

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА
ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

ЎЗБЕКИСТОН АЛОҚА ВА АХБОРОТЛАШТИРИШ АГЕНТЛИГИ
ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ

Ш.З.ТАДЖИБАЕВ

ТЕЛЕВИДЕНИЕ

(Физика асослари)

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

ТОШКЕНТ–2011

УДК: 621.397.13
ББК 32.94+76.032
Т14

**Т14 Ш.З. Таджибаев. Телевидение (Физика асослари).
(Дарслик). –Т.: «Fan va texnologiya», 2011, 236 бет.**

ISBN 978–9943–10–537–9

**УДК: 621.397.13
ББК 32.94+76.032**

Тақризчилар: *Холиқов Абдулхақ – ТҲИМИ «Электр алоқа ва радио
кафедраси мудири, т.ф.д., профессор;
Нигманов Абдуносир – ФТМТМ «Радиоалоқа,
Радиоэшиттириш ва телевидение»
илмий тадқиқот бўлими бошлиғи*

ISBN 978–9943–10–537–9

© «Fan va texnologiya» нашриёти, 2011.

СЎЗ БОШИ

Ушбу дарслик «Радиоалоқа, радиоэшиттириш ва телевидение» мутахассислиги бўйича «Телевидение» фани дастурига асосан ишлаб чиқилган. Дарсликдан «Телевидение» фани ўқиладиган радиотехник мутахассисликларга йўналтирилган бошқа таълим муассасаларида ҳам фойдаланиш мумкин.

Телевидение ахборат технологиялари йўналишининг тез ривожланиб бораётган соҳаларидан биридир. Буни телевидениенинг жуда кўп амалий масалаларини, чунончи, реал вақтда жаҳонда содир бўлаётган воқеа ва ҳодисаларни, умуман, талаб қилинган ахборотни бутун дунё бўйлаб кенг оммага етказишда асосий восита эканлиги, видеотехниканинг бевосита хонадонларга кириб бориши (видеомагнитофон, DVD, видео, рақамли фото камера ҳамда бошқалар), кино, астраномия, муҳофаза, хавфсизлик ва бошқа соҳаларда муҳим масалаларни ҳал этишда катта роль ўйнаши билан тушунтириш мумкин.

Яқин ўн йиллар ичида телевизион техника фақат тубдан ўзгариб қолмасдан, балки унинг янги йўналишлари юзага келди. Булар ҳаммаси маъруза ўқилганда ва амалий дарс олиб борилганда инobatга олинishi лозим. Шу сабабли мутахассисларни тайёрлашда ўқитишни жадаллаштириш усулларини қўллаш ва ниҳоят, бугунги кунда амалий қиймати йўқола бораётган масалаларни ёритишга ҳам илмий-услубий жиҳатдан ёндашилиши мақсадга мувофиқ ҳисобланади. Мазкур масалаларни илмий-амалий нуқтаи назардан тадқиқ этиш мақсадида ушбу дарслик тайёрланди.

Дарсликни яратишда телевидение фанининг асосий йўналишларини қамраб олишга ва бу соҳадаги замонавий ҳолатни тўлиқ ёритишга ҳаракат қилинди. Услубий жиҳатдан вақт чекланганлиги сабабли маърузаларда ёритилмаган алоҳида масалалар талаба

томонидан дарслик ёрдамида мустақил ўзлаштирилиши учун мослаштирилди. Шу сабабли телевизион техниканинг янги йўналишларини кенгроқ ёритишга тўғри келди.

Талабалар ва соҳага қизиқувчи кенг китобхонлар оммаси учун ушбу дарслик материалларини тезроқ етказиш мақсадида унинг биринчи нусхаси электрон шаклда нашр этилди. Дарслик да ёритилиши кўзда тутилган масалалар алоҳида 7 рисолага ажратилди. Рисолаларга ажратиш ривожланаётган фан ютуқларини ўқувчиларга етказилишини осонлаштиради ва китоб тўлиқ қайта нашрга тайёрлашдан аввал, янгилик кўпайган бобларини рисола сифатида тез нашр қилиш мумкин бўлади.

Китобхонлар диққатига ҳавола этилаётган ушбу дарслик биринчи бор, 2005 йили ТАТУнинг «Алоқачи» кичик босма-хонасида 100 нусхада нашр қилинганди, бироқ нашрда техник имкониятлар чеклангани сабабли дарсликдаги тасвирий ахборотлар тўлиқ очиб берилмаган. Умид қиламизки, камчиликлари тузатилиб, бундан ташқари, дарсликдаги рангли телевидение, рақамли телевидение, телевизион тасвири баҳолаш боблари қайта ишлаб чиқилган. Тавсия этилаётган дарслик бу соҳа бўйича ўзбек тилида яратилган дастлабки изланиш самараси бўлганлиги учун айрим камчилик ва хатолардан ҳоли бўлмаслиги мумкин.

Муаллиф мазкур дарсликни яратишда ўз ҳиссасини кўшган, фойдали маслаҳат ва кўрсатмалари ҳамда нашрга тайёрлашда ҳамкорлик қилган барча мутахассисларга, шунингдек, ушбу китоб ҳақида ўз фикр ва мулоҳазаларини билдирган китобхонларга самимий миннатдорчилик билдиради.

Муаллиф.

КИРИШ

«Телевидение» атамаси 1890 йили юзага келди. Парижда ўтказилаётган халқаро анжуманда рус инженер-электриги К.Д. Перский ўз маърузасида биринчи бор, «Электрическое телевидение» (Электрли телевидение) сўзини ишлатган.

Телевидение деб, телекоммуникация воситаси орқали масофа ва тўсиқ бўйича чекланмаган, фазодаги ҳаракат ва ҳаракатсиз борлиқни реал вақт масштабида кузатиш имкониятини берувчи радиоэлектрон тизимга айтилади.

Телевидение инсон ҳаётида кенг имконият яратди, дунё бўйича ҳодиса ва жараёнларни инсонлар хоҳлаган вақт ва жойда қурилма ёрдамида кузатишлари имконияти пайдо бўлди. Албатта, ўз кўзи билан бевосита кўра олмайдиган муҳитни онгда тўла тиклаш учун инсон беш сезгисининг барчасини ишга солиши зарур.

Бу масаланинг ечими бугун тўлиқ ҳал қилингани йўқ, лекин келажакда ҳал бўлишига умидвормиз. Бугун телевидение орқали ясси ҳажмли рангли тасвирни кўриш ва уни кузатиб берувчи овозни эшитиш имконияти мавжуд. Бу имкониятни ўзи инсон онгининг қанчалик юксалишига сабаб бўлди. Масалан, телевидение кўз кўра олмайдиган нурлар ёрдамида (рентген, ультрабинафша, инфрақизил) нарсаларни синчиклаб кўриш имкониятини беради. Ультраовоз тўлқинлари орқали нурлантириб оддий шароитда коинотни, ер остини, сув тубини ва инсон ички органларини кўриш имкониятини беради.

Телевидение ахборотларни намоёиш этиш техник тизимдир. Телевидение воситасида томошабиннинг кўриш имконияти кенгайди. Шу сабабли, телевизион тизим кўриш органларининг хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда лойиҳалаштирилади. Реал борлиқ ҳажмли ва ҳаракатда, у кўзимизда рангли жилоланади. Демак, асл борлиқни телевидение ёрдамида кузатилганда фазовий хусусиятлари намоён бўлиши керак. Фазони инсон икки кўзи билан мукамал қабул қилади. Теле-

визион техникада нарсаларнинг рельефини кузатиш учун бинокуляр кўриш принципи ишлатилади.

Телевидение техникасининг бугунги кунги юксалиши телевизор пардасида узатилган объект тасвирининг буткул ўзига ўхшашлигини таъминлашдан иборат. Бу масала айлантиргич, узатувчи, кодловчи, декодловчи, акслантирувчи ва бошқа тасвир сигналига ишлов берувчи мураккаб жиҳозлар мажмуасида бажариладиган операциялар орқали амалга оширилади.

Телевидение фани кўп ёндаш билимлар, радиотехника, электрон техника, ёруғлик техникаси ва бошқалар ютуғига асосланади. Шу билан бир қаторда телевидение математика, физика, кимё, ахборот назарияси ва бошқа билимларга суянган ҳолда хусусий масалаларни ечади. Шунинг учун телевидение, фан ва техниканинг умумий юксалиши билан чамбарчас боғлиқ.

Инсоният таракқиётининг ҳар бир юксалиш поғонасида алоқа воситаларининг мукаммаллашиши кузатилган. Телевидение, энг аввало, (бошланғич амалга ошмаган лойиҳадан, механик телевидение орқали, то ҳозирги замон телевидениесигача) техник восита сифатида узоқ юксалиш йўлини босиб ўтди. Агар инсон оладиган ахборотнинг 85 фоизи(%)ни кўз орқали қабул қилиши эътиборга олинса, қадимдан нима учун кўриш имкониятини кенгайтириш муаммоси олимлар фикр-зикрини чўлғаб олганлиги ойдинлашади.

Телевидение асосида уч физик жараён ётади: ёруғлик энергиясини (оптик тасвирни) электр сигналига айлантириш; уни телекоммуникация канали орқали узатиш ва қабул қилиш; электр сигналени оптик тасвирга айлантириб тиклаш.

Тахминан 1875 йилларда, тасвирни масофага узатиш учун, ўлчам билан ўлчаганда, тизимнинг ҳамма энг оддий ҳозирги ташкилий қисмлари ихтиро этилган ёки маълум эди.

1832 йили рус олими П.Л.Шиллинг ҳозирги замон электр алоқа канал тимсоли – электромагнит телеграфни ихтиро қилган. 1858 йили немис олими Г. Гейслер газразрядли найчани ишлаб чиқди, кейинчалик у «гейслер найчаси (трубкаси)» номи билан аталган. Чўгланувчи лампага қараганда, унинг сусткаш-

лиги (инерцияси) йўқ, бу эса тасвирда ҳаракатни тиклаш учун ўта муҳим эди. Бу найчани, электр сигнални оптик тасвирга айлантирувчи асбобнинг биринчи нусхаси дейиш мумкин.

Фотоэлектрик ҳодиса (эффект) нинг кашф этилиши, телевидениеда бажарилиши лозим бўлган уч асосий вазифадан бирини – ёруғлик энергиясини электр сигналга айлантириш масаласини ҳал қилди. Ёруғлик нурини электр оқимга айлантиришни биринчи бўлиб, 1839 йили француз физиги Э.Беккерель амалга оширган.

1817 йили машҳур кимёгар И. Берцелиус селен элементини ихтиро қилди, 1873 йили инглиз техниги К. Мэй селенда фотоўтказгич хоссасини кузатди, муҳандис У. Смит эса унинг хоссасини (ички фотоэффектни) тушунтириб берди. Бу эса тасвир узатиш тизими занжирининг охириги қисми эди.

Бу ихтиролар натижасида янги кўп фикрлар юзага келди. Бир қатор лойиҳалар ва ечимлар таклиф қилинди, лекин у фикрлар моддий базага эга бўлмаганлиги сабаби (у вақтларда техника кучли ривожланмаган эди) улар амалга ошмай қолиб кетди.

XIX асрнинг охирига келиб, телевизион тизимни амалга ошириш учун ҳамма шарт ва шароитлар юзага келди дейиш мумкин. 1878–1880 йиллари асл объектни ва ҳаракатли тасвирни узатишнинг биринчи лойиҳаси эълон қилинди. Ҳаммаси бўлиб, 1900 йилгача 11 давлатдан ихтирочилар омма мулоҳазасига 25 шундай қурилмалар лойиҳасини таклиф қилдилар. Турли давлатлардан телевидение йўналишига ҳиссасини кўшиб, машҳур бўлганлар: Керри, Герберт Айвс (АҚШ), Кемпбелл Суинтон, Джон Бэрд (Англия), Дикман, Шретер (Олмония), де Пайва (Португалия), Костелин (Италия), Б.Л.Розинг, П.И.Бахметьев (Россия). Бундан ташқари, бошқа кўпгина давлатлар мутахассислари ўз фикрларини эълон қилдилар ва уларни амалга оширишга уриниб кўрдилар.

1875 йили америкалик Ж. Керри кўз тузилишига ўхшаш, содда, тасвир узатувчи ва уни қайта тикловчи тизим таклиф қилди. Узатувчи ва қабул қилувчи томонлар тўр шаклида жойлаштирилган фотоэлементлар ва газоразрядли электр лампалардан ташкил топган бўлиб, уларнинг ҳар бир

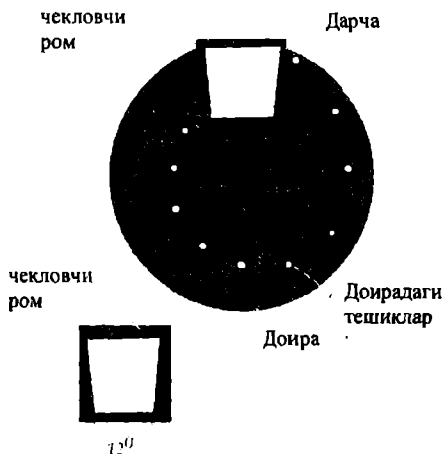
фотоэлемент сим газоразрядли электр лампа билан туташтирилган. Демак, тўр устига туширилаётган оптик тасвир фотоэлемент орқали элементларга ажратилади. Агар тасвир аниқлиги элементлар сонига боғлиқлиги ҳисобга олинса, узатиш учун ўта кўп алоқа канали куришга тўғри келади. Агар замонавий телевидение стандартига таққосласак, бир кадрда тахминан 500 минг элементдан маълумот узатилади. Бундан кўринадики, лойиҳани амалга ошириш учун ўта кўп алоқа канали жорий қилиниши лозим. Бу эса бугунги кунда ҳам амалга ошириш муаммо бўлган масала. Аммо бу лойиҳанинг афзаллиги шундаки, Керри биринчи бўлиб, оптик тасвир алоҳида элементларга (кичик қисмларга-элементларга) ажратишни таклиф қилди. Бу фикр эса албатта, назарий томондан бебаҳо эди.

1878–1880 йиллар ичида тасвир элементларини кетма-кет узатишнинг бир неча лойиҳалари таклиф қилинди. Бундай лойиҳалар муаллифларидан португалиялик де Пайва (1878), россиялик П.И.Бахментьев (1880), француз К.М.Сенлек (1879) ни келтириш мумкин. Бу лойиҳаларнинг асосий моҳияти тасвирнинг элементларини бир вақтда эмас, балки бирор вақт оралиғида кетма-кет узатишдир. Тасвирни қабул қилиш томонида тиклаш, кўзни сусткашлигига асосланиб, элементма-элемент синтез қилишдан иборат. Маълум бўлишича, пирилловчи (ёниб ўчувчи) ёруғлик манбаини кўз маълум шароитда (частотаси етарли катта бўлганда) доимий ёниб турувчи манба сифатида қабул қилади. Кўзнинг бу хусусияти эса кетма-кет узатилаётган тасвир элементларидан қабул қилиш томонда яхлит тасвир тиклаш имкониятини беради.

Тасвирнинг ҳар бир элементи сигналинини кетма-кет узатиш ҳозирги замонавий телевидение асосида ётган иккинчи асосий шартидир. Бундай тизимни Керри лойиҳасига ўзгартириш киритиб, яъни узатувчи ва қабул қилувчи томонларни коммутаторлар билан таъминлаб амалга ошириш мумкин. Бу коммутаторларнинг синхрон ва синфазали айланишини таъминланса, унда ҳар бир дақиқада узатувчи томондаги элемент қабул қилувчидаги унга мос ёруғлик манбаи билан боғланади. Бу лойиҳалар бир-биридан техник ечими билан фарқланади, лекин мукамал бўлмагани ёки моддий-техник

таъминланмагани сабабли уларнинг бирортаси амалга оширилмади.

Тасвир элементлари сигналларини кетма-кет узатишнинг амалий ечими, олмония фуқароси, поляк миллатли П. Нипков томонидан 1884 йили унинг оптика-механик қурилмали лойиҳасида амалга оширилди. У «Нипков доираси» номи билан маълум. Бу қурилма ёруғлик ўтказмайдиган катта диаметрли доирадан иборат бўлиб, унда Архимед спирали бўйича кичик тешиклар жойлаштирилган. Бу тешикларнинг диаметри тасвир элементлари ўлчамини аниқлайди.



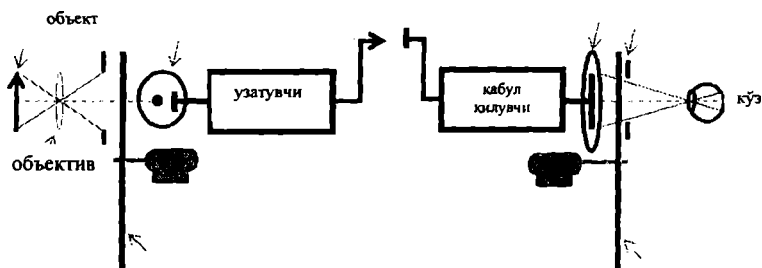
1-расм. Нипков доираси тузилиши.

Ҳар бир кейинги тешикни доирасидаги жойи уни радиуси бўйича олдинги тешикка нисбатан диаметрига баробар марказга сўлжитилган (1-расм).

Тешикли доира олдида тасвир ўлчамини белгиловчи чегараловчи ром ўрнатилган. Ромнинг баландлиги спиралнинг боши ва охирига тиккасига ўлчами билан аниқланади, кенглиги эса тешикларнинг оралиқ масофаси билан аниқланади. Доира айлантирилганда, тешик ром ичида ёй кўринишдаги траектория бўйича ҳаракатланади ва тасвир сатрини ифодалайди. Демак ҳар бир тешик бир сатрни чизади ва тасвирни ёювчи сатрлар сони тешиклар сонига тенг бўлади.

Ромнинг баландлиги ва кенглиги тенг бўлганда, тасвирни элементларга бўлиш сони n^2 тенг, бу ерда n^2 доирадаги тешиклар сони. Доиранинг бир айланишида тасвирнинг ҳамма элементлари узатилади ва бир кадрни ташкил қилади.

Нипков таклиф этган фикр амалга оширилиши ўта соддалиги билан ажралиб турар эди. Бир қанча мукамаллаштиришлар киритилгандан сўнг биринчи амалий телевизион тизим Ж. Берд томонидан Англияда ва Ч. Женкинс томонидан АҚШда (1925 йили), Л.С. Термен томонидан собик иттифоқда (1926 йили) амалга оширилди. Ж. Берд 1926 йили Лондон яқинида жойлашган радиостанция орқали тажриба сифатида 30 сатрли телевидение узатиш амалга оширилди. 1929 йили Олмонияда «Телегор АГ» концерни Д.Михайли бошчилигида эфирга чиқди ва аниқлиги 30 сатрга тенг телевизион тасвирни узатишни амалга оширди.



2-расм. Нипков доираси тизимининг умумий чизмаси.

1931 йили апрель ойида Москвада П.В.Шмаков бошчилигидаги Бутун Иттифоқ электротехника институти лабораторияси жамоаси тажриба сифатида телевизион тасвирни Ленинградга узатди. 1931 йил октябридан бошлаб, аниқлиги 30 сатрли, кадр частотаси 12,5 Гц, 379 м тўлқин узунлигида ва овоз 720 м тўлқин узунлигида доимий телевизион узатишни бошлади. Москва телестанциясининг сигнали Ленинградда, Одессада, Харьковда, Н.Новгородда, Томскда ва бошқа шаҳарларда қабул қилина бошланди. 2-расмда Нипков доираси тизимининг яхлитлаштирилган тузилиш схемаси келтирилган. Бу тизим электр телескоп деб аталган. Саҳна тасвири объектив ёрдамида чекловчи ромдан (2) ўтиб, доира юзасига (1) фокусланади. Доира ортига селен фотоэлементи (3) ўрнатилган.

Доира айланганда унинг ҳар бир тешиги тасвирнинг алоҳида элементлари ёруғлик оқимини кетма-кет ўтказилади.

Натижада фотоэлемент чиқишида тешиқдан ўтган ёруғлик оқимиға мутаносиб электр импульслари кетма-кетлиги ҳосил бўлади. Сўнг бу сигналлар узатувчига киритилади ва эфирға узатилади. Узатувчи тарқатган сигналлар эфир орқали қабул қилувчига етиб боради.

Қабул қилувчи қурилмада қабул қилинган сигнал кучайтирилади ва ясси газ разрядли ёритувчи лампаға (4) берилиши натижасида унинг ёришиш жадаллиги ўзгариши кузатилади. Лампа билан кузатувчи орасиға узатувчи тарафидагиға ўхшаш доира (5), чекловчи ром (6) ўрнатилган. Доиралар узатувчи ва қабул қилувчи томонларда бир хил бўлганлиги сабабли, улар синхрон ва синфазға айлан-тирилганда, ҳар бир дақиқада тешиқларнинг хромдаги координацияси бир хил бўлади. Қабул қилувчи доира тешиғидан ўтган ёруғлик оқими ҳар бир дақиқада узатилаётган тасвир элементининг равшанлигиға тенг бўлади. Доира катта тезликда айлантирилганда ҳаракатдаги ёруғ нуқталар йиғиндиси бир текис тасвирни тиклайди.

1934–35 йиллари механик телевидение ойнадан ясалган барабанлар, винтлар ва бошқа қурилмалар ишлатилиб мукам-маллаштирилди. 180 ва ҳаттоки, 375 сатрли тасвирни ёйувчи оптик-механик тизимлар яратилди. Тасвирни элементларға бўлиш сони ошган сайин тешиқ юзаси кичрайиши сабабли тизимнинг сезгирлиги кескин камайди, чунки тизим кадр даврида ҳосил бўлган сигнал ёйувчи элементдан (доира тешиғидан) ёруғлик оқимининг ўтиши натижасидир.

Бу вақтға келиб, оптик-механик тизимнинг келажаги йўқлиги аниқланди, ҳақиқатан оптик-механик тизимнинг асл моҳияти ҳар қандай унга киритилган мукамалликка қара-масдан юқори сифатли ҳаракатдаги тасвир узатишни таъмин қила олмайди. Телевидение бошланғич даврида бу камчилик маълум бўлса ҳам электрон телевидениени амалға оширишнинг техник имконияти йўқ эди.

1907 йили Б.Л. Розинг Браун электрон найча пардасида тасвирни тиклашни таклиф қилди ва уни ихтиро сифатида патентлади. Розинг таклиф қилган электрон най оптик-механик қабул қилувчи қурилмаси икки вазифасини бажарарди:

тасвирни люминафор парда юзида навбатма-навбат ёйиш, яъни оптик-механик тизимдаги доира ўрнини босувчи ҳамда ёруғлик манбаи, яъни газоразряд ёйувчи лампа ўрнини ўтайди.

Браун электрон найига қараганда, Розинг найи электрон нур оқимини бошқарувчи элемент киритилганлиги билан тубдан фарқ қилади. Электрон тўп диафрагмаси олдида электрон нур ўтувчи бир жуфт пластина ўрнатилган. Тасвир сигналнинг қийматига қараб электрон нур оға бошлайди ва диафрагма тешигидан ҳар хил миқдорда оқим ўтади, натижада парда юзаси турли ёруғликда ёришади. 1911 йилнинг май ойида Розинг ўз қурилмаси орқали ҳаракатдаги оддий геометрик шаклларни намоён қилиб кўрсатди. Бунда тизимнинг узатиш томонида оптик-механик қурилма ишлатилган.

Шу вақтда Англияда Кембелл Суинтон томонидан телевизион қурилма лойиҳаси эълон қилинди. Унда узатиш ва қабул қилиш учун электрон нурли найни қўллаш таклиф қилинган. Кембелл Суинтон 1911 йилнинг ноябрида маърузасини Рентген жамиятига тақдим этди ва 1912 йили электрон телевидение схемасини эълон қилди.

Таклиф қилинган телевизион тизимнинг қабул қилувчи қурилмасида қўлланган электрон нурли най Розинг найидан фарқ қилмас эди. Узатувчи тарафда эса, электрон нур найга мозаика кўринишида кўп сонли фотоэлементлардан ташкил топган фотонишон ўрнатилган эди. Суинтон ўз ихтросининг ишлайдиган моделини яратмади. Шу сабабли Б.Л. Розинг адолатли равишда, электрон телевидение асосчиси деб, К.Суинтон эса амалга оширилмаган тўлиқ электрон телевизион тизим лойиҳасининг муаллифи ҳисобланади.

Биринчи тўлиқ электрон тизим лойиҳаси 1925 йили Тошкентда Б.П.Гробовский бошчилигида бир гуруҳ ихтирочилар томонидан таклиф қилинган ва амалий синовдан ўтказилган. Узатиш тарафидаги электрон нурли най, вакуумли шиша кўзачадан иборат бўлиб, уни ичида фотоэффект хусусиятига эга ишқор металлдан ясалган плёнка, электрон нурни шакллантирувчи ва оғдирувчи қурилма жойлаштирилган. 1928 йили Б.П.Гробовский қурилмаси орқали содда ҳаракатдаги тасвирни узатишга муваффақ бўлган.

Аниқлиги 180 сатрга тенг электрон телевизион тизим Я.А.Рыфтин раҳбарлигидаги бир гуруҳ олимлар томонидан 1935 йили намойиш қилиниши амалий телевидениеда сезиларли ютуқ эди. Электрон телевидениенинг кенг юксалиши ва амалий қўлланилиши сезгирлиги ва аниқлиги оптик-механик тизимга қараганда юқори бўлган В.К. Зворыкин иконоскопи ва С.И. Катаевнинг уч қатламли нишони ва П.В. Шмаков ва П. В. Тимофеевнинг супериконоскопи яратилгандан сўнг бошланди.

Иккинчи жаҳон уруши бошланмасдан аввал, собиқ СССР да кенг тарқалувчи электрон телевидение тизимини куришга замин яратилган эди. Ленинградда мамлакатда яратилган 240 сатрли қурилма билан жиҳозланган, Москвада эса хорижда ясалган 343 сатрли қурилма билан жиҳозланган икки телевизион марказ 1937 йили қуриб битирилди.

Иккинчи жаҳон уриши тугаши билан 1945 йил 7 майда Овропада биринчи бўлиб Москва телемаркази ишлай бошлади. 1948 йилдан бошлаб Москва телевизион маркази С.И. Катаев ва С.В. Новаковскийлар 1944 йилда таклиф қилинган янги 625 сатрли стандартда ишлай бошлади.

Кенг тарқалувчи рангли телевидение жорий қилиниши телевидениенинг юксалишида муҳим босқич бўлди. 1967 йил 1 октябрдан бошлаб мамлакатда мослаштирилган совет-француз SECAM рангли телевидение тизими доимий узатишни бошлади.

Рус инженер-электриги А.А.Полумордвинов биринчи рангли телевизион тизим лойиҳаси муаллифларидан эди. У 1899 йил декабрда, Ломоносов-Юнг-Гельмгольц уч компонентлик рангни кўз қабул қилиш назариясига асосланган рангли телевидение тизими лойиҳасини таклиф қилди. А.А. Полумордвинов рангларни кетма-кет узатувчи рангли телевидение тизимини таклиф этган бўлса, рангларни бир вақтда узатувчи тизим лойиҳасини О.А. Адамян 1907 йилда таклиф қилди.

Биринчи таклиф қилинган лойиҳадан то замонавий тизимгача рангли телевидение техникасининг юксалиши бир текисда бормади. Энг аввал тежамкор ва амалга ошириш осон уч асосий рангларни кетма-кет узатувчи телевизион тизим кенг юксалди.

Бу тизим бўйича бир қанча давлатларда, шу қатори бизда ҳам, бирмунча вақт тажриба сифатида рангли дастур узатилди.

1938 йилда англиялик ихтирочи Д.Берд аниқлиги 120 сатрли рангли тасвирни катта пардага тушириб намойиш ўтказди. Бу механик ва электрон телевидение комбинациясидан иборат тизим эди.

Иккинчи жаҳон уруши йиллари АҚШ да CBS илмий тадқиқот бўлимида П.К.Голдмарк бошчилигида аниқлиги 343 сатрли рангли телевизион тизим ишлаб чиқилди. 1951 йили Нью-Йоркда аниқлиги 405 сатрга тенг тизим орқали кенг тарқатиш амалга оширилди. Аммо ранглارни кетма-кет узатувчи тизим нисбатан қисқа вақтда кенг тарқалувчи телевидения сифатида тугатилди. Бунга асосий сабаб биринчидан оқ-қора ва рангли телевизион тизимларининг мослаштирилмаганлиги, иккинчидан қабул қилувчи қурилмадаги телевизион парда юзасини катталаштириш имкониятини чекловчи ва уни қўпаллаштирувчи айланувчи рангли доира мавжудлиги бўлди.

Кенг тарқалувчи рангли телевизион кўрсатув биринчи бор 1953 йили АҚШ да амалга оширилди. Бунда рангли тизим мавжуд оқ-қора тизим билан мослаштирилган бўлиб, унда икки айирма ранг сигналларни бир вақтда ёруғлик сигнали таркибида узатиш имконияти топилди. Бу тизим NTSC рангли телевизион стандарти номини олди. Кейинчалик бу стандарт Япония, Канада ва Америка қитъасининг бошқа давлатларига тарқалди.

Собиқ иттифоқда иккинчи жаҳон уруши тугагандан сўнг, рангли телевидение кўрсатувларини амалга ошириш устида жадал изланиш ишлари олиб борилди. 1952 йили В.Л. Крейцер бошчилигида ишлаб чиқилган, айирма ранг сигналларини кетма-кет узатувчи рангли телевидениенинг биринчи тажрибаси ўтказилган. 1954–1956 йиллари Москвада рангли телевидение кўрсатуви синовдан ўтказилган. Унда рангли тасвир «Радуга» номли телевизор орқали қабул қилинган. Тасвир ранги кинескопи олдига ўрнатилган айланувчи уч рангли фильтр доира ёрдамида тикланади.

50 йилларнинг бошларида П.В. Шмаков бошчилигида ранглارни бир вақтда узатиладиган мослаштирилган рангли телевидение устида илмий тадқиқот олиб борилган. 1956 йил

март ойида рангли тасвирни узатиш синови ўтказилган. 1958 йили радио бўйича XI Халқаро маслаҳат қўмитаси тадқиқот комиссия делегатларига (МККР) Москва ва Ленинградда рангли телевидение устида олиб борилган иш намойиш қилинган ва у халқаро телевизион бирлашмаси томонидан юқори баҳоланган. 1961 йили Тошкент телевизион маркази П.В.Шмаков раҳбарлигида ишлаб чиқилган рангли телекино-проекицион қурилмасини олишга мувофиқ бўлди ва бу қурилма ёрдамида тажриба ўтказабошлади.

Бир қанча амалий синовлар ва узок баҳслардан сўнг собиқ Иттифокда франция билан ҳамкорликда ишлаб чиқилган SECAM телевизион стандарт қабул қилинди. Бу тизим кейинчалик Шарқий Овропа, Африка ва Осиёнинг бир қанча давлатларида қабул қилинди. Шу йиллари Германияда яна бир рангли телевизион тизим стандарти юзага келди ва у PAL номи билан атала бошлади. Бу тизимни Ғарбий Европа, Австралия, Осиё ва Африка давлатлари қабул қилдилар. Натижада дунё миқёсида учта рангли телевидение тизими стандарти юзага келди: NTSC, SECAM ва PAL. Шу сабабли бугун бир стандартдан иккинчи стандартга ўтиш учун стандарт айлантиргичи (танскодер) ишлатилади.

1970 йили Бойил ва Смит (АҚШ) қаттиқ жисмларда янги хусусиятни кузатдилар ва шунга асосан зарядли алоқа асбобига асос солдилар. Бу асбобни телевидениеда қўллаш устида 1973 йилдан бошлаб Тошкент электротехника алоқа институти (ҳозирги ТАТУ) нинг телевидение илмий лабораториясида каминангиз илмий раҳбарлигида зарядли алоқа асбоб матрицасини телевидениеда қўллаш ва ихчам телевизион камералар яратиш устида изланишлар олиб борилди. Натижада 1978 йили биринчи заряд алоқали асбобли матрицада рангли телевизион камера яратилди ва синовдан ўтказиди. Шу йили Ереван шаҳрида ўтказилган Бутуниттифок конференциясида рангли телевизион камера оммавий намойиш қилинди.

Фан ва техниканинг юксалишида бир фаннинг иккинчи фанга сингиши ва бойитиши яққол кўзга ташланади. Буни қуйидаги мисолда намойиш қилиш мумкин - коинотни ўзлаштиришда телевидениенинг роли бекиёс, натижада бутун бир йўналиш *кос-*

мик телевидение юзага келди. Космонавтикани юксалиши ва Ерни сунъий йўлдошлари телевизион дастурни ретрансляция қилишига ҳамда кенг тарқатишга ишлатилиши. Ер юзини телевидение билан қоплашни амалга оширилди ва натижада яна бир йўналиш *йўлдошли телевидение* юзага келди.

Телевизион техника коинотни ўрганишда катта ютуқларга эришди. 1959 йили октябрида тарихда биринчи бор Ойнинг тескари тараф тасвири Ерга узатилди. Телевизион техника орқали Ойга туширилган «Лунаход» ни бошқариш мумкин бўлди. Бу телевизион тизимни А.С. Селиванов бошчилигида бир гуруҳ изланувчилар амалга оширди (гуруҳда асосий ба-жарувчилар қаторида каминангиз қатнашган). Бундан ташқари, телевидение космонавтларнинг учиб жараёнида, очик коинотда ишлаганларида, оғирлиги йўқ ҳолатда ҳаёт фаолиятларини кузатиш имконини берди. Телевидение коинотдаги илмий тадқиқотларга кўп миллионли кузатувчи аудиторияни яқинлаштиради, бундай узатишларнинг оммавийлиги жуда катта. Коинот техникаси юксалиши ҳамда сунъий йўлдош яратилиши ва уларда олиб узатувчи радиоалоқа тизимининг ташкил қилиниши телевидениени «ойнаи жаҳонга» айлантирди.

1932 йили С.И.Катаев томонидан таклиф қилинган кам кадрли телевидение коинот телевидениясида узоқ сайёраларни тасвирини узатишда амалий қўлланди. П.В.Шмаков томонидан кенг тарқатувчи телевидение сигналларини самолёт ва ернинг сунъий йўлдоши орқали ретрансляция қилиш усули таклиф қилиниб, провардида у амалга ошди.

Одам фаолиятидаги телевидение ишлатилмайдиган бирор соҳани учратиш мушкул. Ишлаб чиқариш жараёнида ва илмий тадқиқотларда автоматиканинг кенг қўлланилиши, табиийки, телевидениенинг ролини ошириб боради ва телевидение қўлламасдан натижага эришиш мушкул бўлади.

Телевидение энг оммавий тасвирий ахборот узатувчи воситадир. Кунда телевидение дастурини дунёда миллионлаб инсонлар кўради. Ахборотнинг таъсирчанлиги бўйича бирорта бошқа оммавий ахборот воситалари телевидениега тенг кела олмайди. Телевидение билим, янгилик, бадиий, мусиқа, спорт, кўнгил очувчи ва бошқа кўрсатувларни кузатиш имконини бе-

ради. У тезкор воқеа ва ҳодисалардан, томошабинни бевосита шоҳид қилади. Матбуот, радио ва бошқа ахборот воситалари воқеаларни телевидениедек тўлиқ ва тез намойиш қила олмайди. XX аср давомида дунё телевидение кўрсатуви соҳасида йиғилган тажриба бунинг исботидир.

Яқин келажакда телевидение юксалишнинг янги сифат поғонасига кўтарилади. Компьютер техника ва режаларининг ривож топиши, радиоэлектрониканинг тез ривожланиши, sanoatda янги технологик жараёнларнинг ижро қилиниши замонавий телевидение қиёфасини тубдан ўзгартирди. Кабель ва йўлдош телевидение кенг ривожлана бошлади. Юқори аниқликдаги телевидение устида олиб борилаётган ишлар самарали давом эттирилмоқда. Бугунги кунда халқаро майдонда рақамли телевизион стандартнинг уч тури юзага келди (ATSC, DVB, ISDB). Интерактив телевидение секин-аста ривож топмоқда. Интернет ва телевидение кўрсатув тармоқлари бир-бирини тўлдириб, келажакда интеграл тармоқ ташкил қилиш эҳтимоли бор. Тошкент ва Бухоро шаҳарларида рақамли телевизион тизим DVB-T (MPEG)-4 стандарти бўйича 2010 йили ишчи туширилди.

Телевизорлар хизмат доираси кенгаймоқда ва унинг инсон ҳаётидаги ўрни сезиларли ривожланмоқда. Келажакда телевизор кўп вазифали видеоқурилмага айланади ва инсон ҳаётида унинг биринчи ёрдамчи бўлиб қолди.

Ҳажмли рангли телевидениенинг яратилиши виртуал муҳит-ни вужудга келтиришда катта роль ўйнаши керак, бунинг албатта, келажак кўрсатади. Телевизион кўрсатувнинг юксалиши билан бир қаторда, амалий телевидение тез юксалиб бормоқда, фан ва ишлаб чиқаришда янги-янги имкониятларни юзага келтирмоқда. Видео-ахборотларни ёзиб олиш, уларни ҳажмини сиқиш, тасвирда керакли маълумотни таниб ажратиш, ахборотни узоқ сақлаш ва бошқа кўп масалалар ўз ечимини топмоқда ва халқ хўжалигини беистесно ҳамма соҳаларида кенг қўлланилмоқда.

1. ТЕЛЕВИДЕНИЕ ТИЗИМИ ТУЗИЛИШИ АСОСИ

1.1. ЭЛЕКТРОН ТАСВИР

Телевизион тасвир қабул қилувчи курилманинг электрон нурли трубка (кинескоп) пардасида шаклланади ва кўз билан кўриш учун мўлжалланган. Телевидение тизимида ахборот қабул қилувчи охириги поғона инсоннинг кўзидир; шунинг учун телевизион тизим кўрсаткичлари ва тавсифлари кўзни кўриш хусусияти ва тавсифларига мувофиқлаштириб олинади. Шу билан бир қаторда, телевизион тизим ёки унинг бўлаклари лойиҳалаштирилганда, кўрсатиладиган объектни асосий кўрсаткичлари ҳисобга олиниши шарт.

Бизни қамраб олган борлиқ телевизион тизим учун ахборот манбаидир. Ҳар бир борлиқ тушаётган ёруғлик нурини акслантириш, ютиш ва ўтказиш хусусиятига эга. Кўпчилик ҳолларда – аксланиш диффузияли бўлади, шунингдек, ойна каби аксланиш ҳам кўп учрайди. Улар, силлиқ ёки лакланган ҳамда суюқлик юзасидан нур қайтганда содир бўлади. Жисмлар ёки уларнинг қисмлари ёруғлик оқимини турли акслантириши ёки ёруғлик чиқариши (ўзи нурланувчи нарсалар) уларни оптик хусусиятлари билан аниқланади. Жисм қисмидан аксланган (ёйилган нур) ва кўз орқали қабул қилинадиган ёруғлик оқими, жисм тўғрисида ахборот ташувчи вазифасини бажаради. Жисмни акслантириш хусусияти акслантириш коэффициенти $\rho(\lambda)$ орқали ифодаланади, яъни

$$\rho(\lambda) = F_o(\lambda) / F(\lambda),$$

бу ерда, $F_o(\lambda)$ – аксланган ёруғлик оқими, $F(\lambda)$ – акслантирувчи юзага тушаётган ёруғлик оқими. Жисм юзасига тушувчи ёруғлик оқими, ёритилганлиги $E_o(\lambda)$ билан аниқланади. Уч ўлчамли объектларнинг турли нуқталари ҳар хил ёритилади, чунки ёритувчи манбадан улар ҳар хил узоқликда жойлашган, бир қисми бошқасини тўсади ва ҳоказо. Ёритиш хусусияти

уларнинг қуввати, фазода жойлашиши ва ёруғлик манбаи сонига боғлиқ. Тасвирий ахборотни қабул қилишда, кузатувчи кўриш бурчаги чегарасида объектдан тарқалаётган ҳар бир (аксланаётган ёки нурланаётган) ёруғлик оқими орқали объект кўринишини тиклайди. Ҳар бир элементар ёруғлик оқимнинг жадаллиги, спектрал таркиби, равшанлиги ва оқимни йўналиши – шу нуқтанинг фазодаги жойлашишини таърифлайди.

Кузатувчи фазонинг чекланган қисмини, фазовий бурчак билан чекланган бурчак оралиғида кўришини *кўриш бурчаги* деб аталади.

Айтилганларга биноан, объект куйидаги кўрсаткичлар билан таърифланади: **равшанлиги, ранги ва нарсанинг жойлашуви**. Объектнинг ҳар бир нуқтаси уч ўлчамли фазода жойлашган. Ҳаракатланувчи ва ёритилиши ўзгарувчи объект кузатилганда равшанлиги ва ранги ҳамма нуқталарида ўзгариши сабабли объект математик моделини кўп ўлчамли фазо-вақтда (равшанлиги B , ранги λ ва рангнинг тозаллиги ρ) куйидагича ифодалаш мумкин:

$$\begin{aligned} B &= f_B(x, y, z, t); \\ \lambda &= f_\lambda(x, y, z, t); \\ \rho &= f_\rho(x, y, z, t); \end{aligned} \quad (1.1.)$$

бу ерда x, y, z – фазовий координаталар; t – вақт.

Объект тасвирини электр алоқа усули билан узатиш учун, тасвирини ифодаловчи (1.1) тенглама кўрсаткичларини сигналга айлантириш қулай йўлини излаб топиш телевидениенинг асосий вазифаларидан. Албатта, айлантиришлар натижасида қабул қилинган телевизион тасвир узатилаётган объектга, имкон борича, ўхшаш бўлишига эришиш лозим.

Маълумки, электр канали ҳар бир дақиқада фақат сигналнинг бир қийматини узатиш имкониятига эга. Демак, сигнал фақат бир мустақил ўзгарувчи - вақт функцияси бўлиши мумкин, яъни электр алоқа канали бир ўлчамли кучланишни вақтга боғлиқлигини таърифлайди,

$$u = f_u(t) \quad (1.2.)$$

Телевизион тизим чиқишида тикланадиган тасвир аналитик кўринишида уч кўп ўлчамли функция билан ифодаланади:

$$\begin{aligned} B' &= f'_L(x, y, z, t); \\ \lambda' &= f'_\lambda(x, y, z, t); \\ \rho' &= f'_\rho(x, y, z, t); \end{aligned} \quad (1.3)$$

Умумий ҳолда чиқиш кўрсаткичлари кириш кўрсаткичлари билан тўғри тушмаслиги мумкин.

(1.1) ва (1.3) тенгламалардан кўринадики, телевизион тизимда узатиловчи объектни (1.1) берилган аниқликда (1.3) тасвири тиклашни таъминлаш зарур.

Уч кўп ўлчамли узатиш функциясини бир ўлчамли сигналга тўғридан-тўғри айлантириш мумкин эмас. Шу сабабли, узатиладиган тасвирни шаклантиришда ва уларни математик ифодалашда қатор соддалаштиришга йўл қўйилади.

Ясси оқ-қора тасвирни математик соддалаштирилиб ифодалаганда қуйидаги кўринишга келади,

$$B = f_L(x, y) \quad (1.4)$$

Тасвирни ифодаловчи (1.4) тенглама равшанликни юзада тарқалишини, яъни x, y координатлари бўйича равшанликнинг ўзгаришини, кўрсатади. Соддалаштирилган кўринишда ҳам равшанлик таралиши икки ўлчамли таърифлайди ва бевосита оқ-қора тасвирни бир ўлчамли сигналга айлантириш имконияти йўқ.

Агар, ҳаракатдаги тасвирни узатиши олинганда, масала яна ҳам мураккаблашади. Ҳаракатланувчи ясси, оқ-қора тасвирни узатишда равшанлик таралиши уч ўзгарувчи функция орқали ифодаланади,

$$B = f_L(x, y, t). \quad (1.5)$$

Натижада, равшанликнинг оний B қийматидан ташқари, уни координатларини (бу қиймат объектни қайси нуқтасидан олинаётганини), яъни унинг геометрик жойлашган жойи тўғрисида маълумот узатиш керак бўлади.

Уч ўлчамли сигнални бир ўлчамлига айлантириш масаласини ҳал қилиш учун икки фундаментал принцип қўлланилади: тасвирни дискрет элементларга бўлиб, уни вақт бўйича ёйиш, яъни ҳам фазовий, ҳам вақт бўйича дискретлаш ишлатилади. Фазовий дискретлашда узатиладиган тасвир юзаси чекланган ўлчамли N , элементларга ажратилади. 3(а,б илова)-расмдаги тасвирларда $N_1=1000$ ва $N_2=25000$ элементга ажра-

тилган шер калласининг фотографияси келтирилган. Назарий томондан элементлар сони чексиз катта бўлиши мумкин.

Амалда кўзимизнинг ажратиш қобилияти чекланган бўлгани сабабли, ҳар қандай тасвир талаб қилинган тасвир сифатига биноан ўлчами чекланган элементларнинг аниқ сони олиниши мумкин.

Берилган кўриш бурчагида объект кузатилганда, кўз илғайдиган шундай кичик деталь мавжудки, уни юзаси равшанлиги ўзгармас бир хил қийматга эга ва ўлчами эса кўз илғаш чегарасида, у энг кичик δ бурчак орқали аниқланади. Бу δ бурчак *ажратиш бурчаги* деб аталади.

Объект кузатувчи томонидан таҳлил қилиниши (кўрилган киёфани таниш) учун, аввало, унинг икки ўлчамли тасвири кўзимизнинг тўр қатламида тикланади, сўнг унинг фазовий бурчакда элементар қийматларини таралишига эквивалент ёруғликнинг таралиши сифати таърифланади.

Кўриш ва ажратиш бурчагининг чекланганлиги, ясси тасвирни турли равшанликдан иборат элементар майдонларнинг чекланган сони орқали ифодалаш имкониятини беради. Тасвирни электр сигналга айлантириш жараёни олдидан, унинг ясси оптик тасвирини ҳосил қилиш ва элементма-элемент таҳлил қилиш орқали бажарилади. Ясси оптик тасвирни m элементар манбалар тартибли жойлаштириб, уларни ҳар бирини жадаллигини ўзгартириш орқали ташкил қилиниши мумкин. Кўз, тасвирни элементлардан ташкил бўлганини илғамаслиги учун элементар манба ўлчами ўта кичик, кузатиш масофасида кўз илғаш чегарасида бўлиши керак, унда тасвирни тикловчи элементар манбалар N_1 сони тасвирни бўлувчи N_n сони билан тенг бўлиши керак. Демак, тасвир ифодаланган юзада уни элементлари етарли даражада кичик ва унинг сони етарлича кўп бўлиши керак. *Тасвирнинг элементи* деб тасвирни ифодаловчи юза ичида минимал ўлчамли, равшанлиги ва ранги доимий бўлган тасвирнинг деталига айтилади.

Юқорида зикр қилинганлардан хулоса қилиб, *телевидениенинг биринчи асосий принципини* қуйидагича таърифлаймиз: узатиладиган тасвирлар *алоҳида элементларга бўлинади*.

Бир вақтда ҳамма элементлар сигнални узатиш мураккаб масала, бунинг учун узатувчи ва қабул қилувчини чексиз кўп алоқа канали билан таъминлаш лозим бўлади.

Иккинчи асосий принципи тасвир элементлари (равшанлиги тўғрисидаги ахборотни) *алоқа канали орқали кетма-кет узатилади*. Бу принцип *ёйиш* деб аталади. Бир алоқа канали орқали телевизион тасвирни кетма-кет узатиш ва кетма-кет тиклаш, кўзнинг сустиги (инерцияси)га асосланган. *Кузнинг сустиги* деб кўзга ёруғлик таъсири тугаганидан сўнг, уни кўриш бир қанча вақт оралиғида давом этишига айтилади. Суслик натижасида, пирилловчи ёруғлик манбаси, юқори частотада пириллаганда, кўз уни узлуксиз таъсир сифатида қабул қилади, яъни пириллаш сезилмайди.

Тасвир элементларини кетма-кет, тартибли узатиш жараёни *тасвирни ёйиш* деб аталади. Ёйиш принципи икки ўлчамли маълумотни бир ўлчамли сигналга ва аксинча, бир ўлчамли сигнални қайта икки ўлчамли ёришувчи юзага айлантиришга имкон беради.

Ёйишни амалга оширишни, ёйувчи элемент (электрон нурни, ажратувчи тешик ва шу каби)ни бирор қонунга биноан тасвир юзасида суриш орқали бажариш мумкин. Ёйилаётган юза нуқтасининг координатаси вақт функциясидир:

$$x = \phi_x(t); y = \phi_y(t), \quad (1.6)$$

бу ерда, $\phi_x(t)$ ва $\phi_y(t)$ – ихтиёрий бир қийматли вақт функциялари.

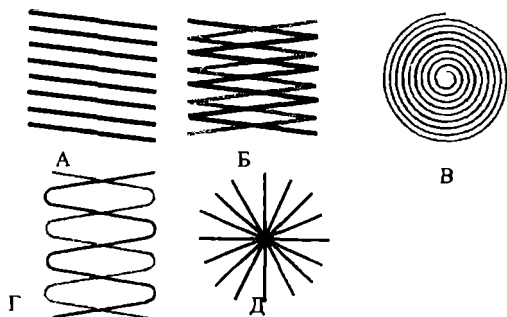
Агар (1.6) ни (1.4) ўрнига қўйилса, узатиш учун керак бўлган вақт функциясини оламиз

$$B = f_L(x, y) = f_L[\phi_x(t), \phi_y(t)] = f_L(t). \quad (1.7)$$

Шундай қилиб, ёйиш жараёни тасвир ёруғлигини электр сигнал кетма-кетлигига (ёки уни тескарисига) айлантиришни ҳал қилади. Кетма-кетлик қонунияти тизимнинг хизмат вазифасига қараб танланади.

Ҳар бир аниқ ёйилувчи тизимда ёйувчи элементнинг ҳара-

кат траекторияси бирор қонунга биноан аниқ белгиланган бўлади. Ёйиш аниқ бўлмаган тизимда, ювувчи элементнинг ҳаракати тасвирнинг кўринишига қараб автоматик равишда ўзгаради. Бундай ёйиш тасвирга ишлов бериш тизимида ёки узатиш тизимини мукамаллаштириш мақсадида ишлатилади.



4-расм. Ёйиш қонунининг турли кўриниши:
а) тўғри чизиқли; б) синиқ чизиқли; в) спираль; г) синусоидал; д) радиал- айланма.

Тасвирни ажратиб берувчи ёйувчи элементнинг ҳаракат траекторияси ҳар хил бўлиши мумкин, яъни ҳаракат эркиндир (беихтиёр). Фақат оптик-электрон ва электрон-оптик айлантиргичларда (узатувчи ва қабул қилувчи) ёйувчи элементларнинг ҳаракати бир хил бўлиши керак. Тасвир юзасида ёйувчи элементларнинг ҳаракатига қараб ёйишни қуйидагича турларга ажратиш мумкин: *тўғри чизиқли, синиқ чизиқли, спираль, синусоидал, радиал* ва бошқалар.

Телевизион тизимларда (ТВ) ёйишни танлашда бир қатор талаблар қўйилади, улардан асосийлари: тасвирнинг ҳар бир элементини узатиш бир хил давом этиши, орқага қайтиш вақти кам бўлиши ва осонлик билан амалга оширилиши.

4-расмдан кўриниб турибдики, тўғри чизиқли ёйишдан бошқа ҳеч қайси ёйиш тури қўйилган шартни тўлиқ қониқтира олмайди. Шу сабабли телевизион кўрсатишда ва амалий телевидениенинг кўп турларида тўғри чизиқли ёйиш, жумладан, прогрессив ва сатр ташлаб ёйиш ишлатилади.

Троекторияси аниқланмаган детерминаланмаган тасвирни ёйиш ҳозирги вақтда телевизион автоматларда ишлатилади. У бунда телевизион кўрсатишга қараганда оддий тасвирлар билан иш кўрилади. Бу эса объектни геометрик ёки оптик кўрсаткичини ёювчи элементнинг ҳаракати билан мослаштириш имкониятини беради.

Бундай тизимлардан биологик микрообъектлар тадқиқотида, петрографияда, металл буюмлар нусхаси тадқиқотида, сунъий олмос ва бошқа соҳаларда сифатни назорат қилиш учун фойдаланилади.

Тасвир ёйиш икки усулда амалга оширилади: излаш ва кузатиш. Излаш усулида ёйувчи элемент кўрсатилган траектория бўйича ҳаракатланади, объектнинг тасвирига тўғри келганда кузатиш ҳолатига ўтади, шу вақт ичида ахборотни ўқийди ва унга ишлов беради. Бажарилаётган ишга қараб «кузатиш»нинг бир неча усули мавжуд. Масалан, «кузатув»чи ёйишда объектнинг контуридан, майдонидан фойдаланиши мумкин. Биринчи ҳолда ёйувчи элемент тадқиқ этилаётган объектнинг контурини чизади, иккинчи ҳолда ёйувчи объект ҳар бир элементи тўғрисида алоҳида ахборот олишни таъминлайди.

Телевидениенинг асосий имкониятларидан бири – тасвирда ҳаракатни ифодалаш – кинодаги каби бир сония вақтда ҳаракатсиз алоҳида тасвир кадрларнинг маълум сонини кетма-кет кўрсатиш. Ҳаракатсиз тасвирни ифодаловчи кадрларнинг ҳар бирида ифодаланган ҳаракатнинг фазаси, кадрларнинг тез ўзгариши натижасида кузатувчида узлуксиз ҳаракат намоён бўлади. Уч ёки ундан кўп функция билан ифодаланадиган рангли ва ҳажмли объектларни тиклаш учун бир вақтда уч ёки ундан кўп ёки бир канал орқали кетма-кет сигналлар узатилади. Бир канал орқали мураккаб тасвирларни узатиш кўп ахборот жўнатишни талаб қилади, бунинг учун дискретлаш оралиғини камайтириш керак бўлади, яъни кузатувчи тасвирни пирилламаган ҳолда қабул қилиш учун бир сонияда кузатиладиган кадрлар сони кўпайтирилиши керак бўлади.

Тизимни соддалаштириш мақсадида ёйиш қонуни телевидениеда бир хил олинган. Бундан ташқари, узатиш ва қабул қилиш қурилмаларида ёйиш жараёни синхрон ва синфаз

бажарилади. Шартлар бажарилмаган ҳолда қабул қилувчи қурилмада тасвир тўғри тикланмайди. Ёйишнинг синхрон ва синфазлиги натижасида қабул қилувчи қурилма экранида турли ёритилган элементларнинг жойлашиши узатилаётган объектдаги элементлар жойлашишини қайтаради.

Телевизион кўрсатиш тизимида тўғри чизиқли – сатрма-сатр ёйиш қонуни қабул қилинган. Бунда сатрлар чапдан ўнга ва юқоридан пастга йўналган ҳаракат бажарилади. Сатр бўйича элементма-элемент йўналиш ва тезлик, шунингдек, кадрда сатрларнинг алмашиш тезлиги доимий. Ёйишда кадр ва сатр бошланғич нуқтасини аниқлаш учун ҳар бир сатр ва кадрда синхронловчи сигнал узатилади. Сатр ва кадр бўйича синхронликнинг аниқлиги ва ёйилиш тезлигининг доимийлиги узатиш ва қабул қилиш томонларда тасвир деталларининг геометрик мутаносиблигини таъминлайди.

Ёйиш натижасида экран юзида горизонтал йўналишда, элементлар *йигиндисидан* ҳосил бўлган ёруғлик изи *сатр* деб аталади. Экрaн юзасидаги сатрлар йигиндиси *растр* деб аталади. Агар элементлардаги ёруғлик жадаллиги турлича бўлса, унга мутаносиб тасвир тикланади ва у кадр деб аталади. Телевизион тизим ёйишининг бир кадрида z сатрни, бир сониядаги кадрлар сони n ни ташкил қилади.

ТВ тасвир сифати уни кўз билан кўришда, объектни тўғридан-тўғри кузатишга яқинлашиш даражаси орқали баҳоланади. ТВ тасвир сифати ТВ тизимнинг кўрсаткич ва тавсифлари орқали аниқланади. Майда деталларнинг тикланиши ва уларнинг равшанлиги, ҳар турли ёруғлик (ранг) майдонларнинг кескин чегараси (тасвирнинг контури) ТВ тизим узатадиган элементлар сони ёки бошқача айтганда, кадрдаги сатрлар сонига тўғридан-тўғри боғлиқ. Равшанликнинг узлуксиз кўриниши ва объектларни равшан ҳаракати вақт оралиғида узатиладиган кадрлар сонига ва танланган ёйиш қонунига боғлиқ. Тасвирнинг тикланадиган равшанлик поғона сони (ёруғлик градация сони) тизимнинг динамик диапазонига боғлиқ. Қабул қилинган тасвир узатилганига ўхшашлиги синхронизациянинг аниқ бажарилишига, ёруғликнинг сигналга ҳамда сигналнинг ёруғликка айлантиргичлар растрининг

дифференциал ўхшашлиги, яъни растр майдонидаги хоҳланган элементнинг вақт бўйича координатасининг нисбий тенглиги орқали аниқланади.

Шундай қилиб, тизимнинг кўрсаткичлари белгиланган тасвир сифати орқали аниқланади. Бошқа томондан, тасвир сифатини яхшилаш тизимнинг мураккаблашувига ва уни қуриш тан нархининг қимматлашувига олиб келади.

1.2. ОПТИК ТАСВИРНИ ЭЛЕКТР СИГНАЛИГА АЙЛАНТИРИШ

Бизни қамраб олган борлиқдан ахборот қабул қилиш учун парвардигор инсонга беш сезги инъом этди, улардан учтаси (кўриш, овоз эшитиш, ҳид билиш)- *масофавий*, иккитаси эса (сезиш ва таъм)-*боғлангичли*. Ҳар хил сезги органлари орқали биз англашимиз учун етказиладиган уйғотувчи куч бир хил эмас. Физиологларнинг таъкидлашича, инсоннинг барча сезгиси орқали англайдиган ахборотнинг 80–85% кўз орқали олинади. Инсон Кўзи мураккаб тузилган. Биз борлиқнинг чекланган қисмини чекланган имконият билан кўра оламиз. Маълумки, кўриш оралиғи электромагнит тўлқинлар спектри кенглигининг ўта тор қисмини ташкил қилади.

Электромагнит тўлқинлар спектрининг ҳаммаси шартли равишда икки қисмга бўлинади: 3000 ГГц дан пастки *радио* диапазон, ундан юқориси – *оптик* диапазон. Тўлқин спектрининг кўринадиган қисми оптик диапазонда ётади ва унинг тор қисмини (*380–760 нм*) ташкил қилади. Ушбу қисмда гунафша рангдан то қизилгача ҳамма кўринадиган ранглар жойлашган (иловадаги 5а-расм). 5б-расмда *кўзнинг нисбий спектрал сезгирлик эгри чизиги* келтирилган. Кўзнинг максимал спектрал сезгирлиги спектрнинг кўринадиган қисмидаги сариқ-яшил қисмига (*0,55 мкм*) тўғри келади.

Кўзнинг кўриш эгри чизигининг максимумидан ўнг ва чапида, кўк ва қизил ранглар жойлашган қисмида, кўзнинг спектрал сезгирлиги пасаяди. Демак, кўз кўриш оралиғида ҳамма рангларни бир хил ажрата олмайди. Бу ҳолат мос-

лаштирилган рангли телевизион тизимни яратишда ҳисобга олинган.

Махсус телевизион тизим орқали кўзнинг имкониятларини кенгайтириши мумкин, яъни инсон қуролланмаган кўз билан кўра олмайдиган борлиқни кўриш имкониятини очиб беради. Телевизион сигналга айлантиришда объектни нурлантириш учун манба сифатида электромагнит тўлқинлар оптик диапазони эмас, балки хоҳланган нурланиш қўлланиши мумкин. Бунда оптик-электрон айлантиргичлар керакли нурланишга сезгир бўлиши керак.

Демак, телевизион тизим ёрдамида оддий кўзга кўринмайдиган объектларни кўринадиган қилиш мумкин.

Оқ-қора ТВ тасвирнинг ҳар бир элементи равшанлигининг оний қиймати билан таърифланади. Ёйиш жараёни, яъни тасвир элементини вақт бўйича кетма-кет узатиш, равшанлик сигналинини вақт бўйича функциясини ташкил қилади. У сигнални олиш учун нурланиш энергиясини электр сигналига айлантириш фотоэффект асосида ишловчи замонавий телевизион қурилмалар орқали амалга оширилади.

Фотозффект деганда, ёруғлик нури таъсирида жисмлардан электронларни озод қилиниши тушунилади. Бунда электронлар жисмларни тарк этса **ташқи фотозффект** дейилади, жисмларда озод қолиб, унинг ўтказувчанлигини оширса **ички фотозффект** дейилади. Биринчи ҳолатда электронларнинг жисмдан учиб чиқиши **фотозмиссия** деб аталади, иккинчи ҳолда электрон, ёруғлик ёрдамида озод бўлиб, лекин жисмда қолишига **фотойўтказувчилик** дейилади.

Ташқи фотозффектнинг асл моҳияти айрим металллар юзасига ёруғлик тасир этганда электрон эмиссиянинг ҳосил бўлишидир.

Ёруғлик кванти тасирида уйғотилган электрон, чиқиш ишини енголмаса, жисмни ташлаб чиқмайди. Шундай қилиб, ёруғлик нурининг жуда оз энергияли кванти, бирорта ҳам электронни жисмдан узиб ола олмайди, демак, ташқи занжирда ток бўлмайди.

Агар ёруғлик кванти катта энергияга эга бўлса, у электронни озод қилади ва ташқи занжирда фотозмиссия токи

оқа бошлайди. Агар фотоэлектрон асбоб тўйинган иш режаси ҳолатида бўлса, унда ёруғлик оқимиға мутаносиб оқим оқади. Бу ҳолда, жисмдан чиқаётган ҳамма электронлар ташқи занжирға тушади. Ташқи фотоэффектда ёруғлик нуруни электр токиға айлантириш сустанмасдан бажарилади.

1888–1889 йиллари А.Г. Столетов томонидан ташқи фотоэффектнинг асосий қонунлари очиб берилган. Ички фотоэффектли жисмлар нур энергиясини ютиши туфайли, уларда айрим электронларнинг энергияси ошади ва электронларнинг атом ядроси билан алоқаси бузилади, натижада ички фотоқатламда электрон юзаға келади. Электронлар моддани тарк этмайди, унинг ичида қолади, фақат тўлдирилган зонадан ўтказувчи зонаға ўтади. Бу фотоқатламнинг қаршилиги ўзгаришиға олиб келади. Ёруғлик таъсирида уйғотилган электрон бирор вақтдан сўнг қайта тартибланади (рекомбинацияланади), яъни тўлдирилган зонаға қайтади. Рекомбинация жараёнининг тезлиги электронларнинг фотогенерацияси натижасида тўпланишиға боғлиқ. Нурланишни ўзгармас оқимида олиб борувчининг уйғотилиши доимий, қайта тартибланиш тезлиги ошади, шунинг учун бирор вақт ўтгандан сўнг қайта тартибланиш жадаллиги янги фотоэлектронларни уйғотиш (генерация) жадаллигиға тенг бўлиб қолади. Тенгланиш ҳолати - ўтказгич қийматининг муқаррар ҳолати юзаға келади.

Ёритиш тугатилиши билан электронлар бирдан қайта тикланмайди, шунинг учун фотоўтказувчанлик яна бирор вақт сақланиб қолади. Демак, фотоўтказувчанликнинг ортиши ёки камайиши бир зумда жорий бўлмайди, жараён аста-секин бажарилади.

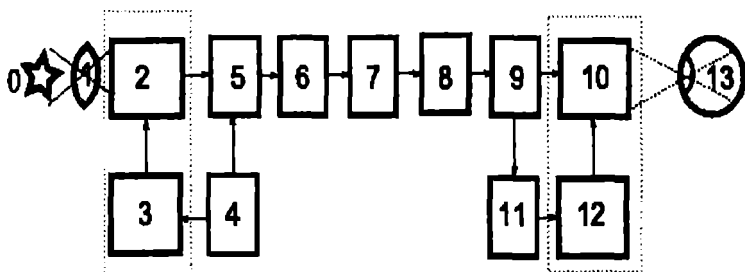
Квантли чиқиш, яъни фотоэлектронлар сонининг тушаётган ёруғлик квантлари сонига нисбати ички фотоэффектда ташқи фотоэффектға нисбатан юқори. Ташқи фотоэффектда ёруғлик квантлари уриб чиқараётган фотоэлектронлар ўз муҳитини тарк этиши учун «чиқиш иши»ни бажариши керак, яъни энергиянинг катта захирасиға эға бўлиши зарур. Ички фотоэффектда фотоэлектронлар чиқиш ишини бажармайди, улар фақат ўз атомларидан узиладилар ва фотоўтказгич чегарасида қоладилар, бунинг учун анча кам энергия талаб

қилинади. Демак, ички фотоэффект юзага келтирувчи оптик-электрон айлантиргичлар ўта сезгир бўлади. Шунинг учун замонавий телевизион сигнал датчиклари сифатида ички фотоэффект принципига асосланган асбоблар ишлатилади.

1.3. ТЕЛЕВИДЕНИЕ ТИЗИМИНИНГ УМУМЛАШТИРИЛГАН СХЕМАСИ

Телевидениенинг умумий функцияси оптик тасвирни сигналга айлантириб, бу сигнални алоқа канали орқали узатиш ва провардида, қабул қилинган электр сигнални оптик тасвирга айлантиришдир. Шунга биноан, тасвирни узатувчи, сигнални узатувчи, сигнални қабул қилувчи ва ниҳоят тасвирни тикловчи ҳамма техник воситалар комплекси ТВ тизимини ташкил этади. Мақсадга мувофиқ тизим техник воситасилари туркуми ва қурилмалари турлича бўлиши мумкин, лекин уларнинг ҳаммаси тизимнинг умумий хусусияти билан аниқланади. ТВ тизимини ташкил этувчи (аниқловчи) қурилмалар туркуми ва уларнинг бир-бири билан боғланиш схемаси 6-расмда келтирилган.

Анализ қилувчи қурилма Синтез қилувчи қурилма



6-расм. Телевидение тизимининг тузилиш схемаси:
 0- объект; 1-объектив; 2-ёругликни-сигналга айлантиргич;
 3-ёйувчи қурилма; 4-синхрогенератор;
 5-қучайтиргич; 6- узатувчи қурилма; 7-алоқа канали;
 8-қабул қилувчи қурилма; 9-видеоқучайтиргич;
 10-сигнални ёругликка айлантиргич; 11- синхронловчи импульс-
 ларни ажратувчи; 12- ёйувчи қурилма; 13- кўз.

Телевизион тизимда *объектив (1)* орқали, *ТВ датчиги (2)* (ёруғликни сўғналга айлантиргич) нинг ёруғлик сезувчи юзасига оптик тасвир туширилади. Оптик тасвир фотоэффeкx хоссасидан фойдаланиб электр сўғналига айлантиради. Бу ёруғлик сезувчи юза *фотокатод* деб аталади. Тасвирни ифодаловчи, ёруғлик оқимига мутаносиб *ТВ сўғнал*, зарядни йиғувчи қатламда (*нишонда*) электрон нурни (ёйувчи қурилма ёрдамида бошқарилувчи) тасир орқасида юзага келади. Агар фотокатод ва нишон бир-биридан ажратилган бўлса, электрон тасвир фокусловчи тизим ёрдамида фотокатоддан нишонга кўчирилади ва сўнг ундан электрон оқимига мутаносиб заряд тасвир сўғналига айлантиради.

Замонавий узатувчи асбобларда бу икки элемент – фотокатод ва нишон бирлаштирилган. Нишонга таъсир қилувчи электрон нур *ёйувчи қурилма (3)* орқали бошқарилиб, электр импульслар кетма-кетлиги юзага келади. Бу тасвирни ифодаловчи узликсиз импульслар, *равшанлик бошланғич сўғнали* деб аталади. У тасвир юзасидаги равшанлик жадаллигини ифодалайди.

Анализ ва синтез қилувчи қурилмаларни синхрон ва синфаз ишлашлари, қабул қилувчи тарафда узатувчига нисбатан тасвир элементларнинг тасвирни тикловчи асбобда бир хил жойлашишни таъминлайди, натижада тасвир яхлит тикланади. Синхрогенераторда махсус синхронловчи сўғналлар генерация қилинади ва улар орқали тизим бошқарилади, яъни мажбурий синхронлаш қўлланилади. Синхронлик, анализ ва синтез қилувчи қурилмалар ёйувчи частоталарининг тенглиги, синфазлик – уларнинг бир вақтда ишга тушиши орқали таъминланади. Синхронлаш сўғналлари *синхрогенератор (4)* дан олинади. Бир сатр даврида бир импульс, бир кадр даврида ҳам бир импульс генерация қилинади ва улар бир-биридан давомийлиги ва частотаси ҳар хиллиги билан фарқланади. Бу импульслар *ёйувчи (3)*, *кучайтирувчи (5)* қурилмаларга узатилади. Кучайтирувчи қурилмада равшанлик сўғнали билан қўшилади, сўнг сўғнал *узатувчи қурилмага (6)* ўтади. Телевизион тизимнинг анализ ва синтез қилувчи томонларида ёйувчи қурилмалар автотебранувчи генераторлари синхро-

сигнал ёрдамида синхронлашади. Шунинг учун синхронловчи сигналлар равшанлик сигналлари билан биргаликда телевизион қабул қилгичга узатилади ва ёйувчи қурилмаларнинг узатувчи томондаги ёйувчи қурилмалар билан синхрон ва синфаз ишлашини таъминлайди. Бундан ташқари, синхрогенератор узатувчи ва қабул қилувчи асбобларда электрон нурнинг орқага қайтиш вақтида сўндирилиши учун, сўндирувчи импульслар ишлаб чиқаради. Бу импульслар, юқорида айтилгандек равшанлик сигнали билан қўшилади. Сўндирувчи импульслар чўққисига синхронловчи импульслар жойлаштирилади. Равшанлик бошланғич сигнали *видеосигнал (тасвир сигнали)* деб аталади. Унга сўндирувчи импульс қўшилиши натижасида *тўлиқ видеосигнал* юзага келади. Тўлиқ видеосигналга синхроимпульслар қўшилиб *телевизион сигнал* ташкил қилади. Агар видеосигналга мураккаб синхросигнал киритилса, уни *тўлиқ телевизион сигнал (ТТС)* деб аталади. *Сигнални узатувчи қурилма (6)* модуляторида элтувчи частота ТТС таъсирида модуляцияланади ва *радиосигналга* айланади. Сўнгра телевизион радиосигнал *алоқа канали (7)* орқали узатилади. Алоқа канали вазифасини *радиоузаткич, олиб узатувчи (ретранслятор), кабел, радиореле, йўлдош радиоканали, оптик тола* ва бошқа ўзгартиришларга бажаради. Сигнал алоқа канали орқали узатиш жараёнида турли ўзгартиришлар (кодлаш, модуля-циялаш ва бошқалар) бажарилади. Алоқа канали орқали ТВ сигнал бузилмасдан, халақитларга бардошлиги таъминланиб, *қабул қилувчи қурилма (8)* да ТВ радиосигнали юқори ва оралик частоталарида кучайтирилади, сўнг детекторланади. Детек-торланган видеосигнал «сигнални-ёруғликка айлантиргич» (ки-нескоп, тасвирни тикловчи асбоб) ни бошқариш учун, керакли микдоргача сигнални кучайтириш учун *видеосигнал кучай-тиргичи (9)*га, бир вақтда *синхронловчи импульсларни ажратувчи (11)*га ўтказилади. Ажратувчи қурилмада сигналдан синхронловчи импульслар ажратилади. Бу импульс сигналлари *ёйувчи қурилма (12)* орқали ҳаракатини синхрон ва синфазлигини бошқаради.

2. ЁРУҒЛИК МАНБАИ, ОБЪЕКТ ВА ОПТИК ТИЗИМ

2.1. ФОТОМЕТРИЯ

Оптикада ёруғлик энергиясини ўлчаш усуллари *фотометрия* деб аталади.

Фотометрия икки йўналишга бўлинади: энергетик фотометрия ва ёруғлик фотометрия. Ёруғлик ўзи элтадиган энергия нуктаи назаридан бир қатор катталиклар билан характерланади. Бу катталикларнинг энг муҳими *ёруғлик оқимидир*. Ёруғлик энергиясини сезиш учун, табиийки, кўз алоҳида аҳамиятга эга. Биринчи навбатда, электромагнит тўлқинлар элтадиган энергия эмас, балки унинг бевосита кўзга таъсир этадиган қисми қизиқтиради. Кўз ёруғлик қабул қилиш хусусиятига биноан (5- расм илова) яшил нурларни жуда яхши сезади ва қизил ҳамда кўк рангларга сезгирлиги паст. Шу сабабли ёруғлик энергиясининг тегишли ўлчаш асбоблари билан қайд этиладиган энергетик миқдорлари эмас, балки бу энергиянинг кўзимиз билан бевосита баҳолайдиган катталигини билиш амалий жиҳатдан муҳимдир. Ёруғлик энергиясини бундай баҳолаш учун алоҳида физик катталик – *ёруғлик оқими* киритилган, у Φ ҳарфи билан белгиланади.

Бирор сирт орқали вақт бирлигида ўтадиган ва кўриш сезгиси билан баҳоланадиган ёруғлик энергияси *ёруғлик оқими* деб аталади. Ёруғлик оқими ёруғлик манбаидан ҳосил бўлади ва атрофдаги буюмларга таъсир этади. Шунга мувофиқ равишда яна иккита энергиявий катталик киритилган. Бу катталиклардан бири ёруғлик манбаини тарифлайди ва манбанинг *ёруғлик кучи* деб, иккинчиси эса ёруғликнинг жисмлар сиртига кўрсатадиган таъсирини таърифлайди ва *ёритилганлик* деб аталади.

Манбада ҳосил бўлган ёруғлик оқими Φ нинг Ω фазовий бурчакка нисбати манбанинг *ёруғлик кучи* дейилади.

$$I = \frac{\Phi}{\Omega} \quad (2.1)$$

Ёруғлик оқимининг бирлиги қилиб *л ю м е н (лм)* қабул қилинган.

1 лм – ёруғлик кучи 1 кд бўлган нуқтавий манбанинг 1 ср га тенг фазовий бурчакда ҳосил қиладиган ёруғлик оқимидир.

Юзанинг бирор қисмига тушувчи Φ ёруғлик оқимининг шу қисмнинг S юзасига нисбати *Е ёритилганлик* деб аталади.

$$E = \frac{\Phi}{S} \quad (2.2)$$

Ёритилганлик бирлиги қилиб *л ю к с (лк)* қабул қилинган.

1 лк – 1 лм га тенг ёруғлик оқимининг 1 м² юзага бир текис тарқаладиган ҳолдаги ёритилганлигидир.

Бинобарин, сиртнинг ёритилганлиги сиртдан манбагача бўлган масофанинг квадратига тесқари пропорционалдир.

$$E = \frac{I}{R^2} \quad (2.3)$$

Агар нур юзага тик тушмаса, у ҳолда

$$E = \frac{I}{R^2} \cos \alpha \quad (2.4)$$

Яна бир физик катталиқ – бу *равшанлик*.

Равшанлик В деб ёруғлик кучи I ни шу йўналишда S майдон юзасидан тарқалган ёруғликнинг йўналишига перпендикуляр майдон проекцияси тушунилади.

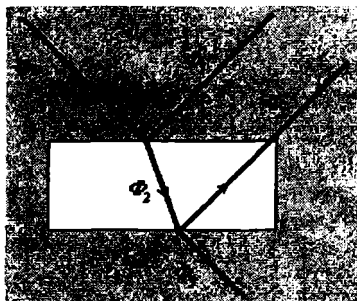
$$B = \frac{I}{S \cos \alpha} \quad (2.5)$$

Равшанлик ўлчов бирлиги қилиб, *канделага квадрат метр нисбати (кд/м²)* қабул қилинган.

2.2. ЁРУҒЛИКНИНГ ҚАЙТИШ ҚОНУНИ

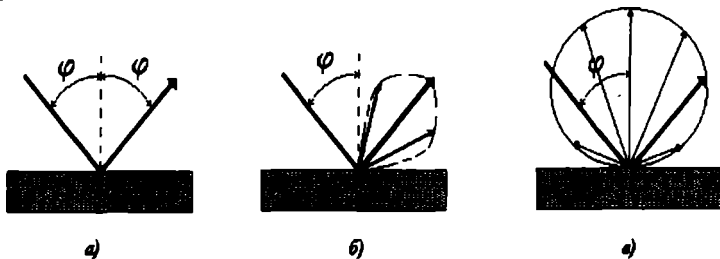
Бир жинсли муҳитда ёруғлик нури тўғри чизик бўйлаб тарқалади. Икки хил муҳит чегарасида нур синади ва қайтади яъни ўзининг йўналишини ўзгартиради. Айни вақтда ёруғлик қисман иккинчи муҳитга ҳам ўтади, бунда у ўзининг тарқалиш йўналишини ўзгартиради – *синади*.

Муҳитлар чегарасининг хоссаларига боғлиқ равишда қайтишнинг характери ҳам турлича бўлиши мумкин. Агар чегара сирт нотекикликлари ўлчами ёруғлик тўлқин узунлигидан кичик бўлса, *кўзгу сирт* ҳосил бўлади. Бундай юзага ингичка параллел даста кўринишида тушаётган ёруғлик нурлари қайтгандан сўнг ҳам параллел йўналишда тарқалади. Бундай йўналишга қайтиш *кўзгу қайтиш* деб аталади.



7-расм. Ёруғлик нурининг икки муҳит чегарасида йўналишининг ўзгариши.

Агар нотекикликлар ўлчамлари ёруғлик тўлқин узунлигидан катта бўлса, у ҳолда нурлар дастаси чегарада ёйилиб (сочилиб) кетади. Қайтгандан сўнг ёруғлик нурлари ҳар қандай йўналишларда кетади. Бундай қайтиш *сочилиб қайтиш* ёки *диффузия қайтиш* деб аталади.



8-расм. Ёруғлик нурини жисм юзасидан қайтиши: а) кўзгу қайтиш; б) қисман кўзгу қайтиш; в) диффузия қайтиш.

Ёруғлик икки муҳит чегарасида ўзининг тарқалиш йўналишини ўзгартиради. Ёруғлик энергиясининг бир қисми биринчи муҳитга қайтади, яъни ёруғликнинг қайтиши содир бўлади. Агар иккинчи муҳит шаффоф бўлса, ёруғликнинг бир қисми маълум шароитларда муҳитлар чегарасидан ўтиб, одатда, ўзининг тарқалиш йўналишини ўзгартиради. Бу ҳодиса *ёруғликнинг синиши* деб аталади.

Ёруғлик нурининг қайтиш хусусиятини аксланиш коэффиценти ρ орқали аниқланади. Аксланган ёруғлик оқими Φ_a нинг, тушаётган ёруғлик оқими Φ_m га нисбати *аксланиш коэффиценти* деб аталади.

$$\rho = \frac{\Phi_a}{\Phi_m} \quad (2.6)$$

Бу ерда, Φ_a ва Φ_m - мос ҳолда аксланган (қайхтган) ва тушаётган ёруғлик оқимлари.

Диффуззия акслантирувчи юзанинг ёритилганлиги ва равшанлиги куйидагича боғланган:

$$B = \frac{\rho E}{\pi} \quad (2.7)$$

Демак, бир хил ёритилган жисмларнинг равшанлиги унинг акслантириш хусусиятига боғлиқ.

Муҳит юзасига тушаётган ёруғлик оқимининг бир қисми ичига сингиши ва бир қисми уни кесиб ўтиши мумкин. Бунга қараб жисмлар ҳар хил оптик турга бўлинади. Ёруғлик оқимининг ҳар бир қисми тегишли коэффицентлар орқали аниқланади.

$$\text{Аксланиш коэффиценти} \quad \rho = \frac{\Phi_a}{\Phi_m} \quad (2.8)$$

$$\text{Ютилиш коэффиценти} \quad \alpha = \frac{\Phi_{\kappa}}{\Phi_m} \quad (2.9)$$

$$\text{Кесиб ўтиш коэффиценти} \quad \tau = \frac{\Phi_{\kappa y}}{\Phi_m} \quad (2.10)$$

Агар бу жараёнда энергетик ўзгаришдан ташқари спектрал ўзгариш кузатилса, у ҳолда коэффицентлар шунга муносиб

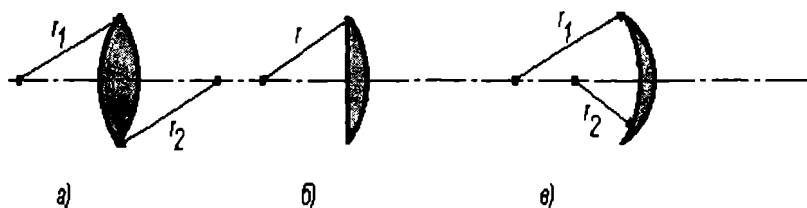
белгиланади ($\rho(\lambda)$; $\alpha(\lambda)$; $\tau(\lambda)$). Натижада аксланган (кесиб ўтган) ёруғлик нури аниқ рангга ажралади.

2.3. ГЕОМЕТРИК ОПТИКА

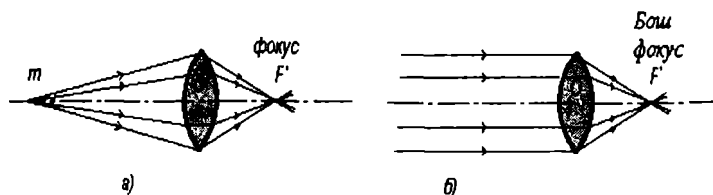
Линзалар ва объективлар. Телевидениеда тасвир оптик қурилма-объектив орқали узатилади.

Оддий объектив тўпловчи линза бўлиб, у бир ёки икки сферик юзадан иборат (9-расм.) Линза орқали олинган тасвир одатда, бир қанча бузилган бўлади. Шу сабабдан бир неча сферик линзалар ишлатилади ва улар **объектив** деб аталади.

Объектив таркибидаги линзалар шундай танланадики, натижада бузилишлар бир-бири билан ейтишиб йўқолади.

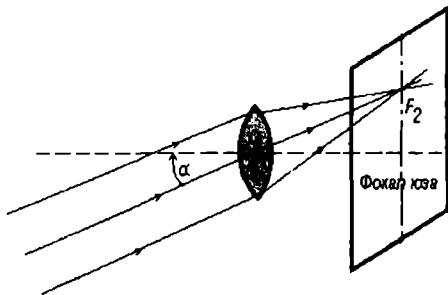


9-расм. Йиғувчи линзалар.
 а – иккиёқлама қавариқ; б – текис – қавариқ;
 в – ботиқ-қавариқ.



10-расм. Йиғувчи линзадан ўтувчи нурларнинг йўли.

Сферик юзанинг марказидан, яъни линзанинг марказидан, ўтган тўғри чизиқ **линзанинг бош оптик ўқи** деб аталади.



11-расм. Фокал юзага параллел нурларни фокуслаши

Объективда ҳамма линзалар оптик ўқлари бир-бирининг устига тушади ва **объективнинг бош оптик ўқини** ташкил қилади.

Линза (объектив)нинг энг муҳим хусусияти бирор m нуқтадан чиққан (10а-расм) ва линзага тушувчи нур ундан ўтиб яна бирор F' нуқтада қайта йиғилади (фокусланади). Линзадан ўтган нур тўпланадиган нуқта **боғланган фокус ёки фокус** деб аталади.

Бош оптик ўққа параллел нурлар тўплами (дастаси) линзага тушиб, линзада синганидан сўнг линзанинг **бош фокуси** деб аталмиш F' нуқтасида йиғилади (10б-расм). Линзанинг маркази 0 дан бош фокус F' гача бўлган масофа **фокус масофаси** деб аталади. Линзанинг бош фокусига, бош оптик ўққа перпендикуляр юза **фокал юза** деб номланади. Бош оптик ўққа бир оз оғиб тушаётган параллел нурлар фокал юзада фокусланади (11-расм).

Линзанинг F фокус масофаси сферик юзанинг r_1 ва r_2 радиуслар (9-расм) ва шунингдек, линза тайёрланган модданинг синдириш кўрсаткичи n га боғлиқ. Уни қуйидаги тенглама орқали аниқлаш мумкин:

$$\frac{1}{F} = (n-1) \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) \quad (2.11)$$

Оптик тасвирнинг тузилиши: Бинобарин, линзанинг бирор нуқтасига тушиб ва ундан синиб чикувчи нур бир

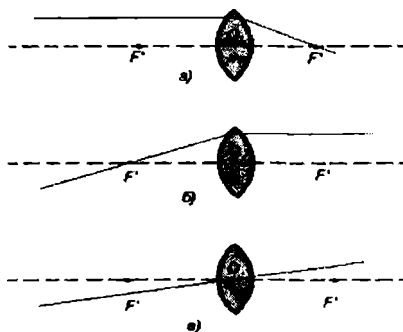
объект тасвирини тиклаш учун шундай икки нуқтани топиш кифоя.

Амалда тасвирни тиклаш учун қуйидаги асосий нурлар ишлатилади:

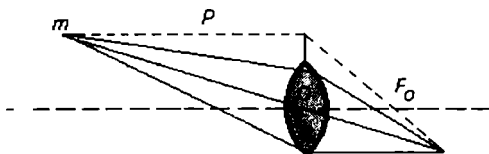
– бош оптик ўққа параллел бўлган нур (12а-расм) линзадан чиқиб, албатта, бош фокусдан ўтади;

– бош фокусдан ўтиб, линзага тушаётган нур (12б-расм) линзадан чиққандан сўнг бош оптик ўққа параллел кетади;

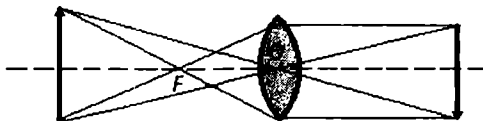
– линзанинг марказидан ўтган нур (12в-расм) ўз йўналишини ўзгартирмайди. Линзанинг марказлари орқали ўтувчи тўғри чизик линзанинг **бош оптик ўқи** деб аталади. Линзанинг оптик ўқи орқали ўтувчи ҳар қандай бошқа тўғри чизик **ёрдамчи оптик ўқ** деб аталади.



12-расм. Йиғувчи линзада нурлар йўналишининг характерлилари.



13-расм. P нурини линза юзасида “синиши”.

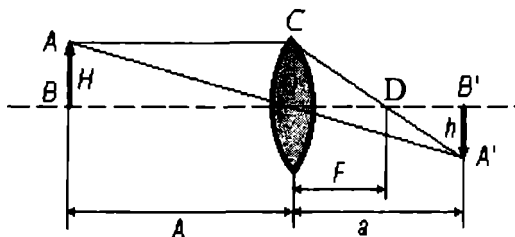


14-расм. Буюм тасвирининг кўриниши.

Бу нурлар линзада эмас, балки уни юзасида синади (13-расм). Аслида, албатта, нуқтанинг тасвири линза юзасига тушаётган нурлардан ташкил бўлади. Ҳар қандай буюмни нуқталар йиғиндисидан ташкил топган деб қаралса, у ҳолда хоҳланган нарсанинг тасвирини куриш, унинг алоҳида нуқталарини куриш билан ифодаланади (14-расм).

Линзани катталаштириш коэффициенти. Линзани катталаштириш коэффициентини формуласини топиш учун 15-расмга мурожаат қиламиз. DOC ва $DB'A'$ учбурчаклар ўхшашлигидан маълум бўлдики,

$$\frac{A'B'}{OC} = \frac{DB'}{DO} \text{ ёки } \frac{h}{H} = \frac{a-F}{F} \quad (2.12)$$



15-расм. Линза формуласини чиқариш учун чизма.

Шу билан бир қаторда, ABO ва $A'B'O$ учбурчаклари ўхшашлигидан, маълумки,

$$\frac{A'B'}{OC} = \frac{OB'}{DO} \text{ ёки } \frac{h}{H} = \frac{a}{F} \quad (2.13)$$

Икки ифодани солиштиришдан кўринади:

$$\frac{h}{H} = \frac{a-F}{F} = \frac{a}{A} = K \quad (2.14)$$

Бу ифода линзанинг чизиқли катталаштиришини кўрса-тади. Одатда, телевидение орқали узатиладиган тасвирлар, камера объективидан A масофада жойлашган бўлиб, у масофа линзадан тасвир юзасигача бўлган ораликдан бир неча баробар узоқ, шу туфайли катталаштириш бирдан анча кичик.

Линза формуласи. (2.14) ифодадан $aF = aA - aF$ ёки $aF + AF = aA$ маълум. Бу тенгламанинг икки қисмини AF га бўлиб, қуйидаги линза формуласини оламыз

$$\frac{1}{A} + \frac{1}{a} = \frac{1}{F} \quad (2.15)$$

Бу формула юқорида кўрсатилган геометрик шаклнинг математик ифодасидир. Формуладан фойдаланиб, A чексиз бўлганда, $a = F$ бўлишини осон аниқлаш мумкин, яъни чексиз масофада жойлашган объект тасвири фокал юзада тикланади. Амалда, агар $A \gg F$ бўлса, $a \approx F$ деб олиш мумкин.

$A=2F$ ва $a=2F$ бўлган ҳолда, тасвир линзадан фокус масофасининг икки узунлигида ҳосил бўлади. Бунда катталаштириш (2.15) ифодага биноан бирга тенг бўлади.

Тасвирнинг равшанлиги ва ёритилганлиги: Агар катта бўлмаган S_1 майдонли буюм равшанлиги B_1 бўлса (16-расм), унда шу майдондаги ёруғлик кучи $I_1 = B_1 S_1$ тенг бўлади, линзага тушаётган ёруғлик оқими эса

$$\Phi_1 = I_1 \Omega_1 \quad (2.16)$$

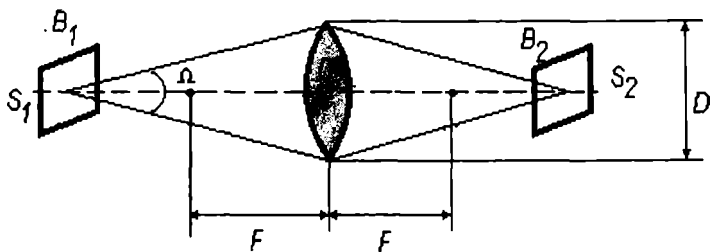
Линзада юзага келадиган йўқотиш-ўтказиш коэффициенти аталмиш τ ни ҳисобга олган ҳолда, тушаётган ёруғлик оқимининг қанча қисми ўтиши $\Phi_2 = \tau \Phi_1 = \tau I_1 \Omega$ орқали аниқланади.

S_2 майдонли тасвирнинг ёритилганлиги

$$E_2 = \Phi_2 / S_2 = \tau I_1 \Omega / S_2 \quad (2.17)$$

мувофиқ S_2 майдоннинг равшанлиги

$$B_2 = (\rho/\pi) E_2 = (\rho/\pi) (\tau I_1 \Omega / S_2) \quad (2.18)$$



16-расм. Оптик тасвирнинг равшанлик формуласини аниқлаш.

Фазовий бурчак $\Omega = \pi D^2/4A^2$, шунингдек $S_1/S_2 = A^2/a^2$, ундан $S_2 = S(a^2/A^2)$ ҳисобга олинганда, бу ерда D —линзанинг диаметри, унда

$$B_2 = \rho \pi I_1 / 4 S_1 (D/F)^2 \quad (2.19)$$

тенг бўлади.

$(D/F)^2$ ифода линзанинг *ёруғлик кучини* таърифлайди. D/F нисбати *линзанинг тешиги* деб аталади. Одатда, у бирдан кам ва бирнинг бирор рақамга нисбати кўринишида ифодаланadi, масалан, 1:2, 1:3,5 ва ҳоказо. Фақат кам ҳолларда, ёруғлик кучи жуда катта бўлган объективларда, унинг қиймати 1:0,7 ÷ 1:0,6 га тенг бўлиши.

Объективнинг таърифлари. Юқорида келтирилган фокус масофаси ва ёруғлик кучи кўрсаткичларидан ташқари объективлар нисбий кўриш бурчаги ва ажратиш қобилияти билан таърифланади. Доира шаклида олинадиган тасвир майдони *объективнинг кўриш майдони* деб аталади. Объективнинг оптик марказидан кўриш майдонининг қарама-қарши томонига туширилган тўғри чизиклар натижасида юзага келган бурчак *объективнинг кўриш бурчаги* деб аталади.

Объективнинг кўриш майдонидан тўлиқ фойдаланиш мумкин эмас, чунки кўриш майдони четларида кескинлик ва равшанликнинг пасайиши кузатилади. Амалда кўриш майдонининг кескинлиги ва равшанлиги етарлича юқори бўлган ўрта қисмидан ифойдаланилади. Бу ўрта қисм *тасвир майдони* деб

аталади. Оптик марказдан тасвир майдонининг икки қарама-қарши томонига туширилган тўғри чизиклар орасида ҳосил бўлган бурчак *тасвир бурчаги* деб аталади.

Теле-, фото- ёки кино олувчи камералар объективини тузилиш конструкцияси ҳам тасвир майдонини тўлиқ ишлатиш имкониятини бермайди. Масалан, телевизион кўриш бурчаги кўпчилик ҳолларда узатувчи датчикнинг фотокатоди майдони билан аниқланади ва қуйидаги формуладан топилади:

$$\operatorname{tg} \alpha / 2 = b / 2F \quad (2.20)$$

бу ерда, b —ишлатилаётган узатувчи фотокатодининг кенглиги (ёки баландлиги, вертикал бурчакни аниқлаш учун); F —объективнинг фокус масофаси.

Шундай қилиб, оптик қурилманинг кўриш бурчаги объективнинг фокус масофаси орқали аниқланади. Ўзгарувчан фокус масофали объективни қўллаш бир жойда туриб тасвирни ҳар хил масштабда узатиш имкониятини беради.

Кино ва фотография амалиётида кадр диагонали ўлчамига тенг фокус масофали объективлар *нормал объективлар* деб аталади. Улар кўпчилик тасвирларни олиш учун ишлатилади. Бирор объектнинг кенг панорамасини олиш талаб қилинса, фокус масофаси кадр диагоналидан бир ярим - тўрт баробар кам кенг бурчакли объектив қўлланилади.

Узоқда жойлашган объектнинг катта пландаги тасвирини олиш керак бўлганда, фокус масофаси кадр диагоналидан анча кам бўлган объектив олинади.

Объектив биринчи бор фото- ва кино олишда қўлланилганлиги сабабли унинг ажратиш қобилияти фотографиянинг синов жадвалида алоҳида кўринадиган параллел чизикларнинг максимал сони билан аниқланиш қабул қилинган. Объективнинг ажратиш қобилияти марказида ва четларида алоҳида ўлчанади. Лекин объектив маълумотнома ва паспортларида келтириладиган бу ажратиш қобилиятига тегишли қийматлар, одатда, фақат объективга тегишли бўлмай, балки фотоматериал билан қўшилиб баҳоланган қийматлардир. Фотоматериалларнинг ажратиш қобилияти 1 миллиметрда 50–60 чизикдан ошмайди, шу сабабли келтирилган қийматлар жуда камайти-

юқори, у бир миллиметрда 600 чизик ва ундан юқори бўлиши мумкин.

2.4. КОЛОРОМЕТРИЯ

Рангни ўлчаш, ўлчаш услуги ва рангни миқдорий ифодалаш.

Рангни ўлчаш турли математик ифодалаш билан бир қаторда колорометрияни асосий таркибидир. Рангни ўлчаш натижасида (уни қатъий бир стандарт шароитда кўрилганда) рангни тўлиқ аниқловчи *ранглар координатаси* (РК) аталмиш уч рақам аниқланади.

Колорометрияда рангни математик ифодаланиш тажриба орқали аниқланган факт асосида ҳар қандай ранг, уч чизикли боғланмаган рангларни аралашмасидан (йиғиндисидан) ташкил топади, яъни улар шундай рангларки, ҳар бирини қолган икки бошқа ранглар йиғиндиси орқали тасаввур этиб бўлмайди. Чизикли боғланмаган ранглар гуруҳи чексиз кўп, колорометрияда фақат айримлари ишлатилади. Уч танланган чизикли боғланмаган рангларни *асосий ранглар* деб аталади.

Ранг тушунчаси. Оқ ранг кўз тўрпардасига спектр тўлқин узунлиги $\lambda = 380 \dots 760 \text{ нм}$ бўлган ёруғлик оқимининг бир текисда таъсир этишидан юзага келади. Қуввати бир хил, спектр таркиби ҳар хил ёруғлик таъсири турли равшанлик уйғотади. Кўриш сезгирлиги тўлқин узунлигига боғлиқ. Равшанлик $V(\lambda)$ нинг тўлқин узунлигига нисбатан тикланиши (иловадаги 1.3-б расмга қаранг) *кўзнинг спектрал сезгирлиги нисбийлигини* таърифлайди ва *нисбий кўриш эгри чизиги* деб аталади. Энг юқори сезгирлик (сарик-яшил атрофи) $\lambda = 555 \text{ нм}$ га тўғри келади. Қисқа (кўк-бинафша атрофи) ва узун (кизил атрофи) тўлқин томонларда кўз сезгирлиги пасаяди.

Кўз объектларни фақат равшанлиги билан фарқлаш орқали эмас, балки унинг спектр таркиби (ранги) бўйича ажратади. Демак, буюмлар ранги ва равшанлиги (ёруғлиги) солиштирилади. Масалан, икки бир хил нурланувчи майдон ёруғлиги (сарик ва кўк) икки хил ёруғлик майдон кўринишида

кабул қилинади. Бир хил рангли тасвир тикланганда, кўз фақат ёруғлиги бўйича солиштиради.

Спектрда ёруғлик оқимининг кескин нотекис ёйилишидан ранг юзага келади. Ҳар қандай ранг оқ ранг билан қўшимча ёритилганда рангнинг оқариши кузатилади. Шундай қилиб, рангнинг физиологик (субъектив) ёруғлиги ва ранглилиги орқали таърифланади. Ёруғлик оқимининг ранглилиги, ўз навбатида, *рангнинг туси* ва *тўйинганлиги* билан аниқланади.

Кўрилаётган объект *рангнинг туси* нурланишни спектрал таркибига, *тўйинганлик* эса ушбу рангни оқ ранг билан қўшилганлик даражасига боғлиқ.

Ёруғлик оқимининг физик (объектив) кўрсаткичи: *равшанлик* - B , устун турувчи тўлқин узунлиги- λ , *доминанта* ва оқ қанча қўшилганлигини аниқловчи *рангнинг тозалиги* - p . Ранг тусининг миқдорий аниқловчи монохром нурланиш тўлқин узунлиги λ билан аниқланади. Ранг тозалиги p ранг тўйинганлигини миқдорий аниқловчи бўлиб, у спектрал ранг равшанлиги B_λ нинг равшанлик йиғиндисиди $B_\lambda B_0$ нисбатига тенг:

$$p = B_\lambda \tilde{B}_\lambda B_0, \quad (2.21)$$

бу ерда, B_0 – аралашмага кирувчи оқ рангни равшанлиги.

Ранг кўришни ўрганиш асосида М.В. Ломоносов томонидан 1756 йилда айtilган ва бир ярим асрдан сўнг Г. Гельмгольц томонидан батафсил ишлаб чиқилган уч таркибий қисмдан рангларни тиклаш назарияси олинган. Уч таркибий қисм назарияси инсон кўриш аъзосида алоҳида қизил R , яшил G ва кўк B рангларга таъсирланувчи уч турли рецептор борлиги фараз қилинган (иловадаги 17-расм). Эгри чизиқлар масштаби шундай кабул қилинганки, кўзнинг уч турли кабул қилувчилари бир хил таъсирлантирилганда оқ рангни ҳосил қилади.

Будан ташқари тўрт таркибий қисм, етти таркибий қисм ёруғликни кабул қилиш назариялари ҳам мавжуд, кейинчалик рангни кабул қилишнинг ночизиқ назарияси ишлаб чиқилган. Амалиётда тасдиқланган уч рангли кўриш назариясига асосланган рангли телевидение ва кино ҳамда рангли фотография кенг қўлланилмоқда. Учликка биноан қизил R , яшил G ва кўк B ранглар бир-бирига боғланмаган асосий ранглар ҳисобланади,

ранглар ҳисобланади, яъни уларнинг бирортаси қолган иккитасининг қўшилмасидан ҳосил бўлмайди. Инсон кўра оладиган ҳамма ранглар, (оқ ранг ҳам шу ҳисобда) уч асосий рангни қўшиши асосида ҳосил бўлади.

Телевизион тасвирда рангни тиклаш учун узатиладиган тасвир учта рангга ажратилади ва уч ранг сигнали юзага келади. Бу E'_R , E'_G ва E'_B сигналларини узатиш, умуман олганда, рангли тасвир олиш учун кифоя. Буни исботини колориметрия асослари орқали олиш мумкин (эслатма: ранглар иподасида ишлатилган «'» штрих уларга коррекция кирилганлигини ифодалайди).

Рангларни қўшиш орқали олишни тенг томонли гипс призма ёрдамида намоиш қилиш мумкин (иловадаги 18-расм).

Бундай призманинг бир қиррасига текширилаётган ёруғлик оқими F , бошқасига асосий ранглар R , G , B ёруғлик оқими йўналтирилади. Бу оқимларни бошқариш орқали, уни икки қиррасида ёруғлик ва ранг тенглигига эришиш мумкин. Бу ҳолда сифати ва қиймати бўйича колориметрик тенглик қуйидагича ифодаланади:

$$fF = r'R + g'G + b'B \quad (2.22)$$

Бу тенгламада R , G , B (қизил, яшил, кўк) асосий ёруғлик манбаининг ёруғлик оқим бирлиги - F оқим таркибий қисми. r' , g' , b' коэффициентлар - R , G , B ёруғлик оқимларини қўшишда, уларни қандай миқдорда олинганда, F ёруғлик оқими талаб этилган равшанлик ва ранг ҳосил қилишини кўрсатади.

Колориметрик ўлчашлар ўтказилганда қуйидаги тўлқин узунлигидаги асосий ранглардан фойдаланиш қабул қилинган: R учун $\lambda_R = 700 \text{ нм}$; G учун $\lambda_G = 546,1 \text{ нм}$; B учун $\lambda_B = 435,8 \text{ нм}$ (симоб бўғи спектр чизиқлари).

Бу асосий ранглар умумий қабул қилинган R G B колориметрик тизимини ташкил қилади.

Мазкур R G B тизими орқали айрим рангларнинг сифат ва қиймат тенглиги уч асосий ранг ҳар қандай миқдори билан таъминланмаслиги мумкин. У ҳолда, рангнинг бирор таркибини ўнг призма қиррасидан чап қиррага ўтказиш керак бўлади. Мисол сифатида (иловадаги 18б-расмда) тўйинган яшил кўк оқим fF олинган, уч асосий рангларнинг ҳар қандай мусбат

қийматлари олинганда ҳам ўхшашлик таъминланмайди. Агар, F оқимини ўзгартирмасдан қизил таркибини чап қиррага ўтказилса ва r', g', b' қийматларини ўзгартиб, чап ва ўнг қирралардаги оқимлар рангининг тенглашганлигини кузатиш мумкин. Бунда, (2.22) тенглама чап томонга (қизил ранг миқдори $g'R$ мусбат ишора билан киради.

$$f'F + r'R = g'G + b'B \text{ ёки } f'F = g'G + b'B - r'R \quad (2.23)$$

Уч рангнинг равшанлиги, рангнинг туси ва тўйинганлиги (2.22) тенгламада мужассамланган. Асосан, кўп ҳолларда манбанинг фақат сифат кўрсаткичлари (рангни туси ва тўйинганлиги) яъни *ранглилиги* керакли ва етарлидир. Бунинг учун (2.22) тенглама бошқа кўринишга келтирилади. Асосий ранглар йиғиндиси $r' + g' + b' = f'$ ва *у ранг модули* деб аталади. (2.22)-тенгламанинг чап ва ўнг томонини f' модулга бўлиб, қуйидаги натижа олинади:

$$\frac{f'}{f'} = \frac{r'}{f'} + \frac{g'}{f'} + \frac{b'}{f'} = 1 \quad (2.24)$$

яъни $r + g + b = 1$, F_o бирли оқим таркибида нисбий уч ранг коэффициентлари ифодаляди:

$$F_o = rR + gG + bB \quad (2.25)$$

Ранг учбурчаги. Турли ранглар қўшилганда, унинг сифатини ва қийматини яққол тасвирлаш учун колориметрияда *ранглар учбурчаги* аталмиш $R G B$ *учбурчак* қўлланади. Учбурчак учларида уч асосий рангга мансуб тенг қувватли уч ёруғлик манба жойлаштирилган деб, фараз қилайлик. Агар фақат битта манба ёқилса, учбурчакни ташкил қилувчи чизик бўйича ундан узоқлашган сайин табиий ёруғлик пасая боради. Фикрни содда англатиш мақсадида R нуқтадан чикқан ёруғлик G ва B нуқталарда амалий нолга тенглашади, деб фараз қиламиз (табиийки, реал учбурчак бунинг учун жуда катта бўлиши керак). Бу шарт G ва B манбалар учун ҳам тегишли, яъни ёруғлик нурунини қийматлари қарама-қарши чўккиларда амалда нолга тенг.

Рангларнинг қўшилиш қонунини намоиш қилиш мақсадида тажриба ўтказиш учун ичи бўш шиша шардан фойдаланамиз, у индикатор (I) вазифасини ўтайди.

Биринчи тажриба. Фақат бир манбани ёқамиз, масалан, **R**. “**I**” шар бу **R** манбага яқин жойлаштирилганда қизил рангга бўялади. Ундан **G** ёки **B** чўққилар тамон узоқлаштирилганда қизил ранги сақланиб, фақат хиралаша боради ва **G** (ёки **B**) нуқтада қорага айланади.

Иккинчи тажриба. **R** ва **G** манбани ёқамиз. Шар бу манбалар олдида (манбага қараб қизил ёки яшил) уларнинг рангига бўялади. **RG** чизик ўртасида шарнинг ранги ўзгаради, яъни шарни **R** манбадан **G** манбага силжитиш натижасида қизилдан атлас(тилла) рангга, атлас рангдан сариққа, сариқдан яшилга ўзгаради. Демак, қизил ва яшил ранглари кўшиш орқали сариқ ва атлас ранглари олиш мумкин. Атлас ранг, сариқ рангдан қизилнинг кўплиги билан фарқ қилади.

Учинчи тажриба. **B** ва **G** манбаларни ёқамиз, шарни **BG** чизик бўйича **B** дан **G** га силжитиш натижасида уни ранги кўкдан кўк яшилга, кўк яшилдан яшилга ўзгаради.

Тўртинчи тажриба. **RB** чизик бўйича шарни силжитилганда, у навбатма-навбат қизил, қирмизи, пушти, бинафша ва кўк ранглarga бўялади.

Шундай қилиб, **RGB** учбурчакнинг **RG**, **GB** ва **RB** томонларида кўз билан қабул қилинадиган ҳамма амалда ранг туслари жойлашганлигини гувоҳи бўламиз.

Бешинчи тажриба. Ҳамма уч манбани ёқиб, **R G B** учбурчак ичида шундай **E** нуқтани топиш мумкинки, у нуқтада шар оқ рангга бўялади. Шундай қилиб, асосий қизил, яшил ва кўк ранглари маълум миқдорда кўшиш натижасида оқ ранг олиш мумкин бўлади.

Олтинчи тажриба. **RE** чизик бўйича шар силжитилганда қизил ранг ўзгармайди, лекин **E** нуқтага яқинлашган сайин оқара боради ва **E** нуқтада оқ рангга айланади. Демак, рангнинг тўйинганлиги ўзгаради, яъни қизилнинг оқ ранг билан кўшилиши кузатилади.

Шу каби шар **BE** чизик бўйича силжитилганда ранг ўзгармайди (кўклигича қолади). Фақат тўйинганлиги пасаяди. Шар бу чизик бўйича кўк ранг имкони бўлган ҳамма нимранглирдан ўтиб **E** нуқтасида мутлақ оқ рангга айланади.

GE чизик бўйича ва **RGB** учбурчак томонларидан чиқиб **E** нуқтаси билан туташувчи ҳар қандай чизикда ушбу ҳолат кузатилади.

Шуни эътиборга олиш лозимки, реал ёруғлик манбаи **100%** ли тўйинганликка эга эмас, чунки у бирор спектрал кенгликда нурланади. Қандай қизил (яшил, кўк) ранг манбаи олинмасин – қизил фонус, кинескоп катод-люминофори – бу манбаларнинг тўйинганлиги ҳамон **100%** дан кам бўлади. Колориметрик **100%** ли тўйинишга ранг, фақат бир тўлқин узунлигига тенг манбагина назарий эга бўлиши мумкин. Тўйинганлиги **100%** га яқин бундай манбалар туркумига амалда бир тўлқин узунлигида нурланувчи лазерларни киритиш мумкин.

Масалан, **RE** чизиғида, қизил ранг тўйинганлиги (иловадаги 19-расм) **E** нуқтасидан узоқлашгани сайин оша боради, **R** нуқтасида тўйинганлик **100%** дан кам бўлгани сабабли, **100%** га **R₁** нуқтасида эришади. Демак, **R₁** нуқта монохроматик ранг манбаига тўғри келади. Асосий бўлмаган рангларда ҳам худди шундай ҳодиса рўй беради. Масалан, **100%** тўйинган атлас ранг **O₁** нуқтада жойлашган. У **O** нуқтадан юқорида жойлашган. Ҳамма монохроматик **R₁O₁...**, бирлаштирилса, сидирға эгри чизик ҳосил бўлади ва у *ранглар ҳудуди (локуси)* деб аталади. Бу эгри чизик бўйлаб **100%** тўйинган ранглар жойлашган, бу *спектрал чизик* бўлиб, у учбурчакка нисбатан жойлаштирилган (иловадвги 20-расм).

R, **G** ва **B** асосий ранглар учбурчаги ичида жойлашган хоҳлаган нуқтани рангини аниқлашни тушунтиришга ҳаракат қиламиз. Бунинг учун, масалан, **A** нуқтасини оламиз (иловадаги 20-расм). Уч ранг коэффициентларини аниқлаш учун, учбурчак баландлигини бирга тенг олган маъкул. Уч бурчак ичида олинган **A** нуқтадан унинг томонларига туширилган перпендикуляр уч ранг нисбий ёруғлик қийматини беради. 18-расмда **A** нуқта ранглилиги

$$A = 0,2R + 0,3G + 0,5B, \quad (2.26)$$

$$r, g, b \text{ йиғиндиси} \quad r + g + b = 1 \quad (2.27)$$

A манба ранг туси, E нуқтадан A нуқта орқали ўтиб худуд чизиғи билан кесишган $A\lambda$ нуқта орқали аниқланади (мисолда у $\lambda=470\text{нм}$). Учбурчак ташқарисидаги N нуқтага тегишли рангни бир коэффициентни мусбат қийматли, (Масалан r нуқтада). N нуқтанинг нисбий қийматлари, олдингидаги каби, ундан туширилган чизиқ узунлиги орқали аниқланади. Аммо бу ерда улардан бири, мисолдаги r , ташқи томонига тушади ва $r = -0,15$ мусбат қийматга ташкил қилади, натижада

$$g + b - r = 0,75 + 0,4 - 0,15 = 1.$$

N манба ранг туси эса $\lambda_N = 510$ нм га тўғри келади.

A ва N нуқталар рангини тўйинганлиги қуйидагича аниқлаш мумкин:

$$p_A = \frac{AE}{A'E} 100\% = \frac{4,25}{21,5} 100\% = 19,8\%;$$

$$p_N = \frac{NE}{N'E} 100\% = \frac{12,5}{59} 100\% = 21,2\%$$

Ранг чизмаси. RGB учбурчак (иловадаги 19-расм) чўққиларида жойлаштирилган асосий ранглар манбаи бир хил қувватли (масалан, $R = G = B = 1 \text{ вт}$). Лекин ёруғлик техникаси ва колориметрия амалиётида ёруғлик ўлчов бирлиги – (ёруғлик оқими) қўлланилади люмен ёки люкс (ёритилганлиги), ёки *квадрат метрдаги кандель* (кд/м^2) (равшанлик). Буни, люменда ўлчовчи фотометр асбобни яшаш, энергия бирлигида ўлчовчи асбобни яшашдан осон эканлиги билан тушунтириш мумкин.

Тенг энергияли E оқ ранг (ватт ўлчамида ўлчанганда) асосий ранглар учбурчагида тенг узоқликда жойлашади (учбурчак мувазанат нуқтасида), яъни:

$$E = \frac{1}{3}R(Bm) + \frac{1}{3}G(Bm) + \frac{1}{3}B(Bm) \quad (2.28)$$

Агар учбурчак чўққиларида жойлаштирилган манбалар люменда ифодаланса ва $R = G = B = 1 \text{ лм}$ тенг олинса, у ҳолда E нуқта координаталари учбурчакда кескин ўзгаради ва у RG томоннинг юқори қисмига сурилади ва тенг энергияли E амалда қуйидаги кўринишни олинади:

$$E(\text{лм}) = 0,177R(\text{лм}) + 0,813G(\text{лм}) + 0,01B(\text{лм}) \quad (2.29)$$

Уч ранг коэффициентларининг сезиларли бир-биридан фарқ қилиши кўзимизнинг спектрал сезгирлиги бир хил эмаслиги (иловадаги 5-расмга қаранг) билан боғлиқ.

Иловадаги 21-расмда $r_E=0,177$; $g_E=0,813$; $b_E=0,01$ уч ранг коэффициентли тенг энергияли E оқ ранг жойлаштирилган RGB учбурчак келтирилган. Бу учбурчакда E оқ ранги учбурчакнинг RG томонига сурилган ва амалда худудни $\lambda = 570 \text{ нм}$ тўлқин узунлигига тўғри келади. Ранглар масштаб чизиқлари ўзгаради, оқ E ва спектрал $\lambda = 570 \text{ нм}$ оралиғида ранг учбурчагида ҳисоб олиб бориш аниқлиги пасаяди. Ранг диаграммасини амалда қўллашга қулайлик туғдириш учун қисман айлантириш бажарилади.

Рангли RGB (lm) учбурчаги ёрдамида амалда ҳисоб бажаришда юзага келадиган ундан ташқари камчиликларни яна бир бор эслатамиз:

– кўп реал ранглар учун асосий колориметрик (2.22) тенглама бир коэффициентни мусбат қийматга эга;

– тенг энергияли оқ E ранг учбурчак мувазанат марказидан RG чизиқ тарафига сурилган;

– уч асосий рангдан ташкил топган рангнинг ёруғлик оқимини (равшанлигини) аниқлаш учун, уч r' , g' ва b' оқимларнинг қийматини ҳаммасини билиш керак.

1931 йили Халқаро Ёруғлик комиссия (ХЁК), юқорида келтирилган камчиликлардан холи бўлган янги XYZ колориметрик тизимни қабул қилди (иловадаги 22-расм).

Бу учбурчакнинг чўққиларида тахминий (нореал) XYZ ранглар жойлашган, уларни коэффициентларини тегишли қийматларда қўшиш орқали хоҳлаган тўйинганликда бўлган реал рангларни олиш мумкин.

Бинафша ранглар чизиғи билан чегараланган ҳамма реал рангларни ўз ичига олувчи худуд XYZ учбурчаги ичида жойлашган. Бу демакки, асосий колориметрик тенглама

$$F = x'X + y'Y + z'Z \quad (2.30)$$

уни ташкил қилувчилари $x'X$, $y'Y$, $z'Z$, ҳамма реал ранглар учун фақат манфий қийматни ташкил қилади.

Бу X , Y , Z тизимда асосий ранг нуқталари худуди ва бинафша ранг чизиқларидан ташқарида жойлашган. Демак, у

нукталарда тўйинганлик 100% дан юқори, бу эса физик маънони англатмайди. Демак, X, Y, Z ҳақиқий бўлмаган ранглар. Шу билан бир қаторда, уларни амалга ошириб бўлмаслиги колориметрик ҳисоблашлар бажаришни чекламайди.

Иловадаги 22-расмда келтирилган колориметрик RGB ($\lambda_R = 700 \text{ нм}$, $\lambda_G = 546,1 \text{ нм}$ ва $\lambda_B = 435,8 \text{ нм}$) ранг учбурчаги XYZ учбурчаги ичида жойлаштирилган. Агар R, G ва B ёруғлик оқим бирлигида олинса, у ҳолда XYZ ва RGB бирлиги орасида боғланиш қуйидагича бўлади:

$$\begin{aligned} X &= 0,4184R - 0,4185G + 0,0001B; \\ Y &= -0,1587R + 1,1589G - 0,0002B; \\ Z &= -0,0828R + 0,0721G + 0,0107B. \end{aligned} \quad (2.31)$$

(2.31) тенгламага $R = G = B = 1 \text{ лм}$ қиймати қўйилиб, қуйидаги натижа олинади:

$$\begin{aligned} X &= 0,4184x_1 - 0,4185x_1 + 0,0001x_1 = 0; \\ Y &= -0,1587x_1 + 1,1589x_1 - 0,0002x_1 = 1 \text{ лм}; \\ Z &= -0,0828x_1 + 0,0721x_1 + 0,0107x_1 = 0. \end{aligned}$$

Ушбу тенгликлардан кўринадики, X ва Z бирлигида ёруғлик оқими нолга тенг, Y да эса 1 лм га тенг. Шундай қилиб, (2.30) тенгламада фақат Y тўлиқ ёруғлик оқими қийматини аниқлайди.

(2.25) тенглама каби F ранг оқимини аниқловчи $X Z Y$ тизим уч ранг коэффициентлари қуйидагича аниқланади:

$$\begin{aligned} x &= x'/(x'+y'+z') = x'/m; \\ y &= y'/(x'+y'+z') = y'/m; \\ z &= z'/(x'+y'+z') = z'/m. \end{aligned} \quad (2.32)$$

бу ерда, $m = x'+y'+z'$ - ранг модули.

(2.32) тенгламадан $x + y + z = 1$ лигини кўриш мумкин. Демак, ранглиликни аниқлаш учун фақат икки коэффициент x ва y ни аниқлаш kifоя, учинчиси z олдинги икки қийматнинг йиғиндисидан келиб чиқади. Шунингдек, XYZ тизимда тенг энергияли E оқ ранг координаталари $x_E = y_E = z_E = 1/3$ га тенг (яъни учбурчак марказида жойлашади).

XYZ чизмасида ҳисоблашни намоиш қилиш учун F оқимнинг кўрсаткичларини аниқлаймиз (иловадаги 22-расм). Уч ранг коэффициентлари

$$x = 0,425; \quad y = 0,425; \quad z = 1 - (x+y) = 0,125.$$

Халқаро ёруғлик комиссияси белгилаган ранглар тизимини чизишда асосий ранглар масштаби ва уни координата ўқлари шундай танланганки тенг энергияли оқ Е вектори ранглар диаграммасини $x_E = y_E = z_E = 1/3$ нуқтасидан кесиб ўтади.

XYZ (XOY) ранглар учбурчагини асосий хусусиятлари қуйидагилар:

– икки рангни қўшилмаси икки тегишли (масалан, R ва G) рангларни туташтирувчи тўғри чизиқда нуқта билан белгиланади;

– уч ранг қўшилмаси чўққилари (масалан, R,G, B) аралаштириладиган рангларда бўлган учбурчак ичида ётади;

– қўшимча ранглар (улар қўшилишидан оқ ранг олиш мумкин бўлган ранглар) оқ рангни кесиб ўтувчи чизиқдаги (масалан, V ва A) нуқта билан белгиланади.

Ранглар диаграммаси юзасида оқ ранг қуйидаги координаталарга эга: тенг энергияли нурланиш орқали юзага келган оқ (E), юқорида зикр қилингандек XYZ учбурчагининг мувазанат марказида ётади ва уни ранги $x = y = z = 1/3$ координаталар орқали аниқланади; A турдаги манба учун (2854° К ҳароратли вольфрам сим) $x = 0,448$; $y = 0,407$; B турдаги манба учун (булутли кундаги табиий ёритилганлик) $x = 0,348$, $y = 0,352$; C турдаги манба учун (куёшли кундаги табиий ёритилганлик) $x = 0,310$, $y = 0,316$.

XYZ ранглар тизимида равшанлик қандай ифодаланади? RGB тизимида маълум равшанлик коэффициентлари орқали, RGB ва XYZ боғловчи (2.31) тенглама ёрдамида XYZ тизимининг равшанлик коэффициентлари аниқланади. Бунда, юқорида зикр қилинганга биноан равшанлик Y ўқи орқали аниқланади, яъни:

$$L_Y = L_R + L_G + L_B = 1 + 4,5907 + 0,0601 = 5,6508. \quad (2.33)$$

га тенг бўлди.

Олинган натижага биноан XYZ тизимида хоҳланган рангни равшанлигини аниқлаш мумкин бўлади. Ҳар бир рангни (2.30) кўринишда ёзиш мумкин. Айрим ҳолда бирламчи ранг учун равшанлик уч ранг коэффициенти у орқали аниқланади. Чунки $Y = my$, бу ерда $m = X + Y + Z$, унда $L_f = my$, натижада $m = L_f / y$. (2.30) тенгламани бошқа ҳадларини m орқали аниқлаб қуйидаги

тенгликларни оламиз:

$$\begin{aligned} X &= mx = (L_f/y)x = (x/y)L_f; \\ Z &= mz = (L_f/y)z = (z/y)L_f \end{aligned} \quad (2.32)$$

Натижада (2.30) тенгламани қуйидаги шаклга келтириш мумкин:

$$F = (x/y)L_f X + L_f Y + (z/y)L_f Z; \quad (2.33)$$

ёки энергетик нормалаштирилган кўринишда

$$\frac{F}{P_\lambda} = \bar{F} = \bar{x}X + \bar{y}Y + \bar{z}Z; \quad (2.34)$$

бу ерда, $\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}$ - XYZ тизимни нисбий координаталари бўлиб, у XYZ ранглари қайси нисбатда аралаштирилганда берилган λ тўлқин узунлигидаги монохроматик нурланиш қувватига тенг рангни тиклаш тушунилади.

Уч ранг коэффициентлари x, y, z ва стандарт кўриш эгри чизиғи (иловадаги 5-расм) орқали, (2.33) тенглама ёрдамида $\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}$ солиштирма координаталарни ҳисоблаб чиқиш мумкин (23-расм). Бу эгричиқиқлар XYZ ранглари қандай нисбатда кўшилганда у ёки бу тўлқин узунлигида бирламчи қувватли нурланиш олишни кўрсатади.

Икки координата, сўзсиз ранглиликни аниқлайди. Лекин кўп ҳолларда, x ва y координаталари ўрнига икки яққол намоиш этувчи *ранг туси* ва *тўйинганлиги* тўғрисида маълумот олиш маъқулдир. Ранг тусини аниқлаш EF чизиғини худуд чизиғи билан кесишган нуқтада аниқланади. F нуқта учун $\lambda_F 580 \text{ нм}$.

Тўйинганлик XYZ координаталари орқали қуйидагича аниқланади:

$$p = \frac{y_\lambda y_F - y_E}{y_F y_\lambda - y_F} 100\% \quad (2.33)$$

Бу ифода таркибига кирувчи қийматлар қуйидагиларни билдиради:

y_λ – ранг тусини аниқловчи худуддаги нуқта координатаси;

y_F – аниқланаётган ёруғлик оқими F координатаси;

$y_E = 1/3$ оқ ранг E координатаси;

(2.32) - тенгламадаги y координатани x ёки z координата билан алмаштириш мумкин).

(2.33) ифодага асосан ҳисоблаш қуйидаги натижани беради:

$$P = \frac{0,475 \cdot 0,425 - 0,333}{0,425 \cdot 0,475 - 0,333} 100\% = 8,6\%$$

(2.33) ифодага биноан E оқ ранг тўйинганлиги нолга тенг, спектрал (монохром) ранг тўйинганлиги 100% га тенг. Ҳақиқатда, оқ ранг нуқтасида

$$y_F = y_E = \frac{1}{3}; p_E = \frac{y_\lambda y_E - y_E}{y_E y_\lambda - y_E} 100\% = 0$$

Спектрал ранг учун $y_\lambda = y_F$ ва $p_\lambda = 100\%$

Ранглилик ранглар фарқни англатувчи ўлчовчи бўлиб ранглар диаграммаси юзасида белгиланган икки нуқта орасидаги масофа орқали аниқланади. Ўтказилган психофизик тажрибалар шуни кўрсатадики, XYZ ёки RGB тизим ранглар диаграммасининг турли ҳудудларида бир хил рангни пайқаш сезгига ҳар хил масофа тўғри келади. Лекин координаталарни алмаштириш натижасида шундай ранглар диаграммасини тузиш мумкинки, унда икки ранглиликни бир хил нуқта оралиғи бир хил рангни пайқаш сезгисига тўғри келади. Бундай ранглар диаграммаси *тенгконтрастлик* деб аталади. Бундай ранглар диаграммасини тузиш учун ранг фарқлаш бўсағасини аниқлаш керак, яъни танланган кузатиш шароитида фарқ қилиш чегарасида ётган рангларни минимал фарқини аниқлаш керак. Ранглар диаграммаси ичидаги хоҳланган нуқта атрофида тажриба асосида шундай ҳудуд ажратиш мумкинки, бу чегарада текширувчи рангни ўзгарганини сезмайди. Ўлчанган натижага статистик ишлов бериш орқали эллипслар чизиш мумкин, улар статистик маънода бир хил ранглилик қабул қилинувчи геометрик жойни ифодалайди. Эллипсларни ярим ўқларини таққослаш ранглилик тенглиги ўрта квадрат хатосини ифодалайди. Шу қиймат ранг фарқланувчи поғона ҳисобланади. 23а-расмда алоҳида нуқталар учун ранг фарқланувчи поғоналар келтирилган (яққолроқ тасвирлаш ниятида уларни 10 баробар катталаштирилган). Кўриниб турибдики, ранглар диаграммасининг турли жойларида ранг фарқланиши ҳар хил. Ранг фарқлаш поғонаси орқали кўз ёрдамида ажратиладиган ранглилик сонини аниқлаш қийин эмас.

Агар ранглар диаграммаси тенг контрастлилик бўлганда рағни фарқланувчи хуудлар айлана кўринишида бўлар эди. Бундай диаграммани олиш учун UVW ранглар фазосини тузиш орқали бажариш мумкин. UVW координаталарини XYZ координаталари билан боғлиқлиги қуйидаги матрица ёрдамида аниқланади

$$\begin{bmatrix} U \\ V \\ W \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{2}{3} & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ -\frac{1}{2} & \frac{3}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad (2.34)$$

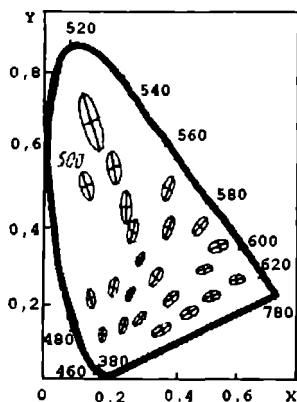
Бу тизимни ранглилик координаталари u, v x, y координаталар билан қуйдагича боғланган

$$\begin{aligned} u &= 4x / (12y - 2x + 3), \\ v &= 6y / (12y - 2x + 3) \end{aligned} \quad (2.35)$$

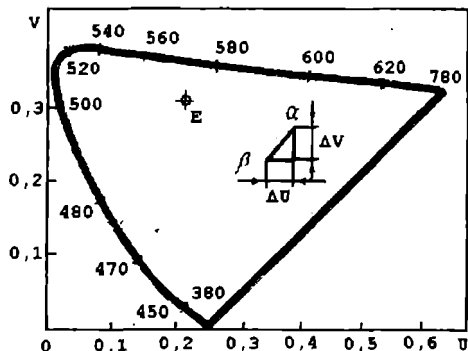
uov ранглилик диаграммаси 23б-расмда келтирилган. Бу ерда бир хил масофа учун тахминан бир хил кузатиладиган ранг фарқи тўғри келади. Шундай қилиб, uov ранглилик диаграммасида ранг фарқи қуйидаги тенглама орқали аниқланади:

$$\Delta E_{\alpha\beta} = [(\Delta u)^2 + (\Delta v)^2]^{\frac{1}{2}} \quad (2.36)$$

бу ерда, $\Delta u, \Delta v$ – қаралаётган ранглар тегишли ўқларидаги α, β , нуқталар оралиғи масофаси.



а)



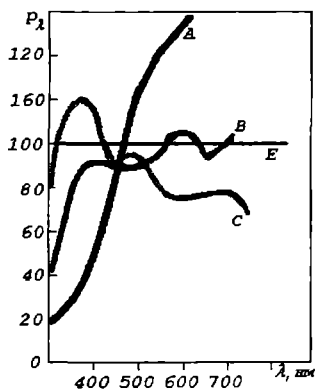
б)

23-расм. XYZ тизимида рангларни фарқланувчи погонлари (а) ва тенг контраст ранглар диаграммаси (б).

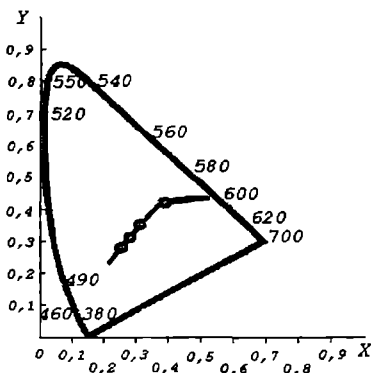
Стандарт оқ ранг манбалари. Телевидениеда ранглари тўғри тикланишига оқ ранг манбасининг танланиши муҳим роль ўйнайди. Юқорида юритилган мулоҳазаларда, биз тенг энергияли оқ ранг E ни кўзда тутган эдик. Бундай манбада спектр бўйича энергиянинг тақсимланиши бир текис зичликка эга (24-расм). Бундай спектр тақсимланиши кўпчилик фикр юритиши ва ҳисобларда жуда қулай, аммо унинг жиддий камчилиги бор: у реал эмас, табиатда учрайдиган ҳар қандай ёруғлик манбаи энергиянинг бундай спектр бўйича тақсимланишига эга эмас. Рангли телевидение техникасида тенг энергияли E манбадан ташқари, юқорида зикр қилинганга биноан, A , B , C ва D ҳарфлар билан белгиланувчи бошқа манбалар мавжуд. У манбаларни нурланиши **ранг ҳарорати** орқали аниқланади. Ранг ҳарорати T_p билан белгиланади ва ўлчов бирлиги Кельвин ҳароратидир. Ранг ҳарорати *тушунчасини тушунтириши* учун абстракт *тушунчага* мурожаат қиламиз: абсолют қора жисм (физика курси), шундай хусусиятга эгаки, унга тушаётган нурли энергиянинг мутлақ ҳаммаси ютилади.

Абсолют қора жисм нурланиши фақат ҳароратига боғлиқ ва кўриш спектр чегарасида, унинг ранги ҳарорати билан аниқланади ва **ранг ҳарорати** деб аталади. Ҳароратни кўтарилиши жараёнида ушбу нурланишнинг максимал қийматига тўғри келувчи λ_{max} нурланишнинг тўлқин узунлиги камаё боради:

$$\lambda_{max} = 2,896 \cdot 10^6 / T_p \text{ нм}$$



24-расм. Ҳар хил оқ ранг манбалари нурланишини нисбий зичлик чизмаси.



25-расм. Ҳар хил оқ манбаларнинг ранглилиги.

Реал оқ ранг манбаларини абсолют қора жисм ранглар ҳарорати билан солиштириш қулайдир. 1-жадвалда шундай манбалар кўрсаткичлари келтирилган. Манбаларнинг x ва y координаталари (уч ранг коэффициентлари)дан фойдаланиб, ранг чизмасида ҳар хил оқ ранг манбалар ранглигининг эгри чизигини келтириш мумкин (25-расм). Рангли ҳароратнинг кўтарилиши мобайнида манбанинг ранг туси қизилдан яшилга, сўнг кўкка ўзгаради, уларнинг тўйинганлиги эса камаяди, натижада, бу манбалар оқ рангга яқинлашади.

24-расмда кўрилатган манбалар нурланишининг нисбий зичлиги келтирилган. Ундан кўринадики, *A* манбада қизил-атлас ранг кўпроқ. *B* манбанинг кўрсаткичлари *E* тенг энергияли манбага яқинлашади. *C* манбанинг кўрсаткичида нурланишнинг нисбий зичлиги кўк тарафда кўтарилиши кузатилади.

2.1-жадвалда *A, B, C* манбалар табиий манбаларга яқинлиги келтирилган.

Оқ ранг манбалари асосий кўрсаткичлари

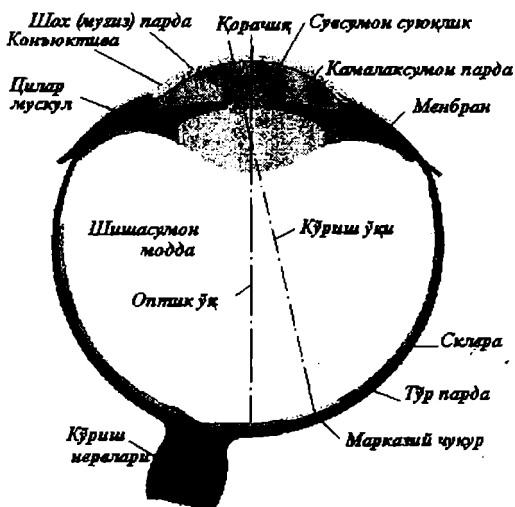
2.1-жадвал

| Ман ба тури | Ранг ҳарорати, К° | Табиат ёруғлик манбаига ўхшашлиги | Ранг туси, $\lambda, \text{нм}$ | Тўйинганлик $p, \%$ | Ранглилик координатаси | |
|-------------|-------------------|---------------------------------------|---------------------------------|---------------------|------------------------|--------|
| | | | | | x | y |
| A | 2848 | Вольфрамл и чўғланувчи лампа | 583 | 65 | 0,4476 | 0,4074 |
| B | 4800 | Куннинг биринчи ярмидаги шимол осмони | 574 | 15 | 0,3484 | 0,3516 |
| C | 6500 | Мовий осмонда, қуёшли кун | 482 | 5 | 0,3100 | 0,3516 |

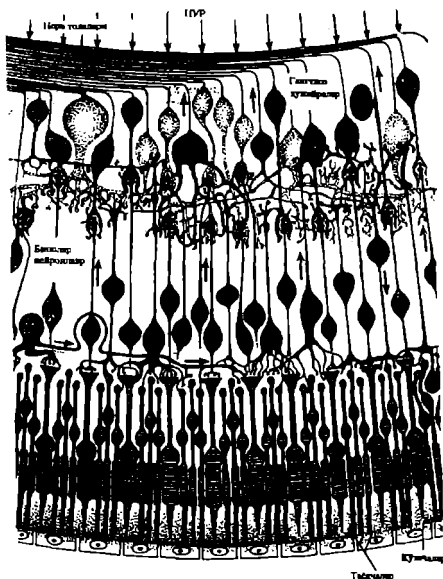
3. ИНСОННИНГ КЎЗ ОРҚАЛИ КЎРИШ МЕХАНИЗМИ

3.1. КЎЗНИНГ ТУЗИЛИШИ

Одам кўзининг шакли шар шаклига яқин. Ўнг кўзни горизонтал қирқма чизмаси 26-расмда тасвирланган. Сиртқи томонидан у оқ тусли ҳимоя қобиғи билан қопланган, бу қобик *склера* деб аталади. Склеранинг олдинги тарафи шаффоф бўлиб, ёруғлик нурининг ўтиши учун тўсқинлик қилмайди ва у *шоҳ (музуз) парда* деб аталади. Кўзнинг ички тузилиши юзасига қараганда, анча содда бўлиб, *гавҳар* аталмиш иккита сферик сирт билан чегараланган шаффоф жисм билан икки бўлимга ажралган. Гавҳарнинг олдинги томонини *камалак парда* тўсиб туради. Кўзнинг олдинги бўлими *сувсимон суюқлик* билан тўлдирилган.



26-расм. Ўнг кўз горизонтал қирқма кўриниши.



27-расм. Кўз тўри ва нейронлар тузилиши.

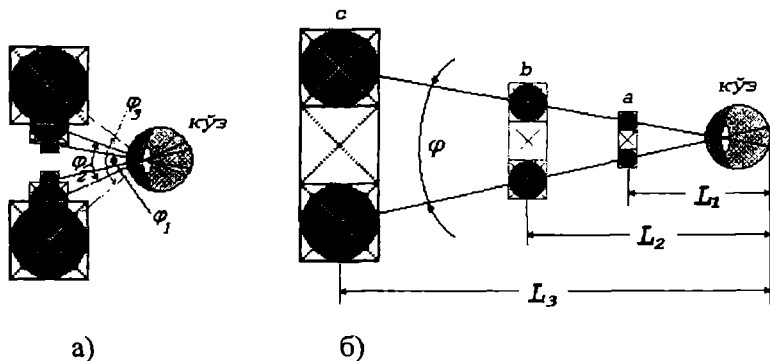
Камалак пардада шаффоф худуд — *кўз қорачиқ* мавжуд. Кўзга тушаётган ёруғлик миқдорига қараб, қорачиқнинг диаметри тахминан 2 дан 8 мм гача рефлексив тарзда ўзгаради. Гавҳар *цилар мускул* орқали склеранинг ички юзасига бириктирилган. Цилар мускул гавҳар шаклини маълум бир чегарада ўзгартира олади. Орқа бўлим ҳам *шишасимон модда* билан тўлдирилган. Орқа бўлимдаги склеранинг ички юзаси *тўр парда* билан қопланган. Тўр парда *марказий чуқурлик (сарик доғ)* бўлиб, у *бош оптик ўқи* кесиб ўтган жойдан юқорироқ жойлашган. Марказий чуқурликка *кўриш ўқи* тўғри келади. Тўр парданинг бош оптик ўқи ўтган жойидан пастроқда *кўр доғ* аталмиш худуд бўлиб, бу ерда тур парда билан боғланган кўриш нервлари склерадан ташқарига чиқазилган ва улар мия билан боғланган. Тўр парда тармоқланган кўриш нервларидан иборат бўлиб, бу нервлар *таёқчалар* ва *кўзачалар (колбочкалар)* тарзидаги нерв учлари билан тугайди. Таёқчалар ва кўзачалар ёруғликни сезувчи рецепторлардир.

3.2. КЎРИШ МЕХАНИЗМИ

Кўзнинг олд ва орқа бўлимлари, гавҳар билан биргаликда оптик тизимни ташкил қилади. Кўзнинг оптик тизими фокус масофасини ўзгарувчан ва "чуқурлиги" (гавҳардан тўр пардагача бўлган масофа) ўзгармайдиган *йиғувчи линза* деб қараш мумкин. Улар ёрдамида тўр парда юзасида кўриш майдонидаги объектлар аниқ намоён бўлади. Тасвир аниқ кўриниши гавҳар эгрилигини цилиар мускул ёрдамида ўзгартириш натижасида амалга оширилади. Кўриладиган буюмнинг ҳақиқий, аммо тўнтарилган тасвири ҳосил бўладиган парда кўзнинг тўр пардасидир. Кўзга тушувчи ёруғлик нерв учларини (таёқча ва колбачаларни) таъсирлантириши натижасида кўриш сезгиси ҳосил бўлади.

Агар кўриладиган буюм узоқда жойлашган бўлса, унинг тасвири кўзнинг тўр пардаси юзасида гавҳар мускулини ҳеч зўриқтирмасдан, аниқ кўринишда намоён бўлади. Буюм кўзга яқинлаштирилганда, гавҳар юзасини қавариқлангани ошади, кўзнинг фокус масофаси қисқаради, тасвир тўр парда юзасига фокусланади. Бунга гавҳарнинг қавариқлигини ўзгартирувчи мускулнинг рефлексив зўриқиши натижасида эришилади.

Кўзнинг кузатиладиган буюмгача бўлган масофанинг ўзгаришига бундай мослашуви кўз *аккомодацияси* деб аталади.



28-расм. Кўзнинг аниқ кўриш механизми:

- а) бир хил масофадан, ҳар хил ўлчамли нуқталар кузатилиши;
- б) ажратил бурчагида ҳар хил ўлчамли нуқталарнинг жойлашиши.

Бирор икки нуқта кўзга яқинлаштирилса, улар орасидаги бурчак ϕ (28-расм) катталашади. Улар алоҳида-алоҳида рецепторлар юзасига проекция бўлгандагина кўз уларни алоҳида-алоҳида кўра олади. Бир-бирига яқин жойлашган икки нуқтани алоҳида-алоҳида кўриш учун (28-расм) улардан чиқаётган нурлар алоҳида рецепторларга тушиши ва бу рецепторларни бир - биридан ажратувчи, улар орасида яна бир рецептор мавжуд бўлиши шарт. Акс ҳолда, бу нуқталар яхлит бир нуқта бўлиб кўринади.

Соғ (камчиликларсиз) кўз учун бу бурчак **бир** градусни ташкил қилади. Аммо буюмни яна ҳам аниқроқ кўриш мақсадида, уни кўзга жуда яқинлаштириш ҳеч қандай фойда бермайди, чунки аккомодация чегараланган - *аккомодация бажариладиган энг яқин масофа* мавжуд.

Кўзни аниқ кўриш чегараси кўриш тизимининг *ажратиш қобилияти (кўзнинг ўткирлиги)* билан аниқланади. Кўз ўткирлиги икки турдан иборат: майда буюмларни юза бўйича алоҳида-алоҳида кўриш ва кўз оптик ўқига перпендикуляр юза ва буюмларни (деталларни) чуқурлик бўйича алоҳида-алоҳида кўриш. Сўнггиси *чуқурлик ўткирлиги* ёки *стереоскопик кўриш* деб аталади. Иккала ўткирлик кўз тўрининг ва унинг оптик тизимининг ажратиш қобилиятига боғлиқ. Одатда, тўрнинг ажратиш қобилияти асосий роль ўйнайди. Кўз ўткирлигини кўз оптик тизими тавсифи ва кўз тўри тузилиши орқали аниқлаш имконияти йўқ. *Кўз – динамик оптик тизимдир.* Кўриш жараёнида кўз соққасининг беихтиёр ҳаракатланиши – *тремоло* кузатилади. Бундан ташқари, кўзнинг оптик ўқи тасвир контури бўйича югуриб, энг муҳим ахборотни ажратади.

Буюмдан тўр пардага тушаётган ёруғлик нури кучли бўлса қорачиқ диаметри қисқаради, акс ҳолда катталашади.

Кўриш жараёни тўр парда таркибидаги моддалар ёруғлик таъсирида емирилиши натижасида юзага келган биоток (сигнал) орқали мия таъсирланиши натижасидир. Биоток кўз тўр пардасидаги махсус рецепторларда ҳосил бўлади. Улар *таёқча ва кўзачалардир.* Таёқча ва кўзача 27-расмда тасвирланган. Улар склеранинг қобиғига қараб жойлашган. Таёқча ва кўзачаларни мия билан боғловчи кўз нервларининг

учлари тўрнинг уст томонига тарқалган. Кўзачалар сони 120 миллиондан ортиқ. Улар ёрдамида кўз кундузи объектларни кузатади ва рангини тиклайди. Таёқчалар сони 7 миллионни ташкил қилади. Улар асосан тунги, кучсиз ёритилган объектларни кўриш учун хизмат қилади ва ранг ажратмайди. Таёқча ва кўзачалар тўр пардада ўзига хос тартибда жойлашган. "*Сарик доғ*" аталмиш сирт 25 минг кўзачалардан ташкил топган. Кўзачаларнинг қолган қисми ундан ташқарида, таёқчалар билан аралаш жойлашган. Марказий чуқурлик (сарик доғ)дан узоқлашган сайин кўзачалар камайиб, таёқчалар кўпайиб боради. Кўзача ва таёқчаларни мия билан туташтирувчи кўз нервларининг сони 1 миллиондан ортмайди.

Юқорида айтганимиздек, кўзача ва таёқчаларда ёруғликни сезувчи моддалар ёруғликдан емирилади. Емирилиш узлуксиз давом этади. Ёруғликнинг миқдорига қараб емирилиш миқдори ўзгаради. Агар ёруғлик миқдори чамаланган миқдордан юқори бўлса, камалаксимон парданинг ёруғлик ўтказувчи юзаси камайди. Яъни қорачиқнинг диаметри қисқаради. Агар бу ҳолатда ҳам ёруғлик миқдори кўп бўлса, склеранинг тўр парда жойлашган қисмида суюқлик ажралиб чиқади ва кўзачаларни кўма бошлайди, Чиқарилаётган суюқлик рецепторларга (таёқча ва кўзачалар) тушаётган ёруғлик миқдори бир меъёрга келгунча давом этади. Мосланиш жараёни бир дақиқада тугамайди.

Маълумки, қоронғудан ёруғликка чиқилганда кўз тинади. Кўзга тушаётган ёруғлик ўта катта бўлса, кўз тинишидан ташқари оғриқ сезилади. Бу ҳолат узоқ давом этмайди, кўриш хусусияти яна тикланади. Ёруғликка мослашиш 3–5 минут давом этади. Аксинча, ёруғликдан қоронғу хонага кирганда кўзни кўриш қобилияти бутунлай йўқолади. Бироз вақт ўтгандан сўнг кўриш тикланади, ён атрофнинг ғира-шира ёришгани сезилади, яна бироз вақт ўтиши билан аввал тимқоронғи кўринган хона етарлича ёруғ эканлигининг гувоҳи бўламиз. Қоронғуликка мослашиш 30–50 минут давом этади. Кўзнинг бундай ёруғлик ва қоронғуга мослашуви *кўз адаптацияси* деб аталади.

Кўз ташқи муҳитдан олган маълумотни мияга узатади, бу жараён ҳам бироз вақт талаб қилади. Узлуксиз, объектдан

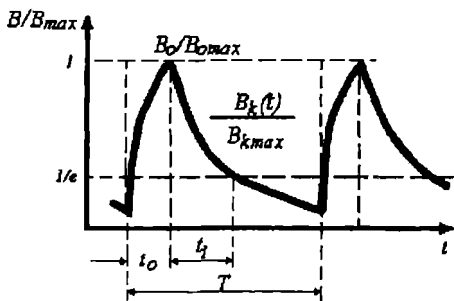
олинаётган маълумот, маълум улушларда мияга узатилади. Инсон мияда тикланаётган тасвирни узлуксиз гавдалантиради. Кўз тахминан секунднинг ўндан бир қисми давомида маълумотни йиғади. Бу *кўз сустлиги (кўз инерцияси)* деб аталади. 29-расмда маълум вақт оралиғида, маълум миқдорда кўзга таъсир қилган ёруғлик импульсига кўзнинг реакцияси келтирилган.

Кўзга таъсир қилган ёруғлик импульси B_m унга нисбатан мияда уйғотиладиган сезги S бир онда юзага келмайди, у экспонент қонунига биноан ўсади:

$$S_1 = S_m (1 - e^{-\frac{t_2}{\tau_2}}) \quad (3.1)$$

Таъсир тугагандан сўнг сезги бироз давом этади, у яна экспоненциал қонун бўйича пасаяди

$$S_1 = S_m (e^{-\frac{t_2}{\tau_2}}) \quad (3.2)$$



29-расм. Такфорий нурланувчи манбани равшанлиги $B_k(t)/B_{kmax}$ ни кўз орқали сезиш; бу ерда $B_k(t)/B_{kmax}$ — таъсир тугаганидан сўнг кўринувчи равшанликни t вақт бўйича қиймати; B_0/B_{0max} — вақт доимийлигига таъсир қилувчи равшанлик $\tau \sim 0,1 \dots 0,15$ с — кўзни сускашлигини кўрсатувчи. Равшанлик қиймати e баробар камайганда $t_1 = t_2$ га тенг олинади. Вақт доимийлиги τ равшанлик функциясидир ва уни кўпайиши билан камайди.

Изланишлар натижасида шу маълум бўлдики, кўзга таъсирнинг доимий вақти $\tau_0 = t_0 B$, таъсир тугагандан сўнгги

сезгининг доимий вақти $\tau = (t_1 B = (T - t_0) B)$ га қараганда жуда кичкина ($\tau_0 \ll \tau$), яъни таъсир тугагандан сўнг сезгининг пасайиши ёруғлик таъсир вақтидаги сезгига нисбатан секин кечади. Одам кўзида таъсирдан сўнгги сезги вақт доимийси ўртача $\tau \approx 0,1 - 0,15$ с ни ташкил қилади. Таъсир такрорланувчи бўлганда ва такрорланиш бир секундга ўн мартадан кам бўлса, кўз бу таъсирларни алоҳида, ажрим ҳолда сезади ва ҳар бири алоҳида намоён бўлади. Бу кўзнинг *вақт бўйича ажратиш қобилияти* деб аталади.

Агар такрорланиш секундига ўндан ортиқ бўлса, бундай таъсирни кўз узлуксиз, бетакрор намоён қилади. Такрорланиш секундига 48 дан кам, 10 дан кўп бўлса, кўзга таъсир узлуксиз бўлиш билан бир қаторда ёруғликнинг милтиллаши кузатилади.

Такрорланиш секундига 48–100 атрофида бўлганда милтиллаш йўқолади. Милтиллаш йўқолиш частотаси (яъни секундга такрорланадиган ёруғлик импульслари сони) *милтиллашнинг кескин частотаси* деб аталади ва тақрибий тенглама орқали ифодаланади:

$$F_{kc} = a_0 \lg B + b_0 \quad (3.3)$$

Бунда, $a_0 = 9,6$; $b_0 = 26,8$ – тажриба йўли билан аниқланадиган миқдор (коэффициент); B -кўзга таъсир қилувчи ёруғлик импульсни ўртача равшанлиги.

Такрорланиш частотаси 100 Гц дан катта бўлганда ёруғлик таъсири кескин пасаяди. Такрорланувчи ёруғлик манбасининг нисбий равшанлиги:

$$B_k(t)/B_{kmax} \quad (3.4)$$

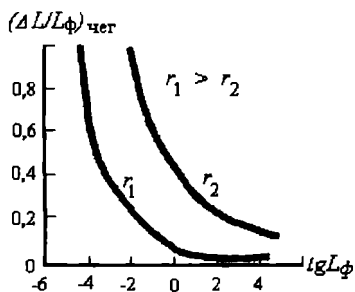
Милтиллашнинг кескин частотаси асосан манбанинг равшанлик миқдорига ва рангига боғлиқ. Сарик-яшил рангларда милтиллаш кучли сезилади, чунки бу рангларга кўзнинг сезгирлиги юқори.

Такрорланиш частотаси милтиллаш кескин частотасига тенг ёки ундан катта бўлса, такрорланувчи ёруғлик манбасидан $B(t)$ кузатилаётган объект ёруғлигининг қиймати $B_{кэ}$, T давр ичида қуйидаги ифода орқали аниқланиши мумкин:

$$B_{кэ} = \frac{1}{T} \int_0^T B(t) dt \quad (3.5)$$

Бу ифода *Тальбот қонуни* деб аталади.

Кўзнинг ажратиш қобилияти чегараланган. Кўзнинг кўриш чегарасини кенгайтириш учун кўз ойнак, катта қилиб кўрсатувчи линза, микроскоп ва телескоплар яратилган. Кўзни зўриқтирмай буюмнинг кичик қисмларини аниқ кўриш мумкин бўлган масофа *энг яхши кўриш масофаси* деб аталади. Соғ кўз учун энг яхши кўриш масофаси 25 см га тенг деб ҳисобланади.



30-расм. Равшанлик, тиниқлик остонасини, фон равшанлиги ва тасвир деталарининг ўлчами (r_1, r_2) га боғлиқлиги.

Кўз ёруғликнинг абсолют қийматини аниқлашга ожиздир. Бунга сабаб, **биринчидан** кўзга тушаётган ёруғлик билан, сезги ўртасида тўғри пропорционаллик йўқ, яъни сезги психофизик сезишга биноан амалга ошади. **Иккинчидан**, кўриш жараёнида нисбийлик асосий заминдир. **Учинчидан**, кўриш жараёни ёруғлик оламида жорий бўлади, яъни мослашиш мавжуд. Агар объектнинг равшанлиги $0,1 \text{ кд/м}^2$ дан кам бўлса, у ҳолда кўз объектни муҳитдан ажрата олмайди. Агар объектнинг равшанлиги 10^7 кд/м^2 дан юқори бўлса, кўз кўриш қобилиятини йўқотади ва кўзда оғриқ сезилади. Демак, кўз 10^8 равшанлик диапазони кенглигида кўришга қодир.

Кўз бу равшанлик кенглигини яхлит қабул қила олмайди. У равшанлик кенглигини алоҳида диапазонларга бўлиб мослашади ва кўриш ижро бўлади. Ёритилмаган муҳитда бирор жисмни кўриш учун аввал кўз шу муҳитга мослашади ва сўнг кўради. Кўз сеза оладиган ёруғлик манбаининг минимал

қиймати кўзнинг *абсолют ёруғликни сезиш бўсағаси* деб аталади. Кўзнинг минимал ёруғликни сезиш бўсағаси 2...4 фотонга тенг. Аниқланишича, кўз билан ёруғлик манбаи ўртасида абсолют кўриниш мавжуд бўлган ҳолда, кўз 200 км масофадаги шамнинг ёруғини сезишга қодир экан.

Амалда асосан ёритилган муҳитдаги объектлар кузатилади. Бу ҳолда объектнинг ёруғлик қийматидан муҳитнинг ёруғлик қийматини айириш натижасига биноан объектнинг кўриш жараёни кечади. Бу ерда кўз ёруғлик сезгирлигининг айирма бўсағаси юзага келади, яъни $\Delta B_{мин} = B_0 - B_m$ (бу ерда B_0 – объектнинг равшанлиги; B_m – муҳитнинг равшанлиги).

ΔB нинг қиймати доимий миқдорга эга бўлмасдан, муҳитнинг ёруғлик қиймати билан боғлиқ. Амалда $(\Delta B/B_m)_{мин} = const$ доимийлиги аниқланган ва у Вебер - Фехнер номи билан боғлиқ. Лекин бу бўсаға равшанликнинг чекланган доирасида кучга эга, $(\Delta B/B_m)_ч = \delta$ тенг, у *дифференциал ёки нисбий бўсаға* деб аталади. Амалда учрайдиган ёруғлик кенглигида Вебер-Фехнер қонунига бўйсунди $\delta = 0,02 - 0,05$ га тенг қилиб олинади. Демак, кўз аниқ нисбий ёруғликда ($K = B_{макс}/B_{мин}$) аниқ ёруғлик поғоналар сонини m кўриши мумкин (яъни равшанлик нимранглари ажратиши мумкин). Улар қуйидагича аниқланади:

Биринчи равшанлик поғонаси:

$$B_1 = B_{мин} + \delta B_{мин} = (1 + \delta) B_{мин}$$

Иккинчи равшанлик поғонаси

$$B_2 = B_1 + \delta B_1 = (1 + \delta) B_1 = (1 + \delta)^2 B_{мин}$$

Агар поғоналарни аниқлаш шу каби давом эттирилса, охириги поғона қуйидагича ифодаланади:

$$B_n = B_{макс} = (1 + \delta)^m B_{мин}$$

Бу ифодадан умумий поғоналар сонини аниқлаш мумкин, яъни:

$$m = (\ln(B_{макс} / B_{мин})) / (\ln(1 + \delta))$$

Агар $\ln(1 + \delta)$ ни қаторга ёйиб биринчи қийматлари олинса, δ ўта кичкина бўлганлиги сабабли, уни $\ln(1 + \delta) \approx \delta$ га тенг деб олинса бўлади, у ҳолда:

$$m = (\ln K) / \delta = (2,3/\delta) \lg K \quad (3.6)$$

Амалда кўз орқали 1000 нисбий ёруғлик доирасида тахминан 300 дан ортиқ ёруғлик поғоналарини кузатиш мумкин, ўткир кўз 660 ёруғлик поғонасини ажрата олади.

3.3. РАНГ ВА ҲАЖМНИ ТИКЛАШ

Рангни тиклаш. Кўзнинг энг юқори сезгирлиги спектрнинг 555 нм тўлқин узунлигига (сарик-яшил ранг)га тўғри келади. Спектрнинг қисқа тўлқин (кўк-бинафша атрофи) бир томонида, узун тўлқин (қизил атрофи) иккинчи томонида кўз тизимининг сезгирлиги пасаяди.

Атроф-муҳит кузатилганда, объектлар фақат равшанлиги билан фарқланмасдан ранги билан ҳам ажралади. Бунда уларнинг рангларини ва шартли равшанлигини – *ёруғлик жадаллигини* солиштириш мумкин. Масалан, энергия жиҳатдан бир хил нурланувчи иккита майдон (сарик ва кўк) равшанлиги икки хил майдонлар кўринишида қабул қилинади. Бир хил рангли тасвир тикланганда кузатувчи ранг бўйича солиштиришдан ожиз ва шу сабабли фақат равшанлиги бўйича солиштиради.

Бизнинг онгимизда аксланувчи ҳар бир субъектив кўрсаткич ёруғлик оқимининг физик кўрсаткичидир. Аммо объектив (физик) ва субъектив (онгда аксланувчи) кўрсаткичлар орасида фақат сифатий мувофиқлик мавжуд, шу сабабли, уларни тенглаштириб бўлмайди.

Уч таркибий қисм назариясига биноан бизнинг кўриш аъзомизда алоҳида қизил *R*, яшил *G* ва кўк *B* рангларга таъсирланувчи уч турли рецептор борлиги фараз қилинган (30а-расм). Шунга биноан, кўзга ёруғлик диапазонининг электромагнит тўлқинлари бир вақтда таъсир кўрсатганида ок ранг юзага келади. Бир хил қувватга эга бўлган, лекин ҳар хил спектрал таркибли ёруғлик таъсири кўзда ҳар хил ёруғлик сезгини уйғотади.

Спектри тўла бўлмаган манба кўзга таъсир қилинганда ранг тикланади. Кўз нормал ҳолатда 130...150 тоза рангларни ажратиши мумкин. Текширишлар шуни кўрсатдики, кўзга таъсир қилаётган ёруғлик нуруни кўзачалар уч таркибга бўлади

ва уларнинг миқдорига қараб, у ёки бу рангни миямизда гавдалантиради. Аниқланишича, бир кўзача қизил рангни, иккинчи бири яшил рангни ва учинчи бири кўк рангни спектрдан ажратиб олади.

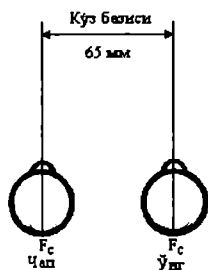
Кўз рангларнинг тўйинганлигини бир рангнинг ичида, 4 дан (сарик ранг) то 25 (қизил ранг)гача сезиши мумкин. 30-расмда кўзнинг асосий рангларга сезгирлигини кўрсатувчи чизма келтирилган. Чизмада ранг майдони бир хиллигини таъминловчи масштаб олинган, чунки уларнинг ҳаммаси кўзга таъсири оқ рангни ифодалайди.

Ҳажмни қабул қилиш. Объектларнинг ҳажми ва уларнинг фазода жойлашиши монокуляр кўриш (бир кўз билан), ҳам бинокуляр кўриш, ҳаётий тажриба ва физиологик ахборотларни ишлаш орқали тикланади.

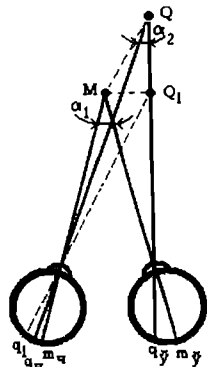
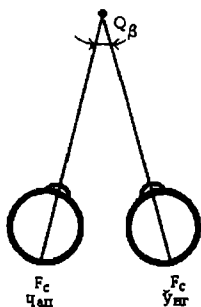
Монокуляр кўришда ҳажм (объект ҳар хил масофада жойлашганлиги) мускулларнинг кучайиш даражаси, кўзни ўгирилиши, гавҳарнинг қавариқи (аккомодация) ва қорачиқнинг ўлчами (адаптация) бошқарилиш орқали тикланади. Бу механизмларнинг ҳаммасини стереоскопик ТВ тизимини яратиш учун ишлатиб бўлмайди, чунки у кўришнинг статик моделидир.

Бинокуляр кузатиш якка нарсаларни масофавий чуқурликни кўришда ҳал қилувчи ролни ўйнайди (31-расм), чуқурликни аниқловчи кўрсаткич кўзнинг базиси – кўзларнинг оптик ўқлари оралиғидир. «Стандарт» кўз деб кўз базиси 65 мм олинади.

Узоқдаги нарсаларни кўришда кўзларнинг оптик ўқлари бир-бирига параллел. Буюм кузатувчига яқинлашгани сайин унга боғланган ҳолда оптик ўқлар кесишадилар (*конвергенцияга* учрайди). β бурчаги ўқларни кесишгандаги бурчаги бўлиб, у *конвергенция бурчаги* деб аталади. Бир хил узоқлашган M ва Q объектлар кузатилганда (31-расм) конвергенция бурчаги (*параллаксив*) ҳар бир нарса учун турли α_1 ва α_2 қийматга эга бўлади. Параллаксив бурчақларнинг айирмаси $\Delta\alpha = \alpha_1 - \alpha_2$ *бурчак параллакси* деб аталади ва у орқали буюмлар жойлашиш чуқурлигини қабул қилиш аниқланади.



31-расм. Якка нарсаларни бинокуляр кузатиш.



32- расм. Кўриш чуқурлигини аниқлаш.

Чуқурликни қабул қилишда минимал ажрата олиш қобилиятига тўғри келадиган минимал параллакс бурчаги δ_c чуқурликнинг кўриш чегараси деб аталади. Унинг ўртача қиймати 10. . . 20'' га тенг. Чуқурлик (стереоскоп)кўриш ўтқирлиги чуқурликнинг кўриш чегарасига тескари қиймат $1/\delta_c$ билан аниқланади.

Бурчак параллаксининг мавжудлиги сабабли чап ва ўнг кўз тўр пардага MQ кесим проекцияси ҳар хил узунликда бўлади, яъни $m_чq_ч \neq m_фq_ф$. Кўз M нуқтасига конвергенцияланган бўлса, унинг тўр пардага проекцияси чап ва ўнг кўзларда марказий чуқурликдан қиймати ва йўналиши бўйича бир хил узокликда жойлашмайди. Бунда Q нуқтанинг тўр пардадаги проекцияси марказий чуқурликдан (ва M нуқта проекциясидан) чап ва ўнг кўзларда бир хил узокликда бўлади, $q_ч$ ва $q_ф$ нуқталар ва улар номувофиқ ёки диспарат деб аталади. Кесмалар узунлиги айирмаси $m_фq_ф - m_чq_ч$ чизикли параллакс деб аталади ва чуқурлик қабул қилиш механизмини аниқлайди.

Кўриш тизими орқали ҳажми қабул қилиш хусусиятининг қисқача таҳлили шуни кўрсатадики, стереоскоп ТВ тизими амалга ошириш учун икки ТВ камера бир-биридан камида 65

мм кенгликда (базисда) ўрнатилиб, чап ва ўнг кўз учун икки тасвир узатилиши керак.

Кўз доимий ҳаракатда. Диққат бирор жойга қаратилганда ҳам ҳаракат давом этади. Кўзнинг бир неча хил ҳаракати мавжуд: 1) осуда тебранишни кичик ҳаракат *тремоло* деб аталади. Унинг тебраниш тезлиги *500...20 Гц* атрофида; 2) сакрашсимон ҳаракат *саккади* деб аталади. Бу ҳаракат узунлиги бир неча бурчак минутга тенг ва секундда *1...2* марта такрорланади. Тезлиги секундига юз градус атрофида; 3) сакрашлар ўртасида секин-аста асосий йўлдан оғиш, *дрейф* деб аталади. Дрейф тезлиги секунднинг *5...6* улушининг биридан то 30 улушнинг биригача ўзгариши мумкин.

4. ВИДЕОСИГНАЛ ШАКЛИ ВА СПЕКТРИ

Тасвирни сигналга ва сигнални тасвирга айлантириш ёйиш жараёни орқали бажарилади, Телевидениеда ёйиш асосан сатрма-сатр ва сатр ташлаб амалга оширилади.

4.1. САТРМА-САТР (ПРОГРЕССИВ) ЁЙИШ ПРИНЦИПИ

Тасвирни ёйиш деб, тасвирни таҳлил ва синтез қилиш жараёнида ёювчи элементни аниқ бир даврий қонунга биноан ҳаракатлантириш тушунилади. Оптик тасвир, аввало, электрон нурли узатувчи трубка ёки қаттиқ жисмли матрица кўринишидаги узатувчи фотоэлектр айлантиргичлар орқали электр сигналига, уларнинг оний қийматлари узатилаётган тасвир қисмининг равшанлигига мутаносиб *видеосигналга* айлантирилади. Электр сигнални ТВ қабул қилгичида кинескоп ёки ясси ёритувчи элементлар матричасидан ташкил топган электрон-оптик айлантиргич орқали қайта оптик тасвирга айлантиради.

Телевидение тизими бир кадр даврида тасвирни алоҳида элементларга (бўлақларга) бўлади ва яна қайта улардан тасвирни тиклайди. Бу бўлақлар тизим амалда ажрата оладиган энг кичик (минимал) элемент билан аниқланади. Тасвир элементлари равшанлигини вақт бўйича кетма-кет электр сигналига – тасвирни анализ қилиш ва электр сигнални тасвирнинг алоҳида элементининг равшанлигига (рангига) – тасвирни синтез қилиш, айлантриш жараёни бажарилади.

Ёйиш механизми электрон нур (электрон ёйиш), кичик тешик –апертура (механик ёйиш), ёруғлик нури (югирувчи нур), сурувчи потенциал (қаттиқ жисм) ёрдамида амалга оширилади.

Ёйишни ҳар хил қонунга биноан амалга ошириш мумкин. Телевидениенинг турли соҳаларида радиал, спираль, синусоидал, чизиқли-сатрлаб ва бошқа кўринишдаги ёйиш қўлланилади.

Ўйиш қонуни узатиш ва қабул қилиш томонларида бир хил бўлиши қабул қилинади, акс ҳолда тасвирни тиклаш мураккаблашади. Тасвирда кординаталар бузилиши юзага келади, синхронлаш қийинлашади ва ш.к.

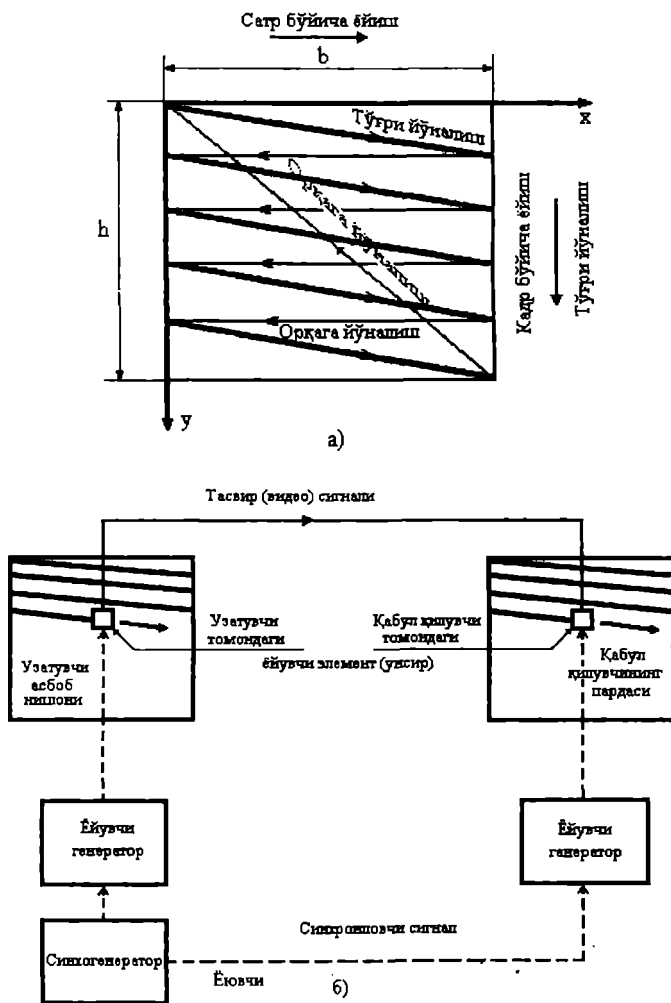
Ўйиш жараёни узатиш ва қабул қилиш тарафларда синхрон (частоталар тенглиги) ва синфаз (фазаларнинг тўғри келиши) бўлиши шарт. Бу шартни бажарилмаслик тасвирни бузилиб тикланишига ёки умуман тикланмаслигига сабаб бўлади.

Синхронлик бажарилмаслиги, яъни сатр ёки (ва) кадр ўйиш частотасини қабул қилувчи қурилмада узатувчи қурилмадагига тенг такрорламадлиги телевизор ёки монитор экранда тасвирни тўхтовсиз қайтарилишига олиб келади. Частотаси тенг бўлиб, фазаси ҳар хил бўлса, яъни ўйишнинг бошланиш вақтлари тўғри келмаса, тасвир горизонтал ёки вертикал бўйича сурилади, икки қисмга «ажралиши» мумкин. Натижада, тасвирда сўндирувчи оралиқ кўрина бошлайди. Замонавий ТВ кўрсатишда энг оддий чизикли-сатр бўйича такрорланувчи ўйиш тизимидан фойдаланилади, доимий тезликда тасвир чапдан ўнгга тасвир сатри чизиб (сатр ўйилиши—*тўғри йўналиши*) ва бир вақтда тепадан пастга кадр бўйича (кадр ўйилиши—*тўғри йўналиши*) ўйилади (32а-расм). Ёювчи элементни ўнгдан чапга ва пастдан юқорига тез қайтариш ўйишни *орқага қайтиш* вақтида бажарилади, тўғри ва орқага қайтиш вақти йиғиндиси *ўйишнинг даврини* ташкил қилади. Сатр бўйича ўйиш даври кадрникига қараганда кичик.

Электрон трубка экрани юзасига тик тушаётган электрон ёки ёруғлик нури югуриши натижасида ҳосил бўлган из *ТВ растр* деб аталади. Агар сатр ва кадр частоталари синхронловчи импульслар билан синхронланса растрда координаталар бир хил тикланади (32б-расм). Қабул қилувчига узатиш учун тасвир ва синхросигналлар бирлаштирилади, қабул қилувчида эса бу сигналлар сатр бўйича ажратилади. Бирлаштирилган сигнал *тўлиқ ёруғлик сигнали* деб аталади.

Вертикал ўйиш даврида растр сатрларини 33-расмда кўрсатилгандек тўхтовсиз кетма-кет (*1-, 2-, 3- ва ш.к.*) ўйиш *сатрлаб (прогрессив) ўйиш* деб аталади. Сатрлаб ўйишда сатр

(i_z) ва кадр (i_k) оғдирувчи ток шакли 33- расмда кўрсатилгандек ўзгаради.



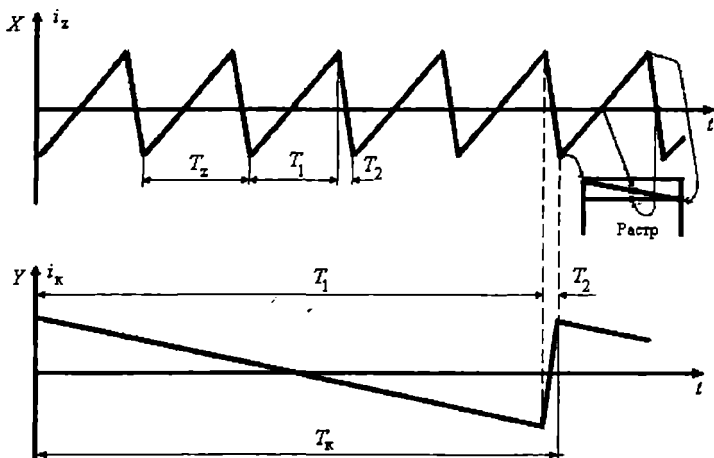
33-расм. Чизикли-сатр бўйича ёйиш
а) Чизикли-сатр бўйича ёйиш қонуни; б) Тизимда ёйиш жараёнини ташкил қилиш.

Кадр ёйиш даври (T_k) сатр ёйиш даври (T_j)нинг бутун сонига тенг. Тўғри йўналиш вақтида (T_1) ток чизиқли ўсади, яъни горизонтал ва вертикал ёйиш тезлиги доимий: $v_x = const$ ва $v_y = const$. Бу бир қатор бузилишлар тасвир майдонида равшанликни ва кескинликни ўзгаришини олдини олади.

Ночизиқ ёйиш қонунида ёювчи электрон нур растр бўйича вақт тезлиги ҳар хил бўлади, бу эса кинескоп экранда тикланаётган растр ёруғлигини ўзгаришига сабаб бўлади. Бундан ташқари, ёйиш тезлиги ($t_{zn} = var$) ўзгариши видеосигнал спектрининг кенгайишига сабаб бўлади.

34-расмда келтирилган кадр бўйича орқага қайтиш вақти (T_2) соддалаштирилиб, тўғри чизиқ шаклида келтирилган. Ҳақиқатда эса орқага қайтиш бир неча сатр вақтини ташкил қилганлиги сабабли мураккаб из қолдиради. Электрон нур кадр охиридан бошланғич ҳолатга қайтиш махсус шакллантирилган сўндирувчи импульс ($C_{yИ}$) орқали сўндирилади. Сўндириш вақти орқага қайтиш вақтидан катта олинади, яъни $\tau_{C_{yИ}} > T_2$.

34-расмда, ёювчи ток қийматида растр чизувчи элемент ҳолати боғлаб кўрсатилган. Токнинг ноль қийматида сатрнинг ўртаси, максимал манфий ва мусбат амплитудасига растрнинг чап ва ўнг четлари тўғри келади.



34-расм. Сатрма-сатр ёйишда оғдирувчи токнинг шакли

3.1- жадвалда тасвирнинг горизонтал H ва вертикал V ёйиш кўрсаткичларининг бир қатор қийматлари келтирилган, шулар қаторида сўндирувчи импульсларни абсолют ($\tau_{сун}$) ва нисбий ($\tau_{сун}/T$) сонлари, сатр ва кадр актив қисмлари $T_{акт}$ давомийлиги келтирилган. ТВ кўрсатиш тизимининг бу ва бошқа кўрсаткичларининг аниқ қиймати адабиётларда келтирилган.

Бу ерда фақат рангли **SECAM** ТВ тизимига тегишли сатр частотасининг ўртача нобарқарорлиги $\Delta f_z / f_z = 10^{-6}$ дан ошмаслиги керак, яъни $\pm 15625 \times 10^{-6} \approx 0,016$ Гц. Сатр частотали импульс даврига тўғри келадиган нобарқарорлик $\Delta T_z = T_z (\Delta f_z / f_z) = (1/15625) \times 10^{-6} \approx 0,06$ нс тенг.

Ёйиш кўрсаткичлари

3.1 жадвал

| Кўрсаткичи | f, Гц | T, мс | T ₁ , мс | T ₂ , мс | T _{акт} , мс | T _{св} , мс | $\tau_{сун}/T$, мс |
|------------|-------|-------|---------------------|---------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| H | 15625 | 0,064 | 0,057 | 0,007 | 0,052 | 0,012 | $\alpha = 0,18$ |
| V | 50 | 20 | 19 | 1 | 18,4 | 1,6 | $\beta = 0,08$ |

Бу талабни таминлаш **SECAM** рангли ТВ дастурларини бошқа рангли ТВ тизим (**PAL**, **NTSC**) дастурлари билан халқаро айира бошлаш учун зарур.

3.1-жадвалдан кўринадики, вертикал ёйишда орқага қайтиш тахминан 1 мс (даврни 5%) ёки тахминан 15 сатрни ташкил қилади. Агар тикловчи қурилмага учурувчи импульс берилмаса, кинескоп пардасида тасвирга халақит қилувчи қия чизик кўринишда сатрлар тикланади. 32- ва 33-расмларда чизмаларни соддалаштириш мақсадида кадр бўйича ёйишни ифодалашда орқага қайтиш суний камайтирилган.

Яқунида ТВ ёювчиларга қўйиладиган асосий талабларни умумлаштирамиз:

– ТВ тизим узатиш ва қабул қилиш томонларида бир хил ёйиш қонуни билан амалга оширилади;

- оғдирувчи токларни шакллантириш қонуни оддий (ТВ кўрсатишда чизиқли-сатр бўйича ёйиш);
- тўғри йўналишда ёйиш тезлиги доимий;
- ТВ трактнинг узатиш ва қабул қилиш томонларида ёйишнинг синхрон ва синфазлиги таъминланади;
- сатр частотасининг оғиши одатдаги қийматидан $\pm 0,016$ Гц дан ошмаслиги керак.

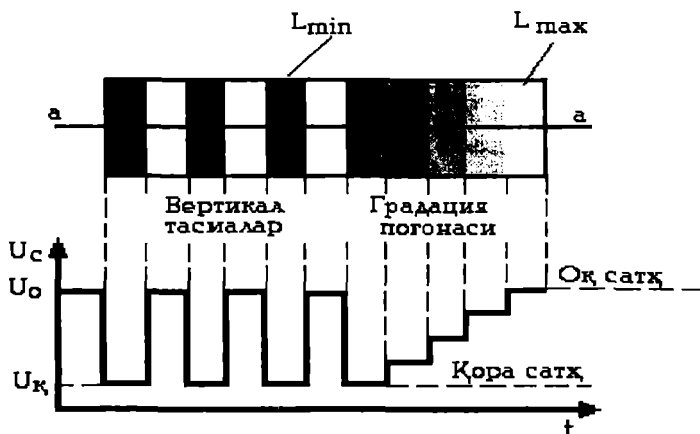
4.2. ВИДЕОСИГНАЛ ШАКЛИ

Телевизион фотозлектр айлантиргич чиқишида олинадиган видеосигнал қиймати вақт функцияси бўлиб, узатиладиган тасвир элементларининг равшанлигига мутаносиб. 35- расмда мисол сифатида оқ-қора вертикал тасмалар ва градация поғонаси тасвирланган. Ушбу тасвир B ёруғлик ўзгаришларини электр сигналига (видеосигналга) U_c айланттиришнинг кўриб чиқамиз. Расмдан кўриниб турибдики, видеосигнал $U_c(t) = \phi(B)$ тасвирнинг танланган сатрдаги ҳар бир нуқтаси равшанлик қийматини такрорлайди. Равшанликнинг қорадан (B_{min}) то оқкагача (B_{max}) ўзгариши видеосигнал диапазонини $U_{c..}U_o$ ўзгаришига тўғри келади. Сигнални ифодалашда сигналнинг ночизиқ бузилиши ва ёювчи элемент апертура ўлчами ҳисобга олинмайди. Шунини таъкидлаш лозимки, равшанлик сигналидаги импульслар давомийлиги узатувчи элемент тезлигига, яъни тасвирни ёювчи тезликка тескари пропорционал.

Тасодифий танланган объект учун бирлаштирилган сигнал (тўлиқ ёруғлик сигнали) тузилишини кўриб чиқамиз. 36а-расмда видеосигналнинг сатр давридаги (Tz), 36б-расмда кадр давридаги (Tk) осциллограмма шакли келтирилган. Кўриниб турибдики, видеоахборот фақат сатр ва кадр актив вақтида узатилади, сўндирувчи импульс оралиғида эса сигнал бостирилади.

Сигнал сатҳлари қуйидагича тақсимланган: оқ сатҳ-узатишга мўлжалланган сигналдан то қора сатҳ-тасвирнинг энг қора элементига тўғри келувчи 70,0% сўндирувчи сатҳ – «ўта қорада» 70,0% сатҳдан пастга жойлашган ёювчи нурнинг

орқага қайтиш вақтида оқимни ёпувчи; синхроимпульслар сатҳи сўндирувчи импульс майдончасида жойлашган импульс.



35-расм. Видеосигналнинг юзага келиш жараёни:

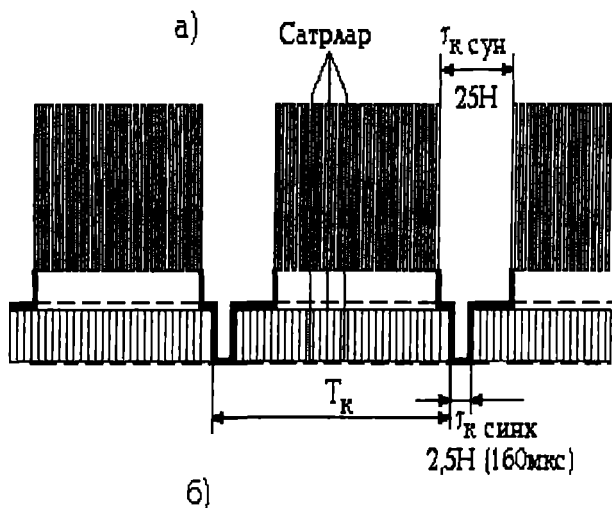
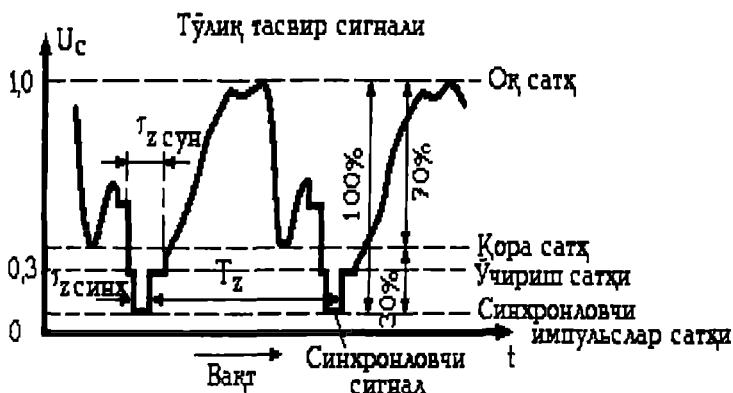
- а) узатиладиган тасвир;
 б) "аа" сатрнинг ёйилгандаги сигнали.

Сатрнинг синхронлаш импульси давомийлиги $\tau_{\text{синх}} = 4,7$ мкс, кадрнинг синхронлаш импульси давомийлиги $\tau_{\text{ксинх}} = 160$ мкс = $2,5H$, бу ерда H сатр даври. Қолган вақт кўрсаткичлари 3.1-жадвалда келтирилган.

Агар равшанлик тўлиқ сигналининг тебраниш чегараси (видеосигнал синхросигнал) 100% деб қабул қилинса, унда фойдали видеоахборот-сўндирувчи импульс сатҳидан то оқ сатҳгача унинг ўзгариш чегараси 70% ташкил қилади, қабул қилувчи қурилмани синхронлаш сигнали эса 30% ни ташкил этади.

Электрон нур апертураси диаметри d жуда яхши фокусланганида ҳам "математик нуқта" деб ҳисоблаш мумкин эмас. Бундан ташқари, электрон нур апертураси тасвирдаги энг майда деталлар ўлчамидан катта бўлиши мумкин. Бу **апертура бузилиши** – тасвирнинг кескин чегаралари (контурлари)нинг ёйилишига (кескинлигининг камайишига) ва майда деталлари тебраниш чегараларининг камайишига (аниқлигининг пасайишига) олиб келади. Натижада майда эле-

ментлар тиниклигининг камайишига сабаб бўлади ва деталлар контрастини ажратиш поғонасигача камайиши тасвирда у умуман тикланмайди. Бошқача сўз билан айтганда, апертура ўлчамининг чекланганлиги тизимнинг ажратиш хусусиятини чеклайди, яъни ТВ тасвирни аниқлигини ва кескинлигини камайтиради.



36- расм. Видеосигналнинг сатр (а) ва кадр (б) давридаги шакли

Апертура бузилишининг юзага келиши 37-расмда намойиш қилинган, бунда a - ўзгарувчан деталли ($a = var$) тасвирнинг, чекланган ёювчи элемент апертураси d ($a_1 = d; a_2 = 3$) билан ёйилиши; b - d ўлчамли апертурада ҳар ондаги ўртача равшанлигига мутаносиб сигнал; v - турли узатувчи ТВ трубкалар апертура тавсифлари.

Сигнал қийматини апертура марказига келтириб оқ-қора майдон чегараларидан ўтишда сигнал $i_c(t)$ ни ўзгаришини кузатиш мумкин. В min ва В max равшанликларнинг кескин ўзгаришига (37а-расм) i_{min} ва i_{max} сигнал қийматнинг $t_{урн}$ давомида текис ўтиши тўғри келади.

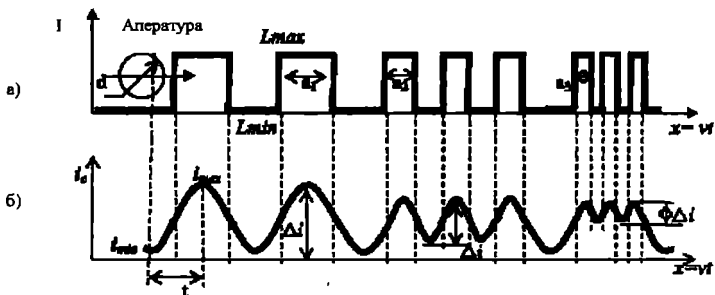
Агар тасвир ташкил этувчининг ўлчами ёювчи апертура ўлчамидан кам бўлса, сигналнинг тебраниш чегараси камаяди. Агар оқ-қора такрорланувчи тасвир ташкил этувчилар ўлчами апертура диаметрининг ярмига (ёки ундан кам) тенг бўлса, у ҳолда сигнал уларнинг ўртача равшанлигига мос келди. Шунинг учун бундай ўлчамли ташкил этувчилар тикланмайди. 37б-расмда B_{min} ва B_{max} равшанлик алмашувчи тасмалардан тикланган сигнал намойиш қилинган. Сигналнинг модуляция чуқурлигини $m = \Delta i$ (бу ерда, $\Delta i = i_{max} - i_{min}$) элемент ўлчамига (ёювчи сатрлар сони Z) боғлиқлиги **апертура-импульс частоталари тавсифи** орқали яққол кўринади (37-расм); **Апертура-импульс частоталари тавсифи** одатда қисқача **апертура тавсифи** деб аталади.

Шундай қилиб, электрон нур апертурасининг ўлчами чекланганлиги сабабли видеосигналда шу онда узатилаётган тасвир элементининг ўртача равшанлиги тўғрисида фақат фойдали ахборот бўлмасдан, балки горизонтал ва вертикал бўйича қўшни элементлар қиймати кўшилиши натижасидир. Видеосигнал шаклини таҳлил қилиш натижасидан қуйидаги хулосага келиш мумкин:

– видеосигнал гармоник тебраниш эмас, у импульс кўри-нишлидир;

– бирламчи видеосигнал ўзининг моҳияти билан бир кутб-лидир ва таркибида доимий қиймати мавжуд;

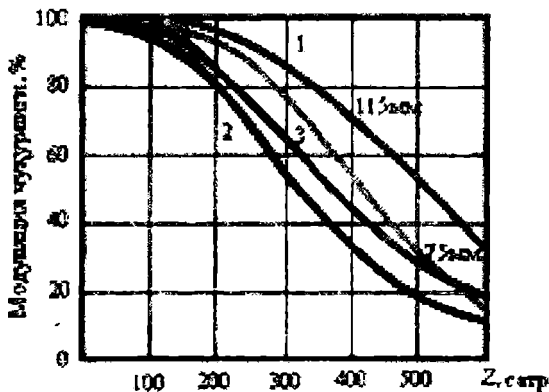
– видеосигнални $f_z = 1/T_z$ ва $f_k = 1/T_k$ частоталарда такрор-ланувчи такрорий функция кўринишида келтириш мумкин.



37-расм. Видеосигналнинг апертура бузилиши: а-шакли турли кенгликли объект; б- видеосигнал шакли.

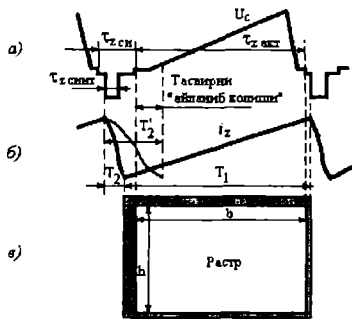
Ўйиш жараёнини ва видеосигнал шакллангандан сўнг, вақт бўйича ўзаро боғлиқлигини аниқлаш ва растрнинг шаклига уларнинг таъсирини кетма-кет кўриб чиқамиз.

Синхронизация жараёнида «оний синхронлаш» - синхроимпульс олдинги фронтига боғлиқ. T_1 вақтда тўғри йўналиш тугаб, орқага қайтиш T_2 вақти бошланади. Тасвир аниқ ва тўғри тикланиши учун бир қатор талаблар бажарилиши шарт:



в)

в- суперортикон-1, видикон-2 ва плюмбикон-3.



38-расм. видеосигнал(а), ёювчи ток (б) ва растр (в) нинг бир-бирига боғлиқлиги.

– орқага қайтиш сўндирувчи импульс тугашдан аввал тугаши керак, акс ҳолда (T_2 орқага қайтиш вақтининг штрихланган қисми) T_2 орқага қайтиш охири, $T_{з акт}$ сатрнинг фаол қисмининг бошланишига тўғри келади ва тасвирнинг «бурилиб қолиши» юзага келади.

– тасвирнинг чапдан ва ўнгдан, шунингдек, юқоридан ва пастдан сўндирувчи импульс орқали қисман қирқилади, натижада растрнинг янги $b \times h$ ўлчамли (кўринувчи қисми) ёювчининг тўғри йўналишига қараганда қисқаради.

4.3. ВИДЕОСИГНАЛ СПЕКТРИ ВА УНИНГ ХУСУСИЯТЛАРИ

Видеосигнал спектр f_{min} дан f_{max} гача бўлган кенгликда частоталар йиғиндисидан ва Δf_0 дан иборат:

$$\Delta f = \Delta f_0 + f_{min} \dots f_{max}$$

$\Delta f_0 = 0 \dots 2$ Гц оралиғидаги паст частоталар сигналнинг ўрта, ўта секин ўзгарувчи қийматини узатиш учун керак. Сатрмасатр ёйишда 39-расмда кўрсатилган, энг оддий тасвир (вертикал бўйича оқ-қора майдон) тасвир сигналининг энг паст частотасини ташкил қилади, яъни $f_{min} = 1/T_k$. Демак, $f_{min} = f_k$ кадр частотасига тенг. Спектрнинг бу пастки частотаси тасвирнинг

кадрма кадр узатилиши туфайли юзага келди, у ҳар қандай мураккаб тасвир узатилганда ҳам сақланиб қолади.

Спектрнинг юқори частотасини аниқлаш анчагина мураккаб. Юқори частота сигналнинг "нозик" тузилишини аниқлайди, яъни тасвирнинг майда деталларини ва контурини тикловчидир. Сигналнинг тузилиши ёйиш тезлиги ва апертурани шакли, «шаффофлиги» ва ўлчамига боғлиқ, чунки у ёйилаётган тасвир юзасидаги ёювчи нурнинг кўндаланг кесими бўйича электронларнинг жойлашиш зичлиги билан аниқланади. Апертура шаклини етарли аниқликда электронлар зичлиги бир текис бўлган доира кўринишида олиш мумкин.

Тинчланиш вақти t_m , тасвир бир элементини ёйиш вақти $t_{эл}$ га тенг (37-расмга қаранг), унда сигналнинг юқори чегара частотаси

$$f_{max} = 1/2t_m = 1/2 t_{эл} \quad (4.1)$$

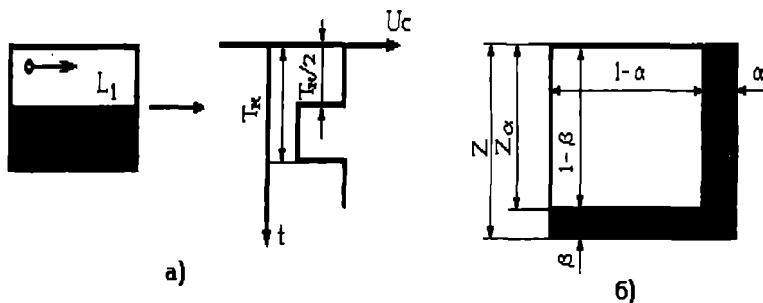
бўлади.

Агар кадр формати k , ёйиладиган сатрлар сони Z , белгиланган кадр частотаси f_k бўлса, кадрдаги элементлар сони $N_k = N_z Z = kZ^2$ га (растр сатри бўйича $N_z = kZ$ элемент жойлашади) тенг бўлади, унда бир секундда узатиладиган элементлар сони:

$$N_o = N_k f_k = kZ^2 f_k \quad (4.2)$$

ва тасвирнинг бир элементини узатиш вақти қуйидагича аниқланади

$$t = 1/N_o = 1/kZ^2 f_k \quad (4.3)$$



39- расм. f_{min} (а) ва f_{max} (б)ни аниқлаш

Спектр юқори чегара частотаси (4.1) га (4.3) қиймати кўйилса

$$f_{\max} = 1/2t_k = kZ^2f_k/2 \quad (4.4)$$

Растр дискретлиги сабабли вертикал бўйича майда элементларни ажратиш даражаси бирмунча камаяди, шу сабабли вертикал ва горизонтал аниқлиғни тенглаштириш учун бир хил шартга амал қилинади, унда частота кенглигини бирмунча ($p=0,75...0,85$ баробар) камайтириш мумкин, бу ерда p - Кэлла коэффициенти (Кэлл-фактор), оқ-қора горизонтал чизикларни ажратиладиган сонининг сатрлар сонига нисбати субъектив синовлар услуги орқали аниқланади ва у идеал ёйиш учун куйидагича ифодаланади

$$f_{\max} = pkZ^2f_k/2 \quad (4.5)$$

Амалда тасвир сатрни бутун T_z даврида ёйилмасдан, фақат сатрнинг тўғри йўналиши вақти $(1-\alpha)T_z$ да бажарилади, бунда $\alpha = \tau_{\text{сц}}/T_z$ - сатр сўндирувчи импульснинг нисбий давомийлиги (396-расм). αT_z вақт нурни сатр бошига қайтариш учун сарфланади. Юқорида айтилганлар кадр бўйича ёйишга ҳам тааллуқлидир. αT_k вақт нурни кейинги кадр бошига қайтаришга сарфланади, бунда $\beta = \tau_{\text{кц}}/T_k$ - кадр бўйича сўндирувчи импульснинг нисбий давомийлиги.

Телевизион стандарт бўйича Z сатрлар сони ва f_k кадр такрорланиш частотаси берилади ва улар одатдагича ҳисобланади. Ҳақиқатда эса кадр давомида ёйиладиган (актив) сатр $Z_a = (1-\beta)Z$ сони, βZ сатр сони эса кадрни ёйишда орқага қайтиш пайтида йўқотилади. Реал сатрлар сони вертикал бўйича аниқликни белгилайди ва одатдагидан кам бўлади. SECAM стандартига биноан одатдаги сатрлар сони 625, ҳақиқатда эса 575 сатр бўлиб 50 сатр кадрнинг орқага қайтиш вақтига тўғри келади.

Шуни алоҳида таъкидлаш лозимки, кадр бўйича ёйишда тўғри ва орқага қайтиш давомийлигининг боғлиқлиги фақат реал вертикал аниқликка таъсир кўрсатади ва ёйиш тезлигига таъсир қилмайди, тасвирнинг майда тузилишлари қайта тикланишига, яъни тасвир сигналининг спектр кенглигига таъсир этмайди. Вертикал ва горизонтал бўйича аниқликни бир хил

сақлаш талаб қилинганда, горизонтал аниқликни сунъий равишда сигнал частота кенглигининг $1/(1-\beta)$ баробар камайтириш йўли билан амалга ошириш мумкин.

Сатр бўйича ёйишда орқага қайтиш давомийлиги ҳисобига сатр бўйича ёйиш давомийлигини камайтириб kZ сатрда одатдаги элементлар сонини узатиш ҳисобига ТВ сигнал спектри кенгайди. Бир элементни ёйиш $t_{эл}$ вақт талаб этилади,

$$t_{эл p} = T_z(1-\alpha) / N_z = (1-\alpha) / kZ^2 f_k = t_{эл}(1-\alpha), \quad (4.6)$$

чунки $T_z = 1/f_z = 1/f_k Z$, $N_z = kZ$, бўлиб бу ҳолда сигнал частотаси

$$f_{max} = p (kZ^2 f_k) / 2(1-\alpha), \quad (4.7)$$

га тенг бўлади ва у одатдагидан катта бўлади, чунки α ҳамма вақт мусбат.

Горизонтал ва вертикал реал аниқлик, юқорида таъкидланганга биноан, бир хил танланади ва сигнал спектри алоқа каналининг ўтказиш кенглигини $1 / (1-\alpha)$ га баробар чегаралаш билан аниқланади, яъни

$$f_{max} = p kZ^2 f_k(1-\beta) / 2(1-\alpha) \quad (4.8)$$

Бу тенгламага $p \approx 0,8$, $\alpha = 0,18$, $\beta = 0,08$ коэффициентларнинг қийматини қўйиб, соддалашган формулани оламиз.

$$f_{max} \approx 0,9 kZ^2 f_k / 2 \quad (4.9)$$

Шундай қилиб, ёруғлик сигнали – кенг полосали сигнал. Уни спектри f_{min} дан f_{max} гача кенгликни ўз ичига олади. Видеосигнал частотасининг пастки чегараси $f_{min} = f_k = 50 \text{ Гц}$. f_{max} қийматини сатрма-сатр ёйиш учун ёйиш кўрсаткичлари $k=4/3$, $Z=625$ ва $f_k = 50 \text{ Гц}$ ларни (4.9) формулага қўйиб ҳисобланади:

$$f_{max} = 0,9 \times (4/3) \times 625^2 \times (50/2) = 0,9 \cdot 13 \cdot 10^6 \text{ Гц} = 11,7 \text{ МГц}$$

Натижада, сатрма-сатр ёйишда f_{max} қиймати катта бўлиб ва бу видеосигнални канал орқали узатишда баъзи муаммоларни туғдиради.

Ёруғлик сигнали спектрининг айрим хусусиятларини кўриб чиқамиз. Биринчидан, частота ўсиши билан спектр таркибининг қуввати камая боради (иловадаги 40а-расм), яъни видеосигнал юқори частота таркибининг тебраниш оралиғи одатда катта эмас. Шу сабабли рангли телевидениеда видеоспектрнинг ана шу қисмида рангнинг пастки элтувчи частотаси жойлаштирилади, натижада ёруғлик сигналининг ранглилик сигналига таъсири сезиларсиз бўлади.

Видеосигнал спектри нозик тузилмаларини баҳолашга ҳаракат қилиб кўрамиз. Видеосигнал спектрини ёйиш қонунини ҳисобга олган ҳолда назарий таҳлилдан кўринадики, унинг спектри ўқтин-ўқтин (дискрет), гармоникаларининг таркиби, сатр такрорий частотасига каррали (иловадаги 40б-расм). Бу сатр частоталари атрофида вертикал ёйилиш (кадр) ва тасвир деталарининг ҳаракат тезлигига боғлиқ, амплитудаси катта бўлмаган сигналлар ён кенгликни ташкил қилади. Сатр частотасининг гармоникалари ён ташкил қилувчилари билан бирга, тасвир тўғрисида ахборот элитувчи дискрет қувват зонасини ташкил қилади.

Спектрининг бундай тароқсимон тузилганлиги видеосигнал таркибида икки ва ундан кўп шу каби сигналлар спектрини жойлаштириш имкониятини беради.

Кўшилувчи иккинчи дискрет спектрли сигнал биринчининг орасига жойлаштирилиб сигналлар бир алоқа канали орқали узатилиши ва қабул қилгандан сўнг қайта ажратилиши мумкин. Бу хусусиятдан рангли телевидениеда ва ТВ ўлчов қурилмаларида фойдаланилади.

Тасвирнинг бир хил кўринишида сатр частотанинг кўшни гармоникалари ён оралиғини йўқотиш мумкин. Сатрма-сатр ёйишда (иловадаги 40в-расм) кадрда сатрлар бутун сон ($f_z = Zf_n$)дан ташкил топган ва ҳар бир сатр ҳар кадрда қайтарилади. Натижада, сатр частота гармоникалар спектрини икки кўшни чизик оралиғи f_k бутун каррали сонга тенг бўлади.

Шунинг учун бир сатр юқори ён оралиқ гармоника чизиқлари ва кейинги сатр частотаси гармоникаси пастки ён оралиқ чизиқлари, спектр чизиқлари бириктирилганда бир-бири устига тушади.

Ҳаракатланувчи объектларни узатиш билан боғлиқ равшанлик сигнали спектрининг яна бир хусусиятини кўриб чиқамиз. Шунини таъкидлаш лозимки, равшанлик сигнали импульслари яқка ва такрорланувчи бўлиши мумкин. Импульс-симон сигналларнинг даврийлиги уни ёйиш принципи билан аниқланади. Агар ҳаракатсиз тасвир узатилаётган бўлса, сигнал даврийлиги кадр частотасининг такрорланиши ва қисман майдон частотасининг такрорланиши билан аниқланади. Ёйиш кетма-кет келувчи сатрлар орқали бажарилгани сабабли сигналга хос даврийлик сатрларни такрорланиш частотаси билан боғланган, бўлади.

Ҳаракатдаги объектлар тасвири узатилганда кейинги ҳар бир кадрнинг мазмуни олдингисидан жуда кам фарқ қилади. ТВ тасвир кадрларининг алмашиш тезлиги объектларнинг ҳаракат тезлигидан сезиларли катта бўлиб, бу эса сигнал ташкил этувчилари секин ўзгаришига олиб келади.

Объект тасвири сатр йўналиши бўйича v тезлигида ҳаракатланганда, сигналнинг даврий такрорланиши ўзгаришини кўриб чиқамиз. Бунда ёювчи худди ундан узоқлашаётган тасвирга етиб олгандек туюлади ва сигналнинг қайтарилиш даври сатр бўйича катталашади. Янги T'_z даври сатр даврига нисбати $T'_z/T_z = (\bar{I}v/v_x)^{-1}$ га тенг бўлди. Бунда v_x – сатр бўйича ёювчининг ўртача тезлиги. Сигналнинг такрорланиш частота f'_z ни сатр бўйича ёйиш частотасини f_z орқали ифодалаймиз

$$f'_z = f_z(\bar{I}v/v_x) = f_z z (1-v/v_x) \quad (4.10)$$

Агар объект тасвирининг нисбий энг катта тезлиги секундига $v_{max} = 2b$ деб ҳисобланса, бунда b – сатр узунлиги, унда ёйиш частотасидан сигнал частотасининг энг катта фарқланиши

$\Delta f_{max} = |f'_z - f_z|_{max} = f_z f_z (\bar{I} - v_{max}/v_x) - f_z v_{max}/v_x = 2zb f_z / zb f_z = 2\Gamma \zeta$ га тенг бўлади.

Бу ўзгаришлар, объектнинг ўртача ёруғлиги ўзгариши билан бир қаторда видеосигнал частоталари спектрини паст частотасини ташкил қилади. У 0 дан 2...3 Гц гача ораликда бўлади ва видеоканал орқали тўғридан-тўғри узатилмайди, билвосита усули билан сигнал қабул қилувчи тикланади.

Хулоса қилиб шуни айтиш лозимки, f_{max} ТВ тасвирнинг горизонтал (сатр бўйича) аниқлигини сўзсиз таъминлайди, чунки видеосигналнинг юқори частота таркиби узатилаётган объект тасвирининг майда деталари сифатини ва равшанликнинг ҳар хил сатҳларига ўтиш кескинлигини белгилайди. Шу билан бир қаторда, тасвирнинг вертикал бўйича аниқлиги фақат растрдаги сатрлар сони билан белгиланади.

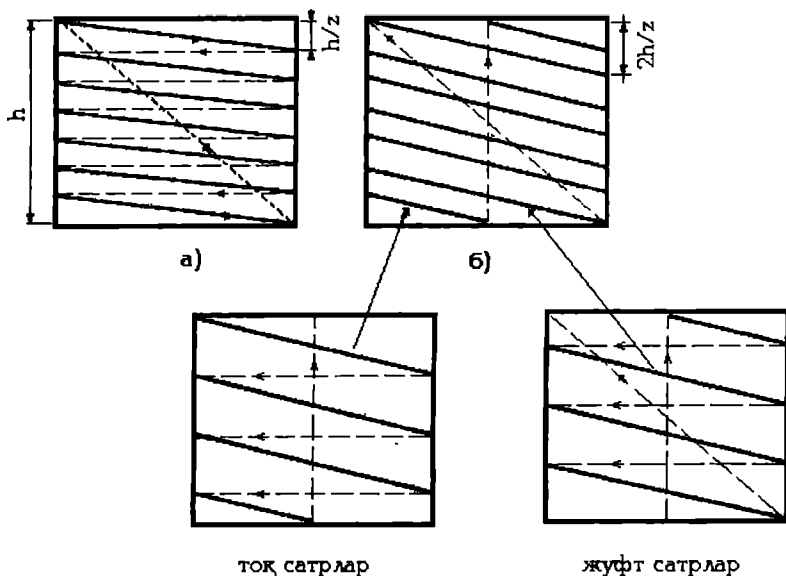
4.4.САТР ТАШЛАБ ЁЙИШ

Кинескоп пардасида милтилламасдан тасвирни тикланиши учун, кадр (майдон)ининг такрорланиши камида секундига 48...50 марта қайтарилиши керак. Ваҳоланки, объект ҳаракатини тасвирда яхлит тикланиши учун ҳаракат-нинг 13...16 фазасини узатиш кифоя. Бундан кўринадики стандарт кадрлар сони уч баробар ортиқ. Видеосигнал эгал-лайдиган спектрнинг частота кенглиги секундига узатиладиган кадрлар сонига тўғри мутаносиб ((4.8)-(4.9)) бўлгани сабабли кадрлар сонини чекланиши маъқул. Ортиқча ТВ кадрлар сони сатр ташлаб ёйиш усулини қўллаш билан камайтирилиши мумкин. Унинг моҳияти шундан иборатки, тасвирнинг тўлиқ кадри икки майдонга ажратилиб узатилади ва тикланади.

Биринчи майдон растрнинг тоқ сатрларидан, иккинчиси эса жуфт сатрларидан ташкил қилинади. Ҳар бир майдон растрнинг икки баробар камайтирилган сатрларидан ташкил топади ва узатилаётган тасвирнинг томошабин тиклайдиган ярим ахборотидан иборат.

Пириллаш критик частотаси амалда растрдаги сатрлар сонига етарли боғлиқ бўлмаганлиги сабабли, майдонни узатиш частотаси $f_{кр}$ га тенг ёки катта бўлиши тасвирнинг пирилламасдан тикланишини таъминлайди, бир вақтда ахборот узатиш тезлиги икки баробар камаяди. Мавжуд аксарият ТВ

кўрсатиш тизимлари майдонларнинг одатдаги частотаси 50Гц ва кадрларнинг частотаси 25Гц қилиб олинган.



41-расм. Сатр ташлаб ёйиш принципи:

а) $Z=7, f_k=50\text{Гц}, f_z=350\text{Гц}$ олинганда сатрма-сатр ёйиш; б) $Z=7, f_k=25\text{Гц}, f_n=50\text{Гц}, f_z=175\text{Гц}$ олинганда сатр ташлаб ёйиш.

Сатрма-сатр ёйиш жараёнини яна бир бор кузатиб чиқамиз. Ёювчи элемент доимий тезликда горизонтал йўналишда растрнинг сатрни чизади. Бир вақтда ёювчи элемент вертикал йўналиш бўйича силжийди. Натижада сатр чизиғи охирида кадр ромига нисбатан h/Z га оғади (41а-расмга қаранг). Сўнг ёювчи элемент тез сатр бошига қайтиб (орқага қайтиш давомийлигини ҳисобга олинмаганда), ёювчи элемент иккинчи сатр бошланиш ҳолатини қабул қилади.

Бошланғич сатрлар сони тоқ олинган деб фараз қилайлик ва горизонтал ёйилиши тезлиги икки баробар камайтирилган, у ҳолда ҳар бир майдонда бутун бўлмаган, икки баробар кам сатр

ҳосил бўлади (41б-расм). Биринчи ва иккинчи майдонлар ўртасида ярим сатрга фарқ бўлгани учун тўлиқ растрда улар бир-бирига нисбатан бир сатр кенглигига суриладилар, яъни иккинчи майдон сатрлари биринчисининг орасига жойлашади. Демак, вертикал ёйилишнинг икки даврида кадрнинг тўлиқ растри ташкил бўлади.

Шундай қилиб, сатр ташлаб ёйиш ёрдамида сатрлар сонини ва пириллаш частотасини доимий сақлаган ҳолда сатр бўйича ёйиш тезлигининг икки баробар камайишига эришилади, яъни ТВ ахборотни узатиш тезлиги ва у билан баробар тасвир сигнали юқори чегара частотасининг икки баробар камайишига эришилади. Натижада сигнал спектри $f_{min} = 50\text{Гц}$ дан $f_{max} \approx 6\text{МГц}$ гача частота кенглигини эгаллайди.

$$f_{max} = 0,9 \times ((4/3) \times 625^2 \times 25) / 2 \approx 6,0 \times 10^6 \text{ Гц}$$

Сатр ташлаб ёйишда ҳар бир сатр майдон ўтказиб қайтарилади ($f_z = Zf_k = (Z/2)f_n$), шунинг учун икки қўшни спектрал чизиқлар бутун сонли f_k сатр частота гармоникасини ташкил қилади. Сатр ташлаб ёйишда Z тоқ сон бўлгани сабабли f_k ҳам тоқ сон бўлади.

Сатр чизиқлари атрофидаги ён кенглик f_n вертикал ёйиш частотасига каррасимон боғлиқ бўлгани сабабли, қўшни сатр гармоникасини спектрлар ён чизиқлари бир-бирини бекитганда, улар устма-уст тушмайди (иловадаги 40г-расм). Шунга биноан сатр частота гармоникаларини оралиғи, бирини ташлаганда, f_k жуфт сонига тенг, яъни f_n бутун сон, чунки $f_n = 2f_k$ га тенг ва бу гармоникаларнинг спектр чизиқлари бир-бирини устига тушади.

Сатр ташлаб ёйишни шакллантириш учун қуйидаги шартларни бажариш талаб қилинади:

а) кадрда сатрлар соғи тоқ бўлиши керак, яъни $Z = 2m + 1$, бу ерда, m – бутун сон;

б) кадр ва сатр частоталари орасида қатъий боғланиш мавжуд бўлиши керак, бунинг учун $2f_z = Zf_n = (2m + 1)f_n$ шарт бажарилиши лозим.

Одатда, бу икки шарт бажарилиши учун бошқарувчи генератор частотаси $2f_z$ га тенг олинади ва бу частотани бўлиш натижасида горизонтал ҳам вертикал ёйиш частоталаридан шаклантирилади.

Кенг тарқалувчи ТВ тизимларида 2:1 ўлчамли сатр ташлаб ёйиш видеосигнал спектрини камайтириш мақсадида фойдаланилади. Умуман 3:1 ёки 4:1 ўлчамли сатр ташлаб ёйишни амалга ошириб сигнал спектори кенглигини қисқартиришни амалга ошириш мумкин. Бунда кадр уч ёки тўрт майдондан ташкил топган бўлади, бунда сатрлар кетма-кет тикланади. Бир қатор сабабларга биноан бундай ёйишда фойдаланилмайди. Жуфт (ёки ток) майдон қайтарилиш частотаси 12,5 Гц (4:1 даражада) тенг бўлганда, бир майдондаги сатрлар оралик бурчак ўлчами кўзни ажратиш минимал бурчагидан катталашгани сабабли сатрларнинг пириллаши сезиларли бўлиб қолади. Вертикал йўналишда ҳаракатланган катта нисбий тезликдаги объектлар тасвирини аниқлиги камаяди. Горизонтал йўналишда ҳаракатланаётган катта нисбий тезликдаги объектларнинг тасвирида вертикал чегараларнинг тикланиши ёмонлашади. Провардида, сатрларнинг сирпаниш эффекти юзага келади, бир кадр ичида сатрларнинг тепадан пастга силжиши кузатилади. Буни шундай изоҳлаш мумкин, тўртинчи майдоннинг бирор сатрини нур чизаётганда унинг равшанлиги максимал бўлсин. Шу вақтни ўзида учинчи, иккинчи ва биринчи майдонларда чизилган юқоридаги сатр равшанлиги пасайиб борувчи бўлса, вақт бўйича кетма-кет ҳар хил равшанликдаги ёришиш эффекти юзага келади, натижада сатр ҳаракати кузатилади. Бундай камчилик сатр ташлаб ёйишнинг ҳар бирида ҳам кузатилади, аммо 2:1 даражалигида кам кўзга ташланади.

Охириги йилларида телевизор экранининг ўлчами катталаниши, тасвирнинг равшанлиги, тиниқчилиги ва аниқчилиги сезиларли ошди. Бу шароитда сатр ташлаб ёйишнинг камчиликлари, майдон частотасида тасвирнинг пириллаши ва 25 Гц частотада жуфт (ёки ток) майдонда сатрларнинг пириллаши, ўзини кучли намоён этади. Юқори равшанликли кинескопларда тасвирни катта ташқи ёруғликда кузатилганда растрнинг пириллаши сезиларли бўлади. Агар томошабин

тасвирни қисқа масофадан кузатса, растрнинг пириллаши яна ҳам яққол кўзга ташланади. Чунки, катта кўриш бурчагида кўз тўрининг ёруғликка кам сусткаш бўлган четки худудлари иштирок этади.

Ҳарф-чизма маълумотлар экранда кузатилганда майдоннинг алоҳида сатрининг пириллаши тасвирнинг горизонтал чегараларида ва оққан қисмларида, яқин масофадан яхши кўзга ташланади. Бундай бузилишлар тасвирнинг вертикал бўйича реал аниқлигини камайтиради. Сифат жиҳатидан сатр-масатр ёйилган 625 сатрли тасвир сатр ташлаб ёйилган 900 сатрли тасвирга тўғри келади.

5. РАНГЛИ ТЕЛЕВИДЕНИЕ ТИЗИМИ ТУЗИЛИШИНING УМУМИЙ АСОСИ

Инсон кўзи ранг спектрнинг қизил, яшил ва кўк ташкил қилувчиларини алоҳида рецепторлар орқали қабул қилади. Телевидение, кўз тузилишидан аназа олган холда, тасвирни узатишда уч монохром тасвирга ажратиб уч сигнални шакл-лантиради. Тасвирни тиклашда эса, бу сигналлар орқали бир вақтда уч - қизил, яшил ва кўк ёруғлик нурларининг чакнаши юзага келтирилади. Кўз бу чакнашларни яхлит(кўшиб) қабул қилади ва реал рангли тасвирни тиклайди (кўради).

5.1. РАНГЛИ ТЕЛЕВИЗИОН ТАСВИР

Рангли тасвир олишнинг уч услуги маълум:

Биринчи услуб: объект тасвири уч монохром тасвирга кетма-кет усулда, ажратилади (иловадаги 42-расм) ва уларни сигналга айлантириб қабул қилувчига узатилади. Қабул қилувчи қурилмада монохром тасвирлар кетма-кет, узатилган тартибда ва белгиланган вақт оралиғида, тикланади. Кўз сусткашлиги ҳисобга олингани туфайли, уч монохром тасвир кўзда гўёки бир вақтда намоён бўлиб, бир-бирининг устига тушади ва яхлит тикланади. Натижада тасвир табиий рангларда жилоланади. Бунинг учун узатиладиган телевизион тасвирлар (кадрлар) сони оқ-қора тасвирга нисбатан уч баробар кўпаяди ва бир тасвир узатиш тезлиги 6-7 мсни ташкил этади. Натижада, бир секнд ичида узатиладиган маълумот уч баробар ошади, бу эса канал видеосигнал спектори кенглигини уч баробар ошириш демакдир. 42-расмда бундай тизимнинг умумий кўриниши келтирилган.

Иккинчи услуб: объект тасвири уч асосий ранг тасвирига бир вақтда оптик қурилма ёрдамида ажратилади (иловадаги 43-расм) ва улардан ҳосил бўлган сигнал қабул қилувчига узатилади. Қабул қилувчида уч монохрон тасвир бир вақтда

намойиш қилинади ва бу уч тасвир оптик қурилмалар ёрдамида бирлаштирилади (бир-бирининг устига туширилади).

Натижада рангларни адитив қўшилиши юзага келади ва тасвир табиий ўз рангларида тикланади. Кўз тасвирни табиий рангларда кўради. Бу тизимни ташкил қилиш учун ҳам уч телевизион канал ёки кенглиги оқ-қора телевидениега қараганда, уч баробар кенг бўлган бир канал керак бўлади. 43-расмда бундай тизимни умумий кўриниши келтирилган.

Учинчи услуб: объект тасвири сигналга айлантиришдан аввал рангли филтрлар ёрдамида оптик кодланади. Бу оптик тасвирдан олинган сигнал кучайтирилади ва декодловчи қурилмага узатилади. Декодер чиқишида алоҳида ёруғлик ва икки ранглилик сигналлари ажратиб олинади (иловадаги 44-расм). Қабул қилиш томонида бу сигналлар асосий ранг сигналларига айлантирилади ва тасвирни қайта тиклаш юқорида зикр қилинган икки усулни бири орқали амалга оширилади.

Кодловчи филтрда асосий рангларни жойлашиш тартиби Байер тузилиши номи билан маълум (иловадаги 45а-расм). Филтрларни бундай жойлаштириб рангли тасвир сигнаolini олиш биринчи услубга қараганда арзон ва ихчам бажарилади. Бундай тузилмаларни камчилиги кескин ажратиш қобилияти пасайиши (тўрт элемент (пиксел) орқали шаклланган синални бир нуктада тиклаш, ҳамма элементлар сигналидан равшанлик сигнаolini тиклашда артефактлар юзага келади ва рангларни аниқлиги пасаяди. Шунинг учун, турли алгоритмлар ёрдамида рангларни интерполяция қилиниб, етишмаётган ранглар қимматини топилади.

Рангларнинг интерполяция алгоритими қанчалик мукамал бўлмасин, барибир бу усул билан олинган тасвирни ажратиш қобилияти қизил ва кўк каналларда равшанлик ва яшил каналларникига қараганда, кам сезиларли бўлади (чунки яшил филтрлар қизил ва кўкка қараганда икки баробар кўп). Шунга қарамасдан тасвир аниқлигининг пасайиши сезилмайди, чунки кўзнинг бу рангларни сезиш қобилияти паст. Расмдан кўринадики, ўртача ҳар бир яшил пиксел рангларни интерполяция қилишда уни нафли ўлчами 1,5 баробар катталашади, қизил ва кўк рангларни пиксели 2 баробар катталашади (майдони бўйича

4 марта). Бундай филтърлар жойлаштиришни энг қизиғи шундаки, диагонал бўйича ажратиш қоблияти вертикал ва горизонталга қараганда 1,4 баробар юқори. Агар, бу субъектив омиллар эътиборга олинмаса, Байер филтърни мувоффақиятли тузилган деб қараш мумкин. Аммо:

– маҳсус ўтказилган тажрибалар шуни кўрсатдики, инсоннинг кўзи диагонал чизиқларга қараганда, горизонтал ва вертикал чизиқларга сезгирлиги юқори;

– инсонни атрофидаги кўп жисмларда горизонтал ва вертикал йўналиш бўйича жойлашган ташкил этувчилар сони кўпроқ.

Бу икки фактор муҳандисларни ўйлашга мажбур қилди, натижада Fujifilm томонидан камерадан олинган тасвир сифатини оширувчи ечим таклиф қилди. Биринчи Fujifilm томонидан критилган янгилик Байер тузилишдаги филтърни 45° бурди, натижада диагонал чизиқлари вертикал ва горизонтал ҳолатда жойлашди (иловадаги 45б-расм), бу йўналиш ўқида майдонлар кўпаяди. Иккинчи киритилган янгилик филтър элементларининг тўртбурчак шакли ўрнига олтибурчак шакли олинди, натижада ёруғликни қабул қилувчи уя юзаси катталашади ва сигнални шовқунга нисбати ошди, сезгирлиги кўтарилди.

45в-расмдан кўринадики, матрица тузилишини бундай ўзгартириш яшил ранг уячалари шакл самарасини оширди. Агар, квадрат шаклида пиксел ўлчами 1,5 x 1,5 тенг бўлса, янги кўринишда 1x2 тенглашади, бундан ташқари яшил ранг каналида интерполяция бажаришга талаб йўқолади.

Иккинчи салмоқли киритилган ўзгариш яшил ранг (G) ва қизил-кўк (R - B) ранглар горизонтал сатр ҳамда вертикал йўналишда мавжуд, натижада равшанлик (Y) сигналини ажратиш сезиларли осонлашди.

Асосий ранглардан тузилган филтърларда энергетик ютқизиш рўй беради, бу уларни спектрал тавсифлари кузатилганда яққол кўзга ташланади (иловадаги 46-расм). Шунинг учун асосий ранглар ўрнига қўшимча ранглар: сариқ ранг ($Ye = G + R$), ҳаво ранг ($Sy = G + B$) ва пурпур ранг ($Mg = R + B$) ишлатилади. Рангли филтърлар мазайкаси 45г-расмда

кўрсатилган кўринишда бажарилади. Албатта, бу ранглар орқали олинган тасвир уч асосий ранг орқали олинган тасвирдан ранг сифати бўйича пасаяди, лекин бу сезгирли даражада намоён бўлмайди.

Сигналларни шакллантириш зарядларни маълум тартибда ўқиш орқали бажарилади. Натижада тасвирнинг ҳар бир ташкил этувчиси учун жуфт ҳисоблар қуйидаги тартибда сигнал шаклида чиқади: тоқ сатрларда $(Mg + Cy)$, $(G + Ye)$, $(G + Ye)$ ва ҳ.к., ва жуфт сатрларда $(G + Cy)$, $(Mg + Ye)$, $(G + Cy)$, $(Mg + Ye)$ ва ҳ.к. Булардан кейинчалик равшанлик ва ранг сигналлари олинади. Тоқ сатрда равшанлик сигнали қуйидагича шакллантирилади:

$$Y = \frac{1}{2} [(G + Ye) + (Mg + Cy)] = \frac{1}{2} (2B + 3G + 2R) \quad (5.1)$$

Худди шу шаклда, яъни ҳисобларни вақт бўйича амалга ошириб ва уларни жуфт қўшиб қуйидагича олинади:

$$Y = \frac{1}{2} [(G + Cy) + (Mg + Ye)] = \frac{1}{2} (2B + 3G + 2R). \quad (5.2)$$

Тоқ сатрларда айирма ранг сигналлари қуйидагича олинади:

$$B - Y = [(G + Ye) - (Mg + Cy)] = -[2B - G] \quad (5.3)$$

Жуфт сатрларда вақт бўйича ушлаб туриб жуфтли ҳисоблар айрилади:

$$R - Y = [(Mg + Ye) - (G + Cy)] = [2R - G] \quad (5.4)$$

5.2. МОСЛАШТИРИЛГАН РАНГЛИ ТЕЛЕВИДЕНИЕ ТИЗИМИ

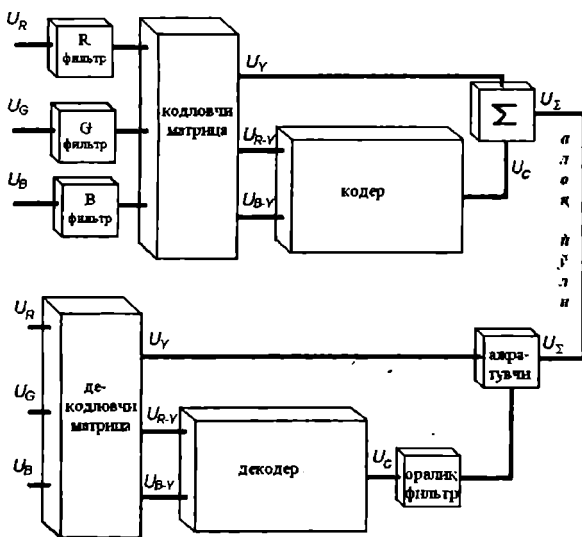
Рангли тасвирни сигналга айлантатириш ва сигналдан рангли тасвирни қайта тиклаш масаласи юқорида келтирилган усуллар билан амалга оширилади, лекин тизимда қўшимча яна бир масалани ечиш керак бўлади. Масалан, фойдаланиш учун қабул қилинган ёйиш стандартига мослаштирилган канал орқали (625 сатр ва 50 кадр стандартга биноан видеоканал кенглиги 6,5 ва 5,5 МГц; 525 сатр ва 60 кадр стандартга биноан видеоканал кенглиги 4,5 МГц) рангли тасвир сигналларини узатиш ва у сигналдан оқ-қора телевизорларда оқ-қора тасвир тиклаш мумкинлиги, рангли телевизорларда эса юқори сифатли рангли тасвирни тиклаш ва шунингдек, фақат равшанлик сигнали

узатишганда оқ-қора тасвир тиклаш имкониятини таъминлаш керак бўлади, яъни тизим мослаштирилган бўлиши шарт.

Дунё миқёсида буни амалга ошириш чорак аср вақтни олди ва уч мустақил мослаштирилган телевидение тизими юзага келди. Биринчи тизим 1953 йили АҚШда яратилди ва NTSC (National Television System Committee-Миллий телевизион тизим корпорацияси) номи билан аталади. Иккинчи тизим 1967 йили Франция ва собиқ СССР ҳамкорлигида яратилди ва SECAM (Sequentiel a memoire-кетма-кет хотира билан) ном билан аталади. Учинчи тизим 1966 йили Германияда ишлаб чиқилди ва PAL (Phase Alternation Line – сатрлаб фазаси ўзгарувчи) номи билан аталди.

Бирламчи рангли тасвир сигналларини (U_R , U_G , U_B) дастлаб, маълум кўринишга келтирилади, яъни алоҳида ёруғлик сигнали U_Y ва икки ранглилик (айирма ранг) сигнали U_{R-Y} ва U_{B-Y} шакллантирилади:

$$\begin{aligned} U_Y &= 0,30 U_R + 0,59 U_G + 0,11 U_B \\ U_{R-Y} &= 0,70 U_R - 0,59 U_G - 0,11 U_B \\ U_{B-Y} &= 0,89 U_B - 0,30 U_R - 0,59 U_G \end{aligned} \quad (5.5)$$



47-расм. Мослаштирилган рангли телевидение тизими.

Бундай сигналлар *таркиб сигналлар* деб аталади (иловадаги 49-г,д,е расм.). Учинчи ранглилик сигнали узатилмайди. U_{G-Y} ранглилик сигнали қабул қилингандан сўнг узатилган ранглар таркибидан қуйидагича ҳосил қилинади:

$$U_{G-Y} = -0,50953U_{R-Y} - 0,19515U_{B-Y} \quad (5.6)$$

Айрим ранглар учун кўзнинг ажратиш қобилияти суст. Амалий текширишлар шуни кўрсатдики, кўз жисмлардаги рангларни фақат йирик ажралган қисмларида уч таркибий асосда кўра олади, ранглар юзаси кичрайган сайин бу қонун ишламайди ва икки таркибли қонун ишга тушади.

Агар рангли юза кўзни ажратиш чегарасида ёки ундан паст бўлса, у ҳолда ранг тусини кўз илғамайди. Замонавий телевизион тизимлар яратишда шуни эътиборга олган ҳолда, ранглилик сигналлари спектрини икки ва ундан ҳам торайтирган ҳолда узатилади.

Бу торайтирилган ранглилик сигналлари ёруғлик сигнали таркибида, уни спектрини кенгайтирмасдан узатилади. Буни амалга ошириш видеосигнал спектрининг сидирға эмасли туфайли бажарилди (иловадаги 48-расм). Сигналларнинг бири-бирига ҳалақитини камайтириш мақсадида ранглилик сигнали спектрни юқори қисмига (чегарасига) яқин жойлаштирилди. Бунинг учун ранглилик сигналлари модуляцияланади (турли стандартларда модуляция тури ҳар хил. Бу услуб билан шакллантирилган сигнал *композит сигнал* деб аталади (иловадаги 49-ж расм.).

Сигнал қабул қилувчи қурилмада қабул қилинганидан сўнг, композит сигнал таркибидан икки ранглилик сигналлари U_{R-Y} , U_{B-Y} ажратилади, учинчиси эса улар орқали тикланади (5.6).

Уч айирма ранг сигналларидан уч асосий ранг сигналлари ажратиб олинади.

$$\begin{aligned} U_R &= U_{R-Y} + U_Y = (0,70U_R - 0,59U_G - 0,11U_B) + \\ &+ (0,30U_R + 0,59U_G + 0,11U_B) = U_R; \\ U_B &= U_{B-Y} + U_Y; \\ U_G &= U_{G-Y} + U_Y. \end{aligned} \quad (5.7)$$

Бу олинган уч ранг сигнали орқали рангли тасвир тикланади. Оқ-қора тасвир узатилганда ранглилик сигналлари табиий нолга тенг бўлади ва тасвир фақат ёруғлик сигнали орқали тикланади. Оқ-қора телевизорларда фақат ёруғлик сигнали орқали оқ-қора тасвир тикланади.

6. РАҚАМЛИ ТЕЛЕВИДЕНИЕ ТИЗИМИ ТУЗИЛИШИНING УМУМИЙ АСОСИ

6.1. УМУМИЙ ТУШУНЧАЛАР

ТВ сигнал шакли тасвир равшанлигининг ёйиш йўналиши бўйича ўзгариши қонуни ва унинг қийматини такрорлайди, яъни у тасвирнинг электр нусхаси – аналогидир. Шу сабабдан телевизион тизимларда узатиш, консервация қилиш ҳамда ишлов бериш учун аналог сигнали ишлатилганда у *аналог телевизор тизим* деб аталади.

Аналог сигнални энг асосий камчилиги унинг ташқи халақитлардан ёмон муҳофаза қилинганлиги, бунинг натижасида, телевизион трактнинг кўп сонли қурилмалари ҳар бирида шовқин ва бошқа халақитлар унга кучли таъсир кўрсатишидадир. Ҳозирги замон ТВ тизим ўта кўп сигнал ўзгартиргич ва узаткич қурилмалар занжиридан иборат, уларнинг сони телевидение юксалиши сайин кўпайиб бормоқда.

Тасвир сифати камайиши мураккаб занжирнинг ҳар бир қисмида юзага келади. Бунга сабаб сигнал ҳар қайси қурилмада, ҳар бир ўзгартиргичда халақитга дуч келади. ТВ сигнал аналог услубда кучайтирилганда ва унга ишлов берилганда, бу халақитлар йиғилиб боради. Табиийки, тизимда сигналга ишлов бериш ва қабул қилиб узатиш жараёни қанча кўп бўлса, халақитлар ҳам шунча кўп бўлади. Ўзгартириш сони чекланган бўлганда бузилишлар камаяди ва умумий бузилиш сезиларли таъсир кўрсатмайди.

Телевидение глобаллашган сайин ўзгартиришлар сони тез кўпаймоқда, узатувчи ва қабул қилувчи манзиллар оралиғи узаймоқда. Дастурни тасвирий бадийлаштириш учун ишлатиладиган видеоэффектлар тури ва сони кўпаймоқда, натижада булар қўшимча ўзгартиришни ва дастурни қўшимча монтажини талаб қилади. Бундай тизимларда асосий масала халақитлардан муҳофаза юзага чиқмоқда.

Бошқа алоқа соҳаларида маълум рақамли усул телевидениеда ишлатилиши тасвир сигналларини шакллантириш ва узатишда халақитлар туфайли юзага келган бузилишни камайтириш, шунингдек, бошқа қатор масалаларни ечишда қўл келмоқда. Шу сабабли охириги йилларда телевидение юксалишида асосий эътибор тўлиқ рақамга ўтишга қаратилган.

Телевидение рақамга ўтишда аниқ назарий асосга суянади ва рақамли сигнални узатиш мураккаб усуллар қўлланилиб амалга ошишини эътиборга олади. Сунъий шовқин ва халақитлар кучайди, алоқа каналлари шунчалик кўпайдики, уларни жойлаштириш муаммоси юзага келди, натижада каналлардан самарали фойдаланиш долзарб масалага айланди. Халақитлардан маълумотни ҳимоя қилиш ва каналдан самарали фойдаланиш учун сигналларни турли усуллар орқали шакллантириш ва ишлов бериш кенг қўллана бошланди. Шу сабабли, янги кўшимча тушунча ва атамаларни ўзлаштириш, шунингдек, алоқа назариясида ёритилган айрим маълумотларга мурожаат қилишга тўғри келади.

Рақамли алоқа тизимларига (РАТ) (DCS - digital communication system) талаб ошган сайин у ўзига кўпроқ эътиборни жалб қилмоқда, бунинг сабаблардан бири, аналог алоқада имконият бўлмаган сигналга ишлов бериш усуллари ишлатилишидир. Қабул қилишда асосий вазифа жўнатилган сигнални аниқ тиклаш эмас, балки шовқин таъсирида бузилган сигналдан қайси бир чекланган тўпландан узаткич орқали юборилган сигналлигини аниқлашдир. РАТ ни асосий кўрсаткичларидан бири, бу хатони эҳтимоллигидир.

Сигналнинг фақат икки ҳолатлилиги, сигнал тикланишини осонлаштиради, натижада узатиш жараёнида шовқин ёки бошқа халақитларни йиғилишига йўл қўйилмайди. Аналог сигнал, аксинча, икки ҳолатли эмас, у кўп ҳолатли - уни шакли чексиз ўзгариши мумкин ва олдиндан маълум эмас. Аналог каналда шовқин таниб бўлмас даражада сигнал шаклини ўзгартириб юбориши. Шовқинни йиғилиши аналог сигнал билан боғлиқлиги туфайли, сигнал ҳеч қачон бирламчи кўринишида тикланмайди. Рақамли технологияда хатони келиб чиқиш частотаси жуда паст ва уни устига хатоларни йўқотиш

усуллари мавжудлиги сигнални катта аниқликда тиклашга имкон беради. Турли сигналларни (маълумот, телеграф, телефон, аудио ва телевидение) узатиш ва коммута-циялаш бир хил, *ўхшаш*: бит- ҳаммаси учун бит. Бундан ташқари, коммутация ва ишлов бериш қулай бўлиши учун рақамли хабарни алоҳида гуруҳга ажратиб, автоном бирлик ташкил қилиш мумкин, улар *пакетлар* деб аталади. Рақамли технологияда интерференциядан ва сигнални йўқотишдан ҳимоя ёки махфийлаштириш ва шифровка қилиш нисбатан осон амалга оширилади.

Рақамли тизимда сигнални/шовқинга нисбати бирор чекланган поғонадан паст бўлса, хизмат кўрсатиш сифати жуда яхшидан жуда ёмон ҳолатга сакраб ўтади. Аналог тизимларда сифатни пасайиши равнороқ кечади.

50-расмда канал орқали юборилиши мумкин бўлган идеал импульс тасвирланган. Каналдаги сигналга асосан икки хил таъсир натижаси тузилади:

– биринчидан, реал каналлар ва йўлларнинг частота тавсифи идеал эмас, шу сабабли узатилган импульслар шакли бузилади;

– иккинчидан, каналдаги электр шовқин ва бошқа таъсирлар қўшимча импульс шаклини бузади.

Рақамли канал орқали узатилган импульсни у таниб бўлмас даражасига қадар ўзгармагунича қабул қилиб, рақамли кучайтиргич орқали импульс кучайтирилганда, уни бирламчи идеал шакли тикланади. Импульслар кетма-кетлиги асосида ахборот тўлиқ тикланади.

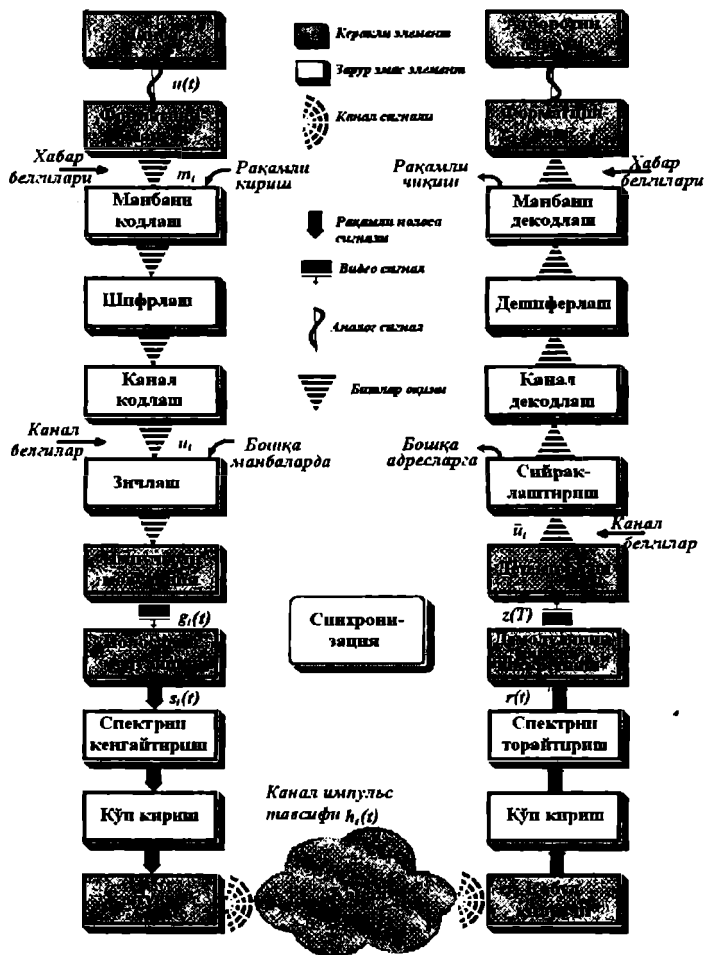
Кеча чекланган маънода ишлатиб келинган – «маълумот узатиш» атамаси мазмунан - «ўринсиз» атамага айланди, чунки рақамни узатишга ўтиш муносабати билан ҳамма маълум ахборотлар тури - овоз, рақамли маълумот, матнлар, факс ҳамда видеотасвирларни биргаликда узатиш имконияти туғилди. Маълумотни узатиш учун алоқа тизимида маҳаллий ва умумий тармоқдан фойдаланила бошланди. Натижада тармоқ ягоналашди, талаблар ўзгарди, назарий ва амалий билимлар бирлиги юзага келди.



50-расм. Импульсни узатишида бузилиши ва тикланиши.

Рақамли алоқа тизими намунавий функционал схемасига назар ташланг (иловадаги 51-расмда). Расмнинг чап вертикал бўйича жойлашган қисмида – **форматлаштириш, манбани кодлаш, шифрлаш, канал кодлаш, зичлаш, импульсли модуляция, полосали модуляция, спектрни кенгайтириш ва кўплаб кириш** – манбадан то узаткичгача бўлган йўлда сигнал айланишини акслантиради. Ўнг томонидаги блоклар тизими – қабул қилгичдан то ахборотни олувчигача бўлган йўлда сигнал айланиши тасвирланган бўлиб, у том маънода узатувчи тармоқни аксини ифодалайди. Алоқа икки томонли бўлганда, бу айланттирувчи блоклар ҳаммаси алоқани икки тарафида мавжуд. Унда модуляция ва демодуляция/детекторлаш биргаликда **модем** деб аталади.

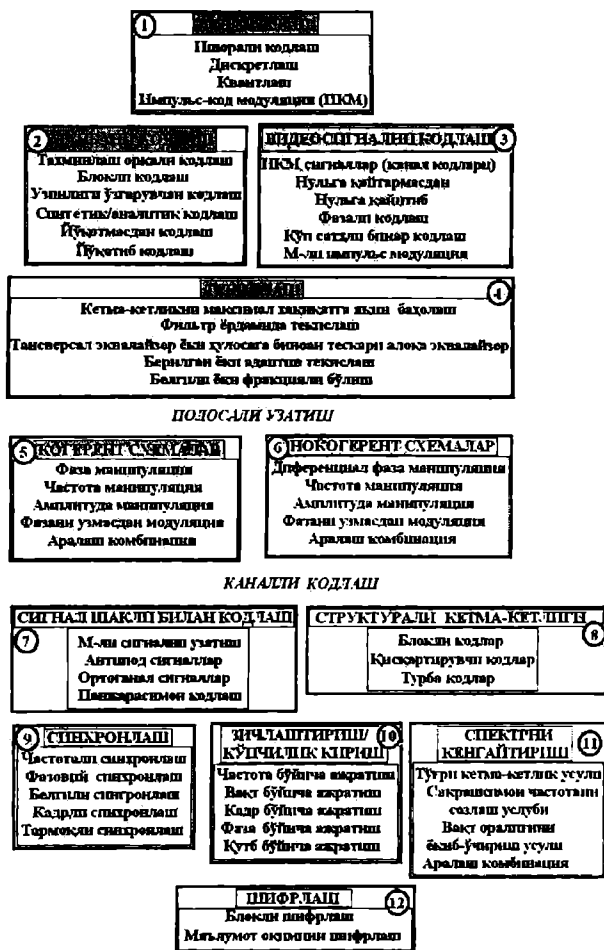
51-расмда келтирилган сигналларга ишлов бериш блоклар жойи айрим тизимларда ўзгариши мумкин. Масалан, зичлаштириш канал кодлашдан ёки модуляциядан аввал бажарилиши, шунингдек, икки этапли модуляциялашда (қуйи элитувчи ва элитувчи) – модуляциянинг икки босқич оралиғида бажарилиши мумкин. Шунингдек, частоталарни кенгайтирувчи турли жойда жойлашиши мумкин, уни аниқ жойи ишлатилаётган технологияга боғлиқ.



51-расм. Рақамли алоқа тизим намунавий функционал схемаси.

Синхронизация ва унинг асосий элементлари, РАТ ни ҳамма сигналга ишлов бериш бошқичларида ишлатилади. Схемани мураккаблаштирмаслик учун, уни алоҳида умумий ҳолда, кўрсатилган ва у амалда ҳамма блоklar билан боғланган.

Сигналларга ишлов бериш асосий хизматлари ўн икки гуруҳга бўлинган (52-расмда). Масалан, видеосигнални узатиш блокада ИКМ модуляция ёки чизикли кодлар ишлатилади, унга альтернатив бинар кодлар, шунингдек, бинар бўлмаган *M*-ли импульс модуляция сигналлар категорияси келтирилган.



52-расм. Сигналларга ишлов беришнинг асосий хизматлари.

Бир полосали сигналлар узатиш айлантиргичи, икки таркибга бўлинган, **когерент** ва **нокогерент**. Демодуляция одатда таянч синал ёрдамида бажарилади. Сигнал кўрсаткичларини ҳамма ахбороти ишлатилганда (айниқса, фазаси) демодуляция жараёни **когерент** деб аталади; фазаси тўғрисида ахборот ишлатилмаса, жараён **нокогерент** деб аталади.

Симсиз узатиш татбиқ қилинганда узаткич, частотани радиочастота ҳудудига кўтарувчи схемадан, қувват кучайтиргичидан ва антеннадан, қабул қилгич эса антеннадан ва кам шовқинли кучайтиргичдан ташкил топади. Частотани тескари-сига яна пасайтириш қабул қилгич чиқишида ва/ёки демодуляторда бажарилади.

6.1.1. РАҚАМЛИ АЛОҚА ТИЗИМИДА ИШЛАТИЛАДИГАН АСОСИЙ АТАМАЛАР

Форматлаш бирламчи ахборотни **битга** айлантириб, сигналга ишлов бериш ва ахборотни РАТга мослаштиришдир. Форматлаш чиқишидан то импульсли модуляция блокига ахборот **битлар оқими** кўринишида узатилади. Демак, **форматлаш** деб дискретлаш, кватлаш ва кодлаш тушунилади.

Модуляция – бу жараён орқали хабар белгилари ёки канал белгилари (агар канал кодлаш ишлатилса) маълумот узатиш канали талабини қондирувчи сигналга айлантирилади. Модуляцияни бир неча турлари мавжуд:

Импульсли модуляция – узатиш талаб қилинган ҳар бир белги, аввало, иккилик кўринишдан (кучланиш сатҳлари ноль ва бир-иккилик кўринишдан) видеосигналга (модуляцияланган сигналга) айлантирилиши керак. “**Видеосигнал**” **ёки наст-частотали сигнал** (base band signal) атамаси спектри доимий қийматдан (ёки унга яқин) то бирор-бир аниқ қийматда тувовчи (одатда бир неча мегагерцдан кўп бўлмаган), ўрта қиймати нолга тенг бўлмайдиган сигнални тушунилади (**эслатма**: бу видеосигнал – тасвир видеосигналига фақат бир қутублиги билангина ўхшаш).

Иккилик белгиларга ишлов бериш учун импульс-кодли модуляция ишлатилганда натижавий иккилик сигнали **ИКМ-**

сигнал деб аталади (**импульс – кодли модуляция** – pulse-code modulation (PCM)). ИКМ кодлашни бир неча тури мавжуд (6.5-параграфга қаранг); телефон алоқасига илова, уни **канал коди** деб атайдилар. Импульс-кодли модуляцияга, узатиш полосасини минималлаштириш мақсадида, **фильтр киритилган**.

Импульсли модуляцияни бинар бўлмаган белгиларга қўлланилганда ***М-ли импульсли модуляцияланган*** деб атайдилар. Бундай сигналларни бир неча турлари мавжуд (6.5-параграфда келтирилган) ва асосий эътибор **амплитуда-импульс модуляцияга** (pulse-amplitude modulation – PAM) қаратилган. Импульс модуляциядан сўнг, ҳар бир хабар белгиси ёки канал белгиси **полосали сигнал $g_i(t)$** шаклини олади. Импульс модуляциядан олдин келувчи, ҳар қандай битлар оқими электрон кўринишда татбиқ қилинганда, кучланиш сатҳини ифодалайди.

Савол туғилиши мумкин, нима учун алоҳида импульс модуляция блоки мавжуд, ваҳоланки, ноль ва бир иккилик кучланиш сатҳи ва уларнинг ҳар бирини давомийлиги ўзи, бир битни узатиш вақтига тенг идеал тўғри бурчакли импульс эмасми? Бундай сатҳ кучланиши ва модуляция учун ишлатиладиган видеосигнал ўртасида иккита муҳим фарқ мавжуд. Биринчидан, импульсли модуляция блоки бинар ва *М-ли* сигналларни ишлатишга имкон беради. Иккинчидан, импульс модуляцияда ишлатилган **фильтрлаш**, бир бит давомийлигидан катта бўлган импульсни шакллантиради. Демак, **фильтрлашдан сўнг катта давомийлик импульслар олинади**; бундай импульслар қўшни узатилаётган битлар вақт оралиғига кенгайди. Бу жараёни, айрим ҳолларда, ***импульсни шакллантириш*** деб атайдилар; улар узатиш полосасини бирор белгиланган спектр ҳудудида ушлаб туриш учун қўлланади.

Радиочастота диапазонида узатиш тизимининг кейинги муҳим босқичи, бу ***полосали модуляция (band pass modulation)***; у, импульс шакли сигналларни тарқатишда муҳит қувватламаганида доимий керак. Бундай ҳолларда муҳит **$s_i(t)$** сигнал полосасини талаб қилади. ***“Полосали” (band pass)*** атамаси **$g_i(t)$** видеосигнални элитувчи тўлқин спектр таркибидан жуда катта бўлган частота билан силжитишни акслантириш учун ишла-

тилади. $s_i(t)$ сигнал канал орқали ўтади, бунда каналнинг чиқиш ва кириш билан алоқаси тўлиқ канал импульс тавсифи $h_i(t)$ орқали аниқланади. Бундан ташқари, маршрутнинг ҳар хил нуқталарида шовқин таъсирида сигнал бузилиши кузатилади, натижада қабул қилгич киришидаги $r(t)$ сигнал, узатилган $s_i(t)$ сигналдан фарқланади:

$$r(t) = s_i(t) * h_i(t) + h(t) \quad i = 1, \dots, M, \quad (6.1)$$

бу ерда, «*» – йиғиштириш(свертки) операцияси; $h(t)$ – эҳтимол жараён.

Қабул қилувчи қурилманинг кириш каскадида ва/ёки демодуляторда қабул қилинган $r(t)$ сигнаlining ҳар бирини частотаси пасайтирилади. Детекторлашга тайёрлаш мақсадида демодулятор $r(t)$ сигнаlinи видеосигнал оптимал эгилувчиси $z(t)$ кўринишида тиклайди. Қабул қилгич ва демодулятор билан бир неча фильтр боғлиқ – юқори частотали кераксиз таркибини йўқотиш ва импульсни шаклантириш (полосали сигнални видеосигналга айлантиришда) учун филтрлаш бажарилади. Демодуляторда (ёки модулятордан сўнг) ишлатилган, каналда мавжуд сигнал сифатини пасайтирувчи ҳамма эффектларни текислашни ҳам филтрлашни бир кўриниши сифатида қараш мумкин. Агар канални импульс тавсифи $h_i(t)$ шунчалик ёмон бўлиб, у қабул қилинган сигнални кучли бузса *текислаш (equalization)* ишлатилади. Эквалайзер (текисловчи қурилма) $h_i(t)$ идеал бўлмаган кўриниши туфайли юзага келган сигналнинг ҳамма бузилишни тузатишга (йўқотиш ёки камайтириш) мўлжалланган, ва сўнгги, дискретлаш босқичида шаклланган $z(t)$ импульс, u_i канал белгисини ёки m_i хабар белгисини (агар, канал коди ишлатилмаса) тахминан тиклаш учун, уни $z(T)$ ҳисоб (танлов)га айлантиради.

Айрим ҳолларда, бир хил авторлар “демодуляция” ва “детекторлар” атамаларини синоним сифатида ишлатадилар. Ушбу китобда *демодуляция (demodulation)* сигнал (полосали импульс) тикланишини, *детекторлаш (detection)* шу сигнални рақамли қийматига нисбатан қабул қилинган ечимини тушунамиз.

Модемдаги бошқа келтирилган блоклар сигналларига ишлов бериш зарур эмас ва улар махсус талабларни қондиришга қаратилган.

Манбани кодлаш (source coding) – бу аналог сигнални рақамлига айлантириш (аналог манбалар учун) ва ахборотнинг ортиқчасини йўқотиш. Шунини таъкидлаш лозимки, РАТ намунавий тизимда, ёки манбани кодлаш (ахборотни рақамлаштириш ва сиқиш), ёки оддийроқ форматлаштириш (фақат рақамлаштириш) ишлатилади. Тизимда бир вақтда ҳам форматлаш, ҳам манбани кодлаш ишлатилмайди, чунки биринчи ахборотни рақамлаштириш ҳамма босқичларини ўз ичига олади.

Шифрлаш, алоқани махфийлигини таъминлайди, рухсат этилмаган истеъмолчига хабарни тушуниб олишига ва қўшимча ёлғон хабарларни киритишга йўл қўймайди.

Канал кодлаш (channel coding), узатиладиган маълумот ушбу узатиш тезлигида хатога эҳтимоллиги P_E ни ёки сигнал/шовқин нисбатини камайтиради; керакли P_E эҳтимолликни олиш учун узатиш полосани кенгайтириш ёки декодерни мураккаблаштириш эвазига эришилади.

Зичлаштириш (multiplexing) ва **кўпчилик фойдаланиш (multiple access)** процедураси, алоқа имконияти (масалан: спектрдан, вақтдан) бир қисмидан биргаликда фойдаланиш учун, турли тавсифли ёки турли манбалардан тушувчи сигналлар бирлаштирилади.

Частотани кенгайтириш (frequency spreading) шундай сигнал бериши мумкинки, у интерференциядан (ҳам табиий ва ҳам атайлаб юзага келтирилган) зарар кўрмайди ва алоқа сеансини конфиденциялигини кўтаради. Бу шунингдек, кўпчилик фойдаланувчи тизимда бебаҳо технологиядир.

Ахборот манбаи (information source) – РАТ орқали ахборотни узатувчи қурилма. Ахборот манбаи аналог ва дискрет бўлиши мумкин. Аналог манба чиқишида узлуксиз, бирор амплитуда диапазон ичида хоҳлаган қийматга эга, дискрет манба чиқишида эса ахборот кўплик амплитуда асосидан иборат. Аналог ахборот манбаи **дискретлаш ва квантлаш** орқали рақамли ахборотга айлантирилади. Дискрет

ретлаш ва қвантлаш услублари *манбани форматлаш ва кодлаш* деб аталади.

Текст (ёзув) хабар (textual message) – белгилар кетма-кетлиги (53а-расм). Маълумотни рақамли узатилганда, у алфавит ёки белгилар асос тўпламига тегишли рақам ва белгилар кетма-кетлигини ташкил қилади.

Ишора (character) – белгилар тўплами ёки алфавит элементи (53б-расм). Ишоралар иккилик белгилар кетма-кетлигидан иборат бўлиши мумкин. Ишораларни кодлаш учун ишлатиладиган бир неча стандартланган кодлар мавжуд, улар қаторида *ASCII коди* (American Standard Code for Information Interchange—Ахборот билан алмашиш учун Америка стандарт коди), *EBCDIC коди* (Extended Binary Coded Decimal Interchange Code – ахборот билан алмашиш иккилик кенгайтирилган код), *Холлерит коди* (Hollerith), *Бод коди* (Baudot code), *Мурре коди* (Murray code) ва *Морзе коди* (алифбоси) (Morse code).

Иккилик рақам (binary digit) (бит-bit) – ҳамма рақамли тизим учун фундаментал ахборот бирлиги. “*Бит*” атамаси, шунингдек, ахборот ҳажми бирлиги сифатида ишлатилади.

HOW ARE YOU? ИШИ ҚАЛАЙ?
 *) ОК ЯХШИ
 S9 567 216,73

а)
 9
 &



г) 1 Шъазълик белги (k = 1, M = 2)
 10 Тўртлик белги (k = 2, M = 4)
 011 Сакъзълик белги (k = 3, M = 8)



53-расм. Атамаларни намоён этиш. а) матн (ёзув) хабар; б) белгилар; в) битлар оқими (7-битли ASCII коди); г) белгилар m ; ($i=1, \dots, M$), $M = 2^k$; д) полосали рақамли сигнал $s_i(t)$, $i=1, \dots, M$.

Битлар оқими (bit stream) – иккилик рақамлар кетма-кетлиги (ноль ва бир). Юқорида айтилганга биноан, **битлар оқими – видеосигнал ёки пастчастотали сигнал**; етти битли ASCII коди ишлатилиб, «HOW» хабарни 53в-расмда келтирилган, битлар оқими эса икки сатҳли импульс кўринишида берилган. Бу кетма-кетлик ниҳоятда аниқ кўринишда, оралиқлари билан тасвирланган (идеал тўртбурчак шаклда). Реал тизимларда ҳеч қачон бу кўринишда учрамайди, ундаги оралиқлар умуман бефойдадир. Бундай тезликда маълумот узатишда оралиқлар узатиш учун керак бўлган полосалар кенглигини оширади; ёки полоса кенглигида хабарни қабул қилиш керак бўлган вақтни кечиктиради.

Белги (symbol) (рақамли хабар) (digital message) – бу, яхлит бирлик, k битдан иборат гуруҳ. Бундан кейин m_i ($i = 1, \dots, M$) белги ёки алфавит аниқ тўплам блоки **хабар белгиси (message symbol)** деб атаймиз. Алфавит ўлчами $M = 2^k$ тенг, бу ерда k - белгидаги битлар сони. **Паст частотали (base band)** узатишда ҳар бир m_i белгилар $g_1(t), g_2(t), \dots, g_M(t)$ видео-импульслар тўпламини ташкил қилади. Айрим ҳолларда, импульслар кетма-кетлигини узатишда, узатиш тезлигини ифода-далаш учун **бод (baud)** бирлиги ишлатилади. **Намунавий полосали (band pass)** узатиш учун ҳар бир импульс $g_i(t)$ полосали импульс сигналлар $s_1(t), s_2(t), \dots, s_M(t)$ тўпламининг бирини ташкил қилади. Шундай қилиб, симсиз тизимларда m_i белги, $s_i(t)$ рақамли сигнални T секунд давомида узатиш орқали жўнатилади (T - белгилар давомийлиги). Кейинги белги, ундан сўнги T вақт оралиғида жўнатилади. РАТ узатиладиган белгилар тўплами чекли ва бу аналог алоқага қараганда асосий фарқдир. РАТ да қабул қилгич ҳаммаси бўлиб, фақат қайси бир, мумкин бўлган M сигнал аниқлаши керак; аналог қабул қилгичда эса тўхтовсиз сигналлар диапозонига тегишли, уни аниқ қимматини аниқлаши лозим.

Рақамли сигнал (digital waveform) – рақамли белгини кўрсатувчи сатҳни, кучланишни ёки ток кучини таърифловчи сигнал (импульс – паст частотали узатиш учун ёки синусоид – полосали узатиш учун). Сигнал таърифи (импульс учун-амплитуда, давомийлиги ва ҳолати ёки синусоидал учун-

амплитуда, фаза ва частота) белгиларни чекли алфавити ичида қайси бирлигини аниқ билдиради. 52д-расмда полосавий рақамли сигналга мисол келтирилган. Сигнал аналог кўринишда, синусоидал шунга қарамасдан у рақамли, чунки рақамли ахборотни кодлайди. Ушбу расмда ҳар бир T вақт оралиғида аниқ бир частотали сигнал узатилади.

Маълумот узатиш тезлиги (data rate) – бу қиймат секундига жўнатилган бит (бит/с), у қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$R = k/T = (1/T)\log_2 M \text{ (бит/с)} \quad (6.2)$$

бу ерда, k бит $M=2^k$ белгили алфавитдан аниқланади; T - k битли белгини давомийлиги.

Бундай имкониятдан тўлиқ фойдаланиш учун биринчи навбатда рақамни узатиш тезлигига ҳалақит қилувчи воситаларни тушунишга ҳаракат қиламиз.

Шовқин ҳам алоқа назариясида маълум маънога эга. Уни бирор сигнал ўрнида қабул қилиш ва у узатилаётган хабарга ҳалақит қилиши мумкин. Масалан, икки суҳбатлашаётган кишилар учун, мусиқа садоси, у қандайлигидан қатъи назар, ҳалақит қилувчи бўлиши мумкин.

Алоқа канали, шовқин муаммосидан ташқари, белгланган мақсадни қондирувчи етарли сигимли бўлиши керак. Буни албатта, оғзаки нутқда ўз-ўзидан тушуниш қийин, чунки унда асосий масала сўзни аниқлиги (тушунарлиги) дур, маълумотни узатишда эса бу асосий масалалардан.

6.2. МАЪЛУМОТ УЗАТИШНИНГ МОҲИЯТИ

6.2.1. МАЪЛУМОТ ВА АХБОРОТ

Маълумот, у рақам ёки ҳарф бўлмасин, ҳар қандай формал ифора каби унга маъно ўзлаштирилган.

Ахборот, алоқа назариясида бир неча маънога эга. Қадим замондан «ахборот» атамаси – *тушунтириш, баён қилиш, изоҳлаб бериш* жараёнини англатади. Профессор Буаде таърифича: ахборот тушунчаси “*ушбу предмет тўғрисида бизнинг*

билимимиздаги номаълумлик даражасини камайтирувчи ҳамма нарса” ахборотни олиш учун ундан хабардор бўлиш керак. Бунинг учун ахборот, уни ташкил қилувчи сигналга айлантирилади. Сигнал алоқа каналлари орқали қабул қилувига узатилади. Бу узатилган сигнал, албатта қабул қилувчи учун тушунарли, маълум қийматли бўлиши керак. Ахборот деб объектни ва жараённи ўзини ёки уларнинг хусусиятини эмас, балки намоён қилувчи предметлар, жараёнлар тавсифи, уларни акслантирувчи ёки акс эттирувчи сон, тенглама, чизма, белгилар ва бошқа абстракт тавсифлар кўриниши тушунилади. Ахборот назарияси турли соҳаларда қўлланилади, Шу сабабли ҳамма фанлар учун ягона “ахборот” тушунчаси мавжуд эмас. Алоқа мутахассислари учун, ахборот- маълумот, бу узатиш ва ишлов бериш объектidir. Алоқа ахборот тизими икки тизимчалардан ташкил топган: ахборотни узатиш ва ишлов бериш. Ахборотни узатиш дейилганда, фақат ахборот ифода қилинган хабарнинг шакли кўзда тутилади. Ахборот узатиш техникасининг юксалиши сигналларни узатиш назарияси юксалиши билан боғлиқ, модомики ахборот тўғридан-тўғри узатилмайди, узатиш мақсади учун у сигналларга айлантирилади. XX асрнинг 40-йилларида К.Шеннон томонидан киритилган ахборот сонини ўлчаш кейинчалик «Ахборот назария»сини мустақил йўналиш сифатида шаклланишига олиб келди. Параллел В.А. Котельников ва А. Найквист ишлари бошқа илмий йўналишни – халақитбардошлик назариясини юксалтираборди. Ахборот назарияси ўртача узатиш тезлигини максималлаштириш масалаларини ечиш билан шуғулланган бўлса, халақитбардошлик назариясини асосий масаласи қабул қилинган хабар энг юқори ҳақиқатга яқинлигини таъминловчи узатиш ва қабул қилишни қидириб топиш устида иш олиб борди. Бу икки масала, умуман олганда, бир жараённинг икки томони: узатиш ва қабул қилишда ахборотга ишлов бериш жараёнларидир.

Ахборотни узатиш тизими учун, ахборот тикловчисининг физик моҳияти муҳим. Бу белги орқали ахборот эшитиш, кўриш ва “машина” бўлиниши мумкин. Ахборотни масофага узатиш учун шу ахборотни сақловчи хабарни узатиш керак. Бунинг учун хабар сигналга айлантирилади.

Маълумот узатишни, бирор физик муҳит орқали хабарни ҳаракатини тушунамиз. Шундай қилиб, ўтказувчи орқали узатилган электр сигналлари, бўшлиқда тарқалган радиотўлқин, оптик тола орқали узатилган оптик сигнал, бўшлиқ орқали узатилган иссиқлик ва инфрақизил сигналлар физик муҳитдир.

Алоқа маълумотларини узатиш, маълумотни узатишга қараганда кенгроқ маънони билдиради ва электр сигнални узатишдан ташқари, бошқа кўп факторларни қамраб олади. Алоқага асосланган, компьютер тизимларида бошқариш, назорат ва созлаш ахборотларини ҳаракатини ўз ичига олади.

Масалан, у узатиш физик занжирини; алоқа маълумотларини узатиш хизмати учун керакли конструкция таркиби ва матн билан таъминлаш; хатони топиш ва тўғрилаш тадбирлари; истеъмолчининг жиҳозларини узатиш тармоғига улашга керакли стандарт интерфейслар; ва ахборотни тартибни таъминловчи қатор қоида ёки протоколларни ўз ичига олади. Рақамли электрон компьютерлар қуввати жуда содда масалаларни, ўта катта тезликда ечиши билан аниқланади. Компьютерга маълумотлар мантиқий ва соддалаштирилган бинар рақамлар (0,1 бинар қарама-қаршилиги) кўринишда жойлаштирилади. Бинар рақамлар ёки битлар математик 0 ва 1, электроникада икки турли +Ve ва -Ve, ёқилган ёки ўчирилган (он ёки off) ҳолатда ахборот миқдори ифодаланади. Компьютер тизимида бинар нотация ишлатилиши алфавит ва сон таърифларини (ҳарфлар ва рақамлар) бинар нотацияга конвертация қилиш учун кодлар тизимини юксалишига сабабчи бўлди. Натижада маълумотлар ва ахборотларни инсон осон таниб оладиган рақамли ахборот шаклига айлантириш имкони туғилди ва бунинг учун фақат тўрт бинар рақам, алфавит (ҳарф)ни ифодалаш учун эса қўшимча яна икки бит етарли

**Хотима:* Байт—бинар рақамлар гуруҳларининг кетма-кетлиги, компьютерда ишлатилувчи бирликдир. Саккиз (8) битли байт ҳаётдаги ҳолат бўлсада, байтда битлар сони компьютер ишлаб чиқарилишига қараб байтда битлар сони 16 гача ёки 32 гача ўзгартирилиши мумкин.

бўлди. Рақам ва алфавит узатиш таърифини тўлиқ берувчи кодлаш тизими, бинар ўнлик кодлар тизими бўлиб, у ўттиз олти (36) кўрсаткичга эга.

Маълумот узатиш учун одатда кенгайтирилган тизим таърифи танлаб олинади. Қўшимча ҳарфлар, рақамлар ва имло белгилари ва ҳ.к., бошқариш учун ортикча таърифлар талаб этилади. Булар, маълумотларни узатиш назорати, жўнатиш шаклини ташкил қилиш, алоқа йўли билан боғланган ёқиш ва ўчириш алоҳида ахборот ва қурилмалар.

Кенгайтирилган ўнлик бинар ўзаро алмашув коди (EBCDIC), BCD кодни кенгайтирилганидир ва олти (6) ўрнига саккиз (8) бит ишлатилади. Бу кодни кўп сонли турли таърифланиш талаб қилинганда ишлатиш тавсия этилади. Гарчи, фақат бир юз тўққиз (109) мустақил қиймат мавжуд бўлсада, у 256 (2^8) гача кенгайиши мумкин. Айрим компьютерларда код асосан саккиз бит «байт»ни узатиш қўлланилади ва узатувчи код ва компьютерда қўлланувчи кодни конверция этишдан воз кечиш имконини беради.

Бутун дунё бўйича маълумотларни кодлаб узатиш ёйилгани сабабли, уни стандартлашга ҳаракат қилинди. Аппарат ишлаб чиқарувчи турли корхоналар ва давлатлар ўртасида юзага келган бу муаммони ҳал қилишда телеграф ва телефон халқаро маслаҳат комитети (CCITT), миллий ташкилот ва халқаро стандартлаш ташкилотлари кўп жонбозлик кўрсатдилар.

Халқаро №5 алфавит (IA5) етти битли коддир, у замонавий мураккаб телеграф алоқаси, шунингдек, маълумот узатиш талабини қондириш учун ишлаб чиқилган. Янги алфавит, ахборот алмашиш америка стандарти (ASCII)дан келиб чиққан. Уни CCITT ва ISO ларда қўшимча ишлов берилиб ва сўнг рацификацияланган. Аммо ҳар қандай стандартлантириш, бу энгликка тўсиқ, CCITT ва ISO бунини тан олади ва IA5 код шу маънода айрим чегара доирасида истеъмолчиларга имконият туғдириб, кодни нормал, шартдан махсус кўрсаткичлар ишлатиб, чегарадан чиқиш имкониятини беради.

Компьютер асосида маълумот узатувчи бир қатор тизимлар аввал қабул қилинган телеграф кодидан фойдаланади. Телеграфияда содда текстларни узатиш устун туради ва

маълумот узатишга нисбатан кам белги талаб қилади. Ўнлик рақамларни ва алфавит ҳарфларни узатиш учун эса алоҳида символлар (белгилар) (камида 36 символ) мавжуд бўлиши керак.

Имло ва оралиқ белгилари сўзлар ёки символлар комбинациясида берилиши мумкин, лекин бу оператор ва ўқувчи (қабул қилувчи) учун қўшимча қийинчилик туғдиради ва толиқтиради. Амалда бунинг ва бошқа мақсадлар учун қўшимча символлар киритилган. Халқаро электралоқа иттифоқи (ITU) тасдиқлагандан, телеграфияда кенг қўлланиладиган, халқаро №2 алфавит (IA2) 5 битли код ёки алфавитдан иборат.

Икки ҳолатли коддан олиш мумкин бўлган, турли символлар (белгилар) қатори, нормага биноан 2^n тенгдир. Бу ерда n –коддаги бирликлар сони. Бунда, 2^5 белги учун 5 бирлиги етарли, натижада 32 ташкил қилади. Одатда, IA2 кодини кенгайтириш учун икки «сурилувчи» белги ишлатилади. «Рақам» тугмаларини босиш орқали ўқувчига (қабул қилувчига) юборилган сигнал, ундан келувчи символлар «рақамлар»ни ёки бошқа, қўшимча символларни англатади. Шу каби «харф» тугмаларини босилганда ундан келувчи символлар ҳарфлигини ёки бошқа «бирлик» белгилигини англатади. Шундай қилиб, IA2 коди 52 графика (яъни босма бўлаоладиган) белгини тақдим қилаолади, икки, 3 функцияли шрифт (харф) ва икки тарқалмайдиган белгилар мавжуд.

6.2.1.1.Кодларнинг самарадорлиги

Икки ҳолатли кодлар нафлилиги қуйидаги ифода орқали аниқланади:

$$E = \frac{\log_2 N}{M} 100\% \quad (6.3)$$

бу ерда, E –коднинг нафлиги; N –талаб этилган белгилар ёки ишоралар сони; M –коддаги битлар сони.

Фараз қилайлик, маълум бирор вазиятда 64 ҳар хил ишора ва етти битли код ишлатилган. У ҳолда юқоридаги тенгламадан фойдаланиб кодлар нафлигини аниқлаш мумкин, яъни

$$E = (6/7)100 = 86\%$$

Агар 8 битли код ишлатилса, унда нафлилик 6/8 ёки 75% ташкил қилади. Бу ҳисоб-китобларга биноан, қуйидаги хулосага келамиз: - IA2 турдаги «ҳарфлар» ва «рақамлар» уланиб-узилувчи телеграф коди энг нафли экан. IA2 фақат бешта бирламчи коддан иборат, шунга қарамасдан у 55 турли символларни тақдим этади. Агар, бу символларни ҳаммаси ишлатилади деб фараз қилсак, нафлилик тахминан 116% кўтарилади. Шунини эсда тутиш лозимки, нафли билан, тизимдан фойдаланиш осонлиги, яъни операторга маъқул ва талаб этилган символлар етарли бўлишини таъминловчи оддий ҳолатларда, улар ўртасидаги тенглик бўлиши керак. Охириги икки кўрсаткич борган сайин биринчи ўринга ўтгани сабабли IA2, бугун IA5 алмаштирилмоқда.

6.2.2. СТАТИСТИК ЭХТИМОЛЛИК ЁРДАМИДА АХБОРОТНИ КОДЛАШ ВА СИҚИШ

Узатиладиган ахборотлар сонини тобора ўсиши туфайли, узатшга харажатни камайтириш учун яна ҳам кодлаш нафлигини ошириш йўлини излашга ундайди. Бу йўналишда бугун етарли ютуқларга эришилган ва бу ютуқларга эришишда киритилган янгиликка тўхталиш жоиздир – видеосигналларни узатиш учун талаб этилган частоталар полосасини камбарлигини таъминлаш учун ахборотни сиқиш механизими ишлатилади.

Қўлланган технология код диаграммасини ишлатишга асосланган бўлиб, у ҳолатни статистик эҳтимоллигини ёки фақат айрим қайсидир маънода муҳим бўлмаган ахборотни узатиш имкониятидан воз кечишни акслантиради. Буларга мисол қилиб босма текисдаги оралик ва маълум, ажратилган вақт ичида видеотасвирда ўзгармайдиган қисмларини кўрсатиш мумкин.

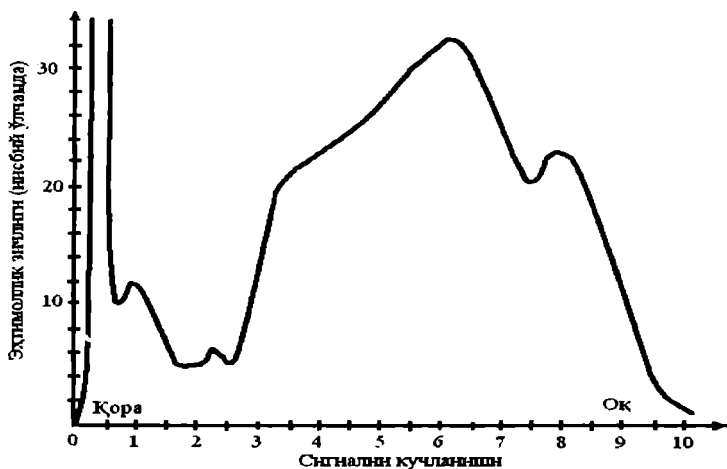
Типик телевизион сигналларда ахборот ортиқчалигини ҳисоблаб чиқиш, сўнг частота полосасини қисқартириш имкониятини аниқлаш учун, сигнални статистик тавсифини амалда аниқлаш керак. Икки асосий тавсиф мавжуд: авто-

корреляция функцияси ва эҳтимолликни тўғри ва тесқари таралиш функцияси.

Сатр бўйича телевизион тасвирни элементлар орасидаги автокорреляция, сатрдан-сатрга (сатрга перпендикуляр) элементлар орасидаги автокорреляциядан жуда оз фарқ қилади. Мураккаб тасвирларда, кўп майда деталлардан иборат, корреляция пасаяди. Мураккаб тасвир қўшни элементлари орасидаги автокорреляция жуда юқори – бирга яқин.

Телевизион сигналда автокорреляцияни юқорилиги тасвирнинг қўшни элементлари орасида етарли статистик алоқ мавжудлигини билдиради, яъни ахборотда кўп ортиқчалик борлигини кўрсатади.

54-расмда телевизион сигнал сатҳини эҳтимоллик зичлиги таралишини типик кўриниши келтирилган. Қора сатҳ атрофида эгри чизиқни кўтарилиши сигналда сўндирувчи импульс мавжудлиги туфайли.



54-расм. Телевизион сигнал кучланишини эҳтимоллик зичлигининг таралиши.

Телевизион сигнал сатҳини эҳтимоллик зичлиги таралишини нотеккислиги натижасида частота полосасини камай-тириш ўртача 9% ни ташкил қилади. Частота полосаси қисқар-

тишда катта даражада ютуқ ўтиш эҳтимолигини таралиш ноте-кислиги орқали эришиш мумкин. Бунда учдан бирга частота полосасини камайтириш мумкин. Агар белгилар орасидаги статистик алоқани бир, икки ва ҳоказо ташлаб ишлатилса, ютуқ 10 –15 баробарга кўтарилади.

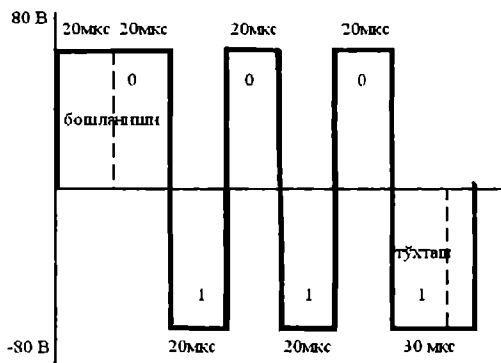
Телевизион тасвирда ахборот сонини баҳолаш яна бир ажойиб усулга тўхталамиз. Тасвирни мураккаблиги, ахборот сони билан боғлиқ, майда деталлар сони ҳамда оқдан қорага ва тескари ўтиши (фронти) билан таърифланади. Тасвирни майда деталлари ҳамда фронти телевизион сигнални узатиш вақтини жуда кам қисмини ташкил қилади. 96 – 98% вақт текис ва текис яқин тасвир жойини эгаллайди. Бу ҳолат назарий катта имконият мавжудлигини кўрсатади. Агар текис жойларни узатишни камайтириб, майда деталлар ва фронтларни оширсан, натижада кадрни узатиш вақти олдинги қийматига тенглигича қолса, унда частота полосасини 24 баробар камайтириш имкони юзага келади. Тасвир мураккаблигини аниқлаш (ўлчаш) бу этропияни аниқлашни (ўлчашни) ўзи. Этропия Шенон таърифи бўйича бу элементар хабарга тўғри келадиган ахборотнинг ўртача сони (элементар хабар қиймати).

6.2.2.1. Физик узатиш

Кодни узатиш учун, уни физик кўринишга ёки сигналга айлантириш керак бўлади. Буни телеграф ва телекс мисолида кўрсатиш мумкин. Одатда телепринтерга ахборотни киритиш усули клавиатура бўлиб, унда ахборотни киритишни таъминловчи асос бирлик «ишора» ҳисобланади. Клавиатура орқали киритилган ахборотни узатиш учун қулай шаклга келтириш клавиатура тугмасини босиш натижада ишорани 5 турли бирлик комбинацияли кодга айлантириш ёрдамида бажарилади. Ҳар бир бирлик бир ёки икки имкониятли «ишора» ёки «бўшлиқ» (тушириб ёки ўтказиб юбормоқ) ҳолатдан иборат. Улар «1» ва «0» га эквивалентдир.

Кодни узатиш учун, у электр сигнаliga айлантирилади. Телеграф сигналлари маълум вақт оралиғида жўнатиладиган кетма-кет бир қанча ёки бир элементдан иборат. Сигнални

узилиб қолиши ёки «бўшлик»да сигнални бўлмаслиги, унга ёд бўлган хато сигнални орага киришга имкон туғдиради, шу сабабли «ишора» ва «бўшлик» турли йўналишли электр сигналдан ташкил топади.



55-расм. Телепринтердан йўлга узатилган сигналлар.

Масалан R ишораси ёки 4 - тугма босилганда йўлга узатиладиган телепринтер сигналлари 55-расмда келтирилган кўринишга эга бўлади. Узатилган “рақам” сигналлари олдиндан келишилган дискрет сатҳлардан иборат. Мисолда келтирилган сатҳ қиймати манфий ёки мусбат 80 В, электр оқимини қутбланиши ёки йўналишларини ўзгариши, «ишора» ёки «бўшлик» узатилаётганига боғлиқ.

6.2.2.2. Сигнал аломатини узатиш

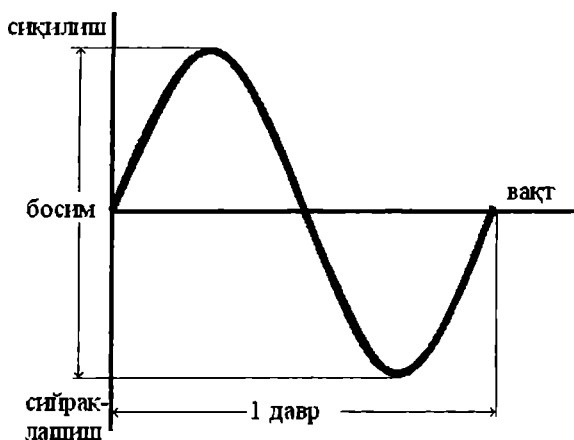
Электр алоқа учун узатилган сигнал ва унинг узатиш давридаги ҳолати уч фундаментал аломатларга эга. Булар: частота, амплитуда ва фазадан иборат. Бу аломатлар масалан, овоз сигнали учун энг асосийси ҳисобланади.

Овоз – бу ҳавони физик тебраниши (ёки бошқа бирор муҳитни) бўлиб, у кулоқ орқали қабул қилиниб, нерв тизимлар орқали мияга узатилади.

Овоз титрашини юзага келтиради, у ҳавони сиқилишига ёки кенгайишига олиб келади. Ҳаво овоз манбаи билан бирликда титрайди, агар кулоқ қабул қилувчи худудда бўлса, кулоқ диафрагмаси титрайди. Овоз, келиб чиқарган ҳавонинг ҳар бир босими график сифатида, вақтни юзага олган ҳолда 56-расмда кўрсатилгандек ифодаланиши мумкин. Расмда сиқишни ва кенгайишни бир даври келтирилган. Математик, у тригонометрик функция орқали ифодаланади. Келтирилган расмда, тўлиқ синусоидал кўринишда ифодаланган.

6.2.2.3. Частота ёки баландлик (оҳанг)

Мусиқада ноталар юқори ёки паст деб юритилади. Гап шунаки, юқори аталмиш оҳанг, маълум вақт ичида паст оҳангга нисбатан кўп даврли. Ўрта баландликли «С» концертда, у секундига 270 даврни ташкил қилади (270Гц). Шу билан бирга, ўртадан юқори «С» оҳанг 540 Гц частотага тенг.



56-расм. Соф овоз тўлқини.

Частота билан тўлқин узунлиги орасидаги боғлиқлик куйидаги мисолда яққол намоён бўлади. Агар 56-расмда келтирилган тўлқин даври 0,001 секундни ташкил қилади деб олинса, сигнал бир секундда 1000 даврни ташкил қилади

(1000Гц). Агар, у уй ҳароратида вужудга келган бўлса, овоз тезлиги 340 м/сек тенг бўлади, бу ҳолда унинг бир даври 340/1000 ёки 0,34 м (34см) ҳавода ташкил қилади.

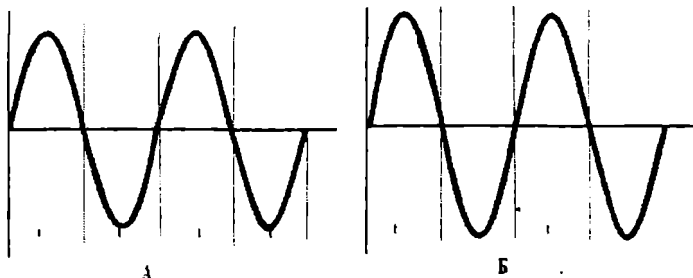
6.2.2.4. Амплитуда ёки баландлик (ҳажм)

Ҳажм ёки баландлик (овозни) тўлқин шаклини амплитудаси ёки сиқиш ва кенгаиш чўққиси орқали аниқланади. 57-расмда бир хил частотали, икки овоз тўлқини келтирилган. Унда Б эгри чизиғи, А га қараганда катта ҳажмга (баландликка) эга.

6.2.2.5. Оҳанг

Оҳангга қар инсон, баландликни эшитиши ва тўғри тиклаши мумкин. Бу инсонларда кўп учрайдиган касаллик бўлиб, инсонни гапиришига ва ашула айтишига ҳалақит бермайди. Ҳақиқатан, оҳангга қар инсонлар одатда ҳеч қандай камчиликни сезмайди ва эҳтимол, уларга дағал ёқимсиз овоз бахшида қилинади. Буни акси, кўпчилик одамлар эркак ва аёл, ёки ноғора ва чанг товушларини ажрата оладилар.

Инсонларни бундай қобилияти, оҳангни сезиши фундаментал характерга эга бўлиб, у фақат инсон учун гаплашиш имконини беради. Овозлар орасидаги фарқ, тебраниш шаклини фундаментал вариацияси орқали аниқланади.



57-расм. Амплитудаси ҳар хил частотаси бир хил сигнал.

Бу вариациялар қўшимча частоталарни киритиш билан бажарилади. Улар «гармоника» ёки «қўшимча оҳанг» (обертон)

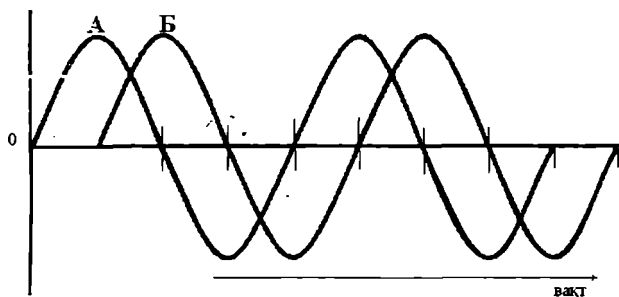
кўринишда маълум. Масалан, агар ўрта «С» баландликда фортапиано орқали ижро этилган бўлса, асосий частота тахминан секундига 270 марта тебраниш орқали ҳосил бўлади. Шу билан бир қаторда, торни ташқи қирраси: асос ва ёғоч қисми тебранади. Натижада, турли частотали бу гармоникаларни туғилиши ўзига хос (фақат шу асбобга хос) оҳанг беради.

6.2.2.6. Фаза

57-расмда икки синусоидал шаклли тўлқин кўриниши ифодаланган. Унда В, А га қараганда кечиккан ҳолатда. Ҳар бири, бир-бирига нисбатан тескари фазада. Бир тўлқин иккинчисига нисбатан кечикиши ёки олға кетиши тўлқин ҳаракатини бошланғич нуқтасини танлашга боғлиқ. Расмда А тўлқинининг бошланиш нуқтаси О билан белгиланган, унга нисбатан Б кечикиш миқдори айланани чорагига тенг, демак, тебраниш 90° га кечиккан. Фаза, модуляциялаш назариясида муҳим кўрсаткич ҳисобланади ва у модуляция ишлатиладиган технологияда асос ҳисобланади.

6.2.2.7. Рақамли ва аналог узатиш

Юқорида кўрилган сигнални тўлиқ ифодаловчи атамаларга нисбатан, бу унча фундаментал бўлмасада, рақамли ёки аналог тизимлар орқали узатиш - катта сифат қийматига эгадир.



58-расм. Тебраниш нисбий фазалари.

Рақамли компьютерлар ва у билан боғлиқ бўлган жиҳозлар рақамли сигналларни генерациялайди ва улар орасидаги фарқ, эски телефон тармоғида ишлатилувчи ва аввало, аналог сигналларни узатиш учун мўлжалланган каналдан рақамли сигнални узатиш нафлигини ва имкониятини кўрилганда кўзга ташланади.

Юқорида келтирилган телеграфиядан мисол, рақамли сигналлар шакли ва рақамлар, уни кузатиб борувчи частота ва амплитуда анализи, аналог сигналларни муҳим кўрсаткичлари эканлигини кўрсатади.

Уларни бир-биридан фарклантирувчиси, рақамли сигналлар – *узлукли*, аналог сигналлар эса – *узлуксиздир*.

6.2.3. ШОВҚИН ВА КУЧЛИСИЗЛАНИШ (СЎНИШ)

6.2.3.1. Шовқин

Юқорида, алоқа сифати пасайишига бирвақтда узатилаётган кўшимча, халақит туғдириш тўғрисида тўхталдик. Буни чуқурроқ тушуниш учун шовқинга мурожаат қиламиз.

Табиатни қудратли кучи, шубҳасиз металлларни окислантиради (занглатади). Бу куч, электр каналлари эса у орқали узатилаётган асосий сигналларга (ахборотларга) қарама-қарши, ўта кучли қаршилик кўрсатиб, уларни кучсизлантиришга ва бузишга сабабчи бўлади. У шунингдек, фон шовқини бўлиб, телефонларда ва радиолинияларда, телевидениеда ўзига хос товуш юзага келтиради. Бу «оқ шовқин» (ёки Гаусс шовқини) кўринишидаги шовқинлар, электр ва радио каналларда доимий муқаррардир, чунки у, электронларни табиий ҳаракати натижасида юзага келади. «Оқ шовқин» атамасини ишлатилишига сабаб, маълумки оқ нур, бу бир хил миқдордаги ранглар спектрининг йигиндисидан ташкил топган, шу каби шовқинлар ҳам кам ҳолда «тоза» ва бир частотали бўлаолади. Импульс шовқинлар, шунингдек телефон сўзлашувига ва телекўрсатувга муаммо туғдиради. Чунки улар бошқа биринчи навбатда телефон сўзлашув ва бошқа теледастур сигналларидан юзага келади.

Тўлиқ импульс шовқин овоз, тасвир ёки маълумот узатилишига боғлиқ. Овоз узатилганда биринчи навбатда тушуниб олиш қизиқтиради, тасвир узатилганда уни аниқлиги, маълумот узатилганда хатосизлиги. Гаплашишдаги аниқлик (бир-бирини тушуна олишлик). Тушунарлилиги (тушуниб бўлишликни) аниқлаш муаммоси мавжуд. Гап шундаки, инсон мияси хатони тўғрилаш қобилятига эга, биз сўзни бир қисмини (тушириб) қолдирсак, эшитувчи миясида у умумий маъносидан келиб чиқиб тикланади. Турли жумлалар тузилиб кўп тестлар ўтказилган, унда ўз ахборотига эга бўлмаган сўзлар ишлатилиб сўз тузилган ва булар тушунишни аниқлашга фойдали хизмат қилди.

Инсон сўзининг тушунарлилиги туғилаётган гармоникалар чегарасидадир. Инсон сўзидаги ахборотни кўп қисми 125 Гц ва 2000 Гц тўғри келади. Яъни тахминан 2000 Гц частота кенглик полосасидадир. Шунинг ҳисобига олган ҳолда, ССИТ ташкилоти телефон учун 300 дан 3400 Гц частота кенглигини тавсия қилди. Унда сўзларни юқори даражада тушунишга эришилади, радиоэшиштириш 20000 Гц, телевидения учун 5-8 МГц қабул қилинган, кузатувчи овоз эса 50(25)кГц.

Компьютер орқали ишлов бериш керак бўлган ёки ишлов берилмаган ҳолда инсон англаолмайдиган бефойда ҳолатда, ахборот ёки маълумотлар узатишни кўрилганда, вазият умуман бошқадир. Аниқ бирор сигнални олганда, сигнални ва ахборот шаклини бузилишига олиб келган шовқин (халақит), қабул қилингандан сўнг мутлоқ мазмунсиз ёки хатоли бўлиб, уни аниқлаш ҳар доим ҳам ўз-ўзидан кўринмайди. Агар шовқин ахборотни жиддий бузаолмайдиган халақит бўлса, унда бундай шовқин сигнал қувватини шовқин қувватига нисбати ва қабул қилувчи аппарат сезгирлиги билан боғлиқдир. Бу эса бизни кучсизланиш (сўниш) тушунчалари томон бошлайди.

6.2.3.2. Сўниш

Сигнал узатиш жараёнида ўз қувватини йўқотади. Бундай сигнал қувватини йўқолиш хусусияти *сўниш* деб аталади.

Сўниш миқдори сигнал узатилаётган муҳит билан боғлиқ. Танланган муҳитда сўниш миқдори масофа билан боғлиқ.

Масалан, ҳаракатсиз ҳавода жаранглаётган овоз тез орада эшитилмай қолади. Шундай ҳолат электр каналида ҳам кузатилади, лекин овозга қараганда кам даражада. Бундан ташқари, сўниш частотага ҳам боғлиқ.

Амалда шу боисдан кучлантиргичлар ишлатилади ва улар орқали сўниш маълум даражага етганда, сигнал қуввати тикланади. Аналог каналларда бу иш бажарилганда, фойда билан бир қаторда зиён ҳам кўрилади. Сабаб, ҳар қандай сигнал кучайтиргичи ўз навбатида шовқин манбаси ҳамдир. Бундай муаммо рақамли каналларда учрамайди. Гарчи, тўлқин ёки импульс шакли рақам қувватини йўқотади, натижада шовқин таъсири туфайли уни шакли зарар кўради, лекин бу зарарни қоплашни турли йўллари мавжуд. Импульслар бинар қимматли бўлганлиги сабабли, уларни олдиндан стандартлаш мумкин. Натижада сигналларни эталон сигналлар билан солиштирувчи қурилма орқали узатиш жараёнида уларни қайта шакллантириш имконияти юзага келади.

6.2.3.3. Маълумотни узатиш тезлиги

Узатиш тезлигини аниқловчи қатор усуллар мавжуд: «модуляция тезлиги», «сигнализация маълумотларини узатиш тезлиги» ва «маълумот (ахборот) узатиш тезлиги». Тезликни аниқлашда юзага келадиган тушунмовчилик атамаларни ноҳўя ишлатиш билан боғлиқ, шунинг учун қуйида уларга алоҳида тўхталамиз.

6.2.3.4. Модуляция тезлиги

Бу атама алоқа восита мутахассислари томонидан занжир ишини, яъни шу дамда занжир ҳолатини ўзгартиришни бажариш учун тезлик атамаси орқалик таърифлаш ишлатилади. Аниқроғи - сигнал элемент бирлигининг давомийлиги тескарасини билдиради. Модуляция тезлигини ифодаловчи бирлик «бод» деб аталади. У сигналнинг бирлик элементига

тенг. Масалан, 59-расмда келтирилган ҳар бир сигнал бирлик элементи 20 мкс ташкил қилади. Натижада, модуляция тезлиги $(1/0,020) = 50$ бодни ташкил қилади.

Модуляция тезлигини бодда ифодаланганда маълумот қайси тезликда узалилаётганини келтириш шарт эмас.

6.2.3.5. Сигнал тизимларида маълумотни узатиш тезлиги

Сигнал тизимида маълумот узатиш тезлиги ахборотни узатиш тезлигини аниқлаш учун ишлатилади. У секундига жўнатилган битлар сони билан аниқланади (бит/сек). Серияли узатишда қуйдагича аниқланади:

$$(1/T) \log_2 M \quad (6.4)$$

бу ерда, T – секундига узатилаётган сигнал бирлик элементларини давомийлиги; M – сигнал тизимида улар ҳолатини сони.

Қайта 58-расмга мурожаат қилиб сигнал тизимида маълумот узатиш тезлигини аниқлаймиз $(1/0,020) \times 1 = 50$ бит/сек. Лекин «бод» бу 1 бит/сек деб тасдиқлаш нотўғри, чунки сигнал тизимида иккидан ортиқ режим (кўпрежимли сигнал тизими) мавжуд.

Кўп режали сигнал тизимини оддий ўхшатиш қўллаб тушунтириш мумкин. Фараз қилайлик, маълум рақамлар бир хонадаги бир одамдан иккинчисига сўзсиз ва қоғозга ёзмасдан узатиш керак, масалан,

100001011001

Бунинг учун «икки ҳолатли режим»нинг кўп варианты мавжуд, масалан, оқ байроқни кўтариш «1» ни билдиради, қизил байроқни кўтариш «0» билдиради. Тезлик, байроқларни кўтариш тезлиги билан аниқланади.

Агар икки байроқ ўрнига тўрт байроқ ишлатилса, бошқа имконият юзага келади. Маълумки икки бинар рақамда фақат тўрт комбинация мавжуд, яъни 00, 01, 10, 11. Оқ байроқни 00, қизилни 01, яшилни 10 ва сариқни 11 шартли боғласак, унда юқоридаги рақамлар қаторини қуйдагича ифодалаш мумкин: ЯОҚҚЯҚ. Натижада “тўрт режали сигнал бериш тизимида” икки баробар кам сигнал бериш мумкинлиги аниқ бўлди.

Учбитли ахборотни бир вақтда узатиш учун саккиз рангли байроқ ишлатишга тўғри келади (чунки, учбинар рақамни комбинацияси саккиз турли ҳолати мавжуд - 000, 001, 010, 100, 011, 101, 110, 111). Тўрт битли ахборот учун 16 байроқ ва ҳ.к.

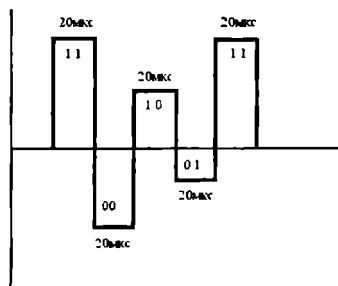
Назарий томондан байроқлар сони чексиз орттириш орқали катта ҳажмдаги ахборотни шу сигналлар сони билан узатиш мумкин бўлади. Аммо, кодлаш ва декодлаш техник муаммолари туғилади ва байроқлар ошган сайин мураккаблашиш даражаси ошади.

59-расмда оддий 4 режимли сигнал узатиш тизими сигнали келтирилган. Унда ҳар бир 20мк/сек сигнал бирлик элементи икки бинар рақам билан келтирилган. Сигналларни узатиш тезлиги

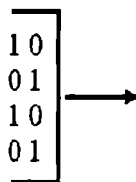
$$(1/0,020) \times \log_2 4 = 50 \times 2 \text{ ёки } 100 \text{ бит/сек га тенг}$$

Изоҳ: модуляциялаш тезлиги ҳануз 1/0,020 ёки 50 бод.

Телеграфияда серияли узатиш кенг тарқалган, аммо маълумот узатиш айрим ҳолларида параллел узатиш ишлатилади, бунда бир вақтни ўзида белгилар тўлиқ тўплами параллел узатилади.



59-расм. 4-сатҳ қучланишли ишлатилганда маълумот сигналини узатиш.



60-расм. Серияли узатиш.

Агар, 60-расмда кўрсатилган оддий гепотетик мисолни олсак, маълумот сигналларини узатиш тезлиги (бит/сек), ҳар бир узатилувчи маршрут ёки «канал» узатилган битлар сони йиғиндисига (қўшмасига) тенг бўлади.

Шундай қилиб, параллел тизимда сигнализация маълумотлари узатиш тезлиги қуйидагича ифодаланади:

$$\sum_{i=1}^{i=N} \frac{1}{T} \log_2 M \quad (6.5)$$

бу ерда, N – параллел каналлар сони; T – ҳар бир каналдаги сигнал блоклари элементларини давомийлиги.

Агар 60-расмда келтирилган 5 каналнинг ҳар бирида сигналлар 2 ҳолатли (режимли) ва агар, ҳар бир сигнал элементини давомийлиги олдингилардек 20 мкс бўлса, унда

$$(1/0,020) + (1/0,020) + (1/0,020) + (1/0,020) + (1/0,020) = 250 \text{ бит/сек.}$$

6.2.3.6. Маълумотлар узатиш тезлиги

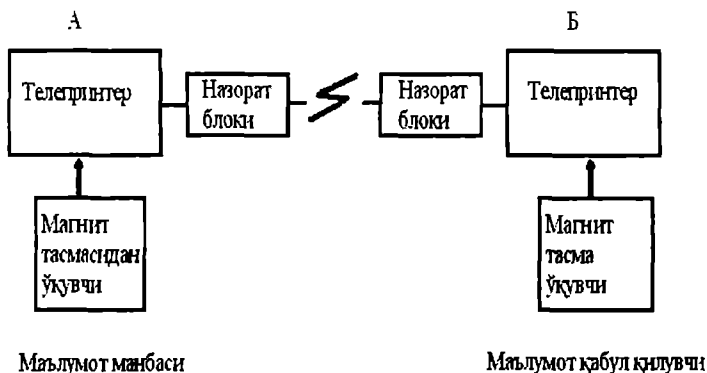
Маълумот узатиш тезлиги таърифланганда ишлатиладиган маълумот сигналларини узатиш тезлигини акси, «маълумотларни ўтказиш тезлиги» ҳақиқатан маълумотлар узатилгандан сўнг келиб тушганлигини билдиради. Уни ССИТТ томонидан аниқланишига биноан «вақт бирлигида бит, белги ёки блокларни ўртача сони» орқали аниқланади. Улар секундига, минутига ёки соатига бит, белги, бит пакетини ифодалайди.

Кўп эътиборни жалб қилувчи ускуналар, «*маълумот манбаси*» ва «*маълумотни қабул қилувчи*» аталади. Икки «А» ва «Б» телепринтерларга перфарацияланган тасма орқали автоматик узатишни кўриб чиқамиз (61-расм). Яққолроқ кўрсатиш ниятида расмдаги «А» қисмидаги ўкилувчи перфарацияланган тасмани маълумот манбаси, перфарацияланган тасма жойлашган «Б» маълумот қабул қилувчи деб оламиз. Аввалги келтирилган мисолдан биламизки, маълумот сигналини узатиш тезлиги 50 *бит/сек* га тенг, лекин битлар маълумотни қабул қилувчи томонидан бир хил тезликда қабул қилинмайди. Тахмин қилайлик, тўхтовсиз перфорацияланган тасма томондан бир дақиқада бехато 400 беш белгили блок (бирлик) узатилган, бу 2000 *бит* эса ўртача 33,33 *бит/сек* да қабул қилинган. Улар орасидаги фарқ узатиш давомида ишлатилган старт/тўхтов 2,5 бирлик сигналлар элементи бўлиб, у кейинчалик мутлақ ўринсиз маълумот натижаси. Шундай қилиб, узатилган сигналларни учдан бири нохоҳишдир.

Мисолдан келиб чиқиб, маълумот узатиш тезлигини (DTR – data transfer) қуйидагича аниқлаш мумкин:

$$DTR = \frac{M}{T} \quad (6.6)$$

бу ерда, DTR – бит/сек да маълумотларни узатиш тезлиги; M – маълумотларни қабул қилувчи қабул қилган битда ахборотлар сони; T – M бит/сек узатиш учун талаб қилинган вақт (сек).



61-расм. Тасмадан автоматик узатиш.

Кейинчалик, ахборот узатиш тезлигини ҳисоблаш оддий масала эмаслигини тушуниб етамиз. У ҳар бир узатишда хато даражаси, хатони назорат қилиш ва ишлатилаётган йўл протоколига ва фақат битлар сонига эмас, балки ноҳолиш тўлиқ ишоралар сонига боғлиқ.

Рақамларни узатиш тезлиги, электр тизимида маълумотларни узатиш ҳаракатини таърифловчи, бошқаларга қараганда, аниқроқ усул бўлсада, аниқ тизимни билиб ҳисоб-китоб қилмасдан аниқланмайди. Шунинг учун алоқа йўли ёки жиҳозларини бир қисми учун, уларни тезлиги аниқ бир сонга бит/сек га тенг деб айтиб бўлмайди. Шу сабабли, бу китобда бит/сек атамаси маълумот сигналларини узатиш тезлигини кўрсатиш учун ишлатилади.

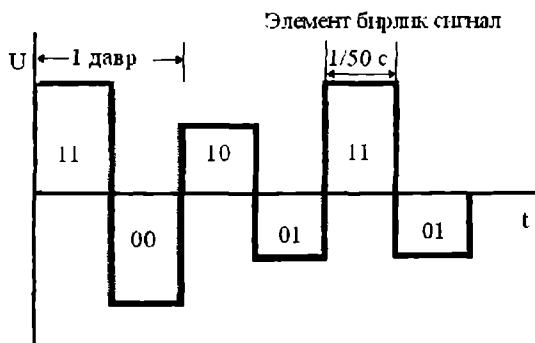
6.2.3.7. Полосалар кенглиги

Канал, ахборотни элитувчи сифатида, полосаларининг кенглиги канал сиғимни аниқловчи асосий кўрсаткичдир. Канал кенглиги аниқ ифодага эга: бу канал узата оладиган частоталар диапазони.

Шунинг учун, полосалар кенглиги ва частоталар орасида боғлиқлик мавжуд. Юқорида кўрдики, сигнални бир неча таркибий частоталарга ажратиш мумкин. Буни Фурье анализ услуби ишлатилиб бажарилади. Юқорида келтирилган таърифга биноан диапазон атамасини ишлатиш муҳимдир, чунки унда фақат маълум частоталар сонигина мавжуд эмас сигнал частоталар спектридан иборат, лекин энг паст частота, нолдан фарқ қилади, юқори частота эса ёки маълум қийматли ёки назарий чексиз бўлиши мумкин. Шунинг учун, умумий фойдаланишдаги коммутацияландиган телефон тармоғи (PSTN) 300–3400 Гц диапазондаги частоталарга мўлжалланган. Демак, инсон овози таркибидаги қатор юқори частота ёки гармоникалар узатилмайди. Натижада телефон орқали гаплашилганда товуш кўп ҳолда ёқимсиз (ясси) ва нисбатан паст оҳангда эшитилади.

Тил масаласига келганимизда, унда асосий муаммо аниқлиги (тушунарлигини таъминлаш бўлиб, бу масала частоталар полосаси кенглигига боғлиқ). Оғзаки аналог ахборот узатишда тезлик телефон канали билан чекланмайди, балки сўзлашишнинг табиий тезлиги билан чекланади. Лекин полосалар кенглиги – рақамли ахборотни узатишда тезликни асосий чекловчисидир. Агар инсон қулоғи частота полосасини максимал 20 000 Гц лиги имкониятини юзага олиб, рақамли ахборотни қабул қилишни анализ қилсақ, ҳаммаси ойдинлашади. Биз кўп ҳолларда, овозни рақамли сигналлар таърифланиши каби қабул қиламиз, бунга мисол қилиб поезд купесида ўтирганда эшитилган овозни олиш мумкин. Икки туркумли ди-ди-ди-дуд одатдаги овозни оҳанги поезд тезлиги ошиши билан баландлашади. Овоз баландлиги тезлик ошган сайин ошаборади ва поезд тезлиги етарли катта тезликка етганда

товуш частотаси шунчалик юқорига кўтариладики, уни кулоқ қабул қила олмайди.



62-расм. Частота полосаси кенглигини ахборот тезлигига нисбати.

Ахборот узатиш мумкин бўлган тезлик билан, полоса кенглиги ўртасидаги боғлиқликни ойдинлаштириш учун телеграф сигналини анализ қиламиз, бунда ўнғай бўлиши учун старт-тўхта(стоп) элементи ҳисобга олинмайди:

50 бод = 50 сигнал бирлиги элементига тенг

Минимал частота = 0 Гц (ҳаммаси 1 ёки ҳаммаси 0)

Максимал частота = 25 Гц (1 ёки 0 навбати билан)

Сигналларни узатиш тезлиги = 50 бит/сек.

62-расмдан кўриш мумкинки, 50 битли сигнал ахборотни 50 бит/сек тезликда элитади. Шунингдек, узатувчи томондан ишлаб чиқарилган асосий ахборот, 0 Гц дан (фақат бирлар ёки ноллар узатилганда) то 25 Гц гача (0 ва 1 навбат билан узатилганда) ўзгаради.

Шунинг учун бир бит ахборот ҳар бир 25 Гц тўлқин даврида тўғрибурчакли кўринишидаги тебраниш билан ифодаланган. Шовқинсиз каналда частотаси Δf дан юқори бўлмаган сигналлар $2\Delta f$ кучланиш қиймати билан узатиш мумкинлиги Котельников - Найквист томондан исботланган. Бу демак, шовқинсиз (халақитсиз) идеал ҳолатдаги канал ва икки вольтлик кетма-кетлик (0 ва 1) узатилганда, каналнинг

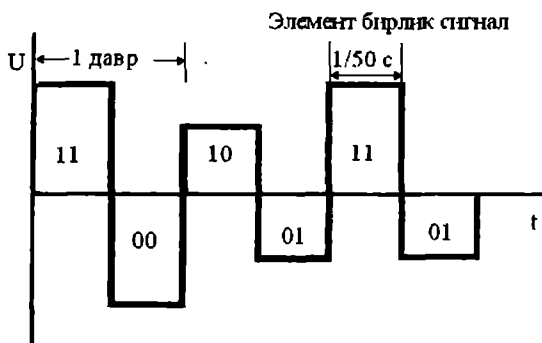
максимал қувват $C = 2\Delta f$ тенг бўлади. (бу ерда Δf – каналнинг частоталар полосасининг кенглиги).

Агар икки вольтдан юқори қиймат олинса, частотаси ўзгаради. 62-расмда 4 позицияли (режали) тизим келтирилган. Бу мисолда ҳам асосий частоталар сифатида 0 Гц ва 25 Гц оралиғидаги тебранишлар олинган (частоталар полосаси 25 Гц дан кўпроқ), ҳар бир тўла даврда 2 бит ахборот олиш мумкин.

Шу сабабли, канални назарий қувватини, оқ шовқин бўлмаган ҳолда, кўп режали (кўп позицияли) сигнал шакллантириб кенгайтириш мумкин:

$$C = 2\Delta f \log_2 L \quad (6.7)$$

бу ерда, C – канал сигими, *бит/сек*; Δf – частоталар полосаси кенглиги; L – позициялар (режалар) сони.



626-расм. 4 сатҳли сигнал.

Масалан: частоталар полосаси $\Delta f = 2000 \text{ Гц}$; позициялар сони $L = 8$, унда $C = (2 \times 2000) \times (\log_2 8) = 4000 \times 3 = 12\,000$ *бит/сек*.

Минимал частота 0 Гц ; максимал частота 25 Гц , натижада маълумот-сигналини узатиш тезлиги 100 бит/сек .

Юқорида айтилганларга биноан, канал сигимини, позициялар сонини ошириш орқали, назарий чексиз кўпайтириш мумкин. Аммо амалда бу афсуски мумкин эмас. Келтирилган тенглама частоталар полосаси кенглиги билан сигнал сатҳлари

ва канал сифими ўртасидаги боғлиқликни кўрсатсада, ундан ташқари кўп нохушликлар мавжуд:

– оқ шовқин ва бошқа ҳалақитларсиз реал электр каналлари мавжуд эмас. Лекин замонавий электроника ёрдамида тўлиқ рақамли овоз ва маълумот, телевизион сигнал узатишда шовқинларни камайтириш борасида катта ютуқларга эришилган;

– ишлатиш мумкин бўлган ҳолатлар (позициялар, режалар) сони, сигналларни узатиш учун етарли куввати, шунингдек, кодлаш ва декодлаш муаммоси ҳамда қабул қилувчини кўпсонли сатҳларига ишлов бериш сезгирлиги билан чекланган.

Канал орқали узатиш учун ахборот қийматини аниқловчи уч асосий замин мавжуд:

- рухсат этилган частоталар полоса кенглиги;
- сигнал кувватини сатҳи;
- каналда мавжуд шовқинлар кувватини сатҳи.

Клод Шенон томонидан фундаментал изланишлар натижа-сида электр алоқа каналларини сифими чекланганлиги матема-тик исботланган. Шенон-Хартли қонуни оқ шовқин мавжуд-лигида канал сифимини максимал қимматини аниқловчи ягона тенгламадир. У қуйидаги кўринишга эга:

$$C = \Delta f \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) \quad (6.8)$$

бу ерда, C – каналнинг сифими; Δf – частоталар полосасининг кенглиги; S/N – сигнални шовқинга нисбати.

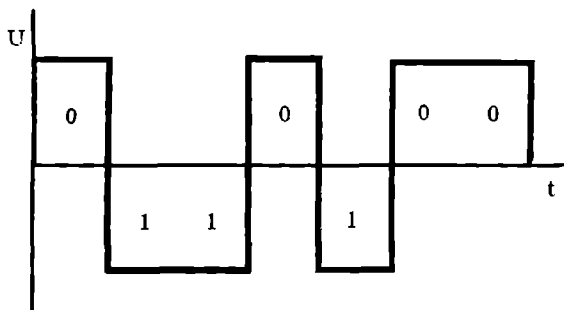
Бу тенгламадан фойдаланиб, агар овоз канали частоталар полосаси кенглиги 3000 Гц ва сигнални шовқинга нисбатан сатҳи 30 дБ бўлса, яхши натижага эришиш мумкин

$$C = 3000 \log_2 (1 + 1000/1) = 30\,000 \text{ бит/сек.}$$

Бу қиймат, бундай занжирнинг амалий имконидан озгина юқоридир. Аналог каналларда эришиладиган реал тезлик, ка-налнинг ўзига ва ишлатилаётган модемга боғлиқ. Модемларни яратишда катта ютуқларга эришилганга қарамасдан, назарий тезлик чегарасига етишга ҳали узоқмиз.

6.2.3.8. Рақамли узатишда частоталар полосаси кенглигига талаблар

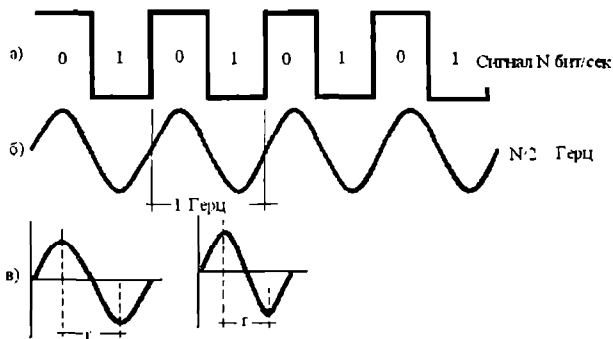
Юқорида, частоталар полосаси кенглигини уммумий кўринишда кўриб чиқдик. Куйида аналог канал орқали рақамли сигнални узатишда частоталар полосаси кенглигига талабларни кенгроқ ёритамиз. Бунинг учун батафсил Кательников-Найквист назариясини тушунишга ҳаракат қиламиз. Рақамли сигнал маълумот узатиши, ўзига хос бўлиб, рақамлар терминалида генерацияланган тўғри бурчак шаклли сигнал 63-расмда келтирилган. У икки қутбли сигнал, икки ҳолатли позитив ва негатив қийматга эга. 63-расмда вақт унга қараб ўсади ва битлар кетма-кет 0, 1, 1, 0, 1, 0, 0 жойлаштирилган. Узатиш шартига биноан, паст тартибли битлар ҳамма вақт биринчи бўлиб узатилади.



63-расм. Қутбли бинар сигнал.

Аввал айтилгандек, бинар сигналларда ахборотни энг катта узатиш тезлиги 0s ва 1s алтернатлар узатилганда кузатилади. Агар, N бит/сек битлар тезлиги бўлса, 64-расмдан кўринадик, 010101... бинар сигнал $N/2$ Гц синусоидал тўлқин частоталар каби тезликда ахборот етказилади.

Аmmo биз тўғри бурчак шаклли тўлқин ахборотни $N/2$ Гц да юқори частотаси чекланган канал орқали узатамиз, натижада сигнал шакли биртекис ўзгарувчига айланади. Агар, 64-расмга назар ташласак, нима сабабдан шакли ўзгарганини тушунамиз.



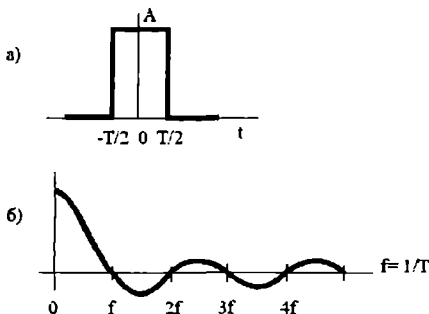
64-расм. а) квадрат шакли тўлқин; б) синусоидал тўлқин; в) ҳар хил частотали тўлқинлар учун кўтарилиш вақти.

Сигнални минимал қийматидан максимал қийматигача ўсиш вақтини τ ҳарфи билан белгилаймиз. Тебраниш частотаси қанчалик юқори бўлса, бу вақт шунчалик кам бўлади. Масалан, тўғри бурчакли тўлқин ўзгариши бир зумда бажарилади (τ – кичкина). Бу таркибида юқори частоталар мавжудлигидан дарак беради. Ҳақиқатан, узлуксиз тўғри бурчак шакли тебранишни тўлиқ анализ қилинса, уни таркибида қатор юқори частотали синусоидал ва косинусоидал гармоникалар мавжудлигини кўрсатади. Бундай анализ Фурье номи билан маълум. Шундай қилиб, ҳақиқатан тўғри бурчак шакли тўлқин узатиш учун, яъни вертикал фронтли, канал чексиз частоталар полоса кенглигига эга бўлиши керак.

Фурье, якка тўғри бурчак шакли импульс сигнал анализи билан ҳам шуғулланган. Аниқланишича, таркибий частоталар дискрет частоталар қаторини эмас, балки бетўхтов (сидирға) спектрдан иборат. Таркибий частоталар амплитудаси Фурье айлантриш бажарилиб аниқланади. Якка тўғри бурчак шакли импульс Фурье айлантририлиши натижасида $\sin X/X$ эгри чизиқли трансформантани ташкил қилади (65-расм). Бу эгри чизиқ импульс ҳамма частоталар амплитудасини тасвирлайди. Эътибор қилинг, T давомийлик импульс маълум $f, 2f, 3f$ ва х.к. частоталарда амплитудаси нолга тенг ($f = 1/T$).

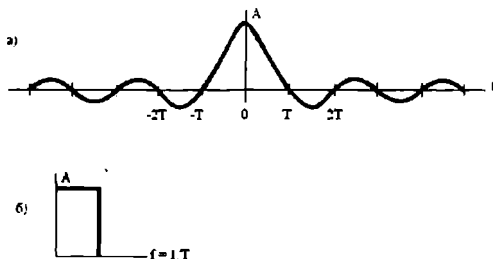
Фараз қилайлик, тўғри бурчак шакли импульс эмас, балки $\sin X/X$ бирор шаклидан бошладик (66а-расм). Бундай шакли импульсни частоталар таркиби қандай бўлади? Уни Фурье трансформантаси кескин ўзгарувчи шаклда бўлади (66б-расм). Узатувчи канал чекланмаган частоталар полоса кенглигига эга бўлгани сабабли, бу импульс бузилишдан йирок, идеал тўғри бурчак шакли сигнални шакллантиради.

Котельников-Найквист теоремасига биноан, бундай импульсларни идеал каналда қайтарилыш тезлиги $2f$ импульс секундга тенг.



65-расм. а) Тўғри бурчак шакли якка импульс;
б) уни Фурье трансформантаси.

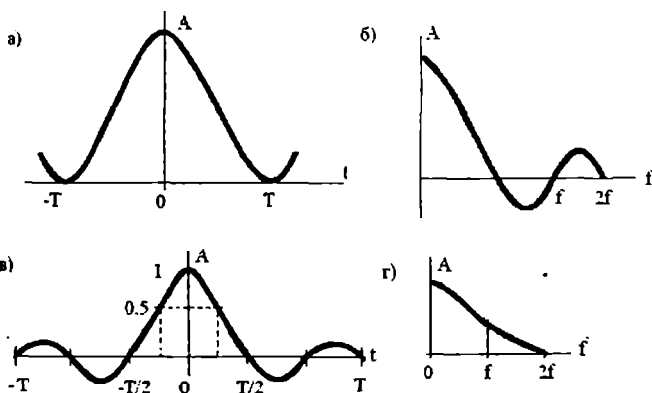
бу ерда, f – частоталар полосаси кенглиги, Гц да. $1/2 f$ давр импульслар оралик вақти бўлиб, Найквист оралиғи номи билан маълум. Секундига $2f$ импульс сигналлар тезлиги, Найквист тезлиги номи билан маълум.



66-расм. а) $\sin x/x$ импульс; б) уни Фурье трансформантаси.

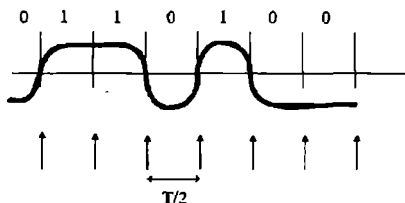
Назарий $\sin X/X$ шакли импульслар амалда узатувчи тизимлар камчилигига бардошли идеал кўринишга эга, лекин бошқа шакллар ҳам мавжуд. Шундай шакллардан бири кўтарилган косинус импульсидир. Кўтарилган косинус импульс тасвири 67а-расмда, Фурье трансформантаси 67г-расмда келтирилган. Ундан кўринадики, $\sin X/X$ шакли импульсни ишлатишга қараганда, унга икки баробар частоталар полосаси кенглиги талаб қилинади. Лекин бундай шаклни муҳим кўрсаткичларидан бири импульс давомийлигини ярмида унинг амплитудаси умумийни ярмига тенг, T давомийли импульс $T/2$ секунд оралиғида узатилиши мумкин. 68-расмда кўтарилган косинус импульс кўринишидаги битлар намунаси 011010 қатор мисолида кўрсатилган. Бу мураккаб импульслар шакли рақамлар терминали чиқишида олинмайди, аммо уларни модем ёки бошқа узатувчи жиҳоз орқали генерация қилиш мумкин.

Техникага оид адабиётларда Найквист теоремаси айрим ҳолларда **танлаш теоремаси** деб келтирилади. Бундай аталишига сабаб $2f$ импульс/сек га тенг Найквист тезлиги дискрет танланган қиймат бирламчи шаклини талаб этилган аниқликда тиклаши учун аввалги тўхтовсиз ўтувчи тебраниш шакли нисбатан кам чегара частотани талаб қилади.



67-расм. а) Кўтарилган косинус импульс; б) уни Фурье трансформантаси; в) Кўтарилган косинус импульс асосида олинган FT импульс; г) уни Фурье трансформантаси.

Бу импульс кодли модуляция ишлатилиб овозни рақамга айлантиришда муҳим роль ўйнайди. Шундай қилиб, агар овоз частоталар полосаси кенглиги 4000 Гц қабул қилинса, сигнални рақамли узатиш учун секундига 8000 марта танлаш керак бўлади. Қабул қилувчи томонда бу дискрет сигнал яна овоз сигнаliga етарли даражада сифатли айлантирилиши керак.

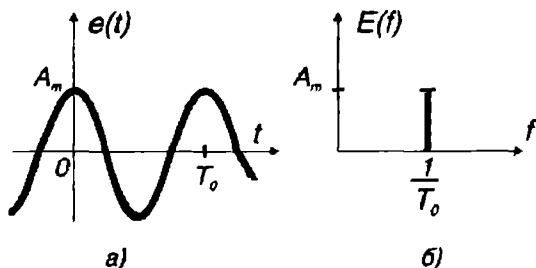


68-расм. Кўтарилган косинус асосида олинган FT импульс орқали бинар тебранишни шаклланиши.

6.3. СПЕКТРЛАР ВА СИГНАЛЛАР

Маълумот узатишга тааллуқли асосий масалалардан бири маълумотни элитувчи электр сигнал спектрида қувватни тақсимланиши ва бу тақсимланишни алоқа каналини тавсифи билан мослаштиришдир. Юқорида айтилгандек, иккилик сигналлар тузилиши – тўғри бурчакли импульс кўринишидаги кетма-кетликдан иборат. Бундай сигналларни бузмасдан узатиш учун, назарий, чексиз катта частоталар полосаси талаб этилишини юқорида кўриб чиқилди. Реал каналларда, албатта частоталар полосаси чекланган. Бундай вазиятда алоқа канали хоссаси билан узатилаётган сигнал мувофиқлаштирилган бўлиши керак. Мувофиқлаштириш элитувчи импульслар шаклини махсус танланиб бирламчи маълумотни қодлаш орқали ва шўнингдек, турли модуляция ишлатилиб бажарилади. Шунинг учун, маълумотни бирламчи частоталар полосасида узатиш ва модуляцияланган элитувчи частота орқали узатишга ажратилади. Маълумотни элитувчи электр импульслар бирламчи частоталар полосаси импульслар хусусияти орқали аниқланади, у нолдан бошланиб, то бирор чегараловчи қийматгача давом этади. Модуляцияланган тебраниш элитувчи

тебранишни узатиш талаб этилган маълумот таъсирида кўрсаткичи ўзгартириш орқали юзага келади. Бундай тебранишлар полосаси, одатда, маълум паст частотадан то юқори чегараловчи частотагача ишғол қилади.



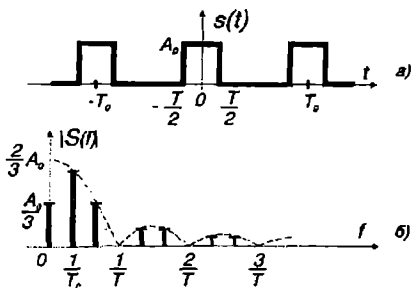
69-расм. Гармоник сигнал ва уни спектри.

Ҳап, бундай тебранишлар спектри тўғрисида кетганда, чизма шаклда кўрсатилган амплитудаларини тақсимланиши ва гармоникалар фазасини бошланғич нуқталарини тушунамиз (бу сигнал тикланиши мумкин бўлган гармоникалар йиғиндисидан иборат). Кўп ҳолларда, сигналнинг гармоник тебранишлар амплитудасини тақсимланишини ифодаловчи амплитудалар спектр билан чекланилади. Табиий, гармоник тебраниш спектрида (69а-расм) у фақат бир таркибий қисми (69б-расм), уни қиймати тебраниш амплитудасига тенг, уни ҳолати эса абсцисса ўқида (частота) тебраниш даврига тескари тенг қиймат билан аниқланади.

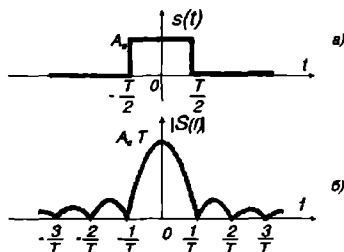
Тўғри бурчакли импульслар кетма-кетлик спектр тузилиши мураккаб (70-расм). Спектри дискрет бўлиб, унинг таркиби импульслар қайтарилиш асосий частотага қаррали бўлган частоталардан иборат. Координата бошида импульслар кетма-кетлигининг доимий қиймати жойлашган.

Эгиб ўтувчи амплитуда $\sin x/x$ функция бўлиб, унинг биринчи ноль импульс давомийлигига тескари бўлган нуқтадир. Импульслар ғоваклиги (даврини/давомийлигига нисбати) учга тенг бўлганда, ҳар бир учинчи гармоника йўқолади.

Агар ғоваклиги иккига тенг бўлса, спектрда асосий частотанинг фақат тоқ гармоникалари қолади.



70-расм. Тўғрибурчакли тақорланувчи импульс (а) ва уни спектри(б).



71-расм. Тўғри бурчакли якка импульс (а) ва уни спектри(б).

Якка импульс спектри тўғрисида тушунчани қуйидаги мулоҳаза юритиш орқали аниқлаш мумкин. Импульслар даври қанча катта бўлса, сигнал спектрининг гармоник таркибий қисмлари бир-бирига яқин жойлашади. Агар давр чексизликка интилса, таркибий гармоник частоталар оралиғи нолга интилади ва спектр сидирға кўринишга айланади (71-расм). Бу ҳолда, сигнал амплитудалари спектрал зичлиги тўғрисида гап боради.

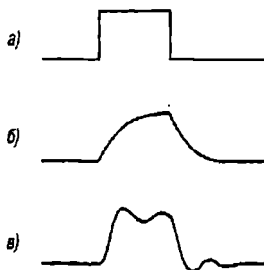
6.3.1. Бирламчи частоталар полосасида маълумот узатиш

Тўғри бурчакли импульс спектрида гармоник таркиб амплитудалари частота ошиши билан сўниши кузатилсада, бу сўниш етарли секин кечади (амплитуда, пасайиши частотага тескари мутаносиб). Бундай импульсларни бузмасдан узатиш учун алоқа каналини частоталар полосаси чексиз бўлиши керак. Маълумот узатишда кам кўзга ташланадиган бузилишни таъминлаш учун частоталар полосаси чегара қиймати импульс давомийлигига тескари қийматидан бир неча марта катта қийматга эга бўлиши керак. Аммо реал ҳамма каналлар

Ўтказиш полосаси чекланган , бу узатилган импульс шаклини бузади. 72а,б-расмларда, реал каналлар чиқишида мумкин бўлган турли частота тавсифли импульс шакллари келтирилган.

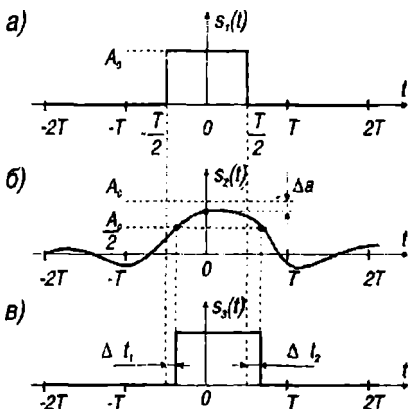
6.3.2. Белгилараро бузилиш

Алоқа каналида импульслар шаклини бузилишининг энг нохуш натижаси, ўтиш жараёнида юзага келади ва одатда, бир импульс тугамасдан иккинчиси келади. Натижада, алоқа канали чиқишида импульслар бир-бирини устига тушиши кузатилади, бу бузилишни яна ҳам кучайтиради. Импульслар бир-бирини устига тушиш натижасида юзага келган икки орадаги бузилиш *белгилараро интерференция* деб аталади.



72-расм. Тўғри бурчакли импульс(а) ва уни мумкин бўлган бузилиш шакллари (б,в).

Алоқа канал киришига берилган тўғри бурчакли импульс (73а-расм) алоқа канали ўтказиш полосасини чекланганлиги ва белгилараро интерференция натижасида бузилиб, уни чиқишида киришига қараганда максимал қиймати паст бўлади. Бу ҳисоб қиймат-ларини камайтириш, шовқин ва халақитларга сезгирлигини ошишига ва ҳисоб сатҳини аниқлашда хатони эҳтимоллигини оширади (73б-расм).



73-расм. Тўғри бурчакли импульс(а) ва канал орқали узатилишида бузилиш шакллари (б), натижада хатони келиб чиқиши(в).

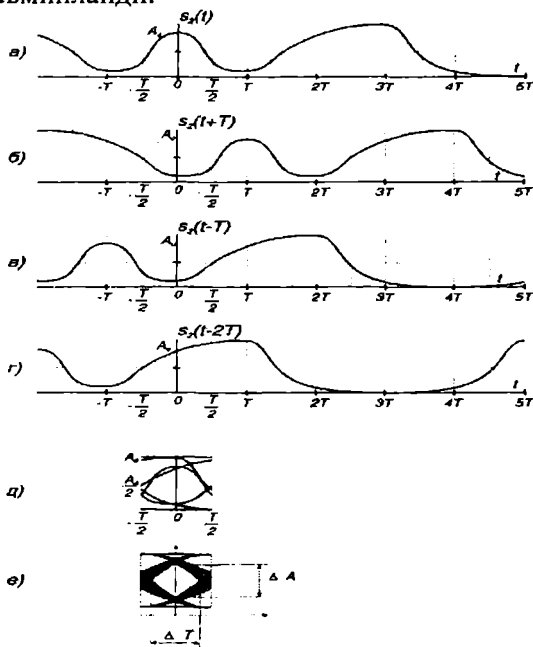
Максимал қийматни ярим сатҳида баҳоланадиган импульс давомийлиги ҳам берилган қийматидан оғади (бу расмда кўрсатилгандек, вақт бўйича оғиш, тикланган импульс четларини бузилишига сабаб бўлади).

Иккилик ишоралар кетма-кетлигини узатишда белгилараро бузилишни баҳолаш учун «кўзсимон диаграмма» дан фойдаланилади. Кўзсимон диаграммани тузилиш жараёни 74-расмда намоиш қилинган. Чиқиш сигнали (74а-расм), T вақт оралиғида узатилган иккилик маълумотнинг узун кетма-кетлигини ташкил қилади. Қабул қилинган сигнални T га каррали турли силжиши $-T/2$ дан то $T/2$ гача ораликда қайд қилинади (74б, в, г-расм) ва уларни қўшиш натижасида вақт диаграммаси олинади (74д-расм). Кўзсимон диаграмма орқали вертикал бўйича кўзни очилиши ва у билан боғлиқ ҳисоб пайтидаги қабул қилинган сигнални максимал оғишини аниқлаш мумкин. Горизонтал бўйича эса кўзни очилиши четидаги (чегарадаги) бузилишлар аниқланади.

Кўзсимон диаграмма орқали аниқланган, қабул қилинган импульслар, шаклини бузилиши алоқа каналини чегараловчи частоталар полосасига ва частотавий тавсифи шаклига, шунингдек, маълумот узатиш тезлигига боғлиқ. Қанча полосаси камбар ва узатиш тезлиги юқори бўлса, шунча импульсни бузилиши катта бўлади. Қанчалик бузилишга йўл қўйиш ва қайси тезликда маълумот узатиш имконияти алоқа каналларига қўйилган талабдан ва халақитни кучидан аниқланади. Масалан, бузилишни минималлаштириш учун алоқа каналининг полосаси тўғри бурчак шакли импульс амплитудавий спектри биринчи нолга нисбатан 10 баробар катта бўлсин, унда T вақт оралиғида $10/T$ полосада битта иккилик ишора узатилади. Бу эса маълумот узатиш нисбий тезлиги, яъни бирлик частоталар полосаси ҳисобида маълумот узатиш тезлиги. У ҳолда юқоридаги мисолга биноан $R = 0,1$ (бит/с)/Гц тенг, бу ўта кичик миқдор. Лекин тўғридан-тўғри частотани кўпайтириш сезиларли катта белгилараро бузилишни келтириб чиқаради.

6.3.3. Найквист шарти

Маълумотни узатишда солиштирма тезликни кўтариш муаммоси устида кўп тадқиқотлар олиб борилган. Мумкин, масалан, узатилаётган иккилик ишорасига тенг бўла оладиган импульсни шаклини ўзгартириш. Узатиш тезлигини ошириш учун қўшни импульс таъсирини фақат ҳисоб олиш пайтида ($0, T, 2T, 3T \dots$) нолга тенглаштиришни талаб қилиш мумкин. Бу талабни **Найквист биринчи шarti** деб аталади. Бу шартга мувофиқ импульслар белгилараро бузилишни йўқ бўлишини таъминлайди.



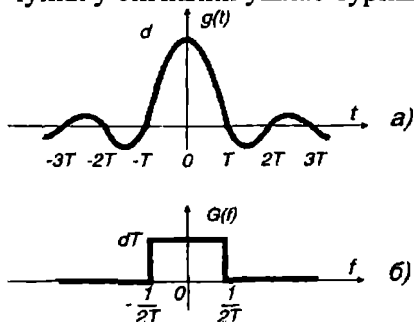
74-расм.
Кўзли
диаграмма
келтириб
чиқариш
жараёнини
кўрсатувчи.

Бундай импульслар маълум, уни шакли 75a-расмда келтирилган. Агар масалан, $t=0$ вақт пайтида иккилик ишорали бирлик узатиш керак бўлса, унда алоқа канали орқали 75a-расмда кўрсатилган $g(t)$ импульси жўнатилади. Бу импульснинг қийматлари ($0, T, 2T, 3T \dots$) вақтлар пайтида нолга тенг, демак, бу пайтларда навбатдаги иккилик ишораларни узатиш мумкин. Бу ҳолатда қабул қилинган сигналларда белгилараро интер-

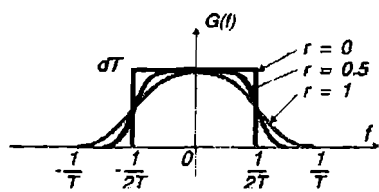
ференция кузатилмайди. Маълумот узатиш тезлиги эса $1/T$ (бит/с) тенг бўлади. Найквистнинг биринчи шартига биноан импульсни амплитуда спектори 75б-расмда келтирилган кўринишда бўлади.

Бу импульс ишғол қилган частоталар полосасининг кенглиги $1/(2T)$ (Гц) га тенг. Шундай қилиб, маълумотни солиштирма узатиш тезлиги $RN = 2$ (бит/с) тенг бўлади. Бу маълумотни икки позицияли (иккисатҳли) импульс орқали узатиш солиштирма тезлиги чегараси ёки айрим ҳолларда «Найквист тўсиғи» деб аталади.

Масалан, 75а-расмда кўрсатилган импульс шаклини олишда қолди. Бу, тўғри бурчак шакли ўта қисқа давомийлик импульсни идеал паст частота филтърнинг киришига берилганда, уни чиқишида олинган сигнал шаклига ўхшайди. Идеал паст частота филтърини реал амалга ошириш мумкин эмас, чунки у сигнални ушлаб туриш вақти чексиздир.



75-расм. Идеал паст частота филтърни чиқишида олинган сигнал шакли (а) ва уни спектри (б).

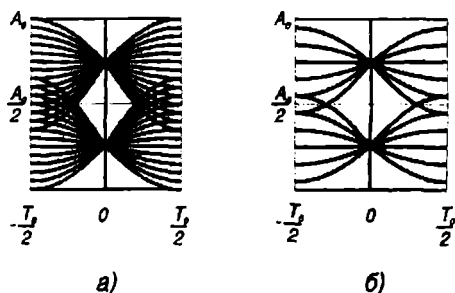


76-расм. Силлиқловчи коэффициент r қийматини ўзгариши натижасида частота полосасини кенгайтиши.

Агар бундай шакли импульс олинганда ҳам, уни амалда қўллаб бўлмайди. Буни кўзсимон диаграммадан фойдаланиб тушунтириш мумкин. Найквистнинг биринчи шартига мос келувчи импульс ишлатилганда кўзсимон диаграмманинг вертикал йўналишида кўзни очилиши максимал бўлади, бу белгилараро бузилиш йўқ демақдир, аммо горизонтал йўналишда кўзни очилиши нолга интилади. Ҳисоб олиш

пайтида жуда оз оғиш ҳам катта белгилараро бузилишни келиб чиқаради, натижада узатилган маълумотни тиклаб бўлмайди. Найквист шартини ва унга тўғри келадиган импульс аҳамияти шундаки, у алоқа тизимини яратувчилари учун нимага интилиш кераклигини белгилайди.

Етарли оддий восита орқали «Найквист тўсиғи»га нисбатан маълумот узатиш солиштирма тезлиги 30–50% ташкил қилувчи муваффақиятга эришиш мумкин. Бундай усуллардан бири - тўғри бурчак шакли импульснинг спектрал зичлигини силлиқлаб косинус шаклига келтириш (76-расм), ва шунингдек, ($-T \dots +T$) ораликдан ташқарида тебранишни камайиши сабабли импульс шаклини оз ўзгаришини мувофиқлаштириш. Силлиқлаш коэффиценти r силлиқлаш ҳудудини аниқлайди ва шунга мувофиқ импульс ишғол қилган частоталар полосасини кенгайтиради.

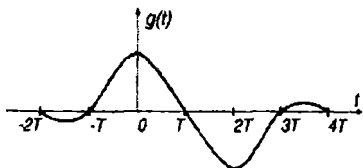


77 расм. Косинусоидал силлиқланган импульслар ҳар хил r қиймати учун кўзсимон диаграмма

77-расмда силлиқлангантирилган косинусоидал импульс турли r коэффицентиға тегишли кўзсимон диаграмма келтирилган. Бундан кўринадики, r қиймати қанча катта бўлса, кўзнинг горизонтал йўналишида очилиши шунчалик катта ва қирраси (четини) бузилиши кам. Силлиқлаштириш натижасида маълумот узатиш солиштирма тезлиги $R=2/(1+r)$ (бит/с)/Гц қийматигача камаяди. Бошқа усул – *парциал кодлаш* қўллаш. Бу услуб асосида $1/T$ узатиш тезлигида, икки ва ундан ортиқ T оралиғи ишғол қилувчи импульс ишлатиш.

77-расмда келтирилган 4-класс импульслар шакли уч тактловчи ораликни ишғол қилади (агар, $t = 0$ пайтда узатилаётган маълумот 0 тенг бўлса, унда умуман импульс узатилмайди, агар

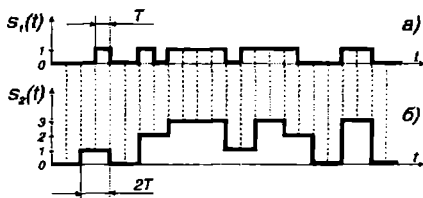
77-расмда келтирилган 4-класс импульслар шакли уч такт-ловчи оралиқни ишғол қилади (агар, $t = 0$ пайтда узатилаётган маълумот 0 тенг бўлса, унда умуман импульс узатилмайди, агар маълумот 1 тенг бўлса, уч такт оралиғида $g(t)$ импульс узатилади). Парциал код, маълумот узатиш солиштирма тезлиги «Найквист тўсиғи»га тенг $2(\text{бит/с})/\text{Гц}$ тезликда маълумот узатиш имкониятини беради, аммо парциал ҳисоб олиш услуб ишлатилганда узатиладиган маълумотни олдиндан бошқатдан кодлаш талаб этилади ва қабул қилинган сигналга ишлов бериш бироз мураккаблашади.



78-расм. Уч такт оралиқни ишғол қилган 4-класс импульси.

«Найквист тўсиғи» абсолют чегара эмас, масалан, Шеннон формуласи билан аниқланадиган алоқа каналининг ўтказиш қобилияти: $R = F x \log_2(1 + PS/P)$ (6.9)

бу ерда, R – ахборотни узатиш имконият тезлиги ёки A полосали ўтказиш кенглиги ва канал чиқишида сигнал қувватини шовқин қувватига нисбати PS/PH (ахборот узатиш тезлиги билан, маълумот узатиш тезлигини алмаштириб юбормаслик керак, ваҳоланки, уларни ўлчов бирликлари бир хил – бит/с.).



79-расм. Кўп позицияли (сатҳли) сигнални шаклланиши.

Канални узатиш имконияти ёки «Шеннон чегараси»дан ошиб кета олмайди, ахборот узатиш тезлиги назарий чегарага яқинлашганда узатиладиган маълумотни кодлаш усули сезиларли мураккаблаштиришни талаб этади.

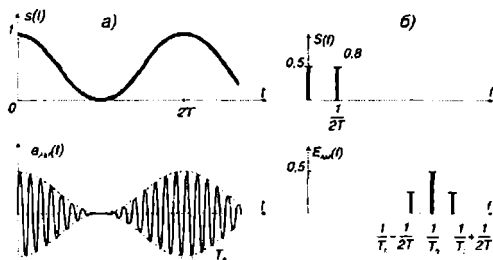
Шеннон формуласи ва «Найквист тўсиғи»дан ўтиш принципи – сигнал қувватининг шовқин қувватига нисбатини кўтаришни тақозо қилади. Бу нисбат қанча катта бўлса, шун-

чалик кам полосада маълумот узатиш мумкин. Чегарадан чиқишнинг аниқ усули кўп позицияли (кўп сатҳли) сигналга, узатилган катта қувватли сигнал орқали қабул қилинган сигналнинг маълум қийматида хато эҳтимоллигини оширишга ҳеч қандай шубҳасиз, ўтишдир. Лекин ўтказиш имконияти сигнал қувватига логарифмик боғлиқ, шу сабабли «Найквист тўсиғи»дан ўтиш етарли қийин масала (талаб қилинган сигнал қуввати маълумот узатиш тезлигига функционал боғлиқ ва у экспоненциал қонун бўйича ўсади).

Профессор Л.М. Финк ўзини «Сигналлар, ҳалқалар, ҳатолар» китобида алоқа техникасидаги «Найквист тўсиғи» ни авиациядаги «овоз тўсиғи» билан таққослайди. Овоз тезлигига етишиш ва ундан ошишда олим ва мутахассисларни ўн йиллаб қилган меҳнатлари натижаси бўлди. Агар алоқа соҳасида ҳам шу ҳаракат давом этса, тўсиқдан ўтиш реал ҳолатга айланади. Бу мулоҳазага биноан Шеннон чегарасини ёруғлик тезлиги билан таққосласа бўлади.



80-расм. Кўп позицияли сигнал ишлатилганда мумкин бўлган кўзсимон диаграмма.



81-расм. Амплитуда модуляциялаш принципини тушуқтириш учун. Модуляцияловчи сигнал(а) ва уни спектри(б); Модуляцияланган тебраниш(в) ва уни спектри(г).

6.3.4. Кўп позицияли сигналлар

79-расмда тўрт позициялик сигнални ташкил бўлиши кўрсатилган. S_1 сигналидаги қўшни жуфт иккилик маълумот (79а-расм), S_2 сигнали ишғол қилган тўрт сатҳ бирига тўғри келади. 00 жуфтлик 0 сатҳга, 01 жуфтлик – 1 сатҳга, 10 жуфтлик – 2 сатҳга ва 11 жуфтлик – 3 сатҳга тўғри келади.

Ташкил бўлган S_2 сигнал ўзгариши икки баробар сийрак ва уни узатиш учун икки баробар кам частоталар полосаси талаб қилинади, натижада тўрт позицияли сигнал ишлатилиши солиштирма узатиш тезлигини икки марта кўпайтиради. 80-расмда тўрт позицияли сигнал ишлатилганда мумкин бўлган кўзсимон диаграмма келтирилган. Лекин шуни унутмаслик керак, кўп позицияли сигнал узатиш учун сигнални кўп қуввати сарфланади.

6.3.5. Модуляция ишлатиб, маълумот узатиш

Кўп алоқа каналлари частоталар ўтказиш полосаси юқори ва пастдан кескин чегараланган. Шунинг учун, узатиладиган сигналларнинг шундай трансформация қилиш керакки, фақат унинг спектрини асосий қисми канал полосасига тушсин. Буни бажариш усули модуляция бўлиб, бу жараён натижасида элитувчи тебраниш кўрсаткичлари узатилаётган маълумот сигнали таъсирида ўзгаради. Агар элитувчи сифатида гармоник тебраниш ишлатилса, уч турли модуляция амалга ошириш мумкин, маълумот сигнали таъсири натижасида элитувчи тебраниш амплитудаси, частотаси ва фазаси ўзгаради.

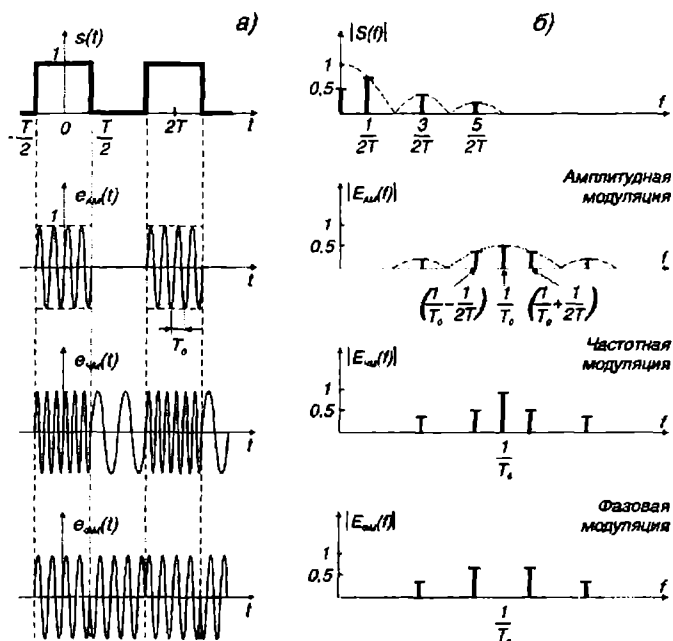
6.3.6. Амплитудавий модуляция

Амплитудавий модуляция принципи 81-расмда намоён қилинган. Маълумот сигналларига мутаносиб юқори частота амплитудаси ўзгаради.

Модуляцияловчи сигнал гармоник шаклда бўлганда модуляцияланган тебраниш спектрида уч ташкил қилувчи юзага келади: элитувчи аталмиш марказий, элитувчидан модуляцияловчи сигнал частотасига тенг чап ва ўнг томонда жойлашган икки ён қисм. Шундай қилиб, модуляцияланган тебраниш спектрини кенглиги, модуляция қилувчи сигнал спектрини иккиланганига тенг.

Ҳақиқатан ҳам ён қисмлар мавжудми? Ўтган асрнинг 30-йиллари ён частоталар борлигига йирик инженерлар ҳам, улар орасида вакуумли диодни ихтирочиси Флеменг ҳам, ишончсиз

караганлар. Албатта, улар тригонометрия формулаларини рад этмаган ҳолда, фақат тригонометрия айлантиришлар математик ифодаланишни бир кўриниши ва реал ён частоталар борлигини исботламайди деб билганлар. Уларни фикрича, амплитудавий модуляцияланган тебранишнинг амплитудаси ўзгариб, тебраниш гармоник ҳолатини сақлайди, демак, модуляцияланган тебраниш частоталар полосаси нолга тенг деб тушунганлар. Бу, албатта абстракт қизиқиш бўлмасдан, модуляцияланган тебраниш спектр кенглиги қанча бўлишига қараб частоталар диапозонида қанча радиостанция жойлаштириш аниқланади.



82-расм. Элитувчи тебранишни тўғри бурчакли импульс билан модуляциялаш.

Агар қабул қилувчиларни ажратиш қобилияти юқори бўлиб, модуляцияланган сигнал спектр кенглиги ноль деб олинганда, хоҳлаган частоталар диапозонида хоҳлаганча радиостанция, бир-бирига халақит қилмаган ҳолда жойлаштириш мумкин бўлади. Тебраниш назариясини яратган, рус олими

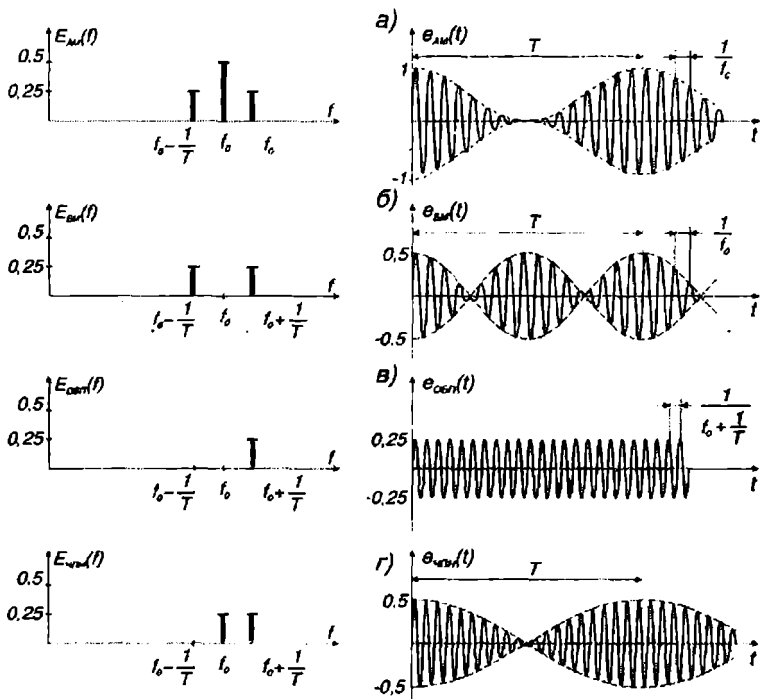
Л.М.Мандельштам билан 1930 йили бу тўғрисида муҳокама ва баҳслар жараёнида у тилсимон частота ўлчовчи ёрдамида ўтказган тажрибаси модуляцияланган тебранишда ён қисмлари ҳақиқатан борлиги исботланди. Ўтказилган тажриба мазмуни шундаки, масалан ($1/T_0 - 1/2T$) ва ($1/T_0 + 1/2T$) частоталарга таъсирчан камертон олиб, уларга модуляцияланган. Сигнал берилганда, улар тебрана бошлайди. Математик абстракция (ён қисмига тенг частота билан тебраниш), бу тебранишни сезувчи физик қурилма бўлганда, физик абстракцияга айланади.

Умуман, синчиклаб чизмаларни анализ қилинса, модуляцияланган тебраниш модуляцияловчи сигнал частоталаридан кам частота полосасини ишғол қилиши мумкин.

Хоҳланган даврий сигнал спектри дискретдир, частоталар орасидаги масофа частота қайтарилишига тенг. Агар тебраниш гармоник шаклли бўлмаса, у ҳолда уни спектри бирдан ортиқ ташкил қилувчидан иборат (бўлмаганда иккита бўлиши керак) бўлиб, улар нолдан фарқланувчи частоталар ташкил топади ва спектр кенглиги частоталар қайтарилишидан кам бўлмайди. 82-расмда келтирилган тебраниш такрорланувчи бўлиб (такрорланиш даври модуляцияловчи сигнал даври билан аниқланади), лекин шакли гармоник функция орқали таърифланмайди. Демак, модуляцияланган тебраниш спектрини кенглиги модуляцияловчи сигнал частотасидан кам бўла олмайди.

82-расмда мисол сифатида тўғрибурчакли импульс билан модуляцияланган тебранишлар келтирилган. Маълумот «ноль» ва «бир» кетма-кетлигидан тузилган ва узатилиш тезлиги $1/T$ деб тахмин қиламиз. Расмни чап қисмида модуляцияловчи сигнални ўзи ва амплитудавий (АМ), частотавий (ЧМ) ҳамда фазавий (ФМ) модуляцияланган тебранишлар кўриниши келтирилган. Вақтни ($T/2$, $3T/2$, $5T/2$...) пайтларида элитувчи тебранишлар тегишли амплитудаси, частотаси ва фазаси кескин (сакраб) ўзгаради. Ўнг тарафда, уларни ҳисобланган модуляцияловчи сигнали ва модуляцияланган тебранишлари спектрлари келтирилган. Улардан кўринадики, модуляцияланган тебранишлар спектрининг элитувчи атрофида модуляцияловчи сигнал спектри билан боғлиқ бутун ён полосалар жойлашган. Амплитудавий модуляцияланганда юқори ён полосаси, частота

ўқи бўйича силжитилган модуляцияловчи сигнал спектрини нусхаси, пасткиси эса унинг акс нусхасини ташкил қилади. Частотавий модуляция учун модуляцияловчи сигнал ва модуляцияланган тебраниш спектри ён қисми орасидаги боғлиқлик мураккаб. Шунга тақдирлаш мумкинки, модуляцияланган тебраниш спектри назарий чексиздир.

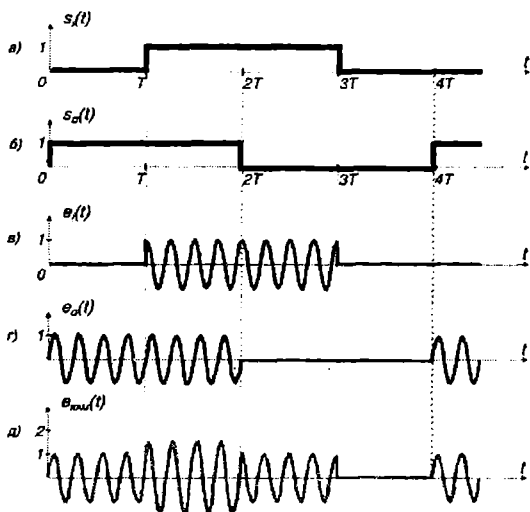


83-расм. Амплитудавий модуляцияни нафлигини ошириш йўллари кўрсатувчи чизмалар.

6.3.7. Амплитудавий, частотавий, фазовий модуляция

Агар модуляцияловчи сигнал спектрини чекловчи чора кўрилса (бирламчи частота полосасида узатишдек) ва жуда чуқур частотавий ва фазовий модуляция ишлатилмаса (алоқа техникасидаги — бирдан ошмайдиган модуляция индекси кўлланса), унда модуляцияланган тебранишлар спектр кенглиги

тахминан узатилаётган маълумот импульсини такрорланиш частотасини икки каррасига тенг бўлади, яъни $2/T$. Булардан кўринадики, икки ён полосани мавжудлиги маълумот узатиш солиштирма тезлиги, модуляция ишлатилганда, бирламчи частота полосасидагига қараганда икки баробар кам.



84-расм. Квадратли модуляция.

6.3.8. Балансли, бирполосали, ён полосаси қисман бостирилган модуляция

Юқорида келтирилган модуляция усуллари ишлатилганда икки ён полоса узатилиши нурланувчи частота полоса тежамсиз ишлатилаётганини кўрамиз, чунки ҳар бир ён полоса модуляцияловчи сигнал тўғрисида тўлиқ ахборотни ўз ичига олади. Амплитудавий модуляция камчилигига элитувчи частота учун сарфланаётган тежамсиз қувватни кўрсатиш мумкин.

83-расмда амплитудавий модуляциянинг юқори тежамли тури келтирилган. Узатувчи талаб этилган қувватни камайтириш учун биринчи навбатда элитувчи тебранишдан қутилишга ҳаракат қилиш керак. Бундай модуляция *балансли* деб аталади. 83а ва 83б расмларни солиштириш кўрсатадики, элитувчи тебранишдан қутилишда эгловчини кўриниши

кескин ўзгаради, яъни у модуляцияловчи сигнални ифода-
лолмас даражасига етади. Бу ҳолат модуляцияланган тебра-
нишни қабул қилингандан сўнг модуляцияловчи сигнални
ажратишни – детекторлашни мураккаблаштиради. Шунингдек,
пастки ён полосани ҳам олиб ташланса (бир ён полосали
модуляция олинади), унда частоталар полосаси ва узатувчи
куватни тежамли ишлатилишига эришиш намоён бўлади,
аммо модуляцияланган тебраниш ўрнига юқори ён частотага
тенг гармоник частота олинади. Бундай тебранишни детек-
торлаш учун модуляцияловчи сигнални амплитудаси ва
частотасини аниқлаш керак бўлади. Бунда модуляцияловчи
сигнал частотасини аниқлаш энг катта муаммо туғдиради,
чунки элитувчи тебраниш частотасини билиш керак. Муам-
мони ечишнинг бир неча йўллари мавжуд. Масалан, қўшимча
амплитудаси ўта кам бўлган элитувчи частота тебранишини
доимий узатиш (учувчи сигнал аталмиш кўринишда). Бу ҳолат
83г-расмда келтирилган. Энди қабул қилинган тебраниш
модуляцияланган ҳолга келади, аммо уни детекторлаш мурак-
каблашади. Элитувчи тебранишни, шунингдек, даврий узатиш
орқали бу «портлаш» кўринишли тебраниш қабул қилиш
нуктасида элитувчи частота генераторини синхронлаши мум-
кин (рангли телевидение тизимида ранглилик куйи элитув-
чисини частота ва фазаси шундай узатилади). Бундай детек-
торлашни мураккаблаштириш, эришилган частота полосасини
тежамли ишлатиш билан ўзини оқлайди, бу усулда маълумот
узатишнинг солиштирма тезлиги икки баробар ўсади ва бир-
ламчи частота полосасида узатиш солиштирма тезлигига тенг
бўлади.

Бундай модуляциялаш усулининг турли кўринишлари мав-
жуд, улардан телевидениеда қисман элитувчини бостириб
модуляциялаш ва ён полосанинг бир қисмини бостириш кенг
қўлланилади (аналог телевидениеда шу усул билан модуля-
цияланиб эфирга узатилади). Қисман ён полоса бостириш АҚШ
да қабул қилинган ATSC рақамли телевидение тизимида ўз
ифодасини топган.

6.3.9. Квадратли модуляция

Квадратли модуляция яккаю-ягона частота полосасида ик-
ки модуляцияланган тебраниш узатилади, унда элитувчи тебра-

нишлар ортогонал ва квадратли (частоталари бир хил, фазалари 90° силжиган, бу «квадратура» маъносини англатади). Бундай модуляция маълумот узатиш тезлигини одатдаги икки полосали модуляцияга нисбатан кўтаради. 84-расмда квадратли модуляциянинг вақт диаграммаси келтирилган. Бирламчи узатувчи маълумот икки S_I ва S_Q оқимга ажратилади (84а ва 84б-расмлар). S_Q сигнали синусоидал элитувчи тебраниш ва S_I эса косинусоидал элитувчи тебранишни модуляциялайди (84в ва 84г-расм). Сўнг икки модуляцияланган сигналлар кўшилади, натижада ягона квадратли модуляция тебраниши юзага келади (84д-расм). Кўриниб турибдики, модуляция мураккаб: T ва $2T$ пайтларда амплитудани ва фазани сакраши кузатилади.

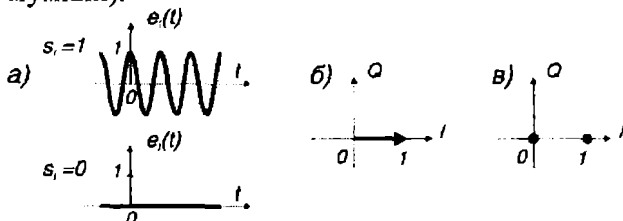
Квадратли модуляцияланган тебраниш спектрини кенглиги $1/T$ га тенг, яъни ягона маълумот сигнали билан модуляцияланган $1/T$ узатиш тезлигидаги оддий АМ тебранишга қараганда спектр кенглиги икки баробар кам.

Икки модуляцияловчи S_I ва S_Q сигналларини қабул қилингандан сўнг детекторлаб ажратиб олиш мумкинми? Унда принциал имконият мавжуд ва амалда икки синхрон детектор ёрдамида бажарилади, чунки квадратли элитувчилар ортогоналлиги сабабли, уларни ўртача (вақт бўйича) кўпайтмаси нолга тенг. Синхрон детекторда квадратли модуляцияланган тебраниш косинусоидал сигналга кўпайтирилади ва кўпайтма натижаси вақт бўйича ўрталаштирилади. Натижада квадратли (S_Q) бостирилади ва синфазали эгилувчи (S_I) ажратилади. Худди шунга ўхшаш квадратли модуляцияланган тебранишнинг элитувчи S_Q компоненти ажратилади. Шуни таъкидлаш лозимки, аналог рангли телевидение NTSC ва PAL тизимларида икки айирма ранг сигнали билан рангнинг қуйи элитувчиси модуляциялашда квадратли модуляция ишлатилади.

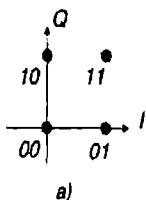
6.3.10. QAM, QPSK модуляциялар

Квадратурали амплитудавий модуляция (QAM) ва квадратура-фазавий манипуляция (QPSK). Модуляцияланган тебранишларни вектор диаграммаси кўринишида ифодалаш кулай. 85-расмда бир ва ноль кўринишли узатиладиган иккилик

маълумотини тегишлича икки вақт диаграммасида келтирилган. Ҳамма ахборот икки вектор билан комплекс юзада тасвирланган (улардан бири бу мисолда нолга тенг) (Юзада комплекс векторларни тебраниш частотасига баробар частота билан айлантиришда, уни ҳақиқий ўққа проекцияси моддий сигнални беради, агар ҳамма юза тескари томонга айланишини фикран тасавур қилинса, унда векторни ҳаракатсиз тасвирлаш мумкин).



85-расм. Иккилик маълум вақт диаграммаси ва уни вектор орқали белгилаш.



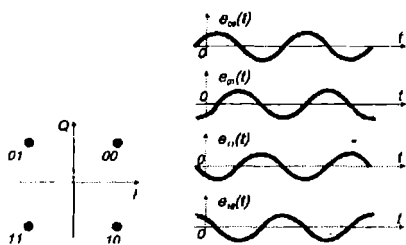
| | | |
|----------------------|----|----|
| $s_q \backslash s_i$ | 0 | 1 |
| 0 | 00 | 01 |
| 1 | 10 | 11 |

б)

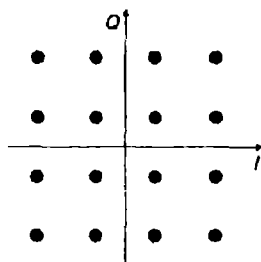
86-расм. Квадрат модуляцияланган (84-расм) тебранишнинг вектор кўриниши.

Моддий ва мавҳум ўқларни I ва Q тегишлича белгиланса, унда диаграммада икки тебраниш вектори

ўрнига нуқта кўринишда ифодалаш мумкин. Бундай усул мураккаб модуляциялар тебранишини кўрсатишга қулайдир.



87-расм. QAM модуляция.



88-расм. 16 позицияли квадратли модуляцияланган сигнал вектор кўринишида.

84-расмда тасвирланган квадратли модуляцияланган тебраниш вектор шаклида 86-расмда келтирилган. Бундан кўринадики, комплекс юза худудидан нафли фойдаланилмайди фақат бир квадрант ишғол. 87-расмда квадратли модуляцияланган тебраниш (QAM – Quadrature Amplitude Modulation) кўрсатилган унда векторлар икки квадратли модуляцияланган компонентлари, шунингдек, 4 нуқта ишғол қилган, фақат 4 квадрантда, бу эса модуляция тизимида халақитбардошликни оширади.

6.3.11. OFDM модуляция

Янги таклиф қилинган модуляция услубини янги тури-ортогонал элитувчили частота бўйича зичлаштирилган (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) модуляциялаш. Квадратли модуляцияга ўхшаш, бу услуб ортогонал элитувчи ишлатади, лекин квадратли модуляциядан фарқлироқ элитувчи частоталар бир хил эмас, улар модуляция йўли билан узатиладиган маълумотлар частота диапазони айлани айрим худудида жойлашган. Элитувчи частоталар куйидаги тенгликдан аниқланади:

$$e_n(t) = \cos(2\pi(f_0 + n/T_s)t) \quad (6.10)$$

f_0 – частоталарни зичлаштириш бажариладиган ораликни боши;

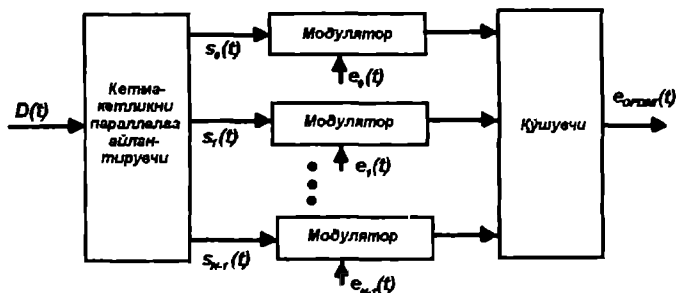
n – 0 дан $N-1$ гача диапазонда бўлиши мумкин бўлган элитувчи номери, яъни N – элитувчиларни ҳаммаси;

T_s – бир белгини узатиш оралиғини давомийлиги.

Тригонометрия қоидаларини қўллаб, бу тебранишлар ҳақиқатан ортогонал эканликларини исботлаш унча қийин эмас, яъни квадратли модуляциядек ўртача кўпайтмаси нолга тенг, бу эса қабул қилиш тарафда ён полосалари қиймати бир-бирини устига тушганда ҳам уларни ажратиш олиш мумкинлигини англатади.

89-расмда частоталарни зичлаб модуляциялаш принципи намоён қилинган. Бирламчи маълумот сигнали N алоҳида оқимга бўлиниб, параллел ҳолатга келтирилади. Ҳар бир параллел сигналлар ўзини модуляторига тушади, унда N ортогонал

элитувчидан бири модуляцияланади (юқорида зикр қилинган турлардан бири ишлатилиб). Модуляцияланган ортогонал тебранишлар қўшилиб OFDM сигнали юзага келади. OFDM модуляция усулининг афзаллиги элитувчи сони катта бўлгандагина намоён бўлади. Масалан, агар элитувчи 8000 олинса, унда маълумотлар тезлиги ҳар бир элитувчини модуляцияловчи сигнал учун 8000 марта кам бўлади.



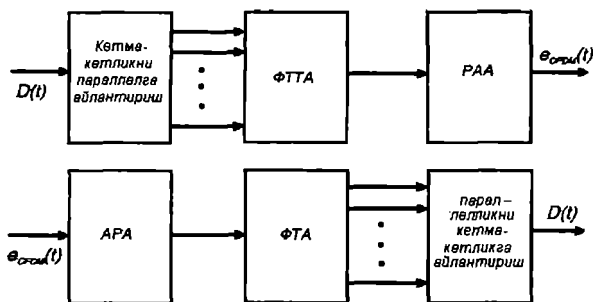
89-расм. Частота бўйича зичлаштирувчи модуляция амалга ошириш учун схема.

Демак, бир белгини узатиш давомийлиги 8000 марта узаяди (тўғри, бунда импульс мураккаб кўринишга келади). Натижада, ёнма-ён белгилар узатилаётганда улар орасига ҳимоя оралиғи киритиш имконияти туғилади, бу эса белгилараро бузилиш билан курашиш имкониятини беради (90-расм).

Юқорида зикр қилинган шартларни қондирувчи, турли частотали гармоник тебранишларни бирор коэффициентга кўпайтириш ва бу олинган кўпайтмаларни қўшиш - Фурье тескари айлантириб ҳисоблашни ўзидир (90-расмда белгиланган ФТТА- Фурье тескари тез айлантириш), бунда ҳисоблаш учун коэффициентлар параллелланган маълумотлар оқимидир.

Ҳамма ҳисоблаш рақамли шаклда бажарилгани сабабли, уни чиқишида рақамни аналогга айлантиргич ишлатилади. Демодуляция Фурье тўғри тез айлантириш асосида бажарилади. (ФТА- Фурье тез айлантириш). Табиий, уни киришида аналогни рақамга айлантирувчи туриши керак. OFDM модуля-

ция рақамли эшитириш ва рақамли телевидение тизимларида бугун кенг тарқалган.



90-расм. OFDM ни амалга оширишда Фурье тез айлантиришни ишлатилиши.

6.4. РАҚАМЛИ ТЕЛЕВИДЕНИЕ АСОСЛАРИ

Рақамли телевидение телевизион техниканинг бир йўналиши бўлиб, унда ТВ сигналга ишлов бериш, консервация ва узатиш уни рақамли шаклга келтириш орқали амалга оширилади. Рақамли телевизион тизимни икки турга ажратиш мумкин. Тизимнинг биринчи турида тўлиқ рақамли, яъни узатилаётган тасвирни рақамли сигналга айлантириш ва рақамли сигнални тасвирга айлантириш қабул қилгичнинг пардасида тўғридан-тўғри ёруғликни сигналга ва сигнални ёруғликка айлантиргичларда бевосита амалга оширилади. Тасвирни узатиш трактининг бутун йўлида сигнал фақат рақамли шаклда. Келажакда бундай айлантиргичларни яратиш учун реал имконият мавжуд.

Аммо бугунги кунда бундай айлантиргичлар мавжуд бўлмаганлиги сабабли, рақамли ТВ тизими иккинчи турига биноан ташкил қилинмоқда. Бундай тизимда датчиклардан олинган аналог ТВ сигнални рақам шаклига айлантириш ва сўнг керакли ишлов бериш, узатиш ёки консервациялаш бажарилади. Тасвирни тиклаш учун яна аналог шаклига айлантирилади. Бу

тизимда мавжуд аналог сигналли датчиклар ва сигнални ёруғликка айлантиргичлар ишлатилади. Бу тизимларда рақамли телевизион трактнинг киришига аналог ТВ сигнал туширилади, сўнг у кодланади, яъни рақамли шаклга айлантирилади. Айлантириш жараёни ўз ичига дискретлаш, квантлаш ва тўғридан-тўғри кодлаш комплекс операцияларни олади.

Дискретизация – бу $u(t)$ узлуксиз аналог ТВ сигнални, вақт давомида кетма-кет жойлашган импульслар кетма-кетлигига алмаштириш. Теоремасига асосланган доимий даврли бир текис дискретлаш энг кенг тарқалган. Ушбу теоремага биноан, чекланган частота спектрли $u(t)$ узлуксиз сигнал (91-расм) $t_n = nT$ вақтнинг дискрет оралиқларида ҳисобларнинг $u(t_n)$ қийматлари билан ифодаланadi (91б- расм), бу ерда, $n = 1, 2, 3$ – бутун сонлар, T – Котельников теоремасига биноан олинган давр ёки дискретланиш оралиғи ($T = 1/2f_c$). Бу ерда f_c - $u(t)$ бирламчи сигнал спектрининг максимал частотаси. Дискретлаш даврининг тескари қиймати **дискретлаш частотаси** деб аталади. $f_d = 2f_c$ рухсат этилган минимал дискретлаш частотаси. Котельников - теоремага биноан $u(t)$ узлуксиз сигнални дискрет қийматлар йиғиндиси билан алмаштириш аналитик ифодаси:

$$u(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} u(nT) \frac{\sin 2\pi f_c(t - nT)}{2\pi f_c(t - nT)} \quad (6.11)$$

$u(nT)$ ҳисоблар δ импульслардан (чексиз қисқа) иборат деб тахмин қилинади. (6.11)-га биноан $u(nT)$ ҳисоблардан бирламчи $u(t)$ аналог сигнални тиклаш учун ҳисоблар идеал паст частота фильтри (ПЧФ) чегаравий частотаси f_c бўлган) ўтказилади. Бунда $[\sin 2\pi f_c(t - nT) / 2\pi f_c(t - nT)]$ нисбат, $u(nT)$ бирламчи импульснинг шундай фильтра реакциясини ифодалайди.

Аналог сигнални рақамли шаклга айлантиришда дискретлашдан сўнг квантлаш амали бажарилади. **Квантлаш** – дискретлаш натижасида олинган ҳисобларни, амплитуда бўйича белгиланган қатор сатҳлардан бирорта ўзига яқин қийматлар билан алмаштиришдир (91в-расм). Квантлашда $u(t)$ сигналнинг

сатҳи вақт бўйича эмас, балки амплитудаси бўйича амалга оширилади.

Рухсат этилган сатҳлар *квантлаш сатҳи* деб аталади. Икки қушни квантлаш сатҳи оралиғи *квантлаш қадами* деб аталади ва у *квантлаш шкаласини* ташкил қилади. Квантлашда танланган усулда биноан квантлаш шкаласи *чизиқли* ёки *ночизиқли* бўлиши мумкин. Олинадиган ҳисобни бу ёки у (юқори ёки пастки) сатҳгача яқинлаштириб яхлитлаш *квантлаш чегараси* ҳолати билан аниқланади.

Бирор тасвири унинг квантланган қиймат билан алмаштириб қайта тиклаб кўришда сифатини сақлаш, тизимнинг контраст (ва ранг) сезгирлигини чекланганлиги орқали аниқланади. Кўзни контраст сезгирлиги олдинги бобда кўриб чиқилган.

Дискретланган ва квантланган сигналнинг ўзи рақамлар билан белгиланади. Дискрет импульслар амплитудаси бирламчи сигнал динамик диапазон оралиғида қатор белгиланган қийматларга эга. Рақамли сигнални халақитдан ҳимоясини ошириш учун уни иккиламчи шаклга келтириш, яъни сигнал сатҳининг ҳар бир қийматини иккиламчи саноқ тизимида ёзиш маъқул.

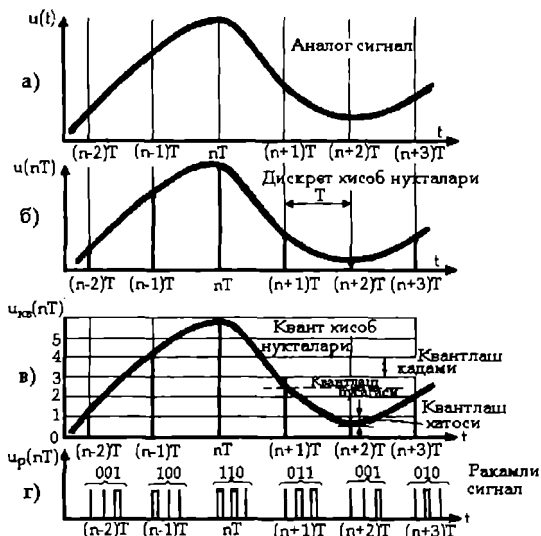
Бунда сатҳ қиймати (номери) 0 ёки 1 иккилик код комбинациясига айланади (91г-расм). Бу охириги учинчи амал $u(t)$ аналог сигнални $u_p(nT)$ рақамга айлантиришни сўнгги жараёни, *кодлаш операцияси* деб аталади.

Кодлаш натижасида - $u_{kb}(nT)$ квантланган сатҳни, унга мос код комбинацияси билан алмаштирилади. ТВ сигнални кодлашнинг энг кенг тарқалган усули уни дискретланган ва квантланган рақамларни иккилик кодда ёзишдир.

Бу услуб импульс-код модуляцияси (ИКМ) номини олган. 91г-расмда $u(t)$ бирламчи сигналнинг бир қисмини учинчи даражали иккилик код комбинацияга айлантирилган қатор келтирилган.

Кўп ҳолларда ҳамма келтирилган операциялар — дискретлаш, квантлаш ва кодлаш - қисқа *телевизион сигнални кодлаш* деб аталади ва яъни бу операцияларнинг ҳаммаси *аналог сигнални рақамга алмаштиргич* (АРА)да бажа-

рилади. Рақамли сигнални аналог сигналга айлантириш рақамни аналог сигналига айлантиргичда (РАА) амалга оширилади. Бундай айлантиргичлар рақамли узатиш, сақлаш ва тасвирга ишлов бериш тизимларида, албатта, мавжуд қисмлардир.



91-расм. Аналог сигнални рақам шакли.

Телевизион сигнал бевосита ИКМ услуби билан кодланганида, код комбинациялари частотаси ҳисоб частотасига, яъни сигнални дискретлаш f_d частотасига тенг. Ҳар бир код комбинацияси аниқ олинган рақамга тааллуқли ва қатор иккилик k символлардан (битлардан) иборат.

Телевизион сигнални рақам шаклида узатиш тезлиги дискретизация частотаси f_d нинг ва бир дискрет ҳисобда олинган иккилик символлар сонининг кўпайтмасига тенг.

$$V = f_d k \quad (6.12)$$

Агар ТВ сигналнинг юқори чегара частотаси 6 Мгц бўлса, унда дискретлашнинг минимал частотаси, Котельников - теоремасига биноан минимум 12 Мгц тенг бўлиши керак. Одатда, минимал мумкин бўлган қийматидан юқори олинади. Бу турли

телевизион стандартларда рақамли ТВ сигнални унификация қилиш билан боғлиқ. Масалан, студия рақамли қурилмаси учун ҳамма стандартларда дискретлаш частотаси $f_0=13,5$ МГц этиб тавсия қилинган.

Код комбинациясида бир ҳисоб иккилик символлари сони k , квантлаш сатҳ сони m орқали қуйидагича аниқланади

$$k = \log_2 m \approx 3,31 \lg m \quad (6.13)$$

Сигналнинг квантлаш сатҳи сони кўз илғайдиган равшанлик градациясининг максимал сонидан кам олинмайди, у кузатиш шароитига қараб камида 100....200 оралиғида бўлиши мумкин. Бунда

$$k = 3,31 \lg m = 3,31 \lg (100 \dots 200) \approx 6,6 \dots 7,6.$$

Код комбинацияда символлар сони фақат бутун бўлиши керак, демак, код комбинацияларининг элементлар (1,0) сони $k=7$ ёки 8 бўлиши керак. Биринчи ҳолда код комбинацияси имконли **128** сигнал сатҳи (равшанлик градацияси) дан иборат ахборот ташиши мумкин. Иккинчи ҳолда эса (тасвирни юқори сифатли узатиш) $m = 2^8 = 256$ га тенг.

Агар, $k=8$ деб қабул қилсак, у ҳолда (6.13) - биноан ахборот узатиш тезлиги $V = f_0 k = 13,5 \times 8 = 108$ Мбит/с га тенг бўлади.

Равшанлик сигналидан ташқари, ранг тўғрисида ахборот узатилиши ҳисобга олинганда, ИКМ услубида шаклландиган умумий рақамли сигнал оқими икки баробар кўпайиб 216 Мбит/с га тенг бўлади. Демак, ТВ сигнал ўзгартиргичлари ва алоқа канали шундай катта тезликка мослашган бўлиши керак. Иқтисодий ва техник томондан қаралганда, бу қадар катта рақамли оқимни алоқа канали орқали узатиш катта муаммо туғдиради. Тежамли ТВ тизимни яратишда ТВ хабарни «сиқиш» долзарб масала ҳисобланади.

Тасвир сифатини камайтирмасдан рақамли сигнал оқимни камайтириш имконияти мавжуд. Бунга асос ТВ тасвирда маълум ахборот ортиқлигидир. Бу ахборот ортиқлигини, шартли равишда икки - статистик ва физиологик туркумга ажратиш мумкин. Статистик ахборот ортиқчилиги тасвирнинг хусусияти билан аниқланади. Унга биноан, тасвирда равшанликни ёйилиши тартибсиз бўлмасдан, балки алоҳида элементлар рашанлиги орасида боғлиқликни (корреляция)

белгиловчи қонунга биноан таърифланишидир. Боғлиқликни тасвир қўшни элементлари орасида (фазо ва вақт бўйича) ўта кучли. Корреляция билиш ТВ сигналининг ортиқча қисмларидан қутулишга, бир маълумотни қайта-қайта узатмасдан, уларни қисқартириб рақамли сигнал оқимини камайтириш имкониятини беради.

Иккинчи тури - ТВ сигналларнинг физиологик ортиқчалик, кўзнинг имконияти чекланганлиги билан боғлиқ. Физиологик ортиқчиликдан фойдаланиш, сигнал таркибида кўз кўра олмайдиган маълумотни узатмаслик.

ТВ тасвир ортиқчиликларини камайтириш орқали рақамли сигнал оқимини камайтириш рақамли телевидениеда ИКМ дан кучлироқ кодлаш усули қўллаш орқали бажарилади.

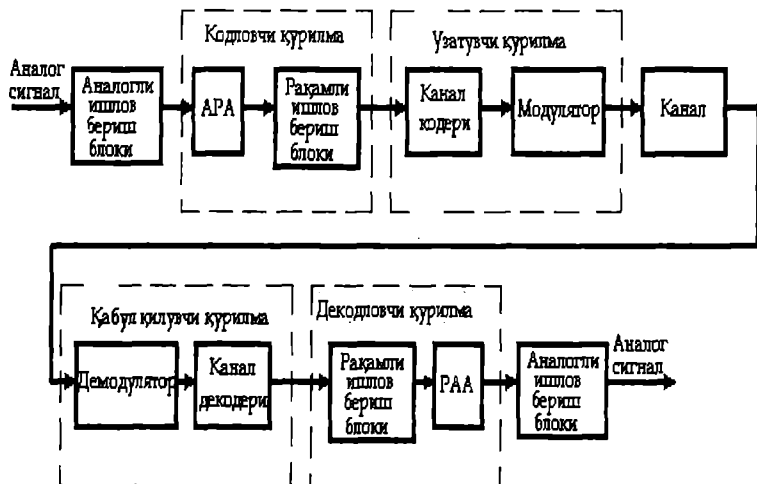
6.5. РАҚАМЛИ ТЕЛЕВИДЕНИЕ ТРАКТИНИНГ УМУМЛАШТИРИЛГАН ТУЗИЛИШ СХЕМАСИ

Рақамли шаклга ўзгартирилиши керак бўлган аналог сигнал рақамли ТВ тизимининг киришига берилади. Бу сигналга кейинги рақамли шаклга ўзгартирувчи қурилмалар ишини осонлаштириш учун, дастлабки ишлов берилади. Масалан, тўлиқ рангли сигнални, сигналга ишлов берувчи дастлабки қурилмада ёруғлик ва айирма ранг сигналларига ажратилади. Унинг чиқишда тасвир сифатини субъектив яхшилаш мақсадида, аналог сигналга коррекция (тузатиш) киритилиши мумкин. Дастлабки ишловдан сўнг аналог сигнал аналогни рақамга айлантиргич (АРА) киришига берилади. Аналог сигнал дискретланади, квантланади ва дастлабки кодлаш бажарилади. Сўнг сигнал каналнинг *кодловчи қурилмасига* тушади. Каналнинг кодловчи қурилмаси рақамли ТВ сигнални каналида мавжуд махсус халақитлардан ҳимоя қилиш учун мўлжалланган.

Ишлов бериб шакллантирилган рақамли сигнал узатувчи қурилма модуляторига ва сўнг алоқа канали орқали узатилади.

Қабул қилувчи қурилма орқали олинган сигнал демодуляцияланади, каналнинг *декодловчи қурилмасида* рақамли сигнални декодловчи қурилманинг *рақамли ишлов*

берувчи блокига узатилади. Бунда, узатувчи томонида сигналдан олиб ташланган ортиқчилик, қайта тикланади, сўнг рақамли аналог шаклга айлантиргичда (РАА) аналог сигналига айлантирилади. Агар узатувчи томонда аналог кўринишдаги сигналга аввалдан тузатиш критилган бўлса, қабул қилувчи томонида унинг тескари жараёни амалга оширилади.



92-расм. Рақамли телевидениенинг тизimini тузилишининг структуравий схемаси.

92-расмда рақамли телевидение тизими тузилишининг структуравий схемаси. Айрим ҳолларда қўйилган мақсадга қараб рақамли тизим тузилиши қисман ўзгариши мумкин. Масалан, ёруғликни-сигналга ва сигнални-ёруғликка айлантиргичлар тўғридан-тўғри рақамли сигнал генерация қилса ва тасвирни рақамли сигналдан тикласа, тизим умуман АРА ва РАА сиз бўлиши мумкин ёки бошқа бир ҳолда, алоқа каналида халақитлардан ҳимояни кучайтурувчи қурилма бўлмаслиги мумкин.

Масалан, сигнал узатиш масофаси қисқа бўлганда ёки телевизион марказ ичида сигналга рақамли ишлов берилганда. Бундай ҳолларда ТВ сигналидаги ортиқчаликни аниқловчи ва

рақамли сигнал оқимини камайтирувчи курилмаларига эҳтиёж қолмайди.

6.6. ТЕЛЕВИЗИОН СИГНАЛНИ ДИСКРЕТЛАШ

6.6.1. Умумий маълумот

Дискретлаш – аналог сигнални рақамли шакилга айлантиришда мажмуасининг биринчи босқичи ҳисобланади. Бирламчи $u(t)$ сигнал дискретлангандан сўнг, уни қуйидаги йиғинди кўринишида ифодалаш мумкин:

$$u(nT) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} u(t)\delta(t - nt), \quad (6.14)$$

бу ерда, $\delta(t)$ – дельта функция; T – дискретлаш даври.

Агар (6.14) устида Фурье алмаштириши амалга оширилса, у ҳолда

$$S_{\delta}(f) = \sum S(f - nf_{\delta}) \quad (6.15)$$

бўлади $S(f)$ ва $S_{\delta}(f)$ – навбати бўйича, бошланғич ва дискретланган функция спектрлари тегишлича.

(6.15)дан кўринадики, дискретланган сигнал спектри бошланғич ($n = 0$) ва "иккинчи даражали" (ёки қўшимча), лекин бир-бирига нисбатан сурилган f_{δ} , $2f_{\delta}$ спектрлар йиғиндисидан иборат (93-расм). Бошланғич сигналнинг спектрини, агар расмда кўрсатилгандек $f_{\delta} \geq 2f_{\text{ч}}$ ва $f_{\text{ч}} \leq f_{\text{нчф}} \leq f_{\delta} - f_{\text{ч}}$ шартлар бажарилса, $f_{\text{ч}}$ частотагача қисми, идеал паст частота фильтри (ПЧФ) ёрдамида ажратиб олиниши мумкин.

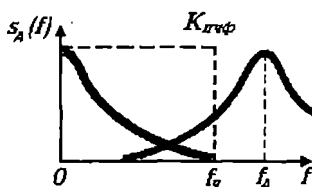
Агар дискретлаш частотаси шартга биноан $f_{\delta} < f_{\text{ч}}$ олинган бўлса, дискретлангандан сўнг ёрдамчи спектр асосийси қисман устига тушади, натижада бирламчи сигнални тўлиқ ажратиш имконияти бўлмайди (94-расм).

Лекин бугунги кунда ТВ сигнални дискретлашда шундай услуб ишлаб чиқилганки, у бошланғич сигнални тиклашда ортиқчаликдан қутилиш имкониятини беради. Натижада дискретлаш частотасини пасайтириш мумкин бўлади. Дискретлаш частотасини пасайтириш мутаносиб рақамли сигнал оқим

камайтиришга олиб келади. Бу рақамли телевидение тизимнинг янада ривожланишига имконият яратади.



93-расм. Сигнал дискретлангандан сўнгги спектри.



94-расм. $f_0 < 2f_4$ ҳолда спектрларнинг устма-уст тушиши.

Рақамли телевизион сигнални кодлаш учун асосан **дискретлаш доимий частотада** амалга оширилади. Дискретлаш частотаси кадр ва сатр частоталари билан боғланган ва боғланмаган бўлиши мумкин. Мустақкам алоқа таъминланганда, тасвирнинг бирдан бир элементи учун сатрдаги ҳисоблар сони доимий бўлади. Натижада тасвирда қайд қилинган ҳисоблар тузилиши (дискретизация тузилиши) юзага келади.

6.6.2. Дискретлашнинг ортогонал тузилиши

Агар сигналда ҳисоб частотаси сатр частотасига қаррали қилиб олинса, тасвирда дискретланишнинг ортогонал тузилиши ҳосил бўлади. Унда, ҳисоблар тўғри бурчакли катакларнинг тугунида жойлашади (95-расм).

Бундай ТВ нинг рақамли қурилмаларида дискретлаш услуби бугунги кунда кенг тарқалган.

Дискретлаш частотаси $f_0 = 2f_4$ га тенг бўлса, у ҳолда тасвирдаги элементлар сони унинг шартли элементлар сонига тенг бўлади (тахминан 300 минг). Элементлар сонини камайтириш шунга мос равишда ТВ тизимининг ажратиш қобилиятини камайтиради ва натижада тасвирнинг сифати ёмонлашади. Бунда кўз тасвирнинг ҳар турли равшанлигини бетартиб ёйилган ҳисоб тизимида тиклайди ва нуқтама-нуқта

тасвири таҳлил қилади. Амалда бундай эмас. Тасвирларда етарли статистик алоқа мавжуд, бизнинг кўриш аппаратимиз эволюцион юксалиш жараёнида унга кўниқиб кетган. Айрим ҳолларда, кўз анализатори рецепторлар тўпламидан (рецептор майдонидан) иборатлиги аниқланган бўлиб, улар тасвир катта элементлар гуруҳини кодлайди. Бу жараёнда фақат унинг ёруғлиги аниқламасдан, балки тасвири энг кўп ахборотли қисмини фонддан ажратиб, унинг шаклини (контурларини, кескин ёруғлик ўзгаришини) ажратади. Энг муҳими шундаки, кўзнинг бу хусусияти тасвири дискретлаш ёки халақитлар натижасида бўлакларга ажралиб кетганлигига қарамасдан, унинг контурини яхлит тиклай олади.

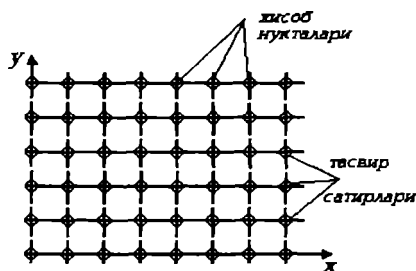
ТВ тизимда кўз анализаторининг ушбу хусусияти асосланган ҳолда, тасвир элементларнинг ҳаммасини узатишга ҳожат йўқлигини тасдиқлади. Яъни алоҳида шакллар ансамблини узатиш билан кифояланиш мумкин. Бу ҳолда, узатиш талаб қилинган элементлар сони стандартга қараганда камаяди.

Тасвирда ҳисобларни ортогонал тузилишда олишни оддий ТВ тасвир шаклидан (вертикал, горизонтал ёки оғдирилган чизик) фойдаланамиз (95-расм). Вертикал ёки горизонтал жойлашган кўшни чизиклар ораллигининг минимал масофаси дискретлаш қадамига тенг деб шарт қўямиз. Расмга биноан, диагонал бўйича мўлжалга олинган, оғдирилган контурда (95-расмдаги 3.4-чизиклар), вертикал ва горизонтал чизикларни кига қараганда кам элементлар жойлашган. Шунга қарамасдан, кўз нейрон тизимларининг юксаклиги туфайли, улар умумий диагонал чизик кўринишида тикланади, яъни чизиклар алоҳида элементларга ажралиб кетмайди ва сидирға бўлиб тикланади. Ортогонал тузилишидаги ҳисобда, оғдирилган чизиклар ораси, вертикал ва горизонтал чизикларга қараганда $\sqrt{2}$ баробар камлиги учун ортогонал тизимидаги диагонал йўналишдаги ҳисоб вертикал ва горизонтал йўналишникига қараганда кўпроқ ажратиш қобилиятига эга.

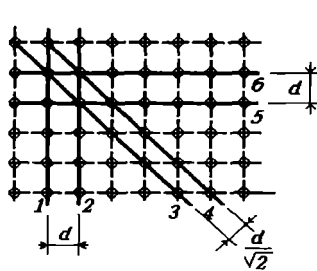
Шундай қилиб, дискретлашнинг ортогонал тузилиши қанчалик мукаммалиги равшан бўлди. Агар, кўзнинг ажратиш қобилияти анизотроплигини, яъни ҳар хил томонга бир хил эмаслигини ҳисобга олинса, унда вертикал ва горизонтал ўқлари бўйича максимал бўлиб, диагонал йўналиш бўйича ажратиш қобилиятидан тахминан 1,5 баробар юқорилигини тасдиқланади.

Шунинг учун, вертикал ва горизонтал йўналиш бўйича равшанлик нотекислиги устун бўлган тасвирларда кўзнинг статик мослашиши юзага келади.

Агар тасвирнинг ортогонал дискретлашда, дискретлаш қадами $f_d = 2f_c$ олинса, диагональ йўналиши бўйича тизимнинг ажратиш қобилияти сезиларли юқори бўлади. Бу ортиқликни дискретлаш частотасини камайтириш билан йўқотиш мумкин эмас, чунки у ҳолда энг муҳим вертикал ва горизонтал йўналиш бўйича тасвирнинг аниқлиги йўқотилади.



95-расм. Ортогонал тузилишда тузилишдаги дискретлаш.

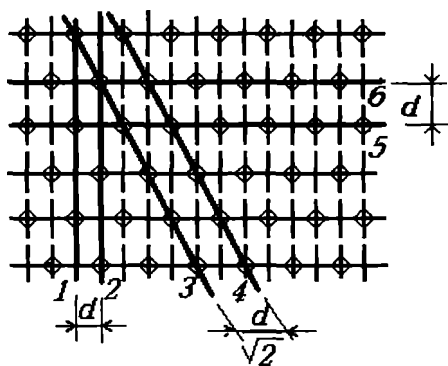


96-расм. Ортогонал дискретлашда тизимнинг ажратиш қобилиятини аниқлаш.

Юқоридагиларни эътиборга олган ҳолда мукаммаллаштирилган дискретлашнинг тузилишини кўриб чиқамиз.

6.6.3. Шахмат кўринишида дискретлаш

Аввалгига ўхшаб, тасвир элементлари сонини дискретлаш частотаси $f_d = 2f_c$ этиб оламиз. У ҳолда тасвирни ҳар бир элементига аниқ ҳисоб тўғри келади. Агар бу ҳисоб нуқталарини жойлаштиришда олдинги сатрга нисбатан кўшни сатрда дискретлаш қадамининг ярмига ($d/2$) силжиган бўлса (тасвир элементни ярим ўлчамига), у ҳолда ҳисоб нуқталари шахмат тузилишида жойлашади (97-расм). Бу тизилмага вертикал, горизонтал ва оққан чизиқлар чизамиз ва уларнинг тикланиши сифатини ва улар орасидаги минимал мумкин масофани баҳолаймиз.



97-расм. Шахмат тузилишидаги дискретлашда тизимнинг ажратиш қобилиятини аниқлаш.

Горизонтал 5 - ва 6 - чизиклар ортогонал тузилишдаги дискретлашдек (тасвир элементи) тикланади, яъни тасвир аслагамос алоҳида элементлар сонидан ташкил топади.

Улар орасидаги масофа ҳам ўзгармаган. У қўшни сатрлар орасидаги масофага тенг, яъни дискретлаш қадами d га тенг бўлади. Шундай қилиб, тизимнинг вертикал йўналишдаги ажратиш қобилияти олдингидек сақланган.

1- ва 2- вертикал чизиклар тузилиши эса 2 марта кам сонли элементлардан ташкил толгани сабабли дағал кўринишда тикланади. Лекин амалда кузатувчи вертикал контурнинг тикланишида сифат ўзгаришини сезмайди. Аммо тизимнинг ажратиш қобилияти горизонтал бўйича сезиларли кучаяди. Шахмат кўринишида дискретланганда қўшни вертикал чизиклар оралиғи тахминан икки барабар $d/2$ га камаяди. Диагонал йўналишда (3 ва 4 чизиклар) икки чизик оралиғи горизонтал йўналишга қараганда тахминан 1,8 баробар катта. Лекин кўзимизнинг ажратиш қобилияти ушбу йўналишда сезиларли даражада паст. Шахмат тузилишидаги дискретлаш кўз хусусиятлари билан яхши мослашган ва кўриш жараёнига катта таъсири бўлмаган йўналишларда ажратиш қобилиятини пасайтириш имкониятини беради, демак, кадрда умумий ҳисоб нуқталар сонини камайтириш, яъни дискретлаш частотасини пасайтириш мумкин.

Дискретлаш частотасини $2f_d$ дан паст олиш, дискретлашган сигналнинг асосий ва ёндаш спектрларини бир-бири устига тушишига сабаб бўлади. Демак, бирламчи сигнални бузилишларсиз аниқ тиклаш мумкин эмас. Лекин шахмат тузилишидаги дискретлашнинг айрим ҳолларида асосий ва қўшим-

ча спектрларнинг бир-бири устига тушиши натижасида юзага келадиган шовқинлардан қутилиш мумкин. Сигнал спектри сатр частотасига каррали частоталардан ҳамда улар атрофидаги кадр бўйича ёйилишдан ва тасвирдаги деталларнинг силжишидан юзага келган тор полосали ён частоталар гуруҳларидан иборат. Сатр частота гармоникасига тўғри келадиган спектр қисмларида сигналнинг максимал энергияси тўпланган, улар орасининг ўртасида минимуми ётади. Тасвирнинг мазмунига қараб максимумнинг минимумга нисбати 2...32 деб атрофида ётади. Дискретлашдан қўшимча ҳосил бўлган спектр тузилиши ҳам шунга ўхшаш. Шунинг учун дискретизация частотаси ярим сатр частотасига каррали бўлса, халақит энергиясининг таркиби бирламчи сигнал энергиясининг минимумига тўғри келади. 98-расмда узлуксиз чизик орқали асосий спектр максимал энергиясининг ёйилиши, штрих чизик орқали эса қўшимча спектр келтирилган.

Тароқсимон фильтр ёрдамида (f_0-f_v) дан f_v гача диапазондаги халақит қилувчи таркиби олиб ташланиши мумкин. Бунда тароқсимон фильтр шундай созланган бўлиши лозимки, унинг максимал сўндириши халақит частотага ва минимал сўндириши фойдали частотага тўғри келсин.

Ортогонал дискретлашда асосий ва қўшимча спектр максимал энергия таркиби бир-бири устига тушади, шунинг учун уни тароқсимон фильтр ёрдамида ажратиб бўлмайди. Тасвир сифатига унчалик зарар етказмасдан шахмат тузилишидаги дискретлаш ҳисоби олинганда, минимал рухсат этиладиган дискретлаш частотани 12 МГц дан 8...8,5 МГц гача пасайтириш мумкин. Бу рақамли оқимни камайтиришга имкон беради. Албатта, шахмат тузилишидаги дискретлаш халақитлардан холи эмас, улар равшанликнинг кескин тушган чегараларида ғадир-будурлик ва муар (икки ёки ундан кўп фазовий частоталарни боғланиши натижасида юзага келадиган тасвир) кўринишида намоён бўлади. Лекин ҳозирги вақтда бундай халақитларни минималлаштирувчи даврий ва фазовий фильтрлар ишлаб чиқилган.

6.7. ТЕЛЕВИЗИОН СИГНАЛНИ КВАНТЛАШ

Бирламчи сигнал $u(t)$ дискретлангандан сўнг, ҳисоблар $u(nT)$ ўз динамик диапазони чегарасида хоҳлаган қийматга эга бўлиши мумкин. 6.4-параграфда келтирилган таърифига биноан квантлаш операцияси натижасида $u(nT)$ нинг мумкин бўлган ҳар қандай қиймати рухсат этилган *квантлаш сатҳи* қийматларидан бири билан алмаштирилади. Мазмунан квантлаш операцияси аввал бошида сигналнинг ҳақиқий қиймати $u(t)$ билан унинг квантланган тахминий қиймати $u_{кв}(nT)$ ўртасида, албатта, хато юзага келиши тахмин қилинади. Бу хато $\Delta = u(nT) - u_{кв}(nT)$ -*квантлаш хатоси* деб аталади. Δ ҳатто сигнал ҳақиқий қиймати икки яқин квантлаш сатҳининг қайси бирига нисбатан (юқорисига ёки пасткисига) яхлитланишига боғлиқ. Квантлаш курилмасида, сигналнинг ҳақиқий қийматини танланган квантлаш сатҳи билан солиштириш натижасида, ушбу икки сатҳнинг бирини танлайди. Агар сигналнинг ҳақиқий қиймати квантлаш остонаси аталмиш, сатҳдан кам бўлса, у ҳолда ушбу ҳолатдан паст жойлашган энг яқин квантлаш сатҳига яхлитланади. Шундай қилиб, квантлашнинг максимал хатоси квантлаш бўсағалари унинг сатҳларидан ташкил топган квантлаш шкаласи ичида жойлашишига боғлиқ. Масалан, агар квантлаш бўсағалари квантлаш сатҳи билан бириктирилса, у ҳолда квантлаш хатоси ушбу икки сатҳ оралиғига, яъни *квантлаш қадамига* тенг бўлади. Агар квантлаш бўсағаси квантлаш сатҳларининг ўртасида жойлашса, квантлашнинг ўртача квадрат хатоси минимал бўлишини исботлаш қийин эмас.

Квантлаш хатоси, *квантлаш шовқини* деб ҳам аталади, у сигналнинг кодланиш хусусиятига қараб тасвирда турлича намоён бўлади. Агар аналог сигнал хусусий шовқини квантлаш қадамига нисбатан анча кам бўлса, квантлаш шовқини тасвирда сохта контур кўринишида намоён бўлади.

Квантлаш сатҳ сони етарли олинмаганида, яъни «дағал» квантланганда, бундай бузилишлар кўзга ташланади. У ҳолда равшанликнинг силлиқ ўзгариши зинапоя ўзгаришга айланади ва тасвирнинг сифати пасаяди. Йирик планли тасвирларда сох-

та контурлар яққол кўзга ташланади. Бу эффе́ктлар ҳаракатли тасвирларда кучаяди.

Тажрибалар шуни кўрсатадики, квантлаш сатҳлар сони 100 ... 200 дан ошса, сохта контурларни кўз илғамайди, яъни квантлаш шовқини сигнал қийматининг 0.5...1%дан ошмайди.

Бу кўрсаткичлар олдинги бобда кўриб чиқилган кўзнинг контраст сезгирлик тушунчаси ва рақамли сигнални узатиш учун код комбинациялари билан яхши мувофиқлашган. Ҳақиқатан, етти ёки саккиз даражали кодларга 128 ёки 256 квант сатҳлари тўғри келади, бу эса тажриба йўли билан аниқланган тасвирда сохта контур кўриниши йўқоладиган минимал градация сонидан ортиқ.

Юқорида, аналог сигналда хусусий шовқин кам бўлган шароитда, квантлаш шовқинининг тасвир сифатига таъсири кўриб чиқилган эди. У квантлаш қадамидан юқори бўлганда, квантлашда бузилиш сохта контур кўринишида эмас, балки спектр бўйича бир текис тарқалган шовқин сифатида бўлади. Бирламчи сигналдаги фулуктуация шовқин яққоллашади, натижада тасвир кучлироқ шовқинланганга ўхшайди.

Квантлаш сатҳи сонининг камлиги кўпроқ рангли тасвирларга салбий таъсир кўрсатади. Кўпроқ йирик пландаги сюжетда, равшанлиги секин-аста камаювчи жойларида квантлаш шовқини рангли жимжима кўринишида намоён бўлади.

Квантлашда ночизиқ шкала ишлатиб, телевизион сигналнинг рақамли оқимини камайтириш мумкин. Маълумки, Вебер-Фехнер қонунига биноан L_1 дан L_2 гача равшанликнинг ўсишини сезиш L_2 ва L_1 нисбати логарифмига мутаносиб. Шу сабабли, квантлаш қадмининг шкаласида пастдан юқорига ўсишни кўриш табиатига мос келади. Тажрибалар шуни кўрсатадики, квантлашда логарифм шкалани қўллаш, чизиқли квантлашга қараганда, тасвир сифатига таъсир кўрсатмасдан квантлаш сатҳларини икки ҳисса камайишига имкон беради, яъни ИКМ да код гуруҳини бир даражага камайтиради. Бошқача сўз билан айтганда, логарифм қонунига биноан 2^7 даражасида квантланганда, тасвир сифати 2^8 даражасида квантланганидек сақланади. Бирорқ логарифмик шкалага қараганда, текис шкалада ортиқча маълумот кўпроқ. Буни рақамли оқим

камайишини кўринишнинг бошқа хусусиятларини қўллаб амалга ошириш мумкин.

Равшанлик сигнали учун квантлаш сатҳининг керакли сонини баҳолашда контраст бўсағаси $\delta = 0,02... 0,05$ тенг олинган. Аммо булар фақат катта деталлар учун қўлланиши мумкин. Умумий ҳолда контраст бўсағаси кузатилаётган объектнинг ўлчамига боғлиқ. Бурчак ўлчами бир неча минут бўлган объектлар учун, контраст бўсағаси бир нече ўн маротаба катталашади ва бирга яқинлашади, агар кичик доғ равшанлиги фон равшанлигидан катта бўлса, хато сезиларли бўлиб қолади. Демак, тасвирнинг катта бўлмаган деталлари равшанлиги кескин ўзгарувчи жойларда равшанлиги доимий ёки секин-аста ўзгарувчи жойларидагига қараганда етарли кам сатҳлар сони билан квантлаш мумкин.

Кўзимизнинг кўриш хусусияти, тасвир элементлари орасида кучли боғлиқлик, булар квантлаш сатҳлари сонини камайтириш учун катта имконият беради.

6.8. ТЕЛЕВИЗИОН СИГНАЛНИ КОДЛАШ

6.8.1. Умумий маълумотлар

Аналог сигнални рақамлига айлантиришда яқунловчи жараён кетма-кет импульслардан иборат квантланган ҳисобларни кодлашдир. Кўпинча, бу кетма-кетлик иккилик белги шаклида амалга оширилади. Киришдаги видео ахборот m квантлаш сатҳига код импульси $k = \log_2 m$ тўғри келади. Юқорида айтилганидек, бундай кодлаш услуби импульсли-код модуляция номини олган. Видео ахборотга ишлов бериш ва узатишда бу услуб классик ва универсал услубдир. ИКМ нинг устун томони иккилик белги шаклга келтиришнинг универсаллигидир. ТВ сигнали устида олиб бориладиган ҳамма жараёнларда ишлатилиши, яъни шовқинни камайтиришга, сигнални узатиш ва ёзишга, интерференция халақитлар ва бузилишлар сезгирлигининг камайишига, шунингдек, рақамли сигнал шаклини регенерация қилиш орқали тиклашга уни қўлланилиши бунга тасдиқлайди. Тасвирнинг алоҳида элементи

равшанлиги (ранги)нинг мумкин бўлган ҳамма сатҳи тенг эҳтимолликда бўлишига қарамасдан, у қўшни элементлари равшанлиги билан кам фарқ қилиши ёки умуман фарқ қилмаслиги мумкин. Буни телевизион тасвирнинг статистик таҳлили қўшни элементлар орасида кучли корреляция алоқа мавжудлигини тасдиқлайди. Шундай қилиб, тасвир равшанлиги ёки рангини ИКМ услубга хос элементма-элемент узатишда, бир хил ёки бир-биридан кам фарқ қиладиган ахборот каналга жўнатилади.

Бугунги кунда телевизион сигналдаги ортиқча ахборотни камайтирувчи кўп усуллар мавжуд.

Самарали кодлашни шартли уч тоифага ажратиш мумкин:

- телевизион сигнални интерполяция этиб кодлаш;
- тубдан ўзгартириб гуруҳли кодлаш;
- мослаштириб гуруҳли кодлаш;

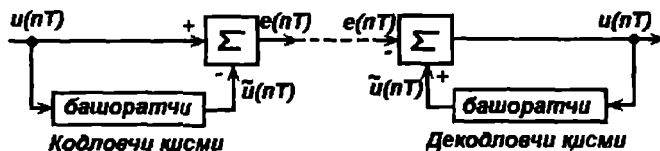
У ёки бу коднинг афзалликлари тўғрисида бугун аниқ қатъий фикр йўқ. Бундан ташқари, кўп ҳолларда кодлашнинг самарали усуллари бир-бири билан боғланиб кетган. Шу сабабли уч кодлаш принципининг алоҳида-алоҳида кўриб чиқиш маъқул.

6.8.2.Интерполяцияли кодлаш

Юқорида айтилгандек, тасвирни қўшни элементлари орасида кучли корреляция (боғлиқлик) мавжудлиги сабабли, ҳар бир элемент тўғрисида тўлиқ маълумот узатиш ҳожати йўқ. Бир элемент ҳисобини узатиш билан чекланиб, қолган элементлар қийматини башорат этиб аниқлаш мумкин. Бунинг учун тизимни қабул қилувчи қурилмасида махсус башорат қилувчи қурилма ёрдамида ҳисоб бажарилиб узатилмаган тасвир элементини қиймати топилади.

Лекин тасвирнинг статистик алоқасини аниқловчи аппарат қанчалик такоммиллашган бўлмасин, табиийки тасвир равшанлиги ва рангини тасодифий статистик таърифланишига қараб элементларни башорат этилган ҳисоби ёки ҳисоб тўпламида хато мавжуд. Бу хато тасвирни ҳар бир элементи

учун аниқланиши ва тузатилиши керак. Фақат ана шу шарт бажарилганда тикланган тасвир аслига тўлиқ мос келади.



99-расм. Интерполяция тизимини тузилиш схемаси.

Интерполяцияли кодлаш принципи куйидагидан иборат: ҳар бир элементнинг ҳақиқий ҳисоби узатилмасдан, ҳақиқий ҳисоб қиймати интерполяция этилган қийматдан айрилиб, уни айирмаси *интерполяция хатоси* аталмиш, қиймат кодлаб узатилади. Бундан шундай мантиқий хулоса қилиш мумкин, узатилаётган хато ҳисоб тўлиқ ҳисобга қараганда маълумот ҳажми сезиларли кам.

Узатувчи томонда $e(nT)$ хато сигналини шакллантириш учун, қабул қилувчи томондаги интерполяция бажарувчи ва айирувчи каскаддан ибрат бўлади. 99-расмда айирувчи ўрнига йиғувчи ўрнатилган, унинг киришига ҳисобнинг ҳақиқий қиймати $u(nT)$ ва унинг интерполяцияланган тахминий қиймати $\tilde{u}(nT)$ «минус» ишора билан киритилади. Ҳақиқий $u(nT)$ сигналга қараганда кам маълумотли $e(nT)$ хато сигнали тизимнинг қабул қилувчи томонидаги қўшувчи қурилмада интерполяцияланган $\tilde{u}(nT)$ қиймат билан қўшилади. Натижда қабул қилувчи томонда $u(nT)$ сигналнинг ҳақиқий қиймати тикланади.

Интерполяцияловчи тизим принципидан келиб чиқиб, шуни таъкидлаш мумкинки, $u(nT)$ сигнал қанчалик аниқ башорат этилса, $e(nT)$ хато сигналнинг ўзгариш диапазони шунчалик кам бўлади.

Оддий ҳолатда интерполяцияланган қиймат сифатида олдинги ҳисобни ишлатиш мумкин. Унда интерполяцияланган

тасвир бир элементини узатиш вақтига сигнални ушлаб турувчи қурилма кўринишида бўлади.

Интерполяция услуги ортикчаликни камайтирмайди, $e(nT)$ хато сигналини бундай интерполяция этилганда, у хоҳлаган қийматни, токи $u(nT)$ сигналнинг максимал амплитудасигача тенг қийматни қабул қилиши мумкин, яна ўз ишорасини ўзгартира олади ($u(nT)$ ва $\dot{u}(nT)$ ўртасидаги айирма манфий ва мусбат бўлиши мумкин). Лекин динамик диапазонини кўпайишига қарамасдан, уни ичида хато сигнали тенг эҳтимолик қонунига бўйсунмайди. Унинг тарқалишининг эҳтимоллиги, ноль атрофида максимал эҳтимоллик ва эҳтимоллик қийматини нолдан фарқланганда тез пасаювчи, экспоненциал функцияга биноан аппроксимацияланади. Демак, хато сигнали етарли юқори аниқликда, берилган ҳисобга қараганда етарли кам сатҳлар сони билан квантланиши мумкин. Бу эса узатиладиган маълумот ҳажмини камайтиришни таъминлайди.

Албатта, бундай усул ўртача статистик маънода бутун тасвир учун яхши натижа беради. Контур ва ўтишларда кескин равшанлик таркибли тасвирнинг элементлари учун эса, хато сигналида чайқалиш (статистик томондан кам бўлса ҳам) табиийдир. Дағал квантлашда фарқланиш тасвирда тегишли бузилишларни юзага чиқаради. Аммо тажрибалар шуни кўрсатадики, бундай бузилишлар кўриш хусусиятига биноан кўзга кам ташланади. Маълумки, инсон кўзи майда деталлар равшанлигини ёмон ажратади; бундан ташқари физиологларнинг фикрича, латерал (ёндан) деб аталувчи тормоз бериш, тасвирнинг фон таркибини сусайтиради, ундаги контур ва майда элементларни бўрттиради, шу билан тасвирнинг энг маълумотли қисмини ажратади. Бу шаклдаги "бузилиш" дағал квантлаш натижасида юзага келган, уни катта қийматлари майдонидаги бузилишлар кўзга кам ташланади. Шундай қилиб, элементларида кескин ўтиш ва контур таркибли тасвирда хато сигнали учун квантлаш сатҳи кам олиншига йўл қўйилади.

Интерполяция этиб кодлаш тизим учун хато сигналини квантлаш сатҳи сони бир хил олинмайди. Аммо муҳими шундаки, квантлаш шкаласи сезиларли ночизиқли ва нолга нисбатан симметрик эмас.

Шундай қилиб, интерполяция этиб кодлаш тизимининг ишлаш принципи сигналнинг ҳақиқий қиймати ўрнига, ҳақиқий сигнал билан интерполяцияланган сигнал айирмасини кодланган қийматини узатишдан иборат. Бундай кодлаш тизими баъзан *дифференциал импульс-код модуляция* (ДИКМ) деб ҳам аталади.

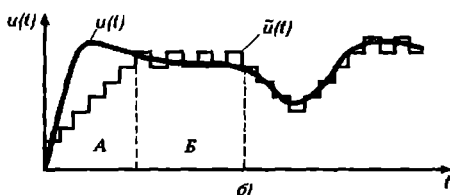
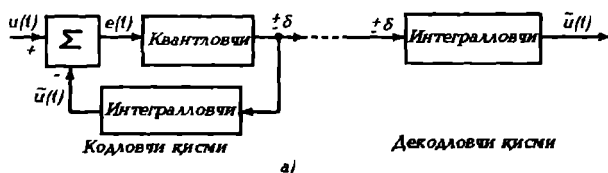
Бу тизимда фарқланиш сигнал ҳаммаси бўлиб икки сатҳда квантланади, яъни хатонинг ишораси аниқланади. Дельта-модуляцияда интерполяция этувчи сифатида интегратор қўлланилади, унинг киришига дискретлаш частотасида берилган фарқланиш сигнал $\pm\delta$ ни чизикли қўшиб чиқади (100-расм). Хато сигнал $\pm\delta$ нинг қиймати дискретлаш оралиғида доимий бўлгани сабабли, уларни вақт бўйича қўшиш натижасида зинапоя шаклисмон сигнал ҳосил бўлади. Бу $u(t)$ сигнал интерполяцияланган сигнал сифатида ишлатилади. Берилган бирламчи сигналдан уни айириб (қўшувчи қурилма чиқишида) $e(t)$ айирма сигнали олинади. Квантловчи бу сигнални икки сатҳ билан чеклайди.

Фарқланиш сигнали $\pm\delta$ ни иккилик кодига айлантиргандан сўнг уни узатиш мумкин. Қабул қилгич томонда иккилик коди аввало бир кутбли ҳисоблар фарқланиш сигнал $\pm\delta$ га айлантирилади, сўнг юқорида таърифланган интегралловчидан иборат кодловчи қурилмада $u(t)$ сигнал шаклланади. Бу сигнал берилган бошланғич сигналдан сезиларли фарқ қилса ҳам, тикланган сигнал сифатида ишлатилади.

100б-расмда дельта-модуляция тизимида шаклланувчи сигнал тасвирланган. Унинг, A қисми сигнал равшанлигининг нисбатан кескин узатилишини таърифлайди. Бу ҳолда квантловчи бир хил ишорали хато сигнали δ ни беради. Интегралловчи уларни вақт бўйича кетма-кет қўшади ва зинапоя-аррасимон шаклда ўзгарувчи кучланишни ҳосил қилади.

Натижада, интерполяция этилган сигналнинг фронтлари берилган бирламчи сигналга нисбатан чўзилади. Берилган бирламчи сигнал секин ўзгарадиган B қисмида интерполяция этилган сигнал тахминан бирламчи сигнал билан тенглашади. Аммо бунда олдиндан аниқланган сигнал қиймати бирламчи

сигнал қийматига яқин бўлади. Натижада сигнал амплитудаси дискретлаш частотасида фарқланиш сигнал δ га ўзгаради. Интерполяция этилган сигнал фронтининг чўзилишини кўрсатувчи бузилиш, кескинлик бўйича ортиқча юкланиш номини олган.



100- расм. Дельта – модуляция тизимни тузилиш схемаси (а) ва унда сигнални шакли (б).

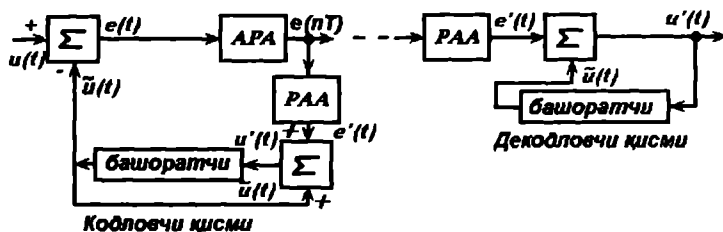
Сигналнинг зинапоясимон шакли сабаб бўлган бузилиш, тасвирнинг *грануляр (майдаланган) шовқинини* аниқлайди. Бу бузилишларни дельта-модуляция тизимида йўқотиш учун ИКМ га қараганда дискретлаш частотаси қиймати оширилади, бу эса тизимнинг самарадорлигини камайтиради. Шу сабабдан дельта-модуляция видеотелефон тизимида ишлатилади.

Дискретлаш частотасини юқорида кўрилган тизимга нисбатан камайтиришни кўп сатҳли квантлаш қўлланган ДИКМ тизимида амалга ошириш мумкин (101-расм). Айирувчи кўрилма киришига аналог кўринишида $u(t)$ бирламчи сигнал ва унинг интерполяция этилган $\tilde{u}(t)$ сигнали берилади. Олинган $e(t)$ фарқланиш сигнали аниқ сатҳларга квантланади (одатда 16-ошиқ эмас) ва иккилик кодига айлантирилади. Бу операция аналог-рақам айлантиргич (АРА) да амалга оширилади, сўнг кодланган $e(t)$ фарқланиш сигнали узатилади. Бу сигнал

рақам-аналог айлантиргич (РАА) да аналог шаклига айлантирилади ва Σ_2 қўшувчига узатилади. Унда хато сигнал билан башорат этилган сигнал қўшилади. Қўшувчининг чиқишида шундай қилиб бирламчи сигнал хатоси билан тикланади (хатонинг борлиги $e'(t)$ ва $u'(t)$ белгиларда ҳисобга олинган). Ушбу қийматларга биноан олдиндан аниқловчи қурилмада кейинги ҳисоблар учун олдиндан аниқланган $u(t)$ сигнал олинади (кўпинча олдинги ҳисоблар тўпламидан), у айирувчи қурилмага туширилади.

Қабул қилувчи томонда декодловчи қурилмада $e(t)$ рақамли сигнал аналог сигналга айлантирилгандан сўнг узатувчи томондагига ўхшаш қўшувчи ва олдиндан аниқловчи тизимга тушади.

Умуман олганда, ДИКМ услубида ИКМ га қараганда битлар сонини бир элемент учун 7. . . 8 битдан 3. . . 5 гача камайтириш имконияти бор. Интерполяция этувчи тизимда ортиқчаликни камайтириш ТВ тизимини ҳалақитларга бардошлигига таъсир кўрсатмасдан қолмайди.



101-расм. ДИКМ ли тизимнинг тузилиш схемаси.

Юзага келтирган ҳалақит фақат ушбу ҳисобни бузмасдан, балки ҳамма кейинги ҳисобларга ҳам таъсир қилади, чунки улар олдинги ҳисоблар орқали ҳисоблаб чиқилган (олдинги ҳисобдан аниқланган). Натижада тасвирда ўзига хос бузилиш юзага келади-**хатолар треки (изи)**. Бу бузилишларни камайтириш учун «таянч» ҳисобларни, яъни тасвир элементини ҳақиқий қиймати узатилиши тез такрорланувчи бўлиш керак. Бу ҳолда тасвирга ҳалақитнинг таъсири энг яқин ҳақиқий сигнални келиши билан йўқолади. Албатта, ДИКМ да

сигналнинг таянч қиймати сонини кўпайтириш унинг самарадорлигини камайтиради.

Интерполяция этувчи тизимнинг халақитбардошлилигини ошириш икки ўлчамли кодлаш орқали бажарилади. Унда интерполяцияланган сатрадаги олдинги элементлар тўплами, шунингдек, унга тегишли олдинги сатр элементлари орқали бажарилади. Бунда тиклашнинг сифати вертикал йўналишда ҳам яхшиланади.

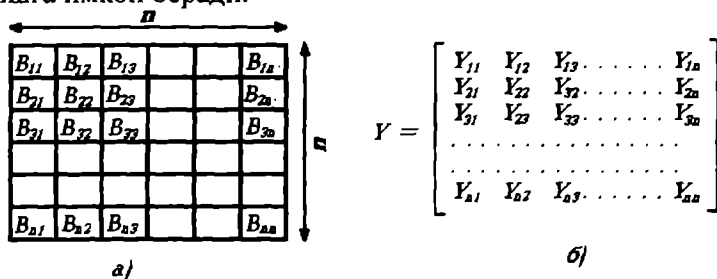
6.8.3. Алмаштириш усулида гуруҳли кодлаш

Аламаштириш усулида гуруҳли кодлашда ҳар бир дискретланган сигналнинг ҳисоби ўрнига уларнинг шу ҳисоблар йиғиндиси билан алмаштирилган чизиқли комбинацияси узатилади. Бунда таъкидланган ўрин алмаштириш тасвирнинг бир кичик бўлагида, элементларнинг чекланган сони мавжуд гуруҳ таркибида, амалга оширилади.

Аламаштириш орқали кодлашни тушуниш учун тасвирнинг n^2 дискрет элементдан ташкил топган бир қисмини кўриб чиқамиз (102а-расм). Ҳар бир элемент ўзига тегишли B_{ij} равшанлик билан таърифланади. Ҳар бир элементга ТВ сигналда ўзига хос қиймати мавжуд. Бу қийматларнинг йиғиндисини берилган равшанлик тарқалишига муносиб $B \equiv X$ матрица кўринишида ифодалаш мумкин, бу ерда $B_{ij} \equiv X_{ij}$ матрицани таркиби. Рақамли сигнал оқимини камайтириш мақсадида, шу қийматларни ташкил қилган сигналнинг бир қисм қийматларини чиқазиб ташланади ёки уларни дағал квантланган бошқа қийматга алмаштирилади. Кўриниб турибдики, ахборотни бу услуб билан қисқартириш имконияти йўқ, чунки сигналдан алоҳида ҳисобларни чиқариб ташлаш тасвирни алоҳида элементларини чиқариб ташлаш билан баробар. Дағал квантланганда тасвирнинг чиқариб ташланган элементлари қисмида бўшлиқ ёки кўзга ташланадиган бузилиш юзага келади. Тасвирни тенг ҳуқуқли гуруҳ ташкил қилувчиларидан алоҳида элементини чиқариб ташлаш ундаги ахборотни камайиши ва энергетик нуқтан назардан тасвир сифатини тиклаб бўлмайдиган даражада ёмонлаштиради.

Берилган тасвир (ёки берилган сигнални) қийматлар йиғиндисига алмаштирилганда ҳар бир қисми тасвирнинг умумий таркибида турлича ифодаланиши мумкинлигини кўриб чиқамиз. Алоҳида қийматлар ўртасидаги функционал муҳим бўлганларини қайта саралаб, маълумотнинг асосий ҳажмини олиб борувчи, асосий қийматларни ажратиб, уларга энг қулай узатиш шароити билан таъминлаб, бошқа қийматларни "тежаб", уларни узатмасдан ёки ним рангларнинг минимал сонини узатиш мумкин, чунки ҳар қандай функцияни Фурье қаторига ёйиш ва аксинча берилган функция қаторининг ҳадидан синтез қилиш имконияти мавжуд. Аксинча синтез қилишда қаторни ҳар бир ҳадининг қиймати турли. Агар қайси бир ҳадининг амплитудаси кичик бўлса, унда уни ҳисобга олмаслик ёки уни бошқа ҳадларга нисбатан аниқликда белгилаш мумкин.

Фурье алмаштиригичининг бу хусусиятини қўйилган масалага татбиқ қилиш узатиладиган маълумотлар ҳажмини камайтиришга имкон беради.



102- расм. Тасвирни ортогонал айлантириш:

- а) берилган равшанлик тарқалиши матрицаси;**
- б) равшанликнинг фазовий қийматларидан тузилган матрица (трансформанта).**

Шу сабабли икки ўлчамли Фурье алмаштиригични имкониятини 102а-расмда келтирилган тасвир элементлари гуруҳида синаб кўрамиз. Алмаштириш натижасида олинган сонлардан, берилган X сонидан иборат матрица кўриниши ва тузилишига ўхшаш янги сонлар жадвали - Y матрицани тузамиз. Бу матрицада унинг алоҳида қийматлари эндиликда X матрица-

дагидек равшанликни эмас, балки Фурье қаторининг коэффициентларини ташкил қилади.

У матрицанинг ўзи *трансформанта* номини олган. Унинг таркиби, маълумки, X матрица таркибининг чизикли комбинациясидир, яъни Y матрицанинг хоҳлаган таркиби X матрицани ҳамма қийматлари маълум мувозанат коэффициентларида олинган йиғиндидан иборат:

$$Y_k = \sum_{l=1}^n \sum_{j=1}^n a_{klj} B_{lj}, \quad k, l = 1, 2, 3, \dots, n \quad (6.16)$$

Мувозанат коэффициентлари a_{klj} Фурье бўйича гармоник анализ орқали аниқланади. Трансформанта таркибий сони берилган равшанлик матрицаси элементларига тенг.

Алоқа канали орқали X матрица қийматлари ўрнига Y трансформанта таркиблари узатилади. Кўриниб турибдики, трансформантани берилган бирламчи тасвир билан ҳеч қандай умумийлиги йўқ. Шу сабабли қабул қилувчи томонда Y трансформантадан матрицанинг бирламчи X қийматлари тиклашни керак. У тескарисига алмаштириш орқали бажарилади. Тескарисига алмаштириш, (6.16) каби, арифметик операциялар йиғиндисидан иборат:

$$B_{ij} = \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^n b_{ijk} \quad i, j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (6.17.)$$

бу ерда, b_{ijk} — тегишли мувозанат коэффициентлари. X матрицада бирламчи қийматлари ва Y трансформантада умумий маълумот миқдори бир-бирига тенг.

Бу мураккаб тўғри ва тесқари Фурье алмаштириш операцияси маълумот ҳажмини қисқариши имкониятини беради. Матрица X ни узатишда тасвир сифатига зиён етказмасдан амалга ошириш имконияти йўқ. Y трансформанта ҳисобини узатишда эса бундай қисқартириш имконияти мавжуд.

Буни куйидагича тушунтириш мумкин, қийматларнинг умумий сонини сақлаган ҳолда алмаштириш натижасида олинган трансформантада элементлар орасидаги амплитуда нисбати кучли ўзгарди. Сигналнинг деярли ҳамма энергияси компонентлари орасида бирламчи X матрицадагидек нотенг эҳтимоллик билан жойлашмайди, балки трансформантанинг

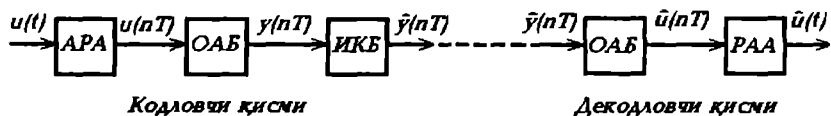
тегишли кичик номерли сатр ва устунларига мужассамлашади. Сони катта номерли бошқа ҳисоблар қиймати кенг тасвирлар синфи учун нолга яқин бўлади. Демак, трансформантанинг чап бурчагига нисбатан уларни етарли паст квантлаш сатҳлар сони билан узатиш ёки умуман узатмаслик мумкин.

ТВ сигналини алмаштириб самарали кодлаш сигнал таркибидаги ортиқчаликни аниқлаш ва уларни қисман чиқариб ташлашдан иборат. Табиийки, бу таркибларини умуман чиқариб ташлаш фойдадан ҳоли, чунки алмаштириш маълумки, улар майда элементларни узатиш учун "жавоб" беради, шундай экан, тасвирнинг аниқлигининг камайиши эҳтимоли мавжуд. Аммо бу таркибини аниқлиги пасайтириб узатиш етарли асосга эга.

103-расмда алмаштириш орқали самарали кодлаш принципи амалга оширилувчи тизимнинг тузилиш схемаси тасвирланган. Қурилманинг киришига $u(t)$ аналог сигнали киритилади. АРА да ИКМ услубига биноан квантлашнинг тўлиқ шкаласида (бир элементга камида 7... 8 бит) алмаштириш амалга оширилади. Сўнг рақамли оқим ортогонал айлантиргич блоки (ОАБ) киришига борилади, у ерда U трансформантасини топиш учун ҳисоблаш олиб борилади. Алмаштириш икки ўлчамли қаторда (иккита ўқ бўйича) олиб борилгани сабабли алмаштириш ортогоналдир. Иккилик квантлаш блокида (ИКБ) таркибларни танлаш амалга оширилади.

Алмаштиришнинг математик аппарати сифатида Фурье айлантиргичи кўриб чиқилган, унда ёйиш ортогонал базис функцияси аталмиш синусоидал ва косинусоидал функция олинган. Лекин бошқа базис функциялар ёрдамида айлантириш ҳам кенг тарқалган. Буларга Адамар, Хаара, Уолш ва бошқа айлантиргичларни кўрсатиш мумкин. Бу алмаштиргичларнинг базис функцияси ҳар хил. Масалан, Адамар-Уолш базис функцияси шакли бўйича тўғри бурчакка яқин, яъни икки градацияли, Хаара функцияси – уч градацияли ва ҳоказо.

Базис функция тўғридан-тўғри тизимни техник амалга оширишда қатнашмайди. Бу функциялар ҳисоблашнинг алгоритмини аниқлайди. Шунинг учун алмаштириш билан сигнални кодлашда базис функциянинг шаклига қараб моҳияти ўзгармайди.



103-расм. Ортогонал алмаштиргич қурилмасининг тузилиш схемаси.

Ҳамма алмаштиришларда алмаштирилган сигналнинг таркибини ажратиш частота белгиси орқали бажарилади ва сўнг ортиқчаликни камайтириш бажарилади. Алмаштириш мушкулликни катта-кичиклиги билан (бу томондан Адамар айлантиргичи афзалроқ), шунингдек, трансформанта таркиби орасида маълумотнинг манфаатли тарқалишига кўп ёки кам фойда бериши билан фарқ қилади. Шунини таъкидлаш лозимки, у ёки бу алмаштиргичлар орасида катта фарқ йўқ: тасвирнинг бир синфи учун бири яхши, иккинчиси учун-бошқаси.

Аҳамият беринг, айлантириб гуруҳли кодлашда узатиладиган маълумотни камайтириш, тасвирда частота таркибини ва уни фазовий спектрининг махсус статистик тақсимоти билан боғлиқ. Шунинг учун айлантириш кам учрайдиган манзара устида иш бажарилса, кузатувчи ундаги, айлантириш натижа-сидаги, сифат ўзгаришини кучли сезади.

6.8.4. Мослаштирилган гуруҳли кодлаш

Мослаштирилган гуруҳли кодлаш усули ишлатиш орқали тасвирнинг кенг синфи учун яхши натижага эришиш мумкин.

Бунда ҳақиқий қийматлар кичик гуруҳи элементларининг қиймати комбинацияси билан алмаштирилади. Алмаштириб кодлашдан фарқи, бунда алмаштириш алгоритми кўзимизнинг физиологик хусусиятини чуқурроқ ҳисобга олади.

Тасвирни кўриш жараёни кўзда икки босқичдан иборат. Аввал кўз паст частотали филтър каби, тасвирни кичик бир қисми ичида равшанликни ўрталаштиради. Сўнг, иккинчи босқичда, алоҳида элементлар ўртасида равшанликнинг биринчи тахминий қиймати билан равшанликнинг ҳақиқий

тарқалиши ўртасидаги айирмани ажратади. Бу айирма тасвирнинг контурини ифодалайди, унда тасвир батафсил майда элементлари билан намоён бўлади. Бунда кўз, алоҳида элементни эмас, балки бутун бир контурнинг қисмини қайд қилади, контур ичидаги равшанликни ўзгаришига аҳамият бермайди. Кўзнинг ушбу хусусиятини ҳисобга олиб, тасвирни кичик бир бўлаги ичидаги ҳақиқий равшанлик ёйилишини шу бўлакни ўрталаштирилган равшанлик қиймати билан алмаштирилганлигини сезмайди. Тажрибалар шуни кўрсатадики, агар ўлчами 4x4 ТВ элементдан ошмаган фрагментда бир тасвирни иккинчиси билан алмаштиришлар сезилмайди.

Шунга мувофиқ мослаштирилган гуруҳли кодлашда, тасвир бўлагининг ўртача равшанлиги ва контурнинг ўртача равшанлиги ҳамда ундаги майда элементлар тўғрисидаги маълумот узатилади. Бунинг учун тасвирнинг (4x4эл.) фрагментига тўғри келадиган гуруҳ ҳисоблари ўрнига унинг ўртача равшанлиги узатилади. Сўнг гуруҳдаги ҳар бир элементнинг ҳақиқий қиймати билан ўртача равшанлик айирмаси топилади. Агар бундай айирма сигнал тасвири экранга туширилса, яққол кўзга ташланадиган контур кузатилади. Шу контурларнинг ўртача равшанлик қиймати аниқланади ва узатилади (айирманинг манфий ва мусбат қийматлари). Тизимнинг қабул қилувчи томонида икки сигнал кўшилади: ўртача равшанлик ва ўрталаштирилган контур айирмаси. Натижада тасвирнинг бир элементи учун сарфланган маълумот 1. . . 2 битни ташкил қилади (ИКМ да 7. . . 8 бит).

Хулоса қилиб шуни айтиш мумкинки, олдиндан аниқлаб кодлаш усулига қараганда, кодлашнинг гуруҳли усули юқори сифатни таъминлайди. Энг юксак алмаштириб кодлаш усулида тасвирнинг бир элементи учун сарфланадиган маълумот 0,5. . . 1 битни ташкил қилади. Уларнинг камчилиги амалга оширишнинг мураккаблигидир.

6.9. ТЕЛЕВИЗИОН СИГНАЛНИ ФИЛЬТРЛАШ

Рақамли сигналнинг муҳим томонларидан бири унинг устида ишлов бериш ҳар хил алмаштиришлар бажариш

мумкинлигидир, бу тасвир сифатини яхшилашга имкон беради, ТВ кенг тарқатиш технологиясини бойитади, техник жиҳозларни хизмат жараёни соддалашади ва унинг пухталиги ортади. Албатта, аналог телевидениеда ҳам, сигналга ҳар хил ишловлар бериш мумкин. Лекин сигнални рақамли услубда узатишда кўп ҳолатларда аниқлиги, алмаштириш алгоритмининг соддалиги, техник жиҳозларни ихчамлиги томонидан афзалликлар бор.

ТВ сигналга ишлов бериш қурилмасининг умумлаштирилган тузилиш схемасини кўриб чиқамиз (104-расм). АРА да юқорида кўрилган дискретлаш, квантлаш ва кодлаш операцияси бажарилади. ИКМда рақамли оқимнинг тезлиги жуда юқори ва сигналга ишлов берувчи процессор реал вақтда ишлаши учун бу оқим бир неча параллел каналларга ажратилади. Рақамли оқимни параллеллаштириш операцияси демультимплексор (ДМ) томонидан бажарилади. Процессор хотира қурилмаси (ХҚ), арифметик қурилма (АҚ) ва процессор таркибий қисмлари ишини мослаштирувчи бошқариш қурилмаси (БҚ)дан иборат. Арифметик қурилма, бошқарувчи қурилма томонидан бошқарилиб, хотира қурилмаси билан биргаликда сигналга ишлов бериш алгоритмини амалга оширади, бошқача сўз билан айтганда сигнални рақамли фильтрациялайди. ХҚ ва БҚ биргаликда сигнални талаб қилинган вақт бўйича алмаштиришни таъминлайди. Бу алмаштириш киритилувчи сигналга ишлов бериш жараёнида вақт бўйича мослаштириш талаби, махсус эффектларни юзага келтиришда кириш сигналида вақт бўйича бузилишларни тузатиш, сигнал манбаларини синхронлаш кераклиги ва шунга ўхшашлар билан боғлиқ. Процессорнинг параллел чиқишидан олинган сигналлар мультиплексор (М) орқали бир рақамли оқимга бирлаштирилади. Рақамли сигнални аналог сигналга айлантириш керак бўлган тақдирда мультиплексордан сўнг рақам-аналог айлантиргич (РАА) қўйилади.

Рақамли филтрлаш сигналларнинг алоҳида қийматларини хотирада сақловчи ва бу қийматлар устидан арифметик амаллар бажарувчи қурилмада бажарилади. Бу қурилмалар мажмуи *рақамли филтр* деб аталади.



104-расм. ТВ сигналга рақамли ишлов бериш қурilmасининг тузилиши.

Филтрлашнинг ўзи эса кириш сигнали $x_0, x_1, x_2, x_3, \dots, x_m$ қийматлар кетма-кетлигини қабул қилинган алгоритмга биноан чиқиш сигнали қийматлари $y_0, y_1, y_2, y_3, \dots, y_m$ га айлантиришдан иборат.

Рақамли сигнални филтрлаш аналог сигнални филтрлашдан фақат амалга ошириш жараёни билан фарқ қилади. Рақамли филтрлашнинг афзалликлари: кўрсаткичларининг вақт ва ҳарорат бўйича барқарорлиги; дискретлаш частотасини осон ўзгартириб филтрни соzлаш; бир-бирига ўхшаш кўрсаткичли филтрни қайтариш имконияти. Аммо ҳамма вақт ҳам рақамли филтрни амалга ошириш аналогга қараганда техник томондан осон кечмайди. Бундан ташқари, рақамли филтрлашда квантлаш шовқини тасвирда кўринишини кузатиш мумкин.

Филтрлар икки хил бўлади: рекурсив (тескари алоқали) ва рекурсивсиз (тескари алоқасиз).

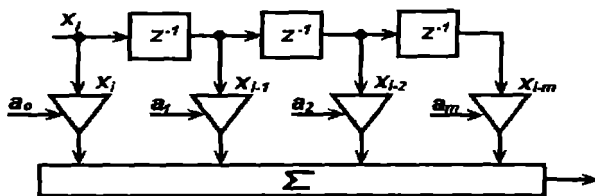
Рекурсивсиз филтрларда ҳар дақиқада чиқишдаги сигнал кириш сигнали аввалги қийматининг вазнли йиғиндиси билан аниқланади:

$$y_i = a_0 x_i + a_1 x_{i-1} + a_2 x_{i-2} + \dots + a_m x_{i-m}$$

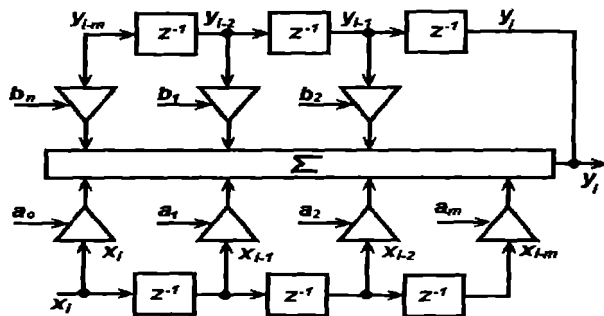
бу ерда, a_i - узатиш коэффициентли.

Рекурсив филтр мураккаброқ тузилишга эга (105-расм). Унда чиқиш сигнали кириш ва чиқиш сигналлини аввалги қийматининг функциясидир:

$$y_i = a_0 x_i + a_1 x_{i-1} + a_2 x_{i-2} + \dots + a_m x_{i-m} + b_0 y_i + b_1 y_{i-1} + b_2 y_{i-2} + \dots + b_n y_{i-n}$$



a)



b)

105-расм. Рақамли филтърлар: а) рекурсивсиз; б) рекурсив. (z^{-1} белгиси сигнал дискретлашни бир даврга ушлаб қолиш операторини билдиради).

Филтърлаш жараёни кўпайтириш ва бўлиш операциясидан иборат бўлиб, АҚ ва ХҚ ёрдамида сигналнинг ушлаб қолинган қиймати устида бажарилади. Арифметик қурилма берилган дастур бўйича сигнал қийматларини вазн коэффицентига кўпайтиради ва уларни қўшади.

Хотира қурилмаси сигналлар қийматини, мувозанат коэффицентларини, вақт бўйича суриш оралиғини, шунингдек, арифметик ва хотира қурилмаларни бошқарувчи дастур сақлаш учун ишлатилади.

Рақамли филтър кўп ҳолларда бузилган тасвирнинг бошланғич кўрсаткичларини яхшилашга, сигналдан шовқин таркибини танлаб пасайтиришга, апертура бузилишни самарали тузатишга ёрдам беради.

6.10. РАҚАМЛИ СИГНАЛЛАРНИ ВАҚТ БЎЙИЧА АЙЛАНТИРИШ

Вақт бўйича айлантириш деб сигналларни шундай айлантиришга айтиладики, унда дискрет ҳисобларнинг вақт ўқи бўйича жойлашиши ўзгариб, уларнинг амплитудаси сақланиб қолади. Рақамли филтрлар билан бир қаторда вақт бўйича айлантириш телевидениеда етарлича кенг ёйилган. Вақт бўйича айлантириш видеомагнитофонларда тасвирни ўқиш жараёнидан келиб чиқувчи вақт бўйича бузилишни тузатиш учун ҳам қўлланади. Вақт бўйича айлантириш асосида сигнал манбаларини синхронлаш, телевизион стандартларни алмаштириш, видеоэффектлар, компонентли узатиш ёки рангли телевидение сигналларини ёзиш ва бошқалар бажарилади.

Рақамли сигнални вақт бўйича алмаштириш сигналга рақамли ишлов бериш қурилмаларида сигнални хотира қурилмача (ХҚ) ёзиш орқали ва уларнинг алоҳида қийматларини ХҚ дан берилган алмаштириш алгоритми бўйича ажратиш орқали бажарилади. Натижада сигнал керакли вақт ҳудудига олиб ўтилади. Бунда вақт бўйича алмаштиришни: частота спектрини бузмасдан (ёки катта бўлмаган ўзгартириш киритиб) ва частота спектрига сезиларли таъсир кўрсатиб икки турга бўлиш мумкин.

Биринчи турга вақт бўйича бузилишларни тузатувчилар ва сигнал манбалари телевизион синхронловчиларини киритиш мумкин. Бу қурилмаларда тасвир сатрини ёзиш (ёйиш) вақти ва уни ўқиш (қайта ёйиш) вақти фарқ қилмайди ёки жуда оз фарқ қилади. Алмаштиришнинг иккинчи кўринишида (равшанлик ва ранглик сигналларини вақт бўйича зичлаштирувчи қурилма, видеоэффект қурилмаси ва маълум даражада стандарт алмаштиргич (биридан бошқасига) қурилмага хос) бу вақт оралиғи етарли даражада фарқ қилиши мумкин, бу эса частоталар спектрини ўзгаришга олиб келади.

Вақт бўйича айлантиргичларнинг бир-биридан фарқи ХҚ га мурожаат қилиш алгоритмидадир, бу, ўз навбатида, айлантиришга қўйилган масала билан аниқланади. Айлантириш

алгоритми ХҚ сиғимини аниқлайди. Ёзиш ва ўқиш жараён носинхрон бўлганда ХҚ тузилиши ва ҳажми мураккаблашади.

Вақт бўйича айлантиргич қурилмаларда икки турли рақамли ХҚ ишлатилади: кетма-кет киришли ва ихтиёрий киришли. Кетма-кет киришли ХҚ ишлатилганда ёзишга ва ўқишга кириш фақат кетма-кет амалга оширилади. Маълумотни ўқиш ва ёзиш тартибини ўзгартириш имконияти йўқ. Бундай қурилмаларда ёзиш ва ўқиш жараёнини ажратиш учун айлантирилаётган сигнал фрагментининг маълумот ҳажмига қараганда, ХҚ сиғими 2 . . . 3 марта кўп бўлмоғи керак. Ихтиёрий киришли ХҚ кам сиғим билан чекланади, чунки унга ёзилган маълумотни ўқиш унда хоҳланган адрес бўйича бажарилади. Бундай ХҚ сига мисол қилиб телевизион синхронловчи қурилмадаги ХҚни келтириш мумкин. Унда айлантириладиган кириш сигнални ушлаб туришни бошқариш орқали чиқиш сигнални ўқиш вақтига қараб ёзиш ва ўқиш жараёни вақт бўйича ажратилган.

Сигнал спектрини ўзгартиб вақт бўйича айлантиришда бажариладиган иш тартиби берилган сигналнинг дискретлаш кўрсаткичинини ўзгартиришдан, яъни ушбу сигнални ифодаловчи дискрет қийматларни ўзгартиришдан иборат. Масалан, тасвир масштабини ўзгартириш билан боғлиқ видеоэффектни амалга оширишда берилган дискрет сигнални бошқа дискретлаш қадами билан чиқиш сигналига айлантириш лозим. Кириш ва чиқиш сигналларида дискретлаш оралиғи тасвир масштабининг ўзгаришига қараб ўзгартирилади. Агар кириш сигналида чиқиш сигналида жойлашган қиймат нуқталари бўлмаса, улар яқин кириш сигнали билан алмаштирилади (агар хато билинмаса) ёки кириш сигнали иккиламчи дискретланганда қийматни тиклаш учун рақамли филтрланади (масалан, кириш сигнали кўшни элементлари интерполяция қилинади).

6.11. МУРАККАБ ВИДЕОСИГНАЛНИ РАҚАМЛИ ШАКЛГА КЕЛТИРИШ

ITU-R 601 тавсиясига биноан таркибий телевизион тасвир сигнални рақамли сигнал кўринишига келтириш мумкин. Бу

тавсия ёруғлик сигнали Y ва икки айирма ранг сигналлари $R-Y$ (Cr) ва $B-Y$ (Cb) ни дискретлаш, квантлаш ва кодлаш қоидасини ўрнатади. Ёруғлик сигнали Y учун дискретлаш частотаси $13,5$ МГц белгиланган, айирма ранг сигнали учун эса $6,75$ МГц, яъни ёруғлик сигнали дискретлаш частотаси айирма ранг сигналени дискретлаш частотасидан икки баробар катта. Агар қабул қилинганга биноан, $3,375$ МГц частота шартли бирлик қилиб олинса (рақамли стандарт иерархиясига асосан), у ҳолда ёруғлик ва икки айирма ранг сигналлари $4:2:2$ нисбат кўринишида бўлади, бу стандарт белгиси сифатида кенг ишлатилади.

Дискретлаш частотасининг юқорида келтирилган қиймати олинганда, ёруғлик сигналени $5,575$ МГц частота кенглигига ва айирма ранг сигналени $2,75$ МГц кенгликкача бузмасдан рақамли сигналга айлантириш мумкин (бунда сигнал чегара частотаси ва дискретлаш ярим частотаси ўртасидаги ораликни хотирада сақлаш керак). $4:2:2$ стандарти бошқа дискретлаш усуллари баҳолаш учун стандарт сифатида ишлатилади ва $5,75$ МГц қиймат тўлиқ телевидение сигнал чегараси сифатида, келтирилади.

Мисол тариқасида, 106-расмда рангли тасмалар тасвирига мос телевизион сигнал келтирилган. Код сўзи узунлиги – иккиликнинг 10 даражаси этиб олинган, яъни 10 бит (биринчи вариантыда – 8 бит олинган). Бу эса квантлаш сатҳини 1024 гача етказишга имкон беради. Квантлаш сатҳларини $0...3$ ва $1020...1023$ сонлари рақамли синхронловчи сигналлар учун сақланган. Ёруғлик сигналени квантлаш учун 877 сатҳ ажратилган (тасвир сигналенинг қора сатҳи 64 квантлаш сатҳида, оқ нормал сатҳи – 940 сатҳга тўғри келади).

Айирма ранг сигналени квантлаш учун 897 сатҳ ажратилган, аналог сигнал нол қийматига 512 квантлаш сатҳи тўғри келади. Сигнал гамма-тузатишдан сўнг кодланади. Келтирилган квантлаш диапазони бошқа квантлаш турлари билан солиштириш учун ишлатилади. Бу ҳолда динамик диапазон ёки сигнал сатҳи тўлиқ руҳсат этилган кўрсаткич сифатида кўпроқ эътиборга олинади, чунки квантлаш сатҳининг сони,

шунингдек, динамик диапазонни квантлаш шовқини билан аниқланади.

Икки телевизион стандартини (ёйилиши бўйича) мослаштириш ва сигнални рақамга айлантиришда ягона параметрларга эришиш ёйилиш частоталарига боғланган. Дискретлаш частотаси сатр частота гармоникаси каррасини ташкил қилади, шунинг учун тасвирида олинадиган қийматлар ортогонал жойлашиши таъминлайди (107-расм). Яъни 13,5 ва 6,75 МГц дискретлаш частота қийматлари 625/50 ҳамда 525/60 стандартлар сатр бўйича ёйиш частоталарига каррали боғлиқ. Дискретлаш частотасини танлашда 3,375 МГц частотани *асос частота* деб қабул қилиниш сабаби, уни мавжуд икки стандарт сатр частоталарига қолдиқсиз бўлинишидир.

Асос частота қабул қилиниши таркибли тасвир сигналини рақамли кодлаш учун дунё бўйича ягона рақамга айлантириш стандартини қабул қилиш имкониятини берди. Бу стандартга биноан сатр фаол қисмида ёруғлик сигналидан 720 ҳисоб ва ҳар бир айирма ранг сигналидан эса – 360 ҳисоб олинади. 625/50 ва 525/60 стандартли телевизион тизимлар бир-биридан сатрлар сони ва сўндирувчи оралиқ давомийлиги ҳар хиллиги билан фарқланади.

Рақамли тўлиқ тасвир сигналларини узатиш тезлиги

$$V_c = (n \times f_d)_y + (n \times f_d)_r + (n \times f_d)_b = (10 \times 13,5)_y + (10 \times 6,75)_r + (10 \times 6,75)_b = 270 \text{ Мбит/с.}$$

га тенг

4 : 4 : 4



Рақамли оқним $V_c = 405 \text{ Мбит/с}$

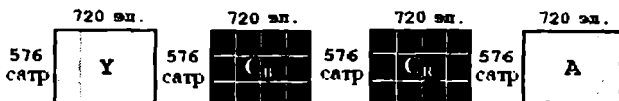
108- расм. Ташкил этувчилари тасвир сигналини кодлаш (4:4:4).

Таркибий сигнални рақамли кўринишда кўрсатишнинг бошқа шакли ҳам мавжуд. **4:4:4** стандарти бўйича кодлашда **13,5** МГц дискретлаш частота ҳамма таркибий қисмига (**R,G,B** ёки **Y,Cr,Cb**) бир хил олинади (108-расм).

Натижада сигнални ҳамма таркиблари тўлиқ частота кенглигида узатилади. Сигнални ҳар бир таркиби учун кадрнинг фаол қисмидаги сатрлар сони **575** ва ҳар бир сатрдаги элементлар сони **720** га тенг. Рақамли оқимнинг тезлиги **10** битли код сўзда **405 Мбит/с** ни ташкил қилади.

4:4:4:4 формат тўрт сигнални кодлашни таърифлайди (109-расм), улардан учтаси тасвирий сигнал таркиби (**R, G, B** ёки **Y, Cr, Cb**), тўртинчиси эса (альфа канал) сигналга ишлов бериш тўғрисидаги ахборотни олиб боради, масалан, бир неча тасвирларни бир-бирининг устига туширишда уларнинг шаффофлиги тўғрисидаги ахборот.

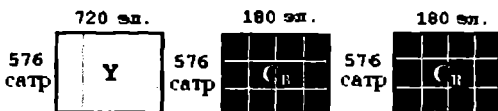
4 : 4 : 4 : 4



Рақамли оқим $V_c = 540$ Мбит/с

109- расм. Таркибий тасвир сигнални кодлаш(4:4:4:4).

4 : 1 : 1



Тўлиқ рақамли оқим $V_c = 162$ Мбит/с (8 бит)

Рақамли оқим (тасвирни актив қисмида)

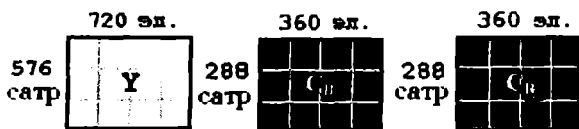
$V_c = 124$ Мбит/с (8 бит)

110- расм. Таркибий тасвир сигнални кодлаш(4:1:1).

Тўртинчи қўшимча сигнал, асосий ранг сигналлари R, G, B га қўшимча ёруғлик сигнали Y ҳам бўлиши мумкин. Ҳамма сигналларни дискретлаш частотаси - $13,5 \text{ МГц}$, яъни ҳамма сигналлар тўлиқ частота спектори кенгликда узатилади. Хабарни узатиш тезлиги 10 битли сўзда 540 Мбит/с га тенг.

$4:1:1$ формати айирма ранг сигналларига дискретлаш частотасини икки карра камайтиришни тавсия қилади ($4:2:2$ стандартига қараганда). Ёруғлик сигнали (Y) $13,5 \text{ МГц}$ частота билан, айирма ранг сигналлари (Cr и Cb) эса - $3,375 \text{ МГц}$ частота. Бу горизонтал йўналишда ранглارни ажратиш хусусиятини икки баробар камайишини кўрсатади. Ёруғлик сигнали кадрнинг фаол қисмида 576 сатр иборат, ҳар бир сатрда эса 720 элемент ва айирма ранг сигналида эса - 180 элемент (110 -расм) бор.

$4 : 2 : 0$



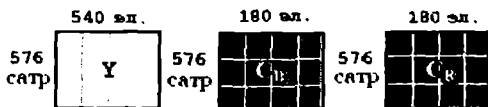
Тўлиқ рақамли оқим $V_c = 162 \text{ Мбит/с}$ (8 бит)

Рақамли оқим (тасвирни актив қисмида)

$V_c = 124 \text{ Мбит/с}$ (8 бит)

111- расм. Таркибий тасвир сигналини кодлаш(4:2:0)

$4:2:0$ форматда олинган тасвирда, ёруғлик сигнал (Y) таркиби кадр актив қисмида 576 сатр ва ҳар сатрда 720 дан қиймат мавжуд, айирма ранг сигналлари Cr ва Cb таркиби - 288 сатр ва ҳар сатрда 360 қийматдан иборат (111 -расм).



Тўлиқ рақамли оқим $V_c = 135$ Мбит/с (8 бит)

Рақамли оқим (тасвирни актив қисмда)

$V_c = 104$ Мбит/с (8 бит)

112-расм. Таркибий тасвир сигналини кодлаш(3:1:1).

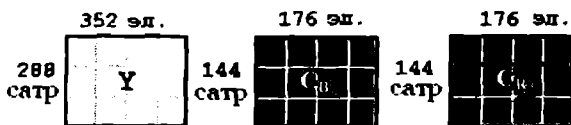
4:1:1 ва **4:2:0** кодлаш турлари ахборотни бир хил тезликда узатиш билан фарқланади - **10 бит** ли код сўзида **202,5 Мбит/с** ва **8 бит** ли код сўзида **162 Мбит/с**. Агар тасвирнинг фақат фаол қисми узатилса (орқага қайтишсиз), рақамли оқим катталиги **8 бит** ли код сўзи учун **124 Мбит/с** га тенг бўлади. Бу формат рақамли сигналларига, олдиндан ишлов бериш ва децимация қилиш (ҳисобларни танлаш) йўли билан оқим тезлигини камайтириш мумкин. **4:1:1** формати **525/60** ёйиш стандарти учун, **4:2:0** формати эса **625/50** тизим учун қулай. Бу форматда вертикал аниқликни йўқотиш сатрлари кам тизим (**525/60**) учун, горизонтал аниқликни йўқотиш **625/50** тизим учун кўпроқ сезиларли.

3:1:1 формат ҳам қўлланади, унда горизонтал йўналиш бўйича аниқлиги таркибий ёруғлик сигнали учун **720** дан **540** га ва айирма ранг сигнали учун **360** дан **180** га камайтирилган. Кадрнинг фаол қисмига **576** сатрдан ёруғлик таркиби учун **540** ҳисоб ва айирма ранглар учун **180** қиймат олинади (112-расм).

3:1:1 форматда ахборот узатиш тезлиги бир қиймат учун **8 бит** олинганда **135 Мбит/с** ни ташкил қилади. Оқимни тезлигини сезиларли камайтириш учун (**4:2:2** стандартга нисбатан) ёруғлик таркиби аниқлигини горизонтал ва вертикал бўйича тахминан **2** баробар, айирма рангни вертикал бўйича **4** баробар ва горизонтал бўйича **2** баробар камайтиради.

CIF (Common Interchange Format) кўринишдаги формат мавжуд. Бундай формат бир кадрнинг фаол қисмида, ёруғлик таркибида **288** сатр ва ҳар бир сатрда **352** қиймат ва айирма ранг таркибида **144** сатр ва ҳар бир сатрда **176** қийматни ўз ичига олади (113-расм). Фақат тасвирнинг фаол қисмини узатиш учун оқим тезлиги бир ҳисобга **8бит** олинганда **30 Мбит/с** га тенг бўлади.

CIF
(Common Interchange Format)



Рақамли оқим (тасвирни актив қисмида)

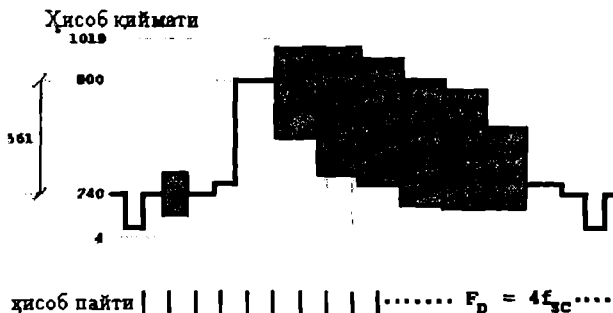
$$V_c = 30 \text{ Мбит/с (8 бит)}$$

113-расм. Таркибий тасвир сигналини кодлаш CIF (Common Interchange Format).

6.12. КОМПОЗИТ СИГНАЛНИ РАҚАМЛИ ШАКЛДА УЗАТИШ

PAL ва **NTSC** тизим композит сигналлари **4fsc** частота билан дискретланади. Бу частота ранг элтувчи частотани тўртинчи гармоникасини ташкил қилади. 114-расмда композит телевизион сигнални дискретлаш ва квантлаш кўрсатилган (сигнал сифатида ранглар тасмаси сигнали олинган). **NTSC** тизимида сатр **910** қийматдан иборат, бундан **768** таси рақамли сатрнинг фаол қисмини ташкил қилади. **PAL** тизимида аналог сатр оралиғига **4fsc** частотанинг бутун бўлмаган ҳисоби тўғри келади. Бу **PAL** тизимида ранг элтувчи частотани чорак сатр частотага силжитишдан ташқари кўшимча кадр частотасига (**25Гц**) силжитиш қўлланилади.

PAL тизимида рақамли қийматлар оқимини доимий $4f_{sc}$ частотада узатишни сақлаш учун рақамли сатр давомийлиги аналог сатр давомийлигига тенглаштирилмаган. Майдондаги 1135 сатр қийматдан иборат (икки сатрдан ташқари), уммумий ҳисобга эса 1137 га тенг. Код сўзининг узунлиги 10 битга тенг. Композит аналог сигналларда синхроимпульсларнинг fronti ва қирқимини рақамли кодлаш тўғри келгани сабабли, қора сатрдан то оқ сатрғача бўлган диапазонни квантлаш жараёнида сигналнинг таркиби шаклига нисбатан 30% га камайтирилади. NTSC тизимида рақамли сигнал учун маълумот узатиш тезлиги 143 Мбит/с га тенг, PAL учун эса 177 Мбит/с.



114- расм. Композит тасвир сигналини кодлаш ($4f_{sc}$).

6.13. РАҚАМЛИ ТЕЛЕВИДЕНИЕ СИГНАЛИНИ АЛОҚА КАНАЛИ ОРҚАЛИ УЗАТИШ

Рақамли телевидение сигналини алоқа канали орқали узатишда асосий талаб мавжуд оммавий телевизион кўрсатув тармоғи орқали юқорида келтирилган рақамли сигнални афзалликларини сақлаган ҳолда кўрсатишни ташкил этиш ва канал частота полосасидан сақлаган ҳолда самарали фойдаланишдан иборат. Амалда бунга эришиш учун элитувчини модуляциялашни мураккаб усуллари ва халақитлардан ҳимоя қилувчи сигнални кодлаш усулларида фойдаланилади. Тасвир сифатини истеъмолчига етказиш учун бир вақтда кодлашни бир неча турлари ва ўзгартиргичлар ишлатилади, натижада узатувчи

қурилма қувватини кўпайтмасдан, қабул қилувчи қурилмаларда кам шовқин чиқазувчи кучайтиргичлар ишлатмасдан тасвир сифатли тикланади.

Узатиладиган ахборотни халақитбардош кодлаш ТВ тизимни қабул қилиш қисмида хатони аниқлайди ва уни тўғрилади. Халақитбардош кодлар ишлатилиб кодлашни *тузатувчи кодлар* ёки хатони тўғриловчи кодлар деб аталади.

Агар ишлатилаётган код хатони аниқласа, бу хато тасвир элементидами, сатридами ёки кадр (майдон)дами, уни қўшни элемент, сатр ёки кадр (майдон) билан алмаштириш орқали тузатиш мумкин, тикланган тасвирда бу сезилмайди. Бу услуб *хатони ниқоблаш* деб аталади.

Мукамал тузатувчи кодлар но фақат хатони аниқлайди, уни тузатади ҳам. Одатда, бундай кодлар аниқлаган хатони кам қисмини тузатади. Аниқ ораликда иккилик кетма-кет белгиларни тўғриловчи код бир хил код комбинацияларида хатони тузатиш сони кодни *тузатиш қоблияти* деб аталади.

Кодларни хатони аниқлаш ва тузатиш имкониятини баҳолаш учун *код масофаси (Хэмминг масофаси)* тушунчаси ишлатилади. $\{x_{ij}\}$ ва $\{x_{mj}\}$ код комбинациялари орасидаги код масофа d_{im} қуйидаги тенглама орқали аниқланади:

$$d_{im} = \sum_{j=1}^n (x_{ij} \oplus x_{mj}) \quad (6.18)$$

Масалан, 0001 ва 0011 код комбинациялари орасидаги код масофаси 1 тенг. Код комбинациясидаги r_1 хатони аниқлаш учун икки рухсат этилган кадрлар комбинацияси ўртасидаги код масофаси қуйидаги нотенгликни қониқтириши керак $d \geq r_1 + 1$.

Энг оддий ва халақитбардош кодлашда маълум мисол бу жуфтликка текшириш. Рухсат этилган код комбинациялари орасидаги код масофасини узайтириш учун узатилаётган код комбинацияларда назорат белгилар сонини кўпайтириш керак. Қуйидаги боғлиқлик маълум

$$d_{\min} = p - 1 = n - k + 1$$

бу ерда, d_{\min} - икки рухсат этилган код комбинациялари орасидаги минимал код масофаси.

Оддий ва кенг қўлланиладиган тузатувчи кодлардан бири Хэмминг кодидир. $d = 3$ бўлганда, яъни якка хатоларни

тўғрилашга имкон берилганда, Хэмминг коди куйидаги кўринишда бўлади ($2^p - 1$, $2^p - 1 - p$), бу ерда, p – узатилаётган код комбинациясидаги текширувчи белгилар сони. $p = 1$ ва $p = 2$ учун (1,0) ва (3,1) кодларини оламиз. $p = 3$ учун рухсат этилган 16 код комбинациянинг (7, 4) кодини оламиз. $p = 4$ учун рухсат этилган 2048 код комбинацияларидан (15,11) кодини оламиз ва ҳ.к. Хэмминг кодларини $d > 3$ учун ҳам яратиш мумкин.

Телевизион тизимда пакетли хатоларни тузатиш катта аҳамиятга эга. Бундан ташқари, рақамли телевизион тизим учун кодни танлашда декодерларни жуда ҳам мураккаблашиб кетмаслигини ҳисобга олиш лозим. Кўп ишлаб чиқилган рақамли телевизион тизимларда алоқа каналлари орқали халақитбардош узатишни таъминлаш учун Рида-Соломон коди ишлатилади. Умуман тузатувчи кодлар тури жуда кенг, улар булокли ва ўралган (узлуксиз, рекурсив) бўлинади. Блокли кодлар бирламчи код комбинацияларини (блокни) қайта кодлаш. Кодлаш ва декодлаш ҳамма вақт бир код комбинация (блок) чегарасида бажарилади. Бунга қарама-қарши ўралган кодларда кодлаш ва декодлаш узлуксиз иккилик белгилар устида бажарилади. Блокли кодлар айрилган ва айрилмаган бўлади. Айрилувчи кодларда ҳар бир код комбинациясида қайси бир белгилар ахборот, қайсилари текширувчи эканлиги кўрсатилади. Айрилмайдиган кодларда бундай имконият йўқ.

Такрорий кодларда ахборот белгилари билан биргаликда чизикли шаклланади. Яъни ҳар бир текширувчи белги x_{pj} куйидагича ёзилиши мумкин:

$$x_{pj} = (a_{1j}x_1) \oplus (a_{2j}x_2) \oplus \dots \oplus (a_{kj}x_k) \quad (6.19)$$

бу ерда, $a_{1j} \dots a_{kj} - 0$ ёки 1 қийматли олувчи коэффициентлар, $j = 1, 2, \dots, n-k$.

Хэмминг коди блокли айрилувчи такрорий код туркумига киради.

Қайтарилувчи кодлар куйидаги хусусиятларга эга, Агар $a_0a_1a_2\dots a_{n-1}$ код комбинациялари рухсат этилган бўлса, унда қайталаб суриш натижасида олинган $a_{n-1}a_0a_1a_2\dots a_{n-2}$ код комбинацияси ҳам рухсат этилган бўлади. Қайтарилувчи кодларни ишлатилганда кодловчи ва декодловчи қурилмалар

иккилик модули бўйича қўшувчи ёрдамида тескари алоқали сурувчи регистри яратиш мумкин. Қайтарилувчи кодларни ўртасида энг самарали ва кенг ишлатиладигани Бозе-Чоудхури-Хоквингем (БЧХ код)идир. Бу код қуйидаги хусусиятга эга: ҳар қандай s ва $q < (2^s - 1)/2$ га яраша қайтарилувчи код $n = 2s - 1$ узунлиги мавжуд бўлиб, у q ёки кам хатоли ва sq кўп бўлмаган текширувчи белгили комбинацияни тузатувчидир. Масалан, рақамли радио-эшиттириш сунъий йўлдош тизимида (63,44) БЧХ код 63 белгили блокни ҳар бирдан топилган 4 ёки 5 хатодан 2 ёки 3 тасини тузатади. Бундай коднинг ортиқчалиги $R = (63 - 44) / 63 = 0,33$. БЧХ коднинг бир тури Рида-Соломон кодидир.

Тузатувчи кодлар самарадорлиги қуйидаги тенглама орқали аниқланади:

$$K_{\text{кк}} = 10 \lg \left[\frac{\left(\frac{E_1}{N_0}\right)^*}{\left(\frac{E_1}{N_0}\right)} \right] [\text{дБ}], \quad (6.20)$$

бунда, E_1 - 1 бит узатилган ахборот сигналининг энергияси; N_0 - 1 Гц полосали алоқа каналидаги шовқин қуввати; $(E_1/N_0)^*$ ва (E_1/N_0) - бир хил хатолар частотаси олинadиган, тузатувчи код ишлатилгандаги ва ишлатилмагандаги, нисбатлар қиймати тегишлича. $K_{\text{кк}}$ коэффиценти тузатувчи кодни ишлатилганда алоқа каналида хатолар частотасини аввалги даражада сақлаган ҳолда сигнални/шовқинга нисбати қанчалик камайганини кўрсатади. $K_{\text{кк}}$ қиймати одатда 3...7 дБ ташкил қилади ва хатолар частотаси камайиши сайин ошади.

Телевиденияда кенг қўлланadиган яна бир код, бу панжарасимон коддир. Бу кодлар ўралган кодлар турига кирди ва бундай киришдаги чексиз кетма-кет иккилик белгиларни кодлаш натижасида ҳар бир белгига бирдан ортиқ белги тўғри келувчи иккилик белгилар чексиз кетма-кетлигига айлантиради. Ўралган код ишлатилганда узатиладиган иккилик белгилар сонини кўпайиши нисбий тезлик билан таърифланади

$$R_{\text{нис}} = Q_{\text{к}} / Q_{\text{ч}}, \quad (6.21)$$

бу ерда, $Q_{\text{к}}$ ва $Q_{\text{ч}}$ - кодловчини киришида ва чиқишида иккилик белгиларини узатиш тезлиги, тегишлича.

Панжарали кодни декодлаш учун кўпроқ Витерби алгоритми ишлатилади, у мумкин бўлган кўп ҳолатлар орасидан нисбатан камини эҳтимолга яқинини танлаб, бирламчи кетма-кетликда белгиларни тўғриларини аниқлайди.

7. ТЕЛЕВИЗИОН ТАСВИРНИ БАҲОЛАШ

7.1. УМУМИЙ ТУШУНЧА

Телевидениеда сифатни назорат қилиш ва ўлчаш учун икки гуруҳ асосий услублар мавжуд: кузатувчилар гуруҳи кўз билан кўриб субъектив баҳолаш ва сигналларни керакли ўлчов асбоблари ёрдамида ўлчаб объектив баҳолаш усуллари.

Телевизион оқ-қора тасвир сифати кўп кўрсаткичлар йиғиндисидан иборат бўлиб, уларни қатор гуруҳларга ажратиш мумкин: узатилаётган объект тавсифи; оптик тизим тавсифи; телевизион тизим хусусияти; кинескоп пардасида тасвирни кузатиш шароити. Рангли телевидение учун эса бу кўрсаткичлар нисбатан кўпроқ.

Оптик тизим билан телевизион тизим ўртасидаги сифат белгиларини тахминий ўрта қийматини аниқлаш учун жуда бўлмаганда объект тавсифини ва кузатиш шароитини билиш керак, объект сифатида синов тасвир ҳамда алоқа канал масофаси чекланган қисқа деб тахмин қилиб, улар ҳисобга олинмайди.

Тасвир сифатини аниқлашда қулайлик туғдириш учун кузатиш шарти ёки тасвирни пардада жойлаштрилиши бир хил аниқ бўлиши лозим.

Телевизион тасвир юзага келишда кўп техник кўрсаткичлар унга тасир қилади: датчикнинг фотокатод ўлчами; фаол сатрлар сони; приллаш частотаси; оптик тасвир элементининг равшанлиги; равшанликни градация (поғоналар) сони; оптик тасвир нисбий равшанлиги (контрасти); фоннинг биртекислиги; тасвирдаги чегаралар кескинлиги; телевизион тасвир шаклининг геометрик бузилиши; тасвирдаги стационар «чўзилиш» ва «қошия» халақитлар; флуктацияланувчи халақитлар (шовқинлар). Бундан кўринадики, тасвир сифатини аниқлаш учун бир қийматли мезон ёки мезонлар гуруҳи ишлаб чиқиш аҳамиятга эга.

Тасвир элементларининг нисбий ўлчамига боғлиқ майда қисмларни алоҳида-алоҳида кўриниши телевизион тасвир *аниқлигини* таърифлайди.

Телевизион тизимда тасвир ҳар хил элементлари орасидаги чегарани аниқлаш муҳим бўлиб, у телевизион тасвир *кескинлиги* орқали аниқланади.

Яна шуни эътиборга олиш керакки, тасвир аниқлиги ва кескинлиги кўзни ўтқирлик мезони орқали аниқланади.

Телевидениеда ажратиш қобилиятини ёйилувчи сатирлар номинал сони билан аниқлаш қабул қилинган. Бундай мезон оптикада қабул қилингандан фарқ қилади. Оптикада 1 мм да жойлашган бир номли (оқ ёки қора) штрихлар тасвирини ажратиш қабул қилинган. Оптик тизим ажратиш қобилиятини аниқлаш мезони, телевидениеда солиштирма ажратиш қобилиятига тўғри келади, яъни 1 мм да жойлашган фаол сатирлар сони билан аниқланади.

Агар телевизион кадр баландлигини h деб олинса, фаол сатрлар сонини Z_a , унда телевизион тасвирнинг солиштирма ажратиш қобилияти куйидагича аниқланади:

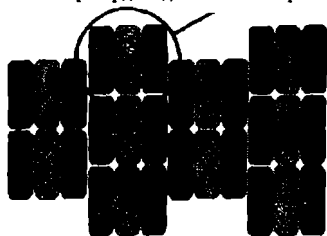
$$Ni = Z_a / h . \quad (7.1)$$

Солиштирма ажратиш қобилиятини тескариси ёйиш қадамини белгилайди, яъни

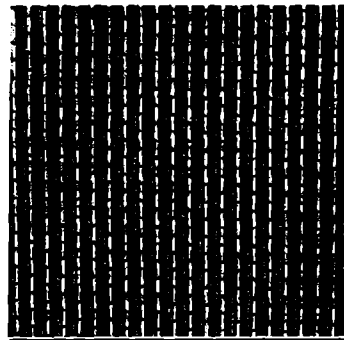
$$\delta = h / Z_a \quad (7.2)$$

Ёйиш қадами электрон нур дастасини ёйилиш юзасидаги кесимини диаметри ёки фотозлектрон ўзгартиргич матрицаларда пиксел ўлчами билан аниқланади.

Пиксел (инг. Pixel – «Picture Element») – яъни тасвир элементи) – бу электрон тасвирни энг кичик қисми – ташкил этувчиси. Бу элементларни бундан кичик қисмларга ажратиб бўлмайди ва тасвир тўғрисида кўшимча ахборот ҳам олинмайди. Телевидениеда тасвир элементини деб бир хил ранг ва бир қийматли равшанлиги тушунилади. Турли-туман ранглар ва сояларни тасвирланганда бирламчи ранглар чекланган тўпламидан олинади ва улар пикселлардан иборат (ҳар бир пиксел бир асосий рангга тегишли). Пиксел тасвирни энг кичик ташкил этувчиси, лекин пиксел деб кўп ҳолларда бирламчи элементлар тўплами ҳам тушунилади.



телевизор пардасида RGB
пикселларни жойлаштириш



***115- расм. Телевизор экранида RGB пикселларни
Жойлаштириши (шовадаги расмга қаранг).***

Рангли телевидениеда қизил, яшил ва кўк асосий ранглар орқали қолган ҳамма табиий ранглар олинади, рангларни қўшилиши кўзда юз беради, яъни пиксел ўлчамидан жуда катта бўлган масофадан кузатилганда уч асосий ранг пиксели бир ранг пиксел сифатда қабул қилинади (115-расм).

Замонавий телевизион камералар асосан зарядли алоқа асбоб ЗАА – матрица асосида ясалган. Шунинг учун тасвир аниқлиги асосан ЗАА – матрица пикселлари сони билан аниқланди. Масалан, мониторда камера ажрата олган деталлардан кўпини (агар мониторда шундай имконият мавжуд бўлганда ҳам) тиклай олмайди. Ва аксинча, агар монитор пикселлари сонидан кўп элементни тиклай олмайди.

ЗАА – матрицада пикселлар сони аниқ маълум бўлса ҳам, хануз тасвир деталлик сифатини баҳолашда ТВ – чизиқлар сонидан фойдаланди. Ажратиш қобилиятини ТВ – чизиқларда аниқлаш учун синов жадвалдан фойдаланилади. Амалда синов жадвалини матрицага нисбатан пиксел ўлчами аниқлигида жойлаштириш мушкул. Шу туфайли ТВ – чизиқлар сонидан пикселлар сонидан фарқ қилади. Мониторда тикланган видеосигналдан тасвир энг кичик элементи видеокамера ёки монитор пиксели орқали аниқланади. Агар мониторинг ажратиш қобилияти паст бўлса, масалан, диагонали бўйича 23 см электрон нур трубкали монитор ажратиш қобилияти 330

ТВ – чизикқа тенг бўлсин, видеокамерани ажратиш қобилияти эса 480 ТВ – чизикқа тенг, унда тасвир фақат 330 ТВ – чизик аниқликда тикланади, қолган ахборот йўқолади. Агар мониторинг ажратиш қобилияти масалан, 700 ТВ – чизикқа тенг бўлса, камерадан олинган 480 ТВ-чизик аниқлигида тасвир тикланади. Демак, горизонтал бўйича 480 ТВ – чизик нормал шароитда 480 вертикал чизикларни (қора-оқ бир хил кенгликдаги чизиклар) ажратади. Нисбий ажратиш қобилияти 0,26 штрих (10 мм да 2,6 штрих) ташкил қилади. Диагонали бўйича 59 см кинескопда эса ажратиш қобилияти 0,1 штрих.

7.2. ТЕЛЕВИЗИОН ТАСВИР СИФАТИ

ТВ тизими орқали асосий хизмати реал тасвир кузатилаётган телевизор экранда ёки мониторида ўхшаган тасвирни тиклаш. Бу мақсадда амалдаги тизимдан кўра, ҳажмли тизим орқали сезиларли юксак сифатли кўрсаткичга эришиш мумкин. ТВ тасвирнинг сифати телевидение кўрсатиш тизимининг асосий кўрсаткичлари орқали чекланади. Телевизион тизим кўрсаткичлари Халқаро стандартлар билан белгиланган: кадр формати, ажратиш қобилияти сатрлар сони, бир секунд ичида узатиладиган кадрлар сони, нимранглар сони ва уларнинг тикланган тасвирдаги равшанлик ўзгариши динамик диапазонда тақсимланиши, рангларни қамраб олиниши ва бошқалар. Бу кўрсаткичлар телевизион тизим орқали тикланаётган тасвирнинг одатдаги сифатини аниқлайди.

Бундан ташқари, ТВ тизимининг имконияти унинг таркибий қисмлари кўрсаткичларига боғлиқ. ТВ тизимнинг таркибий қисмларида тасвир узатилиши жараёнида бузилишлар келиб чиқиши мумкин. Натижада ТВ тасвирнинг аслига нисбатан сифати бузилади, фарқланиш ҳосил бўлади.

ТВ тизимнинг алоҳида таркибий қисмларини объектив ва субъектив баҳолаш, шунингдек, кузатиш ва ўлчаш шартлари, ундан ташқари сигналга ишлов бериш Халқаро радио маслаҳат комиссияси, давлат стандарти ва бошқа ҳужжатларда белгилаб қўйилган.

Кўпчилик тасвир бузилишига тегишли кўрсаткичлар инсонни кўз тизимига ва рухсат этиладиган бузилишларни аниқлаш устида олиб борилган статистик тадқиқотга асосланган. Трактнинг бутун йўли бўйлаб электр сигналлар кўрсаткичлари ва уларни белгиланган нормадан фарқи махсус ўлчов асбоблари ёрдамида объектив усулда баҳоланади, натижавий ТВ тасвирнинг сифати эса оптик ёки электрон универсал синов жадвали (УЭСЖ) қатор кўрсаткичлари орқали кўз ёрдамида аниқланади. ТВ тасвирининг бузилиши турлари, сабаблари ва уларни баҳолаш усулларини кўриб чиқамиз.

7.3. ГЕОМЕТРИК БУЗИЛИШЛАР

ТВ тасвирнинг геометрик бузилиши узатилаётган элементлар координаталари ўзгариши натижасида келиб чиқади. Бундай бузилишлар тикланаётган ТВ тасвирда аслига қараганда геометрик ўхшашлиги бузилиши орқали намоён бўлади. Геометрик ўхшашлигининг бузилиши асоси растр шаклининг бир-бирига ўхшамаганлигидадир ва тасвирни сигналга ҳамда сигнални тасвирга айлантиргичларда сатр ёки кадр бўйича ёйиш нисбий тезликнинг ўзгариши натижаси келиб чиқади.

Растрнинг одатдаги формати $k = b/h = 4/3$ (ёки $16/9$) ва ёйишни нисбий тезлиги $v_{k \text{ camp}}(t) = \text{const}$ этиб танланган.

Шунинг учун геометрик бузилишни баҳолаш одатдаги кўрсатилган кўрсаткич қийматига нисбатан геометрик бузилиш коэффициенти ёрдамида аниқланади.

116-расмда растр шаклининг бузилишини яққол намоён этувчи кўринишлар келтирилган. Расмда келтирилган намуналар учун геометрик бузилишнинг коэффициенти қуйидагича баҳоланади:

– электрон-оптик тизимларининг фотоэлектр айлантиргичларида бочкасимон ва ёстиксимон дисторция келиб чиққанда (116а.б-расмда).

$$\begin{aligned} & k_{z.a.d.} = (\Delta h / b) 100\% \\ \text{ёки} & k_{z.z.d.} = (\Delta b / h) 100\% \end{aligned} \quad (7.3)$$

– оптик ёки электр ўқнинг тасвир юзасига ортогоналлиги бузилиши натижасида трапеция шаклидаги бузилиш ҳосил бўлганда(116в- расм).

$$k_{z,z} = 2((l_2 - l_1)/(l_1 + l_2))100\% \quad (7.4)$$

– сатр ёки кадр бўйича ёйилганда оғдирувчи майдоннинг ортогоналлиги бузилиши натижасида параллелограмм туридаги бузилиш келиб чиққанда (116г- расм).

$$k_{z,z} = 2((D_2 - D_1)/(D_1 + D_2))100\% \quad (7.5)$$

Растр ўлчамининг вертикал ва горизонтал бўйича нисбатининг бузилиши узатиш ва қабул қилишда кадр форматининг тенг бўлмаганлиги ($b/h \neq (b_n/h_n)$), яъни кадр ва сатр бўйича оғдирувчи майдон қийматларининг тенг эмаслигидир. Бу ҳолда бузилиш қийматини аниқлаш фойдасиз, чунки оғдирувчи майдонга паст частотали даврий халақитлар таъсир қилиб, бундай бузилишларнинг тасвир ўлчамини горизонтал ва вертикал йўналишда ўзгартириб енгил созлаш мумкин (116ж-расм).

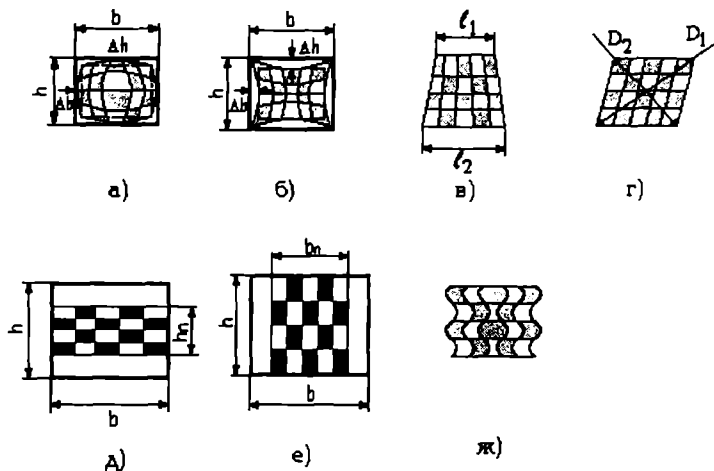
Узатувчи ва қабул қилувчи ўзгартиргичларда электрон нурлар нисбий ҳаракат тезлиги вертикал ёки горизонтал бўйича бир хил бўлмаслиги сабабли геометрик бузилишлар келиб чиқиши мумкин.

Амалда бу кўпроқ тезлик доимийлиги шарти $v_{kcamp}(t)$ нинг бир томонлама бузилиши натижасида юзага келади, яъни кадр ёювчи тоқининг ночизиқлиги натижасида юзага келади. Бу ҳолда вертикал ва горизонтал йўналишда геометрик бузилиш куйидагича баҳоланади:

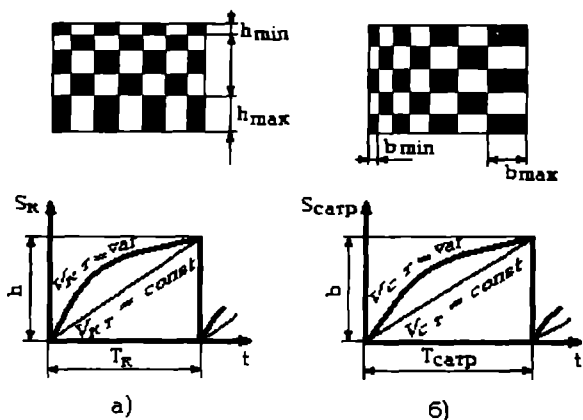
$$\begin{aligned} k_{г.в.} &= 2((h_{max} - h_{min}) / (h_{max} + h_{min}))100\%; \\ k_{г.г.} &= 2((b_{max} - b_{min}) / (b_{max} + b_{min}))100\% \end{aligned} \quad (7.6)$$

Бунда h_{max} , h_{min} (b_{max} , b_{min}) – кинескоп экрандаги синов телевизион жадвалини махсус элементи баландлиги-(кенглиги)-нинг кузатилган қиймати.

Ёйилишнинг нотекислиги ҳамма томонига 5% гача бўлганда амалда одам кўзи учун сезиларсиз; агар тасвирнинг нотекислик 8....12% бўлса, у яхши сифатли деб қабул қилинади.



116-расм. Растр кўриниши бузилишида, "шахмат майдон" тасвирининг геометрик бузилишлари.



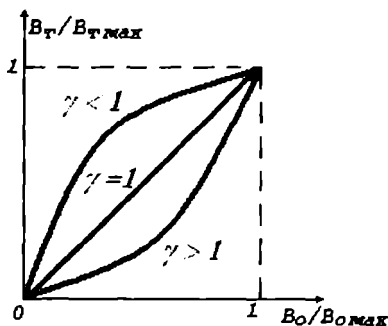
117-расм. Ёйилиш камерада чизикли бўлганда қабул қилувчининг кадр (а) ва сатр (б) ёювчи сигналлари нозизиклиги натижасида тасвирда геометрик бузилишнинг келиб чиқиши.

Геометрик бузилишнинг қийматини ўлчаш махсус жадвал ёки универсал синов жадвали таркибида мавжуд квадрат ёки тўғри бурчакли синов элементлари ёрдамида амалга

оширилади. Чамалаб (тахминий) кўз билан баҳолаш учун доира шаклидаги элементлардан фойдаланиш маъқул, чунки бу элементлар шаклининг озгина ўзгариши кўз орқали яхши сезилади (доирани 5% бузилиши кўзга ташланади). Баҳолаш жадвалини солиштириш катта майдоннинг хоҳлаган қисмида дифференциал амалга оширилади.

7.4. НИМРАНГЛАРНИНГ БУЗИЛИШИ

Равшанлик динамик диапазони аслига қараганда фарқланиши, ночизик бузилиш натижаси бўлиб, унда ТВ тасвирининг нимранг бузилиши юзага келади (118-расмга). У асосан тасвирнинг кузатиш шароитини ўзгартириши (паразит ёритилиш, тасвир ва унинг қисмлари равшанлик қиймати ўлчами ўзгариши ва бошқалар) ва контраст поғона ($\Delta B/B_{\phi}$)_{пог} нинг қиймати ўзгариши билан боғлиқ. Натижада, ТВ тасвирида кузатилаётган *нимранглр сони* $A_{\text{масвир}}$ (*равшанлик градациясини поғоналар сони*) объект поғоналар сони A_0 га нисбатан камаяди. Шу сабабли объектларни тасвир орқали таниб олиш қийинлашади. $A_{\text{масвир}} = \text{const}$ ($K_{\text{масвир}} = \text{const}$) ҳолатда тасвир қисмларини таниб олишни яхшилаш учун, тикланаётган тасвир равшанлиги динамик диапазонининг ўзгариш чегарасида, поғоналар сонини қайтадан тартибга солишга тўғри келади. Бунинг учун



118-расм. Равшанлик сатҳининг λ га боғлиқлиги.

Тасвирдаги мазмунан аҳамиятли оқ минтақа поғоналар сони кўпайтирилади (тасвирни бу қисмларини яхши кўриниши учун) ва қора минтақаларда аксинча поғоналар сони камайтирилди (улар кўзга ташланмаслиги учун). Бундай жараён гамма-тузаткич ёрдамида амалга оширилади. ТВ тизимда равшанлик сатҳининг узатиш тавсифини шакли гамма-тузаткичда параболик функция даражаси $\gamma = 1, 2, \dots, 1, 3$ қийматга ўзгартирилади (118-расмга).

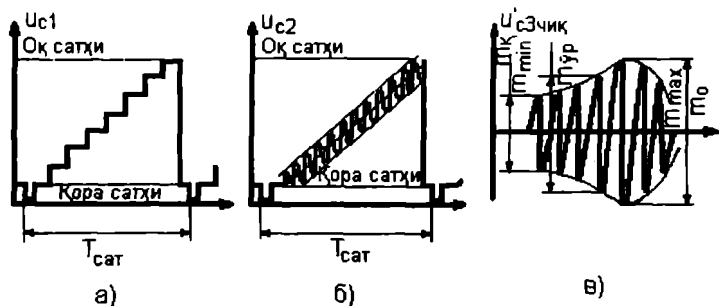
Равшанлик сатҳ тавсифи шакли ТВ тизимнинг ёруғликни сигналга ва сигнални ёруғликка алмаштирувчиларнинг ёруғлик тавсифи, шунингдек, ёруғлик сигнал трактнинг амплитуда тавсифи (АТ) шакли билан аниқланади. Одатда ТВ сигнал трактнинг амплитуда тавсифи, яъни чиқишидаги кучланишнинг киришдагига боғлиқлиги $U_{чик} = f(U_{кириш})$ чизиқли бўлиши таъминланади. Натижада, тикланадиган градациялар сонига ёруғлик сигналининг ночизиқ бузилиши кам таъсир кўрсатади. ТВ тизимдаги сигнал датчик тавсифларининг ҳар хил бўлиши, узатувчи ва қабул қилувчи айлантиргичлар тавсифларининг бир-биридан фарқ қилиши, шунингдек, уларни рационал иш режимларни танлаш катта аҳамиятга эга. Шу сабабли ТВ сигнал датчикларнинг ҳар бирида гамма-тузаткичлар ишлатилади, уларнинг АТ шакли кинескопларнинг ёруғлик (модуляция) тавсифлари белгиланган ўртача шаклига мослаштириб танланади.



119-расм. Ним ранг поғоналарини аниқлаш.

Юқорида келтирилган сабаблар амалда ним ранглари тўлиқ тиклашни қийинлаштиради. Ним ранглари сонининг кинескопда тўғри тикланиши ҳар бир кинескопнинг иш режимини хусусий сошлашга боғлиқ. Уни телевизорнинг «Равшанлик» ва «Контрастлик» сошлаш мурувватлари ёрдамида ўрнатади.

Нисбатан катта элементларда градация сони бир неча ўнликка етади. Тасвиридаги градация сонини тезкор ўлчаш имконияти йўқ. Одатда тикланаётган ярим соялар сифатини тахминан баҳолаш учун, V_{min} дан V_{max} гача диапазонли равшанлик сатҳлар 10-градация шкаласидан фойдаланилади. Бу тест тасвирнинг ҳар бир ёруғлик поғонаси кўшни поғонадан бир неча градация фарқ қилади (119-расмга). Оптик телевизион синов жадвалида (ТСЖ) квадратли, логарифмли ёки чизиқли қонунга биноан ўзгарувчи равшанлик шкаласи ишлатилади. Электрон ТСЖ 10 поғонали шкала кучланиш бир текис пасайтирилиб «зинапоя» ташкил қилади (120в-расм). Ёруғлик сигналининг ночизикли бузилиши сигнални узатувчи трактнинг амплитуда тавсифининг ночизик бузилиши туфайли келиб чиқади, бу ночизикликни текшириш поғона ёки аррасимон сигнал ёрдамида бажарилади. Ўлчашларни осонлаштириш учун бу сигналга 1.2 МГц частотали синусоидал тебраниш киритилди, унинг амплитудаси равшанлик сигналининг 10% ини ташкил қилади (120б-расм). Трактнинг чиқишида ёки унинг бирор блокада, киритилган синусоидал тебраниш филтър ёрдамида ажратиб олинади.



120-расм. Телевизор экранида ёруғликни наст балан шкала тасвирини шакллантирувчи U_{c1} синов сигнали (а) ва ночизик бузилишни ўлчаш учун ёруғлик U_{c2} синов сигнали (б); Синов сигналига жойлаштирилган синусоидал сигнални оралиқ филтри орқали ажратиб олинган $U_{c2\text{чиқми}}$ сигнали (в).

Ночизик бузилиш коэффициентини куйидагича аниқланади:

$$K = \frac{m_{\max} - m_{\min}}{m_{\max}} 100\%, \quad (7.7)$$

Бунда, m_{\max} , m_{\min} – АТ қийматларига тўғри келувчи синусоидал сигналнинг мос қийматлари (1,2 МГц частотада дифференциал кучланиш).

Амплитуда тавсифининг чизиклидан фаркланиши аниқ аниқлаш учун алоҳида оқ ва қора минтақаларда ночизик бузилиш коэффициентлари ҳисобланади

$$k_{\text{но}} = \frac{m_y - m_o}{m_y} 100\%; \quad k_{\text{нк}} = \frac{m_y - m_k}{m_y} 100\%; \quad (7.8)$$

бунда, m_o , m_k – оқ ва қора минтақаларда синусоидал сигналлар амплитудасининг мос қийматлари; m – синусоидал тебранувчи сигнал пакетининг ўрта қиймати (120в-расм).

Сигнални қора сатҳга боғловчи қурилма ишлаши носозлиги ҳамда ёруғликни сигналга айлантиргичларда юзага келадиган фон ёруғлигининг нотекислиги («қора доғ») тасвир майдонида градация сонини ўзгартиришга олиб келади.

Энг сифатли тасвир олишга кинескоп пардасида ёруғлик ва контраст қийматини оптимал сошлаш орқали (кетма-кет яқинлашиш услубига биноан) эришилади, бунда кўз тасвирда ёруғлик шкаласининг максимал сонини ажрата олишига эришилади. Градация шкала синов тасвирда 8-9 ёруғлик поғонаси ажратилса, ТВ тасвирни сифати яхши ҳисобланади.

7.5. АНИҚЛИК ВА КЕСКИНЛИКНИНГ ПАСАЙИШИ

Тасвир аниқлиги ТВ тизимида тиклаётган тасвир энг кичик элементининг нисбий ўлчами билан баҳоланади, кескинлик эса фон(бир текис ёритилган) билан элементи орасидаги чегарани нисбий ўлчами билан аниқланади. Шунини назарда тутиш керакки, бу деталга дахлдор сигналнинг давомийлиги тизимдаги ўтиш жараёни давомийлигидан катта бўлиши шарт. Деталлар ва чегара ўлчамлари тасвирнинг баландлиги (h)га нисбатан нисбий бирликда ўлчанади, аниқлиги эса шартли

бирликда - сатр ёки ТВ чизиқлар сони билан баҳоланади. Масалан, тикланган тасвирда кўз билан ажратиладиган элемент ўлчами $(1/500)h$ га тенг бўлса, тасвирни аниқлиги 500 ТВ чизиқ ҳисобланади. Тасвирнинг аниқлик ва кескинлик кўрсаткичи бир-бири билан боғлиқ бўлиб, у оптик тасвир равшанлигининг тез ўзгаришига тизим қанчалик тез сезишини кўрсатади.

ТВ тасвир сифати вертикал ва горизонтал бўйича алоҳида баҳоланади, чунки уларнинг қийматлари алоҳида-алоҳида сабабларга боғлиқ.

Вертикал йўналиш бўйича *тасвирнинг номинал аниқлиги* ёювчи сатрлар сони $Z = 625$ билан аниқланади. Одатда, тасвирнинг бир элемент кўриниши квадрат ёки доира шаклида, ўлчами эса h/z нинг нисбатида олинади. У ҳолда, агар кадрни формати $k = b/h = 4/3$ тенг олинса, сатр бўйича жойлашадиган элементлар сони (сатрни ташкил қилувчи элементлар сони) куйидагича аниқланади $kZ \approx (4/3)625 \approx 800$.

Горизонтал йўналиш бўйича тасвирнинг талаб этиладиган номинал аниқлиги асосан ёруғлик сигналини спектр кенглигига боғлиқ, чунки спектрнинг юқори частоталар қисмини тасвир майда элементлари тўғрисидаги ахборот ташкил қилади ва уларни узатиш сифати ТВ тизимининг ажратиш қобилиятини аниқлайди.

ТВ тасвирининг аниқлиги талаб даражада қийматидан юқори бўлмайди, чунки тизимда норма қилиб олинган кўрсаткичлар уни чеклайди. Сатрлар сони $Z = 625$ ва ёруғлик сигналнинг спектр кенглиги $\Delta f \approx 6,0$ МГц бўлиб, у ўз навбатида вертикал ва горизонтал йўналиши бўйича, минимал тикланаётган элементлар сонини белгилайди. Шунинг учун аниқлик (кескинлик)нинг бузилиши ҳамма вақт талаб этиладиган қийматларининг камайишига боғлиқ бўлиб у ТВ тизими реал кўрсаткичлари билан, яъни :

– фокусланиш сифати, аберация мавжудлиги ва фотоэлектрайлантиргич электрон-оптик тизимининг апертура тавсифини шакли билан (6 ва 7-бобга қаранг);

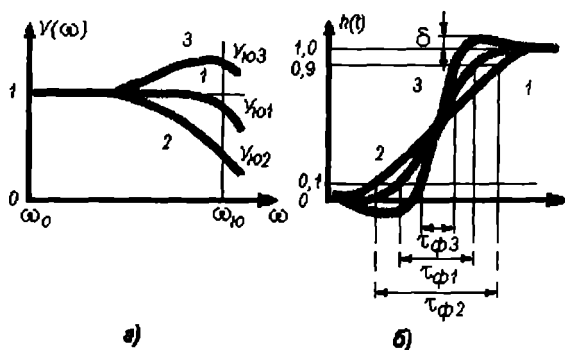
– сатр ташлаб ёйиш сифати билан;

– ТВ сигнали спектри реал кенглиги, яъни ёруғлик сигналини узатувчи тракти юқори частота худудида чизиқли бузилишлар натижасида юзага келиши билан чекланади.

Маълумки, тракт ва унинг алоҳида бўлакларида чизиқли бузилиш турлича, лекин частота тавсифини таҳлил орқали: $y(\omega)$ – амплитуда частоталар тавсифи (АЧТ), $\varphi(\omega)$ – фазо-частоталар тавсифи (ФЧТ), шунингдек, $h(t)$ – ўтиш тавсифи (ЎТ) таъсири якка сакрашнинг тизим орқали аниқланади.

$K(\omega)$ частота тавсифи орқали мумкин трактдаги бузилишларнинг аниқ натижасини, уларнинг тузатиш услубини ва бузилишнинг якуний натижасини аниқлаш. Аммо АЧТ орқали чизиқли бузилиш қиймати ва характери тасвирда намоён бўлишини тушунтириш қийинлигидир.

ЎТ нинг ёрдамида - ТВ сигнали шаклининг бузилиши билан тасвирнинг бузилиши ўртасидаги боғлиқликни аниқлаш мумкин. Шу сабабли, бу усуллар бир-бирини тўлдиради.



121-расм. ТВ сигналининг тракт орқали узатилганда унинг спектори юқори частота қисмида АЧТнинг (а) ва кичик вақт минтақасида УТ нинг (б) бузилиши.

121-расмда тракт частота ўтказиш полосаси кенглигининг юқори частота қисмида ўзига хос АЧТ бузилиши ва сифати бўйича тасвирнинг бир элементини узатишга сарфланадиган

вақтга тенг бўлган солиштирарли кичик вақт минтақасида ўтиш тавсифи келтирилган.

Бу тавсифдаги 1- эгри чизик, ТВ тизимида қабул қилинган меъёр ва рухсат этиладиган тасвир бузилишини чегарасида, қабул қилинган одатдаги кўрсаткичга мос: АЧТнинг ўтказиш кенглиги $u_{ю1}$ ва ЎТ фронт давомийлиги ($\tau_{\phi1}$), қарор топган кийматида 0,1 сатҳдан то 0,9 сатҳгача ҳисобга олиннадиган юқори чегара частотаси ўзгаради.

121-расм 1-кўринишидаги $K_{ю2}$ АЧТ пасайиши ва шунга биноан ЎТ фронтининг давомийлиги $\tau_{\phi2}\tau_{\phi1}$ нинг кўпайишига сигнал юқори частота ташкил этувчиси сатҳининг пасайиши сабаб бўлади, яъни кичик элемент сигнал амплитудасини пасайишига ва ўзгариши давомийлигининг кўпайишига олиб келади. Натижада, тасвирнинг аниқлиги ва кескинлиги пасаяди, энг майда элементларнинг чегара кенглиги эса катталашади.

АЧТда $u_{ю3}$ $u_{ю1}$ нинг кўтариш ва бунинг натижасида ЎТ fronti давомийлиги $\tau_{\phi3}\tau_{\phi1}$ ни камайиши, аниқликни бир оз оширади, лекин бу ЎТ горизонтал қисмида сўнувчи тебранишни юзага келтириши мумкин.

ЎТ шаклининг бузилиши билан бир қаторда тасвирнинг элементлари ҳам бузилади: тикланаётган тасвирда сатр бўйича равшанлик кескин ўзгаради, кўриниши секин-аста хираланувчи элементларнинг такрорланишини юзага келтиради (сохта контурлар). Агар тебраниш жараёни аperiодик бўлса, яъни ягона биринчи δ сакраш ҳосил бўлса, у ҳолда элементларнинг чегараси алоҳида белгиланган кўринишга келади. Бундай бузилишлар “пластика” деб аталади. Баъзан катта бўлмаган пластика фойдали бўлиши ҳам мумкин, чунки чегаранинг қайта белгиланиши объектни таниб олишни кучайтиради.

Аниқликни сезиларли яхшилаш фақат сатрлар сонининг кўпайиши ва ТВ сигнали спектри $f_{ю}$ ни катталаштириш орқали амалга ошириши мумкин. Бундан, амалда $Z \leq 1000 \text{camp}$ ва $f_{ю} \leq 15 \text{ МГц}$ бўлган махсус юқори аниқлик телевизион тизимларда (ЮАТ) фойдаланилади.

Тасвирининг горизонтал бўйича аниқлигини баҳолаш учун ўлчови бир хил d кенгликдаги бир-уч штрихли вертикал, шунингдек, (122-расмга қаранг) бир хил ёки секин-аста вертикал кенлиги ўзгарувчи штрихлар ишлатилади. Электрон телевизион синов жадвали (ТСЖ)да бу мақсад учун $2,8 \dots 5,8$ МГц частотага тенг синусоидал тебраниш пакети ишлатилади. Бу ўлчов белгилари олдида, уларни аниқлик қийматини кўрсатувчи қиймат келтирилган. Улар штрихларни нисбий кенлигига ($h/d = 200 \dots 500$ ТВ чизиклар) тахминан тўғри келади. Аниқликнинг миқдорини баҳолаш учун кузатувчи штрихларнинг кўшилиб кетиш чегарасини аниқлайди ва шу сатҳ олдида келтирилган қиймати орқали аниқланади.



122-расмга. ТВ тасвирининг горизонтал бўйича аниқлигини баҳолаш.

Тикланаётган вертикал чегараларнинг кескинлигини осциллограф ёрдамида ТСЖ нинг тўғри бурчакли оқ-қора элемент сигнали ажратилиб, унинг fronti давомийлигини ўлчаш орқали аниқлайди. Вертикал аниқлигини ўлчашда горизонтал ўлчов штрихларини ишлатиш ноқулай, чунки тест штрихлар фаза частоталари ТВ растрининг фазавий частоталарига яқинлиги орқасида айирма частота (биения) юзага келади ва экранда муайян кўринишида тасвир ҳосил бўлади, у синов тасвирни кузатишга ҳалақит беради. Шу сабабли ТСЖ ёрдамида вертикал аниқлик баҳоланмайди, унда фақат оғдирилган чизик ёрдамида сатр ташлаб ёйиш сифатини баҳолашда фойдаланилади. Агар тоқ ва жуфт майдонларнинг



а)

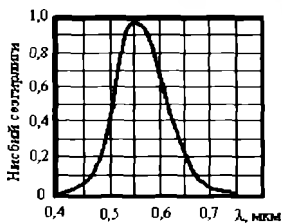


б)

3-расм. Тасвирни фазовий оискретлаш



а)



б)

Кўринувчи еруптик

Зардин

Биринчи

Кўк

Халоранг

Яшил

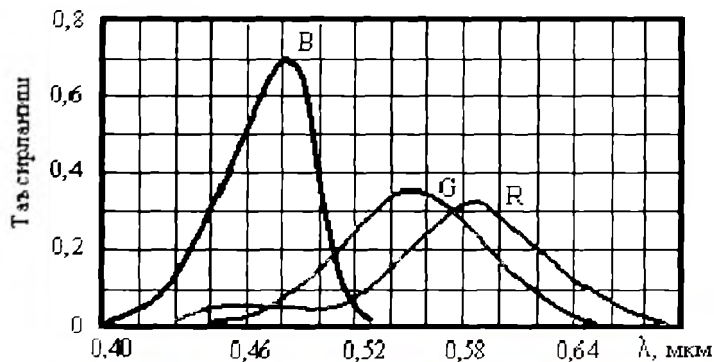
Сарик

Тўқнаш

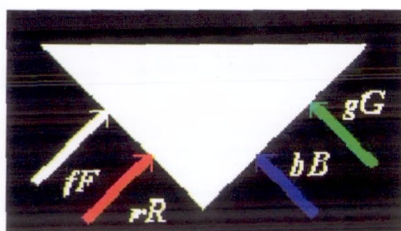
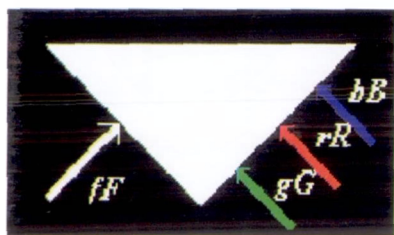
Кизил

760нм

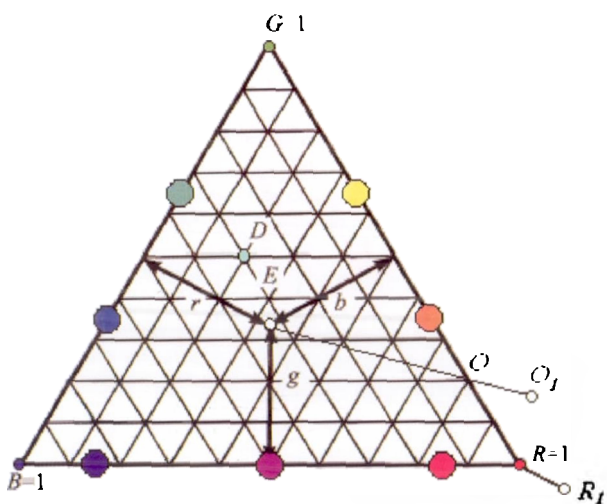
5-расм. Электромагнит тўқнашлар спектри (а) ва кўзни нисбий кўриш стандарт эгри чизиги (б).



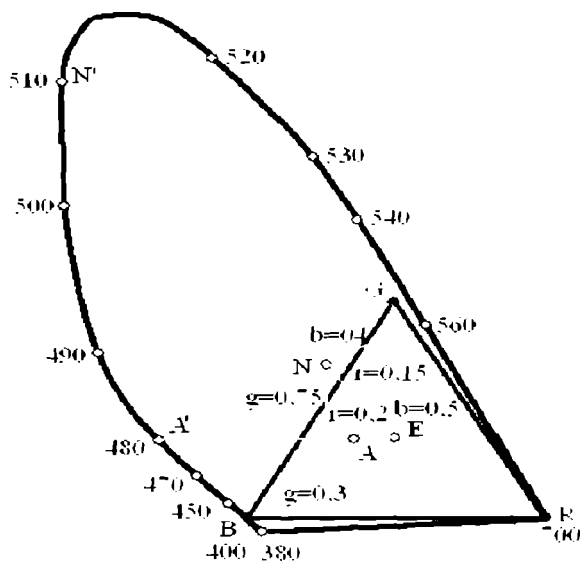
*17-рәсм. Күзнинг асосий рангларга сезгирлиги:
Күк B, яшил G, қызыл R*



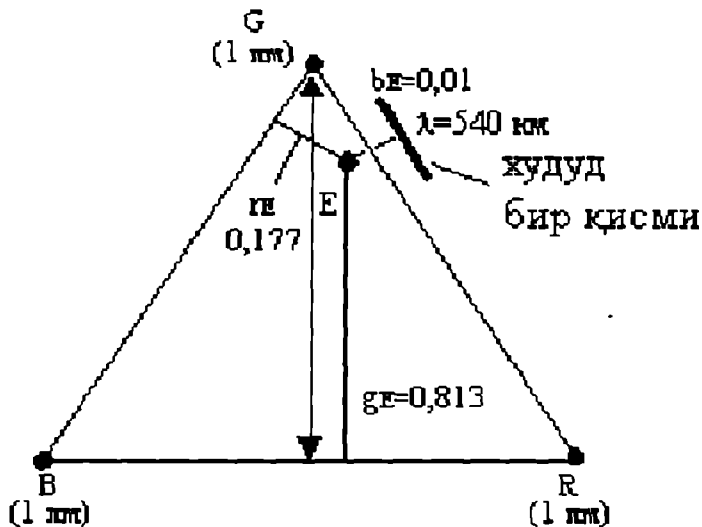
*18-рәсм. Призма ёрдамида рангларни қўшни
а) ҳамма уч таркибий қисми манфий;
б) қызыл таркибий қисми мусбат.*



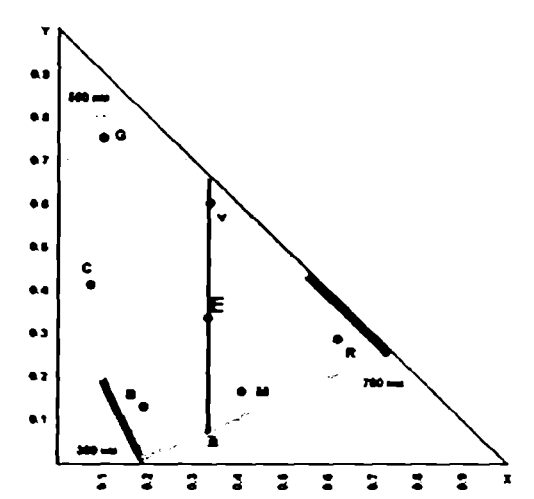
19-рaсм. Рангли учбурчак



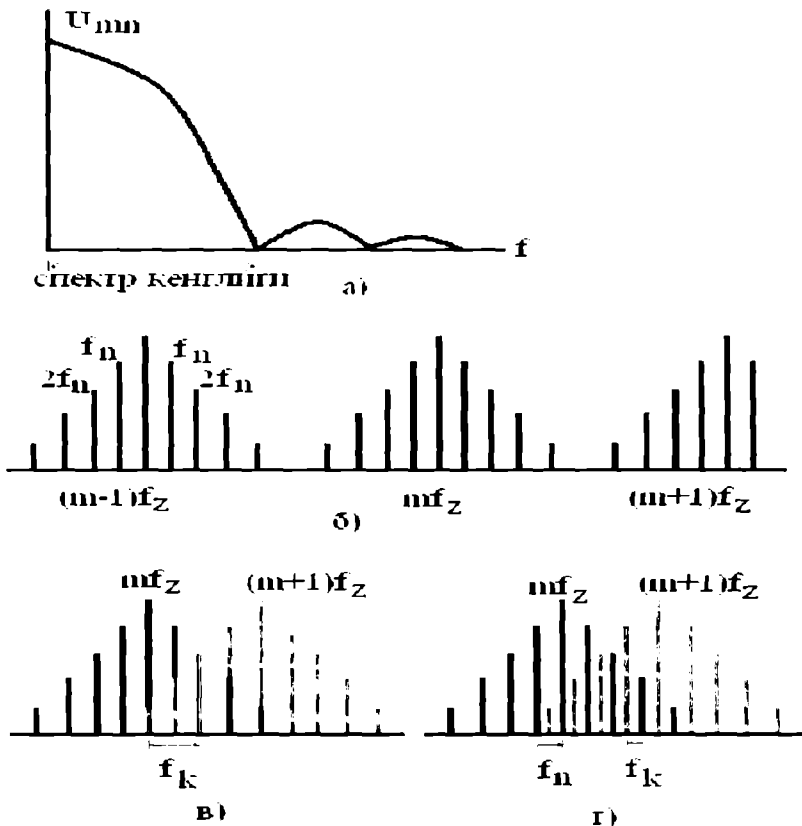
20-рaсм. Рангли учбурчакнинг хууд (локус) ичида жойлашиши



21-расм. Худуд ичида тенг



22-расм. XYZ тизими ранг учбурчагида энергияли E оқ рангининг жойланиши



39- расм. Видеосигнал спектри

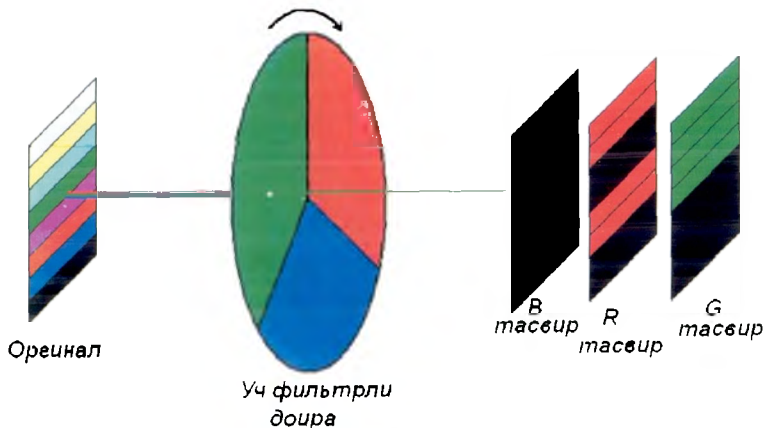
a- видеосигнал спектрини умумий кўриниши;

б- спектрни таркиби;

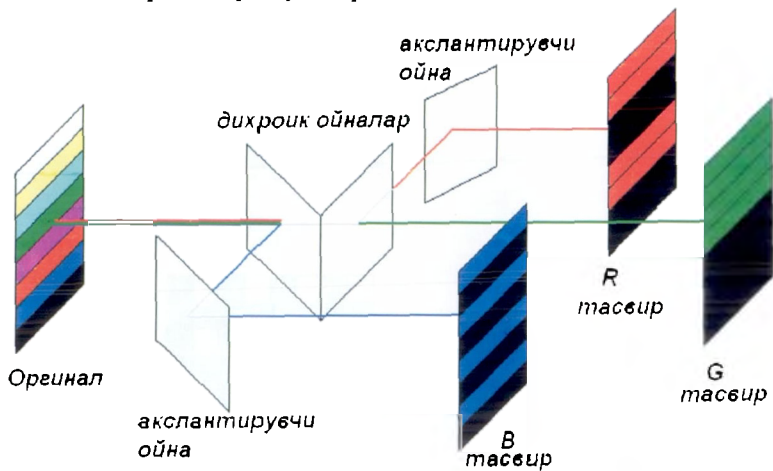
в- сатрма-сатр ёйишда спектрни таркиби;

г- *t* сатр ташлаб ёйишда спектрни таркиби.

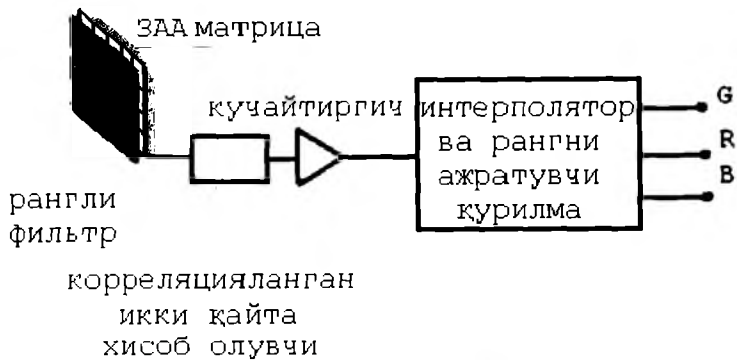
(U_{mn} -сигнал амплитуда қиймати ; f - частота ; mf_z - сатр частотасининг m гармоникаси; f_n - майдон ва f_k - кадр частоталари)



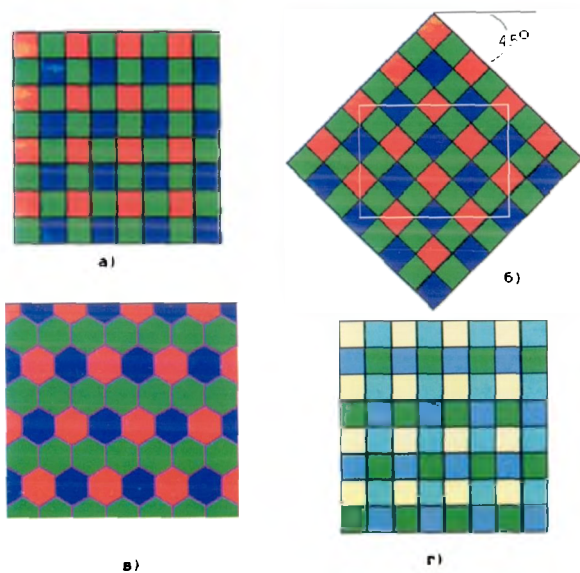
41-расм. Асосий ранглар бўйича кетма-кет таркибий қисмларга ажратувчи рангли телевидение тизими.



42-расм. Бир вақтда асосий ранглар бўйича таркибий қисмларга ажратувчи рангли телевидение тизими

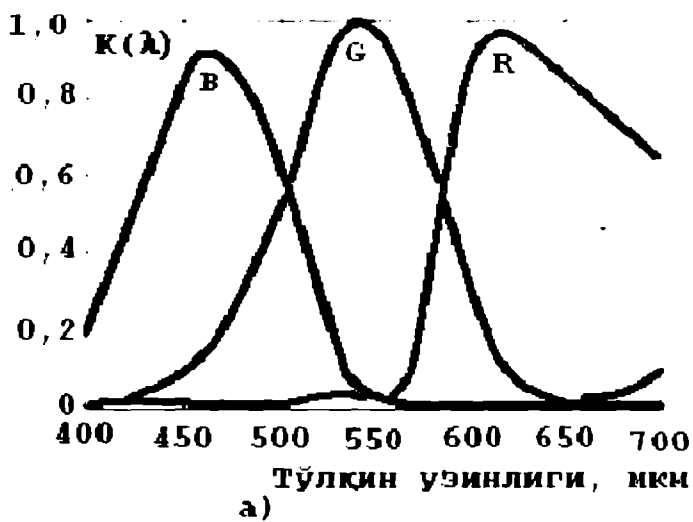


43-расм. Умумлаштирилган бир матрицали видеокамера схемаси

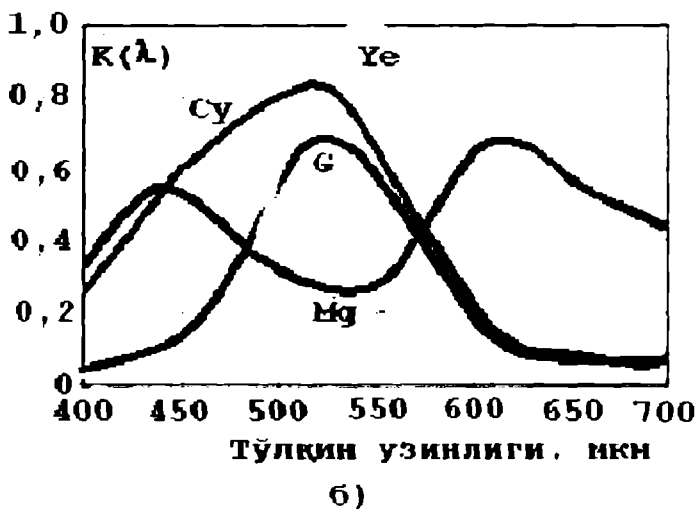


44-расм. Кодловчи филтърлар тури:

а- Байер филтритини тўзилиши; б, в- Fujifilm таклиф қилган филтърлар тўзилиши; г- уч қўшимча ва яшил ранглاردан тўзилган филтър.

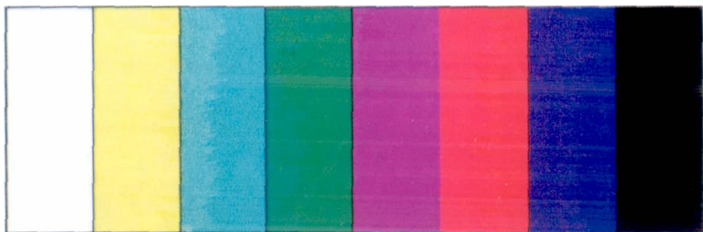


а) асосий рангларда;

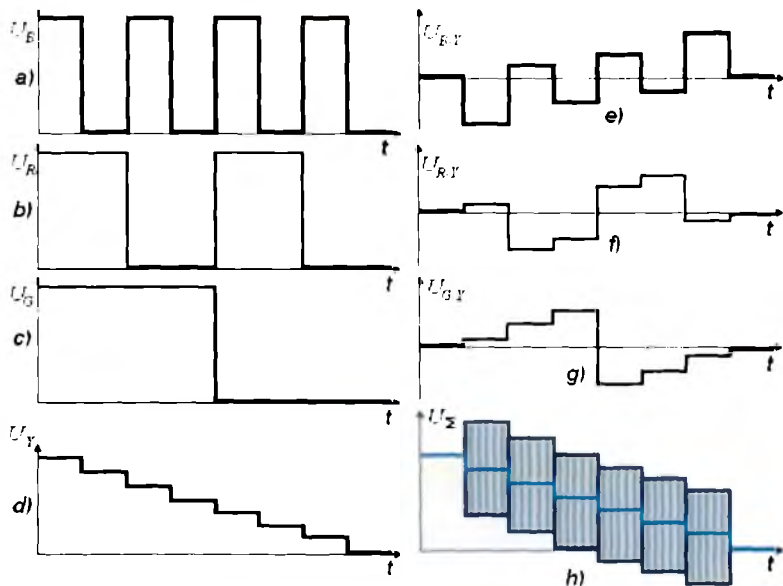


б) қўшимча рангларда

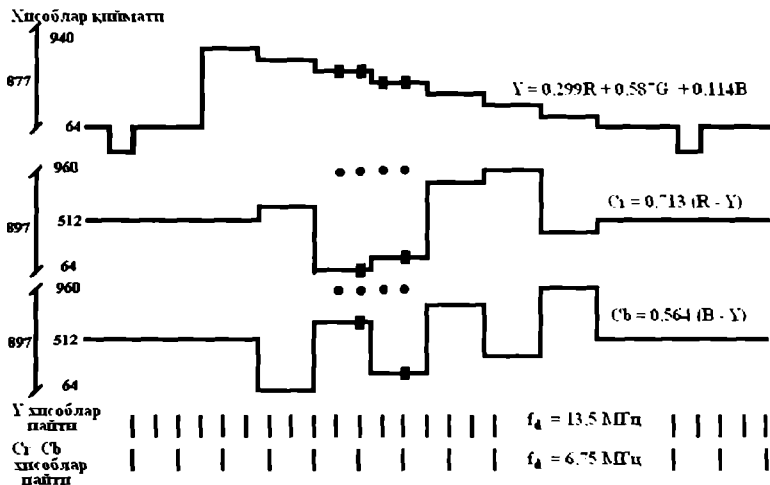
45-расм. Фильтрларнинг спектрал тавсифлари



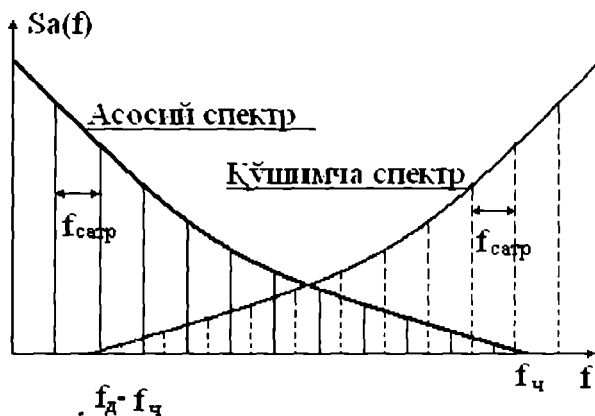
47-рaсм. Асосий ва қўшимча ранглар тасмисининг телевизор пардаси юзасида жойлашиши



48-рaсм. Рангли тасвир сигналларини шаклланиши а) U_B ранг сигнали; б) U_R ранг сигнали; в) U_G ранг сигнали; д) U_Y ранг сигнали; е) U_{B-Y} ранг сигнали; ф) U_{R-Y} ранг сигнали; г) U_{G-Y} ранг сигнали; ҳ) $U_Y + U_C = U_{\Sigma}$ ранг сигнали.

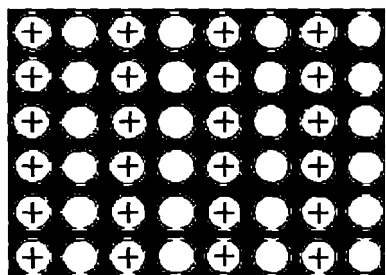


60-расм. Компонент тасвир сигналини кодлаш (4:2:2)



96-расм. Шахмат тузилишидаги дискретизацияда асосий ва қўшимча спектрларнинг бир-бири устига тушиши.

Дискретлаш тузилиши



- - Y-хисоб
- - C_R -хисоб
- | - C_B -хисоб

Кадрнинг актив қисмида хисоблар сони

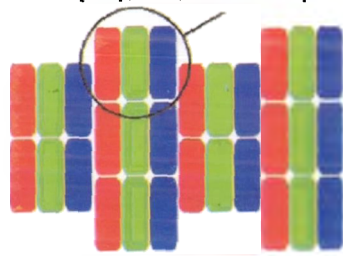
$$Y = 720 \times 576 \quad (576 \text{ сағрада } 720 \text{ дан хисоб})$$

$$C_R = 360 \times 576 \quad (576 \text{ сағрада } 360 \text{ дан хисоб})$$

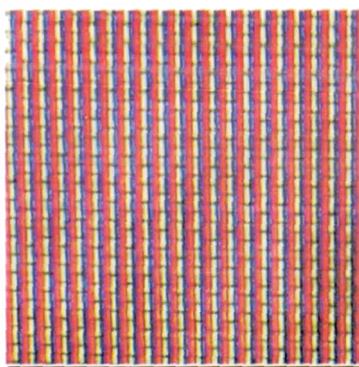
$$C_B = 360 \times 576 \quad (576 \text{ сағрада } 360 \text{ дан хисоб})$$

106-расм. Таркибли тасвир сигнални қоллаш
(4:2:2)

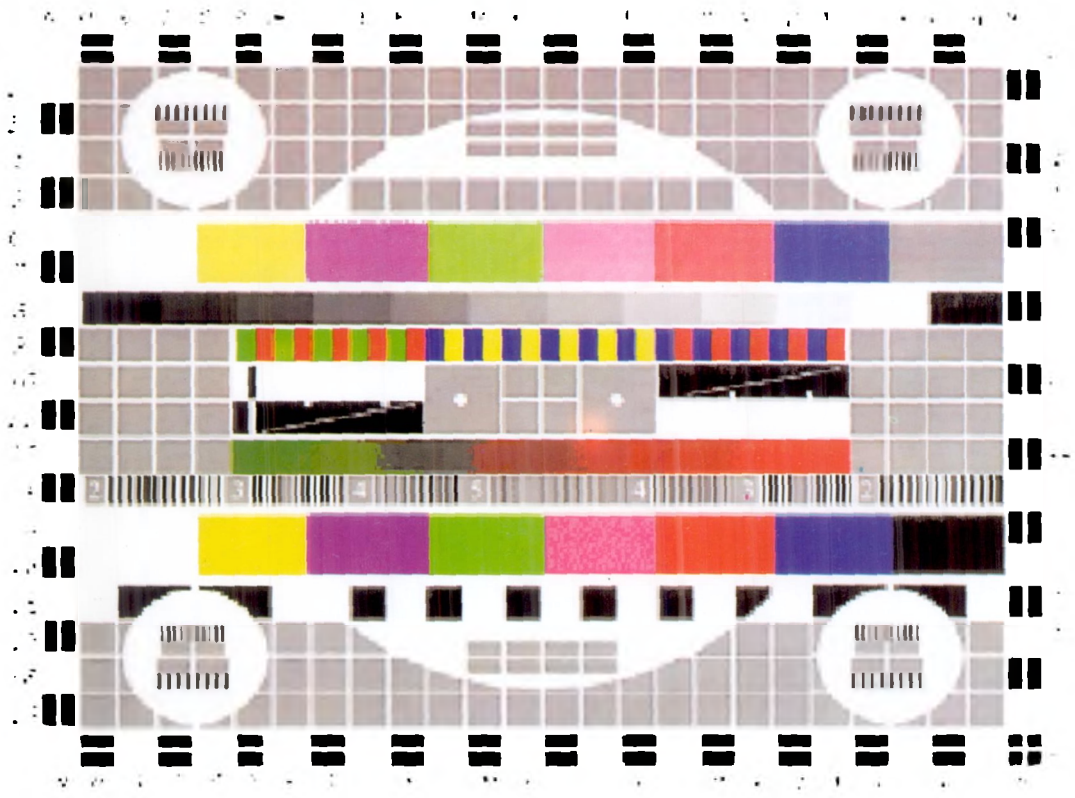
телевизор пардасидаги пикселлар



телевизор пардасида RGB
пикселларни жойлашиши



114 – расм. Телевизор пардасида (экранида) RGB
пикселларни жойлашиши

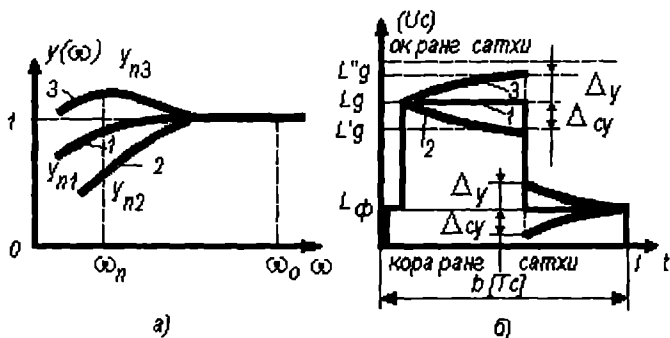


*126-расч. Универсал диктрон синов мадавати (УЭСК)ишиг
эскизи.*

растр сатрлари бир-бирига яқинлашса (узоқлашса), оғган чизик зинапоя кўринишни олади.

7.6. ЎРТА ВА КАТТА ДЕТАЛЛАР РАВШАНЛИГИНИНГ БУЗИЛИШИ

ТВ тасвирининг ўрта ва катта деталлари равшанлиги бузилиши, майда элементлар бузилишига ўхшаб, кўп ҳолларда, узатиладиган трактда сигналнинг чизикли бузилиши натижаси келиб чиқади. Элементлар равшанлиги ва рангининг ўзгариши АЧТ нинг паст частота ҳудудида бузилиши сабаб бўлади, яъни сатр ва кадр давомийлигига тенг ва катта вақт оралиғида ЎТ бузилишдир.



123-расм. Тракт ўтказиш кенглигининг паст частота ҳудудида АЧТ бузилиши (а) ва кулранг фонда «ўрта» оқ деталь сигналнинг бузилиши.

Шунинг учун «ўрта» ва «катта» элемент атамаси бирмунча шартли, чунки деталнинг равшанлигининг, горизонтал бўйича уларнинг ўлчами сатрни фаол қисми узунлиги b га (123- расм), вертикал бўйича эса кадрнинг баландлиги h га тахминан тенг бўлади. Амалда кўрсатилган вақтлар билан солиштирайлик П-шакли импульсларининг тизимига реакция таҳлил қилиш орқали бузилиш аниқланади.

Чизиқли бузилиш кенг полосали резистор видео сигнал кучайтиргичининг паст частота қисмида асосан каскадлараро $R_n C_n$ занжирида юзага келади (АЧТ пасайишини 123а- расмдаги 2-эгри чизик). Бу частотага боғлиқ дифференциал занжир сигнал бўлувчиси бўлиб, у амалда ўтказиш частота кенглигининг паст частоталарида ўзини намоён қилади. Натижада, ўрта ўлчамли деталларнинг импульс сигналини солиштирарли кучсиз дифференциалланиши, импульс чўққиларида пасайишни, охирида эса қиялиги секин-аста пасаюувчи *чўзилувчи давомийлик* юзага келади. Бунда импульс фронтининг олд ва орқа қисми (равшанликнинг баланд-пастлиги) бузилмасдан узатилади, шу сабабли тўғридан-тўғри импульсидан сўнг сигнал кучланишининг пасайиши (элементдан сўнг фон равшанлигининг пасайиши) қиймат томондан импульс чўққисига баробар бўлади (123б-расмдаги деталь равшанлигининг пасайиши $-\Delta_{cn}$). Равшанлиги ўта катта, кулранг фондаги деталь узатилганда (ўлчами тахминан $b/2$) кузатувчига яққол ташланадиган чўзилиш кузатилади, бунда элемент равшанлиги бир фоизга камайса, фон равшанлиги деталдан сўнг сезиларли (ўн ва ундан ошиқ фоизга)камаяди. Масалан,

$$\Delta'_n = \frac{L_D - L'_D}{L_D} 100 = 1\%,$$

ва деталь контрасти $K_D = L_D/L_\phi = 20$ бўлса, ундан сўнг фоннинг камайиши

$$\Delta'_\phi = \frac{\Delta_{cn}}{L_\phi} = \frac{\Delta L_\phi}{L_\phi} = \frac{\Delta'_{cn} L_D}{L_\phi} = \Delta'_{cn} k_D = 20\% \quad (7.9)$$

га тенг бўлади ва кўз яққол сатр бўйича чўзилувчи «оқдан – қорага» (ёки «қорадан-оққа»)қорани секин-аста пасайишни кузатади.

Агар рухсат этилган фон равшанлиги ўзгариши чегара контрастига тенг бўлса, яъни

$$\left(\frac{\Delta L_\phi}{L_\phi} \right)_k = \left(\frac{\Delta L}{L_\phi} \right)_v = 2...5\%$$

бўлса (7.29)га биноан давом этувчи чўзилиш оқ деталь равшанлигининг ўзгаришида ҳамма вақт ҳосил бўлади, яъни

$$\Delta'_{\text{см}} = \frac{(\Delta L_{\phi} / L_{\phi})}{k_d} = 0,10 \dots 0,25\% \quad (7.10)$$

ТВ сигнали қиймати (тасвир равшанлиги)нинг бундай ўлчашлар орқали баҳолаш қийин.

АЧТ ни ортиқча тузатиш элементдан сўнг чўзилиш «ишораси» ни ўзгартиришга (оқдан - оқ, қорадан - қора) олиб келади.

Катта элементнинг тасвир сигнали давомийлиги кадр ўлчамининг бирмунча қисмини ташкил қилгани сабабли, ўрта элемент сигнали давомийлигидан бир неча баробар ошади. Шунинг учун у бошқа кўрсаткичлари бир хил бўлганида ҳам кўпроқ бузилади. Энг катта бузилиш оқ ва кулрангда, ҳар бирининг ўлчами ярим кадрга тўғри келадиган горизонтал «деталларни» узатишда кузатилади. Бу ҳолда, чўзилган давомийлик кадрнинг кулранг қисми равшанлигининг сезиларли катта майдонини бузади. Лекин бундай бузилишни, сатр сўндирувчи импульсининг қора сатҳига тасвир сигнаolini боғлаш орқали тузатиш мумкин. Тасвир сигнаolini қора сатҳни боғлаш натижасида, деталь ва фон равшанлигининг қиймати ўзгариш қолдиғи ўрта ўлчамли элементларникидан ошмайди. Шунини таъкидлаш лозимки, қора сатҳга боғлаш натижасида сатрнинг фаол қисми давомида равшанлик ўзгариши кузатилмайди.

Ўрта ва катта элементда бузилишнинг ўзига хос хусусияти шундаки, уларда оз нуқсон ҳам сезилади (кўзга ташланади). Тасвирда унинг намоён бўлиши одатдагига ўхшамайди. Бунда, асосий элементлардан сўнг чўзилувчи давомийлик кузатилади, яъни узатилган тасвир таркибида бўлмаган туғма «жим-жималар» юзага келади.

Чўзилувчи давомийлик қийматини баҳолаш учун махсус синов сигналлари, масалан, ўрта элементлар учун П-кўринишли 15625 Гц частотада такрорланувчи, симметрик импульс ва катта элементлар учун 50 Гц частотада такрорланувчи, сатр сўндириш импульси билан қирқилган сигналлар

қўлланилади. Бундай бузилишлар, таркибида қора-оқ элементлари мавжуд универсал ТСЖ ёрдамида субъектив баҳоланади ёки универсал электрон синов жадвали (УЭСЖ) оқ-кулранг-қора ва қора-кулранг-оқ синов элементлари орқали аниқланади.

7.7. РАНГНИНГ БУЗИЛИШИ

Ранг кўз орқали равшанликни сезиш каби дискрет сезилади ва у бир-биридан фарқ қилувчи ранг поғоналари сони билан баҳоланади. ТВ тизимларида тасвир рангининг бузилиши куйидагиларга боғлиқ:

– рангли кинескопларда, спектрал тавсифи ва тўйинганлиги чекланган, рангларни максимал қамрай олмайдиган қизил, яшил ва кўк реал люминафорларнинг ишлатилиши;

– реал ёритгичлар ишлатилиши туфайли рангни ажратувчи ва узатувчи қурилмаларнинг спектрал тавсифи тўлиқ ҳақиқий ранг узатиш тўғрилигини таъминламайди;

– ТВ сигналининг ёруғликни сигналга ва сигнални ёруғликка айлантиргичларда, шунингдек, узатувчи тракт ва айникса, шакллантирувчи қурилмада ва равшанлик ҳамда ранг сигналларини ажратувчида чизиқли ва ночизиқли бузилиши;

– тизим ва биринчи навбатда, рангли кинескоп кўрсаткичларининг тарқоқлиги, эскириши, элементларининг оптимал эмаслиги;

– ранги бўйича ажратилган тасвирлар растри бир-бирига мос бўлмаслиги ва устма-уст тушмаслиги, шунингдек, қарама-қарши бузилиш ҳамда ранг ва равшанлик сигналлари ўртасида узатиш шароити ҳар хил бўлгани сабабли вақт бўйича уларнинг фарқланиши (каналлар ўтказиш кенглигининг турлича бўлганлиги туфайли) рангли элементларнинг чегарасида жияк, қайтариш (сохта контур) ҳосил бўлиши ва ҳ.к..., қайта тикланган тасвирда элементларни бузилиб ифодаланиши;

– рангли телевидение (РТ)нинг турли тизимида узатиш шартлари ва ранг сигналларни ажратиш бир хил эмаслиги.

Агар қабул қилувчи кинескопларнинг тавсифлари ўрта статистик кўрсаткичлардан узоқ бўлмаган ҳолда ранг бузилишлари телевизион марказда махсус қурилмалар ёрда-

мида рангдаги хатони йўқотувчи, ТВ сигналда ночизик бузилишни йўқотувчи ва бошқа қурилмалар орқали тузатилади. Рангларнинг бузилиши махсус, таянч рангларни имитация қилувчи синов сигналлари орқали баҳоланади. Масалан, вертикал ранг тасмалар ҳосил қилувчи махсус сигнал генератори кенг қўлланилади, унинг ёрдамида асосий 8 ранг(оқ, сариқ, хаворанг, яшил, гунафша, қизил, кўк ва қора) кинескоп пардасида тикланди.

УЭСЖда тўйинганлиги икки турли ранглар шкаласи жойлаштирилган, улар кўриш орқали рангларни тўғри тикланаётганини баҳолаш учун хизмат қилади.

7.8. ТАСВИР СИФАТИГА ХАЛАҚИТ БЕРУВЧИЛАРНИНГ ТАЪСИРИ

ТВ сигнални шакллантириш, узатиш ва қабул қилиш жараёнида халақитлар келиб чиқиши тасвир сифатининг пасайишига олиб келади.

Турли халақитларнинг тасвир сифатига таъсири асосан икки кўринишда намоён бўлади: халақитнинг тасвир сигналига таъсири тасвир деталларининг равшанлиги ва ранги бузилишига, ёйилишни синхронловчи сигналга таъсири эса растр шаклининг бузилишига, яъни тасвир элементлари координаталарининг бузилишига (унинг тикланишининг бутунлай бузилишига) олиб келади.

Халақитларнинг аниқ шаклда намоён бўлиши унинг турига боғлиқ. Энг характерли халақитлар қаторига қуйидагиларни киритиш мумкин:

- флуктуацияланувчи халақитлар;
- бирламчи электр манбаи тармоқ частотаси ва унинг 1 кГц гача гармоникаларидан ҳосил бўлган фон халақитлари;
- тасма, тўр, муар, бегона жим-жима кўринишида ва бошқа шунга ўхшаш кўринишли гармоник такрорланувчи халақитлар;
- нуқта ва узунлиги ҳар хил чизик кўринишидаги турли импульс халақитлар;

– равшанлик ва ранг сигналлари, шумингдек, бошқа ТВ каналлар ва кузатиб борувчи овоз сигналларининг ҳар томонлама таъсири натижасида содир бўлувчи халақитлар;

– тўғри ва аксланган радиотелевизион сигналларни қабул қилиш ҳамда алоқа йўлларининг мослашмаганлиги сабабли юзага келувчи акс садо сигналлари.

Квантлаш шовқини, рақам шаклидаги символларни қабул қилишда, ТВ сигналини узатиш ва коррекция қилишда, шумингдек, видео эффектларнинг шаклланишида ва турли ТВ тизимлар стандартини айлантиришда юзага келади. Кўзга яққол ташланувчи халақитлар туркумига, равшанлиги ва ранги тез ўзгартирувчи ёки кадр майдони ичида ҳаракатланувчи тасвир киради. Масалан: электр тармоқ, гармоник, импульсли, флукутацияланувчи ва бошқа сигналларидан юзага келади.

Флукутацияланувчи шовқинлар алоҳида эътибор талаб қилади, чунки бошқа кўринишдаги халақитларга қараганда улар ҳамма электр қурилмаларга хосдир. Актив қаршилиқларда – иссиқлик шовқини, фотоэлектрон, шумингдек, ёруғлик оқими ва фото электрон айлантиргич токи, кучайтиргич элементлари ва бошқаларда электронларни бетартиб ҳаракати сабабли флукутация халақитлари келиб чиқади. Флукутацион халақит ТВ сигналга сигнал қиймати кичик (флукутация халақитлари билан солиштирарли бўлган) трактнинг бўғинларида содир бўлади. Масалан, узатувчи айлантиргичда, узатувчи камеранинг бошланғич кучайтиргич кириш занжирида, узоқ масофали алоқа йўлида, ТВ қабул қилгичнинг кириш занжирида ва бошқа шунга ўхшаш жойларда. Одатда, ТВ сигналдаги бузилишларни текислаш жараёнида ТВ тасвирда флукутация халақитлари пирилловчи, тартибсиз ҳаракатдаги майда нуқталар ва штрихлар кўринишида намоён бўлади. Бундай халақитлар тасвир деталининг кул ранг қисмларида кўзга яққол ташланади ва уларнинг оз қиймати ҳам сезиларли даражада тасвир равшанлигини ўзгартиради. Катта сатҳли халақит пардани кучли ёритади. Натижада тасвирнинг ҳамма кўрсаткичлари ёмонлашади.

Флукутация бузилишининг спектри узлуксиз. Шу сабабли бузилиш қиймати ва уларнинг кўзга ташланиши алоқа канали

Ўтказиш кенглигига ва спектр бўйича шовқин қувватини тарқалишига боғлиқ.

Актив R қаршилиқда ажраладиган иссиқлик қувватининг спектрал зичлиги частотага боғлиқ эмас, «оқ шовқин» куйидагича аниқланади:

$$S_{\omega o} = \overline{dU_{\omega}^2} / df = 4kTR \quad (7.11)$$

бу ерда, U_{ω} – шовқиннинг таъсир қилувчи кучланиши; $k=1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К – Больцмон доимийси; T – абсолют ҳарорат, K .

Флукутуация шовқинининг таъсир қилувчи кучланиш қиймати

$$\overline{U_{\omega}^2} = \sqrt{\int_{f_n}^{f_n} S_{\omega}(f) df} \approx \sqrt{\int_0^{f_n} S_{\omega o} df} = 4kTf_n \quad (7.12)$$

бу ерда, f_n – курилманинг ўтказувчи чегара частота кенглиги одатда $f_n = 0$ га тенг олинади, чунки $f_n \ll f_{\omega}$.

Ток флукутуацияси қувватининг спектрал зичлиги ҳам частотага боғлиқ эмас. Бу шовқинни, эквивалент иссиқлик шовқин (7.32) дагидек, эквивалент шовқин қаршилиги R_{ω} орқали баҳолаш қабул қилинган.

Аммо шовқинни бундай энергетик баҳолаш, ҳар хил спектрал таркибли шовқинларнинг кўзга ташланишини ҳисобга олмайди. Кўз сезгирлигининг деталарни ўлчами ва рангига қараб ўзгариши, яъни паст частота “яшил” қисмида флукутуация шовқинларининг юқори частота (“қизил” ёки “кўк”) қисмига қараганда кўпроқ таъсири сезилади. Кўзнинг бундай шовқинни қабул қилиши хусусияти, амалиётда мувозанат функцияси орқали баҳоланади. Равшанлик ва асосий ранг сигналлари учун (123-расмдаги 1-эгри чизик) бу функция куйидаги кўринишга эга:

$$y_{k.m}(\omega) = \frac{1}{1 + \omega^2 \tau_{k.m}^2} = \frac{1}{1 + 4,29 f^2} \quad (7.13)$$

бунда, $\tau_{k.m} = 0,33$ – мувозанатловчи занжир доимийлик вақти; f – частотаси, МГц.

Рангли ТВ турли тизимида мансуб композит сигналлар учун (равшанлик сигналининг юқори частота қисмига ранг

сигналлари жойлаштирилган) мувозанат функция (123-расмдаги 2-эгри чизик)

$$y_{\kappa.m}(\omega) = \frac{1 + b^2 \omega^2 \tau_{\kappa.m}^2}{1 + (1+b)^2 \omega^2 \tau_{\kappa.m}^2} = \frac{1 + 0,117 f^2}{1 + 3,54 f^2} \quad (7.14)$$

бунда, $\tau_{\kappa.т} = 0,245$; $b = 1/4,5$; f – частота, МГц.

SECAM тизимидаги композит сигнал учун мувозанат функция (124-расмдаги 3-эгри чизик) ранг сигнал спектри икки максимумлидир;

SECAM тизимидаги рангли сигнал учун (125-расм) ТВ сигналининг шовқинланганлигини одатда сигнал/шовқинга нисбати ёки сигнал/мувозанатлантирилган шовқинга нисбати орқали баҳоланади, яъни

$$\phi' = U_c / \overline{U_{ш}}, \quad \phi = U_c / U_{ш} \quad (7.15)$$

бу ерда, U_c – тасвир сигналинин қиймати;

$$U'_{ш} = \sqrt{\int_0^{f_{ш}} S_{ш}(f) df}; \quad U_{ш} = \sqrt{\int_0^{f_{ш}} S_{ш}(f) y_{\kappa.m}(f) df}$$

$U'_{ш}$, $U_{ш}$ – шовқин кучланишининг таъсир қилувчи (эффektiv) ва уни мувозанатлантирилган қийматлари.

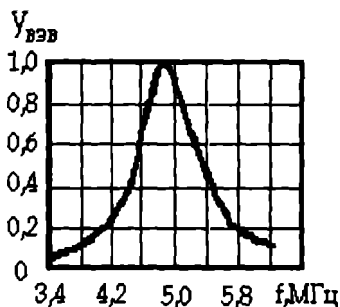
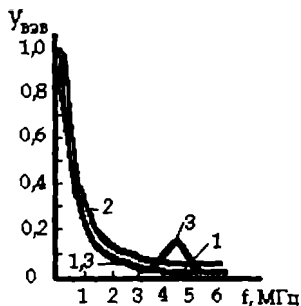
Турли манбалардан олинган, шовқин қуввати спектр зичлиги ҳар хил бўлган ТВ сигналнинг шовқинланганлигини баҳолашда шовқиннинг халақит қилувчи натижавий кучини сигналнинг/мувозанатланган шовқинга нисбати орқали солиштиришдан фойдаланилади. Мисол сифатида оқ шовқин (узатувчи айлантиргич, уни юкловчи қаршилиги ва бошқалар) ва «учбурчак шовқин», узатувчи камера бошлангач кучайтиргичи ва бошқалар)ни келтириш мумкин.

Кўз орқали «қизил», «яшил» ва «кўк» флуктуация шовқинларини ҳар хил кўришни баҳолаш учун, тажрибавий аниқланган нисбий кўриниш коэффициент $\alpha=0,40$; $\beta=1,0$; $\epsilon=0,35$ дан фойдаланилади. Бунда кўзга ташланувчи бир хил шовқин кучланиши

$$\overline{U_{шR}} / \overline{U_{шG}} / \overline{U_{шB}} = 2,50 / 1,00 / 2,86 \quad (7.16)$$

га тенг бўлади.

Сигналнинг шовқинга нисбати махсус ўлчов асбоби ёрдамида ўлчанади.



124-расм. Флуктуация шовқинининг мувозанатланган функцияси. 1-Ўруғлик ва асосий ранглар сигнали учун: 2- рангли ТВ турли тизим композит сигнали учун: 3-SECAM тизим композит сигнали учун.

125-расм. SECAM тизим рангли канали флуктуация шовқинининг мувозанатланган функцияси.

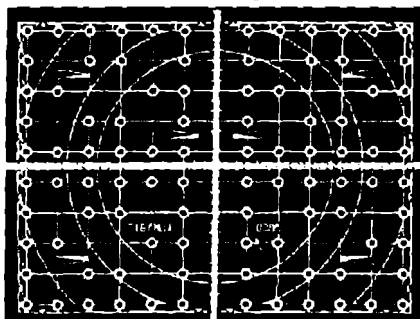
Агар $\phi = 30...40$ дБ га тенг бўлса, тасвир яхши сифатли ҳисобланади.

7.9. ТАСВИР СИФАТИНИ СИНОВ ЖАДВАЛИ ОРҚАЛИ БАҲОЛАШ

Телевизион синов жадвали (ТСЖ) ёрдамида тасвир сифатини тезкор баҳолаш ТВ тизимида кенг қўлланилади. Махсус ТСЖ ёрдамида одатда бир-икки сифат кўрсаткичи (126- расм), универсал жадвалда эса - ҳамма асосий кўрсаткичлар баҳоланади (иловадаги 127-расм). Универсал ТСЖдан фойдаланилганда шкаласининг яхлитланиши сабабли баҳолаш аниқлиги пасаяди, ёки жадвалнинг бутун майдонида кўп сонли синов элементлари жойлаштирилгани сабабли ўлчаш кадрни алоҳида ажратилган қисмида бажарилади.

ТСЖ лар оптик (126-расм) ёки электрон кўринишда (127-расм) бўлиши мумкин. Оптик жадвалнинг афзаллиги, натижавий тасвир сифатининг тизим «ёруғликдан ёруғликкача» бўлган

бутун трактни баҳолаш имконияти мавжуддир, шунингдек, бузилиш қийматини узатувчи ҳамда қабул қилувчи қурилмаларда алоҳида-алоҳида баҳолаш мумкин.



126-расм. Геометрик (координата) бузилишини ўлчаш учун ТСЖ.

Рангли телевидение учун оптик жадвал яратиш ўта мураккаб, бунга сабаб уларни тез эскириши спектрал тавсифини вақт ўтиши билан ўзгариши ва унинг кўп нусхасида бир хиллигини таъминлаш қийинлиги. Шунинг учун телевизион марказнинг видео кучайтиргич трактида, узатувчи алоқа йўлида ва қабул қилувчи қурилмада бузилишни баҳолаш учун фақат электрон ТСЖ ишлатилади. Универсал электрон синов жадвал (УЭСЖ) махсус эталон генератор сигналларни синтез қилиш йўли билан яратилади.

Узатувчи қурилмадаги бузилишлар монохром ТСЖ ва махсус услублар билан баҳоланади.

Универсал электрон жадвали оқ-қора ва рангли телевидениенинг асосий кўрсаткичларини ва уларнинг бузилишини объектив ва субъектив назорат қилиш учун мўлжалланган.

Одатда, синов жадвал элементларининг хизмати кўп функцияли. Бир вақтнинг ўзида у ёки бу бузилишни дифференциал баҳолаш синов жадвалининг ҳар хил ёки бир хил, лекин ҳар хил жойда жойлашган элементлари ёрдамида бажарилади.

Жадвал гардиши қора-оқ-қора штрихдан иборат (127-расмга қаранг), у УЭСЖ нинг атрофида жойлашган. Улар

сигналнинг максимал қийматининг (0/100/0)% сатҳларидан ташкил топган. Қора тасмалар орасидаги оқ штрихлар 4 : 3 форматли репер чизигини ташкил қилади.

Жадвал асоси тўр шаклдаги майдондан иборат бўлиб, йигирма (1...20) горизонтал ва 26 та вертикал (а...э) кулранг чизиклар ва улар орасида жойлаштирилган оқ ажратувчи чизиклардан иборат.

Вертикал чизикларни давомийлиги 0,16...0,17 мкс. бўлган синус-квадрат импульслар ташкил қилади: горизонтал чизикларни қалинлиги эса икки сатрга тенг: қора ва кулранг чизик сигнал қалинлиги (75/137,5)% ни ташкил қилади.

Қабул қилувчи қурилмадаги кинескоп экрани ТВ тасвирнинг асосий кўрсаткичлари қийматини УЭСЖ ёрдамида баҳолаш услубини кўриб чиқамиз.

Одатда, бундай баҳолашдан аввал тайёрлов жараёни бажарилади, у навбатма-навбат яқинлашиш услубидан (бир неча бор такрорлашдан) иборат. Буни бажаришнинг тартиби куйидагича:

Жадвалнинг ишчи қисмида *ўлчамини (форматини) ўрнатилиш ва марказлаштирилиш*. Бу операция репер чизиклари ва тўр майдон марказидаги қўшув белгиси шакли ёрдамида «вертикал ўлчам», «горизонтал ўлчам» ва оқ-қора кинескопга ўрнатилган марказлаштирувчи махсус магнитни созлаш орқали бажарилади. 4/3 форматда эса, репернинг оқ чизиклари кинескоп пардаси гардиши билан бириктирилади. 16/9 форматда бўлса (конструкция томондан қулай бўлгани сабабли кўп кинескопларда ишлатилади), горизонтал бўйича парда атрофи-нинг қора қирраси жадвалнинг сирти билан, вертикал бўйича эса ички қора қирраси билан бириктирилади.

Формат тўғри тикланганлиги тўр майдон квадратлари ва марказий доира ёрдамида баҳоланади. Бузилиш юзага келганда, квадрат тўғри бурчакка, доира эса эллипсга айланади (сатр ва кадр бўйича ёювчи чизикли кам бузилса). Тасвирни марказлаштирилиш шундай бўлиши керакки, тўр майдон марказий кесишма чизиклари парда марказига тўғри келсин.

Геометрик (тасвир) бузилишини созлаш – ёйиш ночизиклиги туфайли юзага келади. Бундай бузилишни созлаш,

«вертикал бўйича чизиқлиги» ва «горизонтал бўйича чизиқлиги» мурувватини бураш орқали бажарилади. Созлаш натижасини инструментал баҳолаш - тўр майдон квадратларини ўлчаш, кўз билан аниқлаш-жадвал марказидаги ва бурчаклардаги доирани кузатиш орқали бажарилади.

Рангли кинескоп нурларини статик ва динамик учраштириш. Текшириш вертикал ва горизонтал ўқ чизиқларини марказда бир-бири билан кесишган жойда ва растр четидаги ўқ чизиғида, шунингдек, жадвал бурчакларидаги доира ичида жойлашган оқ чизиқлар кесишган жойда бажарилади. Кинескоп нурларини учрашиши бузилганда уларни учраштириш учун қатор жараёнлар бажарилиши лозим.

Ним ранг (градация) бузилишларини минималлаштириш. Тасвир кўзга энг яхши ташланиши учун бу жараён равшанлик сатҳлари шкаласида (8б...8п) ёрдамида тасвир равшанлиги ва контрасти (ТВ сигнали максимал қиймати)нинг қийматларини танлаш орқали бажарилади. Бу параметрларни ўрнатиш услуби қуйидагича. Аввал «контраст» ва «равшанлик» мурувватлари орқали контрастнинг минимал қиймати, сўнг тасвирнинг равшанлик қиймати шундай ўрнатилиши лозимки, синов жадвалини 8е элементи (сигнал сатҳи, «қора» сатҳдан 3% га қорароқ) 8б ва 8г қора (0%) элементлардан фарқи кўзга ташлансин. Шундан сўнг, шу 8б,г,е элементларни бир-биридан ажратиб бўлмайдиган ҳолатга келгунга қадар равшанликни камайтириш лозим. Контраст эса шундай ўрнатилиши керакки, равшанлик даражаси (поғонаси) энг кўп тиклансин (одатда 8...10). Синов элементларининг қора ва оқ шкаласи минимал ва максимал равшанлик таянч сатҳлари бўлиб, тасвир контрастини аниқлашга хизмат қилади. Бу операцияларни бажаргандан сўнг бошқа сифат кўрсаткичларни баҳолашга ўтиш мумкин.

Горизонтал бўйича аниқлиги, (майда оқ-қора элементларнинг тикланиш сифати) 13 б ... 13ц квадратлардаги ўлчов штрихлари ёрдамида ва шу каби, жадвал бурчакларидаги доира ичида жойлашган, олдингига ўхшаш ўлчов штрихлари орқали гуруҳий аниқлик баҳоланади. Жадвал марказий қисмида штрихлар етти частотали 2,8:3.8:4.8 ва 5,8 МГц синусоидал тебранишлардан иборат ва улар 200, 300, 400 ва 500 ТВ

чизиқли аниқликни ифодалайди (улар шартли 2, 3, 4 ва 5 рақамлари билан белгиланган), бурчакларда эса частоталари 3,8 ва 4,8 МГц частотани тебранишлар ифодаланган (улар 300 ва 400 ТВ чизиққа тўғри келади). Оқ-қора штрихларнинг ажралган ҳолда кўриниш чегараси аниқликнинг қийматини беради.

Кескинликнинг вертикал чегараси тасвир деталларида тикланиши штрих тасвир сигналининг 10 дан 90% гача ўсишида ўтган вақт билан аниқланади. У сигнал сатрини ажратувчи осциллограф ёрдамида *16л...16т* квадратдаги оқ-қора штрихдан олинган сигнални ажратиб ўлчаш орқали аниқланади.

Ранг аниқлиги (горизонтал йўналиш бўйича рангли деталларнинг шаклланиши) гунафша ва яшил, сариқ ва кўк, шунингдек, қизил ва ҳаворанг *9е...9х* штрихларнинг тикланиши билан баҳоланади.

Рангли штрихларни бузилиши ва уларнинг бир хил (сидирға) бўлмаслиги кўпроқ ТВ қабул қилувчи қурилмасининг равшанлик сигнали спектридан ранг сигнални ажратиб берувчи контурнинг нотўғри созланганлигини билдиради. Штрихлар сигнал частотаси 0,5 МГц.

Тасвирнинг вертикал бўйича аниқлиги бевосита сатр ташлаб ёйиш сифати синов жадвалининг *10с...10х* ва *11в...11к* катакларида жойлашган қия оқ чизиқларнинг тикланиши орқали баҳоланади. Сатр ташлаб ёйиш бузилган тақдирда бу чизиқ синиб, зинапоя кўринишида бўлади.

Ўрта ўлчамли тасвир деталларининг тикланиш сифати, яъни улар ортидан *чўзилувчи соялик* мавжудлиги *10е...10х* квадратларидаги оқ-кулранг-қора ва *11е...11х* квадратларидаги қора-кулранг-оқ синов элементлари ҳамда *16 б...16 и* квадратларида жойлашган қора-оқ квадрат ёрдамида баҳоланади.

Оқ рангнинг мувозанати рангли кинескопнинг уч нур қийматлари нисбати орқали аниқланади. Мувозанат тўғри бўлса *8 б...8и* катакда келтирилган турли равшанлик поғоналари орқали амалга оширилади. Бунда равшанлик поғоналари шкаласи оқ-қора тусда тикланиши керак, яъни бўял-

маслиги лозим. Бундан ташқари, оқ рангни мувозанати равшанлиги ва тўйинганлиги икки турли *6-7б...6-7ш* ва *14-15б ... 14-15ш* катакларда жойлашган ранг шкаласидаги бир номли ранглар бир хил тикланиши орқали аниқланади. Оқ ранг мувозанати кинескоп электродларидаги кучланишларни созлаш орқали амалга оширилади.

Ранг сидирғалилиги тасвирнинг ишчи юзасидаги катта ўлчамли оқ, кулранг ва қора йирик элементлар орқали назорат қилинади. Бу майдон равшанлиги ва ранги сидирға бўлмаганда кам тўйинган кенг доғ кузатилади.

Рангнинг тўғри тикланиши икки ранглар шкаласи орқали кўз ёрдамида текширилади: *6-7 б...6-7 ш* квадратларида кам тўйинган- «оқ» ранг сатҳ 75%, «қора» ранг сатҳи 37,5%, ранглар тасмаси сигнал экстримал сатҳи (75/37,5)% (яъни ҳамма сигналларни сатҳи 75/37,5/75/37,5ни ташкил қилади): *14-15б... 14-15 ш* квадратларида юқори тўйинган шкала 75/0/75/0 сатҳли сигнал орқали шаклланади. Синов жадвалида рангларнинг тартиби оқ, сарқ, хаворанг, яшил, гунафша, қизил, кўк, кулранг (қора). Иккала шкала тартиби ва рангининг туси ушбу келтирилган рангларга тўғри келиши керак.

Тасвирнинг «акс-садо» – *кўп контурли, гардиш кўри-нишида ва бошқа турда бузилиши қабул қилувчи қуршма* амплитуда-частот тавсифи (АЧТ) юқори частота қисмининг нотўғри созланиши, тўғри ва аксланган радио-телевизион сигналларни қабул қилиниши, алоқа йўли мослаш-тирилмаганлиги, равшанлик ва ранг сигнали вақт бўйича фарқ қилиши орқали юзага келади. Улар якка қора ва оқ штрихлар (масалан, 10 ва 11), тўр майдоннинг вертикал чизиқлари, рангли синов элементлари ва бошқалар орқали баҳоланади.

УЭСЖ дан ташқари, унинг ранг шкаласи элементларига ўхшаш саккиз вертикал тасмалар синов жадвали қўлланилади. Бундай синов жадвали махсус рангли тасмалар генератори (РТГ) орқали шакллантирилади. Уни амалда тизимининг хоҳлаган нуқтасига киритиш ва назорат қилиши мумкин.

Тасвирнинг якуний ва унинг одатдаги сифатидан фарқини баҳолаш интеграл сифат мезони орқали амалга оширилади,

унинг қиймати бирламчи кўп сонли сифат кўрсаткичлардан ташкил топади.

Бундай мезоннинг муҳимлиги шундаки, фақат унинг асо-сида бутун ТВ тизими кўрсаткичлар мезони ва алоҳида қисм-лари сифатининг бирламчи кўрсаткичлари қийматини «алма-шиш» ҳисобига баҳолаш мумкин.

Интеграл мезон қўлланилиши ТВ тизимининг алоҳида қисмларида, айнан ТВ қабул қилувчи қурилмада бузилишларни мословчи автоматик созлашни амалга ошириш имконини беради.

7.10. РАҚАМЛИ ТЕЛЕВИДЕНИЕДА НАЗОРАТ ВА ЎЛЧАШ

Рақамли телевидение тизимининг турли қисмларида сиг-наллар асосий кўрсаткичини аниқлаш ва назорат қилиш учун назорат воситалари ва усуллари мавжуд. Рақамли телеви-дениеда аналог услубдаги субъектив ва объектив усулларга қўшимча талаблар киритилади.

Рақамли телевидение тизимида тасвир сифатини субъектив назорат қилишда айлантиришлар блоклаб бажарилиши ва ҳаракатни баҳолаб ҳамда компенсациялаб кадрлараро кодлаш натижасида янги бузилиш кўринишларини ҳисобга олиш керак бўлади. Маълум энг кўп ишлатиладиган усул махсус тест видеосюжет (турли мазмунли реал ҳаракатланувчи тасвир фрагменти) ёрдамида тасвир сифатини аниқлашдир. Рақамли телевидениеда аналог телевидениедаги анънавий синов жадва-лини узатиш усулини қўллаш мумкин. Бунда узатиладиган жадвалда равшанлиги бир текис ўзгарувчи кенг қўлламли жойлар бўлиши керак, улар орқали блоклар тузилиши аниқланади, шунингдек, ҳаракатланувчи, айланувчи ва ш.к. элементлар мавжуд бўлиши керак, улар орқали эса кадрлараро кодлашни баҳолаш мумкин бўлади.

Тасвир сифатини объектив баҳолаш усулари декодланган тасвирга ишлов бериш ва уларни бирламчи синов тасвирлардан фарқини баҳолашга асосланган. Бу услублар телевидение

канални орқали маҳсус синов сигналларини узатишни кўзда тутлади.

Янги назорат-ўлчов аппаратлари сигнал узатиш жараёнида рақамли маълумот оқимини ўлчовчи асбоблардир. Бундай асбоблар ТВ сигнал оқимини тузилишини, рақамли оқим тезлигини, пакетларни аниқ идентификаторли даврий қайтарилишини, дастурий - боғланган ахборот жадвали борлиги ва таркиби ва хизматлар тўғрисида ахборот, таянч тактловчи сигнални тўғри узатилиши, рақамли сигнал оқимда скремблир борлиги ва шунга ўхшаш кўп бошқа кўрсаткичларни аниқлаш имконини беради.

МУНДАРИЖА

| | |
|---|-----|
| Сўз боши | 3 |
| КИРИШ | 5 |
| 1.ТЕЛЕВИДЕНИЕ ТИЗИМИ ТУЗИЛИШИ АСОСИ..... | 18 |
| 1.1 ЭЛЕКТРОН ТАСВИР | 18 |
| 1.2. ОПТИК ТАСВИРНИ ЭЛЕКТР СИГНАЛИГА | |
| АЙЛАНТИРИШ..... | 26 |
| 1.3. ТЕЛЕВИДЕНИЕ ТИЗИМИНИНГ УМУМЛАШТИРИЛГАН | |
| СХЕМАСИ..... | 29 |
| 2. ЁРУҒЛИК МАНБАИ, ОБЪЕКТ ВА ОПТИК ТИЗИМ..... | 32 |
| 2.1. ФОТОМЕТРИЯ | 32 |
| 2.2.ЁРУҒЛИКНИНГ ҚАЙТИШ ҚОНУНИ | 33 |
| 2.3. ГЕОМЕТРИК ОПТИКА | 36 |
| 2.4. КОЛОРОМЕТРИЯ | 43 |
| 3. ИНСОННИНГ КЎЗ ОРҚАЛИ КЎРИШ МЕХАНИЗМИ..... | 58 |
| 3.1. КЎЗНИНГ ТУЗИЛИШИ | 58 |
| 3.2. КЎРИШ МЕХАНИЗМИ | 60 |
| 3.3. РАНГ ВА ҲАЖМНИ ТИКЛАШ | 67 |
| 4. ВИДЕОСИГНАЛ ШАКЛИ ВА СПЕКТРИ..... | 71 |
| 4.1. САТРМА-САТР (ПРОГРЕССИВ) ЁЙИШ ПРИНЦИПИ | 71 |
| 4.2. ВИДЕОСИГНАЛ ШАКЛИ | 76 |
| 4.3. ВИДЕОСИГНАЛ СПЕКТРИ ВА УНИНГ АЙРИМ | |
| ХУСУСИЯТЛАРИ | 81 |
| 4.4.САТР ТАШЛАБ ЁЙИШ | 87 |
| 5. РАНГЛИ ТЕЛЕВИДЕНИЕ ТИЗИМИ ТУЗИЛИШИНИНГ | |
| УМУМИЙ АСОСИ..... | 92 |
| 5.1. РАНГЛИ ТЕЛЕВИЗИОН ТАСВИР | 92 |
| 5.2. МОСЛАШТИРИЛГАН РАНГЛИ ТЕЛЕВИДЕНИЕ | |
| ТИЗИМИ..... | 95 |
| 6. РАҚАМЛИ ТЕЛЕВИДЕНИЕ ТИЗИМИ ТУЗИЛИШИНИНГ | |
| УМУМИЙ АСОСИ..... | 99 |
| 6.1.УМУМИЙ ТУШУНЧАЛАР..... | 99 |
| 6.1.1. РАҚАМЛИ АЛОҚА ТИЗИМИДА ИШЛАТИЛАДИГАН | |
| АСОСИЙ АТАМАЛАР | 105 |
| 6.2. МАЪЛУМОТ УЗАТИШНИНГ МОҲИЯТИ..... | 111 |
| 6.2.1. МАЪЛУМОТ ВА АХБОРОТ | 111 |
| 6.2.1.1.Кодларнинг самарадорлиги..... | 115 |

| | |
|--|-----|
| 6.2.2. СТАТИСТИК ЭХТИМОЛЛИК ЁРДАМИДА АХБОРОТНИ КОДЛАШ ВА СИҚИШ | 116 |
| 6.2.2.1. Физик узатиш..... | 118 |
| 6.2.2.2. Сигнал аломатини узатиш..... | 119 |
| 6.2.2.3. Частота ёки баландлик (оҳанг)..... | 120 |
| 6.2.2.4. Амплитуда ёки баландлик (ҳажм). | 121 |
| 6.2.2.5. Оҳанг. | 121 |
| 6.2.2.6. Фаза..... | 122 |
| 6.2.2.7. Рақамли ва аналог узатиш..... | 122 |
| 6.2.3. ШОВҚИН ВА КУЧЛИСИЗЛАНИШ (СЎНИШ) | 123 |
| 6.2.3.1. Шовқин..... | 123 |
| 6.2.3.2. Сўвиш..... | 124 |
| 6.2.3.3. Маълумотни узатиш тезлиги..... | 125 |
| 6.2.3.4. Модуляция тезлиги..... | 125 |
| 6.2.3.5. Сигнал тизимларида маълумотни узатиш тезлиги..... | 126 |
| 6.2.3.6. Маълумотлар узатиш тезлиги..... | 128 |
| 6.2.3.7. Полосалар кенглиги..... | 130 |
| 6.2.3.8. Рақамли узатишда частоталар полосаси кенглигига талаблар..... | 134 |
| 6.3. СПЕКТРЛАР ВА СИГНАЛЛАР | 138 |
| 6.3.1. Бирламчи частоталар полосасида маълумот узатиш..... | 140 |
| 6.3.2. Белгилараро бузилиш..... | 141 |
| 6.3.3. Найквист шарти..... | 143 |
| 6.3.4. Кўп позицияли сигналлар..... | 147 |
| 6.3.5. Модуляция ишлатиб, маълумот узатиш. | 148 |
| 6.3.6. Амплитудавий модуляция. | 148 |
| 6.3.7. Амплитудавий, частотавий, фазовий модуляция. | 151 |
| 6.3.8. Балансли, бир полосали, ён полосаси қисман бостирилган модуляция. | 152 |
| 6.3.9. Квадратли модуляция..... | 153 |
| 6.3.10. QAM, QPSK модуляциялар. | 154 |
| 6.3.11. OFDM модуляция..... | 156 |
| 6.4. РАҚАМЛИ ТЕЛЕВИДЕНИЕ АСОСЛАРИ | 158 |
| 6.5. РАҚАМЛИ ТЕЛЕВИДЕНИЕ ТРАКТИНИНГ | |
| УМУМЛАШТИРИЛГАН ТУЗИЛИШ СХЕМАСИ | 163 |
| 6.6. ТЕЛЕВИЗИОН СИГНАЛНИ ДИСКРЕТЛАШ | 165 |
| 6.6.1. Умумий маълумот..... | 165 |
| 6.6.2. Дискретлашнинг ортогонал тузилиши..... | 166 |
| 6.6.3. Шахмат кўринишида дискретлаш..... | 168 |
| 6.7. ТЕЛЕВИЗИОН СИГНАЛНИ КВАНТЛАШ | 171 |
| 6.8. ТЕЛЕВИЗИОН СИГНАЛНИ КОДЛАШ | 173 |
| 6.8.1. Умумий маълумотлар..... | 173 |
| 6.8.2. Интерполяциали кодлаш..... | 174 |
| 6.8.3. Алмаштириш усулида гуруҳли кодлаш..... | 180 |
| 6.8.4. Мослаштирилган гуруҳли кодлаш..... | 184 |

| | |
|---|-----|
| 6.9. ТЕЛЕВИЗИОН СИГНАЛНИ ФИЛЬТРЛАШ | 185 |
| 6.10. РАҚАМЛИ СИГНАЛЛАРНИ ВАҚТ БЎЙИЧА АЙЛАНТИРИШ..... | 189 |
| 6.11. МУРАККАБ ВИДЕОСИГНАЛНИ РАҚАМЛИ ШАКЛГА КЕЛТИРИШ | 190 |
| 6.12. КОМПОЗИТ СИГНАЛНИ РАҚАМЛИ ШАКЛДА УЗАТИШ..... | 196 |
| 6.13. РАҚАМЛИ ТЕЛЕВИДЕНИЕ СИГНАЛИНИ АЛОҚА КАНАЛИ ОРҚАЛИ УЗАТИШ | 197 |
| 7. ТЕЛЕВИЗИОН ТАСВИРНИ БАҲОЛАШ..... | 202 |
| 7.1. УМУМИЙ ТУШУНЧА | 202 |
| 7.2. ТЕЛЕВИЗИОН ТАСВИР СИФАТИ | 205 |
| 7.3. ГЕОМЕТРИК БУЗИЛИШЛАР | 206 |
| 7.4. НИМРАНГЛАРНИНГ БУЗИЛИШИ..... | 209 |
| 7.5. АНИҚЛИК ВА КЕСКИНЛИКНИНГ ПАСАЙИШИ..... | 212 |
| 7.6. ЎРТА ВА КАТТА ДЕТАЛЛАР РАВШАНЛИГИНИНГ БУЗИЛИШИ | 217 |
| 7.7. РАНГНИНГ БУЗИЛИШИ | 220 |
| 7.8. ТАСВИР СИФАТИГА ХАЛАҚИТ БЕРУВЧИЛАРНИНГ ТАЪСИРИ | 221 |
| 7.9. ТАСВИР СИФАТИНИ СИНОВ ЖАДВАЛИ ОРҚАЛИ БАҲОЛАШ..... | 225 |
| 7.10. РАҚАМЛИ ТЕЛЕВИДЕНИЕДА НАЗОРАТ ВА ЎЛЧАШ | 231 |

Шокир Зоидович Таджибаев

ТЕЛЕВИДЕНИЕ

(Физика асослари)

(Дарслик)

Тошкент – «Fan va texnologiya» – 2011

Муҳаррир: М.Ҳайитова
Тех. муҳаррир: А.Мойдинов
Мусаввир: Ҳ.Ғуломов
Мусаҳҳиҳа: Ф.Исмоилова
Компьютерда
саҳифаловчи: Н.Ҳасанова

Нашр.лиц. АIN№149, 14.08.09. Босишга руҳсат этилди 10.08.2011 йил.
Бичими 60x84 ¹/₁₆. «Times Uz» гарнитураси. Офсет усулида босилди.

Шартли босма табағи 15,00. Нашр босма табағи 14,75.

Тиражи 200. Буюртма № 93.

«Fan va texnologiyalar Markazining bosmaxonasi» да чоп этилди.

100066, Тошкент шаҳри, Олмазор кўчаси, 171-уй.