абонентлар маҳаллий станцияга иккита усулда уланадилар узлуксиз ва концентраторлар орқали. Биринчи ҳолатда уланувчи тармоқ, абонент линиялари йиғиндисидан иборат. Иккинчи ҳолатда абонент линияси абонент концентраторида тугайди, тармоқ эса маҳаллий станцияга боради ва у яна маҳаллий станция ва концентраторлар орасидаги сигнал линиялари тўпламини ҳам ўз ичига олади.

Шундай қилиб турли абонент гуруҳлари учун, тармоқ бирорта маҳаллий станция чегарасида унинг тузилиши нуктаи назарида сезиларли даражада фарқ қилади. Маълумотларни узатувчи абонентлар учун тармоқ РКТ да тугайди. Ушбу модел учун бу тармоқ РКТгача бўлган ораликни эгаллайди. Маълумотларни узатувчи тармоқ, абонент телефон тармоқларига нисбатан кенгдир.

Шундай қилиб, умумий режадаги тармоқ абонент участкаси каби, АТСлар орасида уловчи линияларни ҳам ўз ичига олади.

8.4. Абонентлар уланувчи тармоқларнинг телекоммуникация узатиш тизимлари

8.4.1. xDSL технологиялари

Ҳозирги вақтда нафақат овозли ахборотларга, балки Интернет хизматларига бўлган талаблар долзарб ҳисобланади. Бундай тармоқларни иккита йўл: толали-оптик-толали тармоқлар ва мавжуд бўлган кабеллардан фойдаланиш орқали қуриш мумкин. Кўпгина ҳолларда охириги вариант юқори иқтисодий самарадорликни беради. Лекин бундай тармоқларни яратиш учун бир неча саволларга жавоб топиш лозим:

- мавжуд бўлган кабелли тармоқ учун, қайси имкониятли рақамли абонент технологиялари кўпроқ мос келади;
- қайси қурилма кўпроқ самарадорликка эга;
- рақамли каналнинг қайси технологияларини у тامينлай олади;

– мавжуд бўлган кабелли тармоқларни, абонентлар уланувчи рақамли абонент тармоқларининг қандай янги хизматлари учун қўллаш мумкин.

Охириги вақтларда абонент линиялари қурилмаларининг бозори зудлик билан ривожланаётгани туфайли операторларнинг ҳолати мураккаблашиб кетмоқда. Юқоридаги айтиб ўтилган камчиликларга, муаммоларга ва саволларга жавоб сифатида xDSL (Digital Subscriber Line) - рақамли абонент линиялари технологиялари қўл келади.

Мавжуд бўлган мис линиялари бўйича юқори тезликли рақамли алоқани ташкил қилишга мўлжалланган xDSL технологиялари, ерга илгари ётқизилган кабеллар орқали жуда катта маблағни тежашга эришиш мумкинлигини кўрсатди.

xDSL концепцияларини ишлаб чиқиш орқали, алоқа тармоқларининг ривожланиш идеологияси тубдан ўзгарди. Ҳозирги пайтда бундай технологиялар ёрдамида алоқа операторларига бўлган ишонч ошди ва мавжуд бўлган, мис алоқа кабелларидан ташкил топган тармоқ, қуриладиган бутун телекоммуникация инфраструктурасида жуда кўп йиллар хизмат қилади. U интерфейсининг ISDN технологияси xDSL нинг биринчи авлоди ҳисобланади. У кабел жуфтлигининг битта сими орқали 160 кбит/с тезликли дуплекс (икала томонга ҳам) узатишни таъминлайди. Бундай технология ҳам кенг тарқалган, у ISDN тармоқларидан ташқари абонент линияларини зичлаштириш қурилмаларини яратиш ва чегараланган масофаларда модемларни қўллаш учун ишлатилади.

Охириги мижозлар учун xDSL технологияси, юқори тезликли тармоқлар орасида Интернет тармоқлари билан мустақкам уланишни таъминлайди. Бу мис симли абонент телефон линиялари бўйича юқори тезликли маълумотларни узатишда абонент линияларининг якунида ва юқори тезликли маълумотларни узатувчи магистрал тармоқнинг якунида xDSL қурилмаларини жойлаштириш имконини беради.

Агар абонент линияларида xDSL технологияларини қўллаш ёрдамида юқори тезликли маълумотларни узатиш ташкил-лаштирилган бўлса, унда узатиладиган маълумотлар, одатдаги аналог телефон алоқаси учун қўлланиладиган частоталарга нисбатан анчагина юқори бўлган ораликда, рақамли сигналлар кўринишида узатилади.

Абонент телефон линияларида бундай технологияларни қўллаш, абонентларнинг кабелли тармоқларини, юқори тезликли маълумотларни узатишга мўлжалланган тармоқнинг бир бўлагига айлантиради. Бундан ташқари xDSL технологияси базаси асосиде қурилган кенг полосали тармоқлар, фақатгина кўп каналли овозли алоқани ёки юқори тезликли маълумотларни узатишни ташкил қилиш билан чегараланган. Улар зудлик билан ўзининг иши учун кенг полосани талаб қилувчи, бошқа хизматларни яратиш учун базавий тармоқ сифатида ҳам қўлланилади.

Интернет тармоқларига уланишни таъминлаш, замонавий рақамли тармоқларнинг асосий функцияларидан бири ҳисобланади Қўлланиладиган оралик частоталарнинг кенглиги, юқори тезликли маълумотларни узатувчи технологияларга боғлиқ.

Видеоконференцияларни ташкил қилиш симметри маълумотларни узатишни талаб қилади. Видеоконференцияни ташкил қилишда овозли ва видеосигналларни узатиш лозим. бундай хизмат, бошқа хизматларга нисбатан анчагина кенг частоте оралиғини талаб қилади.

Юқоридагиларни назарда тутсак, xDSL технологияси олдин мавжуд бўлмаган янги хизматларни қўллаш имконига эга. Бундай янги технологияларни қўллаш туфайли аста – секинлик билан аналог абонент тармоқлари, рақамли абонент тармоқларига ўтади. Ривожланишни бундай янги босқичига ўтиш, нафақат янги авлод қурилмаларини яратишни талаб қилади, балки мос келувчи ускуналарни қўллаш, хизмат ходимларини янги иш усулини ўрганиш ва абонент тармоқлари линиясини бошқаришда умуман янгича ёндошишни талаб қилади.

xDSL технологияси юқори тезликли маълумотларни узатишни таъминлашдан ташқари, телефон алоқасининг кўп каналли хизматини ташкил қилувчи самарали восита ҳамдир.

xDSL билан бир қаторда яратилган кейинги технология юқори тезликли рақамли абонент линияси HDSL (High-bit-rate Digital Subscriber Line) ҳисобланади. Бу технология 2048 кбит/с тезликда дуплекс ахборот алмаштиришни тўлиқ таъминлайди. Ахборотни узатиш учун кабелнинг икки ёки уч жуфтлигидан фойдаланилади. HDSL технологияларининг кейинги ривожланиши симметрик юқори частотали рақамли абонент линияларининг қурилмаларини юзага келишига сабабчи бўлди. Бундай SDSL қурилмалари (SDSL - Singil Pair Symmetrical Digital Subscriber Line)

кабелнинг бир жуфтлиги орқали ишлашга мўлжалланган. Шунингдек охириги йилларда xDSL нинг юқори тезликка эга бўлган технологиялари ишлаб чиқилди, масалан ADSL (ассиметрик рақамли абонент линияси) ва VDSL технологияси, тармоқдан абонентгача бўлган йўналишда ахборотни узатганда 8 мбит/с гача, абонентдан тармоққача бўлган йўналишда эса 1 мбит/с тезликни тامينлайди, шунингдек Интернет тармоғига уланиш имкониятига эга бўлиши ҳам мумкин.

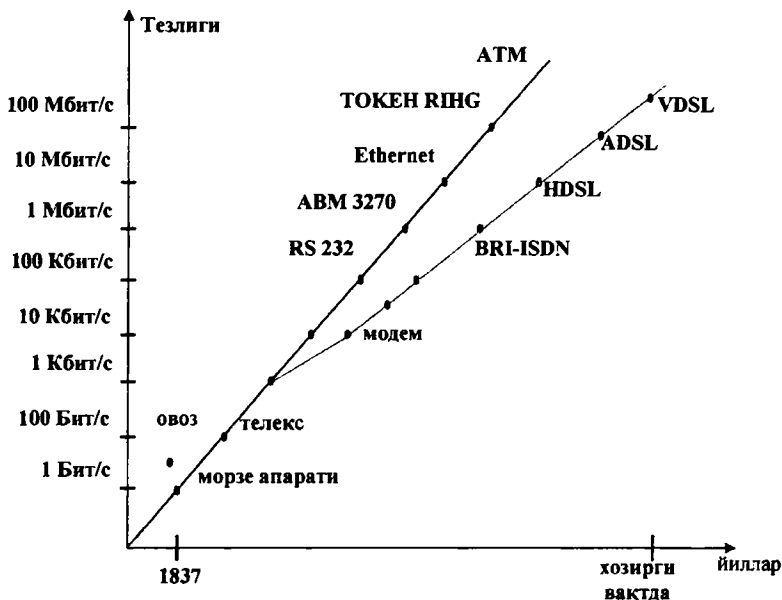
VDSL технологияси (Very High – bit rate Digital Subscriber Line) янги қурилмалар таркибига киради ва келгусидаги абонент тармоқларида қўллашга мўлжалланган.

8.4.2. HDSL технологияси

xDSL технологияси мавжуд мис симли линиялардан юқори тезликли алоқани ҳосил қилиш имконини беради. 8.5-расмда мис кабел линиясидан ахборот узатиш тезлигининг, яъни морзе алифбоси (10 бит/с) дан VDSL (52 Мбит/с)гача ўта юқори тезликли рақамли абонент линияси технологиясигача ривожланиш тарихи кўрсатилган.

xDSL технологияси 70-йиллардан бошлаб ривожлана борди, яъни бу йилларда BR (Basic Rate), 160 Кбит/с ли ISDN қурилмалари ишлаб чиқарила бошлаган эди. xDSL технологиясининг ишлаб чиқарувчилари ўзларининг технологияларини толали оптик алоқа тизимида илк бор синаб кўришди ва натижаларга эришилди. Фақат толали оптик алоқа линияси орқали «ҳар бир уйга рақамли телефон» олиб кириш мумкин деган фикр ҳам бор эди.

xDSL нинг кейинги ривожланиши, абонент линияларининг юқори тезликли технологияси HDSL (High-bit-rate Digital Subscriber Loop) ни пайдо бўлишига олиб келди. Бундай қурилма кабелнинг бир жуфтлиги орқали 768/1024 Кбит/с тезликда ахборотни тўлиқ дуплекс ҳолатда алмашлаш имконини беради ва оддий кабелнинг икки ёки уч жуфтлиги орқали, параметрларни танламасдан симметрик бўлмаган ҳолда ҳам 2048 Кбит/с тезликда ахборотларни узатиши мумкин. Тизим бир кабелни ҳисобланади яъни битта кабел орқали ахборотларни узатиш ва қабул қилиш мумкин. Шунингдек CAP модуляцияси ёрдамида HDSL тизими учун бир кабелнинг 50-80% жуфтлигини қўллаш мумкин.



8.5-расм. Мис алоқа линияларидан тортиб, ҳозирги пайтгача рақамли узатиш тизимларининг тезлигини ўсиши.

HDSL технологиясининг кейинги ривожланиши, кабелнинг бир жуфтлиги орқали ишловчи, симметрик рақамли абонент линияларига мўжаллаган SDSL технологиясидир.

HDSL қурилмаларининг иш сифатига таъсир қилувчи асосий омиллардан бири бу алоқа линияларининг параметрларидир. Шулардан энг асосийларини қараб чиқамиз:

- сигналнинг заифлашиши. Кабелли линиялардаги сигналнинг сўниши кабелнинг турига, унинг узунлигига ва сигнал частотасига боғлиқ. Линия қанчалик узун бўлса ва унинг частотаси қанчалик юқори бўлса унинг сўниши шунчалик юқори бўлади;

- амплитуда частотавий тавсифнинг нотекислиги. Умуман олганда алоқа линияларининг кабелларини паст частотали филтър деб фараз қилиш мумкин;

- радиочастотали интерференция;

- гурухли ўтиш вақтининг кечикиши. Сигналнинг кабелда тарқалиш тезлиги унинг частотасига боғлиқ, шу тарзда агар АЧТ бир хил бўлса ҳам импульс шакли узатишда бузилади.

HDSL қурилмаларининг асосини линия тракти ташкил этади, яъни мис линиялари бўйича рақамли оқимларни узатиш учун кодлаш усули қўлланилади. HDSL технологияси линиявий кодлашнинг икки технологиясини: 2B1Q (2 binary1 quaternary) ва CAP (Carrierless Amplitude and Phase Modulation)ни ишлатишни қараб чиқади. Иккала технология ҳам узатиладиган ва қабул қилинадиган сигналларни, сигнал жараёнлари деб аталадиган рақамли қайта ишлашга ва бир катор умумий принципларга асосланган.

Линия сигналининг частотасини пасайтириш ва ишлаш масофасини ошириш учун, HDSL технологиясида адаптив экокомпенсация қўлланилади. Бунинг моҳияти шундан иборатки, қабул қилиш ва узатиш битта спектрал диапазонда амалга оширилади, сигналларни эса микропроцессор ажратиб олади. HDSL модемининг қабул қилгичи линия сигналичан керакли сигналларни ва унинг акс садосини (кабелнинг узокдаги якунидан қайтган сигнал)ни ажратиб олади. HDSL тизимининг ҳар бир линия параметрини сошлаш, автоматик ҳолда амалга оширилади яъни қурилмани ўрнатганда ёки бошқа жойга кўчирганда уни қўл билан сошлаш талаб қилинмайди.

Экокомпенсация усулини қўллаш ва линия сигнали частотасини пасайтириш, маълумотларни узатишга мўлжалланган кабелнинг бир жуфтлиги орқали эмас, балки кабелнинг иккала йўналишида ҳам амалга ошиши мумкин. Бу ҳам олдин қўлланиладиган HDB-3 ёки AMI линиявий кодлаш усулига нисбатан, HDSL технологияларининг энг асосий афзалликларидан биридир. Бундай технология пайдо бўлгунга қадар T1 ёки E1 трактлари жуда кўп линия регенераторларига (ҳар 1000-1500 м дан) эга бўлганидан ташқари иккита кабелни ётқизишни талаб қилар эди, шундан биттаси орқали кабелнинг барча жуфтликларини қўллаган ҳолда фақат узатиш, иккинчиси орқали эса қабул қилиш амалга оширилар эди.

HDSL қурилмасини ишлаб чиқариш билан бир неча чет эл компаниялари шуғулланади. HDSL қурилмасининг асосий параметри унинг ишлаш масофасидир. Бу параметр 100% амалда қўлланиладиган линия кодининг тури орқали аниқланади. Бундай

параметр (2B1Q коди) қўлланиладиган барча қурилмалар учун бир хилдир, яъни бир хил масофа ва шовқинбардошлик билан таъминлайди. Параметрлари бўйича CAP модуляцияси қўлланиладиган қурилмалар, 2B1Q коди қўлланиладиган қурилмаларга мос тушади. HDSL қурилмалари турли қўшимча функцияларнинг мавжудлиги/йўқлиги, энергияга бўлган турли талаблар, захире режимларининг мавжудлиги билан бошқа қурилмалардан фарқ қилади. Бу турли микросхемалар мажмуасини қўллаш, дастурий таъминолдаги фарқ ва конструкторлик қайта ишлашлар билан боғлиқ.

HDSL тизимларининг турли линиявий кодлаш технологиялари, ишлаш масофасининг асосий қийматлари куйидаги 8.2-жадвалда кўрсатилган.

Бу жадвалда HDSL WATSON (Schmid Telecom AG, Швейцария) қурилмаларининг турли сериялари кўрсатилган.

8.2-жадвал

HDSL тизимларининг параметрлари

Ўтказгич диаметри	Регенераторларсиз	Регенераторларсиз	Регенераторларсиз
	линия узунлиги	линия узунлиги	линия узунлиги
	WATSON 2	WATSON 3	WATSON 4
0,4	4 км гача	4-5 км	3-4 км
0,6	6 км гача	6-7 км	4-5 км
0,8	9 км гача	10-12 км	6-7 км
1,2	18 км гача	14-18 км	10-13 км

WATSON 2 қурилмасида 2B1Q коди қўлланилади ва кабелнинг икки жуфтлиги орқали ишлайди, WATSON 3 да CAP-64 модуляцияси қўлланилади ва кабелнинг икки жуфтлиги орқали ишлайди, WATSON 4 да CAP-128 модуляцияси қўлланилади ва кабелнинг бир жуфтлиги орқали ишлайди.

8.4.3. HDSL тизимларининг тузилиши ва уларнинг қўлланилиши

HDSL аппаратурасининг линия трактини ташкил қилиш учун юқорида айтиб ўтганимиздек кодлашнинг икки технологияси 2B1Q ва CAP қўлланилади. Қўлланиладиган линия кодлари технологияларига боғлиқ ҳолда, сигналларни регенераторсиз узатиш масофаси танланади.

HDSL тизимларини амалда қўллаш тажрибаси шуни кўрсатдики, 2B1Q технологияларига асосланган аппаратураларнинг сифат параметрлари (масофаси, шовқиндан ҳимоялаганлиги ва бошқалар) ва нарх кўрсаткичи бўйича нисбатан қиммат, чунки 2B1Q технологияси кенг тарқалган ва ишлаб чиқаришга арзонга тушади. HDSL технологияларининг тузилишига мисоллар 8.6; 8.7; 8.8; 8.9-расмларда кўрсатилган.

8.4.4. SDSL технологияси

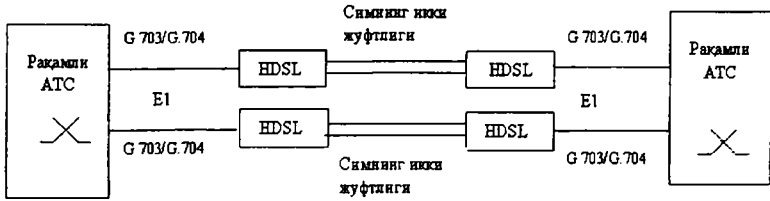
SDSL технологияси бир линияли рақамли абонент линияси, худди HDSL технологияси каби T1/E1 линияларининг тезлигига мос келувчи маълумотларни симметрик ҳолда узатишни таъминлайди, лекин бунда SDSL технологияси икки фаққа эга:

- симнинг битта жуфтлигини қўллайди;
- маълумотлар узатишнинг максимал масофаси 3 км билан чегараланган.

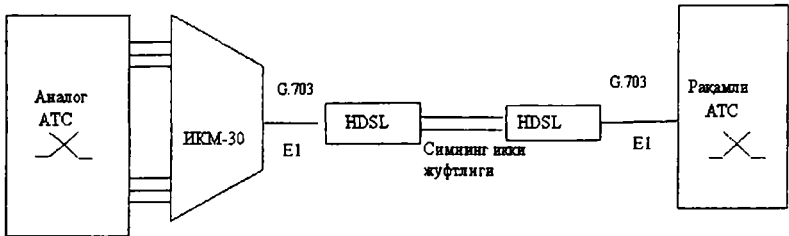
SDSL технологияси шу масофасида видеоконференция тизимининг ишини ташкил этиши мумкин. Худди шу вақтда иккала йўналишда ҳам маълумотларни узатиш оқимини бир хил ушлаб туриши лозим.

Симметрик ёки икки симли линия, xDSL технологиясининг янги оиласига киради. Ушбу технология, симметрик ва олдин мавжуд бўлган HDSL технологияси базаси асосида яратилган, лекин такомиллаштирилган вариантдир. У кабелнинг бир жуфтлиги орқали маълумотларни узатишни ташкил қилади. SDSL технологиясини бизнес сферада ва шахсий секторларда қўллаш мумкин. Бундай ҳолда у икки канални ҳосил қилиши мумкин. Шунингдек SDSL технологияси рақамли алоқа линияларига уланувчи (DSLAM) мультимплексор архитектуралари билан мос

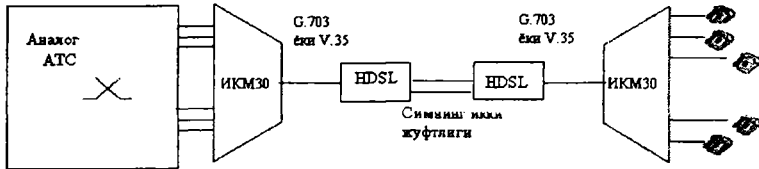
тушади ва тармоққа уланувчи HDSL, ADSL, VDSL технологияларига қўшимча сифатида қўлланилади.



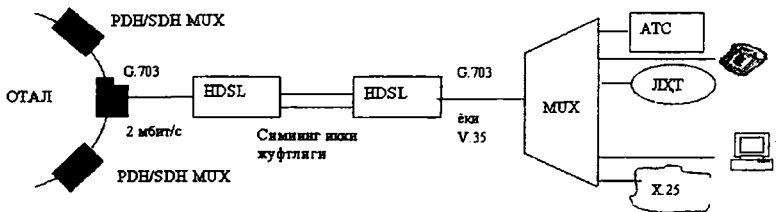
8.6-расм. Рақамли АТСлар орасида станциялар аро алоқа.



8.7-расм. Аналог ва рақамли АТСлар орасида станциялар аро алоқа.



8.8-расм. Абонентларни кўчириш.

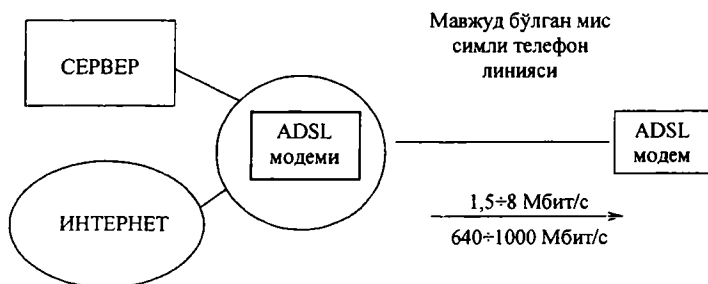


8.8-расм. Абонентларни кўчириш.

8.4.5. ADSL технологияси

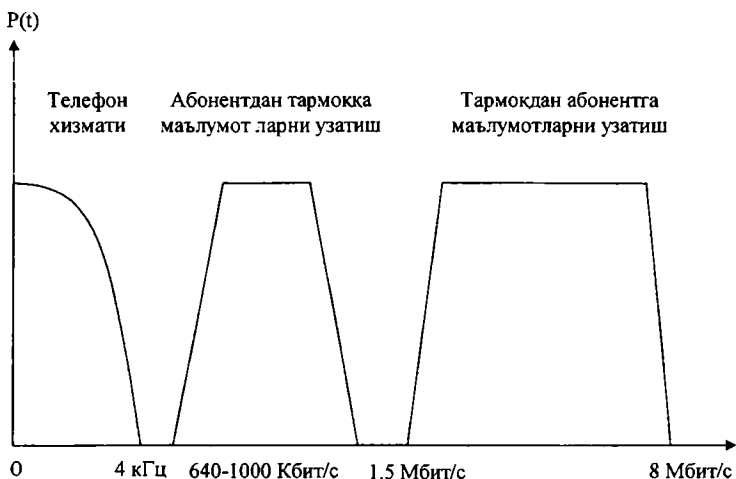
ADSL (Assymetric Digital Subscriber Line – ассиметрик рақамли абонент линия), xDSL технологиялари каби юқори тезликли маълумотларни узатиш учун мўлжалланган технологиялар таркибига киради. ADSL технологияси интерфаол видеохизматларни (талаб бўйича видео, видео ўйинлар ва бошқалар) ва маълумотларни тез узатиш (Интернетга уланиш, локал ҳисоблаш ва бошқа тармоқларга узоқдан уланиш) учун юқори тезликни таъминлашга мўлжалланган. ADSL линияси, ҳар бир телефон кабелларининг жуфтликларини охирига уланган иккита модемни бир-бири билан боғлайди. Бизга маълумки, аналог модемлар, стандарт телефон каналлари бўйича 28 Кбит/с гача тезликни ошириш имкониятига эга эди. Худди шунга ўхшаб, модуляциялаш усуллари қўлланилган ADSL технологиялари эса тармоқдан абонентга келадиган маълумотлар оқимининг тезлигини бир неча Мбит/с гача етказиши мумкин. Бу технология фойдаланувчидан станциягача паст тезликли канал орқали тармоқдан абонентга тушувчи оқимларни бошқариш имконини беради. Бунда асосан учта ахборотли канал ҳосил бўлади. Тармоқдан абонентгача узатиладиган маълумотлар оқими, абонентдан тармоққа узатиладиган маълумотлар оқими ва телефон алоқа канали. Телефон алоқасининг каналлари филтър ёрдамида ажратилади, бу ADSL уланишида авария юз берган тақдирда ҳам телефон ишини кафолатлайди.

ADSL, мавжуд бўлган телефон кабелларининг жуфтликларини, маълумотлар узатиш учун мўлжалланган юқори частотали трактга айлантиради. Қуйидаги 10.10-расмда ADS Lнинг уланиши кўрсатилган.



8.10-расм. ADSL нинг уланиши.

ADSL курилмаларининг частота бўйича тарқалиши қуйидаги 8.11-расмда кўрсатилган.



8.11-расм. ADSL курилмаларининг частота бўйича тарқалиши.

ADSL ассиметрик технологиялар таркибига киради, чунки тармоқдан абонентга келадиган маълумотлар оқимининг тезлиги, абонентдан тармоққа бериладиган маълумотларнинг узатиш тезлигидан паст. Фойдаланувчидан узатиладиган тезлик, аналог модемларнинг курилмаларидагига нисбатан юқори. Телефон кабелларининг жуфтликлари орқали узатиладиган ахборотларнинг катта ҳажмини сиқиш учун, ADSL технологиясида сигналларни рақамли қайта ишлаш, махсус яратилган алгоритмлар, такомиллаштирилган аналог филтрлар ва аналог рақамли ўзгартиргичлар қўлланилади. Жуда катта масофага эга бўлган телефон линиялари, узатиладиган юқори частотали сигналларни сатҳини пасайтириши мумкин. Бу эса ADSL модемларининг аналог тизимларини етарли даражадаги юқори юкламада ишлашга мажбурлайди. Бундай юкламада юқори динамик диапазон ва шовқин сатҳи паст бўлиши лозим. Дастлабки ADSL тизимларини оддий деб ҳисоблаш мумкин, чунки у оддий телефон кабеллари орқали юқори тезликли маълумотларни узатиш каналларини ҳосил қилади.

ADSL технологияси бир неча частота оралликлари учун мис телефон линияларининг ўтказувчанлик ораллигини ажратиш усулини қўллайди. Бу эса бир вақтда битта линия бўйлаб бир неча канал сигналларини узатиш имконини беради. ADSL ни қўллаганда ҳар хил элтувчилар, узатиладиган маълумотларнинг турли қисмини бир вақтда олиб кетади. Бу жараён алоқа линияларини частотавий зичлаштириш деб тушунилади.

Частотавий зичлаштиришда бир диапазон абонентдан тармоққа тушувчи маълумотлар оқимини узатиш, бошқа диапазон тармоқдан абонентга тушадиган маълумотлар оқимини узатиш учун ажратилади. Тармоқдан абонентга тушадиган оқим ўз навбатида бир ёки бир неча юқори тезликли каналлар ва бир ёки бир неча паст тезликли каналлар диапазонига бўлинади. Абонентдан тармоққа тушадиган оқимлар ҳам бир ёки бир неча паст тезликли каналларни маълумотларини узатиш учун қўлланилади. Бундан ташқари узатиладиган ва қабул қилинадиган оқимлар бир-бирини беркитса, акс садони соловчи технологиялар қўлланилади. Худди шунинг учун ҳам ADSL, юқори тезликли маълумотларни, видеосигналларни ва факсни бир вақтда узатишни таъминлаши мумкин. Буларнинг барчаси худди шу қўлланилаётган телефон линияси орқали узатилувчи одатдаги телефон алоқасини узмайди.

Технология одатдаги телефон алоқаси учун маълум бир частота ораллигини захирасини таъминлайди.

Шундай қилиб, эски телефон линияларидан янги телефон линиялари ҳосил бўлади. Юқори тезликли маълумотларни узатувчи бошқа технологияларга нисбатан ADSLнинг яна бир асосий афзаллиги телефон кабелларининг мис симларини одатдаги жуфтликларидан фойдаланишдир. ADSL, устига қўйилган тармоқни ҳосил қилади. Бунда қимматга тушадиган қурилмалар ва телекоммуникация қурилмаларини такомиллаштириш учун кўп вақт талаб қилинмайди.

Маълумотларни узатиш тезлигига таъсир қилувчи омиллар, абонент линиясининг ҳолати яъни симларнинг диаметри, кабеллар ажралишининг мавжудлиги ва унинг масофасидир. Линиядаги сигналнинг сўниши, линия узунлигининг ошиши ва сигнал частотасининг ўсиши билан ошади ва сим диаметрининг ошиши билан эса камади. Умуман олганда ADSLнинг функционал

чекгаси 0,5 мм қалинликдаги симда абонент линиясининг узунлиги 3,5-5,5 км ни ташкил этади.

Ҳозирги вақтда ADSL, тармоқдан абонентга келувчи маълумотлар оқимининг тезлигини 1,5 Мбит/с дан 8 Мбит /с гача тезликда ва абонентдан тармоққа келувчи маълумотлар оқимининг тезлигини 640 Кбит/с дан 1 Мбит/с гача таъминлайди. Бундай технологияларнинг келгусидаги ривожланиш тенденцияси тармоқдан абонентга келувчи маълумотлар оқимини тезлигини ошириш кутилади.

ADSL технологияси таъминлайдиган маълумотлар оқимининг тезлигини баҳолаш учун, бошқа технологиялар қўлланилганда фойдаланиш учун лозим бўлган тезлик билан солиштириш лозим. Аналог модемлар маълумотлар оқимини 14,4 – 56 Кбит/с гача тезликда узатишни таъминлайди.

xDSL нинг турли технологиялари фойдаланувчиларга IDSL учун 128 Кбит/с, HDSL учун 768 Кбит/с, ADSL учун тармоқдан талабгоргача 1,5-8 Кбит/с ва абонентдан тармоқгача 640-1000 Кбит/с, VDSL учун тармоқдан талабгоргача 13-15 Мбит/с ва абонентдан тармоқгача 1,5- 2,3 Мбит/с гача маълумотлар оқимини узатиш тезлигини таъминлайди.

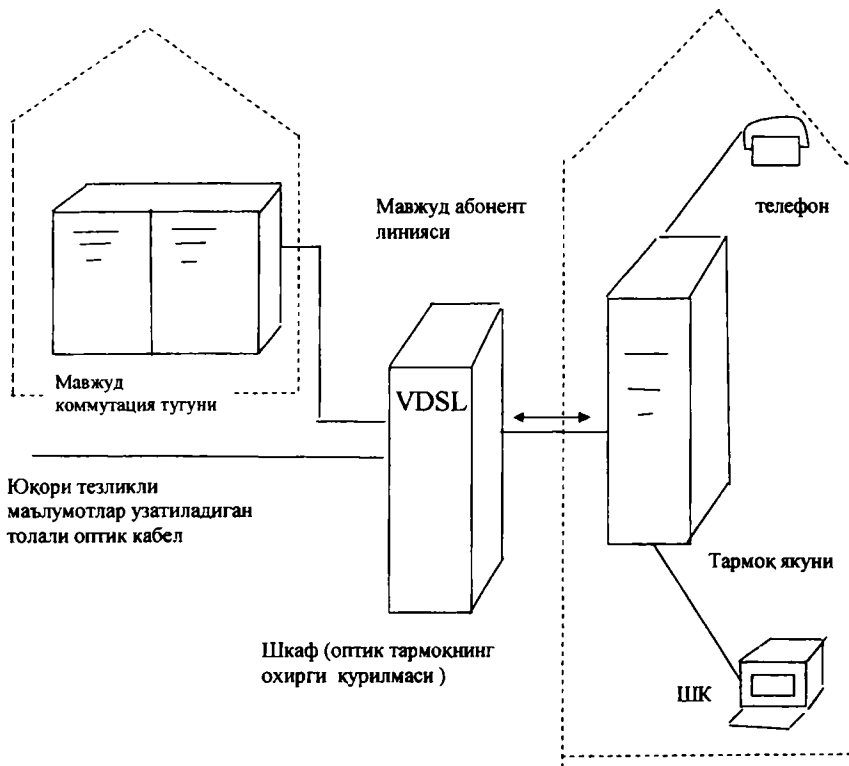
Кабел модемлари 500 Кбит/с дан 10 Мбит/с гача тезликда маълумотлар оқимини узатиш имконига эга (бунда кабел модемларининг ўтказувчанлик оралиғи шу линиядан фойдаланиш имконияти бўлган барча фойдаланувчилар орасида бўлишини ҳам назарда тутиш лозим. Шунинг учун ҳам бир вақтда ишловчи фойдаланувчилар сони, уларнинг ҳар бири учун ҳақиқий маълумотларни узатиш тезлигига сезиларли даражада таъсир қилади). E1 ва E3 рақамли линиялар мос ҳолда 2,048 Мбит/с ва 34 Мбит/с гача маълумотларни узатиш тезлигига эга.

ADSL технологиясини қўллаганда магистрал тармоқ билан фойдаланувчи боғланган линиянинг ўтказувчанлик оралиғи ҳар доим ва фақат фойдаланувчига тегишли.

8.4.6. VDSL технологияси

VDSL технологияси (ўта юқори тезликли рақамли абонент линияси) маълумотларни узатиш тезлигини ошириш бўйича ADSL технологиясининг давомидир. У жуда юқори частота оралиғида ишлашга мўлжалланган. Бундай технологияни толали оптик алоқа

линияларининг тармоқларини кенгайтириш ҳисобига, абонент линияларининг узунлигини камайтириш йўли орқали ва мавжуд бўлган, уланувчи линияларни такомиллаштириш ҳисобига яратиш мумкин. Бундай архитектура қуйидаги 8.12-расмда кўрсатилган.



8.12-расм. VDSL технологияси концепцияси.

8.4.7. IDSL технологияси

IDSL, (IDSN-Digital Subscriber Line-) рақамли абонент линия технологияси бўлиб, 144 Мбит/с тезликгача тўла ҳолда маълумотларни дуплекс кўринишда узатишни таъминлайди. IDSL технологиясининг ADSL технологиясидан фарқи маълумотларни узатиш билан чегараланади. Шунга қарамасдан IDSL, HDSN технологияси каби 2B1Q модуляциясини қўллайди, лекин улар орасида бир қатор фарқ бор.

IDSL линияси HDSN дан фарқли провайдернинг коммутицияловчи қурилмаларига ошиқча юк олиб келмайдиган коммутицияловчи линияларга эга. Худди шу вақтда HDSN каби уланиш талаб қилади.

8.5. Абонент тармоқларида қўлланиладиган пассив оптик тармоқлар таҳлили

8.5.1. PON технологияси

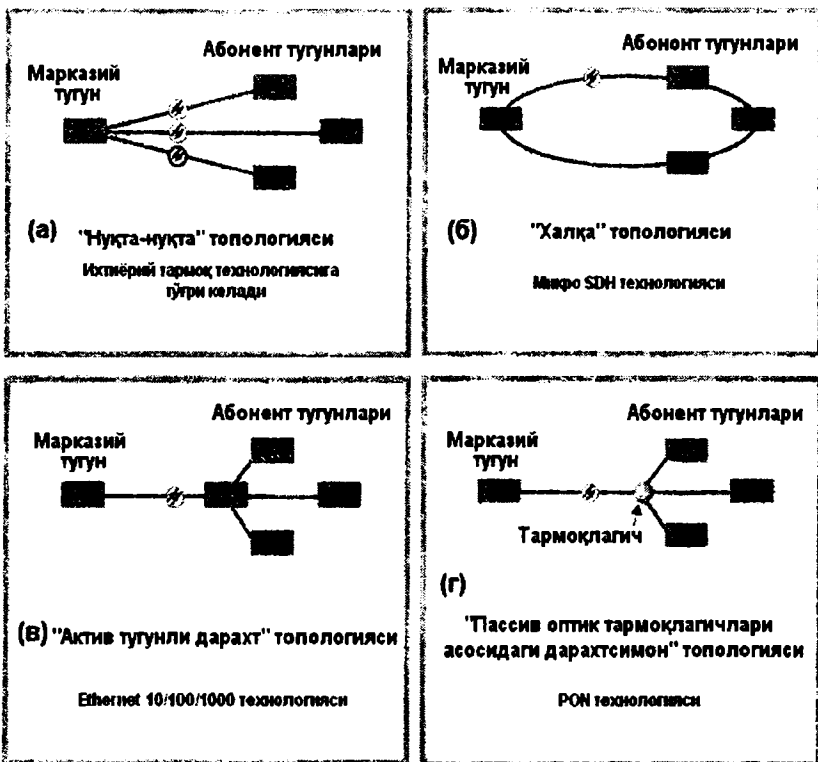
Оптик кабелни ётқизиш – бу жуда кескин ёндошишдир. Аввал у ҳаддан зиёд қиммат ҳисобланади. Бироқ ҳозирги вақтда оптик компонентларнинг нарҳини сезиларли даражада пасайиш туфайли бу ёндошиш муҳим бўлиб қолди. Ҳозирги кунда абонент тармоқларини ташкил қилиш учун оптик кабелни ётқизиш, яъни абонент тармоқларини қуриш ва эскиларини тиклашда анча фойдали ҳисобланмоқда. Шунга қўра оптик толали технологияларни улашнинг кўплаб усуллари мавжуддир. Оптик модемлар оптик Ethernet, Micro SDH технологияси асосидаги бир қатор аъъанавий ечимлар туфайли PON (Passive Optic Network) пассив оптик тармоқлар архитектурасидан фойдаланиш билан янги ечим юзга келди.

Агар охириги йилларда замонавий алоқа тармоқларининг толали оптик кабеллар орқали ташкил қилинаётганини, ўтказувчанлик қобилятининг юқорилигини назарда тутсак, абонент тармоқларида PON технологиясини қўллаш мақсадга мувофиқдир.

PON технологиясининг асосий вазифаси, марказий тугунлар орасидаги магистрални (SDH/ATM) ва абонент тугунларини улаш шунингдек дарахтсимон топологияли тўлиқ пассив оптик тармоқни яратишга асосланган, оралик тугунларда эса таъминот ва хизматни талаб қилмайдиган компакт пассив оптик ажраткич (бирлаштиргичлар ёки сплиттерлар деб ҳам аталади) жойлашган. Бундай технология кўпроқ Пакетли коммутация транспорт технологиясига мос келади. Чунки у маълумотларни юқори тезликда узатиш ҳисобига трафикларни (овоз, маълумот ва видео) бирлаштириш ва лозим бўлган сифатли хизматни таъминлайди ва: Халқаро Телекоммуникация Иттифоқи (ITU-T) томонидан G.983.1 ва G.983.2 тавсиялари номини олган.

Оптик уланувчи тармоқлар қурилишининг тўртта асосий топологиялари мавжуд: «нуқта-нуқта», «халқа», «актив тугунли дарахтсимон», «пассив тугунли дарахтсимон».

«Нуқта-нуқта» топологияси (8.13.а – расм) фойдаланилаётган тармоқ технологиясида чегараланишларга йўл қўймайди. Нуқта-нуқта топологияси ихтиёрый тармоқ стандартида ҳам, ностандарт ечимларда ҳам амалга оширилиши мумкин. Узатилаётган ахборот ҳимояси ва хавфсизлиги нуқтаи назаридан «нуқта-нуқта» уланишида абонент тугунларининг максимал ҳимояланганлиги таъминланади. Модомики оптик кабелни абонентгача алоҳида ётқизиш керак экан, бундай ёндошиш анча қиммат ҳисобланади ва асосан йирик абонентлар учун маъқул ҳисобланади.



8.13-расм. Уланувчи тармоқда мантикий уланишнинг фундаментал топологиялари.

«Халқа» топологияси (8.13.б–расм) телекоммуникациянинг SDH асосидаги магистрал тармоқларида тавсия қилинади. Аммо, уланувчи тармоқларнинг барчасида ҳам яхши натижа беравермайди.

Тугунларда жойлашган шаҳар магистраллини куриш, лойиҳалаштириш босқичида режалаштирилади, уланувчи тармоқда эса қаерда, қачон ва қанча абонент тугунлари ўрнатилишини олдиндан билиб бўлмайди. Фойдаланувчиларни «Халқа» топологиясига тасодифий ва вақт бўйича уланиши, янги абонентларни улаш учун халқани узиш ва қўшимча сегментлар қўйиш йўли билан амалга оширилади. Натижада гоётада кўп синдирилган халқа ҳосил бўлади. Амалиётда бундай халқаларни кўпинча алоҳида кабелга жойлаштирилиши, кўпроқ синдириб сиқилган халқаларга ўхшайдиган халқаларни ҳосил бўлишига олиб келиши, тармоқни ишончилигини сезиларли даражада камайтиради. Шунга асосланиб, халқа топологиясининг асосий афзаллигини минимумга олиб боради.

Актив тугунли дарахт топологияси (8.13. в – расм) –оптик толани қўллаш нуқтаи назаридан тежамли ечимдир. Бу ечим марказий тугундан абонентгача 1000/100/10 Мбит/с тезликдаги (1000 Base-LX, 100 Base-FX, 10 Base-FL) иерархия билан Ethernet стандарти доирасида яхши ҳисобланади. Лекин дарахтнинг ҳар бир тугунида албатта актив қурилма (IP тармоққа кирувчи коммутатор ёки маршрутизатор) бўлиши керак. Оптик уланувчи Ethernet тармоғида берилган топологиядан фойдаланишнинг афзаллиги нисбатан арзонлиги, асосий камчилиги-актив қурилмаларнинг оралик тугунларида алоҳида манба талаб қилиниши ҳисобланади.

PON нинг пассив оптик тармоқлагичлари асосидаги дарахтсимон топологияда (8.13.г – расм), шу технология асосидаги «нуқта – кўп нуқта» мантикий топология қўлланилади. Марказий тугуннинг битта порти, ўнлаб абонентни қамраб олувчи дарахтсимон архитектура асосида бутун бошли толали-оптик сегментни улаши мумкин. Бунда дарахтнинг оралик тугунларида манба ва хизмат талаб қилмайдиган зич, тўлиқ пассив оптик ажраткичлар (сплиттерлар) ўрнатилади.

PON архитектурасининг афзалликлари:

- оралик актив тугунларнинг йўқлиги;
- марказий тугунда оптик узатгич ва қабул қилгичларнинг тежалиши;

- толанинг тежалиши;
- янги абонентларни улашнинг энгиллиги ва хизмат кўрсатишнинг қулайлиги.

Камчилиги: PON технологиясининг мураккаблиги ва оддий дарахт топологиясида заҳиралашнинг йўқлигидир.

PON тармоғининг хусусиятлари:

- бир тола бўйича бир-бирига қарама-қарши икки узунликдаги (1550 нм ва 1310 нм) тўлқинни узатувчи дарахтсимон архитектурадан иборат;

- дарахтнинг оралиқ тугунларида пассив оптик тармоқлагичлар жойлашади;

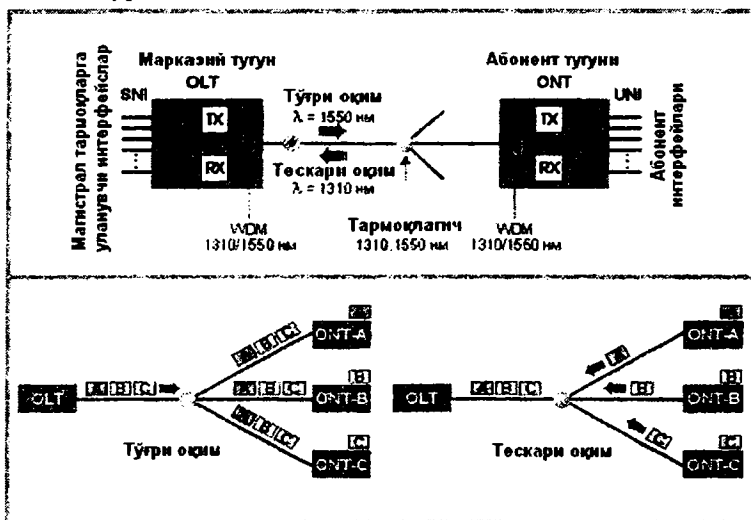
- TDMA улаиш усулидан фойдаланиш абонентлар орасида ўтказиш полосасини мослашувчан тақсимланишига йўл кўяди;

- марказий тугундан келаётган битта толага 32 та абонент тугунларини улаш мумкин;

- PON технологиясида кирувчи трафикни кенг оммага етказиб беришда оқимларни спектрал ажратишдан ва чикувчи каналда эса вақт бўйича мультимплексорлашдан фойдаланилади;

- максимал масофаси 20 км ни ташкил қилади.

Қуйидаги 8.14-расмда PON технологиясининг ишлаш принципи кўрсатилган.



8.14-расм. PON архитектурасининг асосий элементлари ва ишлаш принципи.

PON технологиясидаги асосий терминлар:

Марказий тугун OLT (optical line terminal) –марказий офисда ўрнатиладиган қурилма. Бу қурилма SNI (service node interfaces) орқали магистрал тармоқлардан маълумотларини қабул қилади ва абонент тугунларига қирувчи оқимга шакллантиради.

Абонент тугуни ONT (optical network terminal) бир томондан абонент интерфейсига, бошқа томондан узатишда 1310 нм тўлқин узунлигида, қабул қилишда эса 1550 нм тўлқин узунлигида PON дарахтига уланувчи интерфейсга эга. ONT маълумотларни OLT қабул қилиб, уларни конвертлайди ва UNI (user network interfaces) абонент интерфейслари орқали узатади.

Оптик тармоқлагич – бу оптик нурланиш оқимини бир йўналишда тақсимлайдиган ва тескари йўналишда бир неча оқимларни бирлаштирадиган пассив оптик кўп кутбликдир. Умуман олганда тармоқлагичда М кириш ва N чиқиш портлари бўлиши мумкин. PON тармоғида кўпинча битта кириш портига эга 1xN тармоқлагичлар ишлатилади.

Ўтказувчанлик қобилятига келсак, уни икки варианты мавжуд:

- биринчиси, иккала йўналишда ҳам маълумотларни узатиш тезлиги 155 Мбит/с бўлган симметрик трафикларга мўлжалланган;
- иккинчиси, ассиметрик бўлиб, абонентдан тармоққа маълумотларни узатиш 155 Мбит/с, тармоқдан абонентга эса 622 Мбит/с тезликда амалга ошади.

Бундай технологияларни қўллаганда тармоқлагичлар (ёки сплиттерлар) сони ва канал узунлиги, қўлланиладиган лазерга ва оптик толадаги йўқотишга боғлиқ.

Бундай PON тармоғининг битта сегменти, 20 км гача бўлган радиусда 32 абонентни таъминлаши мумкин. Барча абонент тугунлари терминалдир, яъни бирорта тугун ишдан чиқса ёки ўчирилса бошқасини ишига таъсир қилмайди.

Ҳар бир абонент тугуни, оддий хонадонга ёки бир неча юз абонентларга эга бўлган офис биносидан иборат. Марказий тугун PON нинг 4 тагача сегментини қўллаши мумкин. Ахборотларни узатиш ва қабул қилиш учун бир тола етарлидир.

PON арихтектурасининг асосий гоёси ўзининг марказий тугуни OLT да битта қабул қилиб, узатувчи модулни қўллаш ва бу модул орқали кўпгина абонент қурилмалари ONT га ахборотни узатиш ва улардан қабул қилишдан иборат. OLT нинг битта қабул

қилиб узатувчисига уланган абонент (ONT) лар сони, жуда катта бўлиши мумкин. Бу асосан қувват ва қабул қилиб узатувчи аппаратуранинг тезлиги билан боғлиқ. OLT дан ONT га узатиладиган маълумотлар оқими учун, тармоқдан абонентга яъни тўғри оқимлар учун 1550 нм, турли абонент тугунларидан марказий тугунга маълумотлар оқимини узатиш (тескари оқим) учун 1310 нм тўлқин узунлиги қўлланилади. OLT ва ONT ларда кириш ва чиқиш оқимларини ажратиш учун мультиплексорлар жойлашган.

Энди бу технологияли пассив тармоқлагичлар орқали охириги мижозларга боғланишини қараб чиқамиз.

PON тармоғи прогматик тармоқ моделини таклиф қилган ҳолда ўзининг куч нисбатини ўзгартиради. Битта оптик толани, телефон тугунидан потенциал мижозлар гуруҳига эга бўлган район, корхона ёки шахсий фойдаланувчигача етказилади. Бундай операторлар кабелни ётқизиш учун кетган харажатни қоплашига жуда ишонади. Чунки оператор шаҳарда хизмат қилишга мўлжалланган, лекин қайси корхона унинг хизмати билан қизиқиши номаълум. Телефон тугунларида лозим бўлган оптик чиқишларнинг мавжуд эмаслиги ва ҳар бир мижоз территориясида ажратгич (бирлаштиргич)ларни жойлаштириш назарда тутилса, бундай операторнинг бошлангич харажатлари зудлик билан камаёди. Агар шу территорияда тўсатдан янги буюртмачи пайдо бўлса, қўшимча оптик уловчи линияларни ётқизиш талаб қилинмайди, оператор, PON ни уловчи линияга қисқа линия ётқизади ва тармоқлагич жойлаштиради (агар кенгайтириш имкони бўлса). 10.15-расмдан кўриниб турибдики, пассив қурилмалар ёрдамида мижозларга ахборотлар тарқатилади.

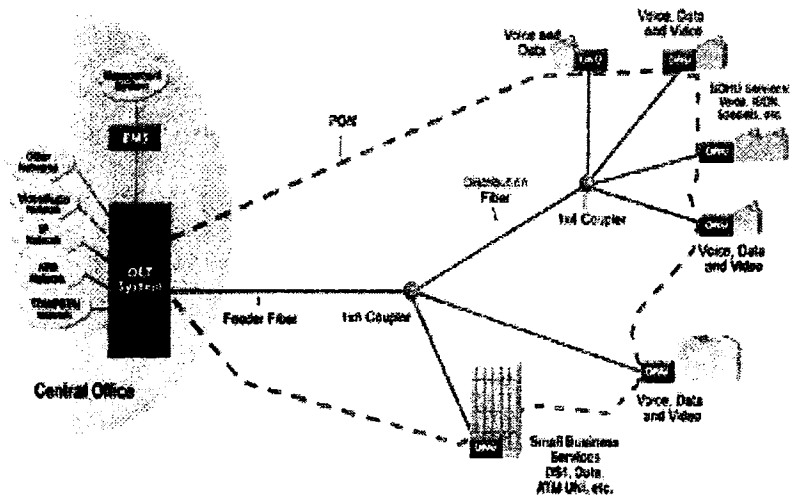
PON технологияси Full Services Access Network (FSAN) стандартига асосланган бўлиб, бу технология куйидаги стандартлар бўйича қурилиши мумкин:

A-PON – ATM протоколини қўллашга асосланган;

E-PON – Ethernet форматида кадрларни оптик тракт орқали узатишга асосланган;

B-PON - Broadband PON – кенг поласали хизматлар билан бирга Ethernet уланишни, аналог ва рақамли видеони трансляция қилишни амалга оширади;

G-PON - Gigabit PON – янги ечим, жуда юқори унумдорликка эга бўлиб, мультисервиси хизматларни амалга оширишга мўлжалланган.



8.15-расм. Пассив тармоқлагичлар орқали охириги мижозларга уланиш

Бундай тармоқлар иктисодий томонидан тежамли ва кенг полосали турли ахборотларни ўтказиш қобилиятига эга.

8.5.2. APON технологияси

1990 йил ўрталарида кўпчилик нуқтан назаридан фақат ATM протоколигина охириги абонент билан алоқа хизматлари сифатига мувофиқ кафолат бериш қобилиятига эга бўлган. Шунинг учун FSAN, PON тармоғи орқали мультисервис хизматларни транспортини таъминлашни, ATM технологиясига асосан танлаган. Натижада 1998 йил октябрь ойида PON дарахтида ATM ячейкалари асосида ахборотларни транспортлаштириш APON (ATM PON) номини олган яъни G.983.1 нинг биринчи тавсияси стандарти пайдо бўлди. Кейинчалик бир қанча янги тузатишлар ва тавсиялар пайдо бўлиб, узатиш тезлиги 622 Мбит/с гача ошди. 2001 йил мартда PON стандартига янги функциялар қўшилиб, G.983.3 тавсияси пайдо бўлди:

- турли хил иловалар (овоз, видео, маълумот) ни узатиш – бу ишлаб чиқарувчиларга, магистрал тармоқларга уланиш учун OLT

ва абонентларга уланиш учун ONT ларга мос интерфейсларни қўшишни йўлга қўйди;

- спектрал диапазоннинг кенгайтирилиши – PON нинг айнан шу дарахти шароитида бошқа тўлқин узунлигида қўшимча хизматлар учун имконият яратди. Масалан, учинчи тўлқин узунлигида кенг оммага эшиттириш берадиган телевидение.

Шундай қилиб APON стандартининг кенгайтирилгандан кейинги номи BPON (broadband PON) деб аталди. APON га ҳозир кунда турли иловалар ва турли ONT лар орасида полосани динамик тақсимланиши киритилмоқда ва ҳам кенг полосали, ҳам тор полосали хизматларни тақдим қилишга мўлжалланган.

Турли ишлаб чиқарувчиларнинг APON қурилмаси қуйидаги магистрал интерфейсларни қўллаёди: SDH (STM-1), ATM (STM-1/4), Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, видео (SDI PAL), E1 (G.703) абонент интерфейслари, Ethernet 10/100 Base-TX, (FXS) телефония.

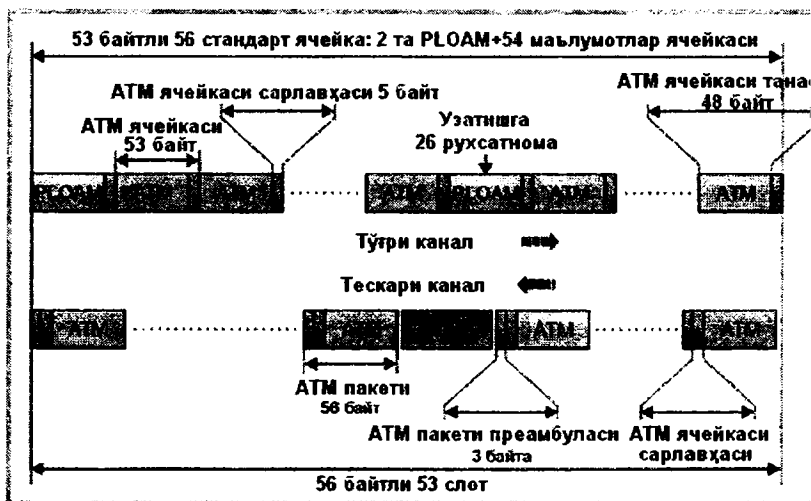
Марказий ва абонент тугунлари билан ўзаро боғланувчи APON MAC протоколи. Абонент тугуни билан марказий тугуннинг ўзаро боғланиши, уланиш ўрнатиш билан бошланади. Шундан сўнг маълумотлар алмашиниши содир бўлади. Буларнинг барчаси APON MAC протокоliga мувофиқ бажарилади. Улашни ўрнатиш жараёнида қуйидагиларни ўз ичига олувчи ранжирлаш процедураси ишга тушади: масофа бўйича ранжирлаш, қувват бўйича ранжирлаш ва синхронизация.

MAC протоколи APON уланиш тизими учун учта масалани ечади:

- тескари оқимдаги узатишларда коллизиянинг йўқотилиши;
- тескари оқимда полосани аниқ, самарали динамик бўлиши;
- илова транспорти учун энг яхши мослаштирилишни сақлаши.

APON MAC протоколи сўров/рухсат механизмига асосланади. Асосий ғояни ONT томонидан талаб қилинган полоса сўровларини жўнатиш ташкил этади. Юкланган тескари оқим ва қайси хизматлар ONT га ёки бошқасига ўрнатилганлиги ҳақида билимларга асосланиб, OLT бу сўровларни қайта ишлаш учун қарор қабул қилади.

Сўров/рухсат механизмини бошқариш учун FSAN APON кадрининг структураси тўғри ва тескари оқим учун аниқлади. Бу формат ITU-T нинг G.983.1 тавсиясига биноан стандартлаштирилди.



8.16-расм. ITU G.983 кадрининг формати (тўғри ва тесқари оқимли кадрнинг) структураси.

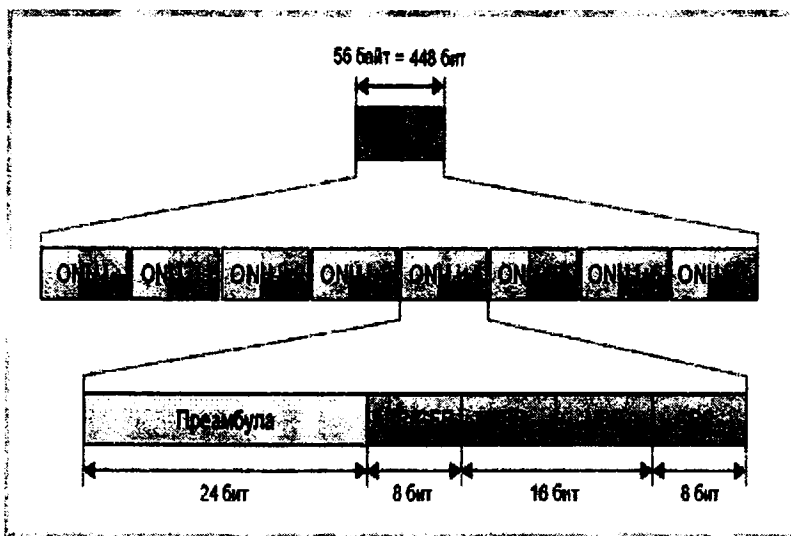
Юқоридаги 8.16-расмда симметрик режимдаги 155/155 Мбит трафик учун АРОН кадрининг формати келтирилган. Тўғри оқи кадрининг 53 байтли 56 та ячейкасида ташкил топган. Тесқари оқим кадрининг 56 байтли 52 та пакетидан ва бит умумий узунлиги 56 байт бўлган МБС слотидан ташкил топган.

Тўғри оқим. Узатишга руҳсат ATM нинг махсус хизмат ячейкалари, яъни PLOAM (physical layer operation and maintenance) нинг физик сатҳида ишловчи ва хизмат кўрсатувчи ячейка деб номланувчи иккитаси битта кадрда жойлашган пачкал билан жўнатилади. Улар 27 та маълумот ячейкасини такрор қилиб тартибда кузатиб боради. PLOAM битта ячейкасида ҳар бит узатишда ATM нинг биргина пакети бўлган ONT учун 26 руҳсатнома жойлашади. Қолган 54 та ячейкалар тўғри оқим кадрининг маълумотлар ташйиди ва сўров/руҳсат механизмига таъсир кўрсатмайди.

Тесқари оқим. Тесқари оқим турли ONT лардан тушувчи биргаликдаги маълумотлар дастасини ифода қилади. Абонент тугун маълумотларини фақатгина PLOAM нинг ячейкасида ўқилган м

рухсатни олгандан кейингина узатиши мумкин. Маълумотлар пачкаси ONT дан APON га ATM пакетларида узатилади. ATM пакетининг ячейкадан ягона фарқи ATM пакетиди 3 байт преамбулалар мавжуд бўлганлигидир. Шундай қилиб ATM пакетининг узунлиги 56 байт. Преамбуланинг тўғри оқим ячейкалари учун юқорида кўрсатилганидек маълумотларни қабул қилиш, синхрон режимда бўлганлиги сабабли керак эмас. Преамбуланинг биринчи иккита бити оптик сигнални ташкил қилмайди, сигналнинг тарқалишида линияда шак-шубҳасиз бўладиган арзимаган кечикишларнинг тебраниши – турли ONT лардан пакетларни тўсишни ўрнатиш учун етарлича ҳисобланади. Агар ATM нинг ҳар бир пакетига зарур бўлган узатиш учун рухсатга эътибор берсак, у ҳолда қайд қилинган PLOAM ячейкасининг йиғинди қийматини рухсат этилган давом этувчи вақти шу вақт ичида барча ONT лардан тарқатилган ATM пакетлари сонига мос келиши керак.

MBS. Тесқари оқимда MBS кўп қаррали сўровлар слоти, хизматчи ҳисобланади. У ONT томонидан узатилаётган сўровлар характери ҳақида OLT га ахборот беради. Бу слот турли ONT ларга мос 8 та майдон остига ёки минислотга эга.



8.17-расм. MBS слотнинг структураси.

Агар PON тизими 32 та абонент тугунига мўлжалланган бўлса, у ҳолда фақатгина циклни ҳосил қилувчи MBS нинг тўртта кетмакет узатилган слотидан кейин узатишда барча 32 та ONT сўровлар ҳақида ўзининг маълумотини узатади. 64 та ONT дан иборат тизимда, цикл саккизта MBS слотидан ташкил топган. Битта кадрни 155 Мбит/с тезликда узатиш 0,15 мс давом этади. 32 та ONT да тўлиқ циклни узатишда 0,6 мс талаб қилинади. Бошқача қилиб айтганда, ONT 0,6 мс давомийлигида минипакетларни, маълумотларни узатишга мўлжалланган хизмат сўровларини жўнатади. ONT, унинг чиқиш буфериди сўровни узатишга навбат шаклланганда жўнатади. ONT фақат PLOAM ячейкасидан рухсат олгандан сўнг узата олганлиги сабабли, шу лаҳзадан максимал вақтни баҳолашда, 0,6 мс цикл вақтига RTT ни иккиланган ўтиш масофасида (20 км радиусдаги тармоқлар учун RTT 0,2 мс ни ташкил қилади) кечикиш вақтини қўшиш керак бўлади ва натижада 0,8 мс ҳосил бўлади. Бу қийматга OLT ва ONT лардаги аппарат кечикиш вақтлари қўшилиши мумкин.

Минислот 4 майдондан ташкил топган: ATM пакетидаги преамбулага ўхшаш преамбулалар (3 байт); полосадаги икки хил сўровга мос келувчи, 8 ва 16 бит узунликдаги ABR/GFR ва VBR ни иккита махсус майдони ва йиғиндини назорат майдони CRC (8 бит) дан иборат.

8.5.3. EPON технологияси

Бундан бир неча йиллар аввал маҳаллий тармоқларда Ethernet технологиясидан фойдаланиш жуда оммабоп ҳисобланган. Аммо абонент тармоқларида бундай технологияни қўллашни асосий камчиликларидан бири бу коллизияни ҳисобга олган ҳолда тасодифий уланишни аниқланмаган механизми CSMA/CD (Carrier sense multiple access with collision detection) нинг мавжудлиги тўфайли, айтиб бўлмайдиган кечикишларга йўл қўйилишидир.

Бироқ ўша вақтлардан буён Ethernet га катта ўзгаришлар киритилди. Биринчидан, 10 Гбит/с гача етувчи тезликнинг бир қанча стандартлари яратилди. Иккинчидан, коллизия ва айтиб бўлмайдиган кечикишларни унутишга йўл қўйувчи Full Duplex Ethernet IEEE 802.3 стандарти яратилди. Учинчидан, мультисервис хизматларини ташкил қилишда янги имкониятларни берувчи қуйидаги стандарт ва протоколлар яратилди:

- IEEE 802.1Q–виртуал тармоқлар (VLAN) ва трафикни приоритетлаштириш;

- DiffServ (Differential Services) –тармоқда трафикни ҳар бири аниқ бир сифатни таъминловчи бир неча йирик синфларга ажратишни таъминловчи OSI ISO моделини учинчи сатҳидаги протоколи;

- MPLS (Multi Protocol Label Switching) –сонлардан фойдаланишга асосланган кўп протоколли тармоқларда пакетларни тезда коммутациялаш учун учинчи сатҳ протоколлари гуруҳи.

Ҳозирги кунда Ethernet асосидаги ечим ҳаммадан кўра универсал бўлиб, кундалик ҳаётимизга мустаҳкам кириб бормоқда. Ethernet тармоқлари энг кўп тарқалишга эга бўлди. Турли баҳолашлар туфайли, жами қиймати 320 миллиондан ортиқ портлар билан жаҳондаги ишлатилаётган барча маҳаллий тармоқларнинг 95% дан ортиғи Ethernet стандартидан фойдаланмоқда. Ethernet технологияси тезлик нуқтаи назаридан ҳам, шиддатли ривожланиш ва янги интерфейсларни стандартлаштириш нуқтаи назаридан ҳам самаралироқ бўлиб қолди. Айни вақтда Gigabit Ethernet кенг тарқалмоқда, ҳамда 10 Gigabit Ethernet асосидаги ҳаммабоп стандарт ечимга айланмоқда. Ниҳоят, хизмат кўрсатиш ва Ethernet тармоғини бошқаришни оддийлиги, ҳамда нархларини пастлиги туфайли шуҳратга эришди.

Ethernet жуда кўп янги стандартлар ва протоколлар билан қурулланишга киришганда, асосли савол туғилди, нима учун маҳаллий ва шаҳарлараро тармоқлар орасидаги боғланиш учун Ethernet ни айнан шу стандарти асосидаги PON уланиш тармоғидан фойдаланиш мумкин эмас? Бу масалани ечиш учун 2000 йил EFM (Ethernet in the first mile – Ethernet биринчи милда) ҳамда IEEE 803.3ah кодини олган махсус комиссия тузилди.

EPON учун оптик интерфейслар аъъанавий оптик тармоқларда фойдаланувчи интерфейсларга айнан ўхшаш. Gigabit Ethernet стандарти каби, EPON линияларида 1250 Мбит/с номинал тезликка ва 8B/10B кодлаштириш схемасига эга. EPONнинг тўғри оқимида 1490 нм ва тескари оқимида 1310 нм тўлқин узунлиқдаги мультиплексорлашдан фойдаланувчи бир толали тармоқ сифатида тавсифланади. 1550 нм тўлқин узунлиги бошқа хизматларни қўшиш (кабелли телевидение ёки шахсий каналлар) учун захираланган. EPON нинг PMD (physical medium dependent) физик сатҳи икки синфдаги интерфейсни кўриб чиқади: 1-синф кичик

масофалар учун (1:16 бўлиш коэффицентида 10 км гача) ва 2-синф катта масофалар учун (1:16 бўлиш коэффицентида 20 км гача). Бу масофа ва бўлиш коэффиценти катта диапазонли PON тармоғини нархи бўйича оптимал қуришга имкон беради.

Ишлаш принципи. EPON архитектурасининг асосий хусусияти, PON дарахтининг ичида Ethernet кадрларини тарқалишидир. Шундай қилиб, APON архитектураси каби EPON тармоғи орқали Ethernet кадрлари ўтганда, уларни фрагментацияси бўлмайди. Фрагментациянинг йўқлиги қутилаётган EPON стандартини Ethernet IEEE 802.3. стандарти билан максимал даражада мослаштиради.

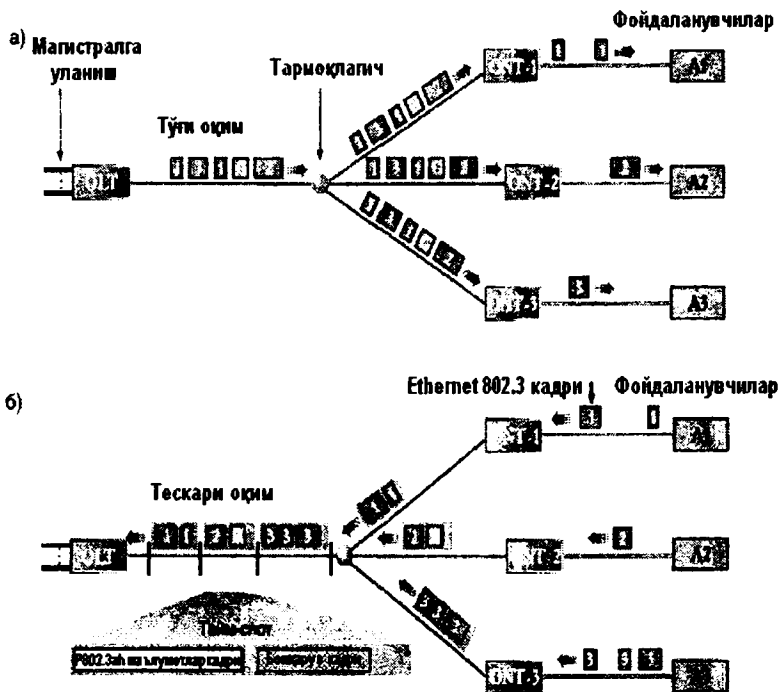
EPON тармоғи архитектураси APON тармоғи архитектураси билан мос тушади. EPON тармоғи марказий тугун OLT (optical line terminal), абонент тугуни ONT ва пассив оптик тармоқлагичдан ташкил топган (8.18-расм).

Тўғри оқим. Тўғри (пасаювчи) оқим OLT дан узатилаётган сўнгра тармоқлагич орқали ўтиб, ONT тугунларида қабул қилинувчи Ethernet 802.3. кадрларини шакллантиради (8.18.а-расм).

Бу стандартда тўғри оқимни узатиш учун 1550 нм ва 1490 нм тўлқин узунликларидан фойдаланилади. 1550 нм тўлқин узунлигида, стандарт кенг полосали кабел телевидениени амалга ошириш мумкинлиги туфайли, 1490 нм тўлқин узунлигини тўғри оқимни узатишга берилиши афзалроқ бўлиши мумкин. Тўғри оқимда маълумотларни узатиш умумий шинага эга Ethernet тармоғида маълумотларни узатишга ўхшаш бўлиб, бир станциядан узатилган кадрни бошқа барча станциялар қабул қилади ва белгиланган MAC адрес керагини танлаб олади.

Тескари оқим. Тескари (чиқувчи) оқим 1310 нм тўлқин узунлигида турли ONT лардан узатилаётган маълумотлар оқимини шакллантиради (8.18.б-расм). Тармоқлагичлардан оптик сигналларни ўтказишнинг ўзига хос хусусияти шундаки, ONT тугунларидан жўнатилаётган маълумотларни фақат OLT тугуни қабул қилади. Шундай қилиб, EPON тармоғи тескари йўналишда «нуқта-нуқта» уланишига мос тушади. Лекин ҳақиқий «нуқта-нуқта» архитектурасидан фарқи, EPON тармоғи турли ONT оқимлари коллизияси бўлмаслиги учун уларни кузатувчи махсус бошқариш усулига муҳтож ҳисобланади. Шунинг учун EPON бошқа ҳар қандай PON архитектураси билан бир хил, яъни марказий тугун OLT тескари оқимнинг тўлиқ полосасини ONT лар

орасида бўлиши ва турли ONT ларга қайси вақтда қайси бири узатишини кўрсатувчи диспетчер функциясини бажариши керак.



8.18-расм. EPON тармоғи архитектураси.

EPON да (ONT лар орасида тескари оқим полосасини тақсимлаш учун) CSMA/CD механизмига асосланган тескари оқимни бошқариш усулини амалга оширишга уриниш унча самарали эмас.

Биринчидан, коллизия доменнинг ўлчамини Gigabit Ethernet стандартидаги узатиш тезлиги бўйича солиштирсак юзлаб метрни ташкил этади, бу 20 км радиусдаги EPON тармоғи учун тўғри келмайди.

Иккинчидан, CSMA/CD механизмига асосланган канални бошқариш TDM трафики (овоз, видео)га хизмат кўрсатишга ва аниқ кечикиш вақтига, бошқача сўз билан айтганда талаб этилган сифатни таъминлашга кафолат бера олмайди.

Тескари оқимда кадрларни аниқ етказиб беришни таъминлаш учун коллизияга рухсат берувчи механизмга асосланган схемадан фойдаланиш керак эмас. Маълумотлар узатилаётганда яъни нормал иш режимида коллизия, тўлиқ четга чиқиш кузатилади. Бунга МРСР протоколини ечим сифатида олиш мумкин. Шуни айтиш керакки, протоколни ишлаши учун OLT ва ONT лар алмашинадиган ва EPON тармоғи чегараларидан чиқиб кетмайдиган кўшимча хизмат кадрлари талаб қилинади.

Барча ONT лар хизмат кадрларини узатиш орқали марказий тугун OLT нинг ягона вақт шкаласи бўйича синхронизацияланади. Абонент тугунларидан маълумотларни жўнатиш рухсат этилган вақт интерваллари (тайм-слотлар) да амалга оширилади. Тайм-слотларда, Ethernet кадрларини бири ёки бир нечтаси жойлашиши мумкин бўлган узунликни OLT да жадвал, режалаштирувчи томонидан аниқланади. Тайм-слотни жўнатишга рухсат олинмагунича, ONT абонентларининг ишчи станциясидан олинган кадрларни буферлайди.

Кадрлар формати. Маълум фикрларга кўра, дуплекс (full duplex) Ethernet IEEE 802.3X стандартидан бошлаб фақат ички коллизионли домен йўл кўйиши мумкин бўлган диаметрга коллизияга рухсат берувчи механизмни тўғри қайта ишлаши учун талаб қилинганда, 64 байтли минимал кадр узунлигини чеклашни шаклланиши ўз аҳамиятини йўқотади. Fast Ethernet (100 BASE-FX/TX) стандартидан бошлаб, физик сатҳда (10Мбит/с Ethernet дан фарқли равишда) сигнални қабул қилиш синхрон бўлиб, кадрлар орасидаги интервал (12 байт) ва кадрни жуда катта преамбуласи (8 байт) ўз аҳамиятини йўқотади.

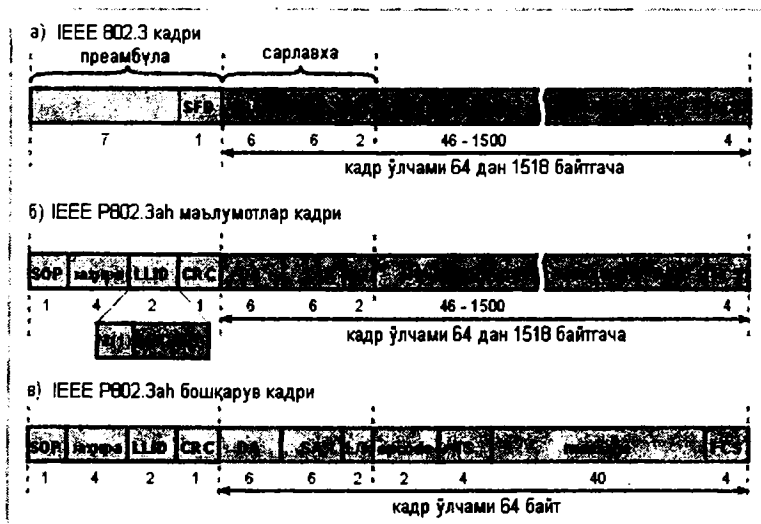
EPON технологияси бўшатишган ресурслардан фойдаланилади. Биз айтганимиздек, Ethernet кадрларининг EPON тармоғи орқали ўтишида уларни қисмларга ажралиши содир бўлмайди. Лекин бу ҳеч қандай ўзгариш рўй бермаганлигини аңғлатмайди. 8.19-расмда EPON ва Ethernet кадрларининг формати кўрсатилган. Бу ерда:

- SOP (start of packet) – 1 байт майдон, кадр бошини кўрсатади;
- 4 байт заҳира майдон;
- LLID (logical link identifier) – 2 байт майдон, EPON тугунининг яқка тартибдаги идентификаторини кўрсатади.

ONT абонент тугуни нечта идентификаторга эга бўлиши мумкин, бир ёки бир нечтами деган савол очик қолмоқда. EPON тармогида «нукта-нукта» ва «нукта-кўп нукта» уланиш эмуляцияси учун LLID талаб этилади. Майдоннинг биринчи бити кадрни эшиттириш режими («unicast» ёки «multicast»)ни кўрсатади. Қолган 15 бит EPON тугунининг шахсий якка тартибдаги адресини ташкил этади;

- CRC (circle redundancy check) – 1 байт майдон, преамбула бўйича назорат йиғиндисидир.

Юқоридагиларга асосланиб айтиш мумкинки, EPON тармоғи орқали ўтаётган кадрга EPON тег қўшиб қўйилади. EPON тармоғидаги кадр чиқишида кадр преамбуласи тесқари стандарт кўринишга айланади – тег йўқотилади. OLT ҳар бир чиқувчи PON дарахтини 802.3 кадрини преамбуласини модификация қилади, хусусан преамбулага махсус LLID тег қўйилади. Бу тег преамбулаларни тиклаш содир бўладиган ONT ни мос ҳолдаги сатҳ остидан чиқариб олади. ONT тугунининг нормал иш режимида, яъни рўйхатга олиб бўлинганда, фақатгина шахсий LLID га мос келувчи LLID идентификатори преамбуласидаги кадрлар қайта ишланади.



8.19-расм. EPON ва Ethernet кадрларини формати.

EPON кадрини қолган майдонлари стандарт Ethernet кадр майдонига мос келади:

- DA (destination address) – 6 байт майдон, белгиланган станция MAC манзиллини кўрсатади. Бу ягона физик манзил (unicast) бўлиши мумкин, гуруҳ манзили (multicast) ёки кенди тарқатилган манзил (broadcast);

- SA (source address) – 6 байт майдон, жўнатувчи станция MAC манзиллини кўрсатади;

- L/T (length/type) – 2 байт майдон, кадр узунлиги ёки тури ҳақидаги ахборотни ташкил этади;

- ўзгарувчан узунликдаги маълумотлар майдони;

- Pad (тўлдиригич) – кадрни минимал ўлчамгача тўлдириш учун фойдаланилувчи майдон;

- FCS (frame check sequence) – 4 байт майдон, циклик ортиқчи коддан фойдаланиб ҳисобланган назорат йигиндисини кўрсатувчи кадрни назорат кетма-кетлигидир.

EPON тармоғи ичида маълумотлар кадрлари каториде шунингдек хизмат кадрлари (хабар) ҳам узатилади (10.19.в-расм) Уларнинг барчаси 64 байт қайд қилинган узунликка эга. EPON ни бошқарув кадр ва маълумотлар кадрининг манзил майдони ва преамбуласи ўхшашдир. Бошқарув кадрини бошқа майдонлари куйидаги маълумотларни ўз ичига олади:

- L/T – 2 байт майдон, бошқарувчи кадр учун майдон 0x8809 қийматини ташкил этади. Айнан шу майдон бўйича EPON тугуни бошқарув кадри маълумот кадридан фарқланади;

- Opcode (optional code) – 2 байт майдон, бошқарув кадрини турини аниқлайди. Бошқарув кадрини шу майдон қиймати билан фарқланувчи иккита категорияси мавжуд: OLT дан чикувчи GATE хабари ва ONT дан чикувчи REPORT хабари;

- Message – 40 байт майдон, аслида бу майдон MPCP протоколи ишлаши учун зарур хизмат ахборотини ташкил этади.

MPCP протоколи. Марказий тугун билан абонент тугуни ўзаро боғланишини амалга ошириш учун IEEE 802.3ah комитети MPCP (multi-point control protocol) кўплаб тугунларни бошқарувчи протокол ишлаб чиқди. Протокол икки турдаги бошқарув кадрлари (хабарлари)га асосланади: GATE ва REPORT. GATE хабари OLT дан барча ONT ларга боради. Уларни эшиттириш режими, қабул қилувчи идентификаторлари, вақт сонлари ва бошқалар ҳақидаги ахборотни ташкил этади. ONT тугуни жавобан OLT тугунига ўз

ҳолати ҳақидаги ахборотни узатади, яъни REPORT хабарини жўнатади. REPORT хабари OLT га тескари оқимда полосани тўғри тақсимлашда ёрдам беради.

MPCP протоколи икки хил иш режимига эга: инициализация (авто рўйхатга олиш) режими ва нормал иш режими. Мос ҳолда абонент тугунлари ҳам икки хил ҳолатда бўлиши мумкин. Инициализация режими OLT янги ONT тугунини аниқлаши ва рўйхатга олиши учун зарур. Бунда рўйхатга олинаётган ONT га LLID идентификатори белгиланади, шу ONT гача RTT (round trip time) иккиланган бориб келиш вақтини вақт бўйича кечикиши ҳисобланади ва бошқа параметрлари аниқланади. Нормал иш режими бевосита маълумотлар узатиш учун хизмат қилади.

8.5.4. GPON технологияси

Такомиллашиш жараёни ҳар қандай технологияни яратилиш пайтидан бошлаб бирга содир бўлади. Пассив оптик тармоқлар учун у бир қанча вариантларни яратилишини кўрсатади, улардан бири «гигабитли» номини олган GPON технологиясининг афзалликлари нимадан иборат ва у замонавий уланиш тармоғини амалга оширишга қай даражада мос келади.

Алоқа операторлари, коммунал ва қурилиш компанияларининг барчаси «triple play» терминидан фойдаланиб, алоқа хизматлари интеграциясини амалга оширишни мўлжаллашмоқда. У уч хил хизматни кўрсатади, яъни бир вақтнинг ўзида абонентга овоз, видео ва маълумотларни етказиб беради. GPON (Gigabit PON) уланиш тармоғи архитектурасини APON технологиясининг узвий давоми сифатида қараш мумкин. Бунда PON тармоғининг ўтказиш полосасини ҳам, иловаларни узатиш унумдорлигини ҳам ўсиши амалга ошади. GPON ХТИ-Т Rec. G.984.3 тавсияси 2003 йил октябрида қабул қилинган.

GPON 622 Мбит/с дан 2,5 Гбит/с гача узатиш тезлигида кадрларни масштаблашган структурасини намоён этиди, кирувчи ва чиқувчи оқимлар учун PON дарахтида симметрик каби ассиметрик битли тезликларни қўллаб, шунингдек синхрон транспорт иловаларида турли хизматларни (жумладан TDM ни ҳам) инкапсуляциясини таъминлаган ҳолда ХТИ-Т G.704.1 GFP (generic framing protocol, кадрларнинг умумий иловаси) тавсияси базасига таянади. Тадқиқотлар шуни кўрсатдики, хатто энг ёмон ҳолатда

ҳам трафикларнинг тарқалиши ва оқимларнинг тебраниш полосаси APON га нисбатан 71 % ни ташкил этади.

Агар SDH да фақат полосани статик бўлиниши амалга оширилса, GFP (generic framing protocol) иловаси SDH кадринини структурасини сақлаган ҳолда, полосани динамик тақсимлашга имкон беради.

GPON, тўғри оқими (уланиш тугунидан абонентга) нини 1,244 Гбит/с ва 2,488 Гбит/с, тесқари оқимининг эса 155 Мбит/с 622 Мбит/с ва 1,244 Гбит/с ўтқизиш қобилиятини ташкил этади.

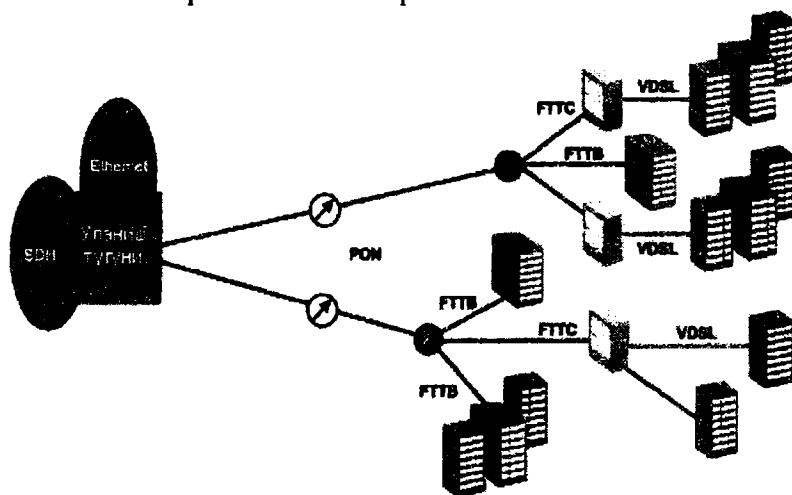
Архитектурада BPON тизимининг асосий тузилиш схемаси ва айнан толали оптик тармоқларни амалга оширишда WDM/TDMA бирикмаси сақланиб қолади. Бу дисперсион камчиликларга қарамасдан, гигабит узатиш тезлигида анчагина арзон Фабри-Перс лазерларини қўллаш имконини беради.

GPON да маълумотларнинг асосий форматларини ва тармоқда фойдаланувчи интерфейсларнинг катта қийматини қўллашни таъминлайди. телефон тармоқларидан умумий фойдаланувчларнинг овозли хизматларини, T1/E1 ва DS3 стандартларидан фойдаланувчи ажратилган TDM линия хизматларини, шу жумладан 10 Мбит/с, 100 Мбит/с ва 1000 Мбит/с тезликларда Ethernet кадрларини узатишни амалга оширади. Бундан ташқари, GPON тармоғи бўйича VoIP хизматини тақдим этишда, рақамли видеони ва маълумотларни узатишда хизматлар синфини ажратиш ва трафикни бошқаришни талаб этади.

G.984.1 га шунингдек баъзи янги фойдали афзалликлар киритилган. Булар: уланишни ҳимоялаш, хизматларни киритиш ва маълумотлар ҳавфсизлигидир. Уланишни ҳимоялаш BPON билан мос усулда амалга оширилади, лекин стандартга бир нечта заҳираланган конфигурацияларни қўшимча турлари қўшилган: тўлиқ заҳираланган 1+1 (С синфли ҳимоя) ҳимояланиш, шунингдек қисман заҳираланган 1:1 (В синфли ҳимоя) ҳимояланиш. Хизматларни киритиш, G.983.3 каби рақамли GPON тизими фойдаланмаган, кенгайтирилган ўтқизиш полосасини қолдиришни талаб қилади. Маълумотлар ҳавфсизлиги талабига мувофиқ, чикувчи оқимдаги ахборот ҳимояланган бўлиши лозим ва ONT идентификациясини ўтқизиш мумкин бўлган воситалар мавжуд бўлиши лозим.

GPON нинг афзалликлари:

- GPON га уланувчи ҳар қандай мижоз учун «гигабит режимида инкапсуляциялаш» ни қўллаш;
- маълумотларни симметрик каби ассиметрик узатиш тезлигида ҳам қўллаб қувватлаш (кириш ва чиқиш оқимларида);
- бир тўлқин узунлигида 256 гача мантикий ONT ларни қўллаб қувватлаш;
- кириш ва чиқиш оқимларида кўрсаткичлар ёрдамида ўтказиш полосасининг тарқалиш механизми;
- ONTдаги ҳимояланган битларнинг конфигурацияланган сони;
- ONT ни автоматик ва даврий аниқлаш усули;
- ҳар бир ONT ни ҳимоялаш- AES алгоритми ёрдамида уланиш;
- (ONT) абонент тугунларидан (OLT) марказга турли ҳолатлар ва ҳисоботлар сони;
- OAM ажратилган каналлар.



8.20-расм. Гибрид мис-оптик архитектурали тармоқларда кенг полосали уланувчи технологияларни қўллаш.

Физик сатҳ. G.984.2 – бу GPON тармоғининг физик сатҳи спецификацияси бўлиб, узатиш муҳитига боғлиқ (Physical Media Dependent, PMD). У GPON га мос келувчи оптик компонентларни

тўлиқ тавсифлайди. Тавсиянома BPON билан ишлашд ўзлаштирилган кўллаб билимларни ҳисобга олган ҳолда тузилган ва шу билан биргаликда ошиб борувчи узатиш тезлигига эътибор берган ҳолда оптик параметрларни тўлиқ аниқланишини беради.

GPON да PMD учун SDH/SONET каби айни шу усуллар в келишувлардан фойдаланилади. «Узаткични чиқиш қуввати» «Қабул қилгични сезгирлиги» ва «линиядаги оптик бюджет» каб терминларни аниқлаш ушбу тарзда тузилган, тармоқ қурилмасин ва оптик тақсимланиш тармоғини функционал мослашувчанлигин таъминлаш учун ўша вақтда уларни аниқ чегарасини белгилайди.

GPON PMD тавсифномасида асос сифатида SDH базас олинган ва SDH ни одатдаги қувват сатҳлари ва тактл частоталаридан фойдаланилади. G.983.3 каби тавсия тўлиқ узунлигини тўса олиши мумкин бўлган частоталарни тақсимлашд қўлланилади. Унинг самарали ва яхши ишлатилган схемас: туфайли танланган кодлаштириш формати сифатида шифрланган NRZ коди ишлатилади. PMD – тавсияси шунингдек, тўғридан тўғри хатоларни тузатиш механизми (Forward Error Correction FEC)ни ўз ичига олади. GPON PMD га яна бир киритилган янгили: – бу ONT ни оптик узаткичини бошқара олишдир. У PON нинг I ёки C синфини танлаш ҳолатида OLT марказий тугунида лавин фотодиодларидан фойдаланиш заруратини чиқаради (PON нинг I ёки C синфи учун қувват бюджетини мос равишда 25 ва 30 дБ ташкил этади).

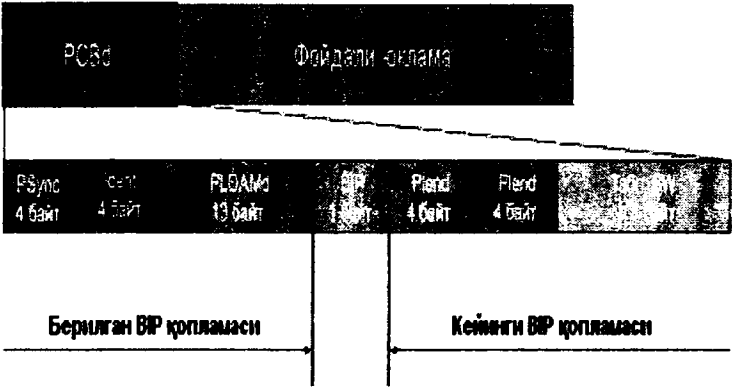
Кадрлар структураси.

Олдин айтганимиздек, уланиш тугунидан абонентгача бўлган оқимда кадр узунлиги 125 мкс ни ташкил этади. Бундай қийма тармоқнинг тескари оқимдаги ўтказувчанлик қобилиятига боғлиқ эмас (1,244 Гбит/с ёки 2,488 Гбит/с). Шундай қилиб, 1,244 Гбит/с тезликдаги кадр 19440 байтдан иборат бўлса, 2,488 Гбит/с тезликдаги кадр эса 38880 байтдан иборат. PCBd майдонинин узунлиги икка тезлик учун бир хил ва битта кадрдаги тақсимлаш блоклари (худди ўша Allocation-ID идентификаторига эга) сонига боғлиқ.

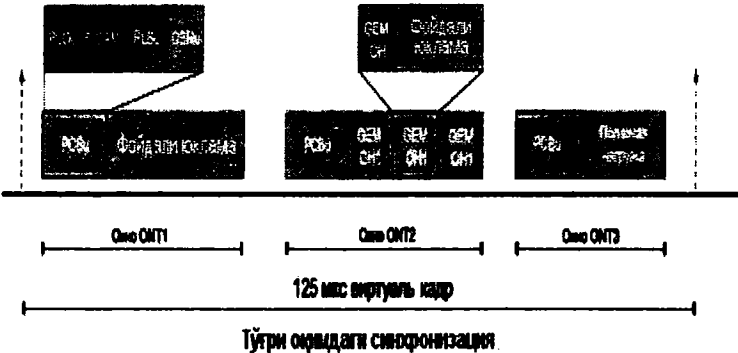
Тўғри оқимдаги кадрлар барча тезликдаги узатишлар учун бир хил структурага эга. Улар бир ёки бир неча ONT дан узатиладиган маълумотлар тўпламига эга (8.21-расм).

Ўтказиш полосаси жадвали ушбу маълумотлар тўпламинин тақсимлашни аниқлайди. OLT да амалга оширилувчи назоратга мос

ҳолатда ўтказиш полдосаси жадвалида индикаторлар майдони OLT нинг ҳар бир йўналишида тақсимланиш даври уч хилгача PON сарлавҳаси ва фойдаланувчи маълумотлари жўнатилиши мумкин. Бу тесқари оқимда физик сатҳ сарлавҳаси (PLOu), тесқари оқимда OAM (PLOAMu), PLOAM хабарини ўз ичига олувчи 13 байтли майдон, шунингдек DBA учун марказий OLT тугунида фойдаланувчи тесқари оқимдаги ўтказиш полдосасини динамиқаси ҳақида ҳисобот (DBRu) бўлиши мумкин.



8.21-расм. GPON ни тўғри оқимидаги кадр структураси.



8.22-расм. GPON ни тесқари оқимидаги кадр структураси.

Узатишни бошқариш структураси. G 984.3 тавсияномас GPON да узатишни бошқариш (TC – Transmission Convergence) сатҳини таснифлайди. Бу ҳужжат PON да маълумотларни узатишни бошқариш ва кадрлар учун махсус мувофиқлаштириш тизимини тавсифлайди. Охириги муҳим афзалликларидан бири – жуда юқор самарадорлиги (90% дан ортиқ) ва АТМ ячейкаларини ҳам, GF инкапсуляцияси шаклидаги маълумотлар кадрини ҳам узата олиши қобилиятидир. Ҳужжат шунингдек ўтказиш полосасини динамик тақсимлаш ва бошқа бир қанча функциялар тавсифини ўз ичига олади.

Тескари оқимда кадрлар доимий 125 мкс давомийликка эга. Улар энгил синхронизацияланади. Бунда 8 кГц такт сигнали ураниш таъминланади. Бундай хусусиятлар маълум бўлишича TD1 хизматларини тақдим этишда айниқса фойдалидир (8.22-расм).

Тескари оқимдаги кадр учта қисмдан ташкил топади: физик назорат блоқи (Physical Control Block, PCB), АТМ-участка ва гигабит инкапсуляция режими участкаси (Gigabit Encapsulating Mode, GEM). PCB ОАМ хабарлар жўнатмасини, қуйи сатҳ сигналларини узатишни ва ўтказиш полосасининг жадвалини кўшиб ҳисоблаганда пассив оптик тармоқни бошқариш ва назорат қилиш учун зарур физик сатҳ сарлавҳасини барча ахборотларни ўз ичига олади. АТМ участкаси кадрнинг динамик тақсимланган қисмини ўзида тақдим этади. У АТМ ячейкаларини қайси ОНТ га қайси ячейка мўлжалланганлигини АТМ виртуал линиясининг индикатори ёрдамида аниқлаб ОНТ га ташийтиди. GEM участкаси абонент тугунларига қайси ОНТ га қайси фрагмент мўлжалланганлигини аниқлаш учун Port-ID идентификаторидан фойдаланиб GEM фрагментларини етказиб бериш учун қўлланилади.

Барча жараёнда анализ ва қайта ишлаш учун зарур бўлган бундай кадр тизимлари жуда оддийдир. У мантиқий элементлар сонини камайтиришга ёрдам беради ва тизим компонентларини ўзаро таъсирини анча самарали таъминлайди.

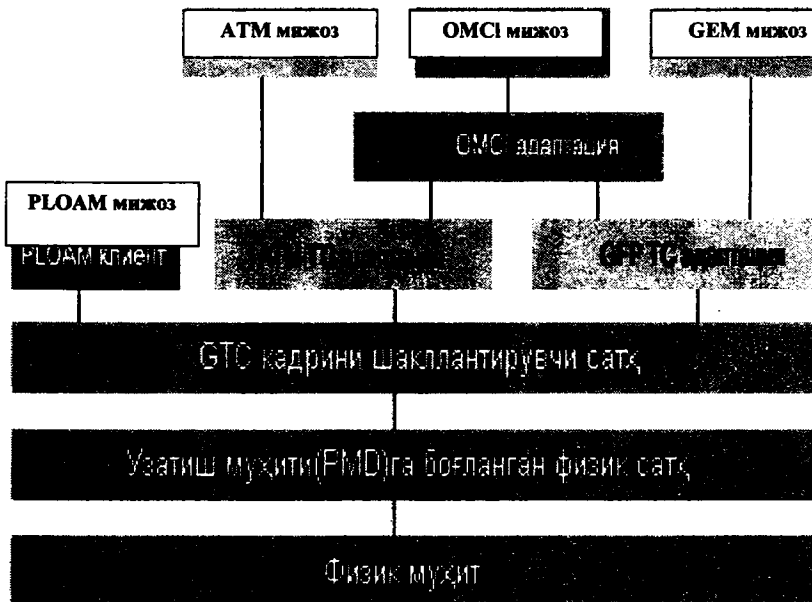
Тўғри оқимдаги кадр ўтказиш полосаси жадвали ёрдамида марказий тугун орқали динамик бошқарилади. Ўтказиш полосаси жадвали – бу ҳар бири ОНТ абонент тугунини аниқ би идентификатори Allocation-ID га тегишли бошланиш ва тугун вақти рўйхатидир. Ҳар бир ОНТ хизмат профилига боғлиқ ҳолда бир қанча ёки фақат битта Allocation-ID ни ўз ичига олиши мумкин. Ўтказиш полосаси жадвали билан мослаштирилгандан сўнг ОНТ

ўғри оқимда фақат кўрсатилган ойнада OLT га ахборот узатишни бошлайди; ONT кадрини қолган қисми узатишни тўхтатади. Агар ONT иккита кетма-кет вақт ойнасида узатишни амалга ошириши мумкин, у ўтказиш полосасини тежаш учун фақат бир маротаба тўғри оқимда физик сатҳ сарлавҳасини жўнатади.

Натижавий «чайқалган» оқим марказий тугунда сакланиб қолган ўтказиш полосаси жадвали, абонент тугунлари идентификатори ва тўғридан-тўғри узатилаётган маълумотлар ўшилган оқим ёрдамида осон интерпретацияланади. GPON протоколи ATM трафиги каби GEM маълумотларини ҳам узата олиш қобилиятига эга. Бундай стандарт яна шуни аниқладики, турли вариантлардан фақатгина ихтиёрий бирини эмас, балки иккала вариантни биргаликда қўллаб қувватлаши мумкин.

GPON (GTC) узатишни бошқариш сатҳи иккита сатҳ остидан ташкил топган. Бу кадрларни шакллантирувчи ва адаптация сатҳларидир (8.23-расм). GTC шунингдек абонент трафигини узатувчи фойдаланувчилар текислигини ва абонент трафиклари оқимини ўтишини таъминловчи назорат/бошқарув текислигини ҳамда OAM ни ҳавфсизлиги ва функцияларини ўз ичига олади. ЎТC кадрларини шакллантириш сатҳи ATM участка, GEM участка, OAM дан фойдаланиш, администрацияси ва бошқарув функционалиги қўшилган участка ва PLOAM нинг физик сатҳи OAM дан ташкил топган. ATM ва GEM участкасида оддий протокол маълумотлари блоклари (PDU)дан ўзгартириб ишчи маълумотлар блоқи (SDU) қурилади ва аксинча. GTC кадрларини шакллантириш сатҳи барча узатилувчи маълумотлар учун тўлиқ шакллантирилган. OLT тизимини марказий тугунида бу сатҳ барча ONT кадрдаги мос келувчи GTC сатҳлари каби қондаларга эга. GPON да тўғри трафик муҳити учун назорат уланиши таъминланади. Тескари оқим кадрларини асосий концепциялари тескари оқим кадрлари билан синхронизациялаштирилган тўғри оқимдаги кадрда тўғри трафик учун руҳсат этилган ҳолатларни кўрсатади.

OLT кўрсаткичларни PCBd га жўнатади ва бу кўрсаткичлар ар бир ONT тўғри оқимда узатишни бошлаши ва тугатиши мумкин бўлган вақтни кўрсатади. Шундай қилиб фақат битта ONT ихтиёрий вақтда муҳитга уланиши мумкин ва нормал ишлашда оқликлар содир бўлмайди.



8.23-расм. GPON сатқларини структураси.

Блокларда кўрсаткичлар секундига 64 кбайт га тенг самарали статик ўтказиш полосасида OLT га муҳитни бошқаришга имко берувчи байт тарзида узатилади.

8.6. Абонент тармоқларида қўлланиладиган пассив оптик тармоқларнинг солиштирма таҳлили

Юқориги бобларда кўриб чиқилган PON технологиясини уч турли стандартларда ишловчи APON, EPON, GPON технологияларини бир-бирдан қандай камчиликлари ва афзалликлар борлигини солиштирма таҳлилин куйидаги жадвал келтирамиз.

APON, EPON, GPON технологияларини солиштирма таҳлили

Тавсифлари	APON (BPON)	EPON	GPON
Стандартлаштириш институтлари/бирлашмалари	ITU-T SG15/FSAN	IEEE/EFMA	ITU-T SG1/FSAN
Стандарт қабул қилинган сана	1998 октябрь	2004 июль	2003 октябрь
Тавсия	ITU-T G.981.x	IEEE 802.3ah	ITU-T G.984.x
Узатиш тезлиги, тўғри/тесқари оқим, Мбит/с	155/155,622/155 622/622	1000/1000	1244/155,622,1244 2488/622,1244,2488
Асосий протокол	ATM	Ethernet	SDH
Линия коди	NRZ	8B/10B	NRZ
Тармоқнинг максимал радиуси, км	20	20 (>30 ¹)	20
Битта толадаги абонент туғунларининг максимал сони	32	16	64 (128 ²)
Иловалар	ихтиёрий	IP, маълумотлар	ихтиёрий
Хатолар коррекцияси FEC	Назарга олиб қўйилган	йўқ	зарур
Тўғри/тесқари оқимнинг тўлқин узунлиги, нм	1550/1310 (1480/1310)	1550/1310 (1310/1310 ³)	1550/1310 (1480/1310)
Полосанинг динамик тақсимланиши	бор	қўллаб қувватлайди ⁴	бор
IP-фрагментация	бор	йўқ	бор
Маълумотлар химояси	Очик калит билан шифрлаш	йўқ	Очик калит билан шифрлаш
Захиралаш	бор	йўқ	бор
Овоз иловаларини ва QoS ни қўллаб қувватлаш баҳоси	юқори	паст	юқори

Изоҳ:

- 1 – лойиҳада муҳокама қилинади.
- 2 – стандарт тармоқни 128 та ОНТ гача оширишга йўл қўяди.
- 3 – битта ва айнан шу тўлқин узунлигида тўғри ва тескари йўналишда узатиш йўлга қўйилган.
- 4 – бироз юқорироқ сатҳларда амалга ошади.

Юқоридаги солиштиришлардан учта технологиянинг бир-биридан фарқлари ҳамда афзалликларини кўрамиз. Бу солиштиришлардан энг яхши вариант сифатида GPON технологиясини олишимиз мумкин. Бироқ бу технологиянинг қурилмалари EPON технологиясининг қурилмаларидан анча қимматроқ ҳисобланганлиги учун, иқтисодий жиҳатдан EPON технологияси самаралироқ бўлиши мумкин.

Назорат саволлари

1. Мавжуд бўлган телефон тармоқлари қандай тузилган?
2. Мавжуд бўлган телефон тармоқлари қандай камчиликларга эга?
3. Маҳаллий телефон тармоқларида қайси тизим кенг тарқалган?
4. Замонавий алоқа тармоқлари қандай тузилади? Уларнинг афзаллиги нимада?
5. Юқори тезликли абонент тармоқларини ҳосил қилишдан мақсад нима?
6. Юқори тезликли абонент тармоқларини ташкил қилишда қандай технологияларни қўллаш мумкин?
7. xDSL технологиясининг қандай турлари мавжуд?
8. ADSL технологиясининг бошқа турдаги технологиялардан афзаллиги нимада?
9. ADSL технологияси қўлланилган абонент линиялари қандай ташкил қилинади?
10. Толали оптик кабеллар бўйича ишловчи абонент тармоқларининг, электрик кабеллар бўйича ишловчи абонент тармоқларига нисбатан афзаллиги нимада?
11. Толали оптик кабеллар бўйича ишловчи абонент тармоқларида қандай технологияларни қўллаш мумкин?
12. PON технологиясининг афзаллиги нимада?

13. PON технологияси нечта абонентга хизмат қилиши мумкин?

14. PON технологиясининг алоқа масофаси қанча узунликни ташкил этади?

15. APON, BPON, EPON, GPON технологиялари бир-бирдан нимаси билан фарқ қилади ва қайси технологияни абонент тармоқларида қўллашни тавсия этган бўлар эдингиз?

IX БОБ. ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯ УЗАТИШ ТИЗИМЛАРИНИНГ ТЕХНИКАСИДАН ФОЙДАЛАНИШ

9.1. Узатиш тизимининг ишончлилиқ кўрсаткичлари

9.1.1. Асосий тушунча ва таърифлар

Ишончлилиқ назарияси билан узатиш тизими, мураккаб динамик тизимдан, яъни аниқ функционал ўзаро алоқа асосида ишлаб чиқариш вазибаларини бажариш жараёнида ўзаро ҳамкорлик қилувчи техник қурилмалар ёки элементлар мажмуидан ташкил топган. Узатиш тизимининг ўзига хос хусусияти, мураккаб динамик тизим каби катта худудларда уларнинг ускуна ва аппаратураларини тарқоқ жойлашишидан иборат.

Ишончлилиқ назариясида объект асосий тушунча бўлиб, лойihalаш, синов ва фойдаланиш даврида аниқ мақсадли буюм ҳисобланади. Объектларга кўп каналли узатиш тизими, уларнинг аппаратураси ва ускунаси, қурилмалари, тугунлари, блоклари ва элементлари қиради.

Тизим – бу элементлар мажмуидан иборат бўлган объектдир. «Тизим» ва «элемент» тушунчалари эса нисбий ҳисобланади. Объект, бир хил тадқиқотларда тизим бўлиб ҳисобланади, агар катта масштабдаги объект ўрганилаётган бўлса унда элемент сифатида кўриб чиқиши мумкин. Устун, унинг олинадиган блоки, узатиш тизими (УТ)нинг элементлари бўлиб ҳисобланади ва ҳоказо.

УТ ишончлилиги деб, норматив-техник ҳужжатларда (НТХ) белгиланган чегараларда каналлар ва трактларнинг параметрларини вақт бўйича сақлаган ҳолда абонентлар ўртасида, белгиланган фойдаланиш шароитларида ахборот узатилишини таъминлайдиган хусусиятга айтилади. Ишончлилиқ, УТ ва унинг элементларидан техник фойдаланишни барча томонлама қамраб олади ва уларнинг самарали ишлашини белгилайди.

Элемент ишончлилиги, элемент учун белгиланган барча параметрларни вақт бўйича сақлаган ҳолда, ахборотни узатишда белгиланган функцияларни, жумладан, фойдаланиш ва берилган

ишлаш муддати даври давомида элементларга хизмат кўрсатишни амалга оширадиган хусусиятидир.

УТ ишончлилиги ва унинг элементлари комплекс хусусият бўлиб ҳисобланади ва фойдаланиш шароитларига ҳамда вазифасига кўра, бузилмасдан ишлаш, сақланувчанлик, таъмирга яроқлилиқ ва кўпга чидамлилиқ билан тавсифланади.

Ишончлилиқ назариясида кўриб чиқиладиган барча тизимлар **қайта тикланадиган** ва **қайта тикланмайдиган** турларга бўлинади. Қайта тикланадиган тизимларда бузилишлар юзага келгандан кейин бузилган элементлар алмаштирилади ва тизим ишини давом этдиради. Қайта тикланмайдиган тизимларда бузилишлар юзага келгандан кейин бузилган элементларни алмаштириш амалга ошмайди.

УТ, унинг аппаратурасини ва ускунасини ҳосил қилувчи бирламчи (электррадио элементлар – ЭРЭ) элементларга ва бирламчи элементлардан ташкил топган блоклар, панеллар ва бошқаларга бўлинади. УТ аппаратураси ва ускунаси қайта тикланувчи тизимларга, бирламчи элементлар эса қайта тикланмайдиган тизимларга киради.

Узатиш тизими, уларнинг элементлари соз ва носоз ҳолатда бўлиши мумкин. Соз ҳолат, бу УТ ёки унинг элементлари НТХ билан белгиланган барча талабларга мос келадиган ҳолат. **Носоз ҳолат**, бу УТ ёки унинг элементлари НТХ талабларидан ҳеч бўлмаганда бирига мос келмайдиган ҳолат. Носоз ҳолат объектларни берилган функцияларни бажариши мумкин эмаслигини билдирмайди.

УТ аппаратураси ва ускунасининг ишлаш қобилиятлилиги, НТХ билан белгиланган чегаралардаги каналлар ва трактларнинг асосий параметрларининг қийматларини белгилаган ҳолда хабарларни узатиш бўйича берилган функцияларни бажарадиган ҳолати билан тавсифланади. Агар УТнинг ҳеч бўлмаганда бирор параметри қиймати, УТ ва унинг элементини тавсифловчи берилган функцияни бажарса лекин НТХ талабларига мос келмаса, унда ускуна ишга яроқсиз ҳолатда бўлади. УТ ускунаси учун ишга яроқли ёки ишга яроқсизлиги тўлиқ ёки қисман бўлиши мумкин. Тўлиқ ишга яроқли УТ ускунасининг канал ва трактларининг созлаган параметрлари меёрларининг фойдаланиш меёрларига мувофиқлиги максимал ўтказиш имкониятини таъминлайди. Қисман ишга яроқли УТ ёки унинг

элементлари, УТ ускунасини функционаллаштирувчи маълум би шароит учун белгиланган, мумкин бўлган чегарада жойлашган эн кам самарадорлик, яъни канал ва трактларнинг параметрларин ёмонлашуви билан тавсифланади. Қисман ишга яроқсиз У ускунаси ишлаши мумкин, лекин самарадорлик даражаси пас бўлади.

Ишга яроқли УТ аппаратураси соз бўлган ускунадан НТ талабларини қаноатлаштириши билан фарқ қилади. НТ талабларининг бажарилиши абонентлар ўртасидаги ахборот меърада узатилишини таъминлайди. Бунда ташқи устун кўриниш ёмонлашиши, уларнинг мажмуаси тўлиқ бўлмаслиги, механик шикастланишлар юзага келиши, сигнал занжирларининг иш ёмонлашиши, ускунанинг айрим параметрлари хужжатдаг нормалардан оғиши мумкин. Ишга яроқли объект носоз бўлиш мумкин, бироқ НТХ талабаларидан оғиши унинг меърада ишла ҳолатини бузилишига олиб келмайди. Бартараф этилмага шикастланишлар сабабли вазифаси бўйича кейинчалик қўлла мумкин бўлмайдиган ёки белгиланган чегараларда берилга параметрларнинг оғиши, фойдаланиш харажатларининг белги лангандан оғиши ёки капитал таъмирлашларни ўтказиш зарурий. туфайли юзага келган УТ ва унинг элементларининг ҳолати чегаравий деб аталади. Чегаравий ҳолатларнинг мезонлари ани ускуна ва УТ аппаратурасининг НТХ лари билан белгиланади. Фойдаланиш жараёнида УТ ускунаси соз ҳолатдан носоз ҳолатг ўтиши мумкин. Бундай ўтишлар УТ ускунаси ва элементларининг шикастланиши ёки ишламай қолиши сабабли юзага келади.

Шикастланиш, бу ишга яроқлилиқни сақлаган ҳолдаги, У ускунасининг соз ҳолатини бузилиш ҳодисасидир. Шикастланиш аҳамиятли ва аҳамиятсиз бўлиши мумкин. Аҳамиятли шикастланишларни ўз вақтида бартараф этилмаслик, ишла ҳолатининг бузилишига олиб келиши мумкин. УТ ускунаси каналлар ва трактларнинг ишлаш ҳолатининг бузилиши **ишламай қолиш** (рад этиш) деб аталади. Ишламай қолганда УТ ускунаси хабарларни узатиш бўйича функцияларни бажара олмайди.

Фарқ қилувчи белги ёки бир нечта белгилар мажмуаси ишламай қолиш юзага келгандаги омиллар билан белгиланади в **ишламай қолиш мезони** деб аталади. Ишламай қолиш мезони УТнинг аниқ элементи ёки канал (тракт)нинг параметри учун НТХ билан белгиланади. Канал (тракт)нинг ишламай қолиши деганда

меёрлаштирилган электрик параметрларнинг белгиланган чегарадан оғиши тушунилади. Ишламай қолишлар табиати турлича бўлади ва техник қурилмаларнинг бузилишлари билан боғлиқ бўлмайди. УТ ускуналарининг ишламай қолиши, канал ва трактларнинг параметрларини ўзгариш хусусиятига кўра, тасодифий ёки аста-секинлик билан ишламай қолишларга бўлинади. Тасодифий ишламай қолиш, УТ ускуналарининг ёки канал ва трактларнинг ишга қобилиятлилигини белгиловчи параметрларнинг НТХ талабларига мос келмаслиги билан тавсифланади. Тасодифий ишламай қолиш тасодифий ҳодиса ҳисобланиб, аста-секинлик билан носозлик ва бузилишларнинг йиғилиши туфайли юзага келади. Аста-секинлик билан ишдан чиқиш, УТ ускуналари ёки канал ва трактларнинг бир ёки бир нечта асосий параметрларининг қийматларини аста-секин ўзгариши билан тавсифланади. УТ ускунасида фойдаланиш жараёнида, аста-секин ишламай қолишга олиб келадиган параметрлар (қолдик сўниши, шовқинлар қуввати ва бошқалар)нинг ўзгариш қонуниятини ўрнатиш ва уни ишламай қолишини ўз вақтида олдини олиш учун ишлатиш лозим.

Ўзаро боғланган ишламай қолишлар қуйидаги турларга бўлинади:

- мустақил ишламай қолиш, УТ ускунаси, канал ёки тракт элементларининг ишламай қолиши, бошқа элементларнинг шикастланиши ва ишламай қолишига боғлиқ эмас;

- боғлиқ бўлган ишламай қолиш, УТ ускунаси, канал ёки тракт элементларининг ишламай қолиши, бошқа элементларни шикастланиши ёки уларнинг ишламай қолишига олиб келади.

Ишламай қолиш юзага келганда фойдаланилаётган объект имконияти бўйича қуйидагиларга бўлинади:

- тўлиқ ишламай қолиш, ишламай қолиш ҳолати юзага келгандан кейин объектдан вазифаси бўйича фойдаланиш мумкин, аммо бир ёки бир неча асосий параметрларнинг қийматлари мумкин бўлмаган чегараларда жойлашади, яъни объектнинг ишлаш қобилияти пасаяди. Оддий тизимларни, бирламчи элементларни тўлиқ ишламай қолиши, уни тўлиқ ишга қобилиятлилигини йўқотади.

- қисман ишламай қолиш, бу ҳолда ускуна вазифаси бўйича ишлаши мумкин, аммо самарадорлиги камаяди. Қисман ишламай қолиш ҳолати УТ ускунаси учун тавсифлидир.

Ташқи ҳолатлар бўйича қўшимча ўлчаш асбоблар ўлчашлардан фойдаланмасдан аниқланган аниқ ишламай қолиш ҳамда ташқи белгиларга эга бўлмаган, ўлчаш ва синаш йўли билан аниқланадиган аниқ бўлмаган ишламай қолишларга бўлинади.

Юзага келиш сабабларига кўра қуйидаги ишламай қолишлар мавжуд:

- конструктив, конструктор хатолиги ёки конструкторли усуллари такомиллашмагани, лойиҳалашнинг белгиланган меъ ва қоидалари бузилганлиги натижасида юзага келади;

- ишлаб чиқариш, УТ аппаратураси ёки бутунловчи қисмларни ишлаб чиқариш технологик жараёнининг бузилганлиги ёки такомиллашмаганлиги натижасида юзага келади.

Тўхтамасдан ишлаш, УТ ёки унинг элементларини ишла муддати давомида ёки бир қанча вақт давомида ишла имкониятини узлуксиз сақлаш хусусиятидир.

УТ аппаратураси ва ускунасининг сақланганлиги де сақлаш ва транспортда ташиш давомида соз ва ишга яроқли ҳолатини сақлаш хусусиятига айтилади.

Узоқ вақт мустаҳкамлик, бу УТ аппаратураси ва ускунасининг НТХ да белгиланган техник хизмат кўрсатиш ва таъмирлаш учун зарур узилишлар билан чегаравий ҳолатга кириш ишлаш қобилиятини сақлаш хусусиятидир.

Объект хусусиятларини миқдорий белгилувчи, унинг ишончилигини ташкил қилувчи техник тавсифлар мажмуи **ишонччилик кўрсаткичи** деб аталади. Ишонччилик кўрсаткичлари учун икки шакл қўлланилади: эҳтимолий ва статистик. Эҳтимолий шакл ишонччилик кўрсаткичларини аналитик ҳисоблашда, статистик шакл эса экспериментал тадқиқотларда аниқ кулайдир.

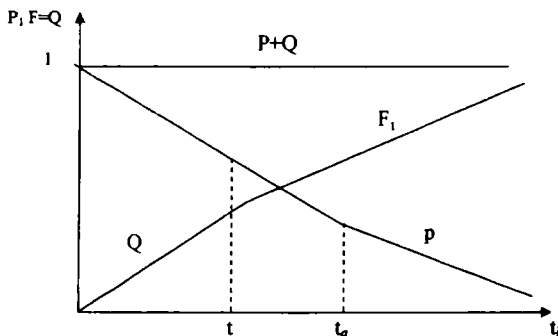
9.1.2. Қайта тикланмайдиган объектнинг ишонччилик кўрсаткичлари

Ишонччилик кўрсаткичларини аниқлашни, қайта тикламайдиган объект, бирламчи элементлардан бошлаймиз. Бундан бузилмасдан ишлаш эҳтимоллиги, ишонччиликнинг асосий миқдорий кўрсаткичлари бўлиб ҳисобланади, яъни УТ ёки унинг элементларида 0 дан t_0 гача берилган вақт оралиғида ишламай қолиш юзага келади:

$$P(t_0) = P(0, t_0) = P\{\xi_1 \geq t_0\} = 1 - F_1(t_0) \quad (9.1)$$

бу ерда: ξ_1 , УТ ускуналари ва элементларининг биринчи бузилишгача тасодифий ишлаш муддати; $F_1(t_0) = P\{\xi_1 \leq t_0\}$, биринчи бузилишгача вақтни тақсимлаш ёки бузилмасдан ишлаш вақтини тақсимлаш функцияси; $F_1(t_0)$, t вақт давомида ишламай қолишнинг пайдо бўлиш эҳтимоллиги.

Ишлаш муддати УТ аппаратура ва элементларининг ишлаш давомийлиги ёки хажмини белгилайди.



9.1-расм. УТ аппаратура ва элементларининг ишонччилик кўрсаткичларини вақтга боғланиш графиги.

$P(t)$ ишонччилик функцияси, $Q(t)$ -ишламай қолиш эҳтимоллиги ва $F_1(t)$ -тўхтамасдан ишлаш вақтини тақсимлаш.

Объектдан фойдаланиш жараёнида ишонччилик аста-секин камая боради. Шунинг учун $P(t)$ функцияси камайиши мумкин, $F_1(t)$ функцияси эса оша боради.

Бузилмасдан ишлаш эҳтимоллигини статистик аниқлаш куйидагича кўринишга эга:

$$\hat{P}(t_0) = \frac{N(t_0)}{N(0)} = 1 - \frac{n(t_0)}{N(0)} \quad (9.2)$$

бу ерда $N(t_0)$, t_0 вақтгача бузилмасдан ишлаган объект ёки элементлар сони; $N(0)$, $t=0$ бошланғич вақтдаги соз объектлар сони; $n(t_0)$, t_0 лаҳзадаги бузилган объектлар сони. $P(t_0)$ катталиқ, объектнинг бузилишгача бўлган ишлаш вақти, берилган t_0 вақтдан кўп бўлганда амалга ошириладиган ҳолатларни тавсифлайди. 0 дан t_0 гача оралиқдаги бузилиш эҳтимоллиги, бузилмасдан ишлаш эҳтимоллигига қўшимча каби аниқланади, яъни:

$$Q(t_0) = 1 - P(t_0) \quad \text{ёки} \quad \hat{Q}(t_0) = 1 - \hat{P}(t_0) \quad (9.3)$$

$Q(t)$ нинг ўзгариш графиги 11.1-расмда кўрсатилган.

0 дан $t+t_0$ гача вақт оралиғида УТ ва унинг элементларини бузилмасдан ишлаш эҳтимоллиги, куйидаги формула орқали аниқланади:

$$P(t, t+t_0) = P\{\xi_1 \geq t+t_0 \mid \xi_1 > t\} = \frac{P(0, t+t_0)}{P(0, t)} = \frac{P(t+t_0)}{P(t)}, \quad (9.4)$$

яъни $P(t, t+t_0)$, УТ аппаратураси ва унинг элементларининг берилган t_0 вақт орлиғида бузилмасдан ишлаш эҳтимоллигидир, ёки УТ аппаратураси ва унинг элементлари t вақтгача бузилмасдан ишлаган шароитда, бузилгунча тасодифий ишлаш муддати $t+t_0$ дан катта бўлса, шартли эҳтимолликдир.

$t+t_0$ оралиғида бузилмасдан ишлаш эҳтимоллигининг статистик баҳолаш куйидагича:

$$\hat{P}(t, t+t_0) = N(t+t_0) / N(t), \quad (9.5)$$

яъни t, t_0 вақтгача ишлаган объектлар сонининг, t вақтдаги соз объектлар сонига нисбатини кўрсатади ва бузилишгача ишлаш вақти t дан кўп бўлганда, $t+t_0$ дан кўп бузилишгача ишлашни амалга оширадиган ҳолатларини тавсифлайди. УТ аппаратураси ва элементларининг бузилишгача ишлаш эҳтимоллиги, t дан $t+t_0$ гача вақт оралиғида куйидагича аниқланади:

$$Q(t, t+t_0) = 1 - P(t, t+t_0) = \frac{P(t) - P(t+t_0)}{P(t)} \quad (9.6)$$

ёки статистик баҳолашда:

$$\hat{Q}(t, t + t_0) = 1 - \hat{P}(t, t + t_0). \quad (9.7)$$

Шундай қилиб, бузилмасдан ишлаш эҳтимоллиги $P(t)$ ва бузилиш эҳтимоллиги $Q(t)$ аниқланди.

Қайта тикланмайдиган объектларнинг (УТ аппаратурасининг бирламчи элементлари) муҳим ишончлилик кўрсаткичлари, бузилишларни тақсимлаш зичлиги (яъни, объектнинг бузилишгача ишлаш вақти t дан кам бўлган эҳтимоллик зичлиги) ҳисобланади ва эҳтимолий баҳолаш қуйидаги кўринишга эга:

$$f(t) = dF(t)/dt = dQ(t)/dt = -dP(t)/dt, \quad (9.8)$$

статистик эса:

$$\hat{f}(t) = \frac{n(\Delta t)}{N(0)\Delta t} \quad (9.9)$$

бу ерда $n(\Delta t)$, Δt давомийликдаги вақт оралиғида бузилган объектлар сони; $N(0)$, $t=0$ бошланғич вақт лаҳзасидаги ишга яроқли объектлар сони.

Бузилишларни тақсимлаш зичлиги, бузилмай ишлаш эҳтимолиги ва бузилишлар эҳтимолиги ўртасида қуйидагича боғлиқлик мавжуд:

$$P(t) = 1 - \int_0^t f(\tau) d\tau; \quad Q(t) = \int_0^t f(\tau) d\tau. \quad (9.10)$$

Қайта тикланмайдиган элементларнинг ишончилигини баҳолаш учун, $\lambda(t)$ бузилишлар жадаллигининг кўрсаткичларидан фойдаланилади. $\lambda(t)$ ни аниқлаш учун қуйидаги эҳтимолий баҳолашдан фойдаланилади:

$$\lambda(t) = \frac{1}{1 - F(t)} \frac{dF(t)}{dt} = \frac{f(t)}{P(t)}. \quad (9.11)$$

Бузилишлар жадаллиги, бу УТ аппаратураси, қурилмаси, элементида бузилиш рўй бермаслик шарти билан, t вақтгача бузилмасдан ишлаш вақтини шартли тақсимлаш зичлигидир.

$\lambda(t)$ катталикни статистик баҳолаш қуйидаги кўринишга эга:

$$\hat{\lambda}(t) = \frac{n(\Delta t)}{N(t) \Delta t}, \quad (9.12)$$

яъни, Δt давомийликдаги оралиқда $n(\Delta t)$ бузилишлар сонининг Δt оралиқдаги давомийликда t вақтида соз бўлган объектлар сонининг ифодасига нисбатидан иборат.

Юқори ишончли элементлар учун $P(t) \geq 0,99$ ва $f(t) \approx \lambda(t)$ бўлишига йўл қўйиш мумкин. Бунда олинган хатолик 1 фоиздан ошмайди ва бу $f(t)$ ва $\lambda(t)$ ни статистик баҳолаш билан мос келади.

$f(t)$ ва $\lambda(t)$ функциялар ўртасидаги фарқ шундан иборатки, $f(t)dt$ объектлар Δt вақт оралиғида объектлар гуруҳидан ихтиёрий равишда танланган бузилиш эҳтимоллигини тавсифлайди, бунда у қандай ҳолатда (ишлайдиган ёки ишламайдиган) бўлиши номаълум, $\lambda(t) dt$ объектининг (Δt) оралиғидан t вақтгача ишлай оладиган объектлар гуруҳидан танланган бузилиш эҳтимоллигини тавсифлайди. (9.11) ифодани интеграллаб қуйидагини ҳосил қиламиз:

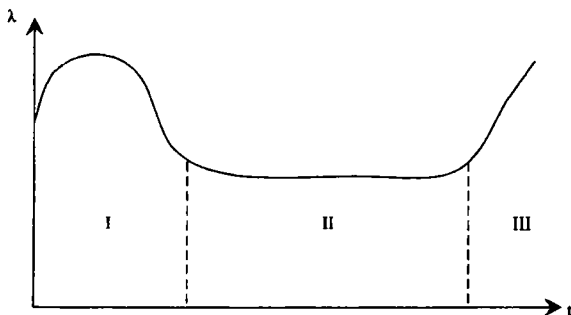
$$-\int_0^t \lambda(\tau) d\tau = \ln P(t), \quad P(t) = \exp \left[-\int_0^t \lambda(\tau) d\tau \right]. \quad (9.13)$$

Ушбу формула, $P(t)$ нинг бузилмасдан ишлаш эҳтимоллиги ва $\lambda(t)$ нинг бузилиш жадаллиги ўртасидаги алоқани белгилайди ва айрим ҳолларда ишончилиқнинг биринчи умумий қонуни деб аталади.

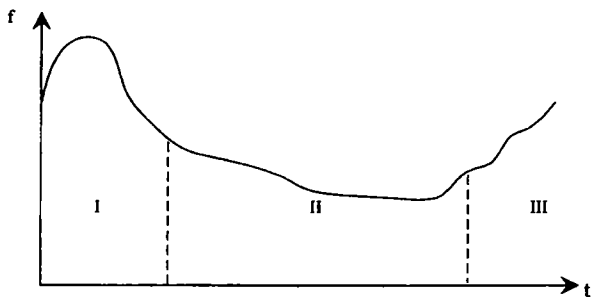
Бузилиш жадаллигининг объект ишини $\lambda(t)$ ва $f(t)$ вақтига боғлиқлиги 9.2 ва 9.3-расмда келтирилган. Ушбу боғлиқликлар таҳлили $\lambda(t)$ ва $f(t)$ функцияларининг учта участкага (I-III) эга эканлигини кўрсатади. I-участка бузилиш жадаллигининг камайишини ва уларнинг тез юзага келишини тавсифлайди. Бундай фойдаланиш давридаги бузилишлар кўшимча ишланган деб, уларни юзага келиш вақти кўшимча ишлаш даври деб номланади.

II-участка $\lambda(t)$ бузилишларнинг доимий ва юқори бўлмаган жадаллиги билан тавсифланади. Унга тўсатдан бузилишлар киради. Ушбу давр меёрда фойдаланиш давлари (янги босқичи) деб номланади. III-участкада $\lambda(t)$ функцияси бузилишларни зудлик билан ошишини кўрсатади.

$$Q(t) = \int_0^t f(\tau) d\tau \quad (9.14)$$



9.2-расм. Бузилишнинг жадаллик функцияси:
I- кўшимча ишлаш даври; II- нормал фойдаланиш даври;
III- эскириш даври.



9.3-расм. Бузилишларнинг частотавий функцияси
(I, II, III; 9.2-расмга қаранг).

Бундай бузилишлар эскириш натижасида объектнинг дастлабки хусусиятларини аста секинлик билан йўқолишига олиб келади ва аста секинлик билан юзага келувчи бузилиш дейилади, шунга мос келувчи фойдаланиш даври эскирган деб номланади. $f(t)$ бузилишларни тақсимлаш зичлигини билган ҳолда, $P(t)$ мос ҳолда $Q(t)$ бузилиш эҳтимоллигини аниқлаш мумкин:

$P(t)$ бузилмасдан ишлаш эҳтимоллиги, бузилиш эҳтимоллигига қарама-қарши ҳолат каби аниқланади:

$$P(t) = 1 - Q(t) = 1 - \int_0^t f(\tau) d\tau = \int_0^{\infty} f(\tau) d\tau. \quad (9.15)$$

Меёрда ишлаш даври учун $\lambda(t) = \lambda_0 = \text{const}$, унда (11.13) формуладан

$$P(t) = \exp(-\lambda_0 t), \quad (9.16)$$

келиб чиқади, бузилишларни тақсимлаш зичлиги эса:

$$f(t) = \lambda_0 \exp(-\lambda_0 t). \quad (9.17)$$

Унда $f(t) < \lambda(t)$ катталиқ, юқори ишончли объектлар учун тенгдир.

Ишончилиликни экспоненциал деб номладиган қонуни бўйича тавсифланувчи ((9.16) ва (9.17)) формулалар, меёрда фойдаланиш даври чегараларида, исталган вақт оралиги давомида объектнинг бузилмасдан ишлаш эҳтимоллигини баҳолаш имконини беради.

УТ аппаратураси ва элементларининг бузилишгача ёки бузилмасдан ишлашгача бўлган ўртача вақти, объектнинг худди ишлаш қобилиятлигининг математик кутилиши каби аниқланади. Агар бузилишларни тақсимлаш зичлиги $f(t)$ маълум бўлса, унда (9.18) формула ҳосил бўлади:

$$T_{\text{урт}} = M\{\xi_i\} = \int_0^{\infty} t f(t) dt, \quad (9.18)$$

бу ерда: ξ_i , бирламчи бузилишгача объектнинг тасодифий ишлаш муддати. (9.18) ни ҳисобга олган ҳолда, тизимнинг бузилишгача бўлган ўртача ишлаш вақти, бузилмасдан ишлаш эҳтимоллиги

орқали аниқланган бўлиши мумкин. (9.18) формулани қисмлар бўйича интеграллаб, ва $\lim_{t \rightarrow \infty} tP(t) = 0$ ва $P(0) = 1$, деб билиб,

$$T_{ypr} = \int_0^{\infty} P(t) dt. \quad (9.19)$$

формулани ҳосил қиламиз.

Шундай қилиб, бузилмасдан ишлашнинг ўртача вақти бузилмасдан ишлаш эҳтимоллигининг эгри чизиги майдонига тенг (9.1-расм). Меёрда фойдаланиш даври учун, қачон $P(t) = e^{-\lambda_0 t}$ га тенг бўлса, бузилишгача ўртача ишлаш вақти қуйидагига тенг:

$$T_{ypr} = \int_0^{\infty} e^{-\lambda_0 t} dt = - \left[\frac{1}{\lambda_0} e^{-\lambda_0 t} \right]_0^{\infty} = \frac{1}{\lambda_0} = T_0, \quad (9.20)$$

яъни УТ аппаратураси ва унинг элементларини бузилишгача ўртача ишлаш муддати, бузилиш жадаллигининг тесқари катталигига тенг. (11.20) формулани ҳисобга олган ҳолда, ишонччиликнинг экспоненциал қонуни учун бузилмасдан ишлаш эҳтимоллиги қуйидагича аниқланади:

$$P(t) = \exp(-t/T_0). \quad (9.21)$$

Объектнинг бузилишгача ўртача ишлаш муддатини статистик баҳолаш қуйидагича аниқланади:

$$\hat{T}_{ypr} = \frac{1}{N(0)} (\xi_1^{(1)} + \xi_1^{(2)} + \dots + \xi_1^{N(0)}) = \frac{1}{N(0)} \sum_{i=1}^{N(0)} \xi_i^{(i)},$$

бу ерда $N(0)$, дастлабки вақтда ишга қобилиятли объектлар сони, $t=0$ га тенг; $\xi_1^{(i)}$, i -объект учун ξ_1 тасодикий катталигини қўллаш; ξ_1 -биринчи бузилишгача i -объектнинг тасодикий ишлаш муддати.

Кўплаб мураккаб тизимлар учун бир хил бўлган, тўсатдан бузилишларнинг афзалликлари билан қайта тикланмайдиган элементлардан иборат бўлган бузилмасдан ишлаш вақтининг

экспоненциал тақсимланиш қонунидан ташқари (9.16), Вейбулл Рэлей меёрда ва бошқа тақсимланишларни ҳам қўллаш мумкин.

9.1.3. Тикланадиган объектларнинг ишончлилик кўрсаткичлари

Узатиш тизимларининг ускуналари, каналлари ва трактлари қайта тикланувчи ҳисобланади, яъни улардан фойдаланишни тўхташ ва ишга қобилиятли оралиқларнинг навбатма-навба алмашиши деб фараз қилиш мумкин. Тўхташ вақтида иш қобилиятини тикланиши содир бўлади ва қайта тикланган УТ ускунаси бузилишгача яна ишини давом этдиради.

Бузилган лаҳзада УТ ускунаси, бузилишлар оқими параметрлари $\lambda(t)$ ни тавсифлайдиган бузилишлар оқимини шакллантиради. Бузилишлар параметри тушунчаси блокга, устунга каналга ёки трактга тегишлидир. Радиотехник мажмуаларнинг бузилиш оқими оддий, яъни қуйидаги шартларни қаноатлантиради:

- ординар яъни бир вақтнинг ўзида икки ва ундан ортиқ бузилишларнинг юзага келиш эҳтимоллиги кам;

- стационар, яъни k бузилишларнинг юзага келиш эҳтимоллиги вақтга боғлиқ эмас, лекин кузатиш оралиғи давомийлиги (Δt) ва k бузилишлар сони (k) нинг функциялари бўлиб ҳисобланади.

- натижаларнинг мавжуд эмаслиги, яъни иккита Δt_1 ва Δt_2 кузатиш оралиғининг бирортасидаги бузилишлар сони бошқасида юзага келган бузилишлар сонига боғлиқ эмас.

УТ дан фойдаланиш тажрибаси шуни кўрсатдики, бузилишлар ўртасидаги ишлаш муддатининг тақсимланиш зичлиги бузилишлар ўртасидаги экспоненциал қонунига бўйсунди ва вақт бўйича бузилиш оқимларининг параметрларини ўзгариши, қайта тикланмайдиган объектларнинг бузилишларини жадаллигига ўхшаш, ва уни $\lambda(t) = \lambda = 1/T_0$ деб ҳисоблаш мумкин. Бу ерда T_0 фойдаланиш жараёнини тиклаш учун бузилишгача ишлаш муддати. Шундай қилиб, бузилишларнинг оддий оқими учун бузилмасдан ишлаш эҳтимоллиги $P(t)$, бузилишларни тақсимлаш зичлиги $f(t)$ ва бузилишгача ишлаш муддати мос ҳолда қуйидагига тенг:

$$P(t) = \exp(-\lambda t); f(t) = \lambda \exp(-\lambda t); T_0 = 1/\lambda. \quad (9.22)$$

УТ ускунаси ёки унинг қурилмаларининг элементларини бузилишгача ишлашини статистик баҳолаш қуйидаги формула бўйича амалга ошади:

$$T_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_{pi}, \quad (9.23)$$

бу ерда n -тегишли кузатиш даври учун бузилишлар сони ва t_{pi} , i -бузилишгача ишлаш муддати.

Узатиш канали (тракти)нинг бузилишгача ишлаш муддати қуйидаги формула бўйича аниқланиши мумкин:

$$T_0 = \left(m T_{\kappa d} - \frac{1}{24} \sum_{i=1}^m T_{ni} \right) / \sum_{i=1}^m N_{ni}, \quad (9.24)$$

бу ерда m , кузатиш даври давомида фойдаланишда бўлган каналлар (трактлар) сони; $T_{\kappa d}$ – кузатиш даври; T_{ni} , i -канал (тракт) нинг тўхтаган даври; N_{ni} , i -канал (тракт)нинг тўхташлар сони. Фойдаланиш хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда бузилишгача ишлаш муддати қуйидаги формула билан аниқланади:

$$T_0 = \frac{T_{\tau} - \left[T_{\text{рн}} + \sum_{i=1}^n (T_{\text{тнк}i} + T_{\text{е}i}) \right]}{n} \quad (9.25)$$

бу ерда T_{τ} , канал ёки трактнинг белгиланган фойдаланиш циклининг тақвим вақти (бир йилга тенг, яъни 8760 с); $T_{\text{рн}}$ белгиланган фойдаланиш цикли давомида регламент ишларини ўтказиш вақтининг йиғиндиси; $T_{\text{тнк}i}$, i -блок шикастланганда, шикастланиш жойини топишнинг ва ишламаган блокни алмаштиришнинг ёки унинг шикастланишини бартаграф қилишнинг ўртача вақтидан иборат. $T_{\text{е}i}$, тегишли турдаги заҳира блокини етказишнинг ўртача вақти. n , T_{κ} белгиланган фойдаланиш цикли давомида канал (тракт)ларнинг бузилишлар сони.

Қайта тикланидиган объектнинг муҳим кўрсаткичларидан бири, бу унинг тикланиш вақти ($T_{\text{тик}}$) дир. Ушбу кўрсаткич УТ ускунаси ёки узатиш линиясининг ўртача тикланиш вақтини тавсифлайди ва алоқанинг ўртача тикланиш вақтига, шикастланиш жойига эҳтиёт қисмларни ўртача етказиш вақтига боғлиқ. Ушбу вақт, излаш ва бузилишларни бартараф қилиш бўйича қабул қилинган дастур билан аниқланади. Тиклаш вақтини статистик баҳолаш қуйидаги формула билан аниқланади:

$$\hat{T}_{\text{тик}} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ni}}{\sum_{i=1}^n N_{ni}}, \quad (9.26)$$

бу ерда T_{ni} -i канал (тракт)нинг тўхтаб туриш вақти; N_{ni} , i-канал (тракт)нинг тўхташлар сони. Тикланиш вақти ($T_{\text{тик}}$) ни билган ҳолда μ тикланиш жадаллигини аниқлаш мумкин. Тақсимланишнинг экспонциал конуни ҳолати учун тикланиш жадаллиги:

$$\mu = 1 / T_{\text{тик}} \quad (9.27)$$

УТ ускунаси, канал ва трактларнинг ишлаш қобилиятлиги, тайёрлик коэффициенти (K_T) билан тавсифланади:

$$K_T = T_0 / (T_0 + T_{\text{тик}}), \quad (9.28)$$

бу ерда T_0 -бузилишгача ишлаш муддати.

Тайёрлик коэффициенти, белгиланган фойдаланиш жараёнида УТни соз ҳолатда бўлишининг нисбий вақти билан тавсифланади. K_T катталиқ, бузилишгача ишлаш вақтининг ошиши ва худди шундай тикланишнинг ўртача вақти қисқартириши ҳисобига ошиши мумкин. Фойдаланиш жараёнида тайёрлик коэффициентини статистик баҳолаш қуйидаги формула билан аниқланади.

$$\hat{K}_T = \frac{\sum_{i=1}^n t_{0i}}{\sum_{i=1}^n t_{0i} + \sum_{i=1}^n t_{\text{тик}i}}, \quad (9.29)$$

бу ерда t_{oi} , $(i-1)$ ва i бузилишлар ўртасидаги соз ишлаш вақти; $t_{тикi}$ -қайта тикланиш вақтининг оралиғи; n -фойдаланиш давридаги бузилишлар сони. Тўхташлар коэффиценти қуйидагича аниқланади:

$$K_{тўхташ} = 1 - K_T = T_{тик} / (T_0 + T_{тик}). \quad (9.30)$$

Канал ва тракт ускуналарининг тайёрлигини баҳолаш учун техник фойдаланиш амалиётида соз ишлаш коэффицентидан кенг фойдаланилади:

$$K_{си} = (T_{фт} - T_T) / T_{фт} ,$$

бу ерда $T_{фт}$ - фойдаланиш таквими цикли; T_T -баҳолаётган давр учун канал, тракт ёки УТ ускунасининг тўхташларининг йиғинди вақти.

Соз ҳолатлар коэффиценти тайёрлик коэффиценти билан ўхшаш; уларнинг фарқи шундаки, нафақат техниканинг бузилишлари сабабли юзага келувчи тўхташларни, балки хизмат кўрсатувчи ходимларнинг ҳамда техник хизмат кўрсатишни ташкил қилиш хатоликларини ҳам ҳисобга олади.

Кўриб чиқилаётган ишончлилик кўрсаткичлари, УТларининг ускуналаридан фойдаланиш хусусиятларини баҳолашда асосий ҳисобланади ва техник шартлар (ТШ) ёки хусусий техник шартлар (ХТШ) билан белгиланади, фойдаланиш жараёнида назорат қилинади ва қўллаб-қувватланади, шунингдек унинг самарадорлигини баҳолашда муҳим аҳамиятга эга.

9.1.4. Ишончлиликни ошириш усули

УТ ускуналарининг ишончлилик кўрсаткичлари, канал ва трактларга қўйиладиган талабларга ҳар доим ҳам мос келавермайди, бу ишлаб чиқарувчиларни, тайёрловчиларни ва хизмат кўрсатувчи ходимларни, ишончлиликни ошириш усулларини ва йўлларини излашни талаб қилади.

Лойихалаштириш ва қайта ишлаш жараёнларида ишончлиликни ошириш қуйидагилар ҳисобига таъминланади:

- функционал зарур элементлар сони кам қўлланиладиган, узатиш тизимларининг блоклари ва узелларини принципал схемаларини рационал танлаш;
- махсулот нархини оширмасдан ва ЭРЭ ларнинг минимал номенклатурасида юқори ишончли электрорадио-элементлар базасини танлаш, захира қисмларнинг ҳажмини ва уларнинг нархини пасайтиради;
- электрик схемаларда, мумкин бўлган ва юклама чегараларидан ошувчи шароитда ЭРЭ ларнинг ишини мустасно этувчи ЭРЭ ларнинг оптимал иш режимини танлаш. Бу электрик юкламаларга тегишли бўлиб, улар номиналнинг 25 % дан ошмаган қийматларда оптимал бўлиши мумкин;
- тайёрлаш ва пайвандлашда хатоликларни камайтириш, ишлаб чиқаришда автоматлаштиришни таъминловчи, узатиш тизимлари узеллари ва блокларининг конструкция турини танлаш;
- махсулотнинг минимал эскиришини ва максимал кўпга чидамлилигини таъминловчи материаллар конструкциясини таъминлаш;
- ишлов бериш жараёнларини автоматлаштириш асосида уларни тез ва тежамли ишлаб чиқиш имконини берувчи, ишлов беришга қулай конструкциялар, яъни ЭРЭ ларнинг сифати, тугунлари ва қурилмаларнинг конструкцияси (устунлар, платалар, панеллар);
- операторларнинг хатоларини бартараф этувчи хизмат ходимларининг имкониятлари ҳисоби;
- узатиш тизимларининг қурилмаларидан фойдаланишни арзонлаштириш ва рад этишларни олдиндан айтиш учун асос яратиш ва носоз элементларни таъмирлаш ва ёки ўз вақтида чора кўриш, уни функционаллаштириш режимини енгиллатиш имконини берувчи узатиш тизимлари қурилмаларининг, каналлари ва трактларининг параметрларини автоматик ва автоматлаштирилган назоратини қўллаш;
- ЭРЭ ларига, блокларга, панелларга осон уланиш, уларни зудлик билан текшириш ва сифатли таъмирлашни таъминлайди.

технологияларни қатъий кузатиш ва мажмуа махсулотларини, пайвандлашни ва блоклар аро уланишларни сифатини доимий назорат қилиш муҳим аҳамиятга эга.

Узатиш тизимларининг қурилмаларидан техник фойдаланиш босқичида ишончлилик куйидагиларни таъминлайди:

- узатиш тизимлар, трактлар ва каналлардан фойдаланувчи ходимлар амалга оширадиган профилактик тадбирлар мажмуасини оқилона танлаш;
- захира қисмлар ва уларни магистрал бўйлаб тақсимлашни оптимал мажмуасини танлаш;
- турли бирламчи тармоқ тузилишида бузилган блокларни таъмирлаш тизимларини оқилона тузиш;
- хизмат ходимларининг малакасини тизимли ошириш;
- ўлчов аппаратураларини, назорат воситаларини ва узатиш тизимлари қурилмаларини ишга қобилиятлигини текширишни созлигини доимий сақлаш;
- фойдаланиш ишончилигини ошириш бўйича тадбирларни ишлаб чиқиш орқали аппаратуранинг ишончилиги ҳақида ахборотларни тўплаш ва таҳлил қилиш;
- техникадан фойдаланишнинг автоматлаштирилган тизимларини яратиш орқали янги хизмат кўрсатиш алгоритмларига ўтиш, янги техник воситаларни жорий қилиш.

Узатиш тизимлари, каналлари ва трактлари ишончилигини оширишнинг энг самарали усулларидан бири, уларни захиралаш ҳисобланади, яъни қўшимча элементлар ва тизим қурилмаларини, узатиш линияларини нормал ишлаши учун жуда минимал зарур бўлган функционал имкониятларни киритиш. Узатиш тизимлари техникасида турли-туман захиралаш усуллари ичида энг кенг тарқалганикуйидагилардир;

- структуравий захиралаш, мос келувчи асосий элементлар рад этганда ишчи функцияни бажарувчи, узатиш тизимларининг ортиқча элементларини қўллаш йўли билан ишончлилик оширилади;
- умумий захиралаш, бутун объект захираланади (захира тракт, генератор қурилмаси);
- алоҳида захиралаш, объектнинг алоҳида элементлари ёки улар гуруҳи (кучайтиргич, шахсий қурилманинг тонал қақирikli генератори ва бошқалар) захираланади .

Захира элементларининг ишлаш режимларига боғлиқ ҳолд қуйидагиларга бўлинади: юклатилган захира, бунда захира элемен худди асосийси каби бўлади; енгил захира, бунда захира элемен асосийга нисбатан унча юклатилмаган режимда бўлади юклатилмаган захира, бунда захира элемент амалда ҳеч қанда юкламага эга эмас.

Захиралаш, карралиги бирга тенг бўлиб, бир ишни икки жойд баробар ишлаш деб аталади ва узатиш тизимлари техникасид амалда захиралаш асосий усул ҳисобланади.

Қайта тиклаш усули бўйича қуйидагиларга фарқланади тизимдан фойдаланиш жараёнида захира элементнинг иш қобилиятлилиги қайта тикланиш имконига эга бўлган, қайт тикланадиган захира; захира қурилманинг ишга қобилиятлилиг қайта тикланиш имконига эга бўлмаган, қайта тикланмайдига захира. Узатиш тизимлари техникасида асосан юклатилган қайт тикланадиган захира захира қўлланилади. Бундай ҳолатда узатиш каналлари ва трактларининг тайёрлик коэффиценти қуйидаг формула орқали аниқланиши мумкин:

$$K_{т.з} = \left[1 - \frac{(m+M)}{(M+m)/m} (1 \cdot K_t)^{(M+1)} \right]. \quad (9.31)$$

Бу ерда m – ишчи канал (тракт)лар сони; M -захира кана (тракт)лар сони; K_t – захирасиз канал (тракт)ларнинг тайёрли коэффиценти.

Қараб чиқилган ишончлилиқни ошириш усуллари, шароитн сақлашда ўзининг тўлиқ имкониятларини ва узатиш тизимлар қурилмаларидан техник фойдаланишда, техник хужжатлард қатъий белгиланган қонунларни қўллайди.

9.2. Узатиш тизимларининг техник ҳолатини назорат қилиш

9.2.1. Асосий таъриф ва тушунчалар

УТнинг техник ҳолати тушунчаси, техник фойдаланиш назариясидаги асосий тушунчалардан биридир. У ишлашга тайёрликга бўлган талабларнинг қондирилганлик даражаси, У ҳамда уларга техник хизмат кўрсатиш, таъмирлаш ёки ҳисобда чикариш зарурлиги тўғрисидаги ахборотни ўз ичига олади. Шунин

учун техник ҳолатни назорат қилиш, тегишли ахборотни олиш ва таҳлил қилиш ҳамда УТ (ёки унинг элементлари)нинг фойдаланишга яроқлилиги ёки унга техник хизмат кўрсатиш, таъмирлаш зарурлиги тўғрисида қарор қабул қилиш жараёни каби кўриб чиқилади.

Носозлик (ишламай қолиш)лар сабабини ўз вақтида аниқлаш ва бартараф қилиш, ишончлилиқ кўрсаткичларини яхшиланишига олиб келади. Шунинг учун ҳам назорат, УТ ишончлилигини ошириш усулларидан бири сифатида қаралади. Назорат қилишнинг асосий вазифаси, УТ каналлари ва трактларининг объектив техник ҳолатини ўрнатишдир.

Назорат, назорат объектининг ҳолати ҳамда унинг параметрлари ва тавсифларини олдиндан белгиланган меёрлари ўртасидаги мувофиқликни ўрнатиш жараёнидир. Назорат қилинадиган параметрлар аниқлангандан кейин ҳамда уларнинг жорий қиймати меёрланган қийматлар билан солиштирилгандан кейин, назорат қилинаётган объектнинг ҳолати тўғрисидаги муҳокама шаклланади (унинг параметрлари белгиланган қийматлар доирасидами, объект соз ҳолатдами ёки йўқми).

Назорат қилиш объекти деганда, техник воситалар (каналлар, гуруҳли ва линия трактлари, аппаратура, қурилмалар, айрим элементлар) уларнинг техник ҳолати тўғрисидаги лозим бўлган ахборотлар тушунилади. Санаб ўтилган объектларнинг техник ҳолатини баҳолаш учун уларни назорат қилинадиган параметрлари деб аталувчи миқдор ва сифат тавсифлари аниқланади.

Назоратни амалга ошириш учун ўлчаш ва назорат қилишнинг махсус техник воситаларидан фойдаланилади. Меёрланган метрологик хусусиятларга эга бўлган ва назорат қилинадиган параметрларнинг сон қийматини аниқланишини таъминловчи техник қурилма ва асбоблар, ўлчаш воситалари деб аталади. Назорат қилинадиган параметрларнинг идрок қилинишини, унинг қийматига ўрнатилган чегаралар билан таққослашни, назорат қилиш натижалари тўғрисидаги фикрнинг шаклланишини ҳамда берилишини таъминловчи техник қурилмалар (ёки тизимлар), назорат қилиш воситалари дейилади.

Назорат қилиш жараёнининг кетма-кет операциялари, назорат қилиш алгоритми дейилади. Назорат қилиш объектлари одатда функционаллаштириш алгоритми ва назорат қилишга

яроқлилик билан тавсифланади. Функционаллаштириш алгоритми деганда, белгиланган функцияларни бажариш учун техник воситалар (масалан, узатиш тизими)лар томонидан амалга ошириладиган операциялар кетма-кетлиги тушунилади. Назорат қилишга яроқлилик деб, назорат объектининг назоратни ўтказишга мослашганлигини тавсифловчи хоссасига айтилади. Шунингдек объектининг назорат қилишга яроқлилиги, назорат қилиш воситаларининг сифати билан ҳам белгиланади.

Техник воситаларнинг ҳолатини баҳолаш учун, назорат қилишнинг кўплаб турлари ишлаб чиқилган. Уларни таснифлаш турли белгиларга кўра амалга оширилади. Кўйилган, ҳал қилиниши керак бўлган вазифага боғлиқ ҳолда, назорат қилиш қуйидаги турларга ажратилади:

ишлашни назорат қилиш (объектнинг ўз функциялариши сифатли бажариш жиҳатидан баҳоланиши амалга оширилади);

ишлаш қобилиятини назорат қилиш (объект ишининг сифатини белгиловчи объект параметрларининг миқдор жиҳатида баҳоланиши);

диагностика (назорат объектидаги носозликларнинг сабаблари ва жойларини аниқлаш учун);

назорат қилувчи (объектнинг техник ҳолатини келажакда қандай бўлишини олдиндан айтиш);

профилактика (назорат объектининг, параметрлари чегаравий қийматларга етган элементларини аниқлаш ва алмаштириш);

ўз-ўзини назорат қилиш (назорат қилиш воситаларининг иш сифатини миқдор жиҳатидан баҳолаш).

Объект ҳолати устидан назорат олиб бориш вақтининг хусусиятига кўра, назорат қилишнинг қуйидаги турлари мавжуд:

узлуксиз (объектнинг параметрлари тўғрисидаги ахборот ишлаш жараёнида узлуксиз равишда, объектни назорат қилиш воситаларини мунтазам улаш орқали олинад);

даврий (белгиланган режа, дастур бўйича ўрнатилган вақт оралиғида амалга оширилади);

эпизодик (назорат объектида юзага келадиган носозликларнинг сабаблари ва жойларини аниқлаш мақсадида тасодифий фурсатларда эҳтиёжга қараб амалга оширилади).

Назорат қилинадиган параметрларни таҳлил қилиш тартибига кўра, қуйидаги назорат турларига ажратилади:

танлов асосида (техник ходимнинг хохишига кўра, айрим элементлар, қурилмалар, аппаратура, узатиш каналлари ёки уларнинг параметрларини назорат қилиш);

кетма-кет (назорат қилиш воситаларининг бир канали ёрдамида назорат объекти параметрларини кетма-кет баҳолаш);

параллел (назорат қилиш воситаларининг турли каналлари ёрдамида объектнинг бир канча параметрларини бир вақтда баҳолаш);

аралашган (параллел ва кетма-кет назорат турлари).

Натижаларни баҳолаш турига кўра, қуйидаги назоратларга фарқланади:

йўл қўйиладиган (объект параметрларига қўйилган жорий қийматларни белгиланган доирада топиш ва натижани ярокли-яроқсиз принципи бўйича баҳолаш билан аниқлаш);

миқдор жиҳатидан (параметрларнинг ҳақиқий ёки нисбий миқдорларини ёки уларни белгиланган меёрлардан четга чиқишини аниқлаш).

Амалга ошириш турига қараб, қуйидаги назоратларга фарқланади:

қўлда (объектнинг хизмат кўрсатиши ходим томонидан амалга оширилади);

автоматлаштирилган тарзда (қисман техник ходим иштирокида);

автоматик тарзда (техник ходимнинг бевосита иштирокисиз).

Ташқи таъсирдан фойдаланишга кўра, назоратнинг қуйидаги турлари мавжуд:

пассив (назорат объектига ташқи таъсир кўрсатмасдан);

актив (объектнинг ҳолати унга махсус қурилмалар, масалан, генератор томонидан киритиладиган сигналларга жавоб бўйича баҳоланади).

Ташкил қилинишига боглиқ равишда, назорат қуйидагиларга бўлиниши мумкин:

дастурий (объект махсус дастур бўйича назорат қилинади).

Дастурий назорат деганда, текширишнинг тартиблаштирилган кетма-кетлиги тушунилади. Бу, текширув—функционал тугунларнинг, маълум параметрларга эга бўлган кириш сигналларига, чиқиш реакциясини аниқлаш учун ўтказиладиган операцияларнинг мажмуасидир;

схемали (назорат объектига ўрнатилган курилмалар, аппаратуралар ёрдамида амалга оширилади);

масофадан теленазорат (масофадан туриб амалга оширилади);

марказлашган (дастур бўйича умумий бошқарув пультадан тарқоқ назорат объектилари томонидан амалга оширилади);

объектни қисман фойдаланишдан чиқариш бўйича (бундай назорат қилишда объект томонидан бажариладиган функциялар) ҳажмини қисқартириш, масалан, УТ бўйлаб узатиладиган ахборот ҳажмини қисқартириш талаб этилади, бунда линия трактлари частоталар диапазонида жойлаштирилган каналлар, гуруҳли трактлар сони қисқартирилиши мумкин;

объектни фойдаланишдан чиқармай туриб (объектдан фойдаланиш меъра кечадиган назорат);

объектни фойдаланишдан чиқариш орқали (объектдан фойдаланиш тўхтатилган ҳолда назорат қилиш).

Объектнинг қайси даврларида назорат амалга оширилишига боғлиқ ҳолда қуйидагиларга бўлинади: объектни ишлаб-чиқаришдаги назорат ва объектдан фойдаланиш жараёнида амалга ошириладиган фойдаланиш назорати.

Назоратнинг ҳар бир тури ўзига хос хусусиятларга эга. УТдан фойдаланиш жараёнида ташқи кўздан кечириш, ишлаш қобилиятини ташқи белгиларига қараб текшириш, ўлчов асбоблари ёрдамида тадқиқ қилиш ва назорат қилиш усуллари ҳам қўлланилади.

Ташқи кўздан кечириш, аппаратура ва узатиш линияларини визуал текширишда ифодаланадиган шикастланишлар (эзилган жойлар, ёриқлар, синишлар) мавжуд эмаслиги, тугмалар, сақлагичлар, схема элементларининг созлиги, контактларнинг борлиги ва ҳ.к.). Ташқи кўздан кечириш, одатда, оддий кўриш орқали амалга оширилади.

Ташқи белгиларига қараб визуал равишда ишлаш қобилиятини текшириш, эшитиб кўриш, асбобларни кўрсатиши бўйича, аппаратура, узатиш линияси ва узатиш тизимининг бошқа компонентларида ички носозликлар мавжудлиги ёки йўқлиги тўғрисидаги маълумотларни олган ҳолда, амалга оширилади.

Объект ҳолатини ташқи белгиларига қараб текшириш усуллари афзаллиги, уларнинг соддалиги ҳисобланади. Камчилиги эса шундан иборатки, объект ҳолатини миқдорий

баҳолаш маълумотларини, унинг параметрларини муътадиллигини, шунингдек, объектнинг келажақдаги ҳолатини прогнозлаш учун зарур бўлган маълумотларни бермайди.

Ўлчаш асбоблари ёрдамида объектларни тадқиқ қилиш ва назорат қилиш усули бундай камчиликларга эга эмас, лекин у мураккаб ва қиммат туради. Шунга қарамай, ушбу усул узатиш тизими ҳолатини ҳар томонлама ўрганиш ва баҳолаш имконини бергани учун амалиётда кенг қўлланилади.

Назорат қилиш воситаларининг иш сифати кўплаб омилларга боғлиқ. Улардан асосийлари қуйидагилар:

объектнинг назорат қилинадиган параметрларининг сони ва таркиби;

ўлчаш аниқлиги ва қабул қилинадиган қарорнинг аниқлиги;

назорат қилиш воситаларининг, узатиш тизимининг иши тўхтаб қолишига олиб келувчи шикастланиш жойларини аниқлаш қобилияти;

назорат қилишнинг давомийлиги.

Назорат қилиш жараёнининг сифатини миқдор жиҳатдан баҳолаш мақсадида қуйидаги кўрсаткичлардан фойдаланилади:

назоратнинг тўлалик коэффиценти (Π), объект (аппаратура ёки узатиш тизими)нинг қайси қисми назорат орқали қамраб олинганлигини кўрсатади. У назорат билан қамраб олинган элементлар сони (N_n) нинг, объектдаги элементларнинг умумий сони (N)га бўлган нисбати орқали аниқланади:

$$\Pi = N_n / N. \quad (9.32)$$

Бу ерда объект элементи деганда, алоҳида қурилмалар, функционал тугунлар, аппаратура, узатиш канали тушинилади.

Назоратнинг чуқурлик коэффиценти (\mathcal{C}) қуйидаги нисбат орқали аниқланади:

$$\{M_n\} \subset \{M\}, \text{ бўлганда } \mathcal{C} = M_n / M, \quad (9.33)$$

бу ерда M_n , объект ҳолатини аниқлаш учун назорат қилинадиган параметрлар сони; M , объект ҳолатини белгиловчи параметрларнинг максимал сони.

Назоратнинг ишончлилиги—бу назорат қилиш натижаларига бўлган ишонч даражасини белгиловчи кўрсаткичдир.

У объект параметрларини ўлчаш аниқлигига, назоратнинг тўлалиги ва чуқурлигига, халақитларнинг назорат қурилмалари ишига таъсир этишига, ўлчов ахборотини тўплаш ва акс эттириш усулларига, техник ходимларнинг малакасига ва бошқа омилларга боғлиқ. Бинобарин, ишончлилик қандайдир маънода назорат қилишнинг умумлаштирилган кўрсаткичини ўзида ифодалайди, уни ҳисоблаш формуласи, объектнинг сифат ҳолати X параметри орқали баҳоланади. Турли омиллар таъсирида бу параметрнинг қиймати вақт ўтиши билан тасодифан ўзгаради. Шунинг учун X параметр тасодифий катталик сифатида қаралади.

X объектнинг қиймати X_1 ва X_2 чегарасида бўлганда, яъни $X_1 < X < X_2$ шарт бажарилгандагина ишлаш қобилиятига эга деб ҳисобланиши мумкин. Бу шартга кўра, объектнинг техник ҳолати тўғрисида иккита гипотеза олга сурилиши мумкин: H —объект шай ҳолатда (ишга лаёқатли); \bar{H} —объект носоз ҳолатда (ишга лаёқатсиз). Объект ҳолатини назорат қилиш натижасида қуйидаги хулосаларни чиқариш мумкин:

B_1 , X параметрнинг ўлчанган ва ҳақиқий қиймати йўл қўйиладиган чегара бўлади (\bar{H} гипотеза);

B_2 , X нинг ўлчанган қиймати йўл қўйиладиган чегарада бўлмайди, ҳақиқий қиймат эса, шу чегарада бўлади, яъни $X > X_2$ ёки $X < X_2$ (H гипотеза);

B_3 , X нинг ўлчанган қиймати йўл қўйиладиган чегараларда бўлади, ҳақиқий қиймати эса, унинг ташқарисида бўлади (H гипотеза);

B_4 , X нинг ўлчанган ва ҳақиқий қиймати йўл қўйиладиган чегарадан ташқари бўлади (\bar{H} гипотеза);

Санаб ўтилган хулосаларнинг эҳтимоллик қийматларининг йиғиндиси $P(B_1) + P(B_2) + P(B_3) + P(B_4) = 1$ га тенг. R_1 ва R_2 хулосалар хато хулосалардир. Объект ҳолатини нотўғри $B = P(B_3) + P(B_4)$ имоллиги. У ҳолда, тўғри баҳолаш эҳтимоллиги:

$$B = 1 - \bar{B}. \quad (9.34)$$

\bar{B} эҳтимоллик, назорат қилишнинг ишончлиги деб аталади.

B_2 ва B_3 хато хулосалар ўзининг оқибатлари бўйича тенг қийматли бўлмаса, ишончлилик мезонида (9.34) фойдаланилмайди. Бундай ҳолларда объектни соз ёки носоз деб топиш қарорининг ишончлигини алоҳида қуйидагича нисбатлар орқали баҳолаш мумкин:

$$B_u = \frac{P(B_1)}{P(B_1) + P(B_3)}, \quad B_{un} = \frac{P(B_4)}{P(B_2) + P(B_4)}. \quad (9.35)$$

Назорат қилишнинг ишончилигини (9.34) ва (9.35) формулалар орқали аниқлаш учун B_1, B_2, B_3 ва B_4 хулосаларни қабул қилиш эҳтимолликларига эга бўлиши керак. У назорат объектнинг иши тўғрисидаги статистик маълумотлар асосида ҳисоблаб чиқилади.

Назорат қилиш вақти – объектнинг яроқчилигини назорат қилиш, назорат усуллари, назорат қилиш жараёнларини автоматлаштириш даражаси ва техник ходимларнинг малакасига боғлиқ бўлган кўрсаткичдир. Назорат қилишнинг давомийлиги кўйидаги қўшилувчиларнинг йиғиндиси орқали аниқланади:

$$t_n = t_m + t_y + t_{\text{сп}} + t_k,$$

бу ерда: t_m – назорат қилиш воситаларини ўлчашларга тайёрлаш учун зарур бўлган вақт; t_y – ўлчашлар вақти; $t_{\text{сп}}$ – ўлчаш натижаларини ҳисоблаш ва таҳлил қилиш вақти; t_k – қарор (хулоса)лар қабул қилиш вақти.

Одатда, назорат қилиш вақти тасодифий катталиқ ҳисобланади, шунинг учун у $f_k(t_k)$ тақсимлаш қонуни ёки унинг сонли параметрлари бўлган ўртача назорат қилиш вақти \bar{t}_n , назорат қилишнинг ўртача вақти, Назорат вақти дисперсияси σ_k^2 ва бошқалар орқали тавсифланиши мумкин.

Назорат қилиш вақтининг тақсимлаш қонунини билган ҳолда, назоратнинг белгиланган σ_n^2 даврда бажарилиш эҳтимоллигини аниқлаш мумкин:

$$P(t_n) = \int_0^{t_n} f_n(t) dt.$$

Назорат қилиш самарадорлиги, назоратни қўллаш фойдалилигининг умумлаштирилган кўрсаткичидир. У микдор жиҳатдан назорат мавжуд бўлганда ва бўлмаганда объект иши самарадорлигининг нисбати орқали аниқланади. Назорат қилиш самарадорлигини аниқлашнинг вариантларидан бири кўйидаги кўринишда тақдим этилади:

$$\mathcal{E}_n(t) = \frac{\mathcal{E}(t/t_n) - \mathcal{E}(t)}{\mathcal{E}_n(t/t_n) - \mathcal{E}(t)}, \quad t > t_n, \quad (9.38)$$

бу ерда $\mathcal{E}(t/t_n)$ —назорат олиб борилган t_n вақтдаги объектнинг самарадорлиги; $\mathcal{E}_n(t > t_n)$, шунинг ўзи, идеал (хатосиз) назоратда кейинги самарадорлик; $\mathcal{E}(t)$ —объектнинг назорат бўлмагандagi самарадорлиги.

$\mathcal{E}_n(t)$ қиймат бирга қанчалик яқин бўлса, назорат сифати шунча юқори бўлади. Бундай баҳолашда $\mathcal{E}_n(t)$ нинг мумкин бўлган қийматлари 0...1 доирасида бўлади. $\mathcal{E}_n(t)$ нинг нол қиймати назоратнинг йўқлигига, бир қиймати эса, идеал назоратга тўғри келади.

Объект (УТ) самарадорлигининг мезони унинг ишончлилиги ёки пул кўринишида келтирадиган фойда орқали аниқланиши мумкин.

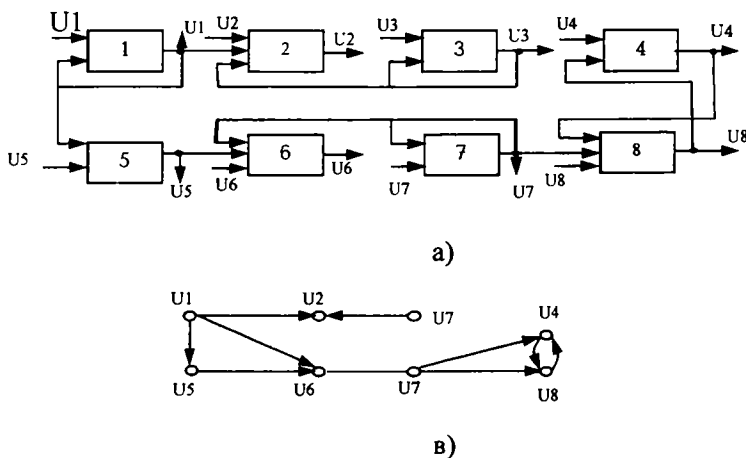
9.2.2. Назорат турлари ва усуллари

Ишлаш қобилиятини текшириш. Фойдаланиш даврида УТ аппаратураси, каналлари ва трактларининг ишлаш қобилияти турли усуллар билан текширилади. Асосан қарорлар қабул қилиш графасини тузиш ва афзал кўриш усуллари кенг тарқалган. Афзал кўриш усулида ишлаш қобилиятини назорат қилиш дастурини тузиш текширувлар тартибини аниқлашга асосланган. Тартибни танлаш принципи шундан иборатки, ҳар бир олдинги текширув мумкин қадар аппаратуранинг кўп элементлари (каналлар, трактлар, узатиш тизимлари) тўғрисида маълумот берсин. Текширувларнинг кетма – кетлиги афзал кўриш функцияси асосида тузилади. Бунда назорат қилинадиган объектнинг тузилишига боғлиқ ҳолда, ҳар бир назорат қилинадиган параметрга айрим сонлар кўйилади. Одатда афзал кўриш функцияси сифатида, олдиндан берилган индекснинг, назорат объектининг элементларини максимал сонига бўлган нисбатидан фойдаланилади. Ишлаш қобилиятини назорат қилиш дастури, афзал кўриш функцияларини пасайтириш тартибида, параметрларни текширилишини ҳисобга олган ҳолда тузилади.

Таъкидлаш керакки, афзал кўриш функциясини аниқлашнинг белгиланган усули, назорат объекти элементларининг ишламай

қолиш эҳтимоллиги ва назоратлар вақтинини бир хиллигини таъза қилади.

Ишламай қолишларнинг турли эҳтимоллигида ва турли вақтларда афзал кўриш функциясининг текширишларини амалга оширишда, текширишларни амалга ошириш вақтининг, текшириш лозим бўлган элементларни ишламай қолиш эҳтимоллигининг йиғиндисига нисбати каби ҳисобланади. Буни мисол тариқасида кўриб чиқамиз. Фараз қилайлик, аппаратура саккизта функционал тугундан иборат (9.4.а-расм).



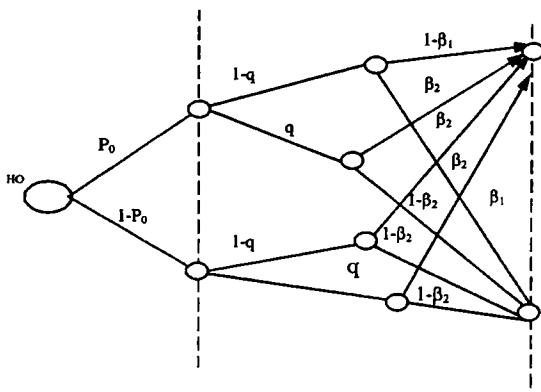
9.4- расм. Аппаратура тугунларининг ишга қобилиятлилигини назорат қилиш учун текширишлар тартибини аниқлаш.

а- аппаратуранинг электрик тузилиш схемаси;

б- аппаратуранинг чиқиш графлари.

Қарорлар қабул қилиш графасини тузиш усули, эҳтимоллик усуллари тоифасига киради. Унинг моҳияти қуйидагича:

унда P_0 – назорат объектининг соз техник ҳолатдаги эҳтимоллиги; q –назорат қилиш жараёнида назорат объекти (НО)нинг ишламай қолиш эҳтимоллиги; β_1 –соз объектни носоз объект деб топиш эҳтимоллиги; β_2 –носоз объектни соз объект деб топиш эҳтимоллиги. Кўрсатилган эҳтимолликларни мустақил деб фараз қиламиз.



9.5- расм. Қарор қабул қилиш жараёнининг графаси.

Келтирилган графадан келиб чиқадики, объектни текшири натижаларини ҳисобга олмасдан, ишга лаёқатли деб топи эҳтимоллиги қуйидагича:

$$P_{\text{натижа}} = P_0(1-q)(1-\beta_1),$$

текшириш натижаларини ҳисобга олган ҳолда эса:

$$P_{\text{н.натижаси}} = P_0[(1-q)(1-\beta_1)+q\beta_2] + (1-P_0)[(1-q)\beta_2+q\beta_2].$$

Объектни ишга лаёқатсиз деб топиш эҳтимоллиги мос ҳол қуйидагига тенг:

$$P_0 = q(1-P_0)(1-\beta_2) \quad \text{ва}$$

$$P_{\text{н.натижаси}} = P_0[(1-q)\beta_1+q(1-\beta_2)] + (1-P_0)[(1-q)(1-\beta_2)+q(1-\beta_2)] \quad \text{га тенг.}$$

$P_{\text{натижа}}/P_{\text{н.натижаси}}$ нисбат, текширишнинг ишончилигини белгилайди.

Башоратлаш назорати. Фойдаланилаётган объектни ишлаётган вақтдаги техник ҳолатини аниқлаш, башоратлашнинг асосий вазифаси ҳисобланади (грекча «башоратлаш» - аниқлаш белгилаш деган маънони англатади). Шунинг учун башоратлаш назоратининг вазифаси носозликларни излаб топиш ва уларнинг пайдо бўлиш сабабларини ўрганишдан иборатдир. Қуйидаги башоратлаш назоратининг муҳим вазифалари ҳисобланади:

- турги башоратлашланинг максимал эҳтимоллиги ва башоратлашланинг хатосининг минимал эҳтимоллигини таъминлаш;
- носозликларни излаб топиш учун шундай алгоритмни танлаш лозимки, иложи борича башоратлаш вақти минимал бўлсин;
- башоратлашланинг минимал нарҳини ҳамда меҳнат ҳажмини таъминлаш.

Техник жиҳатдан башоратлаш назорати махсус воситалар орқали амалга оширилади. Башоратлаш алгоритмлари, апаратуравий ва дастурий усуллар ва башоратлаш алгоритмларини қўллаш воситалари билан фарқланади (9.4-расм). Башоратлашланинг апаратуравий воситалари, назорат объектларига конструктив боғлиқ бўлмайди ва унга фақат башоратлашни ўтказишда уланади. Улар ташқи башоратлаш воситалари деб айтилади. Агар апаратура воситалари назорат объекти билан конструктив жиҳатидан бир бутунликни ташкил қилса, унда уларни башоратлаш киритилган (ўрнатилган) апаратура воситалари дейилади. Башоратлаш киритилган апаратура воситаларига, каналлардаги оддий ўлчашларни (сўнишларни ўлчаш ва каналда сигнал мавжудлигини текшириш) бажаришда фойдаланиладиган УТнинг устунидаги ўлчов асбоблари мисол бўлиши мумкин.

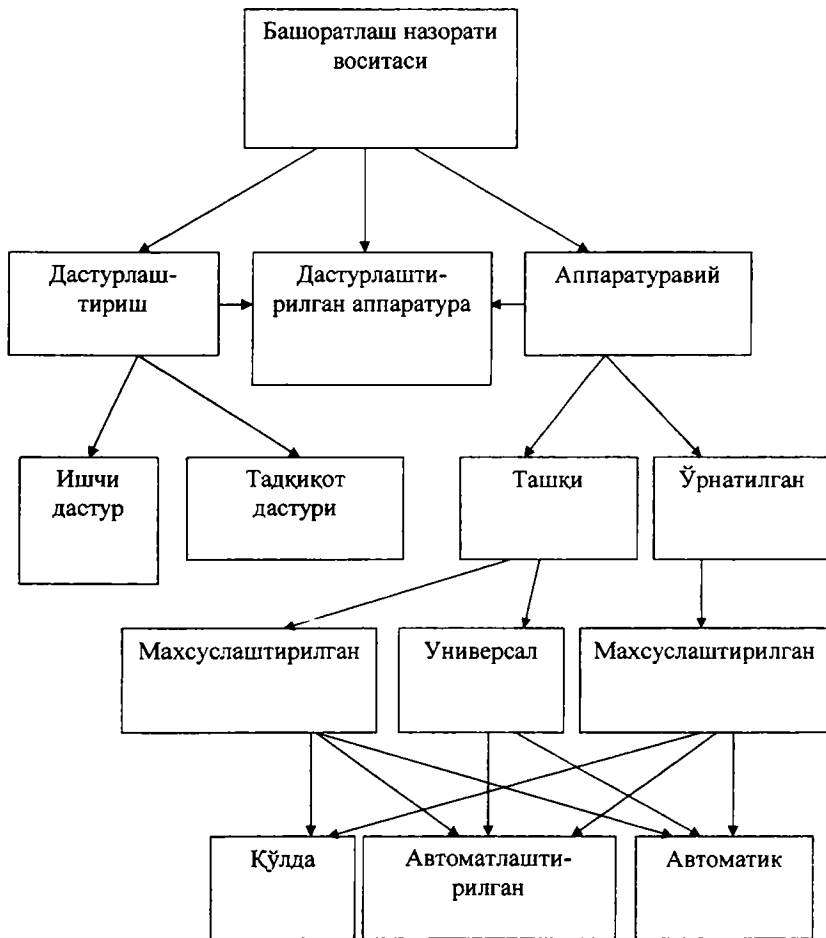
Башоратлаш назоратини ташқи апаратура воситалари орқали ўтказиш қўл, автоматлаштирилган ва автоматик ҳолда амалга ошириши мумкин. Қўл воситалари (ўлчов асбоблари) махсуслаштирилган, яъни муайян объект техник ҳолатини баҳолаш учун яроқли тарзда бажарилади. Автоматлаштирилган ва автоматик ташқи апаратура воситалари худди махсуслаштирилган каби, бир неча турли объектларнинг техник ҳолатини (тавсифлари ёки турли УТнинг узатиш трактларини) баҳолаш учун яроқли универсал воситалар бўлиши мумкин.

Башоратлаш киритилган апаратура воситалар деярли ҳар доим махсуслаштирилган бўлади ва уларда қўл, автоматлаштирилган ёки автоматик режимлар қўлланилиши мумкин.

Ҳар қандай УТ учун яроқли бўлган, апаратуравий воситалардан фарқ қилувчи башоратлаш назоратининг дастурий воситалари, каналлар ва трактларни муайян частоталар спектрида баҳолаш учун қўлланилиши мумкин. Объектнинг техник ҳолатини башоратлаб назорат қилиш мақсадлари учун махсус тузилган дастурлар, синов дастурлари дейилади. Шунингдек башоратлаш

мақсадлари учун, ишчи вазифаларини ҳал қилишда (ишчи дастурлар) ҳам қўлланилади. Бундай дастурлар рақамли узатиш тизимларида қўлланилади.

Шубҳасиз, башоратлашнинг дастурий воситаларининг самарадорлиги, уларни дастурий воситалар билан биргаликда қўлаганда, яъни башоратлаш назоратининг дастурли аппаратуравий воситалари яратилганда ошади (9.6-расмга қаранг).



9.6-расм. Башоратлаш назорати воситалари.

Узатиш тизимларидан фойдаланиш даврида, уларни башоратлаш назорати сифатини баҳолаш учун қуйидаги кўрсаткичлардан фойдаланиш мумкин:

1. Тўғри башоратлаш эҳтимоллиги

$$P_{m6} = 1 - \sum_{i=1}^m \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^m P_{i,j},$$

бу ерда m , объект ҳолатларининг сони (кўп ҳолларда $m \geq 2$ га тенг деб олинади);

$P_{i,j}$, башоратлаш хатолигининг эҳтимоллиги.

2. Башоратлашнинг ўртача оператив давомийлиги:

$$\hat{\tau}_6 = \frac{1}{N} \sum_{z=1}^N \sum_{i=1}^m \tau_{iz} P_i^0,$$

бу ерда τ_{iz} , i ҳолатда бўлган объектни башоратлашнинг ўртача оператив давомийлиги; P_i^0 , башоратлаш объектининг i ҳолатда бўлишини априор эҳтимоллиги; τ_i қиймат, ёрдамчи операцияларнинг бажарилиш давомийлигини ва хусусий башоратлаш давомийлигини ўз ичига олади.

3. Башоратлашнинг ўртача қиймати қуйидагича аниқланади:

$$\bar{c}_6 = \sum_{i=1}^m \bar{c}_i P_i^0,$$

бу ерда \bar{c}_i , i ҳолатда бўлган объектни башоратлашнинг ўртача қиймати.

4. Башоратлашнинг ўртача оператив меҳнат сиғими эса қуйидагича аниқланади:

$$\bar{Q}_6 = \sum_{i=1}^m \bar{q}_i P_i^0,$$

бу ерда \bar{q}_i , объект i ҳолатда бўлганда башоратлашнинг ўртача оператив меҳнат сигими. ўртача оператив меҳнат сигимини баҳолаш қуйидагича:

$$\bar{Q}_6 = \frac{1}{N} \sum_{z=1}^N \sum_{i=1}^m \hat{q}_{\partial i, z} P_i^0,$$

бу ерда $\hat{q}_{\partial i, z}$ - синовда i ҳолатда бўлган объектни башоратлашнинг оператив меҳнат сигими.

Ҳозирги вақтга келиб, турли хил мураккаб фойдаланиш объектларининг носозликларини излаб топиш ва техник ҳолатининг аниқ башоратлашини белгилашнинг кўплаб усуллари ишлаб чиқилган.

9.3. Узатиш тизимларига техник хизмат кўрсатиш

9.3.1. Техник хизмат кўрсатишнинг мазмуни ва усуллари

Узатиш тизимларидан фойдаланиш жараёнида, уларнинг ишончлилигини лойиҳалаш даражасини тутиб туришга қаратилган махсус тадбирлар ўтказилиши зарур. Бу тадбирларнинг амалга оширилиши **техник хизмат кўрсатиш** (ТХК) деб аталади.

Шундай қилиб ТХК, фойдаланилаётган тизимнинг таркибий қисми ҳисобланади. Узатиш тизимларининг сифат кўрсаткичларини лойиҳалаш қийматларини тутиб туриш мақсадида ишларни ташкил қилинишини ва тартибини белгиловчи ўзаро боғланган воситалар ва хужжатлар йиғиндиси **техник хизмат кўрсатиш тизими** дейилади.

ТХКни ташкил қилиш, узатиш тизимларининг ўзига хос хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда амалга оширилади. Улардан асосийлари қуйидагилар:

- УТ нинг катта масофаларга тарқалганлиги;
- линия тракти тузилишининг турлилиги (кучайтирувчи ва регенерацияловчи пунктлар ўртасидаги масофанинг ҳар хиллиги, уларнинг тузилиши ва ўлчов воситалари билан жиҳозланганлигидаги фарқ ва бошқалар);
- узатиш линияларининг турли хиллиги (турли модификациядаги толали оптик; электрик-симметрик ва коаксиал кабеллар);

- бир-биридан частоталар спектрининг кенглиги (каналлари частота бўйича ажратилган УТ) ва сигналларни узатиш тезлиги (каналлари вақт бўйича бўлинган УТ) билан фарқ қиладиган гуруҳли трактларнинг мавжудлиги. Натижада узатиш каналлари ва трактларининг ишлаш қобилияти ҳамда сифат ҳолатини текшириш учун турли хил ўлчов аппаратура ва воситаларига бўлган эҳтиёж туғилади.

ТХК операцияси бошқалардан ўзининг хусусиятлари билан, масалан ахборотни узатиш тизимларининг тарқоқлиги билан фарқ қилади.

ТХК қуйидаги тадбирларни ўзига бирлаштирган:

- УТ даги ишламай қолишлар ва носозликларнинг олдини олиш ҳамда бартараф этишни (аппаратуранинг ишончлилиги паст бўлган элементлари ва тугунларини алмаштириш, кабелли линия трассаларининг ҳолати устидан мунтазам техник кузатишни амалга ошириш ва ҳ.к.);

- узатиш каналлари ва трактларининг асосий сифат кўрсаткичларини белгиланган чегарада сақлаб туришни;

- аппаратура ва кабелларда юзага келадиган ишламай қолишлар, носозликлар ҳамда шикастланишларни бартараф қилиш орқали УТ нинг ишлаш қобилиятини тиклашни;

- норматив-техник ҳужжатларда кўрсатилган лойиҳалаш қиймат- ларига етказиш учун, аппаратура ёки унинг тугунларининг параметрларини ҳамда узатиш каналлари ва трактларининг тавсифларини созлаш ва ростлаш (тўғрилаш)ни;

- аппаратурани захира элементлар, тугунлар ва жиҳозлар билан таъминлашни;

- УТнинг техник ҳолатини назорат қилишни;

- техник хизмат кўрсатишни режалаштириш билан боғлиқ тадбирларни ўз ичига олади. Юқорида келтирилганлардан ТХК, УТнинг техник ҳолатини бошқариш бўйича ишлар мажмуасини ўзида ифолайди.

Аппаратура, кабел, узатиш каналлари ва трактларининг техник ва сифат ҳолатларини назорат қилиш жараёнида олинadиган маълумотлар, УТнинг ҳолати ҳамда таъмирлаш ишларини олиб бориш зарурлиги тўғрисидаги объектив қарор қабул қилиш, шунингдек, тавсифларнинг лойиҳалаш қийматларидан жиддий четга чиқишлари- ни ва ишламай қолишларини башоратлаш имконини беради. Башорат натижалари бўйича ТХК

операцияларини утказиш муддатларини туғрилаш мумкин. Ёунин учун у ёки бу ишларни олиб боришга олдиндан тайёргарлик қилиш лозим, бу эса УТнинг бекор туриб қолиш ва ёмонлашган сифа кўрсаткичлари билан ишлаш вақтини қисқартириш имконин беради.

ТХКни оптималлаштириш муҳим вазифа ҳисобланади, унинг ҳал қилиниши эса самарадорликни ошишига кўмаклашади. Б вазифанинг ҳал этилиш аҳамияти, меҳнат ҳажми катталиги туфайл юқори, бинобарин, УТнинг ўзига хос хусусиятлари (узо масофаларга тарқалганлиги, ҳар хил турдалиги ва ҳ.к.) била боғлиқ бўлган ТХК нархи ҳам юқоридир.

Шуниям таъкидлаш жоизки, УТга техник хизмат кўрсатишнинг анаънавий тизими, эвристик асосга биноан қурилган. У кўрсатилган талабларни маълум бир даражада кондиреди. бироқ, ТХКни анаънавий принцип бўйича ташкил қилиниши, турли ишларнинг кўплиги туфайл, қатор ҳолларда улар ҳажмини, давомийлигини в қийматини асоссиз равишда ошиб кетишига олиб келади. Шунин учун замонавий УТга хос бўлган ишончлиликни, микро процессорли техниканинг мавжудлигини ва етарли даражада ишлаб чиқилган мураккаб тизимларининг хизмат кўрсатиш назариясини ҳисобга олган ҳолда, талаб қилинган самарадорлик даражасид уни функционалликни сақлаган ҳолда, УТга техник хизмат кўрсатишда сарфланадиган меҳнатни қисқартиришга эришишга ҳаракат қилинади. Бу мақсадга эришиш ва ТХКни оптималлаштириш вазифаларини ҳал қилиш учун, хизмат кўрсатиш жараёнларининг математик моделлари аниқланади. Моделлар УТ мумкин бўлган ҳолатларини ҳамда ундан фойдаланишнинг ўзини хос хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда тузилади. Умумий хусусиятларга эга бўлган турли УТнинг мавжудлигида фойдаланган ва уларга умумий талаблар қўйган ҳолда, намунавий вазиятлар аниқланади. Улар математик моделлар ишлаб чиқиб асосини ташкил қилади.

Одатда, УТнинг математик модели, унинг беқарорлаштирувчи омиллари каби (таъминот кучланишининг, атроф-муҳит ҳароратининг ўзгариши, элементларнинг эскириши, ҳалақитларнинг таъсири ва бошқалар), техник ходимнинг таъсири натижасида ҳам бир ҳолатдан бошқасига ўтиш жараёнини тавсифлайди. Масалан баргараф қилинадиган ишламай қолишлар ва юзага келувчи оқимларга нисбатан, УТнинг умумий математик моделини

қуйидаги кўринишда тасаввур этиш мумкин: фараз қиламиз, ишламай қолишлар орасидаги вақт ораликлари, $F(t)$ тақсимлаш функцияга боғлиқ бўлмаган тасодифий миқдор ва ТХК даврлари орасидаги ораликлар ҳам шунингдек боғлиқ эмас, лекин $G(t)$ тақсимлаш функциясига эга. У ҳолда бир хил тақсимланган миқдор, ишламай қолишларни бартараф қилиш ёки қатор носозликларнинг олдини олишга қаратилган ТХК операцияларини ўтказиш орқали, УТни тиклаш ораликларининг тақсимланиши $V(t)=1-[1-G(t)][1-F(t)]$ билан ифодаланади.

ТХКни оптималлаштириш вазифасининг моҳияти, белгиланган чеклашларни ҳисобга олган ҳолда, УТнинг қандайдир сифат кўрсаткичини экстремумини топишдан иборат. Масалан, заифа шундан иборат бўлиши мумкинки, $G(t)$ тақсимланиш қонунини аниқлашда, УТ нинг сифат кўрсаткичи максимал қийматга эга бўлсин.

Техник хизмат кўрсатиш усуллари. Дастлабки узатиш гизимларини яратиш ва фойдаланиш даврида, амалда юзага келган бузилишларни зудлик билан бартараф қилиш принципига асосланган, хизмат кўрсатишни қайта тиклаш усулларида кенг қўлланилган. ТХК нинг бундай усулнинг камчилиги: техник содимларнинг меҳнатга сарф қилинадиган катта эҳтиёжи; юқори малакали техник ходимларнинг станцияларда навбатчилик қилиш зарурияти; линия трактларидаги бузилишларни (кабелнинг шикастланиши, хизмат кўрсатилмайдиган пунктларда аппаратуранинг ишламай қолиши ва бошқалар) бартараф қилишнинг узок давом этиши. Бундай жиддий камчиликларнинг мавжудлиги, янада илғор профилактик усулларга ўтиш учун асос бўлиб хизмат қилади.

Умумий маънода профилактик хизмат кўрсатиш (ёки профилактика) деганда, УТ даги бузилишларнинг олдини олишга ва унинг бузилмасдан ишлаш вақтини узайтиришга қаратилган тадбирлар йиғиндиси тушунилади. Аниқроқ қилиб айтганда, профилактик хизмат кўрсатиш, аппаратуранинг айрим тугунларини, узатиш линиялари участкаларини, чиқиш параметрларини назорат қилиш ва ростлаш, талабга жавоб бермайдиган айрим элементларни соз элементлар билан алмаштиришни талаб қилмайдиган оғохлантирувчи кузатишлар йиғиндисидан иборат.

УТ га техник хизмат кўрсатишнинг профилактик усули, узатиш қисми тўғрисидаги объектив маълумотларни яъни бузилмасдан ишлаш ва таъмирлашга яроқлилик кўрсаткичларини, унинг

специфик хусусиятларини (тузилиши, бузилишлар индикаторида олинадиган ахборотнинг мазмуни, линия трактларининг тури, электрик ёки оптик эканлиги) ҳамда фойдаланиш шароитларин ҳисобга олган ҳолда амалга оширилади. Профилактик хизма кўрсатишнинг асосий вазибаларидан бири, бузилишлар пайд бўлишига олиб келувчи сабабларни таҳлил қилиш ҳисобланади. Бузилиш (носозлик)ларнинг юзага келиш қонуниятларини билиш илмий асосланган тарзда хизмат кўрсатиш ва бузилишларнинг олдини олиш имконини беради. Жумладан, бузилишларни олдиндан билиш ва бартараф қилиш жиҳатидан, аста-секин бузиладиган ва тўсатдан юзага келадиган бузилишларга бўлиш мумкин. Аста-секин юзага келадиган бузилишларни, функционал блок-нинг ёки умуман аппаратуранинг параметрларидан бирини вақт бўйича ўзгаришини кузатиш орқали башорат қилиш мумкин. Масалан, лазерли нурланиш манбаларининг асосий тавсифларида бири бўлган нурланиш қуввати, вақт ўтиши билан деградиация натижасида камаяди. Бу пировардда унинг бузилишига олиб келади. Чиқишдаги нурланиш қувватини ўзгариш тавсифини (чиқиш тезлигининг камайишини) билиш, амалий мақбул аниқлик билан нурланиш манбасини алмаштириш вақтини аниқлаш имконини беради. Тўсатдан юзага келадиган бузилишларни ҳам уларнинг юзага келиш қонуниятларини аниқлаш имконини берадиган маълумотлар асосида бартараф қилиш мумкин.

Шундай қилиб, профилактик хизмат кўрсатишда башоратловчи параметрлар маълум бўлса, аста-секин ва тўсатдан юзага келадиган бузилишларни бартараф этиш имконияти мавжуд. Шунингдек профилактик хизмат кўрсатиш жараёнида, илгари сақланган вақтда ёки ишлаш жараёнида пайдо бўлган шикастланиш ва нуқсонлар ҳам бартараф қилинади. Албатта, УТга профилактик хизмат кўрсатишда аста-секин юзага келадиган бузилишларнинг олдини олиш осонроқ, чунки назорат қурилмалари индикаторининг маълумотлари бўйича башоратловчи параметрларнинг ўзгаришини визуал асбоблар ёрдамида кузатиш мумкин.

Профилактик хизмат кўрсатиш самарадорлиги (Эп.х)ни аниқлашнинг бир неча вариантлари мавжуд. Улардан бири фойдаланиладиган объектнинг профилактикага ва ундан кейин бузилмасдан ишлаш эҳтимоллигини нисбатини ҳисоблаб чиқишдир.

$$\mathcal{E}_{n,x} = \frac{P(t_{n,x} + \tau_{n,x})}{P(t_{n,x})} \quad \text{ёки} \quad \mathcal{E}_{n,x} = \frac{\prod_{i=1}^m P_i(t_{n,x} + \tau_{n,x})}{\prod_{i=1}^m P_i(t_{n,x})}$$

бу ерда $t_{n,x}$ —профилактик хизмат кўрсатиш ўтказиладиган вақт (профилактиканинг давомийлиги); $\tau_{n,x}$ — профилактик хизмат кўрсатиш давомийлиги; m —фойдаланиладиган объектларнинг элементлари сони.

Кабелли линиялар бўйича ишлайдиган узатиш тизимларида турли профилактик ишлар олиб борилади. Уларнинг тўлиқ рўйхати тегишли техник фойдаланиш йўриқномалари ва қондаларида келтирилади. Мисол сифатида техник ходимлар томонидан олиб бориладиган қуйдаги ишларни кўрсатиш мумкин:

- апаратура ва умумстанциявий қурилмаларни (кучланиш билан таъминланувчи сигнализация занжири, захира апаратуралар ва эҳтиёт блокларнинг частота берувчи генератори, хизмат талаб қилмайдиган кучайтиргич пунктларининг апаратураси ва х.к.) созлигини даврий текшириш;

- фойдаланиш жараёнида юзага келувчи, электрик параметрларнинг белгиланган меёрлардан четга чиқишларини аниқлаш ва бартараф этиш мақсадида линия иншоатларини электр ўлчовларини назорат қилиш;

- УТ ларининг кабелли линиялари ва оралиқ пунктлар (станциялар)ининг меёрдаги ҳолатини таъминлаш юзасидан ишлар.

Профилактик хизмат кўрсатиш бўйича барча ишлар ёки операциялар режали-олдини олиш тавсифига эга, чунки улар УТнинг тайёрлик коэффициентини максимал қийматини таъминлаш мақсадида олиб борилади.

Фойдаланиш хусусиятларига ва УТ нинг ишончилилик ва сифат кўрсаткичларига қўйиладиган талабларнинг қатъийлик даражасига боғлиқ ҳолда, профилактик хизмат кўрсатиш учун у ёки бу принцип аниқланади, амалда профилактик хизмат кўрсатишнинг қуйдаги принциплари қўлланилади:

тақвимий, бунда ишлар маълум кун, ҳафта, ой оралатиб олиб борилади;

ишлаш муддати бўйича ишлар, апаратура ёки умуман УТ, кўрсатилган соатларда ифодаланадиган ишлаш муддатига эришилгандан кейин ўтказилади (бундай принцип асосан, тўзиш ва

эскириш натижасида бузилишлар юз берадиган объектларга хизмат кўрсатишда фойдаланилади);

аралашган, бунда ишларнинг бир қисми маълум бир тақвимли вақт оралиқларидан кейин, бошқа бир қисми эса, фойдаланилаётган объектнинг ишлаш муддатига мувофиқ амалга оширилади.

Профилактик хизмат кўрсатишнинг тақвимий принципи, объектнинг ишлаш муддати ва ундан фойдаланишнинг жадаллигини ҳисобга олмаган ҳолда амалга оширилади. Принципнинг ижобий томонига ишларни режалаштиришнинг соддалиги, ишлаш принципининг камчилигига эса қўлланилаётган объектдан фойдаланиш жадаллигининг ҳисобга олишнинг йўқлигида ва ишларни режалаштиришнинг мураккаблиги киради.

Аралашган принцип бирмунча мослашувчанроқ. Унда дастлабки икки принципнинг камчиликлари камроқ даражада намоён бўлади, шу вақтнинг ўзида у уларнинг афзалликларини ўзида мужассамлайди.

Профилактик хизмат кўрсатишнинг асосий кўрсаткичларига қуйидагилар киради: бажаришнинг даврийлиги- t'_n ; барча операцияларнинг давомийлигини йиғиндиси- t'_{nx} ; меҳнат ҳажми- Q_{nx} , хизмат кўрсатиш операцияларининг маълум бир сонига сарфланадиган меҳнат ҳажми; профилактик хизмат кўрсатиш (профилактика) нархи - C_{nx} .

УТ ишончилигининг юқори даражасини таъминлаш нуқтаи назаридан, профилактик хизмат кўрсатишни иложи борича камроқ ўтказиш керак, яъни t'_n нинг қиймати катта, хизмат кўрсатишнинг барча операцияларининг давомийлигини йиғиндиси эса имкон қадар қисқа бўлиши керак. Бунда Q_{nx} ва C_{nx} нинг қийматлари ҳам имкон қадар кичик бўлгани маъқул. Бу ҳолда УТдан фойдаланиш коэффиценти бирга яқин бўлади. Бироқ, t_{nx} катта бўлганда, УТнинг ишончилик кўрсаткичларининг қийматлари йўл қўйиладиган чегарадан ташқарига чиқиши, $I_{n,x}$ давомийлиги кам бўлганда, мавжуд нуқсонларни аниқланмаслик эҳтимоллиги ортиши ҳисобига хизмат кўрсатиш сифати ёмонлашиши мумкин. Бундан ташқари, УТ нинг кенг тарқалганлиги (хизмат талаб қилмайдиган кучайтиргич пунктлари ва хизмат талаб қилмайдиган регенерациялаш пунктларининг мавжудлиги ва улар орасидаги масофанинг катталиги) меҳнат ҳажмини ва хизмат кўрсатиш нархини ошишига қўмаклашади.

УТ дан фойдаланиш коэффициентини ошириш ва бир вақтнинг ўзида ишончилигининг зарур даражасини сақлаб туриш анча зиддиятли масала. Албатта, юқорида кўрсатилган ҳолатлардан t_0 ва $t_{\text{нх}}$ нинг оптимал қийматларини топиш мумкин. Бироқ улар жуда кам нисбий тавсифда бўлади, негаки, УТ га профилактик хизмат кўрсатишнинг меҳнат ҳажми ва қиймати, кўрсаткичларнинг юқори қийматлари билан тавсифланади.

Профилактик хизмат кўрсатиш усулини қўллаш тажрибаси шуни кўрсатдики, унинг ишларини олиб боришга УТ нинг ишлаш вақтини 3 фоизи сарфланар экан; унинг операцияларини бажаришда қўл меҳнатига катта харажат талаб қилинади ва ниҳоят у, техник ходимнинг меҳнат унумдорлигини ошишига етарли даражада кўмаклашмайди. Лекин шунга қарамай, профилактик хизмат кўрсатишнинг қатор операциялари, айниқса, (аппаратура ва кабелда) нуқсонларни эрта аниқлаш ҳамда бузилишларнинг олдини олиш, энг катта эътиборга лойиқ.

Иқтисодий ва меҳнат унумдорлигини ошириш нуқтаи назаридан техник хизмат кўрсатишнинг назорат-тузатиш усули энг илғор ҳисобланади. Бу усулнинг жорий қилиниши, УТ нинг ҳолатини акс эттириши ҳамда техник ходимга реал вақт масшабда ахборот бериши мумкин бўлган, автоматик ва автоматлаштирилган назорат ўлчов воситаларини қўллашни талаб қилади. Назорат-тузатиш усулининг умумий концепцияси қуйидаги асосий қондаларга асосланган:

- назорат воситалари аралашуви лозимлиги тўғрисидаги сигнални бергунга қадар, техник ходим аппаратура, узатиш каналлари ва трактларининг параметрлари ва тавсифларини тўғрилаш ёки носозликларни бартараф қилиш мақсадида УТ ишига аралашмаслиги;

- сифат кўрсаткичларининг жорий қийматларини белгиланган меёрларга мослигини аниқлаш мақсадида, ускуналар ва узатиш иншоатлари, трактлари ва каналларининг сифат ҳолатини мунтазам назорат қилиш.

Бузилиш ва шикастланишлар, шунингдек аппаратуранинг, узатиш каналлари ва трактларининг сифат ҳолати тўғрисидаги ахборот, турли гуруҳларга бўлинади, улардан типик бўлганлари қуйидагилар: авария ҳолати сигналлари; гуруҳли ускуналарнинг ишлаши ва линия иншоатларининг ҳолати тўғрисидаги маълумотлар; турли кўринишдаги хабарларни узатувчи сигналларнинг

сифати тўғрисидаги маълумотлар, техник имконият кўрсатиш сифати тўғрисидаги маълумотлар. Бундай ахборотларни олиш, мос келувчи назорат датчикларида автоматик тарзда узлуксиз ёки маълум би- вақт оралиғида таъминланади. Назорат сигналларини қайта ишлаш ва таҳлил қилиш учун ҳисоблаш техникаси воситалари, биринчи навбатда, микропроцессорлар, мини ва микро ЭХМ лар кен қўлланилади.

ЭХМ ларнинг қўлланилиши, аппаратуранинг айрим блок ларини ишлаш қобилияти, ресурс ҳамда УТ каналлари ва трактлари бўйлаб сигналларни узатиш сифати тўғрисидаги маълумотларни те- ва оператив тарзда йиғиш, тўплаш ва таҳлил қилиш имконини беради. Олинадиган ахборот асосида техник ходим УТ ҳолати ва ишлашини яхшилаш бўйича оператив тарзда зарур чорала- ш имкониятига эга бўлади.

Назорат-тузатиш усулидан фойдаланган ҳолда, УТ га техник хизмат кўрсатишнинг умумий схемаси 9.8-расмда кўрсатилган.

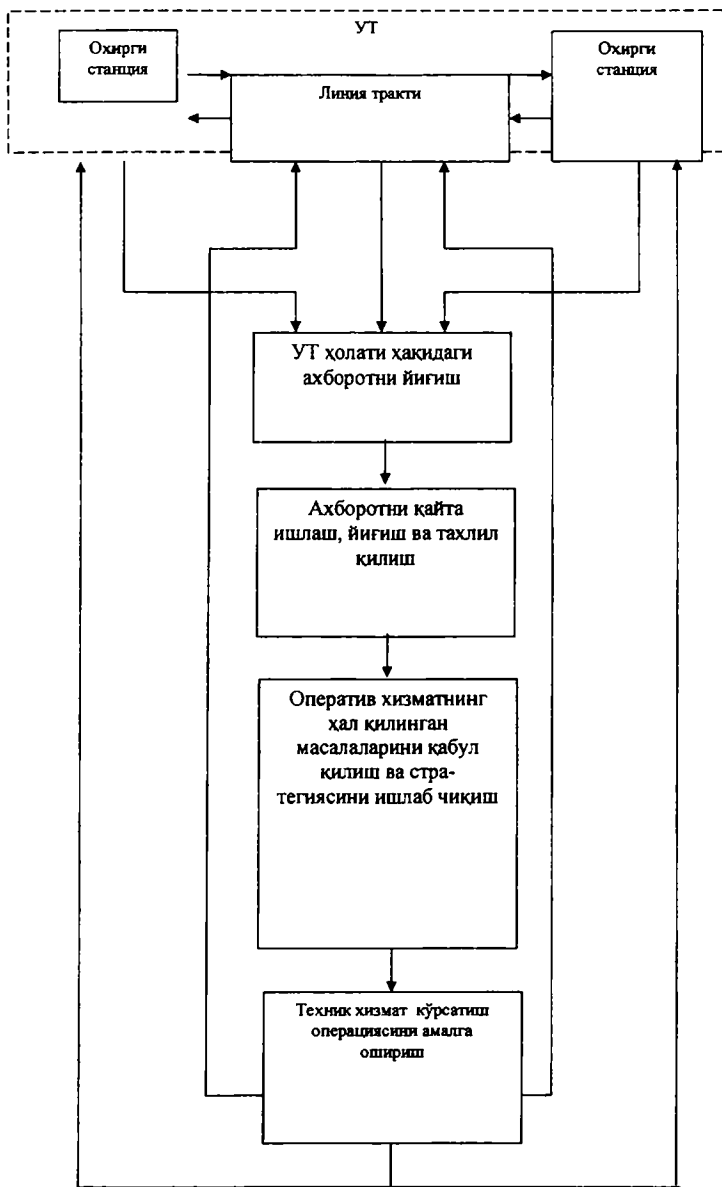
Қарор қабул қилиш, маъмурий хизмат кўрсатиш стратегияси ва тактикасини ишлаб чиқиш, хизмат кўрсатишнинг мўлжалланган операцияларини бажариш, нафақат техник ходим томонидан, балки ҳисоблаш техникаси ва автоматик воситалар ёрдамида ҳам бажарилади.

Профилактик хизмат кўрсатиш усулидан фарқли равишда назорат-тузатиш усулида, аппаратура ва кабелдаги нуқсонларни аниқлаш бўйича ишлар бажарилмайди. Ҳозирги вақтда профилактика усули, магистрал ва зона алоқа тармоқларининг УТ га техник хизмат кўрсатишнинг асосий усули ҳисобланади. Алоқанинг айрим йўналишларида назорат-тузатиш усулининг элементларидан ҳам фойдаланилмоқда.

Техник хизмат кўрсатиш ишлари қуйидагича амалга оширилиши мумкин:

марказлаштирилган ҳолда, техник ходим томонидан ва бирламчи тармоқ корхоналарининг бирорта бўлинмаларининг воситалари ёрдамида;

марказлаштирилмаган ҳолда, техник ходим томонидан ва бирламчи тармоқ корхоналарининг бир нечта бўлинмаларининг воситалари ёрдамида.



9.8-расм. Назорат-тузатиш усулидан фойдаланган ҳолда УТга техник хизмат кўрсатишнинг умумий схемаси.

У ёки бу усул қўлланилишининг мақсадга мувофиқлиги, ҳар бир усулнинг техник-иқтисодий кўрсаткичларини аниқ ҳисоб-китоби асосида белгиланади. Марказлаштирилган усулдан унча узун бўлмаган (500-600 кмгача) алоқа магистралларида, марказлаштирилмаган усулдан эса, катта узунликдаги (600 кмдан ортик) магистралда фойдаланиш қулайлигини ҳиссий тарзда фараз қилиш мумкин.

9.4. Телекоммуникация тармоқларини бошқариш концепцияси бўйича асосий маълумотлар

Телекоммуникация тармоқлари жуда кўп элементлар (тугунлар, алоқа кабеллари, линиялар)га эга бўлган, тарқалган тармоқ бўлганлиги учун, бундай тармоқни унинг компонентларини рад этиш мувозанатини ошириш ҳисобига ишончлилигини таъминлаш мумкин эмас. Лекин самарали бошқарув тизимларини киритиш ҳисобига унинг ишончлилигини ошириш мумкин. Тармоқни бошқариш тизимлари ҳар қандай вақтда минимал харажат билан сервисга етказиш учун лозим бўлган сатҳга эришиш мақсадида режалаштириш, маъмурийлаштириш, таҳлил қилиш, фойдаланиш ва тармоқни ривожлантириш учун ресурсларни ажратиши ва мувофиқлаштириши лозим. Бошқариш концепциясининг асосий тамойилларини кўриб чиқамиз.

Телекоммуникация тармоқларини бошқариш концепцияси (TMN-Telecommunication Management Network) тармоқдан самарали фойдаланишни ва кафолатланган сифат билан хизмат кўрсатишни таъминлашни қўллаб-қувватлаш мақсадида яратилган.

Бошқариш тизими асосини кўп сатҳли тамойиллар (бошқариш иерархияси) ташкил қилади. Бошқариш тизими тўлиқ кўринишда амалга оширилмаган, унинг фақат айрим фрагментлари мавжуд. Лекин бошқариш тизими идеологиясининг ўзи уни босқичма-босқич, модул бўйича қуриш имкониятини беради. Мазкур босқичда, асосан, тармоқ элементлари ва умуман тармоқни бошқариш масалалари ҳал этилмоқда. Алоқа тармоғининг асосий вазифаси – транспортдир. Унда манбадан миқозга маълумотни узатиш амалга ошади. Бунда алоқа тармоқлари ишлашининг асосий тасвирлари, фойдаланувчига маълумотларни ўз вақтида ва тез етказиш, маълумотларнинг ишончлилиги ва алоқанинг бузилишига мувозанатидир.

Тармоқнинг самарали ишлашига, яъни кам харажат ҳисобига (материал, молиявий) берилган параметрлар билан маълумотларни транспортлаштириш бўйича вазифаларни таъминлашга эришиш учун, алоқа жараёнидан фойдаланувчиларнинг эҳтиёжларини аъло даражада қондириш мақсадига қатор муаммоларни ҳал этиш зарур, булар тармоқ параметрлари, унинг заҳиралари ва уларнинг берилган алгоритмлари ва дастурларига мос равишда ўзгаришини назорат қилиш ва кузатиш йўли билан бошқариш тизимида амалга оширилади.

9.4.1. Бошқариш тизимининг асосий тамойиллари

Электр алоқа тармоғини бошқариш концепцияси- TMN 1988 йилда ХТИ да қабул қилинган бўлиб, кейинчалик қатор ўзгаришлар ва такомиллаштиришларни бошидан кечирди. Мазкур концепция бошқаришнинг 4 босқичига таянади: бизнес бошқариш ёки маъмурий босқич (юқори босқич), сервис ёки хизматларни бошқариш, тармоқ элементларини бошқариш (паст босқич). Пастдан юқоригача барча босқичлар ўзаро боғланган.

Масалан, тармоқ элементларини бошқариш босқичи кейинги босқичлар учун тармоқ ҳолати ҳақидаги манба ҳисобланади. Кейинги босқичда тармоқ ва унинг алоҳида бўлимларини бошқариш масалалари очилади. Маҳаллий аҳамиятга эга бўлган тармоқ, ҳаммаси бўлиб 2 босқичга (тармоқ элементларини бошқариш ва тармоқни бошқариш ҳамда бизнес-хизматлар),

9.3-жадвал

TMN ни бошқариш босқичлари	Бошқариш масалалари (TMNнинг функционал соҳалари)				
	Тармоқ конфигурацияси	Тармоқ шикастланишини бартараф этиш	Тармоқ сифати	Тармоқ ҳисоб-китоби	Тармоқ ахбороти химояси
Маъмурий (бизнес)	X		X	X	X
Хизматлар (сервис)			X		
Алоқа тармоғи	X	X	X	X	
Тармоқ элементлари		X	X		X

минтақавий тармоқлар 3-босқичга, магистрал тармоқлар эса 4-босқичга эга. TMN моделлари ва стандартларида 2 пастки босқич масалаларига кўпроқ эътибор берилган. Бошқаришнинг ҳар бир босқичи қатор масалаларни ҳал этишга мўлжалланган (9.3-жадвал).

9.4.2. Бошқариш тизимларининг техник воситалари ва ахборот-дастурий таъминоти

TMN нинг умумий архитектураси 3 аспектга эга: функционал, ахборот ва физик. TMN нинг ахборот архитектураси ўзига бошқаришнинг ахборот моделини бирлаштиради. Мазкур моделда ахборотни сақлаш, таҳрир қилиш ва унга ишлов бериш асосида ресурсларни бошқариш ҳақидаги тасаввур берилади.

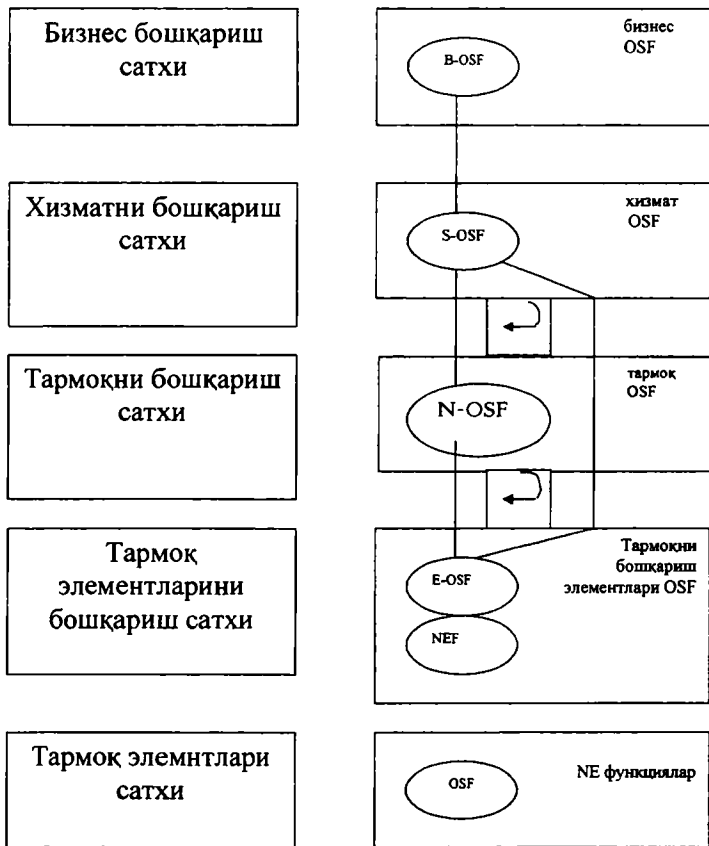
Объектларни бошқаришда ахборот алмашуви, менеджер агентнинг ўзаро боғлиқлигидан фойдаланишни назарда тутлади. Агар менеджер операцияларни бошқаришга буйруқ жўнатса, тасдиғини олади. Агент, бу жараённинг шундай қисмики, унда мос келувчи бошқариладиган объектлар бевосита бошқарилади. Агент, менеджер томонидан жўнатилган буйруқларни бажаради ва билдиришномани юборган ҳолда ўзига қарашли объектлар ҳақида менеджерга хабар беради.

Ҳар бир объект, маълум бир объектлар синфига тегишли, объектлар йиғиндиси эса ўзига хос хусусиятларни мерос қилиб олган иерархияни кўрсатувчи дарахт кўнишида тасаввур қилинади. Тармоқ элементларини бошқариш учун, ахборот бошқариш базаси (АББ) мавжуд. Объектлар бошқариш жараёни учун зарур бўлган тармоқ ресурсларига ва қўллаб-қувватлаш объектларига тегишли бўлиш мумкин. Қўллаб-қувватловчи объектлар бошқариш жараёни учун зарур. Қўллаб қувватловчи объектлар синфи такомиллаштирилган. Уларни турли сатҳларда, турли объектларни бошқаришда ишлатиш мумкин. Тармоқ элементлари сатҳида ва тармоқни бошқариш сатҳида транспорт тармоқлари конфигурацияларини бошқариш дастурлари учун махсус тавсия ва кутубхоналар мавжуд.

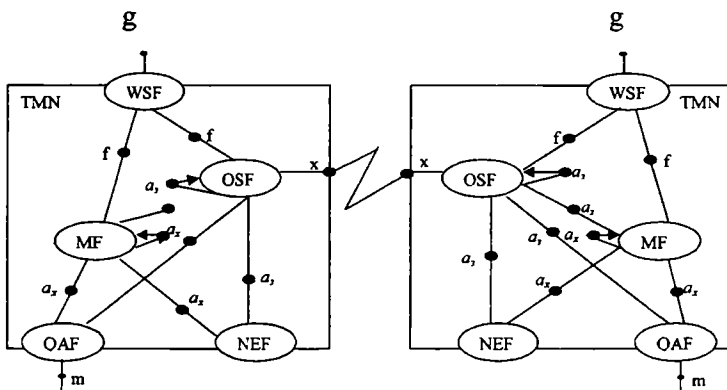
TMN нинг функционал архитектураси функционал блоklar ва улар ўртасидаги эталон нуқталарни белгилайди (5-боб да қараб чиқилган).

Физик архитектура, эталон нуқталар ва мос функционал блоklarни физик қўллашдан иборат бўлган интерфейслар ва компонентлар билан таърифланади. Операцион тизимлар, тармоқ

элементларини бошқариш бўйича вазифаларни бажариш учун керак бўлган ахборотга ишлов бериш, сошлаш ва қидиришларни амалга оширади. Ишчи станциялар, хизмат кўрсатувчи ходимларни бошқариш тармоғи билан ўзаро алоқасини таъминлайди. Медиаторлар, оралик ишлов бериш ва ўзгартирилган, берилган баённомаларни сақлаш учун хизмат қилади. Q-адаптерлар, интерфейсларда кўзда тутилмаган мавжуд элементлар билан ўзаро ишлашга мўлжалланган. 9.9-расмда TMN ва операцион тизимларнинг функционал иерархияси кўрсатилган.



9.9.а, б-расм. TMN ва операцион тизимларнинг функционал иерархияси.



9.10-расм. Ўзаро боғланган иккита TMN нинг функционал блоклари ўртасидаги таянч нуқталарининг кўриниши.

9.10-расмда: WSF-ишчи станциялар функцияси; OSF - бошқарувчи тизим функцияси; MF--туташув қурилмасининг функцияси (медиатор функцияси); QAF-Q-адаптер функцияси; NEF-тармоқ элементининг функцияси; f- WSF ни OSF ёки MF га улаш учун таянч нуқта; g-WSF ва истеъмолчи орасидаги таянч нуқта; x-иккита TMN га тегишли бўлган OSF лар орасидаги таянч нуқта; q3-Q адаптер ёки тармоқ элементига эга бўлган маълумотларни узатувчи алоқа тармоғи учун таянч нуқта.

9.4.3. Телекоммуникация тармоқларида техник бошқаришни қўллаш

Рақамли телекоммуникация тизимлари асосида тузилган, замонавий телекоммуникация транспорт тармоқларини бошқариш тизимларининг универсаллиги шундан иборатки, у операторга кўпгина имкониятларни яратиб беради. Шулар жумласига қўйидагилар киради:

- вақтнинг реал масштабида авария хабарларини йиғиш ва таҳлил қилиш;
- мониторинг ўтказиш ва узокдаги тармоқ элементини (блок даражасигача) конфигурациялаш;

- бошланғич ва охирги нуқталарни кўрсатган ҳолда автоматик равишда алоқа каналини ҳосил қилиш;
- алоқани бузмаган ҳолда канал сифатини назорат қилиш;
- носозликларни излашни самарали амалга ошириш;
- олдиндан хабар берувчи тармоқни яратишни енгиллаштирувчи «нуқта-кўп нуқта» туридаги каналларни қуриш (худди шундай КТВ ни);
- алоқани узмаган ҳолда канал конфигурациясини тахрир қилиш;
- алоқани бузмаган ҳолда тармоқни бошқарув марказидан, тармоқнинг охирги қурилмаларини янги турдаги дастурий таъминотга ўтказиш.

SDH тармоқларида бошқарув тармоқларини яратишда, тармоқнинг ҳар бир элементи (мультиплексор, коммутатор, концентраторлар) бошқарувчи тармоққа уланиш учун ўзининг манзилига эга бўлиши лозим. Бу тармоқни бошқариш тизимига ёки тармоқ элементини бошқариш тизимига уланиш имконини беради. Тармоқ элементлари сони бошқарув тизими нуқтаи назаридан чегараланган. Шунинг учун тармоқ унча катта бўлмаган элементлар сонига (100дан ортиқ бўлмаган) эга. Агар бошқариш элементларининг сони 100дан ортиқ бўлса, унда тармоқ, тармоқчаларга ажратилади.

Тармоқда бир қанча ташқаридан бошқарилувчи соҳалар мавжуд бўлса, маркази ташқари соҳага нисбатан қулай ҳолатда жойлаштирилган тармоқни бошқариш топологияси, юлдузсимон бўлиши, ташқи тармоқ бошқарувини қўллаганда Ethernet маълумотларини узатиш тизимлари ҳам ўзаро боғланган бўлиши мумкин. Бу тизим ўзининг жуда соддалиги ва қурилмаларнинг арзонлиги билан тавсифланади. Лекин кўпгина ҳолларда сарлавҳада катта хажмдаги захиранинг мавжудлиги туфайли SDH тизимининг ички тармоғини ишлатиш ҳам мумкин. STM-1 сарлавҳаси 81 байтдан иборат, маршрут сарлавҳаси (РОН) AU-4да яна 9 байтни ўз ичига олади.

Расмда STM-1 нинг секция ва маршрут сарлавҳалари кўрсатилган, бўялган байтлар эса SDHнинг регенерациялаш ва мультиплексорлаш секцияларини бошқариш шунингдек AU-4 сарлавҳасининг маршрут ва кўрсаткичлари учун қўлланилади.

Байтларнинг умумий узатиш тезлиги:

$$B = 54 \text{ байт} * 8 \text{p} * \text{кбит/с} = 3456 \text{ кбит/с},$$

бу бошқарув тармоғидаги маълумотларни узатиш тизими учун етарли бўлиши мумкин.

SON				POH			
			E1			F1	
C1			D2			D0	
							F2
D4			D5			D6	
D7			D8			D9	
D1			D1			D1	
0		1			2		
						E2	

9.11 -расм. SON ва POH байтлари ва уларни ишлатиш имкониятлари.

Телекоммуникация узатиш тизимларини бошқариш элементи - тармоқ менеджери

Тармоқ менеджери (NM-Network manager), бу телекоммуникация узатиш тизимлари қурилмаларини ишлаб чиқарувчилар тамонидан тармоқ мониторинги ва бошқариш учун яратилган амалий дастурий маҳсулотдир. У, OSI тармоқ сатхи моделида тармоқ бошқарувини бир қатор бошқариш функцияларини ва вазифаларини амалга оширади. Улар таркибига қуйидагилар кирди:

- мониторинг-маршрутни текшириш (узатиш трактида);
- тармоқ топологиясини бошқариш;
- тармоқ сервисини амалга ошириш ва NE тармоқ элементларидан тушган ахборотларни қайта ишлаш. NM амалга оширадиган бошқариш функцияси бир қанча стандарт ва тавсияларга мос келади. Қуйидагилар шулар жумласидандир: ITU-T G.784, M.3010 X.217, X.227 ва бошқалар.

NM куйидагиларни амалга оширади:

- авария хабарларини қайта ишлаш;
- ишчи тавсифларни бошқариш;
- конфигурацияни бошқариш;
- тармоқнинг хизмат дастурини ва унинг элементларини тестлаштиришни бошқариш;
- тизим хавфсизлигини бошқариш.

Авария хабарларини қайта ишлаш

Бу операциянинг имкониятлари:

- авария хабарлари журналининг тутиш ва уни белгиланган мезонларга мослигини қараб чиқиш, масалан, берилган маълум бир вақт оралиғида танланган NE учун;
- жорий авария хабарларининг танланган мезонлар билан мослигини қараб чиқиш;
- авария хабарларининг маълум бир жиддийлик даражасини ўрганиш (масалан, ахборот мезони, бош ахборот, иккинчи даражали ахборот).

Авария хабарларини қайта ишлаш хусусиятлари уларни ниқоблаш яъни «ниқоб»ни яратиш имкониятидир. Бу, керакли бўлган хабарларни йиғиш учун, экранда акс этувчи авария хабарларининг маълум турларини ва жиддийлик даражасини ўзгариш имконини йўқотади.

Ишчи тавсифларни бошқариш

Бу операция операторга ёки тармоқ менеджерига куйидаги имкониятларни беради:

- аниқ бир объект учун, ишчи тавсифлар орқали якуний маълумотларга эга бўлган ойнани очиш ва қараб чиқиш;
- аниқ бир объектнинг ишчи тавсифларининг динамик ўзгаришини қараб чиқиш;
- OOS хизмат сифатини тавсифларини аниқлаш учун вақт оралиғини белгилаш.

Конфигурацияни бошқариш

Бу операциянинг имкониятлари:

- локал, режалаштирилган (линия-порт/порт-линия) ва ўртадаги кросс-коммутациялашда кириш/чиқиш функцияларини қўллаш, киришдан чиқишга тўғри узатиш ва олдиндан хабар бериш учун уланишни амалга ошириш хисобига, ҳар қандай рухсат этилган ўзига хос кросс-коммутацияловчи триб портлари ва тармоқлари орасида вақтли алоқани яратиш/йўқотиш;
- объектнинг ўзига хос хусусиятларини ўрганиш ва такомиллаштириш;
- жавонда (ёки кассетада) жойлашган жиҳозларни мос келувчи слотларига алмаштирилувчи блокларни белгилаш;
- эталон сифатида, мумкин бўлган синхронизация манбасини танлаш;
- тармоқ элементларини ва тармоқ топологиясини конфигурациялаш.

Тармоқнинг хизмат дастурини ва унинг элементларини тестлаштиришни бошқариш

Бу операциянинг имкониятлари:

- танланган охириги нуқталарда операциялаш, кириш ва чиқиш сигналларини тўғрилаб жўнатиш, шлейфларни яқин масофаларда ташкил қилингани каби, узоқ масофаларда ҳам ташкил қилиш;
- танланган объект диагностикасини амалга ошириш;
- бошқарув тизимини қайта юклашни амалга ошириш;
- танланган объект учун авария хабарларининг оқимини сунъий ташкиллаштириш;
- фаол ҳалқани автоматик уланувчи ҳимоясини муҳофаза қилиш;
- фаол ҳалқани заҳирага қўл билан улаш.

Тизим хавфсизлигини бошқариш

Бу операциянинг имкониятлари:

- паролларни ўрнатиш ва ўзгартириш;

- автоматик уланиш имкониятига эга бўлган фойдаланувчилар рўйхатини ўзгартириш;
- маълум бир уланиш даражасига эга бўлган фойдаланувчи гуруҳларнинг рўйхатини яратиш;
- тизим маъмурининг, фойдаланувчиларнинг уланиш сатхларини иерархиясини ишлаб чиқиши.

9.4.4. Телекоммуникация узатиш тизимларидаги техник фойдаланишни ташкил этишнинг асосий принциплари

Телекоммуникация узатиш тизимлари (ТУТ)дан техник фойдаланиш тизими, техник фойдаланиш усуллари, алгоритмлари, техник воситаларнинг мажмуалари ва фойдаланиш ҳодимлари йиғиндиси тарзида тақдим этилади. Юқорида саналганлар ТУТ ускуналари ва унинг асосида қурилган телекоммуникация тармоқларига хизмат кўрсатиш ва бошқариш учун зарурдир.

ТУТдан техник фойдаланиш куйидаги таркибий қисмларни ўз ичига олиши ке рақ:

- техник хизмат кўрсатиш (ТХ) усуллари–назорат созловчи ва режали–профилактик;

- техник (хизмат кўрсатувчи) ходим, улар, ТУТ га хизмат кўрсатишнинг махсус тайёргарлигини ўтаган ва ТХ га ҳуқуқ учун аттестациядан ўтган бўлишини;

- ТУТ ни белгиланган меъёрлар бўйича ташкил этишни таъминлайдиган параметрлари ва тавсифларини қувалайдиган бошқаришни дастурий–техник воситалари.

ТУТ дан техник фойдаланишнинг асосий вазифалари:

- меъёрий ва техник ҳужжатларда белгиланган меъёрлар ва талабларга мувофиқ ТУТ нинг узлуксиз ишлашини таъминлаш;

- профилактик ва таъмирлаш ишларини ўтказиш, ТУТ нинг узатиш тармоқларини ҳолатини доимо назорат қилиш:

- ТУТ нинг ишлашини назорат қилиш;

- ТУТ элементларининг техник ҳолати ҳақида маълумот тўплаш, уларга ишлов бериш ва таҳлил қилиш;

- ишдан чиқишлар, шикастланишлар ва бузилишларни бартараф қилиш бўйича ишларни ўтказиш учун техник ходимларга буйруқ ва кўрсатмалар бериш;

- ТУТ элементларининг ҳолати ҳақида ТХ, турли бўлимлар ва хизматларига ахборотни ўз вақтида узатишни таъминлаш;

- ТУТ нинг туриб қолишини таҳлил қилиш ва уларнинг фойдаланиш ишончлилигини ошириш бўйича таклифлар ишлаб чиқиш;

- синхрон рақамли иерархия (СРИ) ли телекоммуникация тармоқларини қайта тузиш ва тиклашни бошқариш билан биргаликда авария ҳолатларида каналлар, трактлар ва алоқа йўналишларини тезкор уланишини таъминлаш.

Назорат саволлари

1. Объектни назорат қилиш деганда нимани тушуниш мумкин?
2. Техник воситаларнинг ҳолатини баҳолаш учун қандай назорат турларидан фойдаланилди?
3. Назорат қилинадиган параметрларни таҳлил қилиш учун қандай назорат турларидан фойдаланилади?
4. Назоратни баҳолаш учун қандай назорат турлари мавжуд?
5. Назоратнинг ишончлилиги нима?
6. Назорат самарадорлиги деганда нимани тушуниш мумкин?
7. Назорат объекти ва қурилмаларига қандай талаблар қўйилган?
8. Қандай назорат турлари мавжуд?
9. Қандай назорат усуллари мавжуд?
10. Башоратлаш деганда нима тушунилади?
11. Башоратни амалга оширувчи қандай усуллари бор?
12. Техник хизмат кўрсатиш деганда нима тушунилади?
13. Техник хизмат кўрсатишнинг қандай усуллари мавжуд?
14. Техник хизмат кўрсатиш ишлари қандай амалга оширилади?
15. Телекоммуникация тармоқларини бошқаришдан мақсад нима?
16. TMN концепцияси нима мақсадда яратилган?
17. Бошқариш тизимининг қандай асосий тамойиллари бор?
18. SDH тармоқларини бошқариш қандай амалга ошади?
19. Тармоқ менеждери нима вазифани бажаради?
20. Авария хабарларини қайта ишлашнинг қандай имкониятлари мавжуд?
21. Конфигурацияни бошқаришнинг имкониятлари нималардан иборат?
22. Тизим хафсизлигини бошқаришнинг қандай имкониятлари бор?
23. ТУТда фойдаланишни ташкил этишнинг қандай асосий принциплари мавжуд?
24. Узатиладиган сигналларнинг сифати қандай назорат қилинади?

ФЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР

1. Гитлиц М.В., Лев А.Ю. Теоретические основы многоканальной связи: Учеб. пособие для вузов. - М.: Радио и связь, 1985. - 248 с.
2. Дурнев В.Г., Зеневич А.Ф., Круг Б.И. и др. Электросвязь: Введение в специальность. - М.: Радио и связь, 1988. - 240 с.
3. **Цифровые и аналоговые системы передачи.** Учеб. для вузов / В.И. Иванов, В.Н. Гордиенко, Г.Н. Попов и др.- М.: Радио и связь, 1995.
4. **Многоканальные системы передачи:** Учеб. для вузов. Н.Н. Баева, В.Н. Гордиенко, С.А. Курицын и др.; под ред. Н.Н. Баевой и В.Н. Гордиенко. - М.: Радио и связь, 1997.
5. **Телекоммуникационные системы и сети.** Учеб. пособие Т. 1 / Б.И. Крук, В.Н. Попантопуло, В. П. Шувалов - Изд. 2-е, испр. и доп. - Новосибирск: Сиб. Предприятие «Наука» РАН, 1998.
6. **Телекоммуникационные системы и сети.** Т. 2. Учеб. пособие / Г.П. Катунин, Г.В. Мамчев, В.Н. Попантопуло, В.П. Шувалов. Новосибирск: ЦЭРИС, 2000. - 624 с.
7. **Цифровые и аналоговые системы передачи:** Учебник для Ц75 вузов/ В. И. Иванов, В. Н. Гордиенко, Г. Н. Попов и др.; Под ред. В. И. Иванова. - 2-е изд. - М.: Горячая линия - Телеком, 2003. - 232 с.: ил.

8. **Синхронные цифровые сети.** Слепов Н.Н.. - М.: Эко-Трендз. 1997.
9. **Оптические системы передачи:** Учеб. для вузов. Б.В. Скворцов, В.И. Иванов, В.В. Крухмалев и др.; Под ред. В.И. Иванова. - М.: Радио и связь. 1994-224 с.
10. **Волоконно-оптическая техника: Современное состояние и перспективы.** - 2-е изд., перераб. и доп. / Сб. статей под ред. Дмитриева С.А. и Слепова Н.Н. - М.: ООО «Волоконно-оптическая техника», 2005. - 576 с.
11. **Лихтциндер Б.Я., Кузякин М.А., Росляков А.В., Фомичев СМ.** Интеллектуальные сети связи. - М.: Эко-Трендз, 2000.
12. **Росляков А.В.** Цифровая сеть с интеграцией служб ISDN: Учебное пособие. - Самара, ПГАТИ, 1999. - 120 с.
13. **Телекоммуникационные системы и сети.** Том 3., Мультисервисные сети. В.В. Величко., Е.А. Субботин., В.Н. Шувалов., А.Ф. Ярославцев.- М.: Горячая линия - Телеком, 2005. - 592 с.: ил.
14. **Перспективы развития магистральных транспортных сетей** Меккель А.М. // ИнформКурьерСвязь, 2005. № 6.
15. **Величко В.В., Скринников В.Г.** Анализ характеристик трафика передачи данных в действующих сетях третьего поколения// Электросвязь 2004-№ 9.

16. ITU-T Recommendation I.363.2: B-ISDN ATM Adaptation Layer 2 Specifications, Sep1997.

17. ITU-T Recommendation H.323 Version 3, Packet Based Multimedia Communication Systems,1998.

18. Етрухин Н.Н. Первые рекомендации МСЭ-Т о сетях следующего поколения // ИнформКурьерСвязь. 2005. № 6.

19. Пинчук А.В., Соколов Н.А. Мультисервисные абонентские концентраторы для функциональных возможностей «Triple-Play Services» // Вестник связи. 2005. № 4.

20. Гольдштейн В.С., Пинчук А.В., Суховицкий А.Л.. IP-телефония, – М.: Радио и связь, 2001.

21. Пинчук А.В., Соколов Н.А, Модернизация ГТС без узлов // Вестник связи. 2005. № 12.

22. Гольдштейн А.Б. Устройства управления мультисервисными сетями: Softswitch// Вестник связи. 2002. №4.

23. Б. С. Гольдштейн, Ю. А. Крюков, И. П. Хегай. Инженерные аспекты СОРМ/ вестник связи. - 2005. № 9.

24. Ивин Ю.Э. «Механизмы управления трафиком при моделировании коммутаторов АТМ»//Электросвязь.-2001.-№ 7. С. 45-47.

25. Гордеев Э.Н. «Использование современных технологий в системах управления сетями»//Электросвязь.-1998.-№ 7. С. 10-18.

26. Назаров А.Н., Симонов М.В. АТМ технологии высокоскоростных сетей. ЭКО-ТРЕНДЗ, Москва, 1998.
27. Б.С. Гольдштейн. Протоколы сети доступа. Том 2. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 2002.
28. Коммутация и маршрутизация IP/IPX трафика. М. В. Кульгин АйТи. - М.: Компьютер-пресс, 1998.
29. Н.А. Соколов. Эволюция местных телефонных сетей. - Издательство ТОО «Типография «Книга», Пермь, 1994.
30. Н.А. Соколов. Сети абонентского доступа. Принцип построения.– Пермь, «Энтер-профи», 1999.
31. А. Соколов. Телекоммуникационные сети. – М: Альварек Пабблишинг, 2003 – 2004.
32. Л. Бараш. Архитектура мультисервисных сетей. - Компьютерное обозрения, № 14, 10 – 16 апреля 2002.
33. А.Г. Барсков. Softswitch – мягкая посадка в сети нового поколения.– Сети и системы связи, № 9(73), 2001.
34. Гольдштейн Б.С., Орлов О.П., Ошев А.Т., Соколов Н.А. Цифровизация ГТС и построение мультисервисной сети// Вестник связи. –2003, №4.
35. Гольдштейн Б.С., Орлов О.П., Ошев А.Т., Соколов Н.А. Модернизация сетей доступа в эпоху NGN// Вестник связи. – 2003, №6.

36. Назаров А.Н., Симонов М.В. АТМ технология высокоскоростных сетей. ЭКО-ТРЕНДЗ, Москва, 1998.
37. Гордеев Э.Н. «Использование современных технологий в системах управления сетями»//Электросвязь.-1998.-№ 7. С. 10-18.
38. Ивин Ю.Э. «Механизмы управления трафиком при моделировании коммутаторов АТМ»//Электросвязь.-2001.-№ 7. С. 45-47.
39. Н.А. Соколов. «Телекоммуникационные сети».- Москва.: Альварес Пабблишинг, 2003 г.
40. И.И. Петренко., Р.Р. Убайдуллаев. «Пассивные оптические сети». Журнал LIGHTWAVE russian edition, №1, 2, 3. 2004 г.
41. Е.Гаскевич., Р.Убайдуллаев. «Первая миля по волокну: проблемы и решения» ВОЛС и оптические системы связи. ФОТОНИКА научно технический журнал. Выпуск № 2/2007.
42. А.Ауэрбах. bauerbuch@terawave.com «GPON: Оптические сети доступа XXI века» Электроника: Наука, Технология, Бизнес 7/2005.
43. Рекомендации ITU-T Rec. G.707.
44. <http://kunegin.narod.ru>.
45. <http://optictelecom.ru>.
46. <http://www.pcweek.com.ua/print/764>
47. <http://www.internet2.edu/network/characteristics.html>
48. <http://www.ces.net/network/>
49. <http://www.pionier.gov.pl/network/index.htm>

50. Digital Library of Wielkopolska Region,
51. <http://www.wbc.poznan.pl/>
52. dLibra Digital Library Framework, <http://www.dlibra.psnc.pl/>
53. http://www.cisco.com/en/US/netsol/ns524/networking_solutions_customer
54. http://www.terena.org/activities/tf-pr/presentations/FS_TF-PR_28092006
55. ITU-T Recommendation G.702. Digital Hierarhy Bit Rates (1984, 88).
56. ITU-T Recommendation G.703. Physical/Electrical Characteristics of Hierarchical Digital Interfaces. (1972 last amended in 1991).
57. ITU-T Recommendation G.704. Synchronous Frame Structures Used at Primary and Secondary Hierarhical Levels (1984, 88, 90).
58. ITU-T Recommendation G.707. Synchronous Digital Hierarhy Bit Rates (1988, 91, 93).
59. ITU-T Recommendation G.708. Network Node Interface for the Synchronous Digital Hierarchy (1988, 91, 93).
60. ITU-T Recommendation G.709. Synchronous Multiplexing Structure (1988, 91, 93).
61. ITU-T Recommendation G.774. Synchronous Digital Hierarchy (SDH) Management Information Model for the Network Element View (1992, 11.96).

62. ITU-T Recommendation G.781. Structure of Recommendations on Equipment for the Synchronous Digital Hierarchy (SDH) (1990, Revised 1.94).

63. ITU-T Recommendation G.782. Types and General Characteristics of Synchronous Digital Hierarchy (SDH) Equipment (1990, Revised 1.94).

64. ITU-T Recommendation G.783. Characteristics of Synchronous Digital Hierarchy (SDH) Multiplexing Equipment. Functional Blocks (1990, Revised 1.94).

65. ITU-T Recommendation G.784. Synchronous Digital Hierarchy (SDH) Management (Requirements of Multiplexer Equipment) (1990, Revised 1.94).

66. ITU-T Recommendation G.957. Optical Interfaces for Equipments and Systems Relating to the Synchronous Digital Hierarchy (SDH) (Revised 7.95).

67. ITU-T Recommendation G.958. Digital Line Systems based on the Synchronous Digital Hierarchy (SDH) for Use on Optical Fibre Cables (Revised 11.94).

ИНГЛИЗ ТИЛИДА ҚИСҚАРТИРИЛГАН СЎЗЛАР РЎЙХАТИ

Пастда PDH ва SDH технологиялари асосидаги рақамли алоқа тармоқларида қўлланиладиган қисқартirilган сўзлар рўйхати келтирилган.

10/100BASE-xx - IEEE 802.14 технологияси қўллайдиган, 10/100 Мбит/с тезликда автоматик уланадиган Ethernet тармоғи

ADM-Add/Drop Multiplexer – киритувчи/чиқарувчи мультиплексор

AIS-Alarm Indication Signal – авария ҳолатидаги сигнал индиқацияси

ATM- Asynchronous Transfer Mode - асинхрон узатиш режими

AU- Administrative Unit – маъмурий блок

AU-n- Administrative Unit – маъмурий блок сатҳи n (n=3,4)

AU PTR- Administrative Unit Pointer – маъмурий блок кўрсаткичи

AU-3- Administrative Unit 3 – 3-сатҳ маъмурий блоқи

AU-4- Administrative Unit 4 – 4-сатҳ маъмурий блоқи

AUG - Administrative Unit Group - маъмурий блоқлар гуруҳи

B-ISDN- Broadband ISDN – кенг поласали ISDN

BIP- Bit Interleaved Parity – навбатма-навбат ўзгарувчи битлар аниқлиги - кадр (фрейм) ларда қўлланиладиган, навбатма-навбат ўзгарувчи битлар схемаси бўйича аниқликни текшириш

BIP-8- Bit Interleaved Parity - Octet – бир байтли майдонга эга бўлган навбатма-навбат ўзгарувчи битлар аниқлиги (SMDS)

BIP-N- Bit Interleaved Parity - N fields - N бит майдонга (ёки чуқурликка) эга бўлган навбатма-навбат ўзгарувчи битлар аниқлиги

C-1- Container of level 1 - 1.5/2 Мбит/с ли бирламчи рақамли канални жойлаштирувчи биринчи сатҳ контейнери

C-11-Container of level 11 - 1.5 Мбит/с ли бирламчи рақамли канални жойлаштирувчи PDH иерархиясининг Америка схемаси учун биринчи сатҳ контейнери

C-12- Container of level 12 - 2 Мбит/с ли бирламчи рақамли канални уч биринчи сатҳ контейнери

C-2 - Container of level 2 - 6 Мбит/с ли иккиламчи рақамли каналларни жойлаштирувчи иккинчи сатҳ контейнери

C-3 - Container of level 3 – 34/45 Мбит/с ли учламчи рақамли каналларни жойлаштирувчи учунчи сатҳ контейнери

C-4 - Container of level 4 - 140 Мбит/с ли тўртламчи рақамли каналларни жойлаштирувчи тўртинчи сатҳ контейнери

C-п - Container - C-1,2,3,4 - п = 1, 2, 3 и 4 сатҳ контейнерлари

CAS- Channel-Associated Signaling – ички канал сигнализацияси

CCU- Central Clock Unit - синхросигналнинг марказий генератор блоки

CC- Data Communications Channel - SONET/SDH алоқа каналида маълумотларни узатувчи хизмат канали ёки унинг D1-D12 байтларини шакллантирувчи, STM-N фреймининг SOH сарлавҳасига мос келувчи қисми

DCC 64- Data Communication Channel 64 kbps – (SDH тармоғи учун) SOH сарлавҳасининг 1 байтини қўлловчи маълумотларни узатиш (хизмат) канали, узатиш тезлиги 64 кбит/с

DCCM- Data Communication Channel for Multiplex section - SDH тармоғининг мультиплексорлаш секцияси учун маълумотларни узатиш (хизмат) канали, SOH нинг D4-D12 байтлари, узатиш тезлиги 576 кбит/с

DCCR- Data Communication Channel for Regenerator section - SDH тармоғининг регенерациялаш секцияси учун маълумотларни узатиш (хизмат) канали, SOH нинг D1-D3 байтлари, узатиш тезлиги 192 кбит/с

DS1- DS-1 - Digital Signal of level 1 –бирламчи сатҳнинг рақамли сигнали ёки европа иерархиясининг 2.048 Мбит/с тезликли бирламчи рақамли каналига мос келувчи, Америка иерархиясининг 1.544 Мбит/с тезликли бирламчи рақамли канали

DS-2 - Digital Signal of level 2 - иккиламчи сатҳнинг рақамли сигнали ёки Америка иерархиясининг 6.312 Мбит/с тезликли иккиламчи рақамли каналига мос келувчи, Европа иерархиясининг 8.448 Мбит/с тезликли иккиламчи рақамли канали

DS-3 - Digital Signal of level 3 - учламчи сатҳнинг рақамли сигнали ёки Америка иерархиясининг 44.756 Мбит/с тезликли учламчи рақамли каналига мос келувчи, Европа иерархиясининг 34.368 Мбит/с тезликли иккиламчи рақамли канали

DS4- DS-4 - Digital Signal of level 4 - тўртламчи сатҳнинг рақамли игнали ёки Америка иерархиясининг 274.176 Мбит/с тезликли ўртламчи рақамли каналига мос келувчи, Европа иерархиясининг 139.264 Мбит/с тезликли иккиламчи рақамли канали

WDM- Dense Wavelength Division Multiplexing – тўлқин узунлиги бўйича ажратишга эга бўлган юқори зичлаштирувчи мультиплексорлаш

DXC- Digital Cross-Connect - рақамли коммутатор/кросс коммутатор

E1- PDH нинг Европа версиясининг бирламчи сатҳига мос келувчи 2048 кбит/с ли бирламчи канал

E2- PDH нинг Европа версиясининг иккиламчи сатҳига мос келувчи 8448 кбит/с ли иккиламчи канал

E3- PDH нинг Европа версиясининг учламчи сатҳига мос келувчи 34.368 кбит/с ли учламчи канал

E4- PDH нинг Европа версиясининг тўртламчи сатҳига мос келувчи 139.264 кбит/с ли тўртламчи канал

EM- Element Manager - элемент-менеджер – тармоқ элементини бошқариш тизими

Ethernet - IEEE 802.3 стандарти қўллайдиган локал тармоқ

ETSI - European Telecommunications Standards Institute – алоқ соҳасиги стандартларнинг Европа институти

Fast Ethernet - 100 Мбит/с тезликли Ethernet ишлайдиган локал тармоқ

Frame Relay - Кадрлар ретрансляцияси – глобал тармоқ технологияси

ISDN - Integrated Services Digital Network – интеграл хизматли рақамли тармоқ

ITU ITU-T - International Telecommunication Union – Халқаро Телекоммуникация иттифоқи - Telecommunication Standardization - Халқаро Телекоммуникация иттифоқи - Стандартлаштириш сектори

LAN- Local Area Network – локал (ҳисоблаш) тармоқ ЛХТ ёки ЛТ

MAN - Metropolitan Area Network – умумшаҳар тармоғи

MSOH - Multiplex Section Overhead - мультиплексорлаш секцияси сарлавҳаси

MUX - Multiplexer - мультиплексор

NMS- Network Management System – тармоқни бошқариш тизими/ тармоқни маъмурий бошқариш тизими

PDH- Plesiochronous Digital Hierarchy – плезиохрон рақамли иерархия (ПРИ)

POH- Path Overhead – маршрут сарлавҳаси (вариант: трақ сарлавҳаси)

PRC- Primary Reference Clock - Бирламчи эталон генератор (таймер)

PRS- Primary Reference Source- Бирламчи эталон манба

PTR- Pointer - Кўрсаткич

RSOH- Regenerator Section Overhead - Регенератор секцияси сарлавҳаси

SDH- Synchronous Digital Hierarchy – синхрон рақамли иерархия (СДИ)

SES- Severely Errored Second – секунддаги мураккаб хатолик

SL- Synchronous Line link - синхрон (SDH) линия

SMN- SDH Management Network - SDH ни бошқариш тармоғи

SMUX - SDH Multiplexor - SDH мультимплексори

SOH- Section Overhead - секция сарлавҳаси

SONET- Synchronous Optical Network - синхрон оптик тармоқ:

- 1) толали оптик кабел бўйича маълумотларни узатувчи синхрон тармоқ
- 2) АҚШ да ишлаб чиқарилган синхрон рақамли иерархия

SONET/SDH - Synchronous Optical Network/Synchronous Digital Hierarchy - синхрон оптик тармоқ / синхрон рақамли иерархия – SDH иерархияси тезликларига мос тушувчи ягона синхрон технология ёки SONET тармоғи

SSM- Synchronization Status Message – синхронизация статуси ҳақидаги хабар

STM- Synchronous Transport Module - синхрон транспорт модули - SDH иерархиясининг асосий бирлиги

STM-1- Synchronous Transport Module of level 16 – SDH иерархиясининг 155.520 Мбит/с ли биринчи сатҳ синхрон транспорт модули

STM-4- Synchronous Transport Module of level 4 - SDH иерархиясининг 622.080 Мбит/с ли 4 сатҳ синхрон транспорт модули (Nokia компанияси аппаратураси)- линиянинг 622 Мбит/с ли оптик агрегат блоки

STM-16-Synchronous Transport Module of level 16- SDH иерархиясининг 2,488.320 Мбит/с ли 16 сатҳ синхрон транспорт модули

STM-64 - Synchronous Transport Module of level 64 - SDH иерархиясининг 9,953.280 Мбит/с ли 64 сатҳ синхрон транспорт модули

STM-256 - Synchronous Transport Module of level 256 – SDH иерархиясининг 39,813.120 Мбит/с ли 256 сатх синхрон транспорт модули

STM-N- Synchronous Transport Module of level N – SDH нинг N-сатхи синхрон транспорт модули, бу ерда N = 1,4, 16, 64, 256

T1- Американинг PDH иерархиясини 1544 кбит/с узатиш тезлигига эга бўлган бирламчи рақамли канал

T2- Американинг PDH иерархиясини 6312 кбит/с узатиш тезлигига эга бўлган иккиламчи рақамли канал

T3 - Американинг PDH иерархиясини 44.736 кбит/с узатиш тезлигига эга бўлган учламчи рақамли канал

T4- Американинг PDH иерархиясини 274.176 кбит/с узатиш тезлигига эга бўлган тўртламчи рақамли канал

TMN-Telecommunications Management Network - телекоммуникацияни бошқариш тармоғи (электр алоқани бошқариш тармоғи)

TU - Tributary Unit - триб блоки (бошқа вариантлари: уланувчи канал блоки, субблок) - блок ёки SDH нинг мультиплексорлаш структураси элементи, иерархиянинг паст ва юқори сатхлари орасидаги мослаштиришни таъминлайди

TU-11- Tributary Unit-11 - триб блоки, SDH нинг мультиплексорлаш иерархиясида VC-11 виртуал контейнерига мос келади

TU-12- Tributary Unit-12 - триб блоки, SDH нинг мультиплексорлаш иерархиясида VC-12 виртуал контейнерига мос келади

TU-2- Tributary Unit-2 - триб блоки, SDH нинг мультиплексорлаш иерархиясида VC-2 виртуал контейнерига мос келади

TU-3- Tributary Unit-3 - триб блоки, SDH нинг мультиплек-сорлаш иерархиясида VC-3 виртуал контейнерига мос келади

TU-n- Tributary Unit-n - триб блоки, n сатхдаги VC виртуал контейнерга мос келади (n=1,2,3)

TUG-2- Tributary Unit Group-2 –2- сатх трибутар блоклари гуруҳи TU-1,2; TUG-2 триб блокларини мультиплексорлаш орқали шаклландувчи SDH элементи

TUG-n- Tributary Unit Group n - n (n=2,3) сатхдаги триб блоклари гуруҳи

V1-V4- Мультифреймда фреймдан олдин жойлашадиган сарлавҳа

V5- Мультифреймнинг биринчи фрейми сарлавҳаси

VC- Virtual Container - виртуал контейнер - SDH нинг мультимплексорлаш структураси элементи

VC-11- Virtual Container 11 – C-11 контейнерига мос келувчи виртуал контейнер

VC-12- Virtual Container 12 - C-12 контейнерига мос келувчи виртуал контейнер

VC-2 - Virtual Container 2 - C-2 контейнерига мос келувчи виртуал контейнер

VC-3 - Virtual Container 3 - C-3 контейнерига мос келувчи виртуал контейнер

VC-4- Virtual Container 4 - C-4 контейнерига мос келувчи виртуал контейнер

WAN- Wide Area Network - глобал тармок

WDM - Wavelength Division Multiplexing – тўлқин узунлиги бўйича ажратишга эга бўлган мультимплексорлаш (спектрал зичлаштириш)

X.25 - X.25 протоколи бўйича маълумотларни узатувчи локал тармок

NGN– Next Generation Network- янги авлод тармоғи

QoS - Quality of Service – Сифатни таъминлаш

MPLS - Multi Protocol Label Switching – сонлар бўйича мульти-протокол

DSL - Digital Subscriber Line - рақамли абонент линиялари

HDSL - High-bit-rate Digital Subscriber Line – Юқори тезликли рақали абонент линияси

SDSL - Singil Pair Symmetrical Digital Subscriber Line-

VDSL - Very High – bit rate Digital Subscriber Line – ўта юқори тезликли рақамли абонент линияси

ADSL - Assymetric Digital Subscriber Line – ассиметрик рақамли абонент линия

PON - Pasive Optic Network - пассив оптик тармоқлар

Ўзбек тилидаги қисқартмалар

- АИМ**- Амплитуда-импульсли модуляция
1+1 - Асосий ва захира сигналлар қўлланиладиган SDH тармоқларида юз фоизли захира режими
1:1-Асосий ва захира сигналлар қўлланиладиган SDH тармоқларида юз фоизли захира режими
- АС** - PDH иерархиясининг Америка схемаси
АТС - Автоматик телефон станция
АРЎ - Аналог-рақамли ўзгартиргич
АРК - Асосий рақамли канал (basic rate digital signal, DS-0) - 64 кбит/с
АТ - Амплитудавий тавсиф
АЧТ - Амплитуда частотавий тавсиф
АРК - узатиш тезлиги $64 (1 \pm 50 \cdot 10^{-6})$ кбит/с га тенг асосий рақамли канал
АҚ - Ажратувчи қурилма
АКМ - Амплитудавий канал модуляторлари
БЭГ - Бошқарувчи эталон генератор (SRC)
БРК - Бирламчи рақамли канал (DS1)
БЭГ - Бирламчи эталон генератор (PRC)
БРК - узатиш тезлиги $2048 (1 \pm 50 \cdot 10^{-6})$ кбит/с га тенг бирламчи рақамли канал
ГАТ - Глобал алоқа тармоғи (WAN)
ГЎВ - Гурухли ўтиш вақти
ДМ - Дельта-модуляция
ДИКМ - Дифференциал ИКМ (DPCM)
ЕС - PDH иерархиясининг Европа схемаси
ИРК - узатиш тезлиги $8448 (1 \pm 30 \cdot 10^{-6})$ кбит/с га тенг иккиламчи рақамли канал
ИКМ - Импульс-кодли модуляция (PCM)
КС - Коммутацияловчи станция
КУТ - Кўп каналли узатиш тизими
КЧА УТ - Каналлари частота бўйича ажратилган узатиш тизимлари
КВА УТ - Каналлари вақт бўйича ажратилган узатиш тизимлари
КИ - Канал интервали
КС - Канал селекторлари
КИМ - Кенгайтирилган импульсли модуляция

ЛХТ	- /1С – Локал ҳисоблаш тармоги (LAN)
М	- Мбит/с (узатиш тезлигининг қисқа белгиланиши
мкс	- микросекунд
МУТ	- Маълумотларни узатиш тизими
МО	- Маълумотларни олгич
ММ	- Маълумот манбаи
нм	- нанометр
не	- наносекунд
НМ	- Нурланиш манбаи
ОТ	- Оптик тола
ОЛТ	- Оптик линия тракти
ОК	- Оптик кучайтиргич
ОС	- Охирги станция
ПРИ	- Плезиохрон рақамли иерархия (PDH)
РУТ	- Рақамли узатиш тизимлари
РРЛ	- Радиореле линияси
РАЎ	- Рақамли-аналог ўзгариш
РДТ	- Резистоли дифференциал тизимлар
С/Ш	- Сигнал/шовқин
СОТ	- синхрон оптик тармоқ (SONET)
СРИ	- Синхрон рақамли иерархия (SDH)
СС	- Синхросигнал
СБРК	- узатиш тезлиги $480 (1\pm 50 \cdot 10^{-6})$ кбит/с га тенг
суббирламчи рақамли канал	
ТЧ	- Товуш частота (voice frequency)
ТОУТ	- Толали оптик узатиш тизими
ТОАЛ	- Толали оптик алоқа линияси
ТЧК	- Телефон частотали канал (voice channel)
ТВ	- Телевизион сигнал
ТРК	- узатиш тезлиги $139.264 (1\pm 15 \cdot 10^{-6})$ кбит/с га тенг
тўртламчи рақамли канал	
ТДТ	- Трансформаторли дифференциал тизимлар
ТЧА	- Тактли частота ажраткичи
УРК	- узатиш тезлиги $34\,368 (1\pm 20 \cdot 10^{-6})$ кбит/с га тенг учламчи
рақамли канал	
УТ	- узатиш тизими
ФЧТ	- фаза частотавий тавсиф
ФИМ	- Фаза-импульсли модуляция
ЧБГ	- Частота берувчи генератор

ЧМ	- Частотавий модуляция (FM)
ХТИ	- Халқаро Телекоммуникация Иттифоки (ITU)
ҚЧФ	- Қуйи частотали фильтр
ҚЧФ	- Қуйи частотали фильтр
ҚЧК	- Қуйи частотали кучайтиргич
ЭУЧП	- Эффе́ктив узатиш частота поласаси
ЭМ	- Элемент менеджер (EM)
ЭЮК	- Электр юритувчи куч
ЭК	- Каналнинг электрон калитлари
ЮЧФ	- Юқори частотали фильтр
ЯС	- PDH иерархиясининг Япон схемаси

Сўз боши.....	3
Кириш.....	7

**1-БОБ. ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯНИНГ БИРЛАМЧИ
СИГНАЛЛАРИ ВА УЗАТИШ КАНАЛЛАРИ**

1.1. Асосий тушунчалар ва таърифлар. Электр алоқа тизимининг таснифи.....	9
1.2. Логарифмик ўлчаш бирликлари.....	14
1.3. Электр алоқанинг бирламчи сигналлари ва уларнинг физик тавсифлари.....	19
1.4. Узатиш каналлари.....	41
1.4.1. Узатиш каналлари, уларнинг таснифи ва асосий тавсифлари.....	41
1.4.2. Тўртқутбликка ўхшаш узатиш канали.....	43
1.4.3. Намунавий узатиш каналлари.....	52
1.5. Икки томонлама каналлар.....	63
1.5.1. Икки томонлама каналларни ташкил қилиш.....	63
1.5.2. Ажратувчи қурилмалар, уларга қўйилган талаблар ва таснифи.....	68
1.5.3. Резисторли дифференциал тизим.....	70
1.5.4. Трансформаторли дифференциал тизим тахлили.....	75
1.5.5. ТДТ нинг 4-4 қутблардан 2-2 қутбларга ўтказмаслик шартини аниқлаш.....	77
1.5.6. Трансформаторли ва резисторли дифференциал тизимларни солиштириш.....	78
1.6. Берк тизимга ўхшаш икки томонлама канал.....	80

1.6.1. Икки томонлама каналнинг барқарорлиги.....	80
1.6.2. Телефон каналининг барқарорлиги.....	84
1.6.3. Тескари алоқада вужудга келадиган бузилишлар.....	86
1.6.4. Электрик акс садо ҳодисаси.....	89
Назорат саволлари.....	92

2-БОБ. ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯ УЗАТИШ

ТИЗИМЛАРИНИНГ ТУЗИЛИШ ПРИНЦИПЛАРИ

2.1. Кўп каналли узатиш тизимининг умумий тузилиш схемаси.....	96
2.2. Каналлар ўртасидаги ўзаро ўтувчи халақитлар.....	100
2.3. Каналлари частота бўйича ажратилган узатиш тизимда канал сигналларини шакллантириш принциплари.....	102
2.3.1. Каналларни частота бўйича ажратиладиган узатиш тизимининг тузилиш схемаси.....	102
2.3.2. Канал сигналларини шакллантириш.....	108
2.4. Каналлари частота бўйича ажратилган узатиш тизимининг каналлари ва трактларидаги бузилишлар.....	113
2.5. Каналлари вақт бўйича ажратилган узатиш тизимини ташқил этиш принциплари ва уни ишлашининг ўзига хос хусусиятлари.....	123
2.5.1. Каналларни вақт бўйича ажратилган узатиш тизимининг тузилиш схемаси.....	123
2.6. Каналлари вақт бўйича ажратилган узатиш тизимининг каналлари ўртасида вужудга келадиган ўзаро ўтувчи таъсирлар.....	134

3-БОБ. РАҚАМЛИ УЗАТИШ ТИЗИМЛАРИНИ ТАШКИЛ ҚИЛИШ

3.1. Рақамли узатиш тизимларидаги сигналларни шакллантириш ва узатишнинг умумий принциплари.....	144
3.2. Сигналларни сатҳ бўйича квантлаш.....	146
3.3. Квантлаш шовқинларини баҳолаш.....	148
3.4. Квантланган сигналларни кодлаш.....	167
3.5. Рақамли узатиш тизимининг умумий тузилиш схемаси.....	171
3.6. Рақамли узатиш тизимларидаги синхронизациялаш турлари.....	175
3.7. Рақамли сигналларни регенерациялаш принциплари.....	180
3.8. Рақамли узатиш тизимларида линиявий кодлаш.....	185
3.9. Кодлашнинг фарқлари, кодланадиган усуллари. Рақамли узатиш тизимлари иерархияси.....	188
3.9.1. Дифференциал импульс-кодли модуляция.....	188
3.9.2. Дельта-модуляция.....	198
3.10. Импульс-кодли модуляция асосида ташкил қилинган рақамли узатиш тизими иерархияси.....	205
3.11. Рақамли оқимларни плезиохрон рақамли иерархияда бирлаштириш.....	209
3.12. Рақамли оқимларни синхрон рақамли иерархияда бирлаштириш.....	211
Назорат саволлари ва масалалар.....	214

4-БОБ. ОПТИК ТОЛАЛИ УЗАТИШ ТИЗИМЛАРИНИ ТАШКИЛ ҚИЛИШ АСОСЛАРИ

4.1. Оптик алоқа, унинг афзалликлари ва қўлланиш соҳалари...	217
4.2. Оптик толали узатиш тизимининг умумий тузилиш принциплари.....	219
4.3. Оптик толали узатиш тизимларининг таснифи. Оптик толали узатиш тизимлари асосида икки томонлама боғланишни ташкил қилиш усуллари.....	222
4.3.1. Оптик кабелларни зичлаш усуллари.....	222
4.4. Оптик узатиш тизимларининг асосий тугунлари. Оптик линия тракти.....	232
4.4.1. Оптик узаткичлар.....	232
4.4.2. Оптик нурланиш манбаларига қўйилган талаблар, уларнинг параметрлари ва тавсифлари.....	233
4.5. Оптик қабул қилгичлар.....	234
4.6. Оптик элтувчи модуляторлар.....	235
4.7. Оптик линия трактининг умумий тузилиш схемаси.....	237
4.8. Оптик кучайтиргичлар.....	243
Назорат саволлари ва масалалар.....	246

5-БОБ. СИНХРОН РАҚАМЛИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯ ТИЗИМЛАРИ

5.1. Синхрон рақамли тармоқлар.....	248
5.1.1. Синхрон рақамли иерархия тизимлари	250
5.1.2. SDH да оқимларни умумий мультимплексорлаш схемаси.....	252

5.1.3. STM-1 модулининг шаклланиши. E1 трибларидан	
STM-1 га ўтиш.....	255
5.1.4. STM-N фреймининг тузилиши.....	260
5.1.5. STM-1 учун секция (SOH) сарлавҳасининг тузилиши	261
5.1.6. STM-N нинг шаклланиши.....	266
5.2. SDH нинг функционал модуллари.....	270
5.2.1. Синхрон рақамли иерархия мультимплексорлари.....	270
5.2.2. Синхрон рақамли иерархия регенераторлари.....	272
5.2.3. Синхрон рақамли иерархия коммутаторлари.....	272
5.2.4. Синхрон рақамли иерархия концентраторлари.....	274
5.3. SDH нинг базавий топологиялари	275
5.3.1. “Нуқта – нуқта” топологияси.....	275
5.3.2. “Кетма-кет линия занжири” топологияси.....	276
5.3.3. Концентратор функциясини қўлловчи “юлузча” топологияси.....	277
5.3.4. “Халқа” топологияси.....	278
5.3.5. Ячейкали топология.....	280
5.4. SDH тармоқларида синхронизация.....	280
5.4.1. Рақамли тармоқларда синхронизациянинг аҳамияти.....	280
5.4.2. Синхросигнал манбаларининг асосий параметрлари.....	281
5.4.3. Синхронизация тизимининг асосий параметрлари.....	282
5.4.4. Синхронизация сигналлари ва уларнинг мўтадиллигига таъсир килувчи омиллар.....	285
5.4.5. Синхронизация тармоғининг тузилиши.....	287
5.4.6. Тугун ичи (юлдузсимон) синхронизация.....	288
5.5. SDH тизимларини бошқариш. Бошқариш иерархияси.....	292

5.5.1. SDH тизимларини бошқариш.....	292
5.5.2. DCC каналлари асосида тармоқни бошқариш.....	299
5.6. Тармоқ архитектурасининг тузилиши.....	303
5.6.1. TMN архитектураси.....	303
Назорат саволлари.....	304

6-БОБ. ТЎЛҚИНЛИ ЗИЧЛАШТИРУВЧИ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

6.1. WDM технологияси	307
6.1.1. WDM технологиясининг авзалликлари ва камчиликлари.....	307
6.1.2. WDM тизимининг тузилиши	310
6.1.3. WDM мультиплексорларини қўллаш	311
6.1.4. Транспорт технологиялари билан WDM моделининг ўзаро боғланиши.....	312
6.1.5. WDM синфлари	314
6.2. DWDM технологиясининг афзалликлари.....	315
6.2.1. Шаҳар шароитида DWDM технологиясини қўллаш.....	317
6.3. CWDM технологияси.....	320
Назорат саволлари.....	323

7 БОБ. МУЛЬТИСЕРВИСЛИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯ

ТАРМОҚЛАРИ ТУЗИЛИШИНИНГ ТЕХНОЛОГИК

АСОСЛАРИ

7.1. Мультисервисли тармоқлар ва уларнинг тузилиши.....	326
7.2. Регионал ва магистрал мультисервисли тармоқларнинг архитектураси.....	331

7.3. Мультисервиси тармоқларни қуришнинг асосий масалалари.....	333
7.4. Мультисервиси тармоқ технологияларини танлаш.....	336
7.5. Уланувчи технологияларни танлаш.....	338
7.6. Мультисервиси тармоқ хизматлари.....	338
7.7. Мультисервиси тармоқларни бошқарув тизимлари.....	339
7.8. Канал, тармоқ ва транспорт сатҳи технологиялари	341
7.9. MPLS нинг NGN тармоқларига уланиш принципи.....	366
7.10. Физик сатҳ. Синхрон рақамли иерархия.....	371
7.11. Физик сатҳ. Тўлқинли зичлаштириш (WDM, DWDM, CWDM).....	373
7.12. АТМ технологияси.....	375
7.13. Мультимедиали трафикнинг таснифланиши.....	379
7.14. Мультимедиали трафик параметрлари.....	382
Назорат саволлари.....	386

8-БОБ. АБОНЕНТЛАР УЛАНУВЧИ ТАРМОҚЛАРНИНГ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯ УЗАТИШ ТИЗИМЛАРИ

8.1. Абонентлар уланувчи тармоқларнинг тузилиши	387
8.2. Абонент тармоқларининг хизматига бўлган талаблар.....	388
8.3. Замонавий телекоммуникация тизимлари ва унга уланувчи абонент тармоқларининг тузилиши.....	395
8.4. Абонентлар уланувчи тармоқларнинг телекоммуникация узатиш тизимлари.....	398
8.4.1. xDSL технологиялари.....	398
8.4.2. HDSL технологияси.....	401

8.4.3. HDSL тизимларининг тузилиши ва уларнинг қўлланилиши.....	405
8.4.4. SDSL технологияси.....	405
8.4.5. ADSL технологияси.....	407
8.4.6. VDSL технологияси.....	410
8.4.7. IDSL технологияси.....	411
8.5. Абонент тармоқларида қўлланиладиган пассив оптик тармоқлар таҳлили.....	412
8.5.1. PON технологияси.....	412
8.5.2. APON технологияси.....	418
8.5.3. EPON технологияси.....	422
8.5.4. GPON технологияси.....	429
8.6. Абонент тармоқларида қўлланиладиган пассив оптик тармоқларнинг солиштирма таҳлили.....	436
Назорат саволлари.....	438

9-БОБ. ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯ УЗАТИШ

ТИЗИМЛАРИНИНГ ТЕХНИКАСИДАН ФОЙДАЛАНИШ

9.1. Узатиш тизимининг ишончлилик кўрсаткичлари	440
9.1.1. Асосий тушунча ва таърифлар.....	440
9.1.2. Қайта тикланмайдиган объектнинг ишончлилик кўрсаткичлари.....	444
9.1.3. Тикланадиган объектларнинг ишончлилик кўрсаткичлари.....	452
9.1.4. Ишончлиликни ошириш усули.....	455

9.2. Узатиш тизимларининг техник ҳолатини назорат қилиш.....	458
9.2.1. Асосий таъриф ва тушунчалар.....	458
9.2.2. Назорат турлари ва усуллари.....	466
9.3. Узатиш тизимларига техник хизмат кўрсатиш.....	472
9.3.1. Техник хизмат кўрсатишнинг мазмуни ва усуллари.....	472
9.4. Телекоммуникация тармоқларини бошқариш концепцияси бўйича асосий маълумотлар.....	482
9.4.1. Бошқариш тизимининг асосий тамойиллари.....	483
9.4.2. Бошқариш тизимларининг техник воситалари ва ахборот-дастурий таъминоти.....	484
9.4.3. Телекоммуникация тармоқларида техник бошқаришни кўллаш.....	486
9.4.4. Телекоммуникация узатиш тизимларидан техник фойдаланишни ташкил этишнинг асосий принциплари.....	491
Назорат саволлари.....	492
Фойдаланилган адабиётлар.....	493
Инглиз тилида қисқартирилган сўзлар рўйхати.....	500
Ўзбек тилидаги қисқартмалар.....	506

