

Б. Ҳ. КАРИМОВ, Ю. А. ГАНИН,
Г. Х. РУСТАМОВ

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА АСОСЛАРИ

ПЕДАГОГИКА ОЛИЙ УЎҚУВ ЮРТИ
ТАЛАБАЛАРИ УЧУН УЎҚУВ
ҚУЛЛАНМА

Ўқув қўлланмаси педагогика институтларининг «Радиоэлектроника асослари» курси программасига мувофиқ ёзилган. Унда радиотехниканинг ривожланиш тарихи, радиоэлектрон аппаратуранинг пассив ва актив элементлари, радиотўлқинлар ва товуш тўлқинлари сигналлари тебранишларини генерациялаш ва кучайтириш масалалари ёритилган. Импульсли сигналлар назарияси, импульсли ва рақамли техниканинг асосий элементлари, ҳозирги радиоўлчов асбоблари кўриб чиқилган.

Ўқув қўлланмаси педагогика институтларининг талабалари учун мўлжалланган. Ундан ўрта мактабларнинг ўқитувчилари ҳам фойдаланишлари мумкин.

БАҲОДИР ҲОШИМОВИЧ КАДИМОВ,
ЮРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ ГАНИН,
ГУЛОМ ХУДОЕРОВИЧ РУСТАМОВ

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА АСОСЛАРИ

Педагогика олий ўқув юрлари учун қўлланма

Тошкент «Ўқитувчи» 1993

Редакция муdiri *А. Раҳимов*
Муҳаррирлар *С. Мирбобоева, Д. Аббосова*
Бадний муҳаррир *Ф. Нехқадамбоев*
Техн муҳаррир *Т. Золотилова*
Мусаҳҳиҳ *З. Ғуломова*

ИБ № 6092

Теришга берилди 16.12.92. Босишга рухсат этилди. 01.04.93. Формати 60×90 /₁₆. Тип. қоғози. Литературная гарнитураси. Юқори босма усулида босилди. Шартли б. л. 8,0. Шартли қр.-стт. 8,25. Нашр. л. 8,47. Тиражи 3000. Зак. № 2568.

«Ўқитувчи» нашриёти. 700129. Тошкент, Навоий кўчаси, 30. Шартнома № 11—125—92. Ўзбекистон Давлат матбуот қўмитасининг Тошпёлиграфкомбинати. Тошкент, Навоий кўчаси, 30, 1993.

К 2302010000—95
353 (04) — 93 104—93

ISBN 5—645—01927—X.

© «Ўқитувчи» нашриёти, 1993 й.

ҚИРИШ

Радиоэлектроника фан ва техниканинг жадал ривожланаётган соҳаларидан бирidir. У радио, радиотехника ва электрониканинг мажмуидан иборатдир.

Радио (лотинча *radio* — нур тарқатаман) — радиоалоқа линиясидаги техник қурилма ҳисобланади.

Радиотехника — радиочастота чегараларида ётувчи электромагнит тўлқин ва тебранишларни қабул қилиш ва тарқатишни, генерациялашни ўрганиш, техник қурилма, мосламалар тайёрлаш, уларни ишлатиш билан шуғулланади.

Радиоэлектроника — электр сигналларни тарқатиш, қабул қилиш ва қайта ишлаш, электр зарядларининг ҳаракатини ўрганиш ва радиотўлқиндан фойдаланиш муаммоларини ҳал қилиш масалаларини кўриб чиқади.

Радиотехника асосида XIX асрда ихтиро қилинган М. Фарадей ва Дж. Максвеллларнинг электр ва магнит майдонлари орасидаги боғланишлар мавжудлиги, электромагнит тўлқинларнинг хусусиятлари ва бу фикрларни немис олими Г. Герц (1886—1888 йй.) томонидан тажрибада қўлланиши ётади.

Юқоридаги олимларнинг хулосаларига таяниб А. С. Попов 1895 йилда жаҳонда биринчи бўлиб электромагнит тўлқинларни қабул қилувчи қурилма яратди. 1895 йилнинг 7 май (25 апрель) куни А. С. Попов Рус физика-химия жамиятининг физика бўлими кенгашида «Металл кукунларининг электр сигналларига муносабати тўғрисида» деган мавзуда маъруза қилди ва момақалдироқ разрядлари томонидан нурлантирилувчи электромагнит тўлқинларни қабул қилувчи қурилма ишини намойиш қилиб кўрсатди. Кейинчалик радиотехниканинг ривожланишига италиялик олим Г. Маркони катта ҳисса қўшди.

1896 йили А. С. Попов жаҳонда биринчи марта 250 метр масофада радиотелеграф алоқа ўрнатди ва уни 1899 йили 45 км га етказди.

Радиотехниканинг ривожланиши — электроника ривожланиши билан узвий боғлиқ.

Энг содда электрон асбоб — электровакуум диод лампаси 1883 йили америкалик олим Т. А. Эдисон томонидан яратилди ва уни радиоприёмникда детектор сифатида ишлатиш мумкинлигини англиялик олим Ж. Флеминг 1904 йилда амалда кўрсатиб берди. 1906 йилда америкалик Луг де Форест анод токи бошқариладиган электрон асбоб — триод яратди.

Радиотехника ривожланишини уч босқичга бўлиш мумкин: I босқич (1895—1920) — радиотехника ривожланишининг

бошланши, бу даврда узун тўлқинли радиотелеграф алоқа мавжуд эди:

II босқич (1920—1955) радиотехник қурилмаларда электровакуум асбоблардан фойдаланиб генераторлар, кучайтиргичлар, юқори сезгир радиоприёмникларда қисқа тўлқинли ва юқори частота чегараларида ишлатиладиган электромагнит тўлқинлар орқали алоқалар мавжуд эди:

III босқич (1955 йилдан бошлаб) радиотехник қурилмаларда электровакуум лампалар ўрнини ярим ўтказгичли асбоблар, ИМС лар эгаллаган даврга тўғри келади.

Микросхемаларнинг яратилиши радиотехника ва электроника ривожланишининг янги босқичини очиб берди.

Замонавий радиоэлектрон қурилмалар радиоалоқа, телевидение, радиолокация, радионавигация, радиобошқарув, радиоўлчов ва радиотелеметрия соҳаларида кенг қўлланилмоқда.

Радиоэлектроника ўзининг ривожланиш жараёнида РЭАнинг қиёфасига катта таъсир қилиб, замонавий саноят ва қишлоқ хўжалик, илмий текшириш ва тиббиётда, маиший хизмат ва транспортда, ўқитиш усулларини такомиллаштириш ва алоқа воситаси ҳамда инсон фаолиятининг ҳамма соҳаларида янги қурилмалар яратиш имконини берди. Қўйида электрониканинг айрим замонавий йўналишларининг ривожланишини келтирамиз.

Микроэлектроника. Қурилмаларнинг истеъмол энергиясини камайтириш, уларнинг ишончилигини орттириш ва ўлчамларини кичрайтириш — ҳозирги замон микроэлектроникасининг ривожланишидаги асосий йўналишидир. Катта (БИС) ва ўта катта (СБИС) интеграл микросхемаларнинг яратилиши электрон тугуни ва дискрет радиодеталлар блокни алмаштириш имконини беради. Схемаларни кейинги вақтда ўлчамларини кичрайиб бориши радиотехник ва ҳисоблаш қурилмасига, магнит ёзуви асбобини такомиллаштиришга берилган функцияли янги асбоблар яратиш имкониятларига таъсир этди. Шунини айтиш етарлики, ҳозирги замон технологияси битта ярим ўтказгичли кристаллда миллионтагача транзисторли БИС лар яратиш имконига эга.

Оптоэлектроника. Ҳозирги пайтда оптоэлектроникада катта сизимга эга бўлган, тез ишловчи, юқори халақитлардан муҳофаза қилинган толалар оптикаси линияларини яратишда изланишлар қилинмоқда. Бундай линия бўйича бир вақтнинг ўзида 10000 гача телефон алоқалар, 10 каналгача бўлган юқори аниқликда рангли телевидение сигналларини жўнатиш мумкин. Оптоэлектроникада ёруғлик нурларини фазовий модуляциялаш қўлланилган. Бу асосда вакуумсиз электрон қурилмалар, оптоэлектрон кучайтиргичлар, манتيқий элементлар, ясси экранли рангли телевидение, жуда катта ахборотларни берадиган табло ва ҳ. к. яратилади. Оптоэлектрон хотираловчи (оптик хотираловчи) дисклар яратиш устида ҳам ишлар олиб борилмоқда.

Криоген электроника — паст (криоген) температурадаги ҳо-

дисалардан фойдаланилади — металл ва қотишмаларнинг ўта ўтказувчанлиги, изоляторларнинг диэлектрик киритувчанлигининг электр майдонга ва бошқаларга боғлиқлиги. Бундай ҳодисалардан криоген триггерлар, ўта кенг полосали квант кучайтиргичлари, электр сигналларини линия тутқичлари ва ҳ. к. асбоблар яратишда фойдаланилади. Криоген асосида мантиқий ва хотираловчи функцияни бажарувчи БИСларни яратишда ҳам фойдаланиш мумкин. «Ротон-600» радиотелескопда криоген электрон асбоб ўрнатилган бўлиб, у миллиард ёруғлик йили масофаси узоқлигидаги космик фазони ўрганиш имконини беради.

Магнит электроника. Бу жуда кичик тўйинган магнитланувчан материалларнинг вужудга келиши унинг асосида юпқа плёнкали магнит қурилмалар — магнит плёнкалар, коммутацион қурилма, магнит ярим ўтказгичлар ва ҳ. к. ишлаб чиқаришга имкон беради. Унча катта бўлмаган магнит ярим ўтказгичли кристаллда мантиқий элементлар, коммутация қурилмалар ва хотираловчи элементлардан иборат бўлган бир неча минг схемаларни жойлаштириш мумкин. Бундай қурилмалар ахборотни $3 \cdot 10^6$ бит/с тезликда ишлаб бера олади. Хотираси 10^5 бит/см² ли ёзув зичлигига эга.

Биоэлектроника — электрониканинг ривожланишидаги яна бир йўналиш бўлиб, тирик организмнинг таркиби ва ҳаёт фаолиятини, шу жумладан инсонни ўрганишдаги маълум бир масалаларни ечишга хизмат қилади. Биоэлектроника инсон ва ҳайвонларнинг нерв системасини ўрганиш, ҳар хил жинсли бугланиш (химиявий майдон) магнит майдони, инсон танаси ва ҳ. к. ни радионурланиш муаммоларини ўз ичига олади. Бу мақсад учун электрорадиокардиограмма (ЭКГ) дан фарқли юрак ишлаш сигналини аниқроқ ўлчовчи магнитокардиограмма асбобини яратиш мумкин. Инфарктдан (миокард) кейин юрак пайларидаги ўлган қисмларни магнит майдонли квант ўлчов асбоби қайд қилади. Кам халақитли радиоприёмниклар ёрдамида инсон танаси ичидаги температураани радионурланишга қараб аниқлайди. Бундай асбоб ёрдамида кўпгина касалликларга диагноз қўйиш мумкин. Инсон иссиқлик нурланишини ўлчаб, жуда қизиқ ахборотларни олиши мумкин. Бундай биоахборотлар ёрдамида томирлар ҳолати, организмдаги шамоллаш жараёни ва ҳ. к. лар ҳақида фикр юритиш мумкин. Бу натижалар айниқса болалар педиатриясида катта аҳамиятга эга.

Акустоэлектроника — электрониканинг бу йўналиши акустик ва пьезоэлектрик эффектларни электр майдони билан таъсирлашишига асосланган. Пьезоэлектрик ўзгартгичлар, масалан ультратовуш линияларида электр сигналлар таъсирида акустик сигналлар ҳосил қилади ва аксинча. Бизга маълумки электромагнит ва акустик тўлқинларнинг тарқалиш тезлиги ўзаро биридан кескин фарқ қилади, шунга асосланиб вақт бўйича сигналларнинг силжиши ва ушланиб қолишини ҳосил қилиш мумкин. Пьезоэлектрик ярим ўтказгичлардаги сиртқи акустик

тебранишларга тарқалиш йўналишида кичик электр майдон ҳам таъсир қилади. Бу эса телерадиоаппаратура ўлчаш техникаси учун кичик ўлчамли кенг полосали қурилмалар яшаш имконини беради. Ҳозирги вақтда музикани юқори сифатда қайта эшиттирувчи қурилмалар яратилган.

Квант электроникаси кристалл атомидан когерент нурларни тарқалиш, яъни мажбурий (индуцирланган) ҳодисадан фойдаланиб, ўта юқори частотали электромагнит тебранишларни ҳосил қилиш ва кучайтириш усуларини ўрганеди. Ҳозирги вақтда юқори қувватли, бир томонга йўналтирилган ва кўриш диапазони спекторида тўлқинлар тарқатувчи микротўлқинли квант генераторлари (лазерлар) яратилган.

Хемотроника — электрониканинг электрохимия билан ривожланишидаги бир йўналиши, унинг асосида паст частотали электрохимиявий ўзгартгичлар яратилмоқда. Ҳозирги вақтда бир қатор хемотрон асбоблар яратилган: ион тўғрилагич, ўта паст частотали кучайтиргич, электрохимиявий ўзгартгич ва ҳ. к. Келажақда — суяқлик асосида бошқарилувчи система яратиш ва биоинформацион ўзгартгич яратилиши турибди. Радиотехникада бугун билганларимиз, унинг чексиз имконидан фойдаланишнинг бошланғич қадами холос. Келажақда, масалан ташқи таъсир шаронтини ўзгаришига адекват реакция берувчи, сунъий интеллектга эга бўлган ва сенсор система билан жиҳозланган роботлар яратиш масаласи қўйилган. Инсон фаолиятининг ҳар хил соҳасида радиоэлектроникадан фойдаланиш узлуксиз кенгаймоқда, чуқурлашмоқда. Ҳозирги замон радиоэлектроникаси фанда ва техникада олдинги ўринни эгаллаб, илмий-техникани ривожлантиришда катта аҳамиятга эга.

Умумий ҳолда электроника — техниканинг асосий қисми бўлиб, ярим ўтказгичли асбоблардаги физик ҳодисаларни ўргатувчи (физик электроника), уларнинг катталиклари ва тавсифни аниқловчи ҳамда система ишини ярим ўтказгичли асбобларга асосланган ҳолда (техник электроника) ташкил этишдан иборат.

Информацион электроника — ҳисоблаш ва информацион техниканинг автоматик асосларидан иборат.

Радиотехника саноати янги алоқа турини — Ер сунъий йўлдошлари орқали олиб бориладиган алоқа системаларини вужудга келтирди.

Лазер нурларидан алоқада фойдаланиш катта имкониятларни очиб беради. Шаҳарлараро видеотелефон алоқа тармоғини ривожлантиришда ва автоматлаштирилган бошқариш системаларини орасида ахборот алмашинувида лазерли алоқа линияларининг истиқболи каттадир.

Ҳозирги кунда радиотехника ютуқларидан барча соҳаларда кенг фойдаланилмоқда. Радиотехник системалар ва лазерлар касалликларга диагноз қўймоқда, даволаш жараёнини назорат қилмоқда, юрак, буйрак ва ҳоказоларни операция қилишда жарроҳнинг энг яқин ёрдамчиси бўлиб қолмоқда.

1-б о б. АХБОРОТ ТАРҚАТИШ ВА ҚАБУЛ ҚИЛИШ

1.1-§. РАДИОТЎЛҚИНЛАРНИНГ ТАРҚАЛИШИ

Радиотўлқинлар диапазонлари ва хоссалари. Радиотўлқинлар диапазони 1 мм дан 30 000 м гача бўлади. Тарқалиш хусусиятларига қараб қисмларга бўлинади ва ҳар бир диапазонга номлар берилади. Метрли радиотўлқинлар диапазони ультратовуш тебранишларга, миллиметрли диапазон эса — инфрақизил ёруғлик диапазонига зич кириб боради. Радиотўлқинларнинг частоталарида фарқ бўлишига қарамасдан улар қуйидаги умумий хоссаларга эга.

1. Бир жинсли муҳитларда радиотўлқинлар тўғри чизиқли тарқалади.

2. Сийракланган муҳит (коинот) ва ҳавода радиотўлқинларнинг тарқалиш тезлиги $3 \cdot 10^8$ м/с га яқин.

3. Радиотўлқинларнинг муҳитда тарқалиши энергиянинг ютилиши ва сочилиши билан рўй беради. Ютилиш ва сочилиш даражаси муҳит ва радиотўлқинларнинг катталикларига боғлиқ.

4. Бир жинсли бўлмаган муҳитда радиотўлқин нурларининг тарқалиши ўзгариб боради. Тўлқин fronti ҳаракат траекториясининг эгрилик (рефракция) даражаси муҳитга ва тўлқин фронтининг муҳитга кириш бурчагига боғлиқдир. 1.1-расмда ҳар хил синдириш коэффициентига эга бўлган муҳитнинг бўлиниш чегарасида радионур траекториясининг ўзгариши кўрсатилган.

5. Радиотўлқин энергияси қисман ток ўтказувчи юзалардан қайтади. Санаб ўтилганлардан ташқари, радиотўлқин интерференция, дифракция ва бошқа хусусиятларга ҳам эга.

Фазонинг тузилиши. Ер «атмосфера» деб аталувчи ҳаво қобиғи билан ўраб олинган. Ер шарининг атрофи радиотўлқинларнинг тарқалишида катта аҳамиятга эга. Бу қобиқ 20000 км баландликкача чўзилган бўлиб, Ернинг ўз ўқи, шунингдек, Қуёш атрофида айланишида иштирок этади. Атмосферанинг тузилиши ҳақидаги аниқ ва билвосита маълумотлар уни бир қатор соҳаларга бўлиш имконини беради. Шу соҳалар чегарасида ундаги химиявий таркиб, температура, электр заррачаларининг концентрацияси ва бошқаларнинг тақсимланишидаги умумий қонуниятлар кузатилади.

Атмосферанинг пастки қатламлари газлар аралашмасидан — азот, кислород, аргон, карбонат ангидрид, гелий ва бошқалардан иборат.

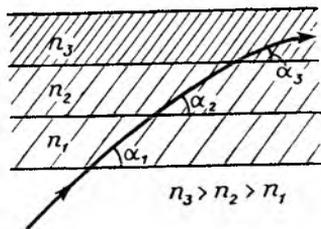
Баландликка кўтарилиш билан сийраклана борувчи атмосфера ҳавоси таркибида газлардан ташқари қаттиқ ва суюқ заррачалар — сув буглари, метеор чанглари ва бошқалар бўлади.

Радиотўлқинларнинг тарқалиши бўйича атмосфера уч соҳага бўлинади: тропосфера, стратосфера ва ионосфера.

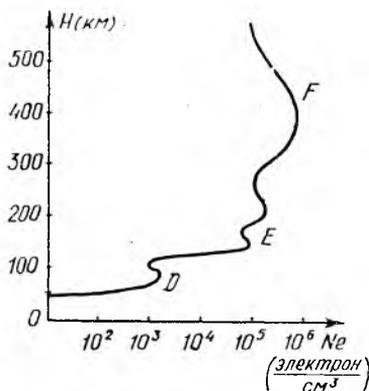
Тропосфера — оз миқдорда сув буғлари, чанглар, тутунлар ва шунга ўхшаш нарсаларга эга бўлган, юқори концентрацияли яхши аралашган газлар аралашмасидан иборат, яъни уни етарлича кам концентрацияга эга бўлган, эркин электр зарядли бир жинслимас диэлектрик муҳит сифатида тасаввур қилиш мумкин. Тропосферадаги радиотўлқинлар траекторияси катта радиусли эгри чизиқдан иборат. Радиотўлқинларнинг тарқалиши (рефракция ҳодисалари), унинг энергиясини газлар ва гидрозаррачалар (ёмғир, туман, қор) томонидан сочилиши ва ютилиши (молекуляр ютилиши) билан биргаликда рўй беради. Шу қатламдаги мавжуд бўлган қаттиқ заррачалар (чанг, тутун) электромагнит майдон энергиясининг сусайишига олиб келади. Шунга ўхшаш ҳодисалар, газ ва заррачаларнинг зичликларига маълум қўшимчалар киритилиши *стратосферада* ҳам кузатилади.

Мезосфера ва термосфераларни ўз ичига олувчи *ионосфера* қатлами ўзида электр зарядлар — эркин электронлар ва ионлар борлиги билан ажралади. Ионосферанинг ҳосил бўлиш жараёни (50..60 км дан 400 км гача баландликларда) газ ва зарядланган заррачалар атомларининг нейтрал молекулалари қатор факторлар таъсирида мусбат ион ва эркин электронларга парчаланиши билан тушунтирилади. Атмосфера юқори қатламларининг ионизацияси Қуёшнинг ультрабинафша ва рентген нурланиши, космик нурлар, Ернинг магнит майдони, метеорлар ва шунга ўхшашлар билан боғлиқ.

Бутун ионосфера ионлашган заррачалар концентрациясига қараб, уч сатҳга ажратилади: «Д», «Е», «F». Қатламларнинг электрон зичлик тавсифи 1.2-расмда келтирилган.

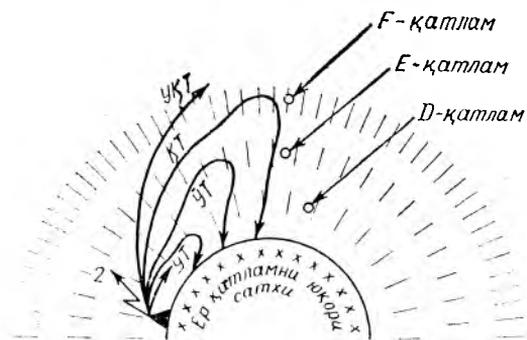


1.1-расм. Турли синдириш коэффициентига эга бўлган учта муҳит чегарасида радионур траекториясининг ўзгариши.



1.2-расм. Атмосфера қатламларида электрон зичлигининг ўзгариш графиги.

Ионосферани тадқиқ қилиш натижаларини анализ қилиш шуларни кўрсатади: 1) ионосферанинг диэлектрик сингдирувчанлиги атмосфера пастки қатламларига нисбатан кам; 2) ионосфера дисперсловчи муҳитдан иборатдир, яъни унинг диэлектрик сингдирувчанлиги $\epsilon \cdot 10^3$ Гц частотада рўй бера бошлайди; 3) унинг сингдирувчанлиги ба-



1.3- расм. Турли тўлқин узунлигидаги радионурнинг ионосферадаги траекторияси.

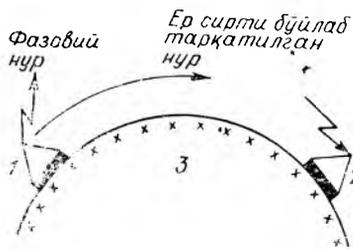
ландлик ўзгариши билан ўзгаради. «Д» ва «Е» қатламининг пастки қисми энг кўп ўтказувчанликка эга; 4) радиотўлқинлар энергиясининг ютилиши 30 мГц дан юқори частоталарда кучаяди; 5) ионосферани диэлектрик сингдирувчанлик градиенти $\frac{d\Sigma v}{dh} < 0$ бўлган қатлам—бир жинсли бўлмаган ярим ўтказгичли сфера деб қараш мумкин; 6) радиотўлқинларнинг траекториялари ионосфера қатламига радиотўлқиннинг тушиш бурчаги (θ) нисбатига, электронлар коңцентрацияси (N_e) га ва электромагнит майдон частотаси (f) га боғлиқ ҳолда турлича бўлиши мумкин. 1.3-расмда бир жинсли бўлмаган қатлам структурали радиоўлқин нурунининг фазода тарқатаётган траекторияси кўрсатилган.

Турли узунликдаги радиотўлқинларнинг тарқалиш хусусиятлари. Узун тўлқинлар. Радиоэшиттириш станциялари ўз ишини узун тўлқинларда олиб боради, махсус радиосигналлар, вақт сигнали, метеохабарлар ва радиомаяклар ҳам узун тўлқинларда ишлайди. Кундузи узун тўлқинларнинг тўлқин fronti ионосферанинг «Д» қатламининг пастки қисмига исталган бурчак билан тушганда ҳам уларнинг қайтиши учун ионизация даражаси етарли бўлади.

Узун тўлқинлар атмосферанинг остки қатламига кундузги вақтда қайтади, аммо бунда улар энергиянинг кўп қисмини қатламдаги электр зарядларини қўзғатиш жараёнида йўқотади ва ерга қайтган нур кучсизланган бўлади. Кундуз кунини узоқ масофалар билан узун тўлқинларда алоқа ўрнатишни дифракция хоссасига эга бўлган сиртдаги нурлар билан амалга ошириш мумкин (1.4- расм).

Сутканинг тунги вақтида ионосфера «Д» қатламининг ионизация сатҳи, қуёш нурламини йўқлиги туфайли пасаяди, шунинг учун қайтган тўлқинлар энергияси, тўлқинлар узоқ станциядан келаётган бўлса ҳам қабул қилишга етарли бўлади.

Ўрта тўлқинлар. Ўрта тўлқинларда радиоэшиттириш, радионавигация қурилмалари, денгиз савдо флоти кемаларининг ра-



1.4- расм. Сиртий нурнинг ер сиртининг бир қисмига тарқалиши.

1 — тарқатгич, 2 — приёмник, 3 — ер.

ютилишига учрайди ва улар ҳам кучсизланиб қайтади. Кундузи яқин ораликдаги радиоалоқани ўрта тўлқинларда сиртдаги нур билан амалга ошириш мумкин (1.3- расм). Қуёш ботгандан сўнг, айниқса тунда, узун ва ўрта тўлқинлар диапазонида ишловчи радиостанцияларнинг қайтарилган энергияси узоқ радиоалоқани амалга ошириш учун етарли бўлади.

Оралик ва қисқа тўлқинлар. Қисқа тўлқинларда радиоэшиттириш станциялари, ташкилотларнинг радиoliniяли алоқаси, метеорологик станциялар, аэрофлот радиoliniялари, дипломатик ҳамда ҳарбий алоқа liniялари ва шунга ўхшашлар ишлайди.

Қисқа тўлқинлар узатувчи радиостанциядан сиртдаги (ер сирти бўйича) ва фазодаги нурлар билан тарқалади. Аммо ер сиртига яқин жойда бу тўлқинлар энергиясининг ютилиши кўп бўлади ва тўлқин узунлиги кўпайиши билан янада ортади, чунки уларнинг узунликлари йўлда учраган тўсиқлар: қирлар, тоғлар, металл конструкциялар ва шу кабиларнинг ўлчамларига боғлиқ бўлади. Демак, қисқа тўлқинлардаги радиоалоқа амалий жиҳатдан ионосферадан қайтиш билан амалга оширилади. Ионосферанинг нормал шароитида қисқа тўлқинлар энергиясини қайтариш учун «F» қатлам соҳаси асосий бўлади, пастда жойлашган «D» ва «E» қатламлар баъзи ютилиш ва сингдиришни ҳосил қилади. Радиоқабул қилиш қурилмасининг сезгирлиги узоқдаги радиостанцияларни ҳам кундузи нормал қабул қилишини таъминлайди (1.3- расм). Лекин қисқа тўлқинлар сўнишга мойил, яъни бунда қабул нуқтасига турли йўллардан келганда нурларнинг интерференцияси юз беради ва қисқа тўлқинлар сўниб қолади (радиоприёмник овоз чиқармай қолади).

Оралик тўлқинлар ўзининг тарқалиш хоссалари билан ОТ ва ҚТ ўртасидаги оралик ҳолатни эгаллайди.

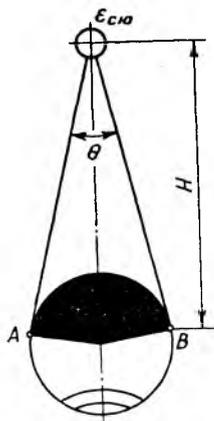
Ультрақисқа тўлқинлар. Ультрақисқа тўлқинларда радиоэшиттириш, телевизион, радиолокация, радиоҳаваскорлар радиостанциялари ишлайди, радиореле, яқин радионавигацион ва узоқ космик радиоалоқалар амалга оширилади. Ионосферанинг

диoliniялари, ташкилотлар радиоалоқаси ўз ишини олиб боради. Урта тўлқинларни қайтариш учун «D» ионизация қатлами етарли бўлмайди. Улар бир оз синиб, ионосферанинг «E» қатламига киради. «E» қатлам зарядларининг кундузги концентрацияси ўрта тўлқинларнинг қайтиши ва атмосферанинг остки қатламига етиб келиши учун етарлидир. Шу вақтнинг ичида ўрта тўлқинлар «D» ва «E» қатламларда икки марта энергия

ионизация сатҳи УҚТ ни тўлиқ сингдириш учун етарли эмас ва УҚТ энергиясини сиртдаги нурлар билан қабул қилиш мумкин. Метеор чанглари, тропосферанинг катта намликка эга бўлган соҳалари ҳосил қилган белгиланган аниқ бир жинсли бўлмаган диэлектрик сингдирувчанликли қатламлардан УҚТ энергияси сочилиши туфайли юзага келган қисқа муддатли «ўта узоқ» алоқаларни ҳам УҚТ ларда баъзан кузатиш мумкин. Лекин УҚТ ердаги алоқанинг асосий кўриниши бўлиб, ҳозирги замон УҚТ қурилмаларининг қувватида 200 км гача мумкин бўлган сиртдан нурларнинг тўғридан кўриниши чегарасидаги алоқалар ҳисобланади. Шунингдек, телевидение ва радиореле алоқалари учун тўғридан кўриниш оралиқларида жойлашган қатор ретраноляцияон станциялардан ҳам фойдаланилади. Улар ўткир йўналган диаграммага эга бўлган параболик антенналар билан радиосигналларни кетма-кет кучайтиради ва нурлантиради.

Космик фазодаги радиоалоқалар. Радиотехника радиотўлқинларнинг космик фазода тарқалишини талаб этувчи учта масалани ҳал этади: 1) Ернинг сунъий йўлдошлари орқали ретрансляция йўли билан узоқ масофаларга берилаётган радиозинтиришларни, телетомошаларни ҳамда радиотелефон алоқаси хизмати бажариш; 2) Ердан туриб космик объектларни бошқариш ва космонавтлар билан бошқариш маркази ўртасида алоқа олиб бориш; 3) Ер атмосферасидан ташқаридаги космик кемалар ўртасида алоқа ва ўзаро бошқаришни амалга ошириш.

Ернинг сунъий йўлдоши — ретрансляторнинг («Чақмоқ», «Экран» ва бошқа сунъий йўлдошлар) ишлаш принципи 1.5-расмда кўрсатилган. Бундай сунъий йўлдош ўз бортида оралиқ радиорелеалоқа линиялар учун мўлжалланган қурилмаларга ўхшаш радиоқурилмалар (иккита приёмник ва иккита тарқаткич), шунингдек, йўналтирилган антенналарни олиб боради. Сунъий йўлдош бортида «А» нуқтада жойлашган Ердаги бирорта муҳбирдан сигнал қабул қилинади ва бу сигнал «В» нуқтада жойлашган Ердаги бошқа муҳбирга қуввати кучайтирилиб (ретрансляция) автоматик равишда қайта нурлантирилади. Ердаги муҳбирлар орасидаги энг узоқ масофанинг узунлиги Θ бурчакка тўғри келган AB ёйнинг узунлигига тенг бўлади. Қабул қилиш зонасининг ўлчамлари сунъий йўлдош баландлиги «Н» билан аниқланади. Қабул зонаси Ер юзида «ҳаракатсиз» туриши учун сунъий йўлдош-ретранслятор экватор устида Ернинг айланиши томонига 36000 км баландликка чиқарилиши лозим. Бунда унинг Ер атрофида айланишининг бурчак тезлиги Ернинг айланиш бурчак тезлигига тенг бўлади ва сунъий йўлдош ердаги кузатувчига ҳаракатсиздек бўлиб туюлади. Радиотўлқинлар атмосферанинг барча қатламларидан икки марта ўтishi ва бунда улар кучли ютилишини ҳисобга олиб, 3 см дан кичик бўлган тўлқинлардан воз кечишга тўғри келади, чунки улар атмосферада кучли ютилишга дуч келади. Шунингдек, қатламлардан қайтарилиши, Қуёш нурланиши, космик жисм-



1.5- расм. Ер сунъий йўллоши орқали радионур билан ёритилиш зонаси.

лар ва газларнинг кучли таъсири туфайли узун тўлқинлардаги алоқани тиклаб бўлмайди.

«Ер — сунъий йўллош — Ер» алоқаси учун асосан узунлиги 3...10 см бўлган дециметрли тўлқинлардан фойдаланилади. Космонавтлар билан ердан туриб алоқа боғлаш ва Ердан космик кемаларни нутқ ҳамда телеметрик ахборотни ҳисобга олиб бошқариш, космик кеманинг Ернинг исталган нуқтасига қўнишини ҳамда уларни радиопелингаторлар ёрдамида қидиришни ҳисобга олиб космик кемаларда ҳар хил узунликдаги ҚТ ва УҚТ ларни нурлантирувчи радиоаппаратуралар ўрнатилиши талаб этилади.

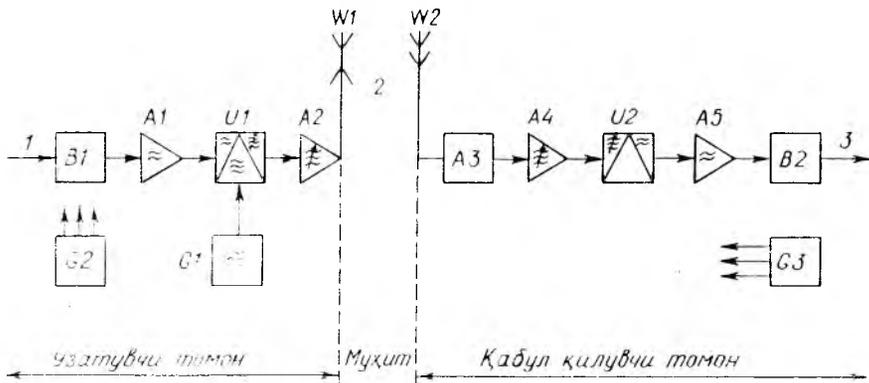
Космик қурилмаларнинг биргаликда ишлаши амалий жиҳатдан исталган диапазонларда — УТ, УТ, ҚТ ва УҚТда амал-

га оширилиши мумкин, чунки ер атмосферасининг хоссалари космик радиоалоқада иштирок этмайди. Айниқса «космос-космос» алоқа линиясида жуда катта йўналтирилганлик коэффициентига эга бўлган оптик тўлқинлар — лазерли алоқа линияларининг келажаги порлоқ.

1.2- §. РАДИОАЛОҚА ЛИНИЯЛАРИНИНГ ТАРКИБИЙ СХЕМАСИ ТУҒРИСИДА УМУМИЙ ТУШУНЧАЛАР

Радиотехникада радиосигналларга турли кўринишларда ишлов берилади. Радиосигналларга ишлов бериш жараёнида турли физик қонунларга асосланган ҳодисалардан фойдаланилади. Бу ҳодисаларнинг кўпи радиотехник трактнинг вазифасидан қатъи назар, унинг учун умумийдир. Бу 1.6-расмда кўрсатилган радиоалоқа линиясининг умумлашган функционал схемасини тузишга имкон беради. Расмда алоқа линиясининг қуйидаги тугунлари кўрсатилган: *I* — бошқариш сигнали; *B1* — энергия ўзгартгичи; *A1* фойдали сигналлар кучайтиргичи, *I1* — модулятор; *G1* — элтувчи частота генератори; *A2* — модуланган тебранишлар кучайтиргичи; *W1* — нурлатувчи антенна; *z* — радиотўлқинларнинг тарқалиш муҳити; *W2* — қабул қилувчи антенна; *A3* — радиосигналлар ажратгичи; *A4* — радиосигнал кучайтиргичи, *I2* — демодулятор (детектор); *A5* — фойдали электр тебранишлар кучайтиргичи; *B2* — энергия ўзгартгичи; *G2* ва *G3* таъминлаш манбалари; *3* — узатилган (берилган) ахборот. Схема тугунларининг вазифаси ва уларда содир бўладиган жараёнларни кўриб чиқамиз.

Бошқариш сигнали — фойдали ахборот бўлиб (нутқ, музыка, расм, датчик сигнали ва шунга ўхшашлар), алоқа линияси бўйича узатилади. Бошқариш сигнали механик (овоз, телеграф калити), ёруғлик (расм, саҳна, ёритилганлик даражаси), иссиқ-



1.6- расм. Радиоалоқа каналнинг таркибий схемаси.

лик (объект температураси) ёки электр (жисм заряди) энергияларини элтувчи бўлиши мумкин.

Энергия ўзгартгичида бошқариш сигнали электр тебранишларга айланади. Масалан, микрофонда ҳаво заррачаларининг (овознинг) механик тебранишлари товуш частотасидаги паст электр сигналларига ўзгартирилади. Тасвир узатувчи телевизион трубкаларда (ёруғлик ахбороти) кўринадиган электр сигналларига (видеосигналга) ўзгартирилади. Иссиқлик датчигида иссиқлик энергияси электр энергиясига ўзгартирилади ва ҳоказо.

Фойдали сигналлар кучайтиргичи. Энергия ўзгарткичи кучсиз сигналлар ҳосил қилади. Бундай кучсиз сигналлар кучайтиргичда навбатдаги элементи модуляторни бошқаришга етарли бўлган катталиккача кучайтирилади.

Модулятор. Физика курсидан маълумки, юқори частотали электр тебранишлардан фойдаланилгандагина электромагнит тўлқинлар яхши нурланиши ва анча катта масофаларга тарқалиши мумкин. Ахборотни радиоалоқа линияси бўйича узатишда схемага фойдали электр сигнал спектрини юқори частоталар соҳасига (радиочастоталар соҳасига) кўчирувчи элемент киритилиши зарур. Модуляциялаш жараёнида фойдали ахборотнинг кучли сигнали генератор ҳосил қиладиган радиочастотанинг тебранишларига таъсир этиб, тебранишнинг амплитуда, частота, фаза каби катталикларининг бирортасини ўзгартиради.

Элтувчи частота генератори радио частоталарнинг электр тебранишларини ҳосил қилади, улар антенналар орасидаги муҳитда фойдали ахборотни элтувчи вазифасини бажаради.

Модуляцияланган тебранишлар кучайтиргичида радиочастоталарнинг тебранишлари узоқ масофаларга уларнинг қуввати нурлатишга етарли бўлган қийматгача кучайтирилади.

Нурлатувчи антенна. Нурлатувчи ёки узатувчи антенна ёрдамида токнинг кучайтирилган, модуляцияланган юқори частото-

тали тебранишлари ўзгартирилади ва электромагнит тўлқинлар кўринишида нурлантирилади.

Радиотўлқинларнинг тарқалиш муҳити ҳаво, сув, космос ва бошқалар бўлиши мумкин.

Қабул қилувчи антенна муҳитдан электромагнит тўлқинлар энергиясини эффектив равишда ажратиб олувчи қурилмадир. Унда радиочастоталарнинг электромагнит тебранишлари уйғотилади ва улар антеннадан кабель орқали ажратгичга келади.

Радиосигналлар ажратгичи қабул қилиш пунктида ишлаётган ҳамма станциялар томонидан ҳосил қилинаётган тебранишлардан, абонент учун зарур бўлган тебранишни антеннада ажратиб олади. Масалан, радиоёшиттириш приёмнигида абонент ажратгич ёрдамида керакли диапазонни ва бу диапазонда зарур станцияни танлайди. Телевизион приёмникда эса керакли канални танлайди.

Радиосигналлар кучайтиргичида ажратгич томонидан ажратилган юқори частотали модуляцияланган тебранишлар кучайтирилади.

Демодулятор (детектор)да демодуляциялаш ёки детекторлаш иши бажарилади, яъни станциядан қабул қилинган юқори частотали сигнал фойдали ахборотнинг электр тебранишларига ўзгартирилади. Демодуляция натижасида радиолиниянинг узатувчи томонидаги фойдали сигнал шаклига мос келувчи шаклдаги электр сигналлари ҳосил қилинади.

Фойдали сигнал кучайтиргичида тебранишлар чиқини қурилмасини бошқариш учун етарли бўлган қийматгача кучайтирилади.

Чиқини қурилмаси қабул қилинган фойдали сигнални ахборотга айлантиради.

Ахборот радиоалоқа линияси бўйича қабул пунктига юборилаётган фойдали ахборот — овоз, расм, фототелеграмма ва ҳоказо.

Электр энергия манбалари радиолиния тугунининг ҳамма қисмларини электр энергия билан таъминлайди.

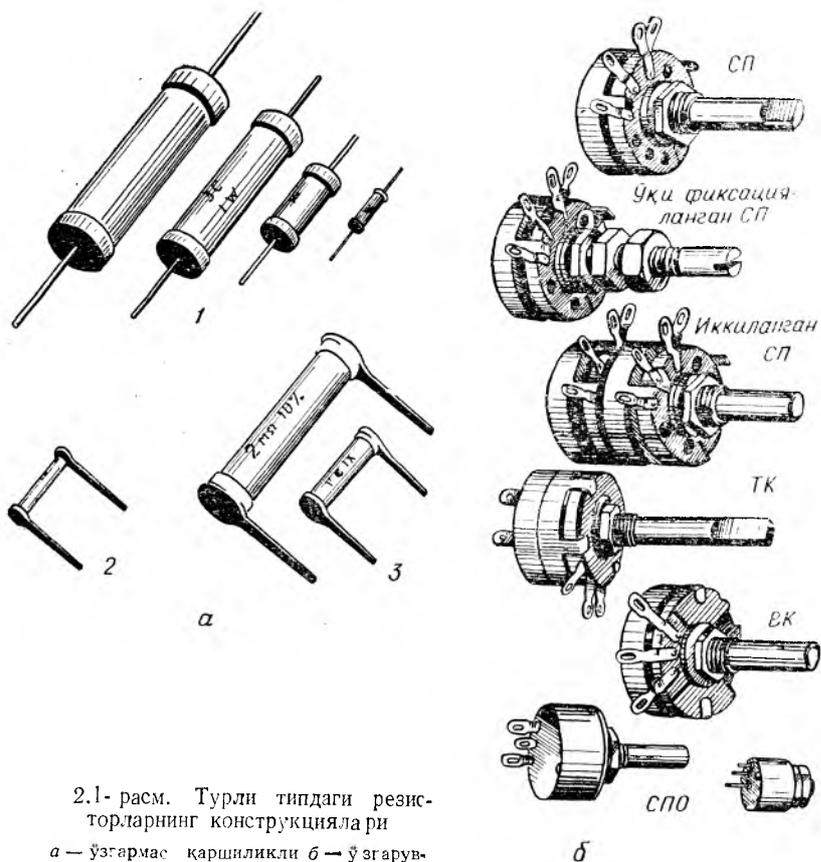
2 б о б. РАДИОЭЛЕКТРОН АСБОБЛАРНИНГ (РЭА) АСОСИЙ ЭЛЕМЕНТЛАРИ

2.1-§. ПАССИВ ЭЛЕМЕНТЛАР

Резисторлар. Резисторлар актив қаршиликка эга бўлиб, «энергия қабул» қилади, яъни улар олган энергиясини бошқа турдаги энергияга айлантиради. Шунинг учун улар актив қаршиликка эга. Резисторлар схемаларда анод ва коллектор юкланишлари, сирқиш қаршиликлари, кучланиш тақсимлагичи вазифаларини бажаради. Уларни схемаларга силжиш кучланишини ҳосил қилиш, токнинг пульсланишини текислаш, радиолампа, транзистор ва бошқа асбобларнинг иш тартибини танлаш учун уланади. Улар интеграл микросхеманинг таркибига

ҳам киради. Резисторлар ўзгармас ва ўзгарувчан қаршиликли бўлади (оператор хоҳиши бўйича механик бошқарилиши ҳам мумкин). Резисторларнинг ток ўтказувчи қатлами материалга кўра симли ва симсиз (углерод қатламли, металл қатламли, металоксидли, металдиэлектрикли, композицион) турларга бўлинади. Ярим ўтказгичли резисторлар махсус группани ташкил қилади. Уларнинг электр қаршилиги температура таъсирида (терморезисторлар), электр майдон таъсирида (варисторлар), ёруғлик таъсирида (фоторезисторлар) ва электромагнит майдон жадаллиги таъсирида (балометрлар) ўзгаради. РЭАда фойдаланадиган резисторларнинг номинал қаршилиги Ом нинг бир неча улушларидан тортиб, ўнлаб миллион Ом (МОм) гача қийматларда бўлади.

Резисторларнинг асосий параметрлари: 1) қаршиликларнинг номинал катталиги; 2) сочилиш қувватининг рухсат этилган қиймати — резисторни ишдан чиқмасдан, узоқ вақт ишлай олиши; 3) қаршиликнинг температура коэффициентини (КТК) —

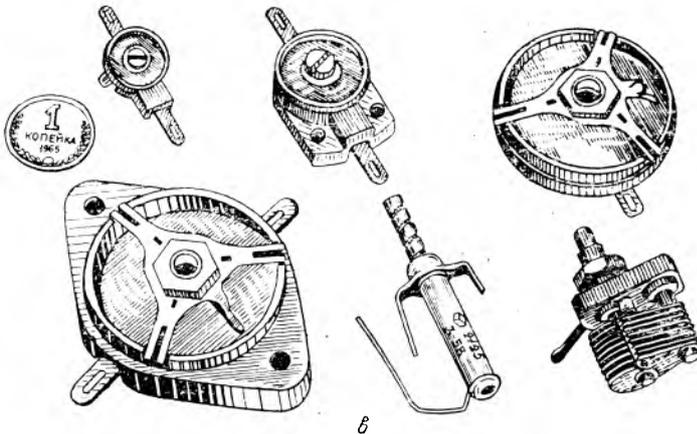
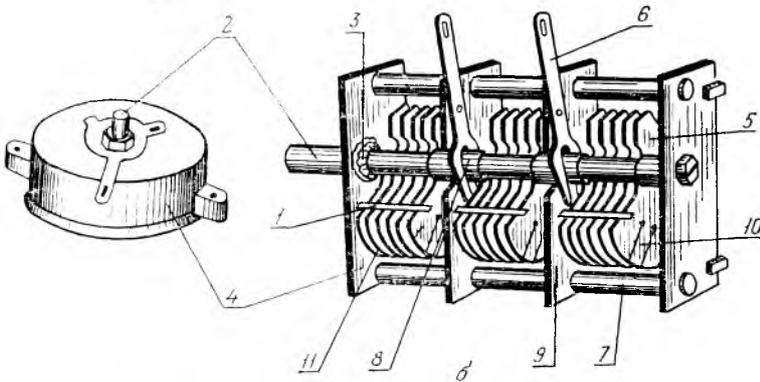


2.1- расм. Турли типдаги резисторларнинг конструкциялари
 а — ўзгармас қаршиликли б — ўзгарувчан қаршиликли ва бошқалар.

унинг температураси 1°C га ўзгарганда, нисбий катталиги қап-чага ўзгаришини кўрсатади. 2.1-расмда резисторларнинг турли хиллари берилган.

Конденсаторлар. Конденсаторлар резисторлардан фарқли реактив қаршиликка эга. Улар қисқа вақт ичида электр энергиясини электр майдон сифатида ўзида тўплайди ва яна электр занжирига қайтариб беради. Конденсаторлар резонанс контурлар ҳосил қилишда, доимий ва ўзгарувчан ток ташкил этувчисини ажратишда, токнинг пульсланишини текислашда, товушли бошқаришда, электрон ҳисоблаш техникасида ва ҳ. ларда фойдаланади.

Конденсаторлар ўзгармас ва ўзгарувчан сифимли бўлади (улар механик бошқарилади). Умумий ҳолда конденсаторлар қопламалари орасига қўйилган диэлектрик моддаси билан биридан фарқланади. Ўзгармас сифимли конденсаторлар ано-



2.2- расм. Конденсаторларнинг кўп пластинкали конструкцияси:

a — кичик ўлчамли, *б* — уч секцияли, *в* — соловчи: 1 — ротор, 2 — ўқ, 3 — подшипник, 4 — корпус, 5 — статор пластинкаси, 6 — ток олигичи, 7 — вал, 8 — товоности, 9 — қотириш пластинкаси, 10, 11 — роторнинг кесик пластинкаси.

ганик диэлектрикли (слюдали, керамикали, шиша керамикали ва ҳ.), органик диэлектрикли (плёнкали, қоғозли, металл қоғозли ва ҳ.) ва оксидли диэлектрик — электролитик (алюминли ва танталли ва бошқалар) бўлади. Керамик материалдан тайёрланган махсус конденсатор варикондларни ташкил этади. Варикондларнинг сифими электр майдонга боғлиқ. Варикондларнинг бу хусусиятларини ҳисобга олиб, улардан қурилмаларнинг автоматик сошлаш қисмида фойдаланилади.

Радиоэлектрон асбобларда сифими бир неча пФ дан бир неча минг мкФ гача бўлган конденсаторлар ишлатилади.

Конденсаторларнинг асосий параметрларига номинал сифими, электр мустаҳкамлик, температура коэффициенти (СТК) (ташқи муҳит температураси 1°C ўзгарганда, конденсатор сифимининг ўзгаришини кўрсатувчи катталиқ) ва бошқалар киради.

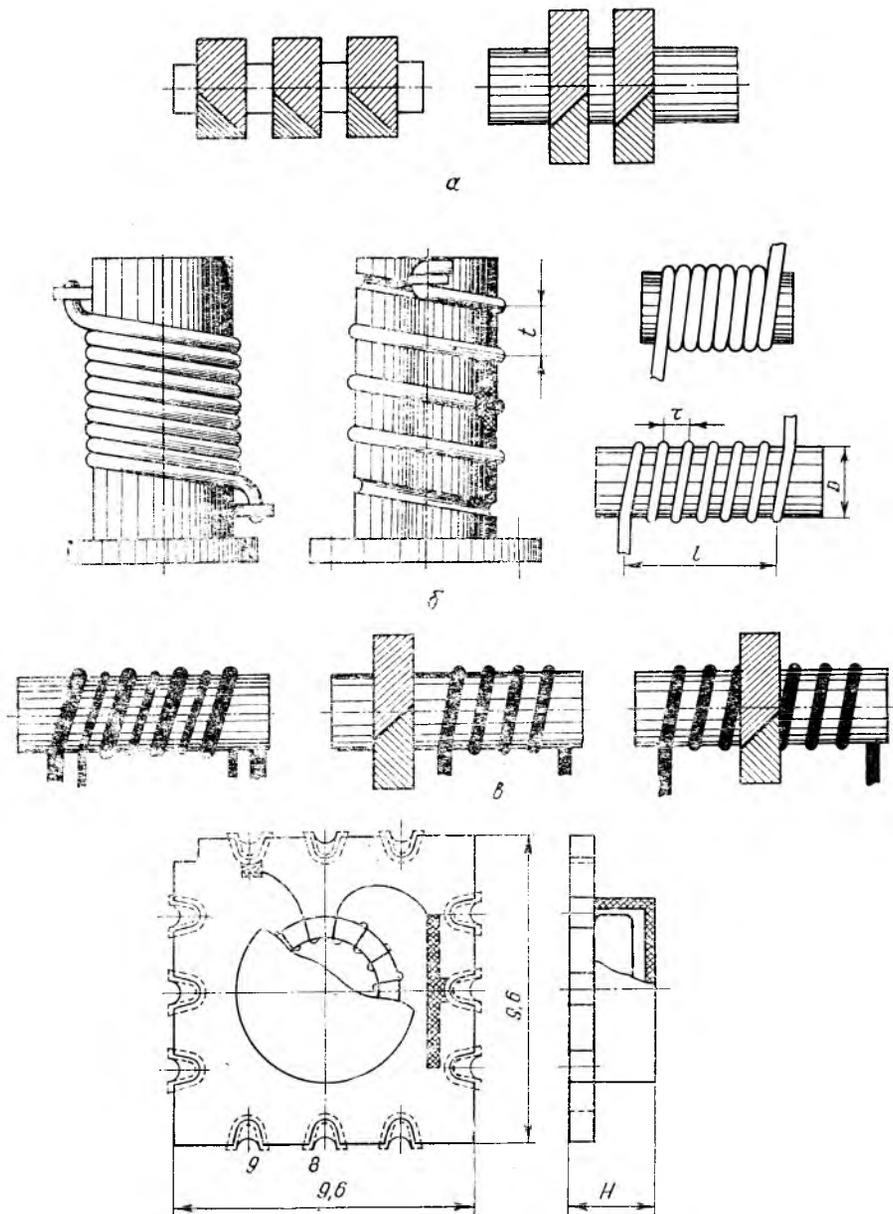
Конденсаторларнинг хиллари 2.2-расмда кўрсатилган.

Индуктив ғалтак электр энергиясини конденсатор сингари ўзида магнит майдони сифатида тўплайди ва яна электр заنجирига қайтаради. Индуктив ғалтак ўрамлари (ўтказгич — мис сим) кўпинча бир ёки бир неча қаторли қилиб бир текисликда ёки устма-уст ўралади. Улар резонансли системаларда (контурлар), паст частотали электр сигналларни текислашда (фильтр), юқори частотали радио сигналларни маълум томонга ўтказиб юбормаслик мақсадида, қисқа вақт ораллигидаги импульсларни ҳосил қилиш схемаларида, ЭҲМнинг хотирлаш блоки ва бошқаларда ишлатилади. Индуктив ғалтакнинг хиллари 2.3-расмда берилган. Индуктив ғалтаклар, кўпинча, стандарт бўлмайди ва ҳар бир берилган ҳол учун техник шартларга кўра ҳисобланади.

Турли мақсадларга мўлжалланган ғалтакларнинг конструкциялари қуйидагича: 1) юқори частотали индуктив ғалтаклар — соленоидлар, алоқа ғалтаги, вариометрлар, юқори частотали дросселлар; 2) паст частотали индуктив ғалтаклар-дросселлар ва трансформаторлар; 3) импульсли индуктив ғалтаклар-феррит ўзакли ғалтаклар; 4) микромодулли индуктив ғалтаклар.

Индуктив ғалтакнинг асосий параметрлари: индуктивликнинг номинал катталиги (L) Гн; индуктив ғалтакнинг асиллиги (Q), хусусий сифими — (C_L); индуктивликнинг температура коэффициенти (ИТК).

Индуктивликнинг температура коэффициенти ташқи муҳит температураси таъсирида унинг катталиги ўзгаришини кўрсатади. Индуктив ғалтакнинг каркаси гетинакс, текстолит, полистирол, полиэтилен ва бошқа юқори частотага чидамли бўлган диэлектриклардан тайёрланади. Уларга бир ёки кўп сонли ўрамларга эга бўлган изоляцияланган мис сим ўралади. Ғалтаклар ўзагида магнит ўтказгич бўлиб (паст частотали) улар электротехник пўлат ёки (юқори частотали) альсифер, феррит, пермаллой каби материаллардан тайёрланган бўлади. Улар ғалтакнинг ўлчамини кичрайтиради, асиллигини орттиради.



2.3- расм. Индуктив галтаклар конструкциясининг турлари:

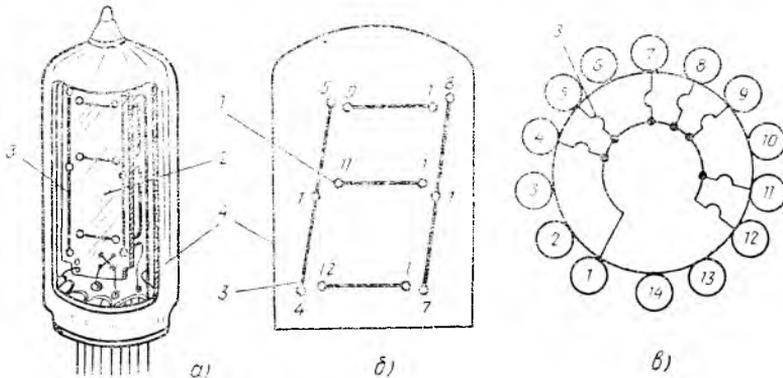
a — узун тўлқинли, *b* — қисқа тўлқинли, *e* — боғланган галтаклар, *g* — микромодулли галтаклар.

2.2-§. ИНДИКАТОР АСБОБЛАР

Индикатор асбоблар электр сигналларини нурланувчи экранда айрим белгилар, ҳарфлар, рақамлар шаклида (визуал) кўриш билан қайд қилиш учун ишлатилади. Индикаторлар ишлаш принцили бўйича қуйидаги турларга бўлинади. 1. Қиздиргичли. 2. Газ разрядли. 3. Люминесценцион. 4. Ярим ўтказгичли. 5. Суюқ кристалли.

1. **Қиздиргичли индикаторлар** ўлчов асбоблари, ҳисоблаш техникаси, ахборотни сонга айлантирувчи қурилмалар ва бошқаларда қўлланилади. Улар иш хонасининг ёритилганлиги жуда юқори бўлганда ҳам, қуёш нури экранга тушаётганда ҳам индикаторлардан фойдаланиш имконини беради. Тузилиши қиздиргич лампалари каби. Юқори разряд ҳосил қилувчи баллон ичида бир неча вольфрам қиздиргич сими тортилган бўлиб, уларнинг ҳар бири мустақил бошқарилади. Индикаторда ҳарф ёки рақам тўғри сегментга ток берилиши натижасида нурланиб кўринади. Қиздиргич индикатори еттита сегмент асосида 0—9 рақамларни ёки бир қатор ҳарфларни ёритиш имконини беради. Агар бунда ташқи рангли ёруғлик фильтрини қўлласак, унда индикаторда турли хил рангдаги ёритилишни олиш мумкин. 2.4-расмда ИВ-16 сериядаги индикаторларнинг ташқи кўриниши (а), сегментларнинг жойланиши (б) ва электр схемаси (в) кўрсатилган.

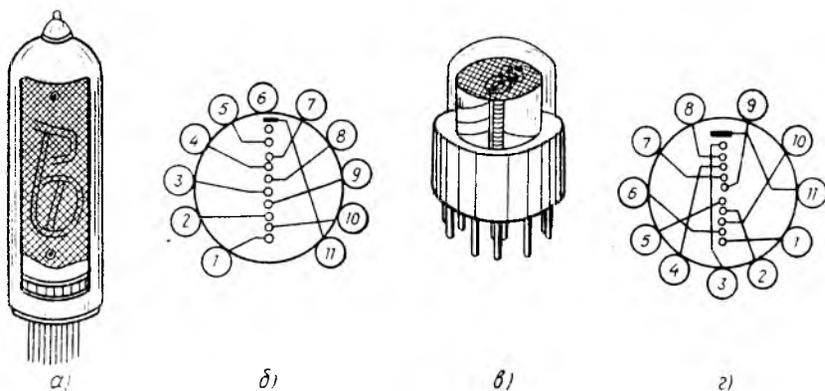
2. **Газразрядли индикаторлар** ёки мустақил бўлмаган ёй разрядли индикаторлар рақамларни кўз билан кўриш учун мўлжалланган бўлиб, рақамли ҳисоблаш асбобларида, ҳисоблаш қурилмаларида ва ҳ. к. да қўлланилади. Улар қуйидагича тузилган. Аргон қўшилган неон газга тўлдирилган шиша колба ичида рақамлар шаклида бир неча нихром симдан қилинган катод-электродлар системаси жойлаштирилган. Унинг естида турли диск шаклидаги анод жойлаштирилган. Анод ва танла-



2.4- расм. ИВ- 16 сериядаги индикатор:

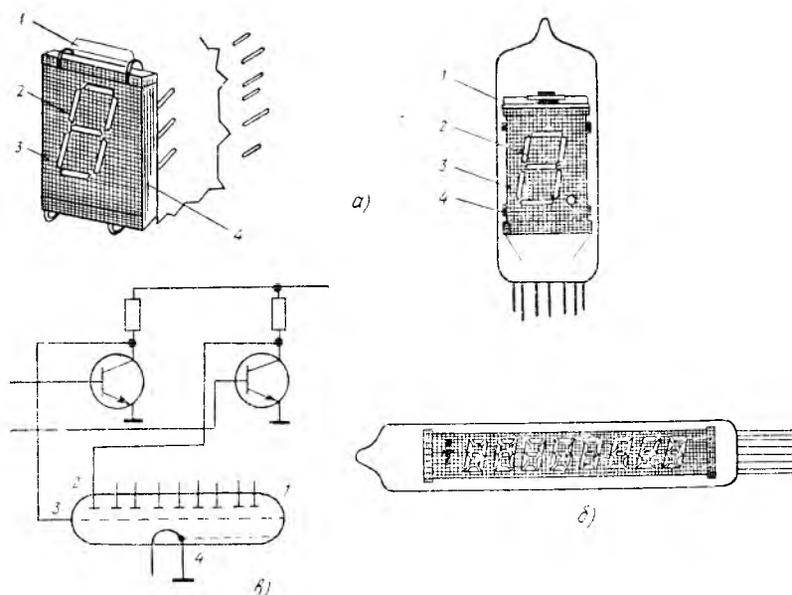
а — ташқи кўриниши, б — сегментлар жойлашиши, в — электр схемаси.

ган анод-рақам орасига кучланиш берилганда мустақил бўлмаган разряд ҳосил бўлади. Асбобда кўк рангда арабча рақам ҳосил бўлади. Бу асбоблар ён ёки олд томонида ҳарфли индикатор шаклида кўрилади. Газразряд рақамли индикаторнинг умумий кўриниши ва цоколи 2.5-расмда кўрсатилган.



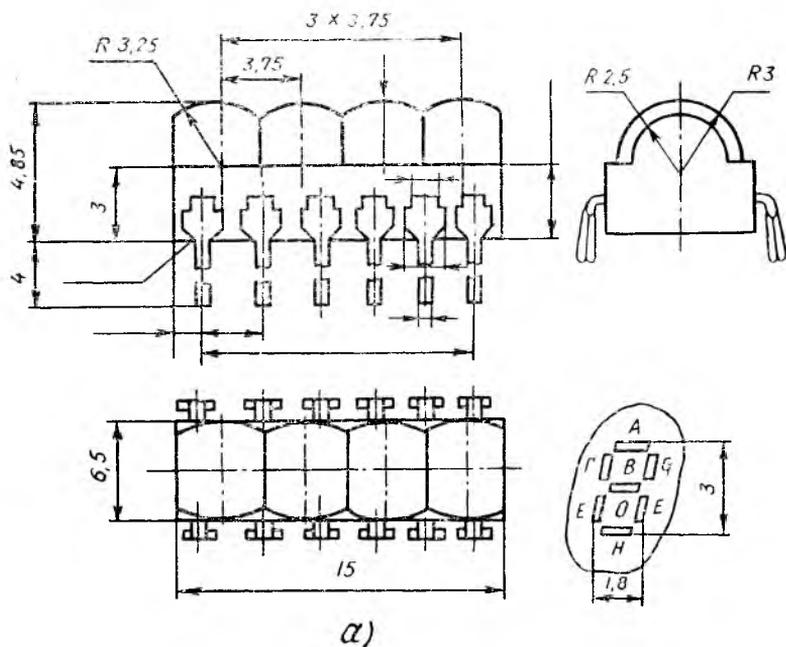
2.5-расм. Рақамли газ разряд индикаторлари:

а, в — умумий кўриниши; б, г — цоколи.

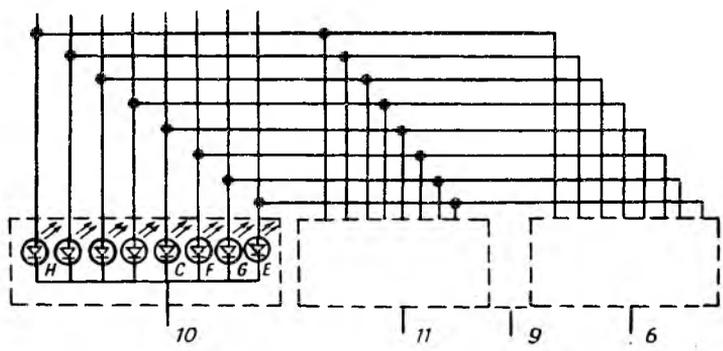


2.6-расм. Люминесцент индикаторлари:

а — бир разрядли; 1 — баллон, 2 — анод элементлари, 3 — тўр, 4 — катод; б — кўп разрядли; в — электр схемаси.



а)



б)

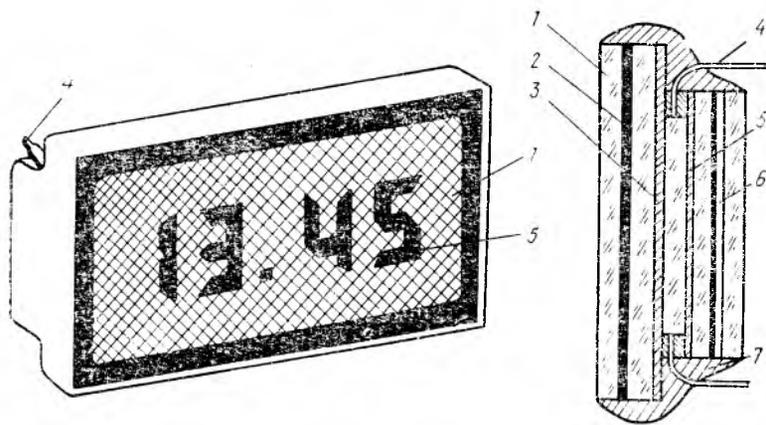
2.7- расм. Ёруғлик диод асосли кўп разрядли рақам- ҳарfli индикатор:
 а — тузилиши; б — электр схемаси

3. Люминесцент индикаторлар. Люминесцент индикатор бевосита қиздирувчи катодга, бошқарилувчи тўрға ва бир неча қатор люминофор модда қопланган турли шаклдаги анодга эга бўлган, баллон ичига жойлаштирилган электровакуум лампа. Катодни қиздириш натижасида термоэлектрон эмиссия ҳодисаси юз беради ва электронлар анод томонга ҳаракатланади. Анод

ва катод орасига жойлаштирилган бошқарувчи тўр ўз майдонини таъсирида электронларни «шаффоф» тўр орқали анод томонга тезлаштириб ҳаракатлантиради. Ҳарф, рақам ва белги шаклидаги мусбат потенциалга эга бўлган анодга электронлар келиб урилиб, уни люминесценциялайди. Вакуумли люминесцент индикаторлар жуда паст анод кучланишида ишлагани учун, уларни ярим ўтказгичли асбоблар — транзисторлар, тиристорлар ва микросхемалар ёрдамида бошқариш имконини беради. 2.6-расмда бир разрядли ва кўпразрядли индикаторлар кўрсатилган.

4. Ярим ўтказгичли индикатор. Ярим ўтказгичли индикаторга ёруғлик диоди кирилади. Яна шуни айтиш керакки, матрица шаклидаги нуқтавий диод — кўп разрядли рақам-ҳарфли ярим ўтказгичли индикаторларнинг келажаги порлоқ. Масалан: «АЛС340А» рақамли индикатор 36 нуқтавий диодга эга. Матрицали индикаторлар ҳамма ҳарф ва рақамларни ифодалайди. Шунинг учун бу асосда югурувчи қатор ҳарф-рақамли дисплейни яратиш мумкин. 2.7-расмда матрица ҳолидаги ярим ўтказгичли индикатор кўрсатилган.

5. Суюқ кристалли индикатор (СКИ) бошқа индикаторлардан фарқли равишда хусусий ёруғлик сочмасдан, балки ташқи манбадан тушаётган ёруғликни ўтказиб юборади. СКИ иккита пластинкадан иборат бўлиб, уларга юпқа ток ўтказувчи тиниқ жисм (масалан рух оксиди) суркалган. Сегмент шаклида тайёрланган бу электрод қатламларга чиқиқлар маҳкамланган. Иккита пластинка бирлаштирилиб, улар орасига суяқ кристалл қўйилган. Бу кристалл динамик сочилиш эффектига эга. Сочилиш эффекти таъсирида синдириш коэффициенти ўзгариб, нор-



2.8- расм. Суяқ кристалли индикатор:

1 — шиша пластинка; 2 — кутбли пластинка; 3 — умумий электрод; 4 — чиқиқлар; 5 — Суяқ кристалл» модда; 6 — қайтарувчи қоплам; 7 — герметиклаш

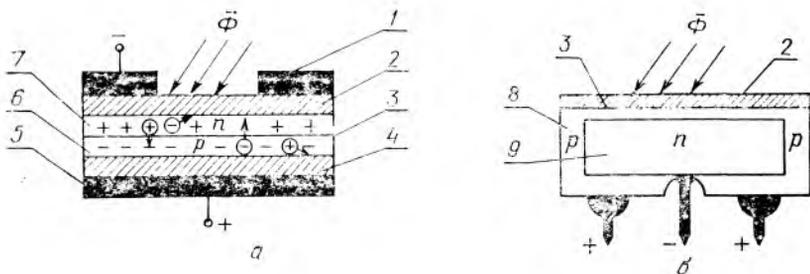
мал ҳолатдаги шаффеф бўлмаган суyoқлик электродларга кучланиш бериш натижасида ёруғликни ўтказиш бошлайди. Рақам тасвирини ҳосил қилиш учун индикатор электродларига батареядан паст кучланиш бериш кифоя. Бу индикаторда қорароқ ҳарфлар ташиқи ёруғлик таъсирида ёруғроқ, тиниқроқ кўринади. Саноатда сегмент тииндаги 23 белгили СКИ ишлаб чиқарилмоқда. Улар кучланишли манбадан кам қувват истеъмоқ қилади ва ҳисоблаш техникасида, микрокалькуляторларда, электрон соатларда ишлатилади. Рақамли сегментнинг умумий кўриниши 2.8-расмда кўрсатилган.

2.3-§. ФОТОЭЛЕКТРИК АСБОБЛАР

Нур энергиясини электр энергиясига ўзгартириб берадиган ярим ўтказгичли асбобга фотоэлектрик асбоб деб аталади. Фотоэлектрик асбобларнинг ишлаш принципи ярим ўтказгичли материалларда ёруғликнинг ютилиши натижасида юзага келадиган физик ҳодисаларга асосланади. Масалан, маълум шароитларда ярим ўтказгичда ёруғлик ютилиши натижасида қўшимча заряд ташувчиларнинг ҳосил бўлиши кристаллнинг электр ўтказувчанлигини ўзгартириши мумкин (фоторезестив эффект). Электрон ўтишларга эга бўлган турли соҳалар орасида электр юритувчи куч юзага келиши мумкин (фотогальваник эффект). Техникада кенг фойдаланилаётган фото электрик ярим ўтказгичли асбобларнинг тузилиши ва ишлаш принципи билан танишиб чиқамиз.

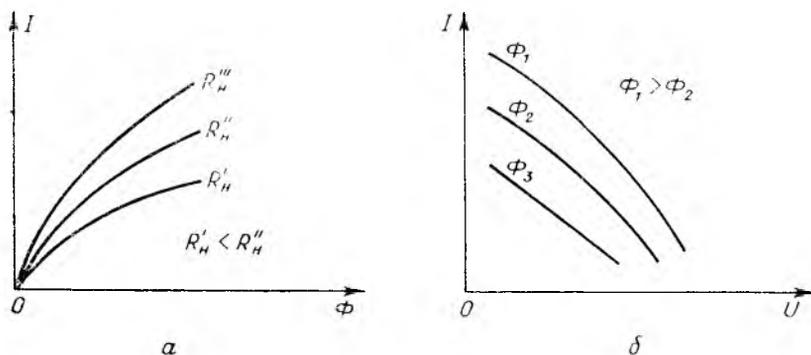
Фотоэлемент ёруғлик энергиясини бевосита электр энергиясига ўзгартириб беради ва улардан радиозанжирларни таъминлаш учун Э. Ю. К. манбаи сифатида фойдаланилади. Уларнинг ишлаш принципи «*p*» ва «*n*» соҳали ярим ўтказгичларни ёруғлик оқими билан ёритилганда, соҳалар орасида фото ЭЮКни юзага келтирувчи физик ҳодисаларга асосланган. Селенли ва кремнийли фотоэлементларнинг тузилиши 2.9-расмда кўрсатилган. Селенли фотоэлементи тайёрлаш учун металл пластиинкага вакуумда термик буглатиш усули билан юпқа селен қатлами «*p*» ($P-Se$) ҳосил қилинади ва $200^{\circ}C$ температурагача қиздирилади. Сўнгра селен қатлами устига юпқа кадмий (Cd), галлий (Ga) ёки индий (In) пардаси сочилади. Бундан кейинги термик ишловлар натижасида Se кристалл юзида «*n*» ўтказувчанликка эга бўлган юпқа ($50 \mu m$ атрофида) селен қатлами ҳосил бўлади. Ҳосил бўлган селен ва «*p*» — Se чегарасида электрон тешикли «*n-p*» ўтиш юзага келади.

Ҳозир кўп тарқалган кремнийли фотоэлементларнинг асоси бўлиб «*n*» типли, 1 мм қалинликдаги кремний (Si) пластинкаси олинади. Унинг юзасига диффузия йўли билан бор (B) ёки алюминий (Al) $0,4...1 \mu m$ қалинликда «*p-Si*» юпқа қатлам ҳосил қилинади. «*n*» ва Si қатламларнинг бирлашиши чегарасида «*n-p*» — ўтиш юзага келади. Контактлар вакуумда титан со-



2.9- расм. Фотоэлементлар:

a — селенли, *b* — кремнийли; 1 — контакт ҳалқа, 2 — ярим шаффоф металл қатлами, 3 — *n* — *p*- ўтиш, 4 — металл, 5 — ясси контакт; 6 — *p* — *e*- қағлам, 7 — *n* — *e*- қатлам, 8 — *p* — *e*- қатлам, 9 — *n* — *e*- қатлам.



2.10- расм. Ярим ўтказгичли фотоэлементнинг ёруғлик (а) ва вольт-ампер (б) тавсифи

чиб, ҳосил қилади ва юпқа кумуш парда билан муҳсфаза қилиб қўйилади. Чанглашиб сочилган металлнинг ўта юпқа пардаси ярим шаффофдир. Пластинканинг орқа томонида чуқурча ўйиллиб, унда «*n*» Si пластинкасига бирлаштирилган контакт жойлаштирилади.

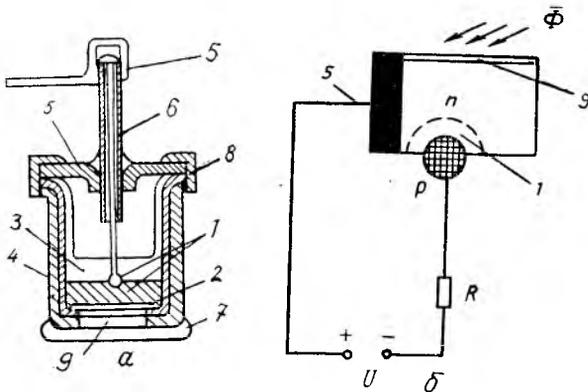
Фото ЭЮК нинг юзага келиш механизми қуйидагича: ўта сезгир ярим ўтказгич материалнинг «*n*—*p*» соҳаларида ёруғлик таъсири натижасида, кристалл «*n*—*p*» ўтиши атрофида электр майдон ҳосил қилувчи «электрон-тешик» жуфти юзага келади. Бу жуфтлар иссиқлик ҳаракатида иштирок этиб, турли йўналишларда, шу жумладан «*n*—*p*» ўтиш йўналишида ҳам ҳаракатланади. Электрон «*n*» зонадан «*p*» зонага потенциаллар тўсиғи юзага келганлиги туфайли ўта олмайди. Тешик эса, контакт электр майдон ҳосил қилган тўсиқдан осонгина ўтади. Аксинча, «*p*» зонадаги электронлар потенциал тўсиқдан осон ўтади, тешиклар эса ўта олмайди. Шундай қилиб, «*n*—*p*» ўтиш ёруғлик таъсирида унга диффузияланаётган ток ташувчиларни ажратади. Бу ажратиш жараёни электр мувозанати ўрнатилмагунга қадар давом этади, яъни «*n*» зонадаги электронлар ва

«р» зонадаги тешикларнинг ортиқча миқдори кристалл ичида, контакт юзадаги майдонга қарши йўналишда электр майдон ҳосил қилмагунча давом этаверади. Заряд ташувчиларни ажратиш жараёни натижасида юқориги контакт мащфий ва пастки контакт мусбат зарядланиб, потенциаллар фарқи ёки фото ЭЮК ҳосил бўлади. Фотоэлементнинг ВАХ ва ёруғлик харак-теристикалари 2.10- расмда берилган.

Фотоэлементларнинг асосий параметрлари: интеграл сезгирлик $S_{\text{и}} = f(I_{\text{ф}} \cdot \Phi) S$ (унинг қиймати 700 мкА/лм дан ортмайди). Фото ЭЮК $E_{\text{ф/э}}$ (унинг миқдори 0,6 В атрофида бўлади); сезгирликнинг чегаравий частотаси $f_{\text{ч.г}}$ (қиймати бир неча юз Гц дан ортмайди); ФИК, кремнийли қуёш батареяларнинг фойдали иш коэффициенти 13 ... 19% атрофида бўлади.

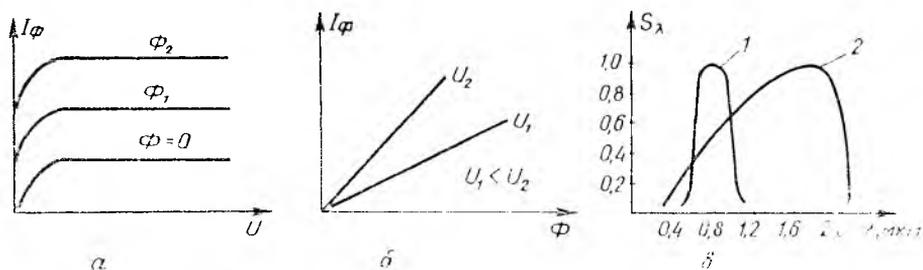
Фотодиодлар. Ярим ўтказгичли фотодиодларда унга туша-ётган ёруғлик оқими таъсирида тескари силжитилган «n—p» ўтиш орқали фотооқим ҳосил қилувчи ҳаракатчан заряд ташув-чилар юзага келади. Фотодиод занжири ва унинг тузилиши 2.11- расмда кўрсатилган. Ёруғлик оқими бўлмаганда тескари кучланиш таъсирида фотодиод орқали асосий бўлмаган заряд ташувчилар ҳаракати туфайли тескари ток оқиб ўтади. Агар фотодиод ёритилса, унинг базасида («n— германий пластинка-си»), айниқса базанинг ташқи юзида жадал равишда «электрон тешик» жуфти зарядларининг генерация жараёни кескин ри-вожланади. Янги ҳосил бўлган заряд ташувчилар базанинг бутун қалинлиги орқали «n—p» ўтишга диффузияланади. Те-шиклар контакт майдонига эргашиб, «р» соҳага ўтади ва катта миқдорли тескари ток ҳосил қилади.

Фотоқаршилиқлар. Фотоқаршилиқларнинг ички электр қар-шилиги ёруғлик таъсирида ўзгаради. Уларни тайёрлаш техно-логияси қуйидагича: диэлектрик тагликка буғлатиш (чагла-тиш) усули билан ёруғлик сезгир ярим ўтказгичли материал,



2.11- расм. Фотодиод:

а — тузилиши, б — улаиш схемаси; 1 — германий кристалли, 2 — кристалл тугтич, 3 — конус, 4 — ҳалқа, 5 — чиқиқлар, 6 — металл трубка, 7 — шиша изолятор, 8 — қалай ҳалқа, 9 — туйнук.



2.12- расм. Ярим ўтказгичли диоднинг вольт-ампер (а), ёруғлик (б), спектрал таъсирлари: 1 — кремнийли, 2 — германийли асослар учун.

масалан, карбит-кремний, сульфид кремний, олтингугуртли кўрғошин ва бошқалар қатлам-қатлам қилиб чаңлатиб сочилади. Чаңлатиб сочилган пластинка пластмасса, эбонит ёки бошқа материаллардан дарчали қилиб тайёрланган тутғич ичига жойлаштирилади. Электродлар маълум усул билан чиқиқларга уланади. 2.12-расмда фотоқаршиликларнинг схемаси ва унинг асосий характеристикалари вольт-ампер, ёруғлик ва спектрал характеристикалари берилган.

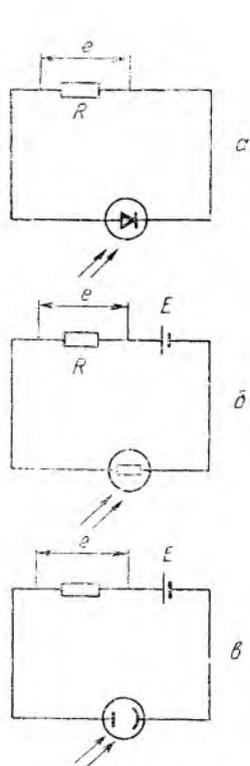
2.4-§. ОПТОЭЛЕКТРОН АСБОБЛАР

Бу асбоблар электр сигналларини оптик (ёруғлик) сигналга айлантиради ва нур энергиясини индикаторларга (фотоприёмникка) узатади. Ёруғлик тарқатувчи диодлар ёруғлик оқимининг тўлқин диапазонини аниқловчи арсенид-галий, арсенид-фосфид ва бошқа таркибли қўшимчалар асосида тайёрланади. Фотоприёмниклар кремний, сурьма-цезий ва бошқа ёруғликни сезувчи ярим ўтказгич моддалар асосида тайёрланади. Ҳозирги пайтда энг кўп тарқалган оптоэлектрон асбоблардан бири оптрон жуфтидир. Оптрон жуфтининг қурилмаси 2.13-расмда кўрсатилган. Электрон асбобларда оптронлар оптик алоқа элементи вазифасини бажаради ҳамда асбоб заنجирларида гальваник ажратувчи бўлиб хизмат қилади. Бу эса улар орасидаги фойдасиз тескари алоқани йўқотади.

Фотоприёмниклар ишлатилишига кўра фоторезисторли, фототранзисторли, фотодиодли, фототиристорли, оптрон жуфтли, оптоэлектронли ва интеграл микросхемали оптронларга бўлинади (2.14-расм).

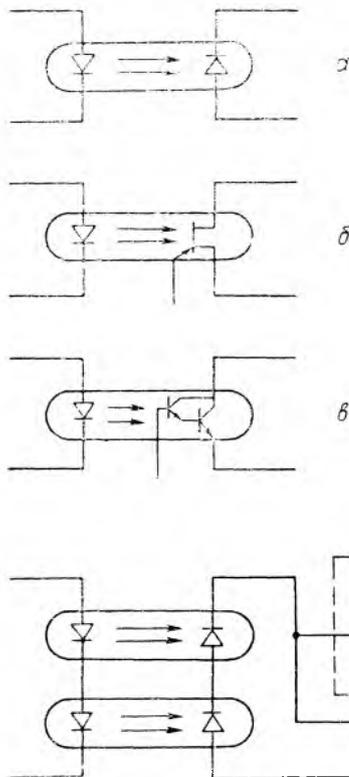
Шуни ҳисобга олиш керакки оптоэлектрон қурилмаларни тайёрлашда манба ва нурланиш приёмнигини агрессив ва портловчи зоналардан тола-оптикаси ёрдамида бир неча ўн метргача узоқлаштириш мумкин.

Оптоэлектрон асбобларнинг асосий параметрлари: ток узатиш коэффициентини K , ўчиш вақти $t_{\text{ўчиш}}$, чегара частотаси $f_{\text{чег}}$, қаршилик R_c ва сизими C_c алоқаси.



2.13- рәсм. Оптрон үзгәртгичләр:

a — фотодиодли, *б* — фоторезисторли, *в* — фотоэлемент базиснда.

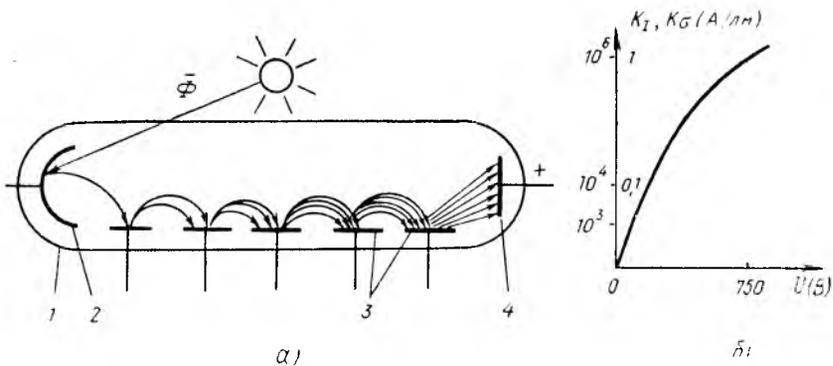


2.14- рәсм. Оттронлар:

a — диод-диодли, *б* — диод-транзисторли, *в* — диод-транзистор асосли, *г* — диод жуфтли гибрид микросхемали.

2.5- §. ФОТОЭЛЕКТРОН КҰПАЙТИРГИЧ

Электрон кұпайтиргичларнинг тузилиши схематик равишда 2.15-рәсмда берилган. У вакуум ҳосил қилинган колба, фотокатод: бир неча диод ва аноддан иборат бўлиб, динодларнинг кучланиши $U_{д1} < U_{д2} < U_{д3} < \dots < U_{дn}$ бўлади. Фотокатод (*K*) ёруклик оқими (Φ) билан ёритилганда катоддаги электронлар эмиттерланади ва электр майдони таъсирида биринчи динод (D_1) га томон ҳаракатланади. Динодлар юзасига иккиламчи эмиссия коэффициенти σ нинг $6 \dots 10$ қийматда бўлишини таъминловчи мураккаб қоплама (парда) суртилган бўлади. Электронлар етарли катта тезлик билан биринчи динодга урилиб, унинг юзасидан σ марта кўп иккиламчи электронларни уриб чиқаради ва юқори погенциалли иккинчи динод (D_2) да электростатик усул билан фокусланади. Иккинчи диноддан электронлар эмиттерланади ва ҳ.к. Фотокұпайтргич аноди (σ^n) га катоддан эмиттерланаётган электронларга нисбатан n марта кўп электронлар оқими келади (даражадаги n динодлар сонини билдиради).



2.15- расм. Фотозлектрон кўпайтиргичнинг ишлаш принципи (а) ва интеграл тавсифи (б):

1 — колба, 2 — фотокатод, 3 — динодлар, 4 — анод.

Агар $\sigma = 10$ бўлиб, кучайтириш даражаси (динодлар сони) $n = 10$ бўлса, битта асбобда сигнални бир неча миллион марта кучайтириш мумкин бўлар экан.

Фотокўпайтиргичларнинг асосий параметрлари: фотокўпайтиргичлар сезгирлиги (K), унинг катталиги $10 \dots 100$ мкА/лм гача боради; ток бўйича кучайтириш коэффиценти (K_i) 10^6 атрофида бўлади; интеграл сезгирлик (K_G), 1 дан 100А лм гача бўлиши мумкин.

3-б о б. РАДИОТЕХНИК СИГНАЛЛАРНИ ЎЗГАРТИРИШ

3.1-§. НОЧИЗИҚЛИ ЗАНЖИРЛАР ТОМОНИДАН СИГНАЛЛАРНИНГ СПЕКТРЛАРИНИ ЎЗГАРТИРИШ НАЗАРИЯСИ

Катталиклари сезиларли даражада ток ва кучланиш миқдорига боғлиқ бўлган радиозанжир элементлари *ночизикли занжир* дейилади. Уларнинг ҳаммаси занжирнинг ўзгарувчи миқдорларида аниқ катталикларга эга бўлмаган аниқ элементларнинг катта синфини ташкил этади. Ночизикли элементлар хусусиятини миқдорий жиҳатдан тавсифлаш учун тажрибаларда аниқланадиган график боғланишлар берилди.

Радиоқурилмаларни кўп тугунларининг иши чизикли занжирларда оддий усул билан олиш мумкин бўлмаган, ночизикли элементларда рўй бераётган жараёнларга асосланади. Радиолампалар, транзисторлар, ярим ўтказгичли диодлар резисторли занжирларнинг актив ночизикли элементлари ҳисобланади: трансформаторлар, индуктивлик ғалтаклари, варикаплар, варикондлар ва шунга ўхшашлар эса реактив ночизикли элементларга киради. Кириш радиосигнали спектрини ўзгартириш ночизикли занжирларнинг энг муҳим хусусиятларидан биридир. Турли частотали бир неча синусоидалар йигиндисидан иборат бўлган гармоник ёки даврий (импульсли) сигнал бундай

занжир киришига таъсир этганда шу занжир тармоғидаги ток ва кучланиш, кириш сигнали гармоникасидан ташқари, ўзида бўлмаган янги гармоникага эга бўлади. Ночизиқли занжирнинг берилган кириш сигнаliga бўлган реакциясини аналитик усулда аниқлаш устида тўхталиб ўтамиз. Айтмайлик, nochизиқли резисторли занжирнинг кириш характеристикаси учинчи даражали тенглама кўринишига эга бўлсин;

$$i = A_0 + A_1 U + A_2 U^2 + A_3 U^3; \quad (1)$$

бу ерда: A_0, A_1, A_2, A_3 — мутаносиблик коэффициентлари доимийлари.

Бу занжир киришига

$$u = U_m \cdot \cos(\omega t + \varphi) \quad (2)$$

кўринишидаги гармоник сигнал таъсир этади. Функция (2) ни даражага кўтарамиз ва натижалар йиғиндисини (1) ифодага биноан оламиз:

$$\begin{aligned} u^2 &= [U_m \cdot \cos(\omega t + \varphi)]^2 = U_m^2 \cos^2(\omega t + \varphi) = \frac{U_m^2}{2} + \frac{U_m^2}{2} \cos 2(\omega t + \varphi); \\ u^3 &= [U_m \cdot \cos(\omega t + \varphi)]^3 = \frac{3U_m}{4} \cos(\omega t + \varphi) + \frac{u^3}{4} \cos 3(\omega t + \varphi); \\ i &= A_0 + A_1 U_m \cos(\omega t + \varphi) + A_2 \frac{U_m^2}{2} + A_2 \frac{U_m^2}{2} \cos 2(\omega t + \varphi) + \\ &+ \frac{3A_3 U_m^3}{4} \cos(\omega t + \varphi) + \frac{A_3 U_m^3}{4} \cos 3(\omega t + \varphi) = B_0 + B_1 \cos(\omega t + \varphi) + \\ &+ B_2 \cos 2(\omega t + \varphi) + B_3 \cos 3(\omega t + \varphi). \end{aligned}$$

Бу ифодадан сигнал nochизиқли занжир орқали ўтиб, бир неча ташкил этувчилар йиғиндисидан иборат бўлиб қолганлиги кўринади, шу жумладан у B_0 ўзгармас ташкил {этувчига, $B_1 \cos(\omega t + \varphi)$ сигнал частотаси ташкил этувчисига ва юқори тартибли частота ташкил этувчиларига ҳам эга.

Тажриба шуни кўрсатадики, агар «к» даражали гармоник функция олинса, унга каррали частоталар гармоник функциялари йиғиндисини кўринишидаги nochизиқли бўлган занжир таъсири тўғри келади. Бунда агар занжирнинг кириш характеристикаси жуфт даражали тригонометрик полином кўринишига эга бўлса, унга нолинчи қўшилган жуфт гармоник ташкил этувчилар йиғиндисини тўғри келади. Бунда энг катта частота катта даражали полином характеристикаси билан аниқланади.

Баён этилганлардан қуйидаги хулосаларга келиш мумкин:

1. Агар nochизиқли элементга эга бўлган занжирдан синусоидал сигнал ўтказилса, унинг чиқишида юқори гармоника ва спектрал таркибинини ўз ичига олган, бузилган шаклни оламиз.

2. Агар бундай занжир киришига иккита ёки ундан кўпроқ синусоидал тебранишлар йиғиндисидан иборат бўлган сигнал берилса, чиқишда у билан биргаликда кириш тебранишлари

частоталарининг йиғинди ва айирмасига параллел бўлган аралаш частотали тебранишлар тўплами олинади.

3. Кириш сигналига ночизиқли бўлган занжир таъсирини куйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$i = I_0 + \sum_{k=1}^m I_{km} \cdot \cos \cdot k(2\pi f_k + \varphi_k).$$

4. Чиқиш сигнали амплитудаси кириш сигнали амплитудасига мутаносиб эмас.

5. Бундай занжирларда частоталари киришга берилган синусонал сигнал частоталаридан бутун сон марта кам бўлган. Паст тартибли тебранишлар (субгармоник тебранишлар) ўрнатилиши мумкин. Ночизиқли занжир томонидан тебраниш спектрларининг бундай ўзгартирилиши радиотехникада кенг қўлланилади.

Радиотехник қурилмаларининг ночизиқли элементларининг асосий функциялари тебранишларнинг шакли ва частоталарини ўзгартириш билан боғлиқ. Радиотехник схемаларда асосий ночизиқли ўзгартиришлар — модуляция, детекторлаш, частоталарни ўзгартириш, частоталарни кўпайтириш ва сигналларни чегаралаш масалаларини кўриб чиқамиз.

3.2. §. МОДУЛЯЦИЯ

Радиотўлқинлар таркибда фойдали ахборот сигналининг узатилиши узатилувчи ахборотнинг сўнмас юқори частотали ток тебранишларида акс этилиши талаб этади. Бирламчи фойдали ахборотнинг бошқарув сигналлари ёрдамида юқори частотали ток билан бошқариладиган жараён *модуляция* деб аталади. Модуляциялаш учун юқори частотали тебранишлар катталикларидан бирини фойдали ахборот сигнали бўйича ўзгартириш лозим. Маълумки, генератор ишлаб чиқараётган юқори частотали ток учта асосий параметрга — амплитуда, частота ва тебранишлар фазасига эга:

$$i_A = I_A \cos (2\pi ft + \varphi),$$

бу ерда I_A — ток амплитудаси, (А); $\omega = 2\pi f$ — тебранишлар частотаси, Гц; φ — уларнинг фазаси.

Модуляция юқори частотали токнинг ё амплитудаси ёки частотаси ёхуд фазаси ўзгариши билан ҳосил қилинади. Шунга биноан амплитудаси, частотали ва фазали модуляция бўлади.

1. Амплитудали модуляция

Амплитудали модуляцияда юқори частотали ток амплитудаси бошқарувчи сигнал (фойдали ахборот сигнали) бўйича ўзгаради.

Амплитуда модуляциясининг оддий ҳодисаси унинг частотаси

битта овоз частотаси (бир тонлик тебранишларни узатиш ҳодисаси) билан модуляцияланиши ҳисобланади. Шу ҳолни кўриб чиқамиз.

Айтайлик, юқори частотали генератор ишлаб чиқаётган тебранишлар қуйидаги қонун бўйича ўзгарсин:

$$i_r = I_r \cdot \cos 2\pi ft$$

Улар $i_{\text{овоз}} = I_{\text{овоз}} \cdot \cos 2\pi Ft$ овоз частотаси билан модуляцияланади. Тавсифга биноан, модуляцияланган ток тенгнамаси қуйидагича ифодаланади:

$$i_m = I_m \cdot \cos 2\pi ft = (I_r + \Delta I_{\text{max}} \cdot \cos 2\pi Ft) \cdot \cos 2\pi ft, \quad (4)$$

бу ерда I_m — модуляцияланган ток амплитудаси; I_r — модуляциягача бўлган ток амплитудаси, ΔI_{max} — модуляциядаги ток амплитудасининг максимал ўзгариши; f — юқори частота; F — модуляция частотаси. Тенглама (4) ни ўзгартириш қуйидагини беради:

$$i_m = I_r \cos 2\pi ft + \frac{\Delta I}{2} \cdot I_r \cos 2\pi(f_1 + F)t + \frac{1}{2} m I_r \cos 2\pi(f - F)t \quad (5)$$

бу ерда $m = \frac{\Delta I_{\text{max}}}{I_r}$ модуляция чуқурлиги коэффициенти дейилади (3.1-рasm, a).

Тенглама (5) дан модуляцияланган тебранишлар I_r ва $\frac{m}{2} \cdot I_r$ ҳамда амплитудалар ва f , $f + F$, $f - F$ частоталар билан тавсифланувчи учта сўнмас тебранишларнинг ташкил этувчиларидан иборат эканлиги кўринади.

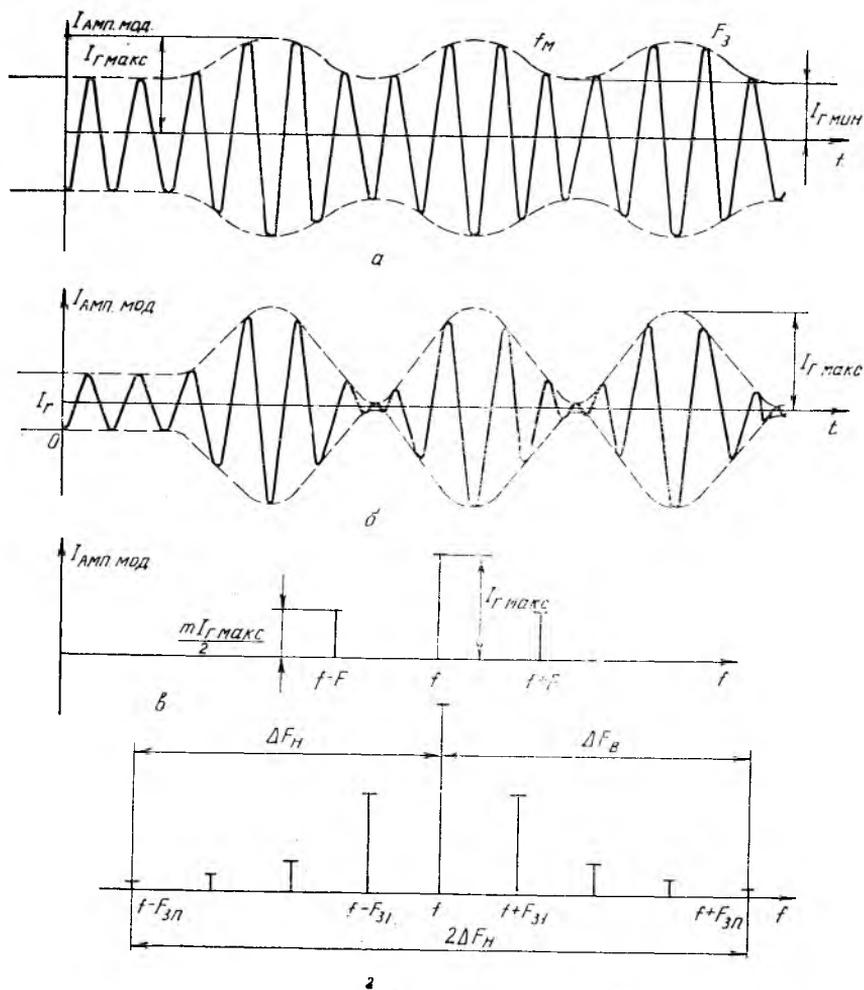
Тенглама (5) нинг биринчи қўшилувчиси ташувчи частотанинг сўнмас тебранишларини ифодалайди, иккинчи ва учинчи қўшилувчилар эса ташувчилардан $\pm F$ герцга фарқланувчи ён частоталар тебранишидир. $f + F$ ва $f - F$ — юқorigи ва пастки ён частоталар дейилади. Кўриб ўтилган амплитудали модуляцияланган тебранишларнинг частотали спектр ва вақт диаграммалари 3.1-рasm, б да тасвирланган.

Модуляция коэффициенти « m » ни график йўл билан, модуляцияланган токнинг вақт диаграммасидан фойдаланиб, қуйидаги муносабатдан топиш мумкин (3.1-рasm, б);

$$m = \frac{I_{r\text{max}} - I_{r\text{min}}}{I_{r\text{max}} + I_{r\text{min}}} \cdot 100\%.$$

Модуляция чуқурлиги коэффициенти миқдори қанча катта бўлса, қабул қилиш томонидаги ток кучи ҳам шунча катта бўлади. Аммо бу миқдор 1 (100 фоиз модуляция)дан катта бўлиши мумкин эмас, чунки бунда кучли бузилишлар (ўта модуляция) пайдо бўлади. Амалда $m = 0,4 \dots 0,6$ олинади.

Биз битта частота билан бўлган модуляцияни кўрдик. Аниқ шариоитларда бошқарувчи сигнал умумий ҳолда катта сонли (F_0, F_1, F_2, F_n) турли гармоник частоталарни ўз ичига олиши мумкин. Ҳар бир гармоникага ён частоталар тўғри келгани учун модуляцияланган тебранишлар турли частоталар спектри жойлаштирилган ΔF_n —



3.1- расм. Амплитуда модуляцияланган тебранишларнинг графиклари:

а — кичик « m »; б — катта « m », в, г — тебранишлар спектори

пастки ва $\Delta F_{ю}$ юқориги иккита полоса частоталарига эга бўлади (3.1-расм, г).

Радиостанцияларнинг ўзаро бир-бирини тўсиб қолишига йўл қўймаслик мақсадида радиочастота диапазонидagi станция ташувчи частоталар оралиғидagi интервални радиоэшиттириш учун 10 кГц, телевидение учун 6,5 мГц ва алоқа хизмати учун 5000 . . . 6000 Гц ни ташкил этурчи канал кенлигидан бир оз каттароқ танлаш зарур бўлади.

Сигнал амплитудали—модуланган энергетик муносабатлар устида тўхтаб ўтамиз. Узатувчи антеннадаги сигнал қувватини антенна токи ва қаршилиги орқали ифодалаш мумкин:

$$P_A = I_A^2 \cdot R_A,$$

бу ерда I_A — антеннадаги модуляцияланган токнинг таъсир қиймати; R_A — унинг актив қаршилиги.

Мураккаб шакли токнинг таъсир қиймати унинг ташкил этувчиларининг таъсир қийматлари квадратларининг йиғиндисидан иборат бўлган квадрат илдизга тенг. Агар биз кўраётган ҳолда токнинг учта ташкил этувчиси бўлса, қуйидагига эга бўламиз:

$$P_A = \left[\left(\frac{I_r}{\sqrt{2}} \right)^2 + \left(\frac{m}{2} \frac{I_r}{\sqrt{2}} \right)^2 + \left(\frac{m}{2} \frac{I_r}{\sqrt{2}} \right)^2 \right] R_A = \frac{I_r}{2} R_A + \frac{m^2}{8} I_r \cdot R_A + \frac{m^2}{8} I_r \cdot R_A.$$

Модуляция жараёни ташувчи тебранишлар қувватига ҳар бир модуляция коэффициентига боғлиқ бўлган ва ташувчи тебранишларнинг $\frac{m^2}{4}$ қувватини ташкил этган икки ён қувватлар қўшилиши олинган ифодадан кўришиб турибди. Ён тебранишлар қуввати юз фоиз модуляцияда ташувчи тебранишлар қувватининг ярмига тенг бўлади. Уларнинг қуввати фойдали ахборот қувватидан иборат. Бу ҳол модуляторлар сифатида фойдаланиладиган кучайтиргичлар қувватини орттиришга мажбур этади. Қатор ҳолларда алоқа линияларидаги қувватни тежаш учун (радиопередатчикларни, радиотарқатгичларни) фақат ён частоталар тебранишларини нурлантирадиган қилиб лойиҳаланади. Бу эса қувватнинг оз сарфланишида, узатиш нуқта-сидан қабул қилиш нуқтасигача бўлган масофани орттиришга имкон беради. Аммо оммавий радиоэшиттиришда бундай қилиб бўлмайди, чунки унда фақат ён частоталарни қабул қилиш имконига эга бўлмаган исталган приёмниклардан фойдаланиш эҳтимоли бўлади.

2. Частотали ва фазали модуляция

Фойдали ахборот сигнали ёрдамида частотали модуляцияда (ЧМ) юқори частотали тебранишларнинг ташувчи частоталари, фазали модуляция (ФМ) да эса уларнинг бошланғич фазалари бошқарилади. Шакли жиҳатидан бу икки модуляциянинг кўриниши бир-бири билан мос тушади, чунки частотанинг ҳар қандай ўзгариши фазанинг ҳам ўзгаришига олиб келади ва аксинча. Улар орасидаги фарқ модуляция индексларининг боғлиқлигидан иборат. Частотали модуляцияда m_f индекс бошқариш сигнали амплитудаси ва частотасига боғлиқ, фаза модуляцияда эса m_ϕ фақат амплитудага боғлиқ бўлади.

Бу ҳолларда модуляцияланган ток тенгламаси қуйидагича бўлади:

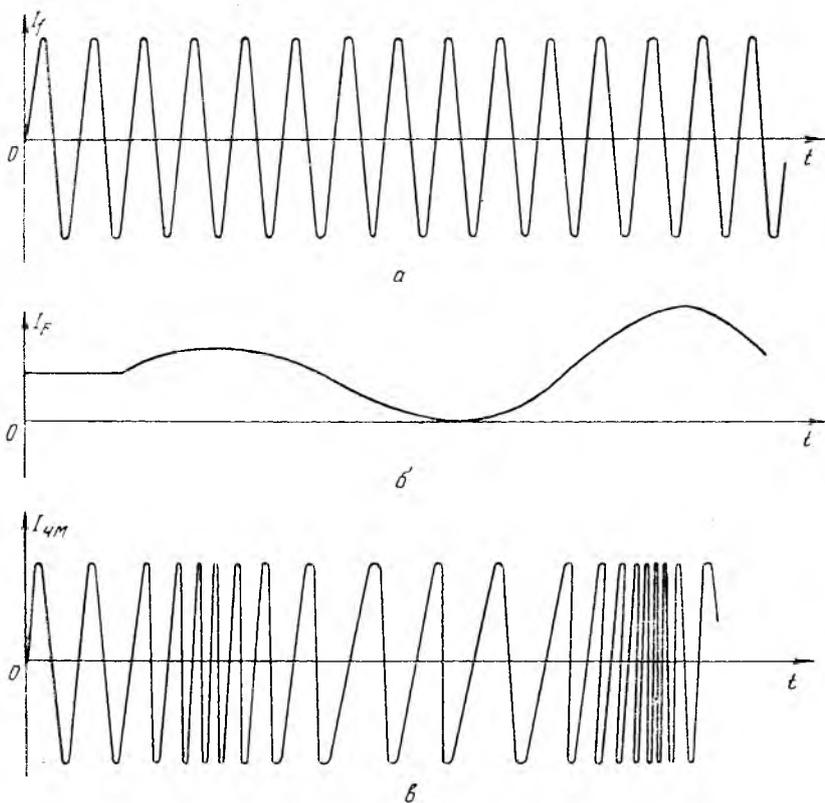
$$i_{\text{ЧМ}} = J_{\text{ЧМ}} \cdot \sin(2\pi f t \pm m_f \cdot \cos 2\pi F t + \phi);$$

$$i_{\text{ФМ}} = I_{\text{ФМ}} \cdot \sin(2\pi f t \pm m_\phi \cdot \cos 2\pi F t + \phi),$$

бу ерда модуляция индекси частотали модуляцияда $m_f = \frac{\Delta f}{F}$ ва фазали модуляцияда $m_\phi = \frac{\Delta \phi}{F}$ муносабатлардан аниқланади.

Фазали модуляцияда частотанинг четлашиши ёки такрорлик девиацияси $\Delta f = \Delta \varphi \cdot F = g(I_r)F$ муносабатдан топилади. Бу муносабатдан кўришиб турибдики, фазали модуляция частоталар спектри кенглигини талаб этади, шунинг учун у радиотехникада кам қўлланилади.

Частотали модуляцияда девиация $\Delta f = g(I_r)$ кўринишида аниқланади ва спектр тор полосали бўлади. Нурланиш (тарқалиш) нинг тор спектрли частотаси туфайли частотали модуляция кенг қўлланилади. УҚТ диапазонидаги ҳамма радиоэшиттириш радиостанциялари частотали модуляцияда ишлайди. 3.2-расмда ЧМ тебранишларнинг ҳосил қилинишини тушунтирувчи вақт диаграммалари берилган. Расмда ЧМ тебранишлар амплитудалари ўзгармай қолаётгани кўришиб турибди. Унинг даврлари эса фойдали ахборот сигналли амплитудаси ўзгариши билан такт ҳолда ўзгаради.



3.2- расм. ЧМ-тебранишларнинг олининиши тушунтирувчи вақт бўйича диаграммалар:

a — юқори (элгувчи) частотали сигналники, b — модуляцияланувчи частотали сигналники, v — ЧМ-тебранишларники.

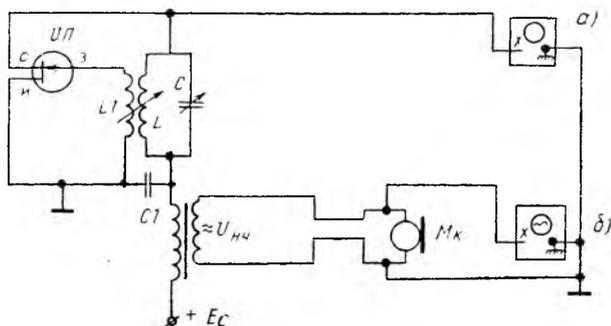
3.3- §. МОДУЛЯЦИЯЛАНГАН ТЕБРАНИШЛАРНИ ҲОСИЛ ҚИЛИШ СХЕМАЛАРИ

Мавжуд бўлган барча схемалардан энг оддийларини кўриб чиқамиз ва улар ёрдамида модуляцияланган тебранишларни олиш усуллари билан танишиб чиқамиз.

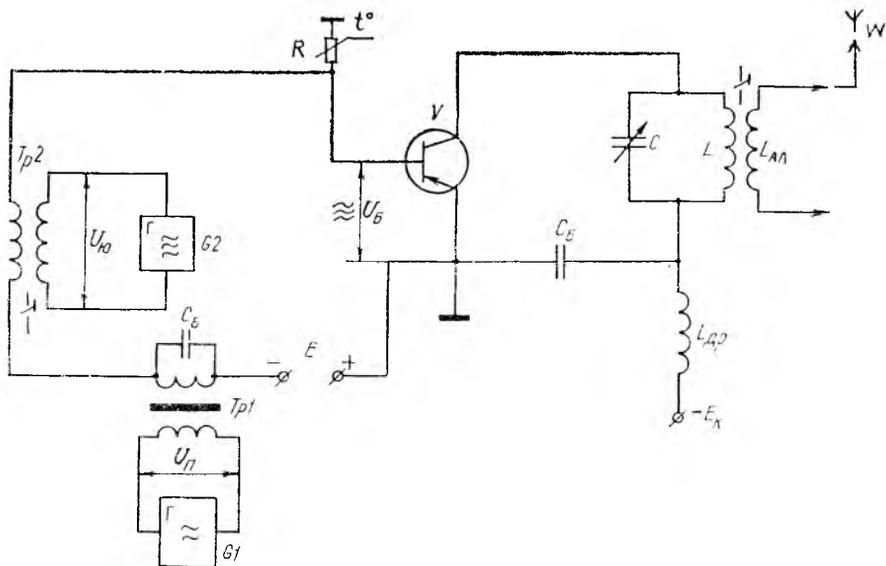
Амплитудали-модуляцияланган тебранишларни олиш схемалари

Энг содда амплитудали модуляцияланган тебранишни олиш учун модулятор схемасидаги транзисторни (радиолампани) бирор-бир электродига фойдали сигнал (модуляцияловчи кучланиш)ни таъсир эттириш керак. Шунга кўра модуляцияни стокли (коллекторли), анодли (истокли) ва тўрли (базали) турларга ажратилади. Масалан, майдонли транзисторни стоқларига модуляцияловчи кучланиш берилиши туфайли олинadиган амплитудали модуляция ҳосил қилувчи схемага доимий ток манбаи (E_c) ва микрофонли трансформатор орқали модуляцияланувчи ўзгарувчан кучланиш — хабар ($U_{пч}$) берилади.

3.3-расмдан кўринадики, паст частотали микрофон кучланиши VT транзисторнинг стоқ занжирига трансформатор орқали трансформацияланиб, электрон генераторни тебраниш контури (LC) да тебранишнинг амплитудаси, транзисторни стоқ занжиридаги кучланиши билан бир хил тактда ўзгаради. Бунга мавжуд схемадаги юқори частотали генерацияланаётган тебранишларнинг амплитуда бўйича паст частотали бошқарувчи сигнал кўринишида модуляцияланиши сабаб бўлади. Генерацияланувчи (ташувчи) тебранишларнинг частотасини конденсатор (C) сиғимини орттириш ёки камайтириш орқали ўзгартириш мумкин. Схемага уланган осциллографлар ёрдамида амплитуда бўйича модуляцияланган (a) ва бошқарувчи тебранишларнинг (b) диаграммаларини кўриш мумкин.



3.3- расм. Амплитуда- модуляцияланган тебранишларни олиш схемаси.



3.4- расм. Кам қувватли тарқатгич схемаси.

3.4-расмда модуляцион трансформатор ($Tp1$) га эга бўлган, база занжирига таъсир этиш орқали ишлайдиган, кам қувватли транзисторли перадаччик схемаси кўрсатилган.

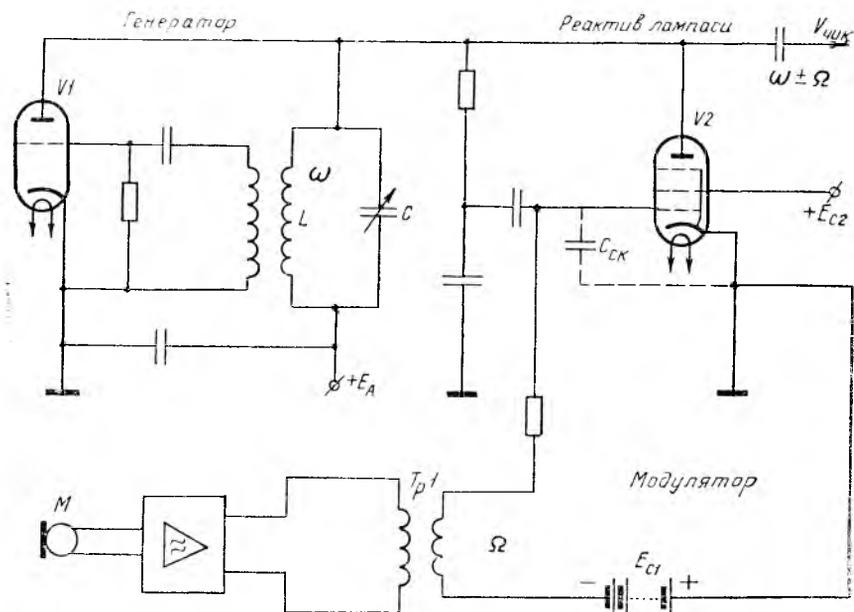
Схемада юқори частотали (элтувчи) тебранишни ($U_{ю}$) транзисторли генератор ($G2$) ишлаб чиқади. Бу тебранишлар юқори частотали трансформатор ($Tp2$) орқали транзистор базасига узатилади. Бир вақтнинг ичида бу ерга модуляцион трансформатор орқали паст частотали ахборот тебранишлари ҳам узатилади. Трансформатор ($Tp2$) нинг иккиламчи ўрамларида ($W2$) модуляцияловчи кучланиш ҳосил бўлади. Бу кучланиш ($E_{см}$) юқори частотали генератор ($G2$) тебранишлари ва хабар сигнални бошқарувчи сигнал кучланишларининг ($U_{п.}$) қўшилиши натижасида вужудга келади.

Транзистор базасига таъсир этувчи кучланиш $U_{БЭ}$ юқоридаги учала кучланишлар йиғиндисига тенг бўлиб, транзистор базасидаги потенциални ўзгартириб юборади. Транзистор юкланиши бўлиб ($G2$) генераторнинг частотасига созланган тебраниш контури (LC) ҳисобланади. Тебраниш контурида вужудга келган амплитудали-модуляцияланган тебраниш, алоқа ғалтаги L_A да индукцияланиб, антенна (W) га узатилади. Схемадаги ($C_{БЛ}$) ва (D_P) блокировка қилиш элементлари ҳисобланади. Ф.И.К ни ва қувватни ошириш учун модуляторни икки тактли схемаси ва модулланган юқори частотали сигнални кучайтиришда қўлланиладиган юқори частотали транзисторлардан йиғилган қўшимча босқичлардан фойдаланилади.

Частота бўйича модуляцияланган (ЧМ) тебранишларни олиш схемаси

3.5-расмда радиолампалар асосида йирилган частотали модуляцияни амалга оширишнинг схемаси кўрсатилган. Индуктив тескари алоқали юқори частота генератори триод лампа $V1$ асосида бажарилган. Генераторнинг сукунат тартибида ҳосил қилаётган тебранишлари частотаси LC контур ва модулятор лампа $V2$ нинг тўркатод ($C_{тк}$) сизими параметрлари билан аниқланади. Электродлараро сизим $C_{тк}$ нинг миқдори модулятор лампаси тўрига берилаётган манфий силжиш миқдорига боғлиқ. Микрофон M ишлаётган вақтда модуляция трансформатори $Tr1$ орқали лампа тўрига манба силжиш кучланиши $F_{снл}$ дан ташқари, микрофонда индукцияланган паст частотали кучланиш ҳам берилади. Бу вақтда контурнинг умумий сизими C (лампа $V2$ нинг сизимини ҳам ўз ичига олган) миқдори ўзгариб, юқори частотали генератор тебранишларининг частотали модуляцияси ҳосил бўлади. Генератор контурига параллел уланган лампа реактив лампа дейилади, чунки у контур учун реактив юкланиш бўлиб ҳисобланади.

Транзисторлар ҳамда варикаплар асосида ҳам ЧМ — тебранишларни олиш схемаларини йиғиш мумкин.



3.5- расм. Частота модуляциясини ҳосил қилиш схемаси.

3.4- §. СИГНАЛЛАРИ ДЕТЕКТОРЛАШ

Радиолиния охиридаги радиоқурилмаларда фойдали ахборот тебранишларини (паст частотали товуш тебранишларини) қайта тиклаш билан боғлиқ бўлган юқори частотали модулланган сигнални ўзгартириш жараёни детекторлаш дейилади. Детекторлаш радиоқурилманинг детектор (демодулятор) деб аталувчи ночизиқли элементга эга бўлган қисмида бажарилади. Сигналнинг модуляцияси турига қараб амплитудали, частотали, фазали ва детекторлашнинг бошқа кўринишлари бўлади. Улар бир-биридан ишлаш жараёнлари ва детектор тугунлари схемасининг тузилиши билан фарқланади.

Модулланган тебранишларда паст частотали тебранишлар (фойдали ахборот сигнали)нинг компонентлари бўлмаса ҳам, улар ўзининг амплитуда, частота ёки фазасининг ўзгариши кўринишида узатилаётган ахборотга эга. Айнан шу ўзгаришлар детекторлаш вақтида ажратиб олинади.

1. Амплитудали-модулланган сигналларни детекторлаш

Маълумки, амплитудали модуляцияда юқори частотали тебранишлар амплитудаси фойдали ахборот сигналининг ўзгаришига мувофиқ ўзгаради. Демак, бундай тебранишларни детекторлаш натижасида олинган ток ёки кучланиш ўзининг шакли ёки частотаси бўйича модуляцияланган сигнал амплитудаси эгри чизигига мос бўлиши керак.

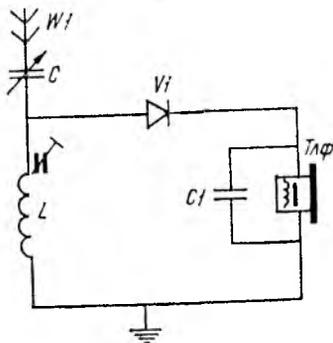
Модулланган сигнал детекторнинг ночизиқли элементи орқали ўтаётгандаги детекторлашда модуляцияланган тебранишларнинг спектрал таркиби ўзгаради ва натижада фойдали ахборот сигнаliga эга бўлган янги спектрал компонентлар ҳосил бўлади. Радиосхеманинг детектор қисмидаги юкланиш-фильтрда фойдали ахборот сигнаliga мос келувчи паст частотали кучланиш ажралади. Модуляцияланиши синусоидал паст частотали сигнал билан амалга оширилаётган тебранишларни детекторлаш жараёнини кўриб чиқамиз.

Амплитудали-модуляцияланган тебранишларни детекторлаш жараёни рўй бераётган оддий детекторлаш радиоприёмнигининг схемаси 3.6- расмда берилган.

Резонанс контур LC дан амплитудали детектор VI га қуйидаги кўринишдаги модулланган кучланиш берилади:

$$U_m = U_m \cdot \cos 2\pi ft = U_r (1 + m \cdot \cos 2\pi Ft) \cdot \cos 2\pi ft,$$

бу ерда U_r — модуляцияловчи сигналнинг F частотаси билан ўз-



3.6- расм. Детекторли приёмникнинг принципиал схемаси.

гараётган f частотали модуляцияланган кучланишнинг ўзгарувчан амплитудаси.

Амплитудали детектор V I нинг ўзидан ўтаётган ток миқдори билан унга берилётган кучланиш орасидаги ночизиқли боғланиш квадрат тенглама кўринишига эга бўлсин:

$$i_d = I_0 + a_1 U + a_2 U^2,$$

Бунга юқоридаги ифодадан U_m кучланишнинг қийматини қўйиб, қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$i_d = I_0 + a_1 U_m \cdot \cos 2\pi f t + a_2 U_m^2 \cdot \cos^2 \pi f t = I_0 + a_1 [U_r \cdot (1 + m \cdot \cos 2\pi \cdot F \cdot t)] \cdot \cos 2\pi f t + a_2 [U_r (1 + m \cdot \cos 2\pi F t) \cdot (\cos 2\pi f t)^2].$$

Тригонометрик ўзгартиришларни бажариб, қуйидаги охириги натижа-ни оламиз:

$$\begin{aligned} I_0 + a_1 U_r \cos 2\pi f t + \frac{a_1 U_r \cdot m}{2} \cos 2\pi(f - F)t + \frac{a_1 U_r \cdot m}{2} \cos 2\pi(f + F)t + \\ + \frac{a_2 U_r}{2} \cos 2\pi(2f)t + a_2 U_r^2 \cdot m \cdot \cos 2\pi F t + \frac{a_2 U_r^2 \cdot m}{2} \cos 2\pi(2f - F)t + \\ + \frac{a_2 U_r^2 \cdot m}{1} \cos 2\pi(2f + F)t + \frac{a_2 U_r^2 \cdot m^2}{4} + \frac{a^2 U_r^2 m^2}{4} \cos 2\pi(2f)t + \\ + \frac{a_2 U_r^2 \cdot m^2}{4} \cdot \cos 2\pi(2F)t + \frac{a_2 U_r^2 \cdot m^2}{4} \cos 2\pi(2f - 2F)t + \\ + \frac{a_2 U_r^2 \cdot m^2}{4} \cdot \cos 2\pi(2f + 2F)t. \end{aligned}$$

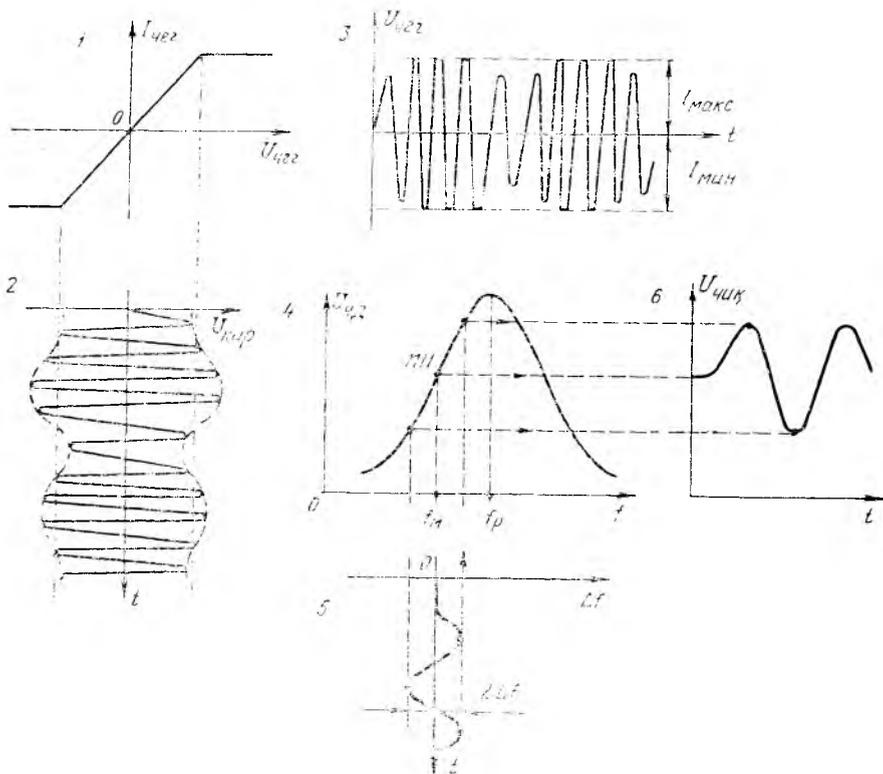
Буларни соддалашган кўринишда ёзамиз:

$$\begin{aligned} I_0' + i_1(f) + i_2^2(f) + i_3(f - F) + i_3(f + F) + i_3^2 m(2f - F) + \\ + i_3^2 m(2f + F) + i_4^2 m(2F) + i_5^2(2f - 2F) + i_5^2 m^2(2f + 2F) + \\ + a_2 I_r^2 \cdot m \cdot \cos 2\pi F t + \frac{a_2 I_r^2 m}{4} \cdot \cos 2\pi(2F)t. \end{aligned} \quad (6)$$

(6) ифоданинг охириги иккита қўшилувчилари паст частотали (F) токка эга, қолганлари эса унинг юқори частотали ташкил этувчиларидир.

Шундай қилиб, агар амплитудали детекторга фойдали сигнал билан модуляцияланган юқори частотали тебранишлар берилса, унинг паст частотали юкланиш-фильтрида токнинг мураккаб спектрал таркибидан паст частотали токни ажратиб олиш мумкин, яъни радиолиниянинг узатиш томонидаги ташувчи частота сигналинини модуляцияланган фойдали ахборот сигнали ҳосил қилади.

Детекторлашда олинган иккиланган частота $2F$ га эга бўлган паст частотали ташкил этувчи фойдали ахборот сигналга ночизиқли бузилишларни киритади, чунки у модуляциялаш пайтида бўлмаган. Компонент $2F$ амплитудаси фойдали сигнал амплитудасига нисбатан $m/4$ марта катта бўлгани сабабли



3.7-расм. Амплитудали чеклагич (1, 2, 3) ва частота детектори (4, 5, 6) ишини тушунтирувчи графиклар.

узатиш томонидаги ночизиқли бузилишларни камайтириш учун нурлантириш қуввати ҳисобига модуляция коэффициентини камайтиришга тўғри келади.

2. Частотали модуляцияланган сигналларни детекторлаш

Резистив ночизиқли элементнинг гармоник тебранишларга реакциясидан частотали модуляцияда фойдали ахборот сигнали жойлаштирилган кириш сигналининг амплитудаси ўзгармас бўлганда ночизиқли элемент тебраниш частота девиациясига таъсир кўрсатмайди.

Бошқача айтганда, диод, транзистор ва шунга ўхшаш қурилмаларнинг ночизиқлилиги уларга таъсир этувчи кучланиш амплитудаси ўзгаргандагина намоён бўлади, шу вақтнинг ўзида эса унинг частота ўзгаришига улар таъсир қилмайди. Агар детекторланувчи кучланишнинг ташувчи частотасига нисбатан бир қанча бузилган тебраниш контурига частота бўйича модуляцияланган (ЧМ) тебранишлар олдиндан берилса, уларни детек-

торлаш мумкин. Умумий ҳолда, одатдаги частотали детектор ўзида иккита асосий элементни мужассамлантиради: танлаш қобилиятига эга система, частотали модуляцияни амплитудали модуляцияга ўзгартиради; амплитудали детектор.

Частотали детектор амплитудали детектордан фарқли равишда, сигнал амплитудасининг тасодифий ўзгаришига (масалан, унга халақитларга) таъсир қилмаслиги керак. Шунинг учун частотали детектор таркибига яна (ЧМ) тебранишлар амплитудаларини чегараловчи қурилма ҳам киради, чунки унинг ўзгариши радиоқурилма чиқишидаги фойдали ахборот сигналнинг бузилишига (паразит модуляцияга) олиб келади.

3.7-расмда амплитудали чегараловчи ва частотали детекторларнинг ишлаш жараёнини тушунтирувчи эгриликлар келтирилган. 1-графикда юқориги ва пастки соҳаларда кескин синишларга эга бўлган чегараловчининг вольт-ампер характеристикаси (ВАХ) берилган. Агар бундай чегараловчининг киришига амплитудаси ўзгараётган (2-график) ЧМ тебранишлар берилса, у ҳолда унинг чиқишида ток максимум ва минимум (3-график) бўйича чегараланади, бу ҳолда кириш кучланиши частотасининг ўзгариш қонуни сақланиб қолади.

Энди амплитуда бўйича чегараланган ЧМ тебранишлар резонанс (хусусий) частота ташувчидан энг катта девиация частотаси ΔF_{\max} миқдорга фарқланувчи тебраниш контури орқали ўтказилади, яъни частота характеристикасидаги иш нуқта (ИН) чап томонга силжиган бўлиб, частота характеристикасининг чизиқли соҳаси ўртада бўлади. Контурда амплитудалари кириш сигнали частота девиациясига мутаносиб ўзгарувчан амплитуда бўйича модулланган тебранишлар юзага келади. Оддий амплитуда детекторига бундай тебранишларни бериб биз паст частотали тебранишларни (6-график) оламиз.

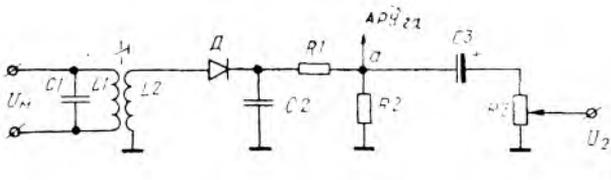
Шуни назарда тутиш керакки, 5-графикда ЧМ тебранишлар частотасининг вақт давомида ўзгариш қонуни, 6-графикда эса ПЧК кучайтириш учун юборилаётган фойдали сигнал кучланиши кўрсатилган. Частота ўзгаришига тез таъсир кўрсатувчи частотали детектор ёрдамида фазали детекторлашни амалга ошириш мумкин. Бунинг учун унинг параметрлари мос ҳолда танланади.

3.5-§. МОДУЛЯЦИЯЛАНГАН ТЕБРАНИШЛАРНИ ДЕТЕКТОРЛАШ СХЕМАСИ

Энг кўп тарқалган модулланган тебранишларни детекторлаш схемаларидан айримлари билан танишиб чиқамиз.

Амплитудали детекторлар схемалари. 3.8-расмда транзисторли радиоприёмникларда қўлланилаётган оддий амплитудали диодли детекторнинг схемаси келтирилган.

Олдиндан кучайтирилган амплитудали-модуляцияланган тебранишлар $L2$ ғалтак орқали, ночизиқли ВАХ га эга бўлган юқори частотали диод $V1$ га келади. Детекторнинг чиқишида юқори частотали ташкил этувчилар ва паст частотали тебраниш-

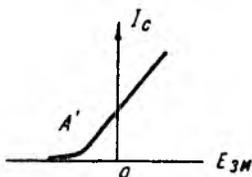
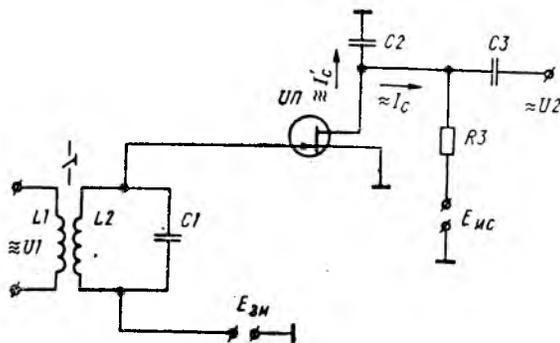


3.8- расм. Амплитудали детекторнинг энг содда схемаси

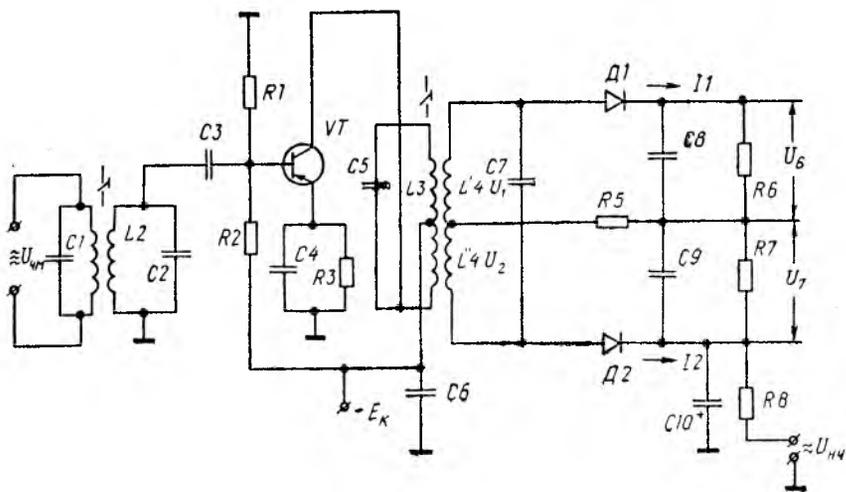
лардан иборат бўлган пульсацияланувчи тебранишлар юзага келади. Ярим ўтказгичли диод тебранишларнинг «остки» қисмини, иккинчи ярим даврларни ўтказмайди, яъни «қирқиб» ташлайди. Ҳосил бўлган спектрдаги анод токининг юқори частотали ташкил этувчилари конденсатор $C3$ орқали массага қисқа туташтирилади, паст частотали фойдали сигнал кейинчалик ПЧК да кучайтириш мақсадида резистор $R1$ орқали ўтади. Бир вақтни ўзида $R3$ резистор овоз регулятори бўлиб ҳам хизмат қилади. $R1$ ва $R2$ резисторлардан йирилган кучланиш ажратгич α нуқтада тебранишларни паст частотали ташкил этувчиси энергиясини олиши ва уни кучайтиришнинг автоматик бошқариши (КАБ) занжирига узатиш учун хизмат қилади.

Кейинги йилларда транзисторлардан кенг фойдаланилмоқда. 3.9-расмда амплитудали детектор схемаларидан бири кўрсатилган. Транзистор киришидаги (сток) амплитудали детекторлаш режимда кириш (сток) токининг затвор ва оқим (исток) орасидаги кучланишга боғлиқлиги $I_c = f(U_{эи})$ формуласи орқали ифодаланган. Майдон транзисторнинг иш нуқтаси затворга берилаётган ўзгармас кучланиши $E_{эи}$ ҳисобига транзистор ВАХ иш нуқтасини пастки эгрилик соҳасига силжитади. Юқори частотали амплитуда бўйича модуляцияланган тебранишлар детекторнинг чиқишига берилганда, кириш (сток)да кириш иш токининг импульслари вужудга келади. Бу импульслар юқори частотали ва паст частотали ташкил этувчиларга эга бўлиб, юқори частотали ташкил этувчилар $C3$ сифим орқали корпусга (шассига) ўтказиб юборилади, паст частотали ташкил этувчилари эса (фойдали ташкил этувчилари) R_n актив қаршиликда қайд этилиб ўтиш конденсатори орқали ПЧК га узатилади.

Частотали детекторлар схемалари. 3.10- расмда амплитуда чегаралагичли соzланган тебраниш контурларига эга бўлган частота детектори схемаси берилган. Бундай схема сигнални амплитуда бўйича чегаралаш билан бир қаторда кучайтириш иш тартибда ҳам ишлайди. Бундай бўлишига сабаб, транзистор VT нинг эмиттер занжирида катта сифим $C4$ билан шунтланган қаршилик $R3$ мавжудлигидир. Транзисторни кучайтириш коэффициентини сунъий равишда камайтирилиши, яъни киришда берилаётган кучланиш миқдорининг ўзгариши, ВАХдаги иш нуқтасини чап томонга силжишига сабаб бўлади, бу эса ўз навбатида кириш кучланиши амплитудасининг кичрайишига олиб келади. Частотали детекторлаш схемаси юқори частотали нуқтавий диодлар ($D1, D2$) дан ташкил топган ўзаро резонанс система орқали боғланган икки $L3C5, L4C7$ тебраниш



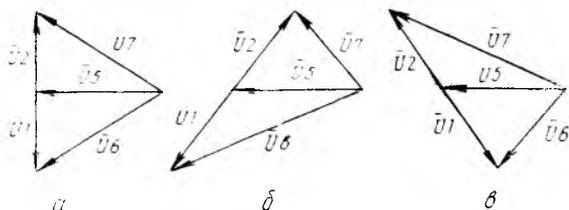
3.9- расм. Майдон транзисторли детектор схемаси (а) ва унинг ВАХ (б).



3.10- расм. Амплитуда чеклагичли соzланган тебраниш контурига эга бўлган частота детекторининг схемаси.

контуридан иборат. Схемадан кўринадики, ЧМ детекторининг ўзаро симметрик елкаларидан оқиб ўтаётган I_1 ва I_2 тоқлар R_6 ва R_7 қаршилиқларда U_6 ва U_7 кучланиш тушишини вужудга келтиради. Маълумки:

$$\bar{U}_6 = \bar{U}_6 + \bar{U}_1; \bar{U}_7 = \bar{U}_6 + \bar{U}_2.$$



3.11-расм. Частота детектори жараёнининг вектор диаграммаси.

Бу ерда U_1 ва U_2 — $L4$ контур ғалтагининг юқори ва пастки қисмларидаги кучланишлар.

U_6 ва U_7 кучланишлар вектор катталиклар бўлгани сабабли, ЧМ детекторнинг елкаларига таъсир этаётган кучланишларнинг вектор диаграммасини қурамиз (3.11-расм). Бундай вектор диаграмма орқали боғланган контурли частота детектори ва тебранишлар частотаси орасидаги боғланишни тушунтириш мумкин, a диаграмма модуляция бўлмаган ҳолат учун келтирилган, бунда частота девиацияси (ΔF) нолга тенг. Бунга сабаб $L4$ ғалтакнинг ўртасига тўғри келган кучланишлар U_1 ва U_2 тескари фазага эга. Натижада детектор елкаларидаги U_6 ва U_7 кучланишлар ўзаро тенг, чиқишидаги кучланиш эса уларнинг айирмасига тенг бўлгани сабабли нолга тенг.

3.11-расмда берилган вектор диаграммадан тебранишлар частота бўйича детекторланганда частота девиацияси ($-\Delta F$) манфий бўлган ҳолда «учинчи» битта импульс ажраланиш кўрсатилган.

4-б-б. ЭЛЕКТР СИГНАЛ КУЧАЙТИРГИЧЛАРИ

4.1-§. УМУМИЙ ТУШУНЧАЛАР

Радио қурилмаларнинг асосий вазифаларидан бири кам қувватли электр сигналларни кучайтиришдир. Кучайтириш жараёни электр сигналлар кучайтиргичларида ёки электрон кучайтиргичлар деб номланувчи схемаларда, қурилмаларда амалга оширилади.

Кучайтиргичлар вазифасига кўра ток, кучланиш ва қувват кучайтиргичларга бўлинади. Бундан ташқари, кучайтирилиши керак бўлган частоталар спектрига кўра паст (овоз) частотали кучайтиргичлар (ПЧК), юқори (радио) частотали кучайтиргичлар (ЮЧК) оралиқ частотали кучайтиргичлар ва бошқа турларга ажратилади. Агар кучайтириладиган сигнал спектри жуда катта (10 мГц дан ортқ) бўлса, уни кенг полосали кучайтиргичлар деб юритилади. Импульсли кучайтиргичларнинг барчаси ана шуларга мисол бўла олади. Схемаларни тузилиши ва йиғилишига кўра резисторли, трансформаторли, дроселли ва бошқа кучайтиргичларга ажратиш мумкин.

Кучайтиргичлар ишини қуйидаги техник кўрсаткичлар белгилайди:

кучайтириш коэффициенти, кириш ва чиқиш параметрлари, ўтказиш полосаси (кенглиги), сигналларнинг бузилишлари, кучайтиргич Ф. И. К. Кучайтириш коэффициенти (K) ни кириш сигнали параметрларининг кучайтирилишига кўра: кучланиш (K_U), ток кучи (K_I) ва қувват (K_P) бўйича кучайтириш коэффициентларига ажратиш мумкин. Масалан, кучланиш бўйича кучайтириш коэффициенти кучайтиргич чиқишидан олинган кучайтирилган кучланишни, унинг киришига берилаётган кучайтирилиши керак бўлган кучланиш миқдорига нисбати билан ўлчанадиган катталикдир:

$$K_U = \frac{U_{\text{чик}}}{U_{\text{кир}}}$$

Юқоридаги кўрсатилган усулда K_I ва K_P ларни ҳам аниқлаш мумкин.

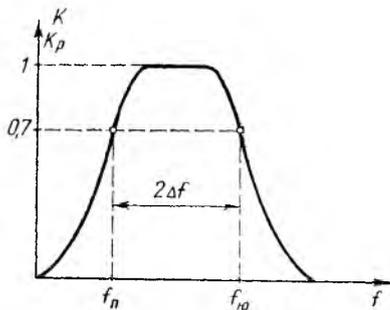
Кучайтиргичларнинг кириш ва чиқиш пағаметрлари. Бундай параметрларга кириш ва чиқиш кучланишларини номинал катталиклари $I_{\text{кир}}$, $I_{\text{чик}}$ кириш ва чиқиш ток катталиклари $I_{\text{кир}}$; $I_{\text{чик}}$ ҳамда кучайтиргичнинг кириш ва чиқиш қаршиликлари $z_{\text{кир}}$, $z_{\text{чик}}$ мисол бўлади. Ўтказиш полосаси (Δf) деб, ўзининг максимал қийматидан $\frac{1}{2}$ (0,707) марта камайиши мумкин бўлган кучайтириш коэффициенти частоталар диапазониغا айтилади. Бундай диапазон сигнал спектрининг жуда ҳам яхши кучайтириладиган частота полосасини аниқлайди

$$2\Delta f = f_{\text{max}} - f_{\text{min}}$$

4.1.-расмда частотали кучайтиргичнинг амплитуда-частота характеристикаси келтирилган.

Сигналлар бузилиши. Схема бўйлаб фойдали сигнал ўтиши натижасида кучайтиргич томонидан сигналларнинг бузилиши схемада сигналнинг ўтиши жараёнида, унинг шаклининг ўзгариши орқали билинади. Бузилишлар ночизиқли частотали ёки фазали бўлиши мумкин.

Ночизиқли бузилишлар схема элементлари (транзисторлар, радиолампа, трансформаторлар ва ҳ. к.) вольт-ампер характеристикаларининг ночизиқлиги туфайли вужудга келади. Бундай характеристикаларда ночизиқли участкалар мавжуд бўлиб, чиқиш сигналлари шакли мутаносиб бўлмаган ўзгаришларга учрайди. Натижада кириш сигнали шакли чиқишда бузилган кўринишда бўлади. Кучайтиргич схемаларидаги реактив элементлар (сигим, индуктивлик,



4.1.-расм. Пағаст частотали кучайтиргичнинг частота характеристикаси.

трансформаторлар ва ҳ. к.) сигналнинг частота ўзгаришига — бузилишига сабабчи бўлади. Бундай бузилишларни кучайтиргичнинг частота характеристикаси графигини қуриш орқали кўрсатиш мумкин (41-расм).

Графикдан кўринадики (f_{max} ва f_{min}) паст ва юқори частота участкаларида кучайтиргичларнинг кучайтириш коэффициенти миқдори камайиб кетади, бунга сабаб ана шу участкаларда схеманинг реактив қаршиликлари таъсирининг сезиларлигидир. Реактив элементлар турли частотали сигналларни фаза бузилишларига учрашига ҳам сабаб бўлади.

Даврий бўлмаган кучайтиргичлар

Даврий бўлмаган кучайтиргичлар схемасининг соддалиги ва электр кўрсаткичларининг яхшилиги туфайли паст ёки юқори частотали сигнал кучланишлари бошланғич пайтда, маълум чегарагача кучайтиришда қўлланилади. Бундай кучайтиргичлар биқутбий ёки майдон транзисторлари, радиолампалар асосида йиғилади. Улар микросхемалар (кучайтиргичлар тўплами) таркибида ҳам бўлади. 4.2-расмда бир каскадли, транзисторли, паст частотали даврий бўлмаган кучайтиргичнинг схемаси кўрсатилган. Бундай кучайтиргичларнинг давриймас дейилишига сабаб, резонанс хусусиятига эга бўлмаган актив қаршиликни коллектор (анод) занжирида жойлашганлигидадир. Коллектор занжиридаги актив қаршилик асосий элемент ҳисобланади.

Схема элементлари ва уларнинг вазифалари:

1. V_T — биқутбий, $p-n-p$ типдаги транзистор кучайтирувчи элемент бўлиб, унинг асосида кучайтиргич схемаси йиғилган. Кучайтириш жараёни хусусиятларига кўра занжирга транзисторлар УЭ (УИ) умумий эмиттер, УБ (УЗ) умумий база ва УК (УС) умумий коллектор схема бўйича уланиши мумкин. УЭ (УИ) бўйича уланганда, сигнал кучланиш бўйича яхши кучайтирилади.

2. C_1, C_2 — ажратгич (ўтиш) конденсаторлари бўлиб, кучайтириш каскадларини доимий ташкил этувчисини бир-биридан ажратиш учун хизмат қилади. Ажратгич конденсаторларининг иш принципи, ток манбан кучланиши қийматидан кам бўлмаган иш кучланишига мослаштирилган бўлиб, кучайтирилаётган сигналларга жуда кам реактив (сигимли) қаршилик кўрсатиш лозим, яъни сигими транзисторли кучайтиргичларда 10,0 мкФ гача, лампали кучайтиргичларда эса 0,1 мкФ гача бўлиши керак.

3. R_1', R_1'' — база кучланишининг тақсимлагич қаршиликлари бўлиб хизмат қилади. Улар транзистор базасидаги кучланиш қийматига таъсир этиб, уни маълум белгиланган иш тартибида ишлашга мажбур этади. Бу қаршиликлар катталиклари қуйидаги формулалар орқали аниқланади:

$$R I' = \frac{E_k - U_{БЭО}}{I_{БО} + I_d}; (\text{кОм}); R I'' = \frac{U_{БЭО}}{I_d} (\text{кОм}),$$

бу ерда E_k — ток манбаи кучланиши (В), $U_{БЭО}$ — транзистордаги иш нуқта ҳолатини аниқлайдиган кучланиш, $I_{БО}$ — тинч иш тартибдаги база токи, I_d — ажратгич (тақсимлагич) занжири токи.

4. $R2$ — эмиттер занжиридаги қаршилик бўлиб, иш нуқта-си температурасини стабиллайди. Унинг қийматлари бир неча юз Омдан, бир неча кОм гача бўлади;

5. $C2$ — эмиттер занжири конденсатори (сигими) транзисторнинг эмиттер занжиридан оқиб ўтаётган токни, ўзгарувчан ташкил этув-чиси бўйича ток стабилизатори бўлиб хизмат қилади, унинг сигими қуйидаги формуладан аниқланади:

$$C2 = \frac{10^6}{2\pi f_n \cdot 0,2 \cdot R2} \quad (\text{мкФ}),$$

бу ерда f_n — кучайтириладиган сигналнинг энг паст частотаси;

$C2$ — қиймати 10,0 мкФ атрофида бўлади;

6. $R3$ — кучайтириш каскадининг асосий (юкланиш) қаршилиги бўлиб, ундан кучайтирилган кучланиш катталиги олинади.

$R3$ қийматининг иш тартибида Кирхгофнинг қуйидаги

$$E_k = I_{ко} \cdot R3 + U_{ко} + I_{эо} \cdot R2$$

шартини бажарадиган қилиб олинади. Кўп занжирларда $R3$ нинг қиймати 1,5 дан 10,0 кОм бўлади.

Даврий бўлмаган кучайтиргичларнинг ишлаш принцили

Электр тебранишларини кучайтирувчи транзисторли кучайтиргич-ларнинг ишлаш принциплари коллектор занжиридаги (I_k) ток қий-мати билан база-эмиттер занжирига бериладиган кириш кучланиши ($U_{БЭ}$) орасидаги боғланишга асосланган. Агар эмиттер занжирида ($U_{квр}$) сигнал бўлмаса, ундан ($I_{эо}$) эмиттер токи, коллектордан эса ($I_{ко}$) коллектор токи оқиб ўтади. $R I'$ ва $R I''$ қаршиликлар ҳосил қилаётган силжиш кучланишининг (0,5 В га тенг) маълум қиймати-да бу тоқлар тахминан тенг бўлади; яъни, $I_{БО} \ll I_{эо}$ бўлгани учун $I_{ко} \approx I_{эо} \cdot R3$ актив (нагрузка) қаршилигидан ток ($I_{ко}$) оқиб ўти-ши туфайли доимий кучланиш тушиши вужудга келади. Буни занжирнинг бир қисми учун Ом қонуни орқали ифодалаш мумкин:

$$U_{R3O} = I_{ко} \cdot R3.$$

Агар транзисторнинг киришига иш нуқтасини силжитувчи кучланиш $U_{БЭС}$ билан бирга сигнал ($U_{квр}$) ни берадиган бўлса, унда эмиттер занжиридан оқиб ўтаётган ток миқдори ўзгаради. Бу ҳолатда эмит-тердан чиқаётган тешиқлар концентрация миқдори ўзгаради, нати-жада коллектордаги токнинг миқдори ҳам ўзгарганлигини кўра-миз.

Бунга сабаб кириш тебранишларининг эмиттер ўтишидаги тормозловчи майдон таъсирининг ортиши ёки камайишидир. Бундан қуйидаги хулосага келиш мумкин: транзисторнинг ана шундай иш тартибига мос (транзистор ВАХ нинг чизиқли ўзгарувчи участкасида) келган вақтида коллектор занжиридан оқиб ўтаётган (I_k) токнинг ўзгарувчан ташкил этувчисининг шакли кириш сигналиниқига ўхшаш бўлади. Коллектор токининг ўзгарувчан ташкил этувчиси $RЗ$ -актив қаршилиқдан ўтганда кириш сигналини ($u_{кпр}$) ўзгаришига айнан ўхшаш чиқиш кучланиши ($u_{чик}$) ни ҳосил қилади. Чиқиш кучланишининг ўзгариувчан ташкил этувчиси коллектор занжиридан $СЗ$ сифим (ўтиш сифими) орқали ўтиб, кучайтириш каскадига ўтади. Юқорида келтириляётган схеманинг паст частотали кучланиш бўйича кучайтириш коэффициентини аниқлаймиз:

$$K_v = \frac{U_{чик}}{U_{кпр}} = \frac{I_k \cdot RЗ}{I_э \cdot r_э}$$

Агар $I_k \approx I_э$ ни эътиборга олсак, юқоридagi ифодани қуйидагича ёзиш мумкин: $K_v \approx \frac{RЗ}{r_э}$; бу ерда $r_э$ — транзисторнинг эмиттер базиси участкасидаги кириш қаршилиги, $RЗ$ — нагруканинг актив қаршилиги бўлгани сабабли $K_v \gg 1$ бўлади. Юқоридаги ифодаларни эътиборга олсак, кучайтиргич схемаси ёрдамида кириш сигналининг қувватини ҳам кучайтириш мумкинлигини кўриш мумкин:

$$K_p = \frac{P_{чик}}{P_{кпр}} = \frac{I_k^2 \cdot RЗ}{I_э^2 \cdot r_э} \approx \frac{RЗ}{r_э} \gg 1,$$

бу ерда шунни айтиш зарурки, кириш сигналини кучайтириш, схемани ташкил этган барча элементларнинг актив иштирокида амалга оширилади (кучайтириш фақат транзистор ёрдамида бўлади деган тушунча нотўғри). Кучайтириш жараёни ток манбаи E_k энергиясини истеъмол қилиш орқали амалга оширилади. Транзистор бу ерда бошқарувчи функцияни бажаради, яъни кичик қаршиликли кириш занжирига бериляётган кучланиш (кучсиз кириш кучланиш) таъсирида катта қаршиликли коллектор занжиридан оқиб ўтаётган ток миқдорининг ўзгаришига олиб келади. Транзистор кириш қаршилигини чиқиш қаршилигига трансформацияляётгандай бўлиб туюлади. «Транзистор» сўзи инглизча «transfer of resistor» сўзидан олинган бўлиб, «қаршилиқ трансформатори» деган маънони беради.

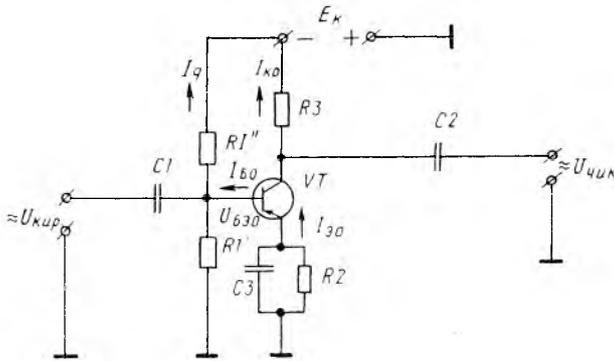
Транзисторлар асосида йиғилган даврий бўлмаган кучайтиргичлар транзисторли РЭА ларда юқори частотали тебранишларни кучайтиришда ҳам ишлатилади. Бундай ҳолларда кириш ва чиқиш қаршиликлари хусусиятларини эътиборга олиш керак. Юқори частотали тебранишларни кучайтириш коэффициентларини қуйидаги ифода орқали аниқлаш мумкин:

$$K_U = \frac{K}{\sqrt{1 + \frac{2\pi f^2 \cdot C_{\text{пар}}}{g_{\text{ЭКВ}}^2}}};$$

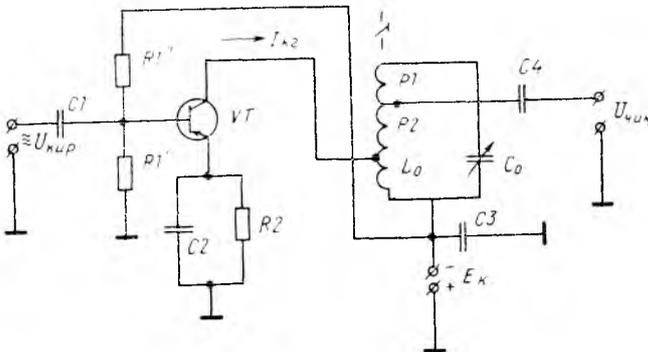
бу ерда K — ўрта частотали тебранишларни кучайтириш коэффициенти, $C_{\text{пар}}$ — схеманинг юқори частотали тебранишларни кучайтиришда қаршилик қиладиган «паразит» сифими; $g_{\text{ЭКВ}}$ — схема чиқишидаги эквивалент ўтказувчанлик.

4.2- §. ТАНЛОВЧАН КУЧАЙТИРГИЧЛАР

Танловчан кучайтиргичлар РЭА ларнинг жуда кенг соҳаларида ишлатилмоқда, бунга сабаб, улар тор полосадаги спектрларни кучайтиради. Бундай кучайтиргичларнинг чиқишидаги «юкланиш» бўлиб резонанс бера оладиган система ҳисобла-



4.2- расм. Транзисторли даврий бўлмаган кучайтиргичнинг схемаси.



4.3- расм. Резонанс кучайтиргич схемаси.

нади. Резонанс ҳодисасига кўра тор полосадаги сигналлар ичидан керакли частотадагиси танланади ва кучайтирилади, шунинг учун ҳам уларни кўпинча резонансли кучайтиргичлар деб юритилади. Кучайтиргичларнинг резонанс системаси бир контурли ёки ўзаро боғланган бир неча контурли бўлиши мумкин. Улар вазифасига кўра контурлар частота бўйича мосланувчи, бошқарилувчи ёки маълум частотага созланган бўлади. Бундай кучайтиргичлар икки турга бўлинади: бир контурли-резонансли кучайтиргичлар; икки ёки undan ортиқ контурли-полосали кучайтиргичлар. Бу иккала тур кучайтиргичлар транзисторлар, лампалар ёки микросхемалар базасида йиғилади.

1. Резонансли кучайтиргичлар

4.3-расмда бикутбний транзистор асосида йиғилган, бир тебраниш контурли частота бўйича C_0 конденсатор ёрдамида мосланувчи, юқори частотали, резонансли кучайтиргич схемаси кўрсатилган. Бу схеманинг айрим элементлари даврий бўлмаган кучайтиргичларда учрайдиган номлар билан номланади ва уларнинг вазифалари ҳам бир хил.

Даврий бўлмаган кучайтиргичлардан фарқли резонанс кучайтиргичлардаги схемаларда ўзининг хусусий частотасига эга бўлган резонанс контурлари мавжуд бўлиб, уларнинг тебраниш частотаси қуйидаги ифода орқали аниқланади:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_0 C_0}} \text{ (Гц)}.$$

Схемадаги ўзгарувчан сизимли C_0 конденсатор ёрдамида ихтиёрлий резонанс частотага эришиш мумкин. Агар частота спектрини жуда катта диапазонда ўзгартириш талаб этилса, у ҳолда C_0 билан бирга индуктивлик L_0 ҳам ўзгариши мумкин. Масалан, радио қурилмаларида мавжуд ғалтақларни коммутациялаш натижасида, турли тўлқинлар диапазони таллаш (ДВ, СВ, КВ ёки УКВ) мумкин ва шу тўлқин диапазонидаги ихтиёрлий станциянинг частотасига C_0 ёрдамида созлаб олинади. Маълумки, кучайтиргичларнинг ғалтақлари ичида созланувчи, ҳаракатланувчи ўзак жойлаштирилган бўлиб, ишлаб чиқариш корхонасида индуктивлиги маълум бўлган (керакли индуктивликдаги) ғалтақ тайёрланади. Индуктивлик ғалтаги ва ўзгарувчан сизимли конденсатор ўзаро параллел ёки кетма-кет уланиши мумкин; параллел уланганда тоқлар резонанси, кетма-кет уланганда кучланишлар резонанси ҳосил бўлади.

Транзисторнинг чиқиш қаршилиги билан навбатдаги каскаднинг кириш қаршилигини ўзаро тенглаштириш мақсадида кўпинча тебраниш контурларини тўлиқ уламаслик ҳам мумкин. Кўпинча $P1$, $P2$ улаш коэффициентлари схемаларда учраб туради, агар контур тўлиқ уланса, уланиш коэффициенти $P = 1$ бўлади.

Резонансли кучайтиргичнинг ишлаши

Юқори частотали кириш кучланиши ўтиш конденсатори $C1$ орқали транзистор VT га узатилади. Бу вақт ораллигида ўзгариш хусусиятига эга бўлган кучланиш транзистор орқали ўтаётган токни ўзгаришига (айрим вақтларда бутун занжир бўйлаб оқаётган ток ўзгаришига) таъсир кўрсатади. Қоллектор токининг I_k ўзгарувчан ташкил этувчиси резонанс контур (L_0, C_0) орқали ўтиши натижасида резонанс частотасида юқори эквивалент қаршилик ҳосил қилиши мумкин. Бунинг учун контурнинг хусусий (f_0) частотаси станция тарқатаётган юқори частотали сигнал (f_c) билан мос тушиши керак, яъни резонанс шarti бажарилиши лозим. Бу вақтда реактив қаршиликлар қийматлари автоматик равишда тенглашиши керак:

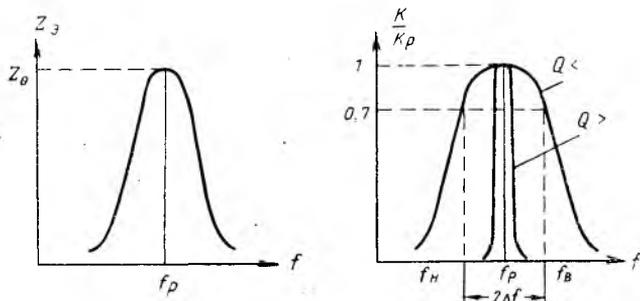
$$XL_0 = X_{C_0}.$$

Контурнинг эквивалент қаршилиги Z_3 ни частотага боғлиқлиги расмда келтирилган (4.4- расм). Частота резонанси вужудга келиши ($f_p = f_c$) натижасида резонанс токи пайдо бўлади ва катта эквивалент қаршилиги Z_0 да юқори частотали кириш кучланиши $U_{кир}$ дан K марта ортиқ кучланиш $U_{чик}$ вужудга келади. Резонансли кучайтиргичнинг кучланиш бўйича кучайтириш (K_U) коэффициенти қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$KU = P1 \cdot P2 \cdot S \cdot \rho \cdot Q_3,$$

бу ерда $P1, P2$ — контурни улаш коэффициентлари, S транзистор характеристикаси, MA (В), ρ — контурнинг қаршилиги (кОм), Q_3 — контурнинг эквивалент асиллиги.

Фараз қилайлик, кучайтириш каскади КТЗ12 транзистор асосида йиғилган бўлсин, унинг тиклик характеристикаси $S = 15 \frac{MA}{B}$ эканлигини эътиборга олиб, $\rho = 300$ Ом ва $Q_3 = 100$ бўлган замонавий тебраниш контуридан фойдаланган вақтимизда $P1 = P2 = 1$



4.4- расм. Кучайтириш коэффициентининг частотага боғлиқлик графиги:

a — умумий кўриниши, *b* — асиллигига боғлиқлиги.

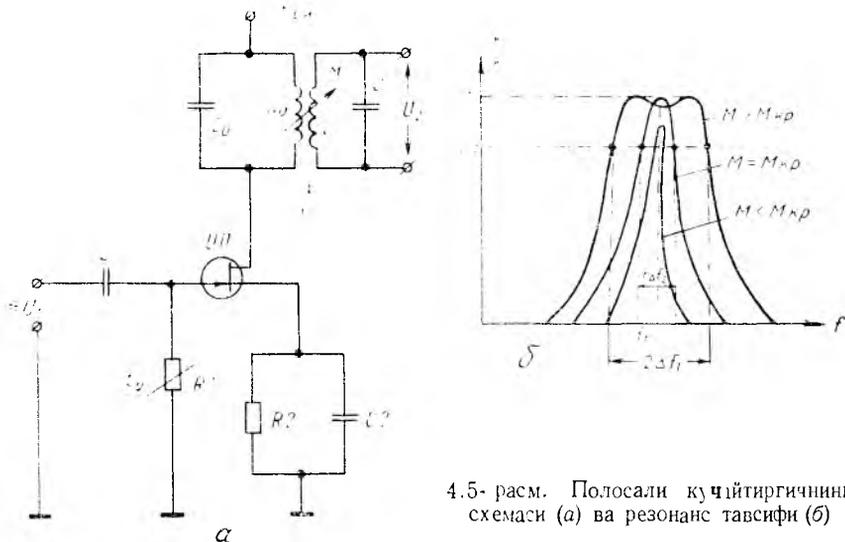
бўлганда кучайтириш коэффициентини $K_U = 450$ бўлишини кўришимиз мумкин. Бундан шундай хулоса қилиш мумкин, резонансли кучайтиргичлар берилаётган сигнални бир неча юз марта кучайтириш қобилиятига эга. Шунинг учун ҳам улар РЭА ларда юқори частотали тебранишларни кучланиш параметрлари бўйича кучайтиришда ишлатилади.

2. Полосали кучайтиргичлар

4.5 - расм, а да ўзаро боғланган иккита контурли L_0C_0 полосали кучайтиргичларнинг схемаси кўрсатилган. Полосали кучайтиргичлар резонансли кучайтиргичлардан фарқли равишда тебраниш контурлари ГОСТ томонидан қабул этилган маълум частотага созланган бўлади, яъни иш жараёнида улар қайта созланмайди. Масалан: РЭА ларда полосали филтрлар (тебраниш контурлари) стандарт $10,7 \pm 0,1$ мГц, 465 ± 2 кГц, $6,5 \pm 0,1$ мГц ли оралиқ частоталарга, телевизион қурилмаларда эса 6,5; 35,5; 37 ва 39 мГц частоталарга созланади.

Полосали кучайтиргичларда транзисторлар ва юқори частотали радиолампалар кучайтиргич асбоблари сифатида фойдаланилади. Ҳар қандай полосали кучайтиргичнинг ишлаш принципи қуйида кўриб чиқиладиган кучайтиргиччикига ўхшаш. Бизни мисолимизда кучайтирувчи асбоб сифатида n типдаги майдонли транзистордан фойдаланилган. Оралиқ частотали кучсиз кириш сигнали (айтайлик 465 кГц) транзистор базасига берилади ва сигналнинг қутби ва катталигига хос электр ўтказувчанликни ўзгартирувчи электр майдони ҳосил бўлади.

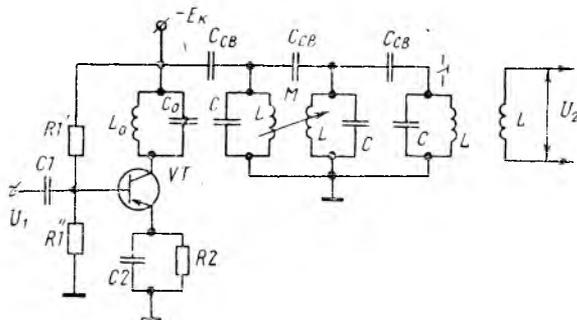
Транзистор қанали электр ўтказувчанлигининг ўзгириши натижа-сида ундан оқиб ўтаётган ток модуляцияланади. Сток (кириш) токи-нинг ташкил этувчиси оралиқ частотага созланган сигнал филтр



4.5- расм. Полосали кучайтиргичнинг схемаси (а) ва резонанс тавсифи (б)

контур $L_0 C_0$ дан ўтиб, кириш сигналнинг частотаси га амплитудаси бўйича ўзгаради. Натижада параллел контурда резонанс токи ҳосил бўлиб, L_0 контур атрофида кучли магнит майдони вужудга келтиради. Контурлар орасида (ёнма-ён жойлашган) индуктив боғланиш бўлгани сабабли иккинчи контурда индукцион ЭЮК ҳосил бўлади. LC контур оралиқ частотага созланган бўлиб, унда ҳам резонанс ҳодисаси юз беради ва кучайтирилган сигнал ҳосил бўлади. Контурлар оралиғини (галтакларни бир-бирига яқинлаштириб) ўзгартириб, кучайтиргичнинг ўтказиш полосасини бошқариш мумкин. 4.5-расм, б да полосали кучайтиргичнинг резонанс характеристикаси берилган. Бундан ташқари, расмда ҳар хил боғланишлар параметрида $0,707 K/K_p$ сатҳида ўтказиш полосасини (Δf) ўзгариши кўрсатилган.

Ихтиёрий боғланиш полосали кучайтиргичнинг резонанс характеристикаси бир контурли резонанс кучайтиргичга нисбатан яхши тўртбурчак шаклида бўлиб, юқори сезгирликка эга. Полосали кучайтиргичлар телевизор, радиоприёмникнинг оралиқ частотали кучайтиргичларида ва радиоаппаратларнинг юқори частотали трактида ишлатилади. 4.6-расмда тўпланган селекцияли, тўрт бўғинли филтёр (ТСФ) га эга бўлган полосали, транзисторли кучайтиргич схемаси берилган. Бу кучайтиргич билан юқори частотали сигнални кучайтиришнинг резонанс принципи юқоридаги кўриб чиқилган схемаларникидан фарқ қилмайди. Лекин кучайтиргич чиқини заңжиридagi боғланган контурлар системасининг бундай тузилиши бурчакли коэффициенти анча катта бўлган резонанс характеристикасини олишга имкон беради, бу эса юқори танловчанликни ва сигнални кучайтиришни юқори сифатли бўлишини таъминлайди. Ўзаро индуктив-сигим алоқалари ёрдамида электрик боғланган ва сигнал частотасига созланган индуктив галтаклар L ва конденсаторлар C дан тузилган бўғинлар филтёр элементлари бўлиб ҳисобланади. Автотрансформаторни уланиш схемалари кучайтиргичнинг кириш ва чиқишидаги тўлқин қаршиликларини ва бўғинларни бир-бири билан ўзаро мослаштириш имконини беради.

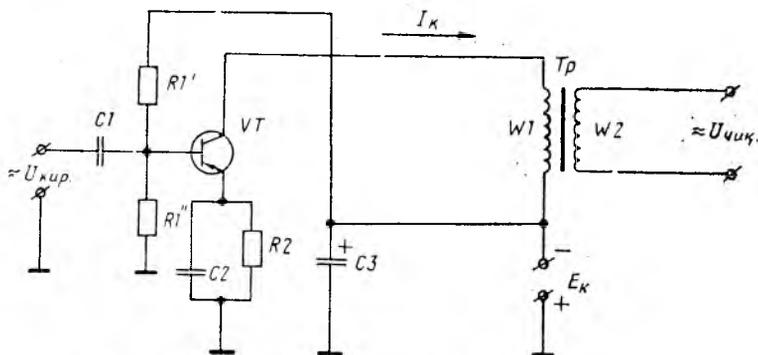


4.6-расм. Тўпланган селекция филтёри (ТСФ) полосали кучайтиргич схемаси.

ТСФ ли кучайтиргичлар транзисторли приёмникларнинг оралик частотали кучайтиргичларида қўлланилади.

4.3- §. ТРАНСФОРМАТОРЛИ ВА ДРОССЕЛЬ КАСКАДЛИ КУЧАЙТИРГИЧЛАР

Катта қувватли сигналлар даврий бўлмаган кучайтиргичларнинг нагрузка қаршилигида коллектор (анод) токининг доимий ташкил этувчиси ҳисобига катта қувват ажралиб чиқади. Шунинг учун тежамли РЭА да актив нагрузка R_H ўрнига трансформатор ёки дроссель қўлланилади.

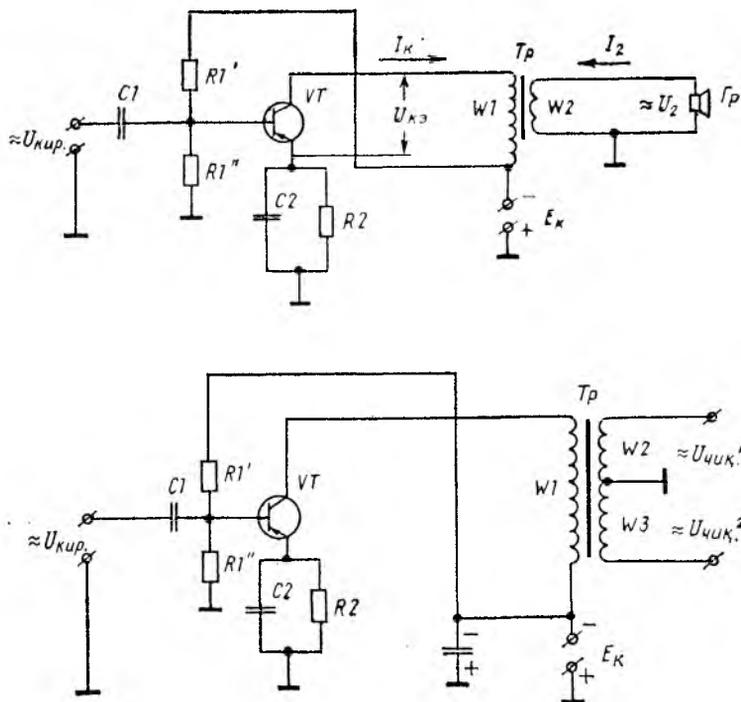


4.7- расм. Трансформаторли кучайтиргич схемалари

4.7- расмда трансформатор асосида бажарилган трансформаторли кучайтиргич берилган. Трансформатор чулғамларида кичик қаршиликли мис сим қўлланилганлиги сабабли, доимий токнинг ташкил этувчиси кичик бўлади, бу эса ўз навбатида дроссель ва трансформаторда кам энергия сарф бўлишига олиб келади. Пасайтирувчи трансформаторнинг схемада ($W2 \ll W1$) қўлланиши кучайтиргич коллекторининг юқори эквивалент қаршилигини паст Омли кучайтиргич юкланиш қаршилиги билан (масалан, радиокабель ёки динамик ғалтак) мослаш учун керак. Трансформаторли кучайтиргичлар икки типга: бир тактли ва икки тактлига бўлинади. Берилган чиқиш қуввати, рухсат этилган нозичиқли бузилишлар, РЭА нинг тежамли ишлашига қараб у ёки бу схема кучайтиргичлари ишлатилади.

1. Бир тактли трансформаторли кучайтиргич

Бир тактли трансформаторли кучайтиргичлар сигнални кучланиш параметри бўйича кучайтирувчи (каскадлараро кучайтиргич) ва қувват параметри бўйича кучайтирувчи (чиқиш кучайтиргичи) кучайтиргичлар сифатида ишлатилади. Каскадлараро кучайтиргич паст частотали ва юқори частотали сигнални кучланиш параметри бўйича олдиндан кучайтиришда



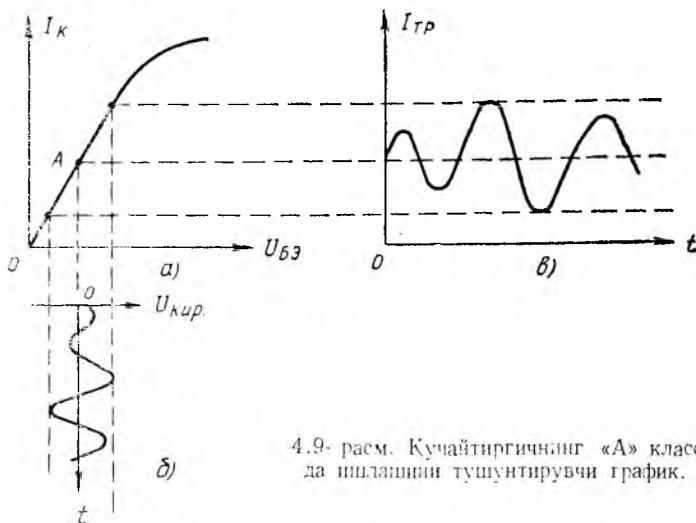
4.8- расм. Бир тактли трансформаторли чиқиш кучайтиргичнинг схемаси.

фойдаланилади. Каскадлараро кучайтиргичда юқори қувватли паст частотали транзисторлар ва паст частотали ўзакли трансформаторлар қўлланилади. Бу трансформаторлар бир ёки иккита симметрик иккиламчи ўрамга эга (4.8-расм а,б,в).

4.8- расм, б да кўрсатилган икки симметрик ўрам (w_2) (w_3) га эга бўлган каскадлараро транзисторли кучайтиргич, фазоинверсли каскад сифатида ишлайди. Каскад чиқишида иккита тенг, лекин қарма-қарши фазали кучланиш ҳосил бўлади. Бундай схема чиқишдаги икки тактли каскадларни олдинги каскад билан мослаштириш учун зарур.

Каскадлараро кучайтиргичнинг транзистор базасида сигнал бўлмаганда, унинг коллекторидаги кучланиш E_K га яқин бўлади. Бу вақтда трансформаторнинг иккиламчи чўлғамидаги чиқиш кучланиши $U_{чик}$ нолга тенг бўлади. Транзистор базасига сигнал берилганда коллектордаги ток киришдаги сигнал такти бўйича ўзгариб, трансформаторнинг бирламчи чўлғамида (Tp) ўзгарувчан кучланиш ҳосил қилади ва унинг иккиламчи чўлғамида кучланиш K марта кучайиб трансформацияланади.

4.9- расмда трансформаторли каскадлараро кучайтиргичларнинг чизиқли бузилиши кам бўлган ҳол учун (А класс) ВАХ ни чизиқли қисмида ишлаши кўрсатилган. Чиқиш трансфор-

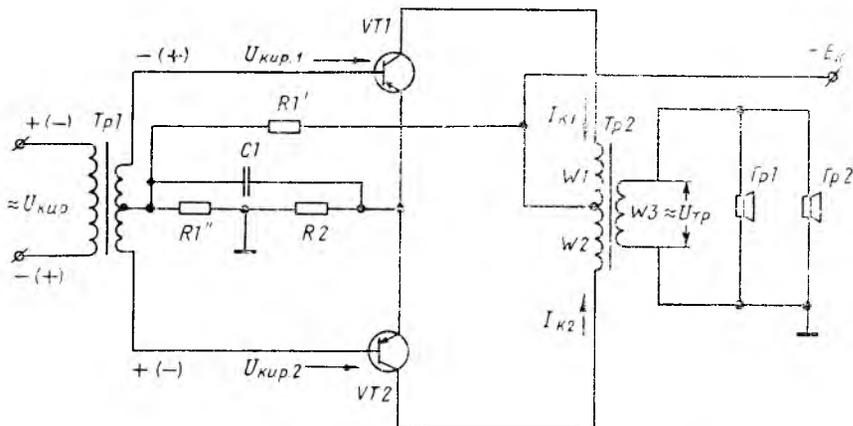


4.9- расм. Кучайтиргичнинг «А» классда ишлаганини тушунтирувчи график.

маторига эга бўлган кучайтиргичлар юкланиши сифатида, одатда энергия ўзгартиргичи ишлатилади. Масалан, радиоаппаратларда динамик карнай ёки колонка, радиотарқатгичда тўлқин тарқатувчи антенна ва ҳ.к. дан фойдаланилади.

Бу ҳолларда трансформаторли кучайтиргичлар юкланишида энг кўп берилган қувват ҳосил бўлади. Шунинг учун бундай каскадлар чиқиш ёки қувват кучайтиргичлар дейилади. Уларга олдиндан кучланиш бўйича кучайтирилган сигнал берилади. Чиқиш трансформаторининг бирламчи чулғами (ω_1) иккиламчи чулғамига (ω_2) nisbatan анча кўп. Трансформаторнинг иккиламчи чулғами йўғон, оз ўрамли мис симдан иборат бўлгани учун у энг кўп фойдали қувват ажратади.

Сигнални қувват бўйича кучайтирувчи схема қуйидагича ишлайди. Транзисторнинг базасига кириш сигнали берилиши натижасида унинг базасига эмиттер томонидан узатилаётган тешиклар сони P ўзгаради, натижада коллектор тоқининг катталиги ҳам кириш сигналга мос равишда ўзгаради. Коллектор тоқи I_k чиқиш трансформаторининг бирламчи чулғамидан ўтиб, берилган иккиламчи талаб қилинаётган кучланишдан бир неча марта ортиқ кучланиш тушишини таъминлайди. Схемада пасайтирувчи, паст частотали трансформатор қўллаш кучланишини нормал ҳолатга келтиради, бу эса юкланишдаги тоқнинг ортишига олиб келади. Натижада сигнални тоқ ёки кучланиш ҳамда қувват бўйича кучайтириш имкони яратилади. Бирламчи чулғамда ҳосил бўлган магнит майдон иккиламчи чулғамларда ЭЮК индукциялайди ва у ўз навбатида карнай ўрамлари орқали тоқ оқиб ўтишига сабаб бўлади. Натижада карнай ғалтагидан тоқ оқиб ўтиши электромагнит тўлқинларнинг акустик товуш тўлқинларига айланишига сабаб бўлади.



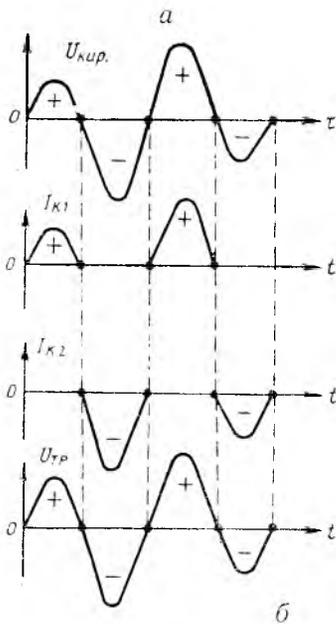
4.10-расм. Икки тактли чиқиш кучайтиргичининг схемаси (а) ва унинг ишгаиш графиги (б).

2. Икки тактли қувват кучайтиргичлари

Радиоқурилмаларда катта чиқиш қувватини олиш учун икки тактли кучайтиргичлардан фойдаланилади. Паст частотали қувват транзисторлари асосида ясалган икки тактли қувват кучайтиргичининг схемаси 4.10-расм, а да кўрсатилган.

Схема деталлари: $Tp1$ — каскадлараро мослаштирувчи трансформатор; $Tp2$ — чиқиш трансформатори; $\Gamma p1$, $\Gamma p2$ — параллел уланган радиокарнайлар; C_1 — блокировка конденсатори (ажратгич конденсатори); C_2 — кучайтиргичининг частота хараактеристикасини коррективловчи сифим; $R1$ ва $R2$ — базанинг ўзгармас силжиш кучланиши резисторлари.

Схеманинг ишлаши. Кучайтиргич силжиш кучланиши берилиши ҳисобига B режимда ишлайди. 4.10-расм, б да B режимда ишлаган кучайтиргичининг диаграммаси келтирилган. Каскадлараро мослаштирувчи трансформатор $Tp1$ нинг иккиламчи чулғамини ўрта нуқтаси ўзгарувчан ток бўйича блокирловчи конденсатори $C1$ орқали транзисторларнинг эмиттерлари билан уланган. Шунинг учун транзисторлар $V1$, $V2$ базасига берилган ўзгарувчи паст частотали кучланишлар $U_{к1р1}$, $U_{к1р2}$ 180° силжиган, яъни қарама-қарши фазада берилади. Транзисторларнинг база-эмиттер кучланишларини бундай фазавий муносабатларида улар навбат билан очилиб (ишга



бушиб), ўзининг коллектор занжирида чиқиш трансформатори $Tp 2$ ирламчи чулгамининг иккита ярим қисмларида қарама-қарши йўналишларда ўтувчи ўзгарувчан ток ҳосил қилади. Шунингдек, трансформаторнинг иккиламчи чулгамида ω_2 нагрукадан ўтаётган токнинг йўналишини ўзгартирадиган қарама-қарши фазали ЭЮК ҳосил бўлади. Транзисторлар наебатма-наебат ишлаб, ярим даврли сигналларни қувват параметри бўйича кучайтиради, чиқиш трансформаторининг иккиламчи чулгамидаги ток эса, кириш кучланиши шаклини такрорлайди.

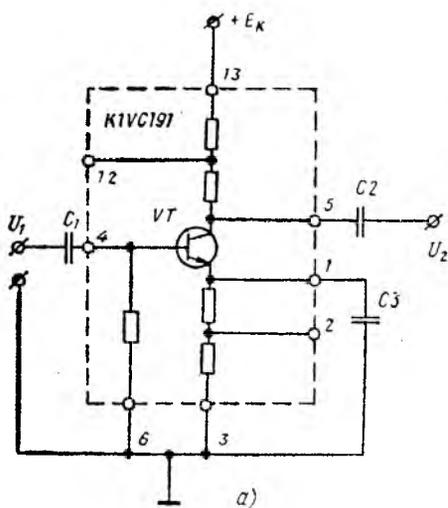
Идеал ҳолда коллектор кучланишининг фойдали иш коэффициенти бирга тенг бўлиши мумкинлиги ҳисобга олинса, схеманинг максимал ФИК $\eta_{\text{макс}} = 0,785$ бўлади. Бу А класс тартибда ишлаётган кучайтиргич ФИК дан юқори бўлиб, сигнал йўқлигида ҳам катта тинчлик токи ўтишидан далолат беради. Нативжада манбанинг энергия сарфи ортиб кетади.

Икки тактли схема бир тактли схемага нисбатан чиқишда фойдали қувватни икки марта оширади, токнинг иккинчи гармоника билан боғлиқ нозизиқли бузилишларини камайтиради, кучайтиргичнинг иккинчи гармоника билан боғлиқ бўлган нозизиқли бузилишларини камайтиради ва ниҳоят транзистор орқали нисбатан катта токларни ўтказиши натижасида улар кетма-кет ярим давр фарқи билан ишлайди. Бу эса транзисторнинг қизимасдан ишлашини таъминлайди.

3. Микросхемалар асосида йиғилган кучайтиргич каскадлари

Кейинги вақтларда радиоприёмник қурилмаларида аналог интеграл микросхемалар кенг қўлланилмоқда, улар базасида эса радиоаппаратларнинг турли хил каскадлари, шу жумладан кучайтиргичлар яратилмоқда.

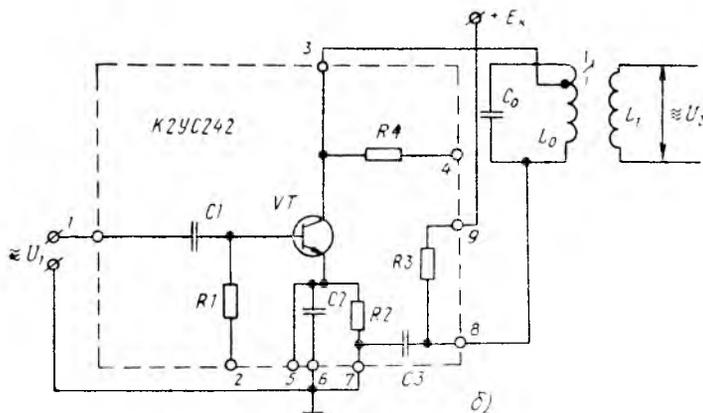
4.11-расмда К119 серияли интеграл микросхема асосида ясалган паст частотали резисторли кучайтиргичнинг принципал схемаси кўрсатилган. Микромодуль К1УС191 ни турли тартибда ишлатиш учун мўлжалланган, шунинг учун унинг иккита кўшимча 5 ва 12 чиқиқлари бор. Ташқи деталлари ўрнатма конденсаторлар $C1$, $C2$, $C3$ дан тайёрланган, Схеманинг ишлаши юқорида кўриб ўтилган схемага ўхшаш. 4.11-расм, б да К2УС242 микросхема асосида тайёрланган резонансли кучайтиргичнинг яна бир схемаси берилган (штрих чизик билан ажратиб кўрсатилган). Микросхема 9 та чиқиққа битта кремнийли транзисторга эга бўлиб, юқори частотали тебранишларни кучайтириш учун мўлжалланган. Схеманинг кириши 1 га кучайтирилувчи юқори частотали сигнал берилади ва у ажратиш конденсатори $C1$ орқали $n-p-n$ типли транзистор базасига келади. Коллектор занжирига юқори частота бўйича ажратувчи занжирча C_3R_3 (ажратувчи филтър) уланган. Эмиттер занжири элементлари $C_2 R_2$ транзистор базасидаги силжиш кучланишини ва термостабилизацияни ҳосил қилади.



Транзисторнинг коллектор занжирига автотрансформатор схемаси бўйича ўрнатма микродеталлардан иборат тебраниш контури $L_0 C_0$ уланган. Схепада кучланиш бўйича кучайтирилган юқори частотали сигнал чиқишда L индуктивлик орқали олинади ва кейинги каскадга узатилади.

4.11- расм. Микросхема базасида бажарилган полосали кучайтиргич схемаси:

а — 1VC191 базасида. б — K2YC242 базасида.

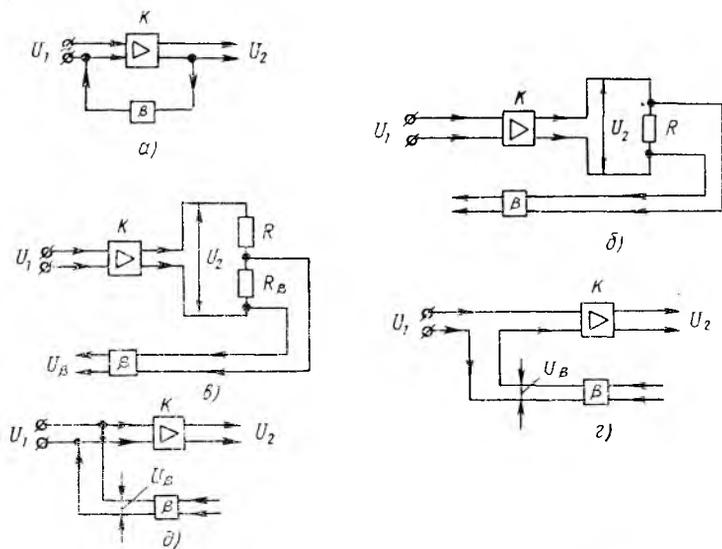


4.4- §. КУЧАЙТИРГИЧ КАСКАДЛАРИДАГИ ТЕСКАРИ АЛОҚАЛАР

Чиқиш сигнаolini кириш сигналига ёки кейинги каскадларнинг олдинги каскадларга бўлган таъсири кучайтиргичлардаги *тескари алоқа* деб юритилади. Тескари алоқали кучайтиргичнинг функционал схемаси 4.12- расмда кўрсатилган.

Тескари алоқадан фойдаланилганда бузилишларнинг ҳамма турлари камаяди, схеманинг хусусий шовқин даражаси заифлашади, кучайтириш лампаларнинг алмаштирилишига ва таъминловчи кучланишнинг ўзгаришларига камроқ боғлиқ бўлади.

Мусбат ва манфий тескари алоқалар мавжуд. Агар тескари алоқанинг кучланиш фазаси кучайтиргич киришига таъсир этган кучланиш фазаси билан мос тушса, бунда алоқа *мусбат*



4.12-расм. Кучайтиргичларда тескари алоқа

алоқа дейилади ва бунда умумий кириш кучланиши миқдор жиҳатидан ортади. Агар тескари алоқа киритилиши натижасида кириш кучланиши камайса (уларнинг фазалари қарама-қарши бўлади), бундай алоқа *манфий алоқа* деб аталади.

Мусбат тескари алоқалар электрон автогенераторларда қўлланилмоқда. Манфий алоқалар сифат кўрсаткичларини орттириб, кучайтириш коэффициентини камайтиришига қарамасдан, улардан кучайтиргичларда кенг фойдаланилади.

Тескари алоқа занжирлари тескари алоқа кучланишини кучайтиргичнинг чиқишидан олинмиш усулига қараб кучланиш ва ток бўйича тескари алоқага; кучланиш узатилиши усули бўйича, кетма-кет ва параллел тескари алоқаларга ажратилади.

Кучланиш бўйича кетма-кет манфий тескари алоқа схемаси амалда кенг қўлланилади, у кучайтиргич схемасининг кириш қаршилигини орттиради ва чиқиш қаршилигини камайтиради. Тескари алоқа киритилганда кучайтиргичнинг киришидаги кучланиш қуйидагича аниқланади:

$$U'_{\text{кир}} = U_{\text{кир}} (1 \pm K\beta),$$

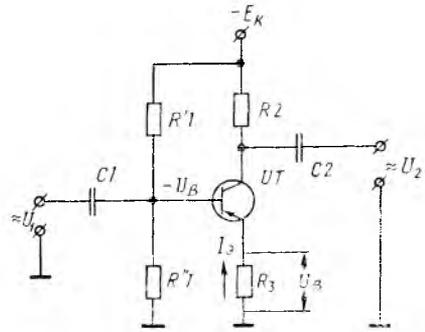
бу ерда K — кучайтиргичнинг тескари алоқасиз кучайтириш коэффициенти, β — тескари алоқа занжирининг узатиш коэффициенти

$$\beta = \frac{U_{\text{в}}}{U_{\text{чик}}}$$

Кучайтиргичнинг тескари алоқа билан бўлган умумий коэффициенти қуйидагича тенг:

$$K_{т.а} = \frac{K}{1 \pm K\beta}$$

4.13- расмда ток бўйича мусбат тескари алоқали кучайтиргичнинг схемаси берилган. Бу схемада тескари алоқа сигим билан шунтланмаган резистор R_3 қаршилиги эмиттер анод занжирдаги автоматик силжиш қаршилиги орқали амалга оширилади. Схема учун тескари алоқа коэффициентини $\beta = \frac{R_3}{R_2 + R_3}$ ифодадан аниқланади.



4.13- расм. Ток бўйича тескари алоқали (β) кучайтиргич схемаси.

Қайд этиб ўтиш керакки, кучайтиргичларда сунъий ҳосил қилинган тескари алоқалардан ташқари, тасодифий паразит алоқалар ҳам юзага келиши мумкин. Агар бундай алоқалар мусбат бўлса, у ҳолда кучайтиргич ўз-ўзидан қўзғалиб чиқишда хуштак, шовқин ва шунга ўхшаш кераксиз овозлар ҳосил қилади. Бу алоқалар электродларaro конструктив сигимлар, схема деталлари орасидаги индуктив ва сигим алоқалар, таъминлаш манбаи ва бошқалар орқали ҳосил бўлади. Уларни йўқотиш учун ажратувчи занжирлардан алоҳида таъминлаш манбаларидан фойдаланиб ва бошқа паразит сигналларни йўқотувчи чоралар кўрилади.

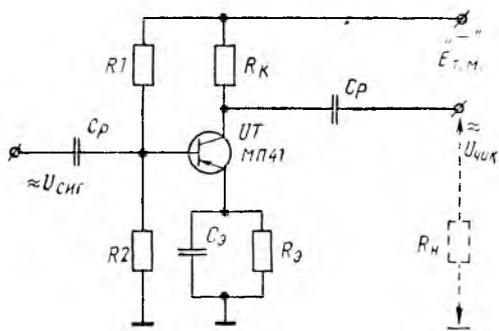
Шундай қилиб, кучайтиргич схемасида сунъий йўл билан ҳосил қилинган маъфий тескари алоқа кучайтиргичнинг электр хоссаларига кучли таъсир қилади; унинг асосий сифат кўрсаткичларини яхшилайти, нозизиқли, частотали ва фазавий бузилишларни камайтиради. Тескари алоқа киритиб, кучайтиргичнинг кириш ва чиқиш қаршиликларини ўзгартириш мумкин.

Шуни назарда тутиш керакки, маъфий тескари алоқа кучайтириш коэффициентини камайтиради, бу эса схемани ўз-ўзидан қўзғалишдан сақлайди, аксинча, мусбат тескари алоқа кучайтириш коэффициентини оширади ва агар тескари алоқа коэффициентини оширилса ($K_{\beta} \rightarrow 1$) схема ўз-ўзидан қўзғатадиган бўлиб қолади. Жумладан, мусбат тескари алоқа ёмон монтаж қилиш оқибатида ҳосил бўлиши мумкин, шунинг учун схема элементлари орасида паразит монтаж сигимларини йўқотиш мақсадида, монтажни қисқа симлар билан бежирим қилиб бажариш керак.

4.5- §. КАСКАДЛАРНИ ҲИСОБЛАШНИНГ АСОСИЙ УСУЛЛАРИ

1. Резисторли, паст частотали кучайтиргични ҳисоблашга мисол (4.14- расм)

Вариант номери ва улар учун берилганлар 1 ва 2- жадвалдан олинади. Фамилиянинг бош ҳарфига асосан 1- жадвалнинг «Алфавит» устунидан ҳисоблаш учун керак бўлган схеманинг



4.14- расм. Биқутбий транзистор асосли паст частотали кучайтиргич схемаси.

(исмингиз — жуфт; отангиз номи тоқ ёки аксинча) бўлса, берилган катталиклар 2- жадвалнинг тоқ қаторлари (1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15) дан олинади. Масалан, Исмоилов Собир Парпиевичнинг схемаси (1- жадвалдан «и» ҳарфи рўпарасида) 5 номер бўлади.

Берилган катталиклар (Собир — «С» — тоқ, Парпиевич — «П» — тоқ) жуфт қатордан олинади:

$$E_{т.м} = 250 \text{ В}, \quad P_{чик} = 2 \text{ Вт}, \quad F_{п} = 600 \text{ Гц}, \quad F_{ю} = 6000 \text{ Гц}.$$

4.1- жадвал. Топшириқлар учун схемалар

Алфавит		Схема номери	Схемалар номи
жуфт	тоқ		
А К Ф	Е П Ш	1	Биқутбий транзистор асосидаги резисторли, паст частотали кучайтиргич
Б Л Х	Е Р Ы	2	Майдон транзистор асосидаги резисторли паст частотали кучайтиргич
В М Ц	Ж С Э	3	Транзистор асосидаги бир тактли, қувват кучайтиргичи
Г Н Ч	З Т Ю	4	Чиқиши трансформаторсиз бўлган икки тактли қувват кучайтиргичи
Д О Ш	И У Я	5	Нурли тетродда бажарилган қувват кучайтиргичи

Топшириқ. Биқутбий транзистор асосида бажарилган ПЧК ни ҳисоблаш керак (4.1- жадвалдан олинади). Берилган катталиклар (4.2- жадвалдан олинади): $E_{т.м} = 9 \text{ В}$; $P_{чик} = 0,5 \text{ Вт}$; $F_{п} = 100 \text{ Гц}$;

4.2- жадвал. Курс ишларини бажариш учун берилган катталиклар.

Схема номери	Жуфт ва тоқ қаторлар															
	Е.т.м. (В)	Р _{чик} (Вт)	F _п (Гц)	F _ю (Гц)	M _п (ДБ)	M _ю (ДБ)	K _г , %	R _ц (Ом)								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
9	12	0,15	0,9	175	200	5000	6000	1,05	1,10	1,1	1,2	3	4	5	8	
11	8	0,05	0,22	155	250	4000	8000	1,1	1,2	1,05	1,10	5	6	5	5	
9	12	0,3	0,6	315	400	11000	10000	1,05	1,10	1,05	1,10	7	8	9	10	
11	10	0,5	1,0	415	450	5000	6000	1,1	1,2	1,1	1,2	5	6	5	8	
275	250	2,5	2,0	415	600	7000	6000	1,1	1,10	1,1	1,10	7	8	5	6	

4.3- жадвал. Каскадларни ҳисоблашда катталикларни аниқлаш.

Схема номери	Тошиш талаб этилган
1.	1. Транзисторнинг типи. 2. Схема элементининг параметрлари. 3. $U_{\text{чик}}$ — юкланишдаги кучланиш. 4. K — схеманинг кучайтириш коэффициенти.
2.	1. Транзисторнинг типи. 2. Транзисторнинг иш тартиби 3. Схема элементларининг параметрлари. 4. K — схеманинг кучайтириш коэффициенти.
3.	1. Транзисторнинг типи. 2. Транзисторнинг иш тартиби 3. Схема элементларининг параметрлари. 4. K — схеманинг кучайтириш коэффициенти.
4.	1. Транзисторнинг типи. 2. Кириш қаршилиги. 3. Кириш кучланиши. 4. Схема элементларининг параметрлари. 5. K — схеманинг кучайтириш коэффициенти.
5.	1. Лампанинг типи. 2. Силжиш кучланиши. 3. Трансформаторнинг индуктивлиги. 4. K — схеманинг кучайтириш коэффициенти. 5. Трансформация коэффициенти.

$F_{\text{ю}} = 5000$ Гц; $M_{\text{ю}} = 1,05$; $K_{\text{Г}} = 5\%$; $R_{\text{н}} = 500$ Ом. Аниқлаш керак (4.3 жадвалдан олинади): транзисторнинг типи; иш режими; схема элементларининг параметрлари; кучланиш бўйича кучайтириш коэффициенти; чиқиш кучланиши.

Ҳисоблаш. 1. $E_{\text{Т,М}} = 9$ В ва $P_{\text{чик}} = 0,5$ Вт бўлган ҳолда спиралочникдан МП41 транзисторини танлаймиз, унинг катталиклари қуйидагича:

$$U_{\text{кэ}} = 15_{\text{В}} > E_{\text{Т,М}}, h_{11_{\text{э}}} = 660 \text{ Ом}, h_{12_{\text{э}}} = 10^{-4},$$

$$f h_{21_{\text{э}}} = 25 \text{ кГц}, h_{21_{\text{э}}} = 30, h_{22_{\text{э}}} = 20 \text{ мк См}, I_{\text{кэ}} = 15 \text{ мкА},$$

$$\Delta h_{\text{э}} = h_{11_{\text{э}}} \cdot h_{22_{\text{э}}} - h_{12_{\text{э}}} \cdot h_{21_{\text{э}}} = 660 \cdot 20 \cdot 10^{-6} - 10^{-4} \cdot 30 \approx 10,2 \cdot 10^{-3}.$$

2. Коллектор токининг доимий ташкил этувчисини топамиз:

$$I_{\text{к мин}} = (5 \dots 10) I_{\text{кэ}} = 10 \cdot 15 = 150 \text{ мкА};$$

$$I_{\text{к}} \geq I_{\text{н}} + I_{\text{к мин}} = 1 + 0,15 = 1,15 \text{ мА};$$

$I_{\text{к}} = 1,2$ мА қабул қиламиз.

3. Коллектор ва эмиттер орасидаги энг кичик кучланишни танлаймиз

$$U_{кэ \min} = 1 \text{ В.}$$

4. Коллектор ва эмиттер орасидаги кучланишни аниқлаймиз.

$$U_{кэо} \geq U_{кэ \min} + U_{н} = 1 + 0,5 = 1,5 \text{ В;}$$

$U_{кэо} = 2 \text{ В}$ деб қабул қиламиз.

5. База токини аниқлаймиз:

$$I_{БО} = \frac{I_{к}}{h_{21 \text{ э}}} = \frac{1,2}{30} = 0,04 \text{ мА;}$$

6. Эмиттер занжиридаги $R_{э}$ қаршилик кучланишини танлаймиз:

$$U_{R_{э}} = (0,15 \dots 0,2) E_{тм} = 0,2 \cdot 9 = 1,8 \text{ В.}$$

7. Коллектор занжиридаги қаршиликни ҳисоблаймиз:

$$R_{к} = R_{нк} = \frac{E_{тм} - U_{кэо} - U_{R_{э}}}{I_{к}} = \frac{9 - 2 - 1,8}{1,2 \cdot 10^{-3}} \approx 4,33 \text{ кОм;}$$

$R_{к} = 4,3 \text{ кОм}$ деб қабул қиламиз.

8. Коллектор ва база занжирларидаги токнинг доимий ташқил этувчиларини аниқлаймиз:

$$I_{к} \geq I_{к \min} + \frac{U_{н} (R_{к} + R_{н})}{R_{к} \cdot R_{н}} = 0,15 + \frac{0,5 (4,3 + 0,5) \cdot 10^3}{4,3 \cdot 0,5 \cdot 10^3} = 1,26 \text{ мА;}$$

$$I_{БО} = \frac{I_{к}}{h_{21 \text{ э}}} = \frac{1,5 \cdot 10^{-3}}{30} = 50 \text{ мкА;}$$

$I_{к} = 1,5 \text{ мА}$, $I_{БО} = 50 \text{ мкА}$ деб қабул қиламиз.

9. Эмиттер занжиридаги қаршиликни ҳисоблаймиз:

$$R_{э} = \frac{U_{R_{э}}}{I_{к}} = \frac{1,80}{1,5 \cdot 10^{-3}} = 1200 \text{ Ом;}$$

$R_{э} = 1200 \text{ Ом}$ деб қабул қиламиз.

10. Занжирнинг силжиш токини танлаймиз:

$$I_{1,2} = (3 \dots 5) I_{БО} = 5 \cdot 0,050 = 0,25 \text{ мА.}$$

11. Занжирнинг иш нуқтасини мувозанатловчи қаршиликни аниқлаймиз:

$$R2 = \frac{U_{R_{э}} + U_{эБ}}{I_{1,2}} = \frac{1,80 + 0,2}{0,25 \cdot 10^{-3}} = 8000 \text{ Ом.}$$

$R2 = 8200 \text{ Ом}$ деб қабул қиламиз.

12. Занжирнинг иш нуқтасини мувозанатловчи қаршиликни ҳисоблаймиз.

$$R1 = \frac{E_{тм} - U_{R_{э}} - U_{эБ}}{I_{1,2} + I_{БО}} = \frac{9 - 1,80 - 0,2}{0,25 \cdot 10^{-3} + 0,05 \cdot 10^{-3}} = 23,3 \text{ к Ом;}$$

$R1 = 22 \text{ к Ом}$ деб қабул қиламиз.

13. Иш нуқтасининг ностабил коэффициентини ҳисоблаймиз:

$$R_{1,2} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{22 \cdot 10^3 \cdot 8200}{22 \cdot 10^3 + 8200} \approx 6000 \text{ Ом.}$$

$$\sigma = 1 + \frac{R_{1,2}}{R_3} = 1 + \frac{6000}{1200} = 6 < 8.$$

14. Коллектор занжири юкланишининг эквивалент қаршилигини ҳисоблаймиз:

$$R_3 = \frac{R_K \cdot R_{II}}{R_K + R_{II}} = \frac{4300 \cdot 500}{4300 + 500} = 450 \text{ Ом.}$$

15. Ток бўйича кучайтириш коэффициентини аниқлаймиз:

$$K_{I_3} = \frac{h_{213}}{1 + R_{K3} \cdot h_{223}} = \frac{30}{1 + 450 \cdot 20 \cdot 10^{-6}} = 29,76.$$

16. Кириш қаршилигини ҳисоблаймиз:

$$R_{кир} = \frac{h_{113} + R_{K3} \cdot \Delta h_3}{1 + R_{K3} \cdot h_{223}} = \frac{660 + 450 \cdot 10,2 \cdot 10^{-3}}{1 + 450 \cdot 20 \cdot 10^{-6}} = 660 \text{ Ом.}$$

17. Кучланиш бўйича кучайтириш коэффициентини ҳисоблаймиз:

$$K_{U_3} = \frac{h_{213} \cdot R_{K3}}{h_{113} + \Delta h_3 \cdot R_{K3}} = \frac{30 \cdot 450}{660 + 10,2 \cdot 10^{-3} \cdot 450} = 20,3.$$

18. Каскадинг чиқиш қаршилигини аниқлаймиз:

$$R_{чик} = \frac{R_{сиг} + h_{113}}{h_{223} \cdot R_{сиг} + \Delta h_3} = \frac{500 + 600}{20 \cdot 10^{-6} \cdot 500 + 10,2 \cdot 10^{-6}} = 57,5 \text{ кОм.}$$

19. Ажратиш конденсаторининг сирғимини ҳисоблаймиз:

$$C_{ажр} = \frac{1}{\Omega_{II} \cdot (R_K + R_{II}) (\sqrt{M_{II}^2 - 1})} = \frac{1}{6,28 \cdot 10^{+2} (4300 + 500) (\sqrt{(1,01)^2 - 1})} = 1,43 \text{ мкФ.}$$

$C_{ажр} = 2 \text{ мкФ}$ деб қабул қиламиз.

20. Диапазоннинг юқори частотасидаги частота бузилиш коэффициентини текшираимиз:

$$M'_{ю} = \sqrt{1 + (\Omega_{ю} \cdot R_{K3} \cdot C_{K3})^2} = \sqrt{1 + (6,28 \cdot 5 \cdot 10^3 \cdot 450 \cdot 5 \cdot 10^{-9})^2} = 1,0026;$$

$$M''_{ю} = \sqrt{1 + \left(\frac{F_{ю}}{fn_{213}}\right)^2} = \sqrt{1 + \left(\frac{5}{25}\right)^2} \approx 1,02;$$

$$M_{ю} = M'_{ю} \cdot M''_{ю} = 1,0026 \cdot 1,02 \approx 1,022.$$

21. Эмиттер занжиридаги C_3 блокировкакаш конденсаторининг сизгимини ҳисоблаймиз:

$$C_3 = \frac{1}{\Omega_n \cdot R_{\Sigma} \cdot \sqrt{M_{нэ}^2 - 1}} = \frac{1}{6,28 \cdot 10^2 (500 + 600) \sqrt{(1,01)^2 - 1}} = 9,7 \text{ мкФ.}$$

$C_2 = 10 \text{ мкФ}$ деб қабул қиламиз.

2. Қаршиликли кучайтиргич каскадини ҳисоблаш (4.15-расм).

Берилган: Каскаднинг кучайтириш коэффициенти катталиги; иш частотаси диапазони; частота диапазони чегарасидаги рухсат этиладиган M_n ва $M_{ю}$ частота бузилишлари; ток манбаи кучланиши.

Аниқлаш керак: транзистор тури ва иш тартибини танлаш; схемадаги каскад элементларининг параметрлари; диапазоннинг ўртача частотасига мос келадиган кучайтириш коэффициенти.

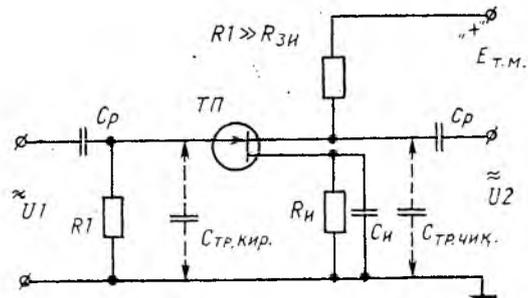
Ҳисоблаш. 1. Транзистор тури асосан кучайтириш коэффициенти катталигига ва каскадга уланган ток манбаининг қийматига боғлиқ ҳолда танланади. Кучайтириш коэффициенти K қанча катта бўлса, танланаётган транзисторнинг характеристика тиклигининг параметри ҳам шунча катта қийматга эга бўлади. Шунинг учун транзистор танлаётганда қуйидаги муносабатдан фойдаланиш мумкин.

$$K = (0,1 - 0,3) S.$$

Танланган транзисторга хос бўлган $U_{сп}$ катталик берилаётган ток манбаининг кучланишидан кам бўлмаслиги керак.

2. Қуйидаги муносабатдан фойдаланиб, R_3 қийматини ҳисоблаймиз $R_3 = \frac{\sqrt{M_{ю}^2 - 1}}{\Omega_{ю} \cdot C_0}$, бу ерда $C_0 = C_{тр.чик} + C_{тр.кир} + C_m$; $\Omega = 2\pi F_0$ эканлигини эътиборга олиш зарур.

3. Сток (кириш) занжиридаги R_c қаршиликни аниқлаймиз $R_c = \frac{R_3}{1 - g_{22} \cdot R_3}$. Агар ҳисоб натижасида аниқланган R_c нинг қиймати манфий ишорали бўлса, бу юқори частота чегарасидаги частота бузилишлари $M_{ю}$ берилган катталигидан ортиб кетмаслигини билдиради.



4.15- расм. Майдон транзистор асосли паст частотали кучайтиргич схемаси.

4. Кейинги каскаднинг затвор занжиридаги қаршилик миқдорини қуйидаги муносабатдан фойдаланиб таплаймиз:

$$M_{\Pi} = \sqrt{1 + \left(\frac{1}{\Omega_{\Pi} \cdot C_p \cdot R_{3\Pi}}\right)^2}, \quad (R_{3\Pi} \approx 500 \text{ кОм}).$$

Сўнгра ажратиш конденсатори C_p ни аниқлаймиз:

$$C_p \geq \frac{1}{\Omega \cdot R_{3\Pi} \cdot \sqrt{M_{\Pi}^2 - 1}}.$$

5. Сток (кириш) занжиридаги қаршилик қиймати аниқлангандан кейин, транзисторнинг динамик характеристикасини қурамиз ва график усулдан фойдаланиб (T_{c1}) сток занжиридаги ва затвор-исток ораллигидаги доимий кучланишлар катталигини топамиз.

6. Каскадни ўртача частотадаги кучайтириш коэффициентини қуйидаги муносабат орқали аниқланади:

$$K_{\text{срт}} = \frac{S}{g_{22} + \frac{1}{R_c} + \frac{1}{R_{3\Pi}}}.$$

Бу тенглама адабиётларда берилган характеристика тиклиги қиймати ўрнига, амалий йўл билан ҳисобланган, транзисторнинг иш тартибига тўғри келувчи ($S_{\text{наст}}$ катталиқдан кам бўлиши мумкин бўлган) қиймат қўйилади. Майдон транзисторларида қаршиликли кучайтиришни кучланиш бўйича кучайтириш коэффициенти 5 ÷ 10 чегарасида бўлади.

7. Исток (чиқиш) занжирида резистор қаршилиги R_{Π} ва блокировка конденсаторининг сифими қуйидаги тенгламалар орқали аниқланади.

$$R_{\Pi} = \frac{U_{3\Pi}}{I_{c0}}; \quad C_{\Pi} \geq \frac{100}{\Omega \cdot R_{\Pi}};$$

Агар R_{Π} қаршилик қиймати R_c қаршилик қийматига миқдор жиҳатдан тенг бўлса, у ҳолда R_{Π} ва R_c ларнинг йиғинди қийматига тўғри келган янги динамик характеристикасини қуриб, тинч режим ҳолатидаги ток I_{c0} аниқланади ва R_{Π} резисторнинг қаршилиги аниқлаштирилади. Бундай ҳисоблаш кетма-кетлигини электрон лампа асосида йиғилган кучайтириш каскадини ҳисоблашда ҳам қўлланилади. Доим $R_{\Pi} \geq R_{3\Pi}$ бўлиши керак.

3. Трансформаторсиз чиқишга эга бўлган икки тактли кучайтириш каскадини ҳисоблаш (4.16-расм).

Берилган. Чиқишдаги фойдали қувват $P_{\text{чик}}$; юкланиш қаршилиги R_{Π} ; частоталар диапазони $F_{\Pi} - F_{\text{ю}}$; частоталарнинг рухсат этилган бузилиши M_{Π} ва $M_{\text{ю}}$ ночизиқли рухсат этилган бузилиш.

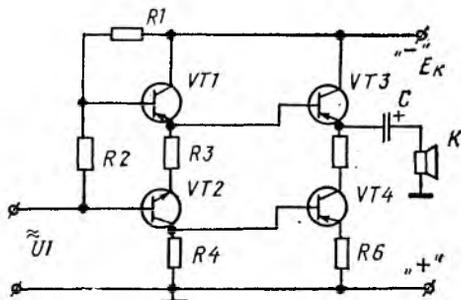
Аниқлаш керак: транзисторнинг типи; таъминлаш манбаи кучланиши ва чиқиш занжирининг иш режими; кириш кучланиши ва

база токи; киришда истеъ-
мол қилинадиган қувват ва
кириш қаршилиги; ажратиш
конденсаторининг сифими.

Ҳисоблаш. 1. Нагруз-
кадаги ток амплитудасини
аниқлаймиз.

$$I_{п} = \sqrt{\frac{2P_{\text{чиқ}}}{R_{п}}}$$

2. Нагрузкадаги кучла-
ниш амплитудасини ҳисоб-
лаймиз.



4.16- расм. Трансформаторсиз чиқишга эга бўлган икки тактли кучайтиргич схемаси.

$$U_{п} = R_{п} \cdot I_{п}$$

3. Коллектор занжиридаги истеъмол кучланишини топамиз.

$$E_{к} = U_{п} + U_{кэ \text{ min}}$$

4. Қуйидаги шартлардан фойдаланиб транзистор типини танлай-
миз.

$$U_{кэ \text{ рухс}} > E'_{к}; I_{к \text{ max}} > I_{п}; P_{к \text{ рухс}} > 0,25P_{\text{чиқ}}$$

5. Чиқиш характеристикаларидан коллектордаги кучланишни аниқ-
лаб, таъминлаш манбаининг кучланишини топамиз.

$$E_{к} = 2E'_{к} = 2(U_{п} + U_{кэ \text{ min}})$$

6. Коллектор токининг бошланғич қийматини (сокин токини)
танлаймиз.

$$I'_{ко} \approx (0,05 - 0,1) I_{п}$$

7. Коллектор токининг донмий ташкил этувчисини топамиз.

$$I_{к} = I'_{ко} \div \left(\frac{1}{\pi}\right) I_{п}$$

8. Таъминлаш манбаидан истеъмол қилинаётган қувватни топа-
миз.

$$P_{ко} = E_{к} \cdot I_{к}^2$$

9. Коллектор занжиридаги сочилиш қувватини ҳисоблаймиз.

$$P'_{к} = P_{ко} - 0,5P_{\text{чиқ}} < P_{к \text{ рухс}}$$

$$P'_{к \text{ max}} \approx 0,25P_{\text{чиқ}} < P_{к \text{ рухс}}$$

10. Қаскаднинг ФИҚ аниқлаймиз.

$$\eta = \frac{P_{п}}{2P'_{ко}}$$

11. Транзисторнинг чиқиш характеристикаларидан фойдаланиб,

сокин ҳолдаги база токи (I_{BO}) ва базанинг максимал токи I_B қийматини топамиз.

12. Транзисторнинг кириш характеристикаларидан фойдаланиб, сокин ҳолдаги база кучланиши $U_{ЭБО} = f(I'_{BO} \cdot E_k)$ ва максимал кучланиш қийматини $U_{ЭБмакс} = f(I_{Бмакс}, U_{қолдиқ})$ аниқлаймиз. Агар маълумотномаларда фақат коллектордаги кучланиш $U_{кэ} = 0$ ва $U_{кэ} = 5В$ ҳолат учун кириш характеристикаси берилган бўлса, кучланиш $U_{кэ} = 5В$ бўлган кириш характеристикасидан сокин ҳолдаги база кучланишини, максимал кучланишни эса $U_{кэ} = 0$ кучланишдаги кириш характеристикасидан топамиз.

13. Кириш кучланишининг амплитудасини ҳисоблаймиз:

$$U_{кир} = U_T = U_{ЭБмакс} - U_{ЭБО}.$$

14. Кириш токининг амплитудасини аниқлаймиз: $I_{кир} = I'_{Бмакс} - I'_{БО}$.

15. Кириш занжиридаги сигналлар манбадан истеъмол қилинаётган қувватни аниқлаймиз

$$P_{кир} = 0,5 \cdot U_{кир} \cdot I_{кир}.$$

16. Қаскаднинг кириш қаршилигини ҳисоблаймиз:

$$R_{кир} = \frac{U_{кир}}{I_{кир}}.$$

17. Иш нуқтасини мувозанатловчи элементларнинг параметрларини ҳисоблаймиз. Агар охириги ва ундан олдинги каскадларда бевосита алоқадан фойдаланилса, доимий ток бўйича $VT3$ ва $VT4$ транзисторлари асосида бажарилган занжирнинг иш тартиби $VT1$ ва $VT2$ транзисторларнинг иши ва $R3, R4, R5, R6$ резисторларнинг қаршилиги билан таъминланади, $R5$ ва $R6$ резисторларда таъминлаш манбаининг кучланиши 5—10% тушади. $VT4$ транзисторнинг эмиттери ва базаси орасидаги доимий кучланиши кучланишлар фарқига тенг бўлади:

$$U_{ЭБ4} = U_{R4} - U_{R6}.$$

$VT3$ транзисторнинг эмиттер ва базаси орасидаги доимий кучланиш:

$$U_{ЭБ3} = U_{R3} + U_{КЭ2} + U_{R4} - U_{R5} - U_{КЭ4} - U_{R5}.$$

Каскадлар орасида трансформаторли алоқадан фойдаланилса, $R1, R2$ ва $R6$ резисторлар эмиттерли моддий схемадаги сингари ҳисобланади. Одатда занжирдаги ток база транзистори занжиридаги токнинг доимий ташкил этувчиларидан 3—5 марта ортиқ бўлади.

18. Конденсаторни зарядлаш ва разрядлашда кучланишларнинг руҳсат этилган тушишини $\delta = 0,03 - 0,05$ ҳисобга олиб ажратиш конденсаторининг сигимини ҳисоблаймиз:

$$C_p = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot F_n \cdot R_n \cdot \delta}$$

19. Паст частоталар соҳасида частоталар бузилишини баҳолаймиз:

$$M'_n = \sqrt{1 + \left(\frac{1}{\Omega \cdot R_n \cdot C_p}\right)^2}; \quad M''_n = \sqrt{1 + \frac{1}{\Omega_n \cdot R_n \cdot C_p}};$$

$$M_n = M'_n \cdot M''_n < M_{n \text{ рухс}}.$$

20. Юқори частоталар соҳасида частоталар бузилишини баҳолай-
миз:

$$M_{ю} = \sqrt{1 + \left(\frac{F_{ю}}{f l_{219}}\right)^2} < M_{ю \text{ рухс}}.$$

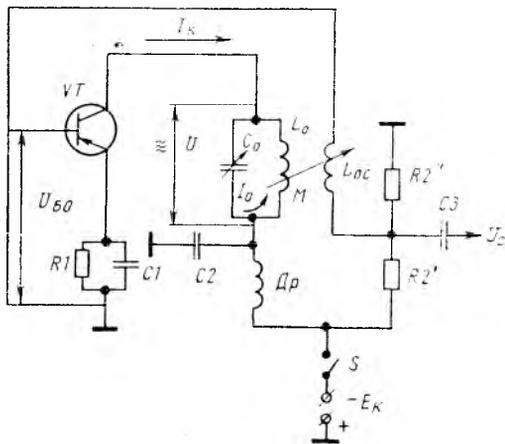
Агар каскад ҳар хил структурали транзистордан йиғилган бўлса, унда иккинчи елканинг иш режимини ўша тартибда бажариш керак ва иккала елкадаги ҳисобларга асосланган ҳолда унинг ўртача кўрсаткичи аниқланади.

Носимметрик елкачали каскадларда гармоника коэффици-
ентини ҳисоблаш кўпинча қийин бўлади, бу рухсат этилган қийматни бир неча марта ортиши билан тушунтирилади. Тран-
зисторнинг эмиттер занжирига актив қаршилик улаш, охириги ва ундан олдинги каскадни қамраб олган тескари алоқани қўллаш ёрдамида, каскаднинг чизикли бузилишини анча камай-
тириш мумкин.

5-боб. ЭЛЕКТР ТЕБРАНИШЛАР ГЕНЕРАТОРЛАРИ

5.1-§. ЭЛЕКТР ТЕБРАНИШЛАРНИ ГЕНЕРАЦИЯЛАШ ПРИНЦИПИ

Саноатда 50 гц частотали синусоидал токларни электроме-
ханик индукцион генераторлар ҳосил қилади. Бу электр токи билан саноатдаги турли хил қурилмалар қишлоқ хўжалиги, РЭА лар ва бошқалар таъминланади. Радиотехникада электро-
механик генератордан фарқли, ҳар хил частотали электр тўл-
қинларни ҳосил қилув-
чи электрон генератордан фойдаланилади. Бундай генераторлар *электрон генераторлар* дейилади. Улар ўзгар-
мас ток манбаи энер-
гиясини мустақил ра-
вишда синусоидал П-
симон, қўнғироқсимон ҳамда бошқа шакли юқори ва паст частота-
ли электромагнит теб-
ранишларга айланти-
ради. Бу тўлқинлардан ахборотларни узоқ ма-
софага узатишда (ра-
диолинияларда), ра-



5.1- расм. Электрон генератор схемаси.

диотехник ўлчов асбобларида (юқори ва паст частотали генератор, сонли ўлчов асбоблари), компьютер, ҳисоблаш машиналарида (ЭХМ) ва ҳ. к. фойдаланилади.

Оддий классик схемадаги транзисторли электрон генераторда юқори частотали синусоидал тебранишларни ошиш принципини кўриб чиқамиз. Электрон генератор қуйидаги асосий элементларни ўз ичига олган алоҳида радиотехник системадан иборат (5.1.-расм).

1) Энергияси сўнмас юқори частотали электр тебранишлар энергиясига ўзгартириладиган ўзгармас ток манбаи (E_A). 2) Параллел уланган индуктив ғалтак (L_0) ва ўзгарувчи сигим (C_0) дан ташкил топган тебраниш контури. Контурда тебранишлар ҳосил бўлади. 3) Контур (L_0C_0) га келаётган электр энергияни транзистор (VT) бошқариб туради. 4) $L_{т.а}$ транзистор ишини бошқарувчи тескари алоқа занжири.

Бизнинг схемамизда мусбат тескари алоқа элементи, контур ғалтаги (L_0) нинг ўзгарувчан магнит майдони ичига жойлаштирилган ва бир томони транзисторнинг базасига уланган индуктив ғалтак ($L_{БОГ}$) ҳисобланади. Схемада тебранишларнинг ҳосил бўлишини кўриб чиқамиз. Дастлабки вазиятда (калит узилган) коллектор занжирида ток бўлмайди. Базадаги кучланиш нулга тенг. Занжир улангандан сўнг транзистордан ва тебраниш контуридан ток оқиб ўгиб, контурда тебранишларни уйғотади. Маълумки тебраниш контурида ҳар бир даврнинг охирида тебраниш энергияси конденсатор заряди камайиши ҳисобига камаяди. Контурдаги энергиянинг бундай камайиши актив қаршилиқлардаги қайтмас исрофлардир. Актив қаршилиқларга контактлар қаршилиги, контур ғалтаги, конденсатор диэлектрикдаги исрофлар, ғалтак магнит майдон энергиясининг тарқалиши ва ҳ.к. мисол бўлади. Агар бу сарф бўлган энергиянинг ўрнига тўлдириб турилмаса, тўлқин тезда сўнади. Сарф бўлган энергиянинг ўрнини тўлдириш учун конденсатор C_0 вақт-вақти билан доимий ток манбаидан энергия олиб туриши керак. Доимий ток манбаи E_k га транзистор занжири орқали бошқарилаётган тебраниш контури кетма-кет улаб, контурда доимий токнинг энергияси тугашигача сўнмас электромагнит тўлқинлар ҳосил қилинади. Демак, мусбат тескари алоқа занжири билан боғланган транзистор ушбу схемани синхрон бошқарадиган элемент бўлиб ҳисобланади. Схеманинг ишлаши жараёнида электромагнит индукция ҳисобига қисман электромагнит тўлқинлар энергияси тескари алоқа ғалтаги орқали база занжирига берилади, кучайтирилади ва контурдаги сарф бўлган энергиянинг ўрнини тўлдиради ва сўнмас тебранишлар юзага келади. Схемадаги тебранишлар частотаси асосан тебраниш контурининг хусусий частотаси билан белгиланади.

Схемадаги тебраниш контурининг хусусий тебранишлар частотаси орқали «туртки» тебранишлар частотаси (конденсаторни зарядлаб-разрядлаб турувчи энергияни улаб-узиш) орқали бошқарилади ва уни қуйидаги ифода билан аниқланади:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \text{ (Гц).}$$

Тебраниш контури сигими C_0 нинг миқдорини ўзгартириб, жараён тезлигини ёки схема ишлаб чиқарётган жуда катта тебранишлар частотасини ўзгартириш мумкин. Масалан, конденсатор сигими $C = 100$ пф, ғалтакнинг индуктивлиги эса $L = 100$ мкГн бўлса, қуйидаги частотали тебранишни олиш мумкин:

$$f_k = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{6.28\sqrt{100 \cdot 10^{-9} \cdot 100 \cdot 10^{-12}}} \approx 1,6 \text{ МГц.}$$

Тебранишларни ҳосил қилиш учун схемада уйғотиш кучланиши $U_\beta = U_T$ анод кучланиши U_a билан қарама-қарши фазада ўзгариши, коллектор токи I_k ва контур кучланиши $U_{кн}$ фазаларига мос бўлиши зарур. Бу генераторнинг уйғотиш фазалари баланс шarti деб аталади. Фазаларни баланс шarti қуйидаги тенглик билан ифодаланади:

$$\varphi_\beta + \varphi_k = 0,$$

φ_β — тескари алоқа коэффициентининг фаза бурчаги; φ_k — генератор юкланишининг фаза бурчаги.

Фаза бурчаги нагрузка қаршилиги хусусияти билан аниқланади ва қуйидаги муносабатдан топилади:

$$\operatorname{tg} \varphi_k = \frac{X_k}{R_3};$$

бу ерда X_k — юкланишнинг реактив ташкил этувчиси;

R_3 — унинг эквивалент қаршилигининг актив ташкил этувчиси.

Схемада тебранишлар генерациясининг барқарор бўлиши ва унда сўнмас тебранишларни сақлаб туриш учун ўз-ўзини уйғотиш амплитудаси баланс шarti ҳам бажарилиши лозим:

$$\beta = \frac{U_k}{R_3} \gg 1;$$

бу ерда U_β — турғун тартибда базанинг уйғотиш кучланиши; U_k — турғун тартибдаги коллектор кучланиши. Одатда $\beta > \frac{1}{SR_3} + h_{21\beta}$ олинади; бунда S — транзисторнинг динамик характеристика тиклиги; $h_{21\beta}$ — (УЭ) схемаси бўйича уланган транзисторнинг тескари алоқа коэффициенти.

Агар $R_3 \ll \omega L_0$ бўлса, тескари алоқа коэффициенти қуйидаги формула орқали топилади:

$$\beta = \frac{M}{\sqrt{L_0 L_{\text{сф}}}};$$

бу ерда M — ғалтак орасидаги ўзиндукция коэффициенти.

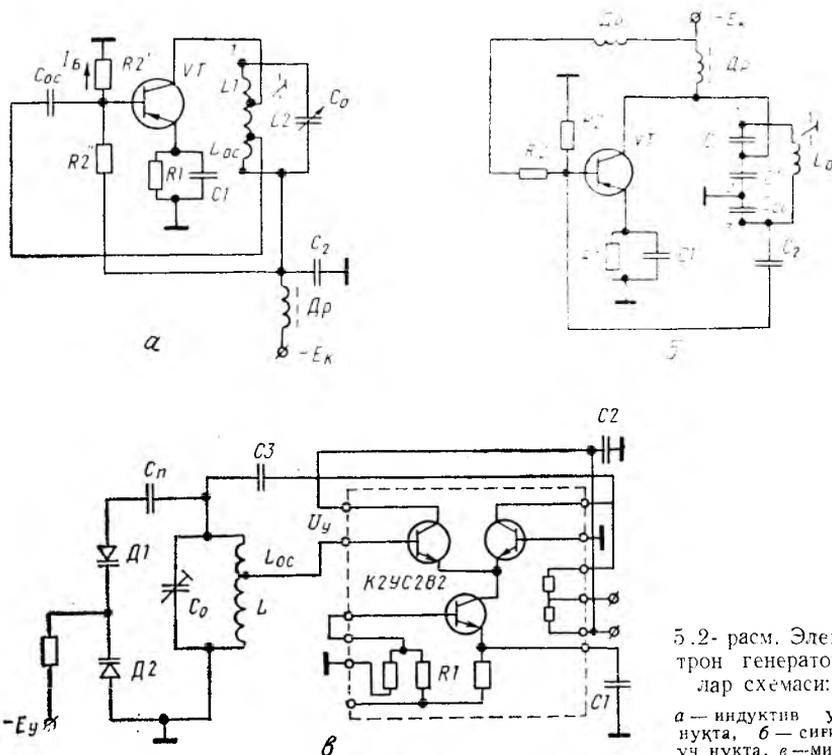
Агар $L_{\text{сф}} = L_0$ бўлса, $\beta = \frac{M}{L_0}$ бўлади.

Электрон генераторлар радио ва телевизион приёмникларда, магнитофонлар, тарқатгичлар ва замонавий автоматик қурилмалар, ЭҲМлар ва бошқа РЭА ларда қўлланилади.

5.2- §. ЭЛЕКТРОН ГЕНЕРАТОРЛАР СХЕМАСИ

Ҳар хил схема асосида қурилган синусоидал сигналларни генерацияловчи электрон генераторлар юқоридагилардан деярли фарқ қилмайди. Ҳамма схемаларда ҳам қисман энергия чиқиш элементи-дан тескари алоқа заنجири орқали киришга қайтарилади, кучайтиргичнинг актив элементи (транзистор, радиолампа) орқали тебраниш контурида сарф бўлган энергия ўрни тўлдирилади. 5.2-расмда генераторлар схемаси кўрсатилган. Схемаларда бир хил вазифани бажарувчи деталлар мавжуд бўлиб, улар схемада бир хил белгиланади: 1) VT — транзистор; 2) LC — тебраниш контури; L_T, C_{Ta} — тескари алоқа элементи; 4) $R1, C1$ — транзистор эмиттеридagi термостабилловчи заنجир; 5) $R2', R2''$ — база заنجир кучланишининг бўлувчи резистори дейилади; 6) $C2$ — блокировкаловчи конденсатор; 7) $C3$ — чиқиш (ўтиш) конденсатори; 8) E_K — ўзгармас ток манбалари.

Генераторлар турли схемаларининг хусусиятлари билан танишиб чиқамиз.



5.2- расм. Электрон генераторлар схемаси:

а — индуктив уч нуқта, б — сирғим уч нуқта, в — микросхема асосли

1. Трансформаторли тескари алоқа генераторининг схемаси

Бундай генератор схемасида юқори частотали тебранишлар қуйидагича генерацияланади. Доимий ток манбаи E_k уланганда коллектор занжирида ток I_k ҳосил бўлиб, $L_0 C_0$ резонанс контурининг C_0 конденсаторини зарядлай бошлайди. Контурдаги конденсаторга параллел қилиб ғалтак L_0 уланганлиги сабабли, конденсатор зарядланиб бўлгач, ғалтакдан ўтиб зарядсизлана бошлайди. (5.1-расм.)

Резонанс тебраниш контурида ўзгарувчан ток I_0 ҳосил бўлади. Бу ток ғалтак L_0 ўрамларидан ўтиб, унинг атрофида ўзгарувчан магнит оқими ҳосил қилади, оқим электромагнит индукцияси натижасида, тескари алоқа занжири L да контурнинг параметрига мос частотали ўзгарувчан кучланишни индукциялайди. Кучланиш частотаси қуйидаги ифода орқали аниқланади:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_0 C_0}}.$$

Ғалтакда магнит оқим натижасида ҳосил бўлган тескари алоқа кучланиши U_{BT} транзисторнинг эмиттери билан базаси орасига қўйилади. Бу эса эмиттердан базага келаётган асосий ток ташувчилар— тешикларни ўзгаришига олиб келади. Натижада коллектор токи ҳам ўзгаради: $I_k = I_3 - I_B$. Коллектор токининг ўзгарувчан ташкил этувчиси тебраниш контурининг хусусий частотасига мос равишда тебраниб, сарф бўлган энергиянинг ўрнини тўлдириб туради. Сарф бўлган энергияни тўлиқ компенсациялаш учун, яъни мажбурий тебранишлар тартиби ҳосил бўлиши учун фазалар баланси шarti $\varphi_\beta + \varphi_k = 0$ ва баланс амплитудаси $\frac{U_k}{U_\beta} = \beta = \frac{M}{L} \gg 1$ бажарилиши шарт. Схемада транзисторнинг иш тартиби га термостабилизацияси $R1C1$ занжири ба $R2'$, $R2''$ бўлгичи орқали амалга оширилади. Дроссель D_p доимий ток манбаи схемасининг блокировкалаш элементи ҳисобланади

2. Автотрансформаторли тескари алоқали транзисторли генератор схемаси

Бу генераторнинг ишлаши аввалгига ўхшаш, (5.2-расм, а) лекин, автотрансформаторли тескари алоқа схемада контурнинг тўлиқ индуктивлигини учга $L1$, $L2$ ва $L(3)_{та}$ индуктивликлар ташкил этади. Бу схеманинг номи «Индуктивли уч нуқта». Транзистор ва контурнинг тўлқин қаршиликларини мослаш учун транзистор коллекториконтур ғалтакка тўлиқ уланмайди. Токларнинг доимий ва ўзгарувчан ташкил этувчилари бўйича коллектор ҳамда база занжирларини ажратиш блокировкаловчи конденсатор $C2$ ва дроссель Dp орқали амалга оширилади.

Автогенераторнинг иш тартиби $R1$, $C1$, $R2$ занжир ёрдамида бошқарилади. База токининг I_B доимий ташкил этувчиси резистор $R2$ орқали ўтиб, унда кучланиш тушиши ҳосил қилинади.

3. Сигимли тескари алоқали транзисторли генератор схемаси

Бу схемада контурнинг тўлиқ сигими кетма-кет уланган учта $C1$, C ва $C_{та}$ конденсаторларнинг сигимидан ташкил топган (5.2-расм, б). Схема номи «Сигимли уч нуқта». Генератор зарур частотага ўзакни L_0 ғалтакка аста-секин киритиш билан ёки конденсатор сигими C ни ўзгартириш билан соланади. Схемада транзисторга параллел уланган доимий ток манбаи бор.

4. Микросхема асосда бажарилган генератор схемаси

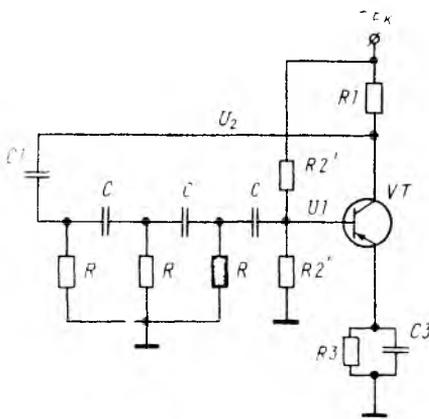
5.2-расм, в да уч нуқтали генератор частотасини масофадан бошқаришни ўзгартирувчи электрон созувчи К2УС282 микросхема базасида тайёрланган генератор схемаси кўрсатилган. Схемада фазалар баланси шarti микросхема транзисторининг маълум схема асосида уланиши туфайли бажарилади. $D1$, $D2$ варикапларга генератор тебранишлари частотасининг ўзгаришига сабаб бўлувчи берк « $p-n$ » ўтиш барьер сигимини ўзгартирувчи U_b бошқариш кучланиши берилади. Масофадан бошқариш кучланиши U_0 ни ўзгартириб, маълум масофада генератор частотасини ўзгартириш мумкин. Баланс фаза шarti транзисторларни микросхемага уч хил улаб ҳосил қилинади. Мураккаб тебраниш контури ўрнатма (микросхемадан ташқари) деталлар $D1$, $D2$, C , L , L_0 , C_0 ёрдамида йиғилган.

5.3-§. RC-ГЕНЕРАТОРЛАР

Юқоридаги параграфларда резонанс контурли синусоидал тебранишларни (LC) ҳосил қиладиган генераторларнинг схемаларини кўриб чиқдик. Синусоидал тебранишларни RC -генераторлар ёрдамида ҳам олиш мумкин (5.3-расм).

RC -генераторларни мусбат тескари алоқали, резисторли кучайтиргич деб ҳисоблаш мумкин. Унинг кучайтириш коэффициенти ўз-ўзини уйғотиш даражасигача қийматга келтирилган. Бунинг учун фазаларнинг ўз-ўзини уйғотиш баланси шartини бажариш зарур.

RC -генераторларида фазалар баланси шarti генерация частотасида кучланиш ёки токнинг фаза бўйича 180° га бурилишини таъминловчи, чиқишда турган боғланган частотали тескари алоқа занжирчаси орқали бажарилади. Фазаловчи занжирчалар элементи сифатида Т-симон RC -бўғинлардан фойдаланилади. LC



5.3-расм. RC -генератор схемаси.

контурдаги резонанс частотасидан фарқли равишда фазаловчи RC — занжирчалар частотаси $n \cdot \pi$ га кўпайтирилган бўлиб ($n = 0$ ёки $n = 1$), унга квазирезонансли частота дейилади. Квазирезонансли частота R ва C параметрлар орқали аниқланади ҳамда RCR — занжирчалар учун қуйидагига тенг:

$$f_{ор1} = \frac{1}{2 \pi RC \sqrt{6}}.$$

CRS — занжирчалар учун эса

$$f_{ор2} = \frac{\sqrt{6}}{2 \pi RS}.$$

Ҳисоблашлар шуни кўрсатадики, шу частоталарда кучланиш узатиш коэффициенти $\beta_U = \frac{U_{чик}}{U_{вир}}$ орқали аниқланади ва фазаларни 180° га силжитиш учун $1/29$ га тенг бўлиши зарур. 5.3-расмда биқутбный транзисторда бажарилган CRS — бўғинли RC генераторнинг принципиал схемаси берилган. Схеманинг ўзгармас ток бўйича иш тартиби $R1, R2, R3$ резисторлар ва $C3$ конденсатор билан таъминланади. Схемадан унинг генерация частотаси қуйидагига тенг эканлигини кўрамиз:

$$f_{Г} = \frac{1}{2 \pi \sqrt{RC}} \cdot \sqrt{\frac{R}{6R + 4R_{чик}}},$$

бу ерда $R_{чик} \approx h_{нс}$ — транзисторнинг чиқиш қаршилиги.

$$n = \frac{R}{h_{нс}} \approx 2,7$$

Бўлганда транзисторнинг ток узатиш коэффициентининг критик қиймати

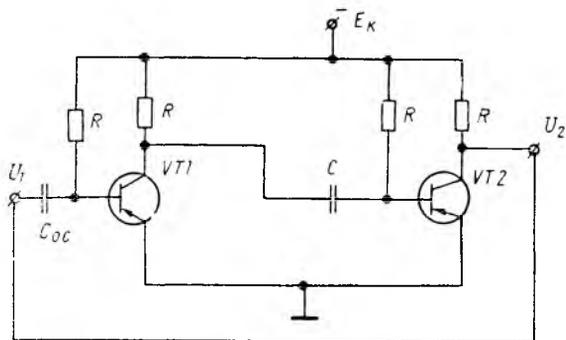
$$h_{21э} \approx 4,5 \frac{R_k}{R_k + 4R_{квр}} \text{ бўлади.}$$

$R_{квр} \gg R_k$ бўлганда схемани уйғотиш учун талаб этиладиган транзистор токи узатиш коэффициенти 45 атрофида бўлиши керак.

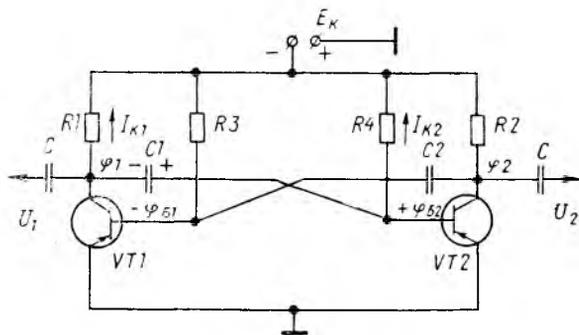
5.4- §. ГАРМОНИК БЎЛМАГАН ТЕБРАНИШЛАР ГЕНЕРАТОРЛАРИ

Импульсли радиотехникада носинусоидал шаклли — релаксацион тебранишларни олиш зарурати туғилади. Ташқаридан бу тебранишлар шакли синусоидал тебранишлардан кескин фарқ қилади ва импульс характерига эга бўлиб — аррасимон, тўғри бурчакли, зинапоясимон ёки мураккаб шаклли бўлиши мумкин. Импульсли сигналлар телевидениеда, ЭҲМ қурилмаларида, радионавигация, радиолокация, радиореле алоқаси ва бошқаларда фойдаланилади.

Электр токи ёки кучланиш импульси деғанда микро ва миллисекундлар билан ўлчанувчи қисқа вақт оралиғида таъсир



а)

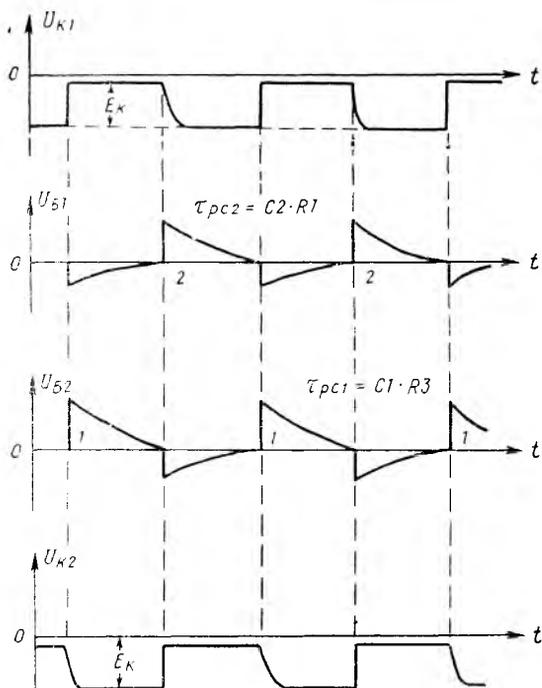


б)

этувчи ток ёки кучланиш тушунилади. Айрим импульслар маълум қайтарилиш частотаси билан кетма-кет келади ва электр системага бир-бирига боғлиқ бўлмаган ҳолда таъсир этади. Демак, навбатдаги импульс келгунча, олдингисининг таъсири тўхтатилади ва система бошланғич қийматини эгаллайди.

Синусоидал тебранишлар генераторининг тебраниш контурида актив қаршиликдаги тебранишнинг битта даврига энергия жуда оз сарфланади. Релаксацион тебранишлар генераторида эса реактив элементларда тўпланган энергия ва актив қаршиликларда сарфланадиган энергия миқдори бир хил тартибга эга бўлади.

Релаксацион тебранишларнинг электрон генератори кўпроқ электр конденсатор кўринишидаги энергия тўплагичга эга бўлади. Тебраниш жараёни ўзгармас ток манбандан энергияни тўплагичга йиғиш ва ундан истеъмолчига узатишдан иборат. Бундай энергия алмашиниши электр клапан ролини бажарувчи электрон асбобнинг иш тартиби таъминлаш манбаи кучланиши миқдори ва бошқаларга боғлиқ бўлади. Биз ҳамма мавжуд автогенераторларнинг фақат импульс ва телевизион техникасига хос бўлган ва унда кенг қўлланилаётган учта схемасини кўриб чиқамиз: булар сиғимли релаксатор — мультивибратор,



5.4- расм. Мультивибратор а — тузилиши, б — принципал схемаси, в — мультивибратор схемасининг ҳар хил нуқталаридаги вақтли диаграммаси.

ишга туширувчи — триггер, трансформаторли тескари алоқали релаксатор — блокинг-генератор.

Мультивибратор. Мультивибратор схемаси тўғри бурчакли электр импульсларини чиқаради. Уларнинг кенг спектр частотаси кўп гармоникага эга. Генератор номи — «мульти»—«кўп», «вибро»—«тебранаман» сўзидан олинган. Мультивибратор икки каскадли давриймас кучайтиргич схемаси асосида тузилган бўлиб, иккинчи каскад чиқишидан биринчи каскад киришига кучланиш кучли тескари алоқа боғланиши орқали узатилади, натижада схема ўз-ўзидан уйғонади (5.4-расм, а). Мультивибратор айрим (дискрет) элементлардан йиғилади ёки микро-схема тарзида ишлаб чиқилади. У ёки бу схема симметрик ёки асимметрик бўлади. Схемадан кўриниб турадики, тескари алоқа транзистор базаси ва коллекторига уланган $C1$ ва $C2$ конденсаторлари орқали амалга оширилади. $R1$ ва $R2$ резисторлар транзистор нагрукаси бўлиб хизмат қилади. $R3$ ва $R4$ резисторлар эса транзисторни берилган тартибда ишлаши учун белгиланган манфий силжиш кучланиши билан таъминлайди. Чиқиш сигнали $VT2$ иккинчи транзистор резистори $R2$ юкланишидан тескари алоқа занжири конденсатори $C2$ орқали ($VT1$) биринчи транзисторнинг кириши (базаси) га узатилади. Каскадларнинг бундай уланиши фаза кучланишини 180° га буриш имконини беради ва мусбат тескари алоқани ҳосил қилади. Агар каскадлар кучайтириш коэффициентининг кўпайтмаси бир-

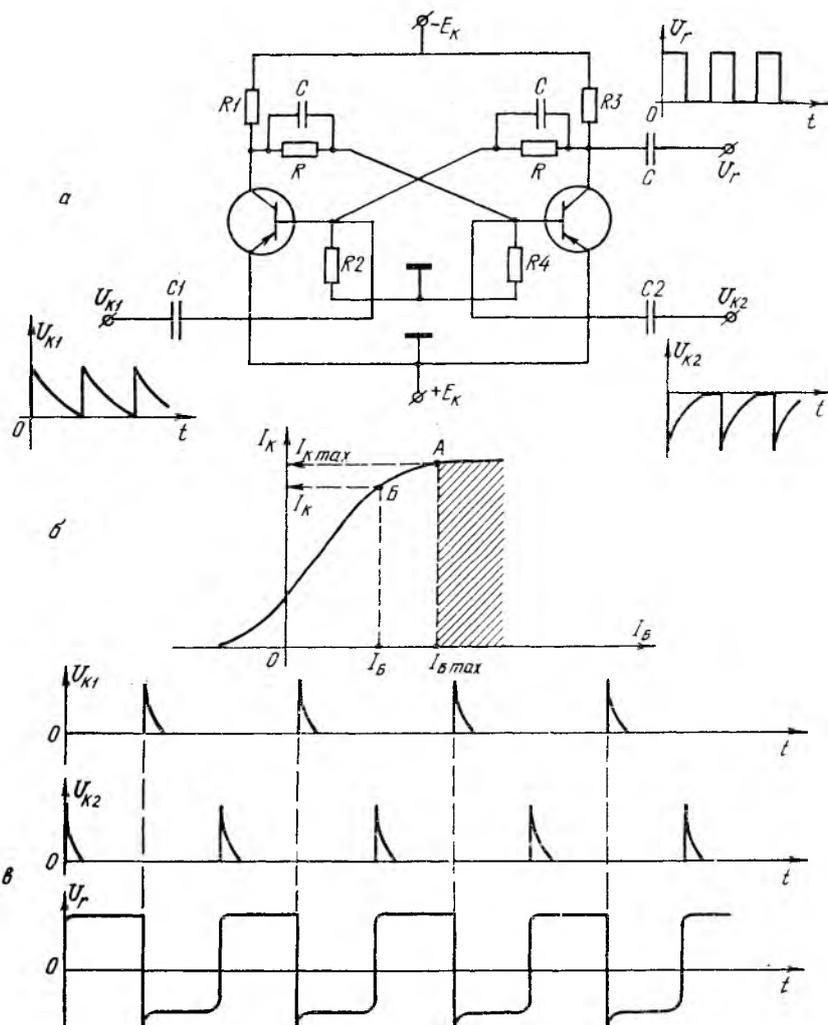
дан катта бўлса, мультивибратор ўз-ўзидан уйғонади ва П-симон импульслар ҳосил қилади.

Мультивибраторнинг ишлаш принципини аниқлаш учун унда бўладиган физик жараёнлар моҳиятини кўриб чиқамиз: бунда $R1 = R2$; $R3 = R4$ ва $C1 = C2$. Мультивибратор E_k таъминлаш манбаига уланганда тоқлар бошланғич пайтда ўзаро тенг бўлиши мумкин. Аммо бу турғун бўлмаган ҳолатдан озгина бўлса ҳам четга чиқиш бўлса, масалан, транзисторларда оз миқдорда асимметрия бўлса, резисторларнинг иссиқлик флукутациялари, узатиш коэффициент $h_{21э}$ фарқи ва шунга ўхшашлар ҳисобига транзисторларнинг бирида ток ортиб кетиши мумкин. Аниқлик учун чап $VT1$ транзистордаги $I_{к1}$ ток ўнг транзистори $VT2$ даги $I_{к2}$ токдан ортиқ бўлсин. Бунда $R1$ резистордаги U_{R1} кучланишлар тушиши ортади, натижада мусбат ортторма ΔU_{R1} ҳосил бўлиб, у $C1$ конденсатор орқали иккинчи транзисторнинг $VT2$ базасига узатилади, чунки бу конденсаторда кучланиш оний равишда ўзгара олмагани учун (конденсатор пластинкаларидаги зарядлар оний вақт ичида йўқолиши мумкин эмас) кучланишнинг қиймати сакраб $(+\Delta U_{к1})$ $C1$ конденсаторга «ўтади». Натижада $VT2$ транзисторнинг база потенциали $\varphi_{Б2}$ манфий қийматга эга бўлади, бу эса транзисторнинг бекилишига ва коллектор занжиридаги токнинг камайишига олиб келади. Ўз навбатида иккинчи транзисторнинг коллектор токини $I_{к2}$ камайиши коллектор қаршилиги $R4$ даги кучланиш тушиши U_2 нинг камайишига олиб келади ва $VT2$ транзисторнинг коллектор потенциали $\varphi_{к2}$ манфий қийматга эга бўлади. Манфий сакраш $(-\Delta U_{к2})$ $C2$ конденсатор орқали $VT1$ транзистор базасига берилиб, ундаги ток янада ортади. Натижада $VT2$ транзисторнинг коллектор юкланишидаги кучланиш тушишини ортиши $VT1$ транзистор базасидаги манфий кучланишни ортишига олиб келади. Генераторнинг уйғотиш шарти (фазалар ва амплитудалар баланси) бажарилса, жараён тез ўтади ва жуда қисқа вақт оралиғида $VT2$ транзисторнинг базасига $C1$ конденсатордаги мусбат потенциалнинг берилиши натижасида $VT2$ транзистор тўлиқ берк бўлади. Чунки бу вақтда биринчи (чап) транзистор тўлиқ очик бўлади. Бу янги ҳолат конденсатор $C1$ нинг зарядсизланиш вақтидагина $(+C1, R4, -E_k, +E_k)$ вануль транзисторнинг очик ҳолати $VT1$ ва $C1$ занжири орқали сақланади. Конденсаторнинг доимий зарядсизланиш вақтини (5.4-расм, в) қуйидагича топиш мумкин:

$$\tau_{ср1} \approx C1 \cdot R4.$$

$C1$ конденсаторнинг зарядсизланиши натижасида $VT2$ транзистор базасидаги мусбат потенциал камаяди ва у транзисторни очик қийматиға (нуқта 1) етганда транзистордан ток ўта бошлайди. $VT2$ транзисторнинг коллекторида токни ҳосил бўлиши коллектордаги кучланишнинг тушишига олиб келади, натижада $VT2$ транзистор базасидаги мусбат потенциал ортади, ўтаётган ток эса камаяди. Бу схема транзистор $VT1$ базасининг $\varphi_{Б1}$ потенциалини янада камайишига олиб келади. Жараён тез ўтиб, схема сакраш йўли билан иккинчи ҳо-

латга ўтади. Бунда транзистор $VT2$ очиқ, $VT1$ эса берк бўлади. Энди $C2$ конденсатор очиқ транзистор $VT2$ ва $R2$ орқали зарядсизлана бошлайди. Автотебранишнинг кейинги циклида $C2$ конденсаторнинг зарядсизланиши ва $C1$ конденсаторнинг зарядланиши юз беради. Бу жараён $VT1$ транзистор базасидаги манфий потенциал транзисторни очиб юбориш қийматиغا эришгунча давом этади (нуқта 2). Схема сакраш билан бошланғич ҳолатга ўтади ва жараён қайтарилади. Мульти vibratorда даврий тебранишлар ўрнатилади.



5.5- расм. Триггер:

а — принципал схемаси, б — ВАХ, в — триггер нукталарининг вақтли диаграммаси

5.4-расм, *в* да транзистор $VT1$, $VT2$ лардаги база U_{B1} , U_{B2} ва коллектор U_{K1} , U_{K2} кучланишларининг вақтга боғлиқлик графиги берилган. Транзистор коллекторидан II-симон релаксацион тебранишлар олиниб, кейинги схемага узатилади.

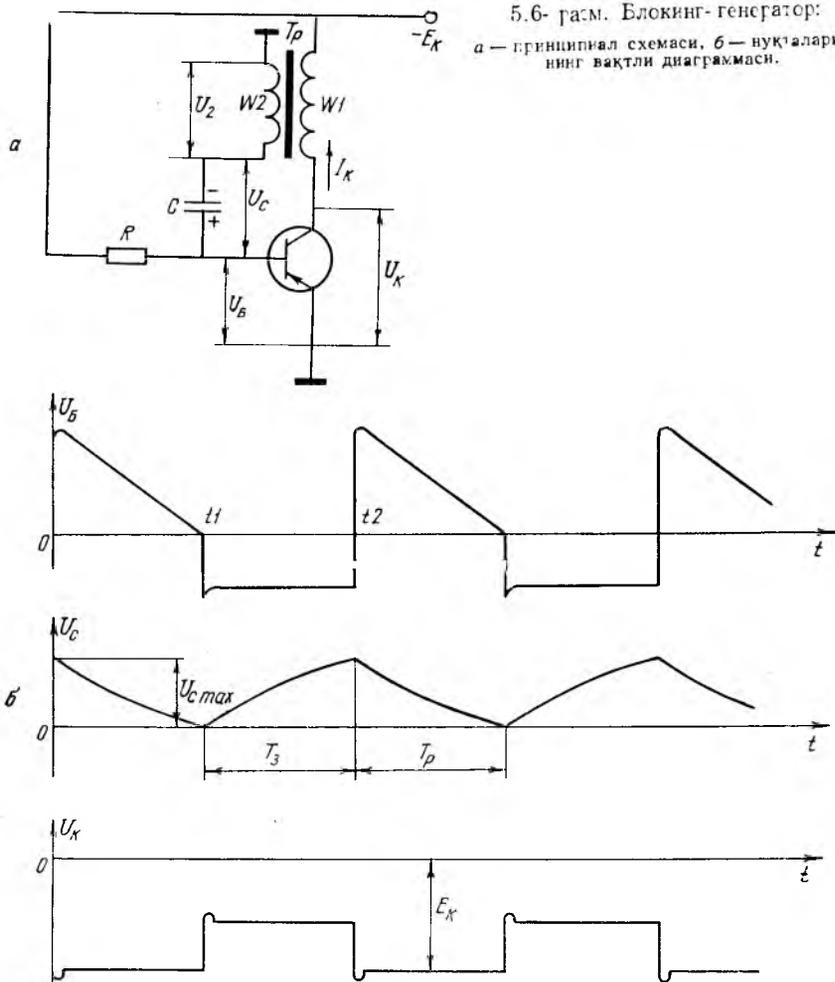
Триггер. Триггер — бу тормозланган мультивибратор бўлиб, унинг ёрдамида ташқи манба E_n билан электрон асбобларининг биттасини узоқ вақт давомида очиқ ҳолатда сақлаб турувчи тартиб ҳосил қилинади. Схеманинг бир турғун ҳолатдан иккинчисига ўтиши унинг киришига ташқи қисқа ишга туширувчи импульс берилиши билан амалга оширилади. Триггер схемаларининг турли занжирларини коммутацияловчи электрон релени эслатади.

5.5-расмда транзисторларда бажарилган триггер схемаларининг бири берилган. Ёпиқ транзисторлардан бирининг базасида, айтилик, $VT2$ да $+E_n$ силжиш манбаи билан уни шу берк ҳолатда ишончли сақлаб турувчи мусбат кучланиш ҳосил қилинади. Шу вақтда $VT1$ транзистор очиқ ва чуқур тўйинган тартибда бўлади. $VT1$ транзистордан ток ўтади ва бунда унинг коллекторидagi кучланиши $R2$ резистордаги кучланиш тушиши туфайли юлга яқин бўлади. Иккинчи $VT2$ транзистор коллекторидagi кучланиш максимал бўлиб, E_k миқдорга яқин бўлади. У $VT1$ транзистор база токини ўрнатиб, шунингдек чуқур тўйиниш тартибиди ҳосил қилишга ёрдам қилади. Схема биринчи турғун ҳолатда узоқ вақт бўлиши мумкин.

Схемани тўнтариб қўйиш (иккинчи турғун ҳолат режимига ўтказиш) учун биринчи очиқ $VT1$ транзистор киришига мусбат қисқа импульс (чайқалиш кучланиши) берилади. Шунингдек, иккинчи ёпиқ $VT2$ транзистор киришига манфий чайқалиш кучланиши бериш билан ҳам сигнални тўнтариш мумкин. Бу юргизиб юбориш импульсининг қутбига боғлиқ бўлади. Масалан, $VT1$ транзистор базасига мусбат юргизиб юборувчи импульс келиши билан, унинг коллектор кучланиши камаяди ва у ёпила бошлайди (5.5-расм, *б* да «А» нуқта), транзистор эса очила бошлайди. Унинг коллекторидagi кучланиш кўпроқ мусбатлашади ва унинг сақраши $VT1$ транзистор базасига берилади, яъни, у $VT2$ транзисторни очиб, ўзи ёпила бошлайди. Схемани тўнтариб қўйиш жараёни тез ривожланиб, унинг охирида $VT1$ транзистор ёпилади, $VT2$ транзистор эса очилиб, чуқур тўйиниш тартибига ўтади ва янги юргизиб юбориш импульсини кутади. 5.5-расм, *в* да схемани тўнтариб қўйиш жараёни кўрсатилган. Триггерлар ҳозирги замон электрон ҳисоблаш машиналари (ХМ) нинг бош «дирижёри» ҳисобланади, улар телеприёмниклар, автоматик электрон қурилмалар ва шунга ўхшашларда кенг қўлланилмоқда.

Блскинг-генератор (5.6-расм, *а*). Блокнинг-генератор схемаларида мусбат тескари алоқа индуктивлик ёрдамида бажарилади. У лампа ёки транзистор, пўлат ўзакли импульсли трансформатор ва RC занжирчаларни ўз ичига олади. Блокнинг-генератор релаксацион генератор бўлиб, шакли жиҳатидан тўғри бурчакли ва аррассимон кўришига яқин бўлган тик, давомлилиги қисқа кучли импульслар ишлаб чиқаради. Умумий эмиттерли транзисторлардаги блокнинг-генератор схемаси ва унинг электродларидаги ток ҳамда кучланишларнинг вақт диаграммалари 5.6-расм, *б* да келтирилган.

5.6- расм. Блокинг-генератор:
 а — принципнал схемаси, б — нуқталарининг вақтли диаграммаси.



Блокинг-генератор учун ўз-ўзини уйғотиш шартлари триггердаги сакрашлар ҳосил бўлиш шартлари каби:

$$\varphi_{\text{X}} + \varphi_{\text{Тр}} = 2\pi \text{ ва } \frac{K}{h} \gg 1;$$

бу ерда K — схеманинг кучайтириш коэффициенти, $h = \frac{W_2}{W_1}$ — импульсли трансформаторнинг трансформация коэффициенти, φ_{CX} — схема ҳосил қилган фазаларнинг силжиш бурчаги, $\varphi_{\text{Тр}}$ — трансформатор ҳосил қилган фаза силжиш бурчаги.

Блокинг-генераторнинг конденсатор C олдинги циклда зарядланган ва транзистор эса ёпиқ бўлган пайтидан бошлаб ишлашини кўриб чиқамиз. Конденсатор C қуйидаги занжир бўйича аста-секин

зарядлана бошлайди: мусбат пластинка $+C - R - (E_k) -$ корпус $- (+E_k) - W_2$ манфий пластинка $- C$. Зарядсизланиш вақти $\tau_p = CR$ формула билан топилади.

Базадаги U_B кучланиш вақтнинг t_1 momentiда нол бўлганда транзистор очилади ва трансформаторнинг коллектор ўрамидан I_k ток ўта бошлайди. Трансформатор базаси ўрамидаги токнинг ортиши туфайли базага конденсаторнинг манфий қутби орқали кирувчи кучланиш индукцияланади. Бу эса коллектор токининг янада ортишига ёрдам беради ва цикл шу тарзда давом этади.

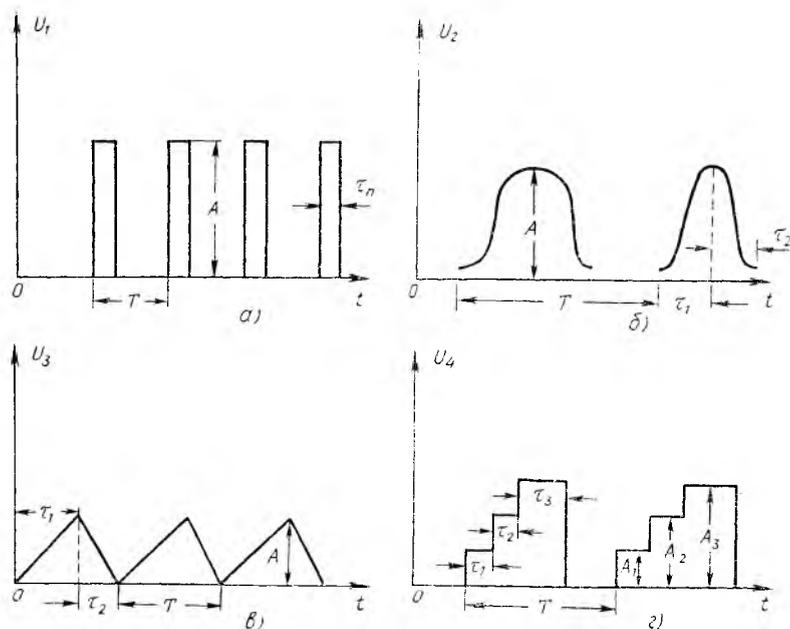
Транзисторнинг тўйиниши билан тугалланувчи жадал жараён ривожланади. Сўнгра конденсатор C нинг қуйидаги занжир бўйича иккинчи аста-секин зарядсизланиш ҳолати бошланади: корпус — эмиттер — база — C — ўрам $W_2 - (-E_k)$. Конденсатор C ва база $VT1$ даги кучланиш ортади, база токи эса камаяди. Ўз ўзини уйғотиш шарти бажариладиган қандайдир t_2 пайтда транзистор тўйинган тартибдан актив тартибга ўтади. Коллектор токининг бу тартибда камайиши қарама-қарши қутбли трансформатор база ўрамида ЭЮК ни пайдо қилади. Схемадаги мусбат тескари алоқа таъсири туфайли тескари жадал жараён рўй беради. Бу жараён вақтида коллектор ҳамда база тоқлари кескин камаяди ва транзистор беркилади. Транзистор ёпилгандан сўнг схемада барча жараён такрорланади. Блокнинг генератор, шунингдек, кутиш тартибида ҳам ишлаши мумкин. Улардан телевизион схемаларда ҳисоблаш техникаси ва бошқа РЭА ларда фойдаланилади.

6-боб. ИМПУЛЬС ВА ҲИСОБЛАШ ТЕХНИКАСИ ЭЛЕМЕНТЛАРИ

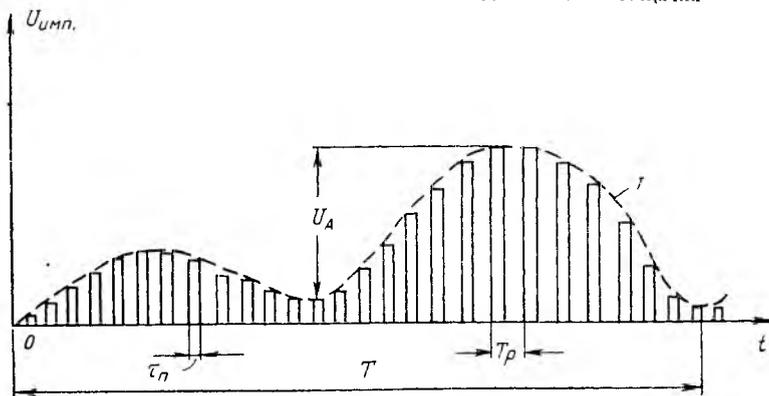
6.1-§. ИМПУЛЬСЛИ СИГНАЛЛАР ВА УЛАРНИ МОДУЛЯЦИЯЛАШ

Кейинги пайтларда РЭА ларни кенг соҳаларда ривожланиши, схемаларни мураккаблаштириш классик электрон схемаларда импульсли сигналлардан фойдаланиш имконини яратади. *Электрон импульслар* деганда, қисқа вақт оралиғида турли кўринишдаги (6.1-расм) ток ёки кучланиш катталикларининг пайдо бўлиши тушунилади. Турли амплитудага (A), давомийликка (τ_n) ва даврга (T) эга бўлган П-симон шаклдаги (6.1-расм) импульслардан радиотехниканинг кенг соҳаларида фойдаланилмоқда. Бундай турли хил кўринишдаги импульслар маълум бир вақт оралиғида, дискрет кўринишидаги фойдали ахборотларни ўзида мужассамлаштирган бўлади. 6.2-расмдан кўриниб турибдики, маълум бир вақт оралиғида фойдали сигналдаги ахборот I (уларнинг кучланиш ўзгаришлари) дискрет қийматлар тўпламига қийматларни квантлаш орқали ўтказилади. Натижада маълум бир сигнал бирор вақт оралиғида такрорланувчи иш тактлари (T_p) деб аталувчи импульслар (кучланишлар, ток қийматлари) билан алмаштирилади. Амплитуда сакрашлар, фойдали ахборотни ўзида ифодалаган импульсли сигнални ҳосил қилади. Импульсларни амплитудаси (U_A), частотаси (f), давомийлиги (τ_n) ва бошқа катталиклари бўйин-

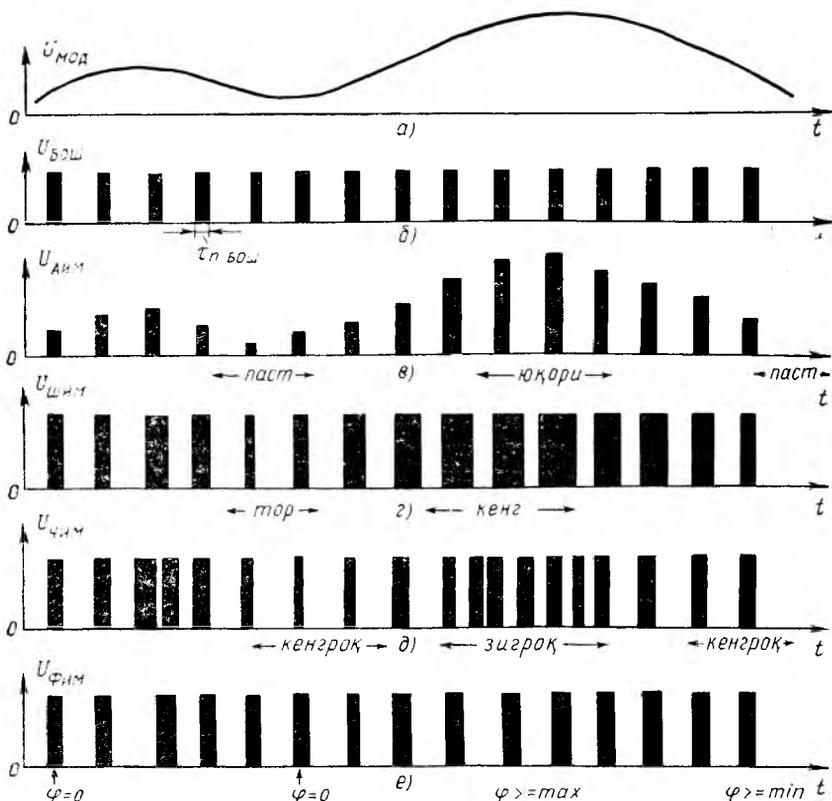
ча квантлаш натижасида турли кўринишдаги импульс олиш мумкин. Катталикларни қайси бири квантланишига кўра модуляция турлари ҳам 6.3-расмда кўрсатилгандай фарқланади. 6.3-расм, *в* дан кўринадик, амплитуда импульсли модуляцияда (АИМ) импульс амплитудаси вақт бўйича, модуляцияланган сигнал (фойдали сигнал, хабар) амплитудаси билан мутаносиб равишда ўзгарар экан. Давомийлик (τ_n) бўйича импульс модуляциясининг ўзгариши модуляцияловчи сигналга унинг қутбига боғлиқ ҳолда содир бўлади. Агар модуляцияловчи



6.1- расм. Турли шаклдаги импульс сигналлари:
а — П симон, *б* — қўнғироқсимон, *в* — аррасимон, *г* — бошқичли



6.2- расм. Дискрет кўринишдаги фойдали ахборотлар.



6.3-расм. Турли хил катталиктаги модуляцияланган импульслар.

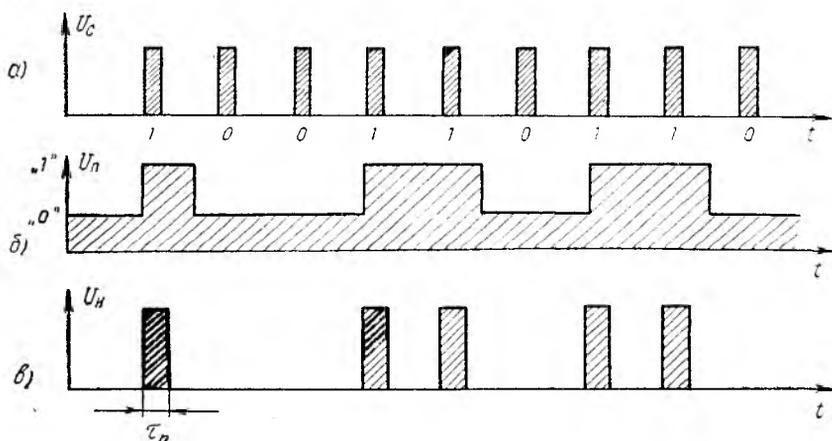
фойдали сигнал мусбат бўлса, импульсларнинг давомийлиги, бошлангич давомийлик $\tau_{\text{нош}}$ дан катта ва аксинча, манфий бўлса импульс давомийлиги $\tau_{\text{нош}}$ дан кичик бўлади. 6.3-расм, б да импульс давомийлиги катталиги кўрсатилган. Импульсларин фаза бўйича (ФИМ) 6.3-расм, е ва частота бўйича (ЧИМ) ҳам модуляциялаш мумкин эканлиги 6.3-расм, д да кўрсатилган.

6.2-§. СИГНАЛЛАРГА РАҚАМЛИ ИШЛОВ БЕРИШ

Рақамли техникада фойдали ахборот дискрет сигналнинг ҳар бир қийматини код символидан сонли ўзгартгичларнинг аналого сифатида тасаввур қилиш мумкин. Сигналларга рақамли ишлов беришда ҳар қандай белгини иккиликлар системасида ёзиш мумкин. Бундан кўринадики, электрон қурилмада электр сигналлари икки хил қийматни қабул қилади: юқори ва пастки сатҳ потенциал кучланишни, электрон асбобнинг берк ёки очик ҳолатини. Қийматларни потенциал ҳолатда кодлаш-

тириш мантиқий нуль (0) ва мантиқий бир (1) кучланишнинг пастки (0) ва юқориги (1) сатҳига тўғри келади. Кейинги параграфларда пастки ёки юқориги сатҳ потенциали ўрнига мантиқий «1» ёки «0» дан фойдаланамиз. 6.4-расм, *а* 10011011 иккилик сонини кодлаштирилган байт кетма-кетлиги сигналларни кодлаштирилган потенциал ва импульс ҳолатида берилган бир байтда саккизта иккилик разрядли бор. 6.4-расм, *б* да кўрсатилган потенциал кўринишдаги рақамли ахборот сигналининг юқори (1 тўғри келади) ёки паст (0 га тўғри келади) потенциал сатҳи бир ёки бир неча иш тактида сақланади. Рақамли ахборот 6.4-расм, *в* (1) бор ёки йўқ (0) ҳар хил вақт оралиғига эга бўлган импульс сифатида кодланади.

Сигналларга рақамли ишлов бериш қурилмаларига *рақамли электрон автоматлар* дейилади (РЭА). Бунда шунини айтиб ўтиш керакки, РЭАнинг кириш ва чиқишида мантиқий «1» ва «0» сигнали бўлиб, уларни иккилантирилган сигнал деб аталади. Рақамли электрон автоматлар ишлаётганда иккиланган электр сигнали устида катта тезликда элементар амалларни бажаради. Бу амаллар алгебра элементи асосида бажарилади. Бунини биз кейин кўриб чиқамиз.



6.4-расм. Сигналларни кодлаш (а); потенциал шакли (б); кодлаштиришни импульс шакли (в)

6.3-§. МАНТИҚИЙ АЛГЕБРА АСОСЛАРИ

Рақамли электрон автоматларнинг ишлаши мантиқий алгебра асосида тузилиб, иккита тушунчага таянади: ҳақиқий (мантиқий 1) ва ҳақиқий эмас (мантиқий 0). Шунинг учун фойдали ахборот сигналининг кўрсатувчи функция ҳар қандай вақт momentiда иккита «1» ва «0» ни қабул қилади. Автоматнинг киришига таъсир этувчи кириш буйруғини ўзгартириш, чиқишда чиқиш буйруғини олиш учун улар устидан мантиқий операциялар ба-

жарилади. Электрон қурилмаларнинг асосий мантиқий операциялари мантиқан кўпайтириш ёки *конъюнкция*, мантиқан қўшиш ёки *дизъюнкция* ва мантиқан айириш ёки *инверсия* ҳисобланади. Мантиқан кўпайтиришни ёзиш учун кириш ўзгартгичи ($X1, X2 \dots, Xn$) белгиси билан бирлаштирилиб ва (Y) операцияни бажариш учун кўпайтириш (\cdot) белгиси билан белгиланади. Мантиқан қўшиш, ёзишда кириш ўзгартгичлари «ЁКИ» боғловчиси билан бирлаштирилади ва («+») қўшиш белгиси билан белгиланади: $Y = X1 + X2 + \dots + Xn$. Мантиқан айириш (инверсия) ўзгарувчан миқдор устига чизиқ қўйиб белгиланиб (X) қуйидагича ўқилади: «ЭМАС» $Y = \bar{X}$. 6.1-жадвалда икки ўзгарувчили ҳол учун мантиқий операцияларни бажариш қондаси келтирилган. Мантиқий «ТАҚИҚ» мустақил қийматлардан бири бўлиб ҳисобланади ва у қуйидагича ёзилади: $Y = X1 + X2$. Рақамли электрон автоматнинг киришига ихтиёрий берилган мураккаб бўйруқ (команда) амалларга ишлов бериш учта мантиқий операцияларни — конъюнкция, дизъюнкция ва инверсияларни аралаштириб ёзиш мумкин. Масалан: 6.2-жадвалда кириш командаси иккита $X1$ ва $X2$ ўзгарувчи устида бажарилувчи мураккаб операциялар кўрсатилган. Шундай қилиб, мантиқий алгебра операцияси мураккаб бўйруқ формуласини соддалаштиришга ёрдам беради. Бу эса ихтиёрий мураккаб кириш функциясини содда мантиқий амаллар ёрдамида ҳал қилишга олиб келади. Бу вазифани рақамли автомат қурилма таркибига кирувчи мантиқий электрон микросхемалар бажаради.

6.4-§. ИМПУЛЬС ВА РАҚАМЛИ ТЕХНИКАНИНГ АСОСИЙ ЭЛЕМЕНТЛАРИ

1. Мантиқий элементлар. Мантиқий элементлар катта тезликда алгебра қондаси бўйича мантиқий амаларни бажарувчи структура бирлиги. Асосий операциялар бўлиб, мантиқий кўпайтириш «ВА», мантиқий қўшиш «ЁКИ» ва мантиқий айириш «ЭМАС» ҳисобланади. Уларга яна мантиқий берк операцияси «ТАҚИҚ» ҳам киради.

«ВА» мантиқий операция «ВА-элемент» номи мантиқий элементда бажарилади. РЭА да уларнинг: схемадаги шартли белгиси 6.5-расмда келтирилган. Агар (X) барча киришдаги чиқиқларга бир вақтнинг ўзида «1» сигнали берилса, «ВА» элементининг чиқиш сигнали бирга тенг бўлади.

«ЁКИ» мантиқий операцияси «ЁКИ элементи» номи мантиқий элементда бажарилади. Уларнинг шартли белгиланиши 6.5-расм, б да келтирилган. Агар (X) киришлардан бирига «1» сигнали берилса, «ЁКИ» элементидаги чиқиш сигнали «F» бирга тенг бўлади. «ЭМАС» мантиқий операция «ЭМАС» номи элементда ёки инвертор мантиқий элементда бажарилади. Уларнинг шартли белгиланиши, 6.5-расм, в да келтирилган.

6.1- жадвал

Функциялари		Операциялар				
		копъюнкция	дизъюнкция	инверсия	Тақиқ	
		Қийматлар	Қийматлари			
0	0	0	0	1	1	1
0	1	0	1	1	0	1
1	0	0	1	0	1	1
1	1	1	1	0	0	0

6.2- жадвал

Функциялар		Операциялар	
Қийматлари		Қийматлари	
0	0	1	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	0

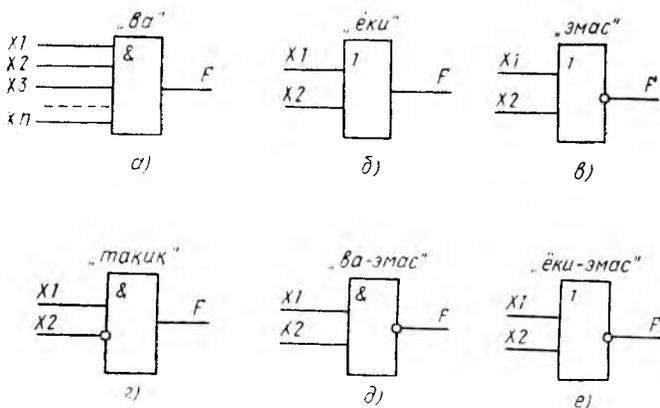
6.3- жадвал

Кириш		Чиқиш	
Қўшилувчилар		Ўтказиш	
A	B	P	
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

«ТАҚИҚ» мантиқий операция «ТАҚИҚ» номли мантиқий элементда бажарилади. Уларнинг шартли белгилари 6.5- расм, 2 да келтирилган. Энг содда ҳолда «ТАҚИҚ» элементи иккита чиқишга эга: рухсат этилган (кириш $X1$), тақиқланган (кириш $X2$.)

Чиқиш сигнали «F» $X2=0$ бўлганда, рухсат этилган кириш $X1$ да сигнални такрорлайди.

Агар $X2$ тақиқланган киришга «1» сигнали таъсир қилса, чиқишда рухсат этилган ($X1$) да қандай сигнал бўлишидан қатъи назар, «0» сигнали такрорланади. Икки ёки ундан ортиқ мантиқий операциялар комбинациялашган мантиқий элементлар билан бажарилади. «ВА — ЭМАС» ва «ЁКИ — ЭМАС» операцияларини бажарувчи элементларнинг шартли белгилари 6.5- расм, д, е да кўрсатилган.



6.5- расм. Мантиқий элементларнинг шартли белгиси:

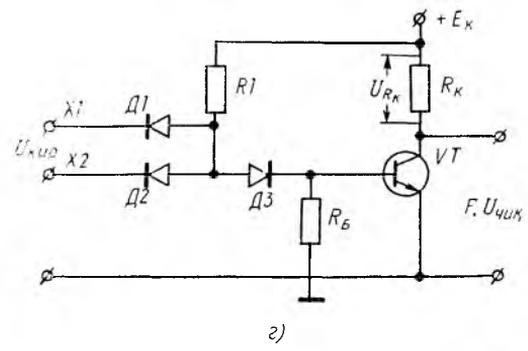
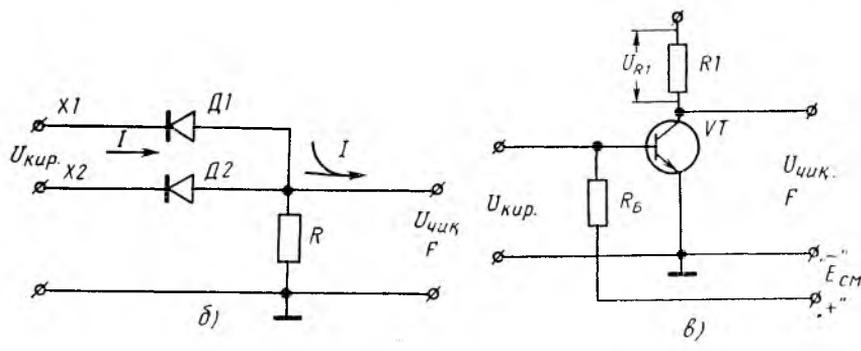
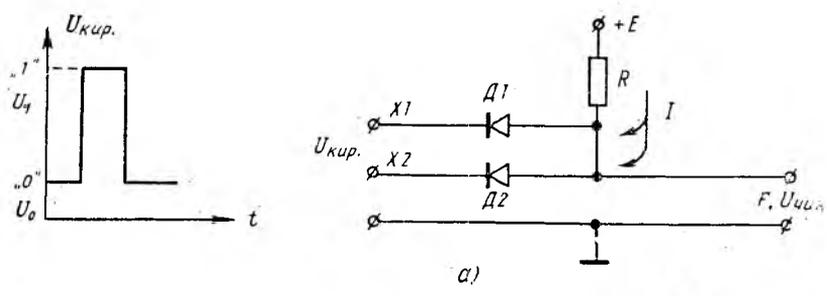
a — «ВА» элементи, b — «ЁКИ» элементи, c — «ЭМАС» элементи, d — «Тақққ» элементи, e — «ВА-ЭМАС» элементи, f — «ЁКИ-ЭМАС» элементи.

Мантиқий элементларни конструктив дискрет асбоблар ҳамда интеграл технология усули билан мантиқий интеграл микросхемалар ёрдамида бажариш мумкин.

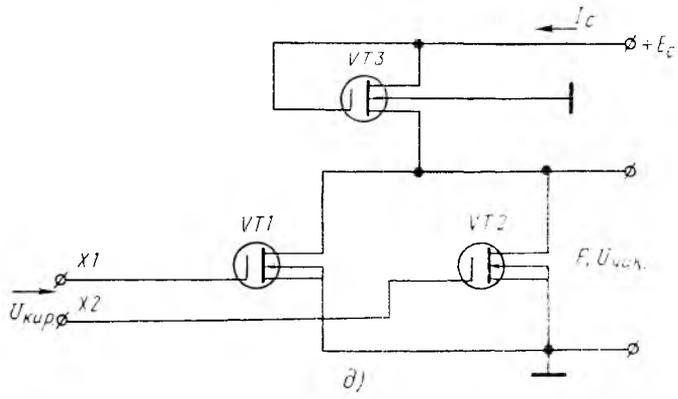
Ярим ўтказгич — диод ва транзисторларда бажарилган энг содда мантиқий элементлар билан танишамиз.

«ВА» мантиқий элементи. У диодлар асосида бажарилиб (6.6-расм, a) иккита ёки ундан ортиқ киришга (X_1, X_2) ва битта чиқишга эга. Бу элементлар потенциал ёки импульс сигналлар таъсири асосида ишлайди. Унинг ишлаши билан танишайлик. Айтайлик бу схеманинг икки киришига «0» импульс сигнали таъсир қилсин. D_1 ва D_2 диодлар очиқ (уларнинг анодларида $+E$ сигналларнинг таъсири натижасида потенциал ҳосил бўлади), резистор R — диодлар — импульслар манбаи — масса ($-E$) занжири орқали ток I ўтади. У E га тахминан тенг бўлган кучланиш тушишини ҳосил қилади ($R \gg R$ диод). Чиқишда эса кучланиш «0» га тенг бўлади (бу пайтгача у E га тенг эди). Агар киришлардан бирига кучланиш мантиқий «1» тўғри келса, у ҳолда диод беркилади. Лекин иккинчи диод очиқ бўлиб, ундан ток ўтади ва схеманинг чиқишида илгариги «0» сигнали қолади. «F» чиқишда «1» мантиқ сигнали ҳосил бўлиши учун иккала кириш X_1 ва X_2 га бир вақтда «1» сигнали келиши керак. Бу ҳолда иккала диод берк бўлиб, R резистордан ток ўтмайди ва мантиқий «1» га тўғри келган E кучланиш ҳосил бўлади. Шундай қилиб $X_1=1$ ва $X_2=1$ $F=1$ бўлганда «ВА» — элементи 6.6-расм, a да кўрсатилганидек «ВА» операциясини бажаради.

«ЁКИ» мантиқий элементи. Диодлар 6.6-расм, b да кўрсатилганидек уланса, схема «ЁКИ» элементи бўйича ишлайди. Ҳақиқатан ҳам бирор сигнални киришга берилиши билан схемадаги диод очилади ва импульс (U) орқали чиқишга берилади. Шундай қилиб, агар $X_1=1, X_2=1$ ёки $X_1=0, X_2=1$ бўлса,



6.6- расм. Мантиқ элементлари:
 а — «ВА» мантиқ элементи, б —
 «ЕКИ» мантиқ элементи, в —
 «ЭМАС» мантиқ элементи, г —
 «ВА — ЭМАС» мантиқ элементи,
 д — «ЕКИ- ЭМАС» мантиқ элементи.



$F=1$ бўлиб, расмда кўрсатилган элемент «ЕКИ» операциясини бажаради.

«ЭМАС» мантиқий элементи (6.6-расм, в). У битга кириш ва битга чиқишга эга бўлиб, $n-p-n$ типли биқутбий транзистор асосида бажарилган. Схема У бўйича уланган кучайтиргич каскадидан иборат. Берилган ҳолатда манбадан силжиш кучланиши $E_{\text{сил}}$ манфий базага берилиши натижасида транзистор берк бўлади. Чиқишда бу схемада $U_{\text{кир}} = U_0$ бўлгани учун «1» бўлади. Киришга мантиқий «1» сигнали ($U_{\text{кир}} = U_1$) берилиши натижасида коллектор токи ҳосил бўлиб, R_k резисторда V_k чиқиш сигнали $FX2 = 0$ бўлганда Х1 чиқишида рухсат этилган чиқишда такрорланади.

$X=0$ бўлса, кучланишлар тушиши ҳосил бўлади. Бу E_k га тенг, F схеманинг чиқишида кучланиш нулга тенг бўлиб, мантиқий «0» тўғри келади. Шундай қилиб, агар $X=0$ бўлса $F=1$, агар $X=1$ бўлса $F=0$ бўлиб, элемент 6.6-расм, в да кўрсатилганидек инвертор бўлиб мантиқий манфий операция «ЭМАС» ни бажаради.

«ВА—ЭМАС» мантиқий элементи. 6.6-расм, г да «ВА ва «ЭМАС» иккита мантиқий элементлар бирлаштирилган. Биринчи «ВА» иккита Д1 ва Д2 диодларда, иккинчиси «ЭМАС» эса VT транзисторда бажарилган. Бундай комбинациялашган мантиқий элемент диод транзисторли мантиқий ёки ДТЛ элемент деб аталади.

Икки мантиқий элемент Д3 диод билан бирлаштирилган. Бу схеманинг ишлаши билан танишайлик. Агар иккала кириш (кир 1 ва кир 2) га мантиқий «1» кучланиши берилса, Д1 ва Д2 диодлар берк бўлиб, $+E1 - R - D3 R5$ масса ($-E1$) орқали ток оқади. Бу ҳолда R_6 резистордаги кучланиш транзистор базасига нисбатан мусбат кучланишга эга бўлади ва у очилиб R_k резистордаги кучланиш тушишига $U_{Rk} \approx E1$ сабаб бўлади. Бу вақтда схеманинг чиқиш momentiда $U_{\text{чик}}$ паст кучланишга эга бўлиб, у мантиқий «0» га тўғри келади. Агар бу схеманинг бирорта киришига «0» ҳолатга тўғри келган $U_{\text{кир}}$ кучланиши берилса, диод очилади. Бунда база потенциали тушиб транзистор ёпилади. Энди $E1$ ток манбаидаги ток $R1$ резистор ва очиқ диод орқали ўтади. Схеманинг чиқишида $U_{\text{чик}}$ сигнали ҳосил бўлиб, у мантиқий «1» га тўғри келади. Шундай қилиб, агар $X1 = 1$ ва $X2 = 1$ бўлса, $F = 0$, агар $X1 = 0$, $X2 = 1$ ёки $X1 = 1$, $X2 = 0$ бўлса, $F = 1$ бўлади. Бундан кўринадики, ДТЛ элементи «Ва—ЭМАС» нинг комбинациялашган-мантиқий элементиدير.

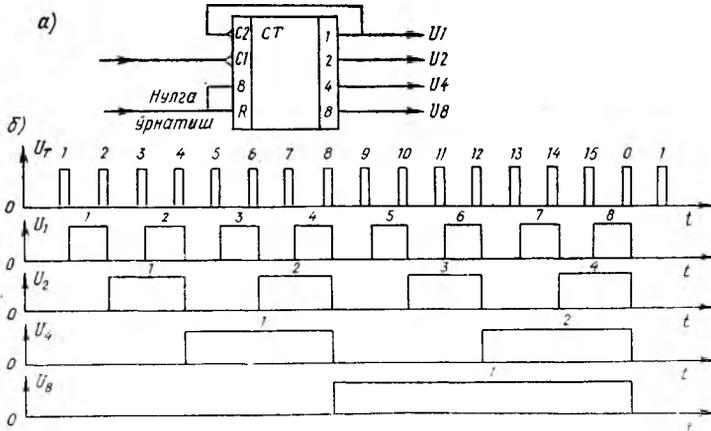
«ЕКИ—ЭМАС» мантиқий элементи. 6.6-расм, д да МОП транзистори асосида бажарилган «ЕКИ—ЭМАС» комбинациялашган мантиқий элемент келтирилган. Бу схемада VT1 ва VT2 транзисторлар параллел уланган. Уларнинг юкланиши VT3 транзистор бўлиб, интеграл технологияда мантиқ элементининг схемада эгаллаган юзаси камаяди.

Агар схеманинг иккала киришига бир вақтда транзисторларнинг чегара кучланишидан кичик бўлган мантиқий нулга тенг кучланиш $U_{\text{кир}} = 0$ берсак, VT1 ва VT2 транзистор беркилади. Унинг сток токи

I_c нолга тенг бўлиб, схеманинг чиқишида кучланиш E_c га тенг бўлади ва у мантиқий «1» га тўғри келади.

Агар пастки транзистор очилиб катта кучланиш берилса, транзистор очилиб, сток токи ҳосил бўлади. Натижада $VT3$ транзисторда кучланишлар тушиши рўй бериб, схеманинг чиқишида мантиқий нолга тенг кучланиш ҳосил бўлади. Демак, агар $X1=1$ ва $X2=1$ бўлса, $F=1$, агар $X1=0$, $X2=1$ ёки $X1=1$ ва $X2=0$ бўлса, $F=0$ бўлади. Бундан кўринадики, МОП транзисторидан йиғилган схема комбинациялашган мантиқий элементи «ЁКИ — ЭМАС» ҳисобланади. $Y=X1+X2$. Юқорида кўриб чиқилган схемалардан ташқари мураккаб мантиқий операцияларни бажарувчи комбинациялашган мантиқий элементлар ҳам мавжуд. Масалан «ВА», «ЁКИ — ВА», «ЁКИ — ЭМАС» ва бошқалар.

2. Импульслар ҳисоблагичи. Электрон ҳисоблагич деб, ҳисоблагич киришига берилган импульслар сонини сановчи рақамли техник қурилмага айтилади. У T турдаги триггер занжиридан иборат бўлиб, разрядлар бўйича бўлиган (триггерни ишлаш кетма-кетлиги 5-бобда кўрилган). Ҳисоблагичлар разрядлиги шу билан бирга триггерлар сони берилган ҳисоблагични санани мумкин бўлган максимал сон билан топилади. 6.7-рasm, а да 4 триггердан иборат К115ИЕ5 типли микросхема базасида тузилган ҳисоблагич келтирилган. Ҳисоблагич схемаси T — тактли импульс қабул қилувчи кириш $C1$ ва саккизга бўлгич (кириш $C2$) дан иборат. Бўлгич кетма-кет уланган учта триггердан иборат бўлиб, кираётган импульсларнинг орқа fronti таъсирида ишлайди («1» дан «0» га ўтишда). Агар 4 та триггер кетма-кет уланса, максимал 15 гача сановчи ҳисоблагич ҳосил бўлади (6.7- рasm, б).



6.7- рasm. 4 та триггердан иборат К115ИЕ5 микросхема базасида тузилган ҳисоблагич (а), кетма-кет уланган учта триггер бўлгич (б)

$$(1111)_2 = 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 15.$$

Ҳисоблагич разрядникларни мажбурий нулга келтирувчи киришга ҳам эга.

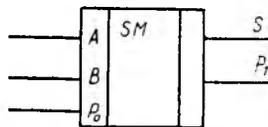
3. **Сумматорлар.** Сумматорлар икки ёки ундан ортиқ сонларни мантиқий алгебра қондаси бўйича қўшиш учун ишлатилади:

$$0 + 0 = 0, 1 + 0 = 1, 0 + 1 = 1, 1 + 1 = 1,$$

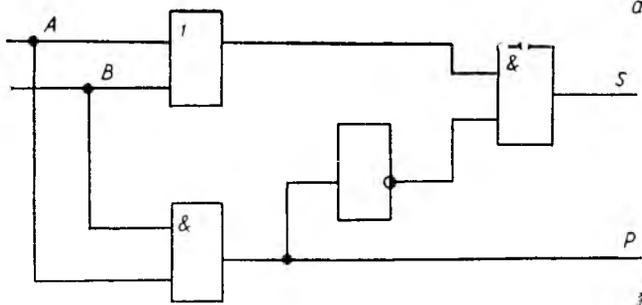
охирги олинган натижа (бир) кичик разряддан каттасига ўтказилади. Шунинг учун схемада «Р» ўтиш сигнали ҳосил қилинади. Сумматорлар «ВА» ёки «ЁКИ» мантиқ элементларидан тузилади. Икки киришга ва бир разрядга эга бўлган сумматорларнинг шартли белгиланиши ва таркибий схемаси 6.8-расмда берилган. Бир разрядли сумматорларни кетма-кет улаб, қўп разрядли сумматорлар ҳосил қилиш мумкин. 6.3-жадвалда бир разрядли сумматорларнинг ишлаши таҳлил қилинган.

4. **Сонлар регистори.** Регистор деб, ўзида иккилик сони, дискрет ифода ёки кодлар комбинациясини ёзиш ва хотирада

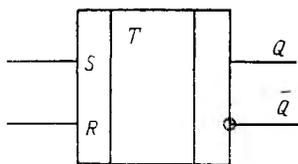
6.8-расм. Икки киришли бир разрядга эга бўлган сумматорнинг шартли белгиси (а), таркибий схемаси (б).



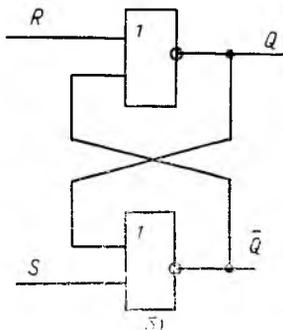
а)



б)



а)



б)

6.9-расм. «RS» — триггерлар.

сақлаш қурилмасига айтилади. Электрон ҳисоблаш қурилмаларида бу мақсад учун иккита кириш: S — белгиланган кириш ва R — ташлаб юборувчи киришга эга бўлган RS триггерлар ишлатилади (6.9-расм). Бу регисторлар «ЁКИ—ЭМАС» элементларида бажарилади. $S=1$ импульс схемага берилганда «1» ҳолат ўрнатилади, ($Q=1, Q=0, R=1$) импульсда эса у сакраш билан «0» ҳолатга $Q=0, Q=1$ ўтади. Бу ҳолатлар етарлича узоқ вақт машинанинг оператив хотирасида сақланиши мумкин. Бир неча триггерлар регистор тугунда бирлаштирилиб, улардан сонли разрядларнинг иккилик ифодалари сақланади.

5. Шифраторлар. Шифраторлар сонларни бир кўринишдан бошқасига ўтказиш учун хизмат қилади. Улар энг кўп электрон ҳисоблаш машинасининг кириш қурилмасида қўлланилиб, ўнлик системасидаги сонларни иккилик системасига ўтказилади. Энг содда шифраторнинг ишлаши билан танишайлик. Айтайлик, кириш қисмида ўнта: 0 дан 9 гача тугмачалар бўлсин. Бу кириш тугмачаларидан ихтиёрийсини босганимизда ($X0—X9$) бўлган битта сигнал ҳосил бўлиб, чиқишда ўнлик сони иккилик кодида ($Y0, Y1, \dots, Y9$) ҳосил бўлади. 6.4-жадвалдан кўринадики, бу содда шифратор 10 та кириш ва 4 та чиқишга эга. Разрядлигини кўпайтириб, ихтиёрий сонни иккилик кодида шифрлаш мумкин. Шифраторнинг ишлаши қуйидагича. Ихтиёрий мусбат « X » сонни позицион ҳисоблаш системасида қуйидаги қатор кўринишида ёзиш мумкин:

$$X = \sum_{n=k}^{n=m} Q_n N^n$$

бу ерда N — асосий ҳисоблаш системаси, n — разряд номери, K ва m — бутун сонлар бўлиб, катта ва кичик разрядлар номерига тўғри келади, Q_n — бутун сон бўлиб, сонда қанча « n » разрядли бир сони борлигини кўрсатади. Масалан, 235 сонини олайлик. Ҳар хил ҳисоблаш системасида у қуйидагича ёзилади:

6.4-жадвал

Ўнлик сони	Иккилик коди				Ўнлик сони	Иккилик коди			
0	0	0	0	0	5	0	1	0	1
1	0	0	0	1	6	0	1	1	0
2	0	0	1	0	7	0	1	1	1
3	0	0	1	1	8	1	0	0	0
4	0	1	0	0	9	1	0	0	1

1) ўнликлар системасида (10)

$$235 = 2 \cdot 10^2 + 3 \cdot 10^1 + 5 \cdot 10^0 \rightarrow 235$$

Сон	Иккилик коди				Етти сегментли код						
	3	1	2	1							
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
2	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1
3	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1
4	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1
5	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
6	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1
7	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
8	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
9	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1

2) Саккизликлар системасида (8)

$$235 = 3 \cdot 8^2 + 5 \cdot 8^1 + 3 \cdot 8^0 \rightarrow 235.$$

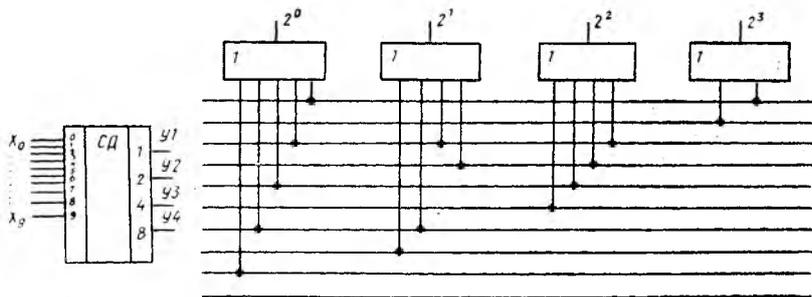
3) Иккиликлар системасида (2)

$$235 = 1 \cdot 2^7 + 1 \cdot 2^6 + 1 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 \rightarrow 235$$

Кўпинча ЭХМ нинг арифметик қурилмаси иккилик системаси бўйича ҳисобланади. Буни ихтиёрий сонни машинанинг иккилик тилига ўтказиш учун 1 ва нулга мос келувчи, икки турғун ҳолатга эга бўлган электрон қурилмалар тўплами кераклиги билан тушунтирилади. Масалан, триггер икки хил «0» ва «1» ҳолатда бўлиши мумкин. Ёки диодни олайлик. Ярим ўтказгичли диод бир томонга токни ўтказадди бу «1» ҳолатига, иккинчи томонга токни ўтказмайди, бу «0» ҳолатга тўғри келади. Амалда ЭХМнинг шифратори сифатида сонли интеграл микросхема ишлатилади. Шифраторларда К115 микросхемаси қўлланилади. У тўртта «ЕКИ» элементга эга: беш чиқишли, иккита тўрт чиқишли ва икки чиқишли (6.10-расм).

6. Дешифраторлар. Дешифраторлар унинг чиқишига берилаётган бир томонлама рақамли кодни илгариги ҳолатга келтириш учун ишлатилади. Улар таблодаги индикаторга уланган бўлиб, керакли коддаги сон ёритилади. Дешифратор сифатида К155 серияли микросхемалар ишлатилади. Индикатор сифатида эса етти сегментли ёруғлик диодлари ёки юқорида кўрилган совуқ кристалли индикаторлар ишлатилади. 6.11-расм ва 6.5-жадвалда икки ўнлик кодни етти сегментли индикатор кодига ўтказиш кўрсатилган.

7. Импульслар селектори. Импульслар селектори деб, ҳар хил тўпламдаги импульслар амплитудаси, частотаси, узунлиги, фазаси ва бошқа кўрсаткичлари билан фарқланувчи импульсларни ажратиб олувчи қурилмага айтилади. Ҳисоблаш техникасида кўпинча амплитуда ва вақт селектори ишлатилади. Амплитудали импульслар селектори амплитудаси берилган максимал

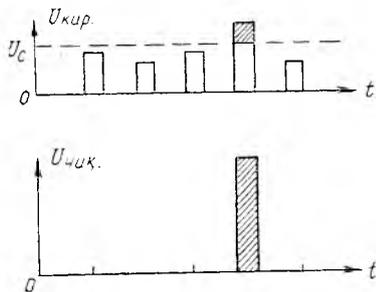


6.10- расм. Шифратор.

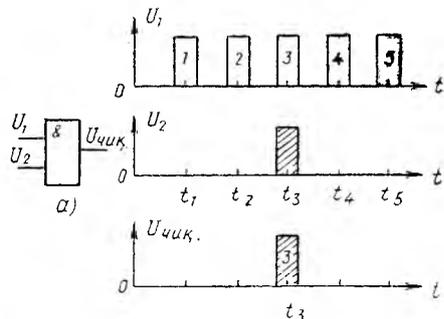


6.11- расм. Етти сегментли табло.

сатҳдан катта бўлган импульсларни ажратади. Улар қуйи селектор асосида тузилган. Уларнинг ишлаши 6.12-расмда кўрсатилган. Бу селектор ёрдамида амплитудаси селекция импульси сатҳдан юқори бўлган импульслар ажратилади. Бу усул билан, масалан, «Тақиқ» мантиқ элементи кириши беркитилади ёки телевизор приёмнигининг ёйилиш қурилмаси каналидаги ишлатиб юбориш блокинг-генератори схемасидаги тормозланган мультивибратор очилади. Ядро физикасида амплитудали селектор энергия сатҳи бўйича тақсимланган элементар заррачаларни ўрганишда ишлатилади. Вақтли селекторлар импульслар тўпламидан фақат бошқарилувчи, алоҳида-алоҳида импульслар билан вақт бўйича мос импульсларни ажратади. Вақтли селектор сифатида икки чиқишга эга бўлган «ВА» ман-



6.12- расм. Амплитудали селектор ишнинг тушунтирувчи график.



6.13- расм. Вақтли импульслар селекторининг шартли белгиси (а) ва унинг иш графиги (б)

тиқ элементи ишлатилиши мумкин. Унинг ишлаши 6.13-расмда келтирилган. Биринчи киришдаги импульс (VI) иккинчи киришдаги алоҳида-алоҳида импульслар билан вақт бўйича мос тушганда, чиқиш мантиқ элементи (BA) да «учинчи» битта импульс ажралади.

8. Мультиплексорлар. Мультиплексорлар адрес кодига биноан киришдаги бир неча линияларни (A, B, C, D ни) кетма-кет чиқишнинг бирига улаш учун хизмат қилади. 6.14-расмда мультиплексорнинг схемада белгиланиши келтирилган.

A, B, C, D киришларга сигнал берилади, қайсики улардан ихтиёрй бири чиқишга узатилади.

Демультиплексорлар тескари операцияни бажаради, яъни адрес коди бўйича линиялардан бирига киришга берилаётган маълумотни жўнатади.

Мультиплексорлар — микропроцессорлар, ЭХМларда кенг қўлланилади ва тугунлар орасидаги боғланиш линияларини камайтиришга имкон беради. Улар микросхема шаклида ишлаб чиқарилади (тўрт каналли, ўн олти каналли ва бошқа).

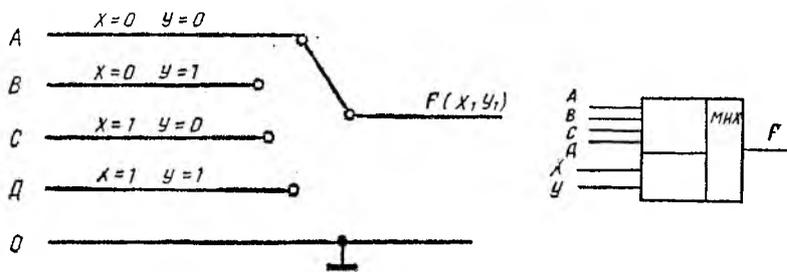
9. Шмитт триггери ва компораторлар. Компоратор — давомийлиги кириш билан бошқариш мумкин бўлган, киришга берилган импульсни чиқишга узатиш учун керак бўлган иккита кучланишни солиштириш учун хизмат қилади. 6.15-расмда кириш кучланишлари кўрсатилган. Бу ердаги $U_{кир1}$ синусоида кўринишида, $U_{кир2}$ эса доимий. Расмдан доимий кучланиш катталигини ўзгартириш билан берилган синусоидал кучланиш амплитудаси бўйича, кириш импульсининг давомийлигини бошқариш мумкин.

Оддий компоратор схемалари қаторида, сонли схемалар уланиш ва ўчирилиш сатҳлари тенг бўлмаган компораторлар кенг қўлланила бошлади. Бундай схемалар мусбат тескари алоқали компораторлар (МТА) ёки Шмитт триггерлари деб аталади. МТА компораторнинг тескари уланиш жараёнини тезлаштиради, натижада схеманинг уланиш жараёни бири қанча тезлашади.

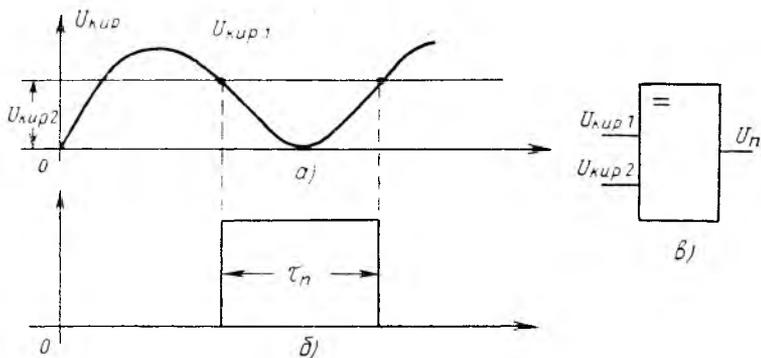
6.16-расмда Шмитт триггерининг схемаси (a), узатиш хараактеристикаси (b) ва шартли белгиси ($в$) келтирилган.

Шмитт триггерлари қатори рақамли техникада A — триггерлар, B — триггерлари, C — триггерлари кенг қўлланилмоқда.

10. Рақамли-аналог ва аналог-рақамли ўзгартгичлар.



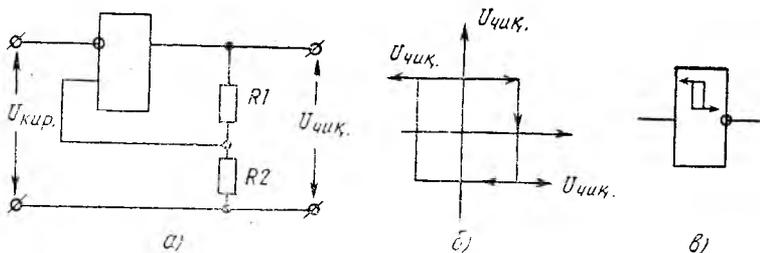
6.14-расм. Мультиплексорнинг ишлаши (a) ва шартли белгиси (b).



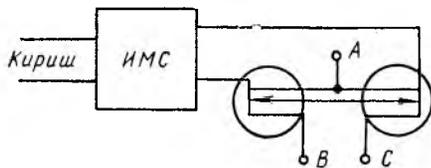
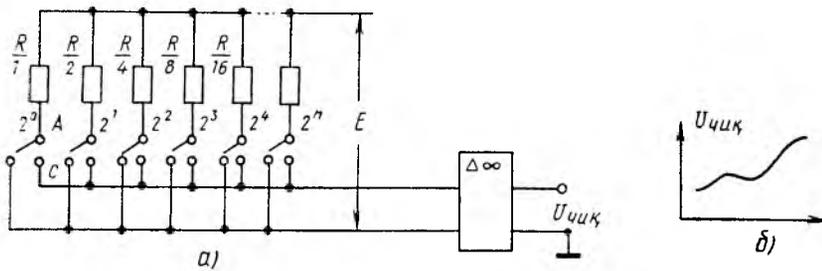
6.15- расм. Компараторнинг ишлаш графиклари (а) ва шартли белгиси (б).

Ҳисоблаш техникасида рақамли маълумотларни аналог кўринишидаги маълумотга ўтказиш учун рақамли-аналог ўзгартгичлар (РАЎ) ҳамда аксинча алмаштириш учун аналог-рақамли ўзгартгичлар (АРЎ) қўлланилмоқда. 6.17- расмда РАЎ нинг содда схемаси келтирилган. Схема операцион кучайтиргич 1 ва электрон калит 2 ёрдамида кучайтиргичнинг киришига уловчи резисторлар тўплами 3 дан иборат. Калитларни улаш учун, шифратор схемасидан келаётган, киришдаги иккиланган сигналлар хизмат қилади. РАЎнинг чиқишида аналог сигнал олинади.

АРЎ ёрдамида аксинча аналог катталиклар ($U_{кир}$) код сигналига айланишини кўрайлик. У мультивибратор МВ электрон ҳисоблаш ЭҲ, РАЎ ва компаратор Қ дан иборат. Мультивибратор (МВ) схемасида узлуксиз такт импульслари (U^T) ишлаб чиқарилади. Улар электрон ҳисоблагич ЭҲ га келиб, «+» киришга «1» сигнали келганда «қўшиш» ва «0» сигнали келганда «айириш» ишлайди. Ишнинг бошланғич пайтида t_0 компараторнинг биринчи киришига аналог сигнали $U_{кир}$ берилади. Бу пайтда АРЎ схемаси уланади, чунки ҳисоблагичнинг берилган ҳолатида $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4 = 0$ бўлгани учун РАЎ нинг чиқишида $U_c = 0$ бўлади. Бу $U_{кир} - U_c > 0$ ҳолатда компараторнинг сигнали (+) мусбат бўлади. Бу «1» сигнали ҳисоблагичнинг



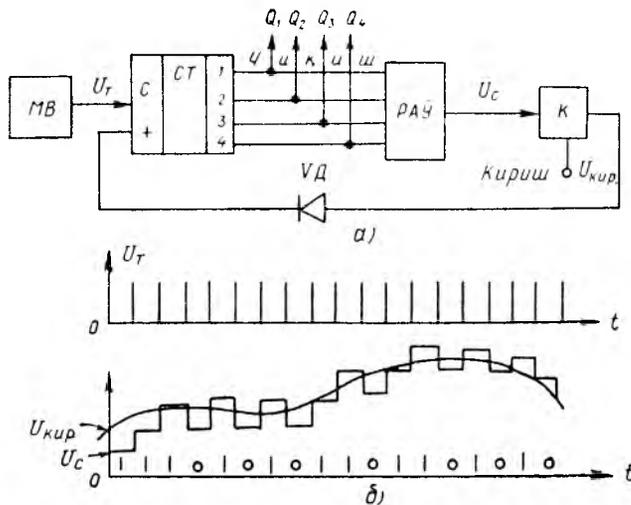
6.16- расм. Шмитт триггери.



6.17- расм. Рақамли-аналог ўзгартгичлар

(+) киришига берилиб, қўшишга ишлайди, яъни код ҳисоблагичга ҳар бир такт импульси U_T келиши билан ортади. Ортиш (U_C) РАЎ нинг сигнали ($U_{\text{кир}}$) ортиб кетмагунча давом этади (6.18- расм, б, 11 дақиқа).

Энди ҳисоблагичнинг 1 киришига «0» сигнали келади ва у «айриш» ҳолатига ўтади. Наъбатдаги такт импульси ҳисоблагичнинг кодиди камайтиради. Лекин сигнал (U_C) РАЎ нинг чиқишида етарлича камайтирилса, компаратор K яна орттириш ҳолатига уланади ва ҳ.к. РАЎ нинг чиқишида ҳолатлар тенглашса, $U_{\text{кир}}$ атрофида тебранади. АРЎ чиқишида эса 1110 1010 1101 ва ҳ.к. ҳосил бўлади.

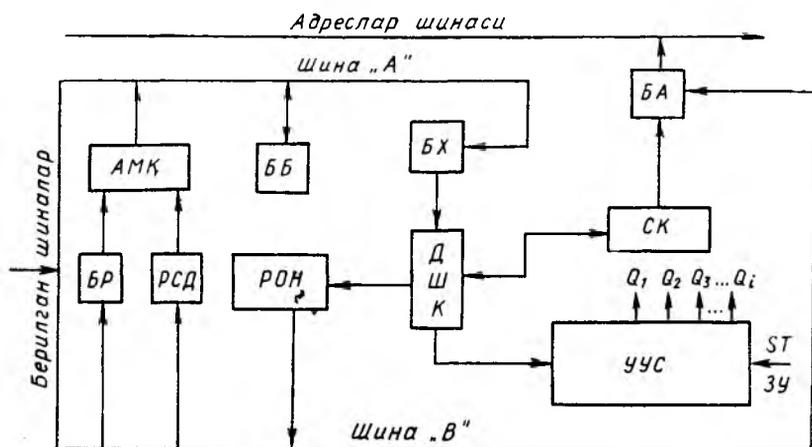


6.18- расм. Аналог-рақамли ўзгартгичлар (АРЎ) нинг таркибий схемаси (а) ва унинг ишлаш графиклари

6.5- §. МИКРОПРОЦЕССОРЛАР ВА МИКРО ЭХМ

Микропроцессорлар (МП) программада кўрсатилган берилган масалани ечишда (оддий буйруқ берилган кетма-кетликда) ўта тез бажариш учун қўлланилади. Умумий ҳолда (МП) қуйидаги операцияларни бажаради: а) микропроцессор ишини бошқарувчи программа қурилмаси билан МПнинг кириш қурилмасини мослаш учун; б) қабул қилиш, ишлов бериш ва буйруқларни чиқариш (берилган адреслар учун); в) МП қайта ишловчи берилганларни (МПХК) хотирасида сақлаш учун; г) арифметик ва мантиқий операцияларни бажариш; д) МП нинг чиқишини берилганларни чиқишига берувчи қурилмалар билан мослаштириш. Ҳозирги пайтда юзлаб МП турлари ишлаб чиқарилмоқда, улар мураккаб жараёнларни «мослашувчан» программа қурилмалари ёрдамида бошқаришга қодир. 6.19- расмда МП нинг таркиби кўрсатилган бўлиб, у қуйидаги қисмлардан иборат: а) берилган ва адрес шиналари, б) буйруқ ҳисоби (БХ), в) адрес (АБ) ва берилганлар (ББ) буферидан, г) буйруқ дешифратори (БДШ), д) операцияларни бошқариш қурилмаси (ОБҚ), е) умумий қўлланиладиган регистор (УҚР), ж) буйруқ регистори (БР), з) арифметик-мантиқий қурилма (АМҚ), и) буфер регистори (БР), к) силжиш регистори (СР).

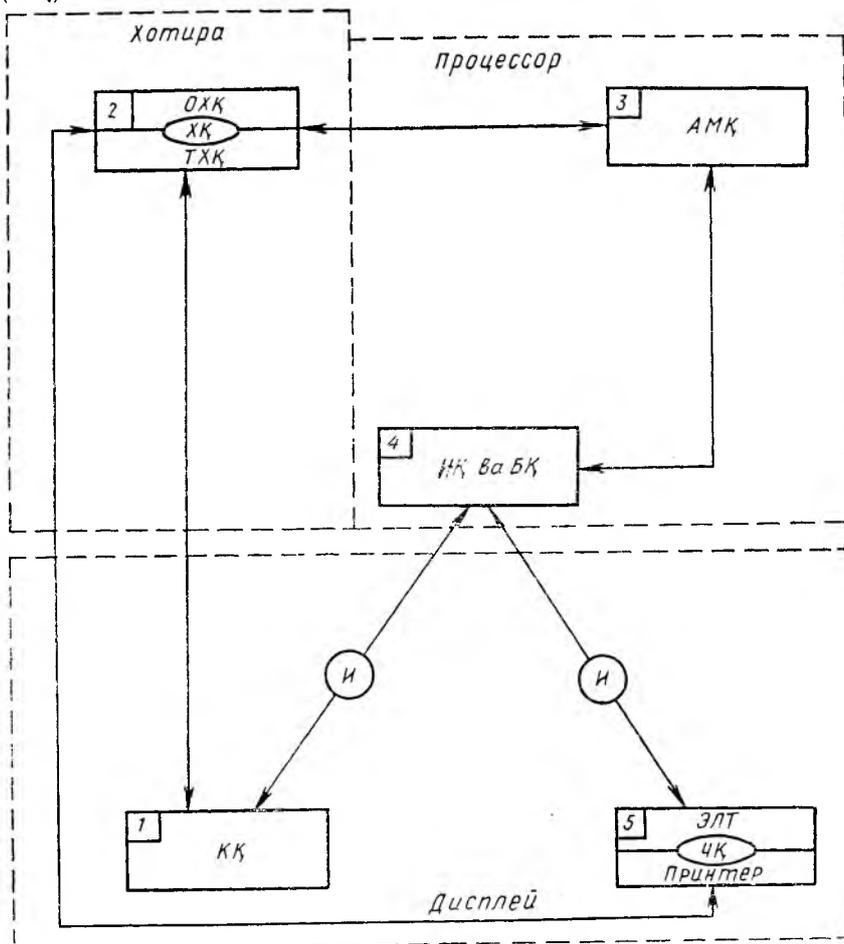
МП нинг қисмларидан буйруқлар ўтишини қисқача изоҳлаймиз. Буйруқ бўйича бошқариладиган адрес БХ буйруғида сақланади, ундан АБ орқали адрес (МПХҚ) хотираловчи қурилма киришига узатилади. МПҚК дан олинган буйруқ Q_i сигнал бўйича ББ орқали БР га келади. БДШ да буйруқ коди очилиб, ОБҚ га узатилади. Керакли операцияни бажаришни таъминловчи ОБҚ операция кодига мувофиқ бошқарилувчи сигналлар кетма-кетлигини ишлаб чиқади.



6.19- расм. Микропроцессор.

Операция жараёнида УҚР га мурожаат қилиниши мумкин. Бу ҳақда БДШ адрес регисторини УҚР нинг кириш адресига беради. Агар операцияларни бажариш ЭХМ нинг ташқи ХҚ билан боғлиқ бўлса, бу ҳолда берилган адрес АБ орқали шина адресига берилади.

Микропроцессор микро ЭХМнинг асоси ҳисобланади. Микро ЭХМ нинг схемаси ЭХМ схемасига ўхшаш (6.20- расм) ва ЭХМ-ларнинг ўлчами, ташқи кўриниши ва бажариш функцияси турлича бўлишига қарамасдан, улар умумий таркибий схемага ва ишлаш принципига эга. 6.20- расмда энг содда ва бешта асосий қисмдан иборат бўлган ЭХМнинг таркибий схемаси келтирилган: арифметик мантиқий қурилма (АМҚ), хотираловчи қурилма (ХҚ), бошқариш ва назорат қилиш қурилмаси (БҚ ва АҚ), кириш қурилмаси (КҚ) ва маълумотни чиқариш қурилмаси (ЧҚ).



6.20- расм. МикроЭХМнинг схемаси.

1. Кириш қурилмаси (КҚ). Кириш қурилмаси ёрдамида ЭХМ нинг хотирасига (ХҚ) рақамли ёки ёзув ёхуд жадвал тарзида маълумот юборилади. Ҳозирги пайтда маълумотни товуш-акустик сифатида киритиш бўйича иш олиб борилмоқда. Кириш ва чиқиш қурилмаси КҚ ва ЧҚ лари билан махсус қурилма аналог-рақамли ўзгартиргич (АРУ) орқали бирлаштирилган. Бу ўзгартиргич ёки интерфейс (И) юқорида кўрсатилган бир тилдан машина тилига ўтказиш учун «тилмоч» вазифасини бажаради. Кириш қурилмасида алфавит-рақамли клавиатура энг кўп тарқалган бошқариш пульта ҳисобланади (6.21-расм), у оддий электр ёзув машинасига ўхшаб кўп (100 тагача) тугмачага эга. Пультада ҳарфли тугмачадан ташқари, шартли белги ёзувли калит ва босмалар бор.

АСУ нинг ҳар бир клавишида сигнал оператор ва программада берилган ҳақиқий кодга айлантирилади ва ундан сўнг ХҚ га узатилади.

2. Хотира қурилмаси (ХҚ). У программа, операторларнинг дастлабки маълумотлари жойлашган хотиралар ячейкаси тўпламидан иборат. ХҚ иккига бўлинади. ОХҚ — оператив хотира қурилмаси ва ТХҚ — ташқи хотира қурилмаси. ОХҚ да кодли маълумотни ёзиш ва ҳисоблаш жараёни жуда тез амалга оширилади.

ЭХМ нинг турли моделларида ОХҚ турлича бўлади. Магнит хотираси бир маълумотни ёзиш ва магнитлаш мумкин бўлган ферритдан ясалган кичик ҳалқачалардан иборат. Ярим ўтказгичли хотира КИС кристалига буғлатиш йўли билан ҳосил қилинган кўп сонли кондесанторлардан иборат. Кўпинча ОХҚ да иккита ҳолатдан бирида узоқ вақт турғун ҳолатда бўладиган триггерлардан фойдаланилади. Ташқи хотира қурилмаси (ТХҚ) ОХҚ дан олдин ёзиб олинган маълумотни ўқиши билан фарқ қилади. У арифметик мантиқий қурилмани ишлаши учун керак бўлган программа, берилган доимийларни сақлайди, ОХҚ дан фарқли, ташқи хотира магнит диск ёки ленталарга катта маълумотларни бир неча минг марта ёзиб олиши мумкин.

Кейинги пайтларда маълумотларни лазер нури билан ёзиб олувчи оптик дисклар яратилди.

3. Арифметик-мантиқий қурилма (АМҚ) ЭХМ нинг марказий қисми бўлиб, қўйилган масалага автоматик ишлов беришнинг асосий қисмини бажаради. Бу қурилма ЭХМ нинг бажариши шарт бўлган нимани ўқиш ва қандай, қайси кетмакетликда маълумотга ишлов бериши лозим бўлган тартибда, алгоритм программаси бўйича операцияни бажаради. АМҚ бу амалларни НҚ ва БҚ ҳамда келаётган маълумотга асосланган буйруқ бўйича бажаради.

4. Назорат қилиш ва бошқариш қурилмалари (НҚ ва БҚ). НҚ ва БҚ электр ҳисоблаш машинасининг қисмлари ишини марказлаштиради. Айниқса НҚ ва БҚ АМҚ билан кучли боғланган. Шунинг учун НҚ ва АМҚ биргаликда *процессор* дейилади. Кириш ва чиқиш қурилмалари орқали маълумот бошқа-

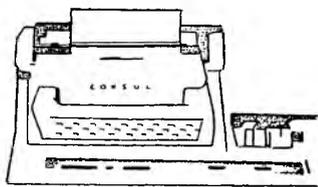
рилаётганда БҚ улар орқали ОХҚ ёки ТХҚ дан чиқиш қурилмасига буйруқ беради. Чиқиш қурилмаси ёки ТХҚ дан ОЗУ га ёки АМҚ га маълумот узатиш БҚ орқали амалга оширилади. БҚ орқали буйруқ ЭХМ нинг бошқа қисмлари бўйича ҳам ўтади. НҚ ва БҚ бу функцияларни операция системаси деган махсус программа асосида амалга оширади. Назорат қурилмаси ЭХМнинг қисмлари ишини хатолик, носозлик ҳисобдан ортиб кетганда назорат қилиб ЭХМ ишини тўхтатади.

5. Чиқиш қурилмаси (ЧҚ). Чиқиш қурилмаси чизма, сон сўзлардан иборат бўлган натижани бериш учун хизмат қилади. Чиқишдаги асосий такомиллашган восита электрон нурли трубкадир. Натижавий сон ёки текстни ёзиб олиш учун ва натижани қайд қилиш учун босма қурилма — принтерлардан фойдаланилади. Шуни қайд қилиш керакки, ҳозирги пайтда маълумотни чиқиш ва киришга берувчи энг кенг тарқалган қурилмалардан бири дисплейдир. У алфавит-сонли клавишлар пульти (кириш) ва экран ЭНП дан иборат.

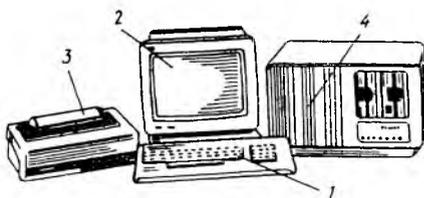
6. ЭХМ ишлашининг асосий принципи. Юқорида айтиб ўтилганидек, ихтиёрий маълумотни ЭХМ учун «0» ва «1» сонлар кетма-кетлигида 1 байтдаги код тўплами сифатида берилади. Талаб қилинган маълумот қаерда жойлашганини ХҚ да билиш учун байт учун адреслар ажратилиб, турланиб кодлаштирилади ва қандай кетма-кетликда ва маълумот билан нима қилиш кераклиги учун буйруқлар (алгоритмлар), сонлар, ёзувли маълумотлар кодлаштирилади ва ҳ. к. ЭХМ нинг қисмлари ва буйруқлар орасида боғланиш ва маълумот алмашиш электр сигналларини юборувчи ўтказичлардан иборат бўлган алоқа йўли ёрдамида амалга оширилади. Энг қийин алгоритмларни бажариш ва катта ҳажмдаги маълумотларни қайта ишлашда (ТХҚ ҳисобга олиб) ЭХМ ишини программалаштириш мумкин. Бу алгоритмларни бажариш учун ЭХМ жуда катта оддий операциялар қадамларини бажаради. ЭХМ битта қадамда маълумотнинг элементар бир бўлаги устида битта элементар буйруқни бажаради. Лекин бу шундай катта тезликда рўй берадики, механик ҳисоб системаси ҳам, инсон ҳам бундай қила олмайди.

«1» кучланиш мавжудлиги ёки «0» йўқлиги билан кодлаштирилган бўлиб, маълумотни қайта ишловчи оддий электрон қурилма сифатидаги механик элемент ҳисобланади. Мингта ва миллионта мантиқий элементдан ЭХМ нинг «мияси» тузилади.

ЭХМ (6.22-расм) таркибига кирувчи қурилма ва айрим элементлар иши билан танишиб чиқамиз. ЭХМ (1) га рақамлар, ҳарфлар ва символлар клавишини босиш йўли билан маълумот киритилади. Энг содда ҳолда клавишларни босилганда микроконтакт уланади ва электрон схемага босилган сигнал боради. 2 — дисплей экрани, унинг ишлаши оддий телевизордаги экранга ўхшаш. 3 — принтер — босма услубда ишловчи қурилма бўлиб, ЭХМ иши натижасини чиқаради. У расмларни нуқталарнинг тартиблаган кўринишида тоза қоғозга чизма сифатида чиқариб бериши мумкин. Принтер бундай чизмалар-



6.21- расм. Алфавит-рақамли кирриш қурилмаси.



6.22- расм. Микро ЭҲМнинг умумий кўриниши.

ни «шахсий» электромагнит билан бошқарилувчи ёзув ҳосил қилувчи болғачага эга бўлган каллак орқали бажаради. Болғачалар бўёвчи ленталарга уриб, қора нуқталар изини қолдиради: қоғозга лента теккан жойда расм ҳосил бўлади. 4 — ташқи хотира тўплағич — магнитни сезувчи материал қопланган магнит лентаси ёки эластик магнит дисклардан тузилган. Магнит каллак магнитофондагига ўхшаш бўлиб, лентага яқинлашиб, керакли маълумотни қодлаштирилган кетма-кетликда нуль ва бирлар ёзилади. Магнитофонлардан фарқли, бундай каллаklar бир нечта ўрнатилиши мумкин. Эластик диск думалоқ юпқа пластмасса пластинка бўлиб, унинг сирти магнит сезувчи материал билан қопланган. Магнит каллак грампластинкалар эшиттирувчи қурилмалардаги каби бўлиб, уни автоматик ҳолда ихтиёрий жойга (маълумотни ёзувчи ёки ўқувчи жойига) олиб бориш мумкин.

Битта дискнинг сифими бир неча юз минг байт бўлиши мумкин. Хулоса қилиб шуни айтиш мумкинки, программалаштириш тили, яъни ЭҲМ га программани ёзишда турли тиллар: Рапир тили, Бейсик тили ва бошқалардан фойдаланилади.

7-606. ТЕЛЕМЕХАНИКА

7.1-§. ТЕЛЕМЕХАНИКА ҲАҚИДА АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАР

Телемеханика — фан ва техниканинг ажралмас бир қисми бўлиб, ўз ичига алоқа канали бўйлаб объектларни узоқ масофадан туриб бошқаришни назорат қилишни, техник қурилмаларни ва уларнинг иш принципини тушунтирувчи назарияни бирлаштиради. Телемеханикадан биринчи навбатда узоқ жойлашган объектларни бирлаштирувчи умумий бошқариш ва назорат қилиш марказларини вужудга келтиришда фойдаланилади.

Жуда кенг тарқалган телемеханик қурилма сифатида автомат телефон станцияларни (АТС) мисол қилиб кўрсатиш мумкин. Телефон номерини териш билан биз электр сигнали импульсини (қодлашган сигналларни) АТС га жўнатамиз, у ерда

автомат қурилмалар бу кодга мувофиқ керакли бўлган телефон аппаратини улайди.

Телемеханика қурилмаларидан энергетикада жуда кенг фойдаланилмоқда. Улар ёрдамида бошқариш пультада туриб мураккаб электростанция комплексларини, подстанциялар ва электр токи узатиш линияларининг ишлари бошқарилади. Бундай масалалар нефть ва газ саноатида ҳам мавжуд, шунинг учун автоматик телемеханика қурилмаларига иш жараёнини назорат қилиш ва бошқариш, нефть ва сувни ҳавзаларга тўплаш, тақсимлаш, компрессорлар, тозалаш ҳавзалари ишини назорат қилиш каби ишлар юклатилади.

Телемеханикасииз узоқ масофаларга чўзилган магистрал трубопроводлар, водопроводлар ишини кузатиш мумкин бўлмас эди. Телебошқарув натижасида юзлаб, минглаб километр узоқликдаги тўсиқлар, кранлар, тақсимлагичларнинг ишлаши кузатилади.

Темир йўл транспорти ишини телемеханик қурилмаларсиз тасаввур қилиб бўлмайди. Ҳозирги вақтда улар ёрдамида стрелкалар иши бошқарилади, подстанциялар ва сигнализация иши назорат қилинади, керакли бўлган иш тартиблари танланади. Гидрометелемарказларда юқори масофалардаги ҳаво оқимини текшириш, шаҳарлардаги ҳаво тозалигини таҳлил қилишда ҳам телемеханика қурилмаларидан фойдаланилади. Завод ва фабрикалар, кўча чорраҳалари, сув ҳавзалари атрофларига қўйилган махсус датчиклар телемеханика қурилмалари ёрдамида хабарлар, ўзгаришлар ва нормадан четланишларни марказий диспетчерлик жойларига жўнатади. Бу ўзгаришларни ЭҲМ лар ишлаб чиқади ва шаҳарнинг у ёки бу жойидаги экологик шаронт ўзгариши ҳақида маълумот беради. Телемеханика қурилмалари Ер юзидаги мавжуд дарё, денгиз, океанларни ва ичиладиган сув тозалигини назорат қилади. Бир неча ойлар, йиллар давомида космосда бажарилаётган ишларни ҳам телемеханикасииз тасаввур қилиб бўлмайди. Космосда бажарилаётган ишлар телемеханик ва автоматик қурилмалари ишларининг бир-бирига боғлиқлиги, бир-бирини доимо тўлдириб боришигидан далолат беради.

Ишлаб чиқариш жараёнида телемеханик қурилмалардан фойдаланиш маҳсулот таннархини камайтиради ва иш унумдорлигини оширади. Улар назорат ишларини ҳақиқий ва мустақкам бўлишлигини, бошқаришни тез амалга оширишни таъминлайди. Улар авариялар сонини ва текширилаётган объектнинг тўхташ даврийлигини камайтиради.

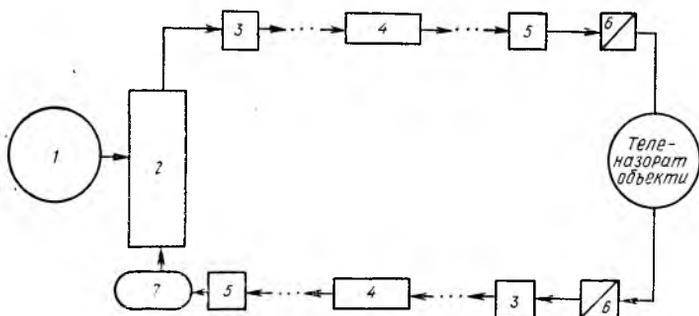
Телемеханика тушунчаси кўп учрайдиган телебошқарув, телеўлчов, телесозлаш ва телесигнализация тушунчаларини ўзаро бирлаштиради.

7.2- §. ТЕЛЕМЕХАНИК ҚУРИЛМАЛАРДА БУЙРУҚЛАРНИ УЗАТИШ УСУЛЛАРИ

Телемеханикада объектлар ишини бошқариш, бошқариш пунктидан (БП) жўнатилаётган кодлаштирилаётган сигналлар ёки «буйруқ» ларни узатиш орқали амалга оширилади. Агар алоқа каналлари орқали жўнатилаётган «буйруқ» БП дан маълум масофадаги объект томон бўлса, уни *телебошқарув* деб ва аксинча объект томондан (унинг ҳолати, ўзгаришлари ва ҳ.к.) тескари йўналишда — БП томон сигнал жўнатиlsa, уни *телеўлчов*, теленазорат ёки *телесигнализация* деб айтилади. 7.1-расмда теленазоратнинг таркибий схемаси келтирилган.

Яна шуни айтиб ўтиш керакки, телемеханикадан ташқари маълумотни узатувчи бошқа техник соҳалар ҳам мавжуд. Буларга телеграф, телевидение, радиолиниялар ва ҳ.к. килади. Алоқа линиялари бўйлаб узатилаётган маълумот — хабар усуллари, алоқа ва маълумотлар назариясига асосланган бўлишига қарамай телемеханиканинг ўзига хос хусусиятлари бор. Улар қуйидагилардан иборат: а) сигналларни катта аниқликда узатилиши; б) «буйруқ» сигналларининг кеч қолмаслиги в) «буйруқ» сигналларининг катта ишончлиги; г) кириш ва чиқиш қурилмаларининг фарқлиниши. Телемеханикада булар калитлар (тугмачалар), датчиклар, алоқа линияларида эса — микрофонлар телевизион трубка ва ҳ. к. да хабарлар, узатиш сигналларининг марказлашганлиги; узатиш битта БП дан объектлар томон ва аксинча жуда кўп объектлардан БП томон берилади. Телемеханик маълумотларни узатиш учун қуйидаги алоқа линияларидан фойдаланиш мумкин: а) симли — электр сигналлари ёрдамида; б) ёруғлик — оптик сигналлар ёрдамида; в) акустик — акустик майдон ёрдамида; г) радиотрактли — юқори частотали электромагнит ёрдамида.

Агар алоқа линияси орқали узлуксиз ахборот узатилса, бу алоқа каналлини узлуксиз, агар дискрет ахборот бўлса, дискрет



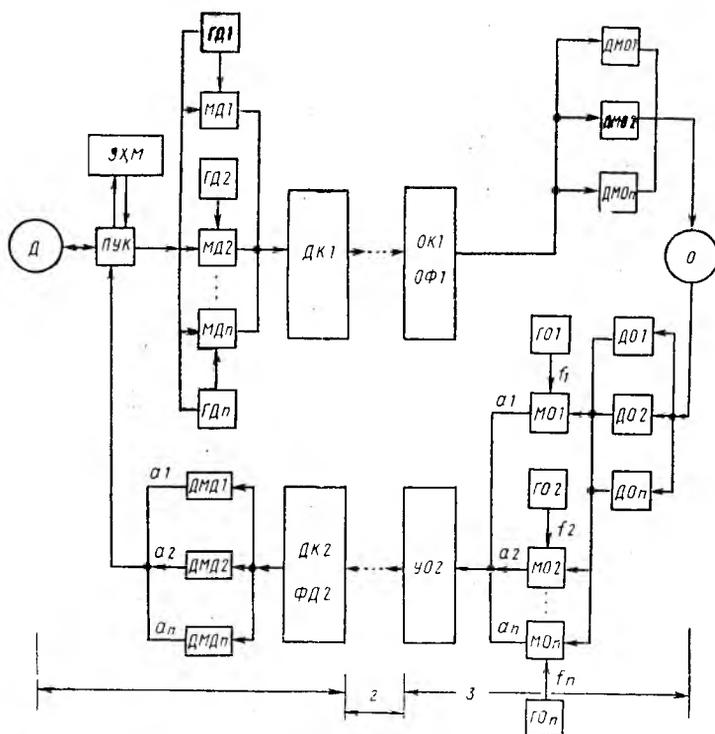
7.1- расм. Теленазорат тизимининг таркибий схемаси.

1 — оператор, 2 — бошқариш пулти, 3 — тарқаткичлар, 4 — алоқа каналли, 5 — приёмниклар, 6 — буйруқни ўзгартиргич, 7 — қайд қилувчи қурилма.

дейлади. Симли линия алоқаси ҳаволи ва кабелли турларга бўлинади. Ҳаволи линия сим ёғочларга махсус изоляторли арматура ўрнатилган металл ўтказгичлардан иборат бўлади. Ўтказгич сифатида пўлат, мис, биметалл (пўлат-мис) материаллар ишлатилади. Кабель параллел ўтказгичлардан иборат бўлиб, намликдан ҳимоя қилувчи қобикқа ўралган бўлади. Ёруғлик ўтказувчи алоқа линияси ёруғлик ўтказувчи кабелдан иборат бўлиб, икки қаватли шиша толадан ташкил топади. Ички қисми (томири) ташқи қаватга nisbatan энчилиги каттароқ шишадан тайёрланади. Томирнинг синдириш коэффициентини катта бўлгани сабабли, лазер нури фақат томир ичида ҳаракат қилади ва ташқи қаватга nisbatan тўла қайтиш ҳодисаси кузатилади. Соддароқ оптик линияларга мисол сифатида ёруғлик сигналлари узатилувчи атмосферани олиш мумкин.

Акустик линиялар иши акустик майдонларнинг тўлқин тарқатиш принципига асосланган.

Радиотракт линиялари — юқори частотали электромагнит тўлқин энергиясини (радиотўлқинлар) $3 \cdot 10^8$ м/с тезликда, қис-



7.2- расм. Қўп каналли телсулчов радиотракт тизимининг таркибий схемаси:

1 — диспетчер пункти, 2 — алоқа линияси, 3 — назорат пункти.

ман моносферани. E, F қатламида қайтиши ҳамда тўғри чизиқ бўйлаб тарқалишига асосланган.

7.2-расмда частота бўйича ажратилган кўп каналли теле-ўлчов радиотракт системасининг таркибий схемаси келтирилган. Бунда катталикларни ўлчашнинг кўп каналли телесистемалари асосида бир каналли узоқ масофадан туриб бошқариш принципи ётади; фақат унга «буйруқ» ва сигналларни модуляцияловчи ва демодуляцияловчи қурилмалар, ажратувчи фильтр қурилмалари киритиш керак.

Объектнинг текширилувчи катталигини 0 ўлчовли катталиклар (a_1, a_2, \dots, a_n) ОДІ—ОДІІ датчик ёрдамида электр сигналига айлантрилади. Улар (ОМІ—ОМІІ) объектда турувчи модулятор билан бошқарила и, уларга (ОГІ—ОГІІ) генератори узагувчи f_1, f_2, \dots, f_n частотали тебранишлар келади.

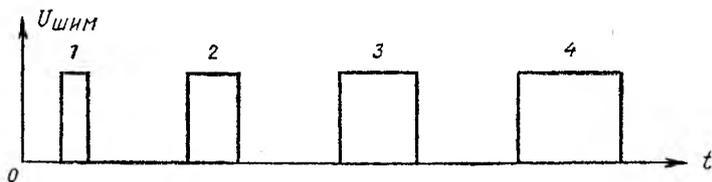
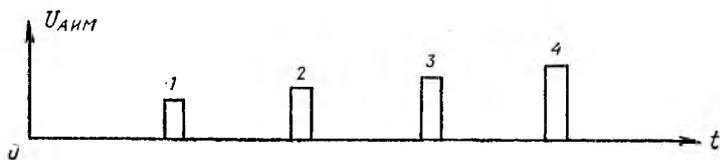
Модуляцияланган радиосигналлар. ОК (УО) кучайтиргичдан ўтиб, алоқа линиясига тескари йўналишда узатилади. КД2 кучайтиргичда кучайтирилган сигнал (ФД2) фильтрларда ажраллади ва диспетчер пунктнинг (ДМД1—ДМД) демодуляторига келади. Бу ерда сигналлар ажралиб, бошқариш пульти ва назорат қилиш (БП ва К) ҳамда ЭХМни қайд қилувчи қисмига келади. Керак бўлган пайтда ЭХМ системага бошқарилувчи объект томонидан «буйруқ» бериши мумкин.

7.3-§. «БУЙРУҚ»НИ КОДЛАШ ВА ДЕКОДЛАШ

Буйруқни *кодлаш* пайтида алоқа канали орқали уни бузмай ўтказиш учун, дискрет буйруқлар дискрет сигналларга айлантрилади ва аксинча тескари жараёнга *декодлаш* деб аталади. Чиқишда дискрет сигнал дискрет буйруққа тикланади (хабар). Код—бу шартли сигналлар тўплами бўлиб, буйруқни аниқ кетма-кетликда ифодалайди. Буйруқни кодлашнинг бир неча усули бор: вақтли (ВИК), частотали (ТИК), комбинациялашган (КИК) ва бошқалар.

Буйруқни кодлаш принципини кўриб чиқайлик: диспетчер пунктдан объектга нисбатан алоқа линияси орқали бир вақтда тўртта буйруқ берилиши керак бўлсин. Буларни ўнлик система ҳисобида номерлаймиз: 4 №—биринчи буйруқ, 2 №—иккинчи буйруқ ... 4 №—тўртинчи буйруқ. Улар амалда ҳар хил радиоимпульслар тарзида узатилади. Бунинг учун 7.3-расмда кўрсатилган ҳар хил баландликдаги импульслар (АИМ) ёки ҳар хил кенгликдаги импульслардан (ШИМ) фойдаланиши мумкин.

Шундай қилиб, 1 номердаги буйруқ амплитудаси A_1 (1мВ) 4 номердагиси эса A_4 (4мВ) бўлган импульс шаклида берилиши мумкин. Тажриба шуни кўрсатадики, тарқалишнинг ишончлиги белгиларни камайиши билан ортиб боради. Шунинг учун ҳозирги вақтда кодлаш учун асосан иккилик коди қўлланилади.

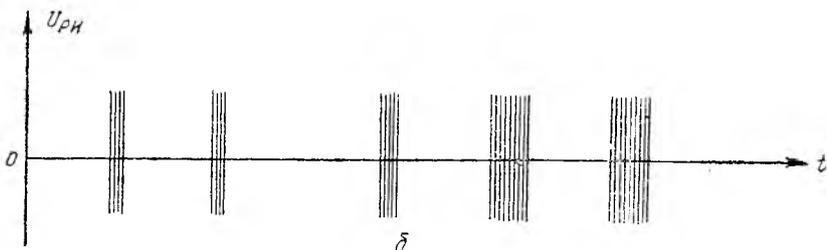
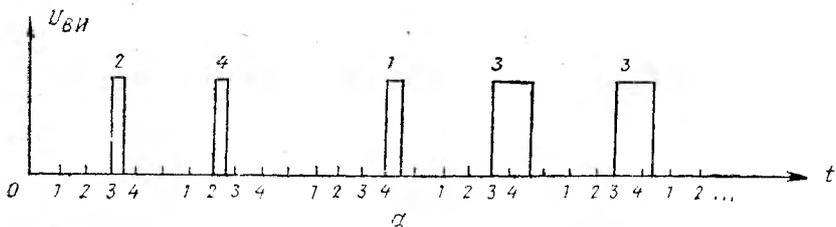


7.3- расм. Кодлаштирилган буйруқнинг графиклари.

Бундай кодларни узатиш учун импульс белгилари турлича бўлиши мумкин.

Айтайлик бизнинг буйруқ объект учун қуйидаги кетма-кетликда бўлсин: 2 4 1 3. Ўтказишлар жадвалидан фойдаланиб, ўнликлар ҳисоблаш системасидан иккиликлар системасига ўтайлик. 7.4- расмда кодлашган комбинацияни бериш тартиби келтирилган.

Телемеханика системасида ўнлик кодини иккилик кодига ўтказиш учун, «ЕКИ — ЭМАС» ва «ВА — ЭМАС» элементла-



7.4- расм. 0010 0100 0001 0011 0011 кодлаштирилган комбинацияни бериш тартиби:

a — видеоимпульслар, *б* — радиоимпульслар.

рида бажарилган ўзгартгич схемаларидан фойдаланилади. 7.5-расмда шундай ўзгартгичнинг функционал схемаси келтирилган. Схема қўйидагича ишлайди. Агар 1—9 дан иборат бўлган киришлардан биронтасига ҳам 1 буйруғи берилмаса (0 тугмачаси босилган), бу ҳолда чиқишда қўйидаги кодлар ҳосил бўлиб, 0 0 0 0 иккилик сонига тўғри келади. Ҳақиқатан «ЁКИ — ЭМАС» элементининг киришидаги нуль буйруғи чиқишда «1 1 1 1» бирликлар сигнаolini ҳосил қилади ва «ВА — ЭМАС» (УИ—X) элементидан кейин «0 0 0 0» ўтади.

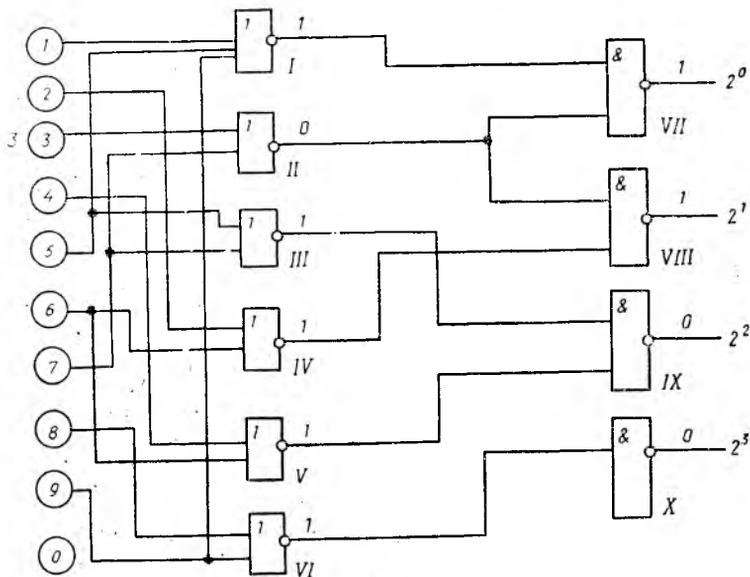
Агар, масалан 3 буйруғи берилса, II элементининг чиқишида, нуль, қолганларида (I, III, IV, V ва VI) даги сигналлар илгаригича бирларни (1 0 1 1 1 1) ҳосил қилади.

«0» буйруғи II элемент орқали VI ва VII га келиб (7.6- расм), бу элементларнинг чиқишида бир ҳосил бўлади. Шундай қилиб, «12 буйруғи иккилик кодида «1 1 0 0» га айланади, яъни

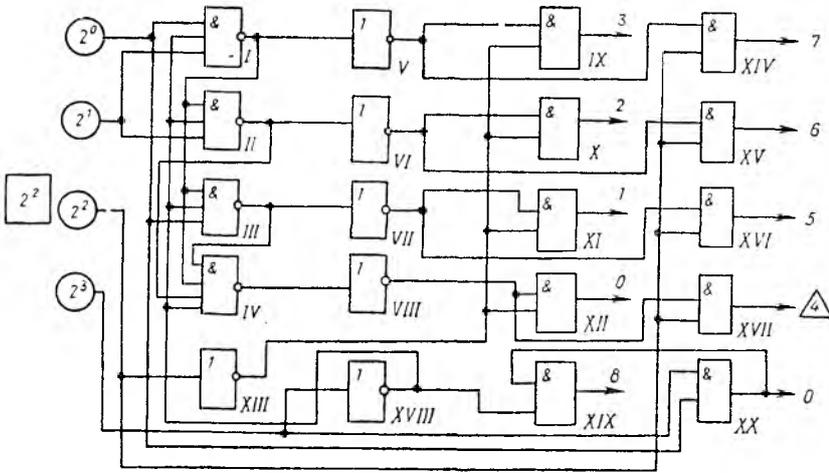
$$1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 = 12.$$

Буйруқларни декодлаш. Назорат қилиш объектидан келаётган тескари сигнални декодлаш дешифраторлар орқали амалга оширилади. Улар тескари ўзгартиришни амалга оширади; иккилик коддини ўнлик системасига ўтказади. 7.6- расмда дешифраторлардан бирининг функционал схемаси келтирилган. Схемадаги сигналнинг ўтишини ўзингиз мустақил ўрганиб олинг: «2» коддини олинг, чиқишда «4» ҳосил бўлади.

Масофадан туриб бошқариш. Икки ўтказгичли линия ёрда-



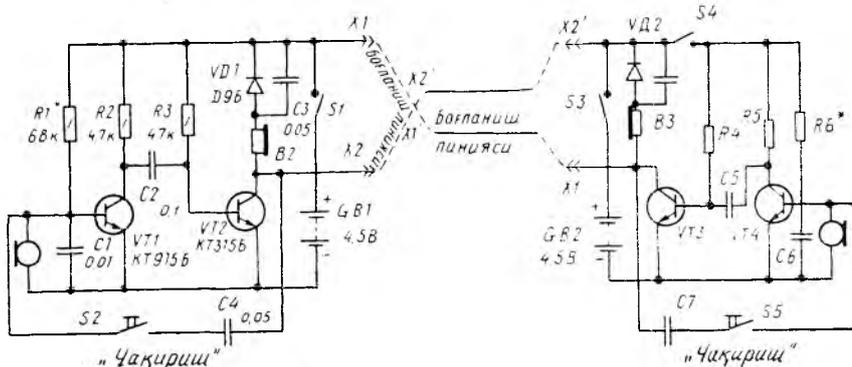
7.5- расм. Ўнликни иккилик кодига ўзгартиргичнинг функционал схемаси.



7.6- расм. Иккилик кодни ўнлик кодига ўтказувчи дешифратор схемаси.

мида масофадан туриб бошқаришни 7.7- расмда кўрсатилган телефон алоқаси мисолида кўриб чиқамиз.

Схеманинг чап томонида биринчи диспетчернинг «телефон» аппарати, ўнгда эса иккинчи «объект» схемаси келтирилган. Иккала схема ўхшаш бўлиб, иккита КТ315Б транзистори асосида бажарилган. Схема киришига товуш ғалтагининг қаршилиги $R_{н} = 1500 - 2000$ Ом бўлган юқори Омли бош телефон «ТОН 1», «ТОН 2» ёки В1 капсула микрофон сифатида уланган, товуш частотали икки буйруқ кучайтиргичидан иборат. Шундай капсула истеъмолчи сифатида В2 чиқиш каскадининг коллектор занжирига уланган. Иккала телефонни «Х1 — Х2» икки ўтказгичли линия бирлаштиради. Диспетчер чапда ва «объект» (ўнгда) орасидаги масофадан туриб бошқариш 40 м ораликда амалга оширилади. Қурилма қуйидагича ишлайди. Таъминлаш манбаи C_B 1 S1 калиб билан уланганда мусбат кучланиш линия



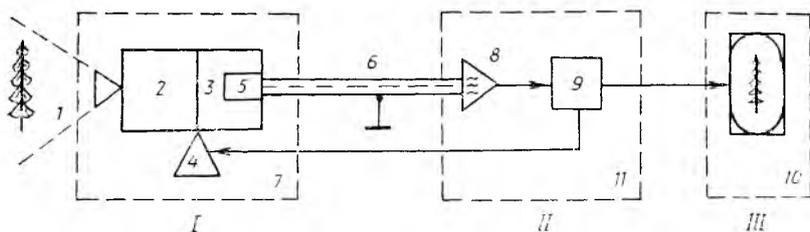
7.7-расм. Масофадан туриб сим орқати бошқарилувчи қурилманинг схемаси.

орқали абонент объектнинг биринчи транзистор коллекторига, $B2$ телефон $VD 2$ диод ва сўнгра иккинчи линия орқали диспетчернинг аппаратига келади.

Диспетчер абонентни чақириш учун $S2$ «Чақириш» калитини босиши керак. Бу ҳолда $VT2$ транзистор коллектори билан $VT1$ транзистор базаси орасида $C4$ конденсатор уланган бўлиб, диспетчер кучайтиргичида тескари алоқа ҳосил қилади, натижада кучайтиргич генераторга айланиб товуш частотали сигналлар ишлаб чиқара бошлайди. Бу тебранишлар $B2$ капсюладан ўтиб, абонент аппаратида товуш ҳосил қилади. Абонент чақириқни эшитиб, I аппаратининг таъминлаш манбаини улайди ва $S1$ калитни босиб диспетчер билан алоқа боғлайди. Бундай телефон қурилмалар пионер лагерлари, навбатчи постлари орасида алоқани тиклашда, штабда фойдаланилиши мумкин.

Саноат телевиденияси инсон фаолиятининг турли соҳаларида масалан, саноат ва транспортда, тиббиётда ва космосда, метеорология ва астрономияда, ўқув жараёнида, ҳарбий ишда, фан соҳаларида, бу билан бирга халқ хўжалиги техникасининг турли тармоқларида қўлланилади. Амалий телевидениядан олинаётган эффектига кўра у учта асосий турга бўлинади: кузатиш телевизион системаси, автоматик телевизион системаси; ўрганувчи телевизион комплекслар.

Телевизион система масофадан туриб, кузатиб бўлмайдиган, ноқулай ишлаб чиқариш жараёнларини, ҳодисаларни назорат қилиш имконини беради. Масалан, телевизион қурилмалар ёрдамида космосдаги ва сув остидаги ҳодисаларни кузатиш мумкин. Домна печида металлни эритиш, портловчи ва заҳарли муҳитлардаги жараёнларни кузатиш, телевизион автоматика видеосигналларни таҳлил қилиш, жисмлар ўлчамини назорат қилиш ва уларнинг сонини санаш мумкин ва ҳ. к. 7.8-расмда телевизион кузатиш системаси саноат телевизион қурилмасининг (АТК) схемаси келтирилган. Бу схемадаги телевизион камера 2 кузатилаётган объектнинг оптик тасвири I ни кириш сигналга айлантириб, микротарқатгич 3 орқали юқори частотали магистрал кабель 6 ёрдамида видеосигнал энергияси сарфини компенсацияловчи чизиқли кучайтиргич 8 га беради. Тарқатгич 1 ҳимоя қобиғи 7 га жойлаштирилган. Қурилма хонаси



7.8- расм. Саноат телевизион қурилмасининг содалашган таркибий схемаси

II га жойлаштирилган оптик қурилма 3 ва кузатувчи қурилма 4 бошқариш пульти орқали масофадан туриб бошқарилади. Объектлар хизмат кўрсатиш хонаси III даги видеоназорат қурилмаси 10 нинг экранидан кузатилади.

8-боб. МАКТАБЛАРДА ЭЛЕКТРОН ҚУРИЛМАЛАР

Бу бобда биз физика дарсларида ҳар хил тажрибалар ўтказишда фойдаланиладиган электрон қурилмалар — паст ва юқори частотали генераторлар, осциллографлар билан танишамиз. Булардан ташқари мактаб радиоузели ва телемарказ қурилмалари ҳамда турли хил магнитофонларда товуш ва видеосигналларни ёзиш қурилмалари кўриб чиқилади.

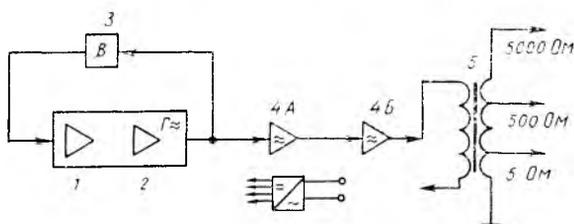
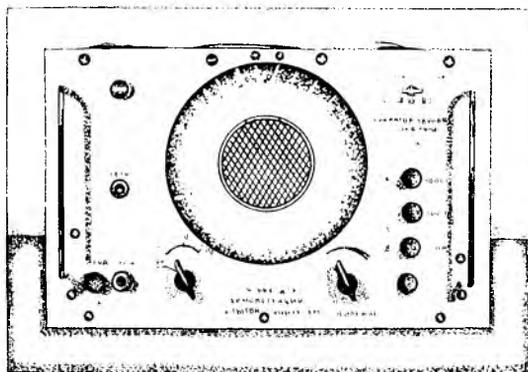
8.1-§. ЎЛЧАШ ГЕНЕРАТОРЛАРИ

Радиоэлектроника қурилмаларининг кўпчилигида электр характеристикалар маълум катталикларга уларнинг таъсири орқали аниқланади. Бундай сигналларни олиш ўлчаш асбоблари орқали амалга оширилади. Генераторлардан олинаётган ташқи кўриниши маълум бўлган манбаларнинг электр тўлқинлари ва частота ўзгаришлари, ўзгарувчан кучланиш ва бошқа катталиклари маълум чегарада оператор томонидан бошқарилади.

Юқоридагилардан кўринадикки, ўлчаш асбобларининг асосий иш характеристикалари қуйидагилар: частоталар диапазони f_{\min} дан f_{\max} гача; чиқиш сигналнинг бошқарилувчи диапазони U_{\min} дан U_{\max} гача; чиқиш қуввати диапазони P_{\min} дан P_{\max} гача; модуляцияни бошқариш чегараси m_{\min} дан m_{\max} гача; импульс узунлигини ўлчаш чегараси (импульс генераторларида).

Ўлчаш генераторининг частотаси қонда бўйича икки босқичда ростланади; диапазонларни ўзгартириш ва аста-секин ростлаш йўли билан бошқарилади. Ўлчаш генераторларининг частота диапазони герцнинг бир улушидан (инфра паст частотадан) бир неча ўн мега герцгача (ўта юқори частотали — УЮЧ) бўлган соҳани таъминлайди. Ўлчаш генераторлари ўлчаш масалари табиатига кўра олти турга бўлинади: инфра паст частотали; паст частотали (товуш диапазони); юқори частотали; дециметрли диапазони; УЮЧ генераторлари; кварцли частотани стабилизация қилиш генератори. Биз мактабларда кўп фойдаланиладиган паст ва юқори частотали синусоидал сигналлар генераторлари билан танишиб чиқамиз.

«ГЗМ» типли (ўқув) товуш генератори (8.1-расм). Бу генератор ўрта мактабда ва олий ўқув юртларида физика, электротехника амалий машғулотларида товуш частотали синусоидал электр тебранишларини ҳосил қилиш ва ҳар хил тажрибалар ўтказиш учун мўлжалланган. У паст частотали кучайтиргич сифатида ҳам ишлатилади.



8.1- расм. «ГЗМ» турдаги товуш генератори:

а — умумий тузилиши; б — таркибий схемаси.

1. Генерацияланадиган частоталар диапазони — 20 Гц дан 20000 Гц гача. У учта диапазон билан устма-уст тушади.

а) «ХI» 200 дан 200 Гц;

б) «Х10» 200 дан 2000 Гц;

в) «Х100» 2000 дан 20000 Гц.

2. Энг кичик чиқиш қуввати — 2 Вт.

3. Чиқиш кучланиши бир текисда бошқарилади.

4. Генераторнинг чиқиши 5 Ом, 600 Ом ва 5000 Ом ли истеъмолчига ҳисобланган.

5. Генераторнинг хатолиги кўпи билан $\pm 0,1\%$, ± 1 Гц.

6. Асбобнинг узлуксиз ишлаш вақти 2 соатдан ортмаслиги керак.

7. Асбобнинг ўлчамлари 330×240×230 мм.

8. 1- расм, б да ГЗМ генераторининг таркибий схемаси келтирилган. Бу схемада синусоидал тебранишлар генераторда ҳосил бўлади. У частота элтувчи занжир 3 орқали кучли мусбат тескари алоқага эга бўлган икки каскадли кучайтиргич 1, 2 дан иборатдир. Генерацияланган частотанинг ўзгариши бошқарувчи орқали амалга оширилади. Генераторнинг чиқишида тўлқинлар икки каскадли лампали кучайтиргич 4 билан кўпайтирилиб, чиқиш трансформаторининг иккинчи чўлғами 5

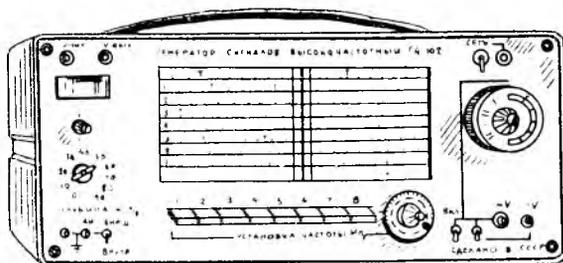
орқали чиқиш клеммалари: «5 Ом», «500 Ом» ва «5000 Ом» га берилади. Кучайтиргич «АВС—120—170» кўприк схемасида йиғилган тўғрилагич 6 дан таъминланади. Генератор ёрдамида қўйидаги тажрибаларни ўтказиш мумкин.

1. Реактив қаршилиқни берилган кучланишга боғлиқлигини намойиш қилиш. 2. Камертондан фойдаланиб, акустик резонансни кузатиш. 3. Амплитуда бўйича модуляцияланган радиоэшиттиришни намойиш қилишда (10-синф физикаси) ундан юқори частотали генераторни модуляцияловчи қурилма сифатида фойдаланиш мумкин. 4. РЭА нинг паст частотали қисмини солашда генератордан фойдаланиш мумкин.

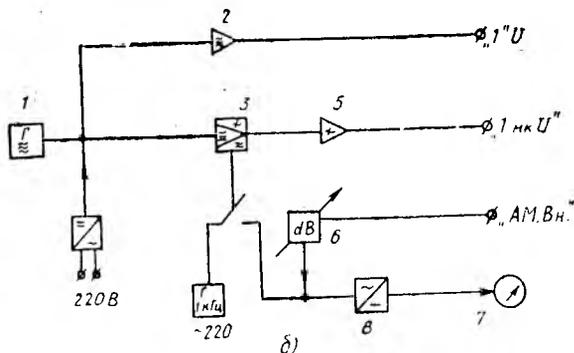
«Г-4-102» юқори частотали генератори (8.2-расм). «Г-4-102» юқори частотали энг содда генератор бўлиб, юқори частотали асбоблар билан ишлашда, масалан радиоприёмникни ремонт қилишда қўлланилади. Генераторнинг чиқишида амплитудаси ба модуляция чуқурлиги бошқарилувчи синусоидал тебранишлар олинади.

Генератор қўйидаги асосий техник хусусиятларга эга:

Генерацияланган частоталар диапазони, 0,1 дан 5 мГц гача (8 кичик диапазонга бўлинади), чиқиш кучланишининг ўзгариш



а)



б)

8.2- расм. «Г-4-102» юқори частотали генератор:

а — умумий кўрinishи, б — таркибий схемаси.

диапазони — 0,1 мкВ дан 0,5 В гача; модуляция чуқурлигини бошқариш чегараси 0,90% гача; частоталарни ўрнатишдаги нисбий хатолик — $10^{-6} \pm 50$ Гц; асбоб транзистор асосида бажарилган бўлиб, ўлчамлари $150 \times 360 \times 230$ мм, оғирлиги 6,5 кг.

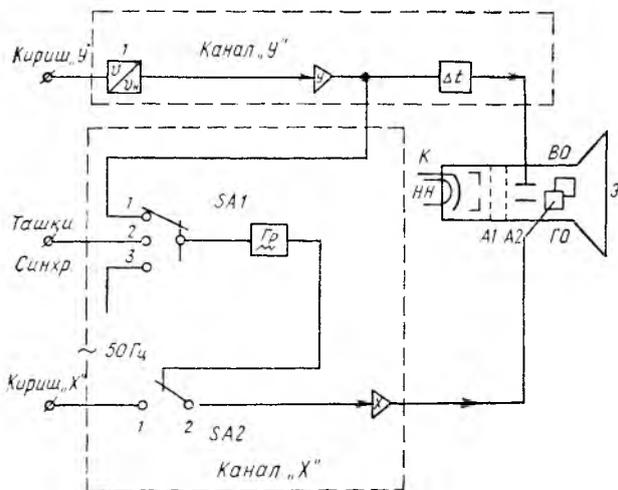
«Г-4-102» генераторининг схемаси 8.2-расм, б да берилган. Бу схемада юқори частотали тебранишлар генератор 1 дан кенг полосали буфер каскад 2 ёрдамчи канали орқали биринчи чиқиш уяси «1В» га келади. Бу канал асосий канал чуқур модуляция тартибида ишлаганда ҳам, модуляцияланмаган сигнални олиш имконини беради. Асосий каналнинг трактига тебраниш частота генераторидан амплитуда модулятори 3 га келиб, унда чиқиш сигнали бир текисда бошқарилади. Асосий трактнинг чиқишидаги узатилувчи юқори частотали тебранишларни бузилишини камайтириш учун кенг полосали кучайтиргич 5 қўлланилган. Амплитуда модуляциясини таъминлаш учун модуляцияланган сигнал 1 кГц ли ички генераторда 4 ҳосил қилинади ёки «ВНЕС» уясига ташқи товуш генератори орқали берилади. Модуляция чуқурлиги аттенюатор 6 билан бошқарилади, детектор 8 орқали берилаётган сигнал, стрелкали асбоб орқали назорат қилинади. «Г-2-102» асбоби қабул қилувчи қурилмалар сезгирлигини баҳолашда, кучайтиргичнинг ва юқори частотали филтрларнинг амплитуда частота катталикларини олишда жуда қулай ҳисобланади. Бу асбоб унча узоқ бўлмаган масофага радиотўлқинларни тарқата олгани учун ундан олий ўқув юртларида физика курсининг «Электромагнит тўлқинлар» мавзусини ўтишда фойдаланиш мумкин.

8.2-§. ОСЦИЛЛОГРАФЛАР

а) Осциллографнинг асосий қисмлари

Осциллограф электр сигналларининг шаклини кузатиш, текшириш, шунингдек электр катталикларини ўлчаш учун хизмат қилади. Осциллограф электрон-нур трубка — ЭНТ, кучайтиргичлар, ёйиш генератори ва тўғрилагичдан ташкил топган.

Электрон-нур трубка шиша колбадан иборат бўлиб, унинг ичида вакуум ҳосил қилинган. Катод K , қиздиргич чўлғами $ҚЧ$, тўр T ва анодлар $A1$ ва $A2$ биргаликда «Электрон замбаракни» ташкил қилиб, люминесцент экран \mathcal{E} да фокусланган нур электронлар нурини ҳосил қилиш учун хизмат қилади. Бу нур экран юзаси бўйлаб оғдирувчи система (OC) орқали бошқарилади, у икки жуфт тоқ ўтказувчи пластинкадан иборат: вертикал оғдирувчи пластинка (BO) ва горизонтал оғдирувчи пластинка ($ГО$). Трубка экранига электронлар таъсири натижасида нур чиқариш учун махсус люминафор модда сепилган. Трубка катоди сиртига қиздиргич чўлғами ($ҚЧ$) ни қиздириш натижасида осон эмиссияланадиган оксид модда суркалган. Трубкада электронлар миқдорини ўзгартириш ва экранда



8.3- расм. Осциллографнинг таркибий схемаси.

ёруғлик сигналнинг равшанлигига эришиш учун тўртта T (C) манфий бошқарилувчи кучланиш берилади. $A1$ ва $A2$ анодлар ёрдамида трубка экранда нурни фокуслаш ва экранда етарли ёритилганликни ҳосил қилиш учун электронга мусбат кучланиш берилади. Оғдирувчи пластинкалардан ўтаётган электронлар оқими пластинкага берилаётган аррасимон кучланишлар майдони таъсирида бўлади (8.3- расм). Осциллографнинг асосий техник кўрсаткичлари:

« X » (S_x) ва « Y » (S_y) каналлари (кучайтиргичнинг) сезgirлиги; ёйилиш тезлиги диапазони (нурнинг ёювчи частотаси); осциллографнинг ўтказиш полосаси; кириш қаршилиги $R_{\text{кир}}$ ва кириш сифими $C_{\text{кир}}$; вақт оралиқлари ва ўлчаш хатолигидир. Осциллографни танлашда сигнал шакли, спектри, частотаси ва бошқа кўрсаткичлари эътиборга олинади.

Осциллографнинг қўлланилиши. «ОЭУ» (ўқув) (8.4- расм) осциллографи кучланиш ва частотани ўлчашда қўлланилишини кўриб чиқайлик. У қуйидаги техник характеристикаларга эга: $S_y = 0,5$ мм/мВ $S_x = 45$ мм/мВ; осциллограф частотаси 10 Гц дан — 20 кГц гача бўлган нурни ёювчи 6 та кичик диапазонга эга.

1. Сигналлар шаклини текшириш. «ОЭУ» осциллографда сигналлар шакли қуйидагича текширилади: а) ўрганилаётган сигнал, масалан «ГЭМ» товуш генераторининг чиқишидан (10 В дан катта бўлмаган) сигнал кабель орқали» вход « y » қисқичига берилади; б) «усиление « y », «ослабление» ручкалари билан экранда маъқул бўлган сигнал ҳосил қилинади (экраннинг 3/4 қисми); в) «Диапазон частот» «частота плавно» ручкалари билан экранда (3/4) даврли ўрганиладиган

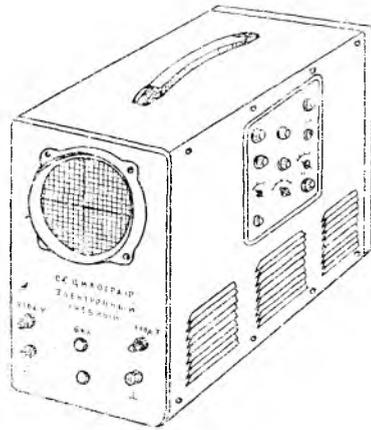
тебраниш ёювчи частотаси ҳосил қилинади; г) «синхронизация» ручкаси «ВНУТР» ҳолатига келтирилади; д) иккинчи «синхронизация плавно» билан экранда ўрганилаётган сигнал ҳаракатсиз ҳолатга келтирилади. Шундан сўнг сигналларнинг шакли, амплитуда қиймати, частотаси ва ҳ. к. ҳақида мулоҳаза юритиш мумкин.

2. Текширилаётган сигналнинг кучланишини ўлчаш. Осциллограф ёрдамида ўзгарувчан кучланишнинг қийматини ўлчаш учун грубка экранни маълум бўлақларга ажратиш ва унинг сезгирлигини аниқлаш керак. Заводда трубкаларни йиғишда, электродларни ўрнатишда рухсат этилган қиймат ўзгаришлари борлиги учун, электродларга кучланиш берилганда нур экраннинг марказида бўлмайди. Экранда нурнинг доғи қуйидагича ўрнатилади: а) осциллограф орқасидаги «ВХОД Х» ва «ВХОД У» чизиқлари ток ўтказувчи ўтказгич билан қисқа туташтирилади; б) «ФОКУС» ва «ЯРКОСТЬ» дасталари билан доғни фокуслаб, экранга қўйилган миллиметровкада аниқ ўрни белгиланади; в) қисқа туташтирилган ўтказгиччи олиб ташлаб, бошқариш дасталари билан доғни олдинги ўрнига келтирилади.

Энди осциллографни тенг бўлақларга бўлиш мумкин. «ВХОД У» пластинкаларига 30 — 40 В доимий кучланиш берилиб, экрандаги доғ тўр бўйича мосланади ва доимий кучланиш вольтметр орқали кузатилади. «Х» бўйича трубканинг сезгирлигини топамиз:

$$S_x = \frac{l_x}{v_x},$$

бу ерда l_x — доғдан берилган нуқтагача бўлган масофа. Шу йўл билан «У» бўйича сезгирлик топилади: $S_y = \frac{l_y}{v_y}$, мм/В. Ўқув осциллографининг 13ЛО37 электрон-нур трубкасининг сезгирлиги: $S_x = 0,28 — 0,46$ мм/В, $S_y = 0,35 — 0,54$ мм/В. Экран тенг бўлақларга бўлингандан сўнг орқа қисмдаги «ВХОД У» га (0 — 30 В) ўзгарувчан кучланиш берилса, трубка экранида тўғри чизиқ чизилади. Бу чизиқнинг узунлиги кириш кучланишининг тўлиқ катталигига тенг. Тўрдаги чизиқнинг узунлигини аниқлаб, ўзгарувчан-синусоидал кучланиш чизиқ узунлигининг иккиланган амплитуда қийматига тенглигини ҳисобга олиб, ўлчанган кучланиш қийматини топамиз.



8.4- расм. «ОЗУ» электрон осциллограф.

$$v_{\text{ўлч}} = \frac{S_y \cdot l_y}{2 \sqrt{2}}, \text{ (В);}$$

бу ерда l_y — ўлчанаётган чизиқ узунлиги, мм. Унча катта бўлмаган ўзгарувчан токнинг кучланишини осциллографнинг кучайтиргичидан фойдаланиб, кичик кучланишни осциллографнинг олдинги қисмидаги «ВХОД У» усқичига бериш билан ўлчаш мумкин. Бунинг учун юқоридаги усулдан фойдаланиб, асбобни тенг бўлақларга бўлиб олиш керак.

3. Паст частотали сигнални ўлчаш. Бунинг учун қуйидаги ишларни бажариш керак:

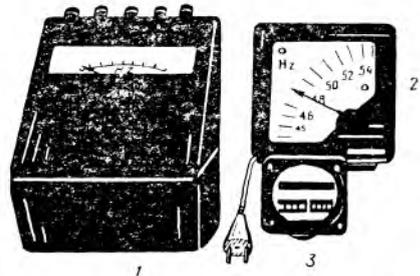
осциллограф «Синхронизация» дастасини «ОТ СЕТИ» ҳолатига келтиринг; «ВХОД У» клеммасига товуш генераторидан частотаси 50 Гц ва кучланиши 5 В бўлган сигнал берилади. Бунда ҳаракатсиз бир даврли синусоидага эришамиз (осциллограф ёйилиши генераторининг частотаси $f_{\text{гр}}$ товуш генераторининг частотаси ($f_{\text{тг}}$) га тенг $f_{\text{гр}} = f_{\text{тг}}$ бўлгани сабабли экранда битта даврни кўраемиз. Бошқариш дастасини аста-секин экранда 2 та даврли тўлқин ҳосил бўлгунча ўзгартирамиз. Бу эса изланаётган частота нур ёювчи частотадан икки марта кўп эканини кўрсатади:

$$f_{\text{ўлч}} = f_{\text{тг}} = 2 f_{\text{гр}} = 2 \cdot 50 = 100 \text{ Гц.}$$

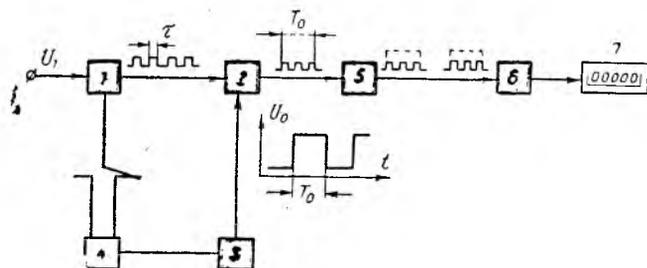
Агар экранда 5 давр ўрнатсак, $f_{\text{ўлч}} = 5 \times 50 = 250 \text{ Гц}$ ва ҳ.к. Демак, осциллограф билан сигнал частотасини ўлчаш мумкин.

8.3-§. АНАЛОГ ВА РАҚАМЛИ ЧАСТОТА ЎЛЧАГИЧЛАР

Электр ўлчаш ишларида паст частотали токларнинг частоталарини ўлчаш учун аналог (электромеханик) частота ўлчагичлар вибрацион логометрлар ва бошқалардан кенг фойдаланилади. Бу частота ўлчагичлар частотаси 20—250 Гц диапазонли ва кичик 36 дан 360 В кучланишда ишлайди. Қуввати 10 Вт га тенг. Бундай катталикларга 8.5-расмда кўрсатилган қисқа профилли Д340, Д506, В 8 электр частота ўлчагичлар эга. Синусоидал ва импульс шаклидаги сигналларнинг частоталарини кенг диапазонда ўлчаш учун замонавий рақамли частота ўлчагичлар ишлатилади. Улар бир неча герцдан ўнлаб мегагерцгача бўлган частоталарни ўлчаш имконини беради. 8.6-расм, б да энг оддий частота ўлчагичнинг блок схемаси



8.5- расм. Электромеханик частота ўлчагичлар.

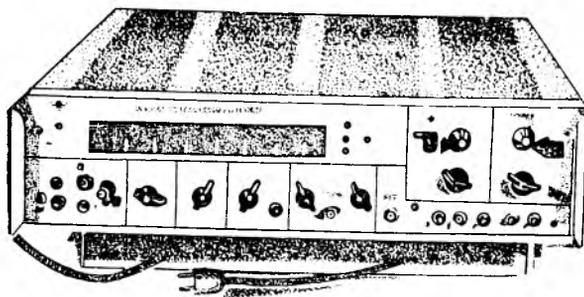


8.6- расм. Рақамли частота ўлчагичнинг таркибий схемаси.

келтирилган. Унинг ишлаши «импульслар ҳисоблагичи» блокига маълум белгиланган вақт оралиғида келаётган импульслар сонини автоматик санашга асосланган. Синусидал ёки импульс шаклидаги изланаётган сигнал импульс кучланиши ўзгартиргичнинг кириш қисмига берилади. Чىقىшида ноаниқ кириш сигнали частотасининг узунлигига тенг бўлган П-симон электр тўлқинлар ҳосил бўлади. Сўнгра сигнал электрон калитга келади. Шу ернинг ўзига бошқарувчи қурилма орқали белгиланган импульслар келиб, калитни маълум бир вақтга очади.

Белгиланган импульснинг узунлиги ҳосил бўлган импульснинг узунлигидан катта ($\tau_0 > \tau$), шунинг учун электрон калитнинг чиқишида импульслар тўплами ҳосил бўлади.

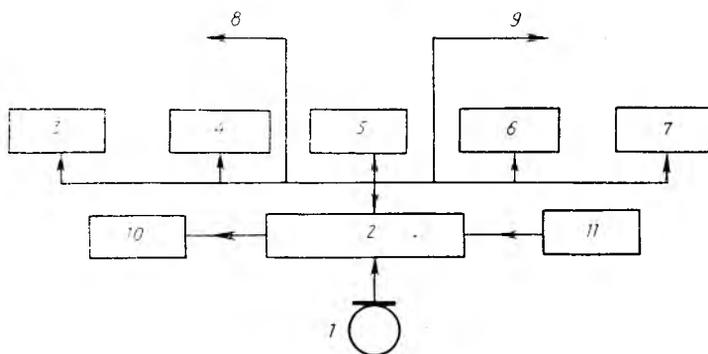
Тўпландаги импульслар сонини иккилик ўнлик электрон ҳисоблагич ҳисоблайди. Белгиланган частоталар блокада кварцли генератор бўлиб, частотаси 1, 10, 100, 1000 ва ҳ. к. герцли, узунлиги доимий бўлган, П — симон импульслар ишлаб чиқаради. Сигнал частотасининг ўлчаш диапазонини ходим ўрнатади. Рақамли частота ўлчагичларда ҳисоблаш қурилмаси бўлиб, «ИН-19», «ИН-8-2» индикаторли чироқлар ишлатилади. 8.7-расмда рақамли частота ўлчагичлардан бири келтирилган.



8.7- расм. Рақамли частота ўлчагич.

8.4-§. МАКТАБ РАДИОУЗЕЛИ

Мақтаб радиоузели радиоэлектрон қурилма комплексидан иборат бўлиб, хабарлар тарқатиш учун хизмат қилади. Бу комплексга қувватли ПЧК, микрофон, ўқув кўрсатувларини ёзиб олиш учун магнитофон, қайта эшиттиргич, ўқув кўрсатувларини телевизордан ёзиб олиш учун видеомангнитофон, танаффусларда сўнгги ахборот ва классик музикалар эшиттириш учун радиоприёмник ва бошқа радиоқурилмалар киради. Мақтаб радиоузелининг таркибий схемаси 8.8-расмда келтирилган. Мақтаб радиоузели ҳар хил йўналиш бўйича узатиладиган линиялар ва қурилманинг чиқиш қисми уланадиган коммутацион блокка эга. Радиоузелда 2—3 та линия бўлиши мумкин. Линияларга — кабинет, коридорларга 0,25 Вт қувватли радиоприёмниклар, мақтаб ҳовлиси, спорт зали, спорт майдончаларига 5—10 Вт ли рупорли карнайлар ўрнатилади. Мақтаб радиоузели ПЧК нинг чиқишидаги қувват 25 Вт дан 100 Вт гача.



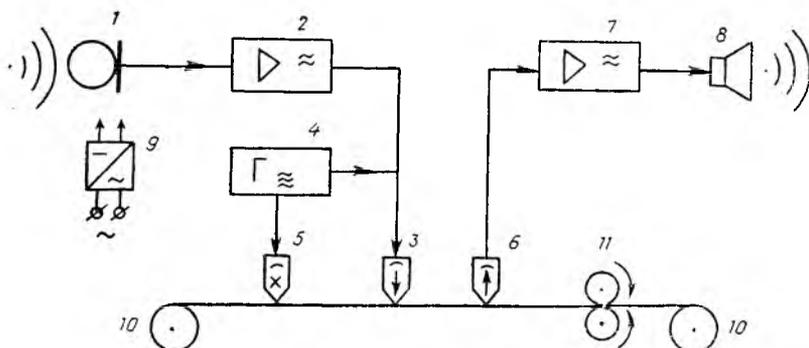
8.8- расм. Мақтаб радиоузелининг таркибий схемаси.

8.5-§. МАГНИТОФОНЛАР

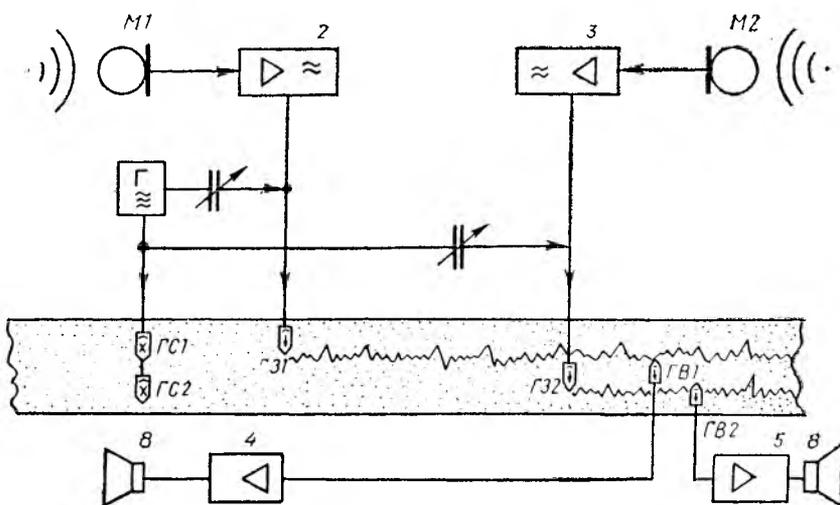
Магнитофон — тозушни ёзиб олиш ва қайта эшиттириш учун хизмат қиладиган радиоэлектрон қурилмадир. Вазифасига кўра магнитофонлар студия учун, репортёрлар учун ва маиший турларга бўлинади. Студия учун мўлжалланган магнитофонлар кино, радио ва телестудияда қўлланилади. Репортёрлар учун мўлжалланган магнитофонлар репортаж ёзиб олиш учун сафарларда ишлатилади. Маиший магнитофонлар уй (мақтаб) шароитида қўлланилади. Улар содда тузилишга эга бўлиб, осон бошқарилади ва кўтариб юрилади. Улар ғалтакли ёки кассетали бўлиши мумкин. Маиший магнитофонларнинг асосий параметрларига лентанинг номинал тезлиги; иш диапазонлари частотаси; иш номинал қийматдан тезликнинг оғиши, ёзувнинг номинал сатҳи; детонация коэффиценти киради.

8.9- расмда маиший монофоник магнитофонларнинг содда-

лашган таркибий схемаси кўрсатилган. Бу магнитофоннинг ишлаш усули қуйидагича. Акустик тебраниш (товуш) микрофон 1 га келиб, товуш частотали электр тебранишларига айланади. Ундан сўнг бир неча каскадли ПЧК 2 га берилади. ПЧК нинг чиқишидан кучайтирилган тебраниш ёзиб олиш каллагига 3 га келиб, ғалтакда ўзгарувчан магнит майдони ҳосил қилади. Сезувчи каллақда ҳосил бўлган ўзгарувчан магнит майдони электромотор 10 ҳаракатлантираётган магнит лентасига таъсир этиб, унда қолдиқ магнетизмнинг — товушнинг магнит фонограммасини ҳосил қилади. Ёзилган сигнални ўчириш учун магнитофонда юқори частотали электромагнит тўлқинлар ҳосил қилувчи (30—100 кГц) генератор бор. Бу юқори частотали тебранишлар ўчирувчи каллак 5 га келиб, олдинги ёзувли лен-



8.9- расм. Монофоник магнитофоннинг таркибий схемаси.



8.10- расм. Икки каналли магнитофоннинг таркибий схемаси.

тани магнитсиз айлантириш йўли билан ўчиради. Ёзувни қайта эшиттириш вақтида ҳаракат қилаётган фонограмманинг магнит оқими 6 қайта эшиттирувчи каллакдаги ўрамда ЭЮК ҳосил қилади. Сўнг бу каллак ўрамларидаги сигнал аввал ПЧК кучайтиргич 7 га кейин карнай 8 га келади. Замоनावий магнитофонларда кўп йўлли ёзувлардан фойдаланилади. Бу ёзувларнинг моҳияти шундаки, магнит лентасига узунлиги бўйича бир неча параллел бўлган магнит йўл (2,4 гача) ҳосил қилиш мумкин. Ҳар бир йўл битта каналнинг ёзувини ташкил этади. Шунинг учун бир неча йўлли ёзувни қайта эшитиришда худди товуш манбалари ахбороти фазовий жойлашгандек бўлиб, стереофоник эшиттириш ҳосил қилинади.

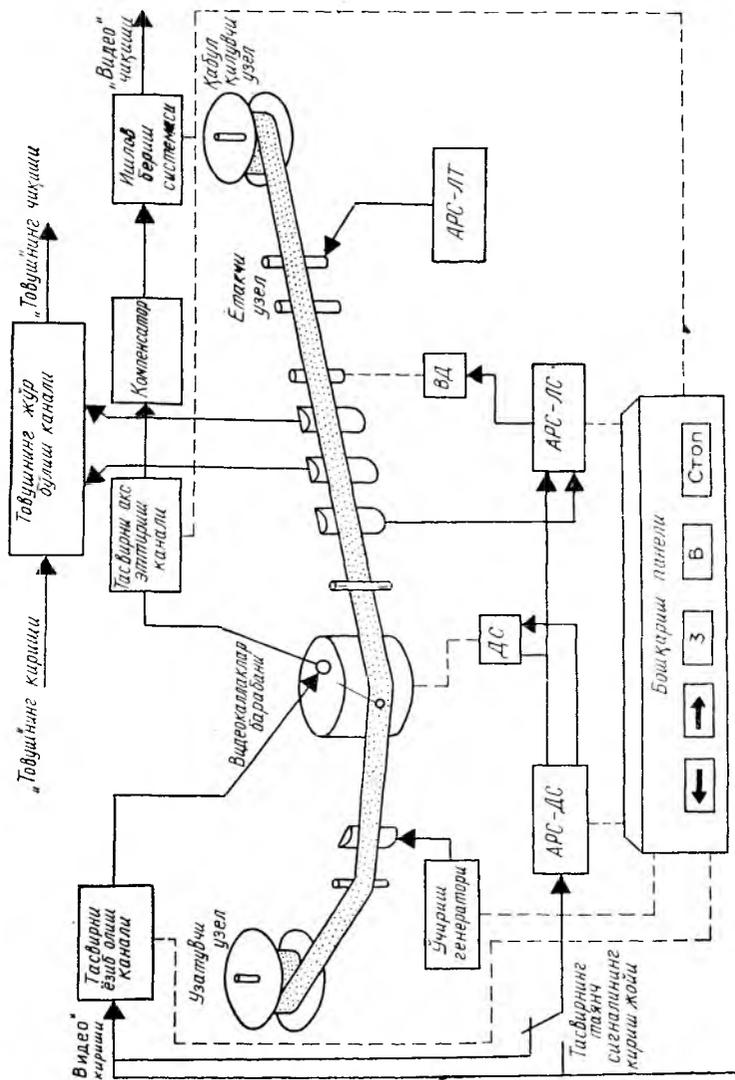
8.10-расмда икки каналли магнит ёзувнинг тузилиш принципи келтирилган. Тўрт йўлли стереофоник эшиттиришни *квадрофон* дейилади. Квадрофонда ёзув товуш чиқарувчи манбага яқин бўлган иккита микрофондан икки йўл ёзилади. Бошқа иккитаси, узоқроқ жойлашган микрофонлар орқадаги товуш тўлқинларини ёзади. Қайта эшиттириш карнайлари махсус жойлашган хонада бўлади.

8.6-§. ВИДЕОМАГНИТОФОН

Видеомагнитофон билан сигналларни ёзиб олиш радиоэлектрониканинг бошқа йўналишига нисбатан тез ривожланмоқда. Буни қуйидагича тушунтириш мумкин. Видеоёзувлар узоқ вақт сақланиши, кўпайтирилиши ва кўп марта қайта эшиттирилиши (кўрсатилиши) мумкин. Видеоёзув қурилмалари халқ хўжалигининг турли соҳаларида, илмий ишларда, ўқувчиларни ўқитишда, телевизион кўрсатувлар ва эшиттиришларда кенг қўлланилмоқда. Видео сигналларни ёзиб олувчи қурилма товушни ёзиб олувчи қурилмага нисбатан катта кенгликдаги частота полосасига ва катта стабил вақтга эга.

Бизнинг ишлаб чиқаришимиз «КАДР» «ЭЛЕКТРОНИКА», «ЛОМО» ва ҳ. к. видеомагнитофони ва комплекслар сериясини ишлаб чиқармоқда. Қора ва оқ рангли тасвирларни ёзиб олувчи «Электроника ВМ-12» видеомагнитофони қуйидаги техник катталикларга эга: лента кенлиги — 12,7 мм; ёзиш тезлиги — 4,78 м/с; ажрата олиш қобилияти — 240 сатрдан кам эмас; товуш сигналининг полосаси 100—8000 Гц; каллакларнинг айланиш тезлиги 25 айн/с. ВМ ЛОМО-403 (1984 й) видеомагнитофоннинг техник катталиклари қуйидагича:

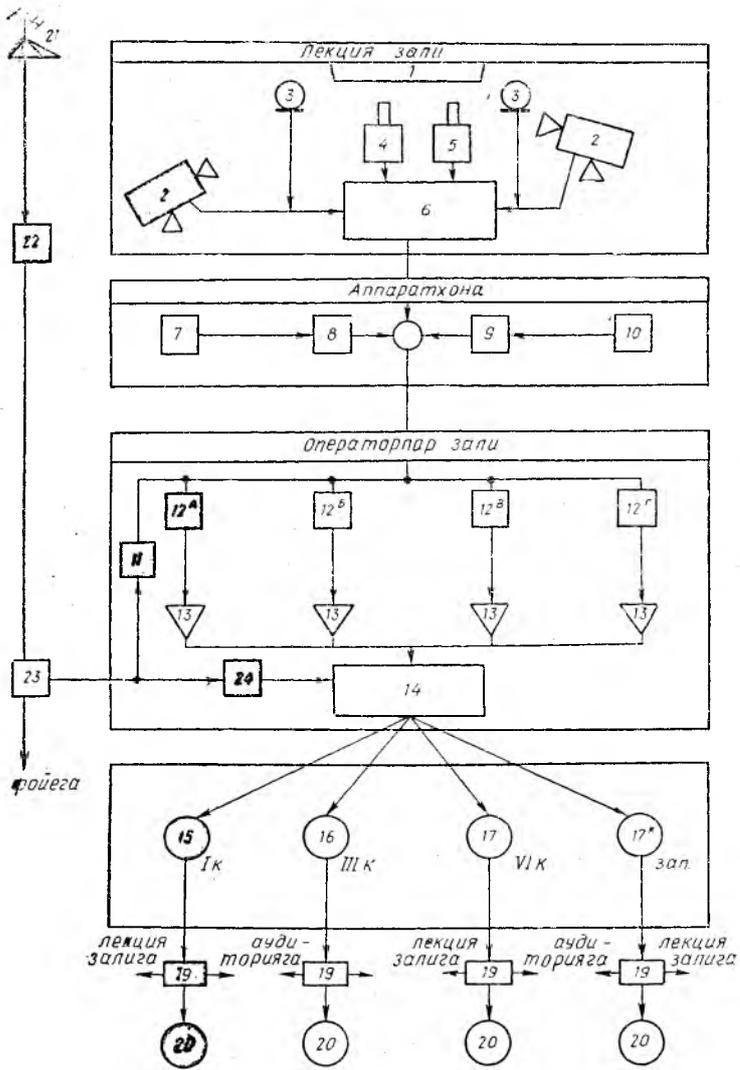
8.11-расмда видеомагнитофон таркибий схемаси келтирилган. Шунинг айтиб ўтиш керакки, ҳозирги пайтда «ЦВМФ» серияли кўндаланг сонли принцип ёзишли иккинчи авлод маънавий синов видеомагнитофонлари ишлаб чиқарилмоқда.



8.11- расм. Видеомагнитофоннинг таркибий схемаси.

8.7-§. МАКТАБ ТЕЛЕМАРКАЗИ

Кейинги пайтда ўқиш жараёнида ёпиқ ўқув телевизион системаси (ЕЎТС) қўлланила бошланди. Бу ўқитишнинг техник воситаларидан бири бўлиб, ўқувчиларнинг катта аудиториясида ўқув материални яхши ўзлаштириш учун, ўқув хоналарида туриб, олимларнинг маърузаларини тинглаш, физик, химик, биологик жараёнларнинг динамик ривожланишини кузатиш мумкин. ЕЎТС орқали ўқувчилар учун ҳар хил эшиттиришлар олиб борилади. 8.12-расмда Фарғона пединститутида 1985 йилдан бери ишлаётган ЕЎТС нинг таркибий схемаси келтирилган. Студиянинг таркибига маъруза хонаси, асбоблар хонаси ва ходимлар хонаси киради. Студиянинг маъруза хонасига ходимлар бошқарадиган иккита монитор 2, микрофон 3, кодоскоп 4, телемикроскоп 5 ва юқори частотали блок 6 ўрнатилган, 26 талаба сивувчи маъруза хонасидан бошқа аудитория ва маъруза хоналари учун маъруза олиб борилади. Маърузалар фильмоскоп (диапроектор) орқали фотофрагментларни кўрсатиш ва кодоскоп 4, 5 ёрдамида расмларни экран 1 га проекциялаш билан бирга олиб борилади. Дарслар учун ўқув киноси, алоҳида чизмалар, схемалар аудиторияга ўрнатилган телевизор экранида, асбоблар хонасидан кўрсатилган вақт давомида намоён қилиниши мумкин. Телестудия бир вақтнинг ўзида учта программада, марказий 1, 3 ва 6 марказий программдан бўш бўлган каналлардан трансляция қилинади. Бу мақсад учун аудитория ва кабинетлар ходимлар хонаси билан юқори частотали РК-3 кабели билан боғланган бўлиб, залда В4 блоки 12 чизиқли В4 — кучайтиргич 13, ВКУ 15, 16, 17 ва программаларни ўзгартиргич 14 бор. Булардан ташқари, ходимлар хонасида видеомагнитофон 11 бўлиб, марказий телемарказ (Тошкент, Москва, Фрунзе)дан олиб бориладиган ўқув кўрсатувлар ёзиб борилади ва сақланади. Бу кўрсатувлар ихтиёрний вақтда (дарс жадвали бўйича) қисман ёки тўлиқ аудитория ёки кабинетларда эшиттирилиши мумкин.



8.12- расм. ЁУТС таркибий схемаси.

МУНДАРИЖА

Кириш	3
1- б о б. Ахборот тарқатиш ва қабул қилиш	7
1.1- §. Радиотўқинларнинг тарқалиши	7
1.2- §. Радиоалоқа линияларининг таркибий схемаси тўғрисида умумий тушунчалар	12
2- б о б. Радиоэлектрон асбобларнинг (РЭА) асосий элементлари	14
2.1- §. Пассив элементлар	14
2.2- §. Индикатор асбоблар	19
2.3- §. Фотоэлектрик асбоблар	23
2.4- §. Оптоэлектрон асбоблар	26
2.5- §. Фотоэлектрон кўпайтиргич	27
3- б о б. Радиотехник сигналларни ўзгартириш	28
3.1- §. Ночизиқли занжирлар томонидан сигналларнинг спектр- ларини ўзгартириш назарияси	28
3.2- §. Модуляция	30
3.3- §. Модуляцияланган тебранишларни ҳосил қилиш схемаси	35
3.4- §. Сигналларни детекторлаш	38
3.5- §. Модуляцияланган тебранишларни детекторлаш схемаси	41
4- б о б. Электр сигнал кучайтиргичлари	44
4.1- §. Умумий тушунчалар	44
4.2- §. Танловчан кучайтиргичлар	49
4.3- §. Трансформаторли ва дроссель каскадли кучайтиргичлар	54
4.4- §. Кучайтиргич каскадларидаги тескарли алоқалар	59
4.5- §. Каскадларни ҳисоблашнинг асосий усуллари	61
5- б о б. Электр тебранишлар генератори	71
5.1- §. Электр тебранишларни генерациялаш принципи	71
5.2- §. Электрон генераторлар схемаси	74
5.3- §. RC- генераторлар	76
5.4- §. Гармоник бўлмаган тебранишлар генератори	77
6- б о б. Импульс ва ҳисоблаш техникасининг элементлари	84
6.1- §. Импульсли сигналлар ва уларни модуляциялаш	84
6.2- §. Сигналларга рақамли ишлов бериш	86
6.3- §. Мантиқий алгебра асослари	87
6.4- §. Импульс ва рақамли техниканинг асосий элементлари	88
6.5- §. Микропроцессорлар ва микроЭХМ	101
7- б о б. Телемеханика	105
7.1- §. Телемеханика ҳақида асосий тушунчалар	105
7.2- §. Телемеханик қурилмаларда буйруқларни узатиш усуллари	107
7.3- §. «Буйруқ»ни кодлаш ва декодлаш	109
8- б о б. Мактабларда электрон қурилмалар	114
8.1- §. Ўлчаш генераторлари	114
8.2- §. Осциллографлар	117
8.3- §. Аналог ва рақамли частотомерлар	120
8.4- §. Мактаб радиоузели	122
8.5- §. Магнитофонлар	122
8.6- §. Видеомагнитофон	124
8.7- §. Мактаб телемаркази	126