

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

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ҚИШЛОҚ ВА СУВ ХЎЖАЛИГИ
ВАЗИРЛИГИ**

ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА МЕЛИОРАЦИЯ ИНСТИТУТИ

НУРАЛИЕВ АЛМУХАН КАЛПАКБАЕВИЧ

ПИРИМОВ ОДИЛ ЖЎРАЕВИЧ

«ЭЛЕКТРОНИКА ВА МИКРОПРОЦЕССОР ТЕХНИКАСИ»

Олий ўқув юртлари талабалари учун ўқув қўлланма

Тошкент – 2015 йил

Ушбу ўқув қўлланма «Электроника ва микропроцессор техникаси» фаннинг ўқув дастури асосида Олий ва ўрта махсус, касб-хунар таълими ўқув-методик бирлашмалари фаолиятини мувофиқлаштирувчи кенгашнинг 2015__ йил “__” _____даги “__” – сон мажлис баёни билан маъқулланган.

Тузувчилар:

А.К. Нуралиев – «Технологик жараёнларни автоматлаштириш ва бошқарув» кафедраси доценти, т.ф.н.

О.Ж. Пиримов – «Технологик жараёнларни автоматлаштириш ва бошқарув» кафедраси катта ўқитувчиси, т.ф.н.

Такризчилар:

М.И. Ибадуллаев –ТДТУ, «Учиш аппаратлари ва аэропортларнинг радиоэлектр жиҳозларига техник хизмат кўрсатиш» кафедраси профессори, т.ф.д.

Ш.М. Музафаров –Тошкент ирригация ва мелиорация институти, «Гидромелиоратив тизимларда электр энергия билан таъминлаш ва уларнинг электр жиҳозларидан фойдаланиш» кафедраси доценти, т.ф.н.

Ўқув қўлланма Тошкент ирригация ва мелиорация институти Илмий-методик кенгашида тавсия қилинган (2015 йил “__” _____даги “__” - сонли баённома).

Аннотация

Ўқув қўлланмада саноат ва халқ хўжалиги тизимларида ишлатиладиган ярим ўтказгичли электрон асбоблар ва қурилмалар, уларнинг турлари, тузилиши, ишлаш принциплари ва тавсифномалари ҳақида умумий маълумотлар, импульсли ва рақамли микропроцессор техниканинг тузилиши ва ундаги қурилмаларнинг ўзаро боғлиқлик ва ишлаш принципи ҳақида маълумотлар баён этилган

Ушбу ўқув қўлланма 5311000 - «Технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришни автоматлаштириш ва бошқариш» (сув хўжалигида) ва 5310200 – “Электроэнергетика” (сув хўжалигида) бакалавр таълим йўналиши талабалари, ҳамда турдош йўналиш бўйича таълим олувчи талабалар учун мўлжалланган.

Ўқув қўлланмадан шу соҳадаги қишлоқ ва сув хўжалигини автоматлаштириш бўйича мутахассислар ҳам фойдаланишлари мумкин.

Аннотация

В учебном пособии приведены виды, структуры, построение, принципы работы и характеристики полупропринципы работы и характеристики полупроводниковые приборов в полупроводниковых приборов и электронных устройств, применяемых в производстве народного и водного хозяйства

Учебное пособие предназначено для студентов направлений 5311000- “Автоматизация и управление техническими и производством” (в водном хозяйстве) и 5310200-“Электроэнергетика” (в водном хозяйстве) также родственных направлений.

Annotation

In the manual given the state information about the usage of semi wire electric tools, their types, their characteristic , working principles and the usage of semi wire microprocessors and impuls and numerical technology's and usage in factory and water economy.

The manual intend students course of 5311000 - “Automation and contro l of technic and factory” (in water economy) and 5310200”Electroenergy”(in water economy) and familiar course sphere may use from this manual.

СЎЗ БОШИ

Сўнгги йилларда фан ва техниканинг изчил ривожланиши туфайли халқ хўжалигининг барча соҳаларида катта ўзгаришлар рўй бермоқда ва бу соҳаларда меҳнат қилиш ҳар бир кишига юксак маънавиятли, чуқур ва мустаҳкам билимли бўлишни ҳамда бу билимни мунтазам равишда бойитиб боришни талаб қилади. Бу эса деярли барча ёшларнинг, айниқса ишлаб чиқаришда илғор бўлган йигит ва қизларнинг касб – ҳунар коллежлари ва олийгоҳларда ўқиб билимларини кенгаштиришлари ва янгидан-янги жаҳон талабларига мос бўлган билимларни эгаллашлари ва ўз касбларининг етук мутахассислари бўлишларига ундайди.

Ярим ўтказгичли элемент ва ускуналар электрника ва радиотехниканинг асосис ҳисобланади.

Радиотехника – ўзгармас ёки саноат частотаси (50 Гк) га тенг бўлган частотадаги ўзгарувчан ток энергиясини юқори частотали (юз минг, миллион ва бир неча ўн миллион герк) ўзгарувчан ток энергиясига айлантириб бериш, электромагнит тебранишлари ва тўлқинларини ҳосил қилиш, уларни тарқатиш ва қабул қилиш, шунингдек бирор ахборотни радиотўлқинлар орқали узатиш ва қабул қилиш масалаларини ўрганади.

Электроника - электровакуум ва ярим ўтказгичли асбобларни ишлаб чиқариш ва ҳозирги замон радиоаппаратларида ишлатиш масалаларини ўрганади.

Радиотехника фанининг ривожланишида XIX асрда физика соҳасида қилинган кўпгина кашфиётлар катта аҳамиятга эга булди. Масалан, уларга М. Фарадей томонидан кашф этилган электр ва магнит майдонларининг ўзаро таъсир ҳодисалари, Ж. Максвеллнинг электромагнит майдон хусусиятларини очиб берувчи тенгламаларини кўрсатиш мумкин. Бу тенгламаларда электромагнит тўлқинларнинг мавжудлиги ва улар ёруклик тезлигига тенг бўлган тезлик билан тарқалиши назарий ҳолда келтириб чиқарилган эди. Максвелл назариясининг туғрилигини биринчи марта немис олими Г. Герк 1886—1888 йилларда амалда исботлади. Лекин Герк электромагнит тўлқииларини амалда ҳосил қилсада, улардан техникада фойдаланиш мумкин эмас деб ҳисоблаган

эди. Чунки электромагнит тўлқинларини қайд этадиган вибраторда ҳосил бўладиган учқунни коронғи хонада фақат лупа ёрдамидагина кузатиш мумкин эди, холос.

Мана шу кучсиз учқунда келажак алоқа воситасини кўра олиш вазифасини рус олими А. С. Попов амалга оширди, у қисқа тўлқинларни узоқ масофага узатувчи радиони кашф этди.

Радиотехниканинг ривожланиши бевосита унинг асосий базаси бўлган электрониканинг ривожланиши билан боғлиқдир. Энг оддий электрон асбобларидан бири - электровакуумли диодни 1883 йилда америкалик Т. А. Эдисон ихтиро қилган. У оддий чўғланма толали электр лампочкаси ичига яна битта электрод жойлаштирганда улар орасида ҳосил бўлган ток фақат бир томонга йўналганлигини кузатган. Диоддан ўтаётган токнинг электронлар оқимидан иборат эканлигини эса инглиз олими Ж. Томсон исботлаб берган. Ундан детектор сифатида фойдаланиш мумкинлигини 1904 йилда инглиз Ж. Флеминг кўрсатиб ўтган бўлса, биринчи вакуумли триодни 1906 йилда америкалик Луи де Форест ихтиро қилган.

Умуман, радиотехниканинг ривожланишини шартли равишда уч даврга бўлиш мумкин. Биринчи даврда (1895—1920) асосан узун тўлқинлардан фойдаланган ҳолда телеграф алоқаси йулга қуйилди. Радиоузатувчи қурилмаларда учқунли, электромашинали ва электр ёйли генераторлар қўлланилган. Приёмник сифатида сезгирлиги кам бўлган детекторлар ишлатилган.

Иккинчи даврда (1920—1955) электрон лампалардан кенг фойдаланилди. Радиоқурилмаларда электровакуумли лампа кенг микёсда ишлатилиб, улар асосида паст ва юқри частотали кучайтиргичлар, генераторлар, модуляторлар ясалган.

1918 йилда супергетеродинли приёмник лойиҳаси ихтиро қилинганидан сўнг, уни амалга ошириш натижасида қабул қилувчи қурилмаларнинг сезгирлиги кескин ортиб кетди. Натижада қисқа ва ультрақисқа тўлқинлар диапозони ўзлаштирилди.

Учинчи даврда (1955 йилдан бошлаб) ярим ўтказгичли асбоблар кенг қўламда қўллаиила бошлади. Ярим ўтказгичларнинг ўзгарувчан токни тўғри-лаш хусусиятини 1875 йилда немис олими К.Ф. Браун сезган эди. 1922 йилда совет олими О. В. Лосев айрим кристаллардан тебранишларни ҳосил қилиш ва кучайтиришда фойдаланиш мумкинлигини кўрсатиб берди. Биринчи ярим ўтказгичли триод, яъни транзисторни АҚШда Д. Бардин ва В. Браттен ярат-дилар. Дастлабки интеграл микросхемалар эса 60- йилнинг охирида пайдо булди.

Микросхемаларнинг яратилиши радиотехника соҳасида катта ўзгариш бўлишига олиб келди. Шундан сўнг электроника аниқ, икки қисмга, яъни катта қувватли радиоэлектроника ва микроэлектроникага ажралди. Микро-электрониканинг вазифаси кўпгина ярим ўтказгичли асбобларни ҳамда бўлинмайдиган, маълум даражада тўлиқ радиосхемаларни уз ичига олган, кам қувватли қурилмаларни яратишдан иборат.

Кейинги пайтларда радиоэлектрониканинг ривожланиши билан янги соҳалар вужудга келди. Буларга мисол қилиб оптоэлектроника ва акусто-электроника соҳаларини келтириш мумкин. Оптоэлектроника электромагнит тўлқинлар шкаласидан жой олган оптик диапазондан ахборотни узатиш ва қабул қилишда фойдаланиш имконияти борлиги билан боғлиқдир.

Кенг омма учун мўлжалланган биринчи радиостанқия Москвада 1992 йилда М. А. Бонч-Бруевич раҳбарлигидаги лабораториянинг ходимлари то-монидан ишга туширилди, унинг қуввати 10 кВт га тенг эди. Тошкент шаҳрида биринчи радиоэшиттириш станцияси 1927 йилдан бошлаб ишлай бошлади. Телевизион кўрсатувлар 1956 йилдан йўлга қўйилди.

Эндиликда ишлаб чиқаришда қўл меҳнати камайиб, механизациянинг ва автоматлаштиришнинг роли ортиб бормоқда. Бу эса баъзи касбларнинг йўқо-либ боришига, айрим янги касбларнинг пайдо бўлишига олиб келмоқда. Ҳозирги замон саноатини, халқ хўжалигини, маиший хизматни радиоэлек-трон аппаратларсиз, ҳисоблаш техникасисиз тасаввур қилиб булмайди. Шу нуқтаи назардан қараганда бўлажак муҳандис-технологларни тайёрлашда

«Электроника ва микропроцессор техникаси» фани муҳим аҳамият касб этади. Коллеж ўқувчиларни касбга йўналтиришда, аудиториядан ташқари ишларни бажаришда (масалан, тугараклар), фанларни ўқитишда техник воситалардан фойдаланиш ва уларни самарали техник қаровдан ўтказишда, ўқув устахоналарида электр ускуналар ва механизмлар билан ишлашда, уй-рўзғордаги электр асбобларини ишлатишда ва шунга ўхшаш кўпгина соҳаларда меҳнат қилишда «Электроника ва микропроцессор техникаси» фанидан олинган билимларининг роли ва аҳамияти катта бўлади.

Маълумки, кўп йиллардан буён касб – ҳунар коллежлари талабаларига замон талабларига мос бўлган техника билан тиллаша олиш даражасидаги касбга йўналтириш ишлари олиб борилмоқда. Ушбу мақсадни амалга ошириш мақсадида касб – ҳунар коллежи талабалари ва техника соҳаси бўйича таҳсил олаётган олий ўқув юртлари талабалари учун ушбу ўқув қуланма тавсия этилади.

I – боб. ЯРИМ ЎТКАЗГИЧЛИ ЭЛЕМЕНТЛАР

1.1. Ярим ўтказгичларнинг физик хусусиятлари

Ҳозирги даврда илмий техниканинг ривожланиши билан бирга электрон элемент ва ускуналарнинг мураккаб турлари кўпайиб бормоқда. Ишлаб чиқаришнинг барча тизимларида замонавий электрон қурилмалари қўлланилганлиги сабабли, тайёрланаётган мутахассислар ҳам ушбу қурилмаларнинг тузилиши, ишлаши ҳақида тушунчаларга эга бўлиши керак. Ушбу масалаларни электроника ва микропроцессорлар техникаси (МПТ) фанида кўриб чиқилади.

Электроника саноат ишлаб чиқаришини XIX-XX асрда ривожланиши билан бирга пайдо бўла бошлади. Радиони кашф этилиши электроникани ривожланишига асосий туртки бўлди. Биринчи марта электромагнит тўлқинлар ёрдамида сигналларни узоқ масофага узатиш масаласини ва ечимини рус олими А.С.Попов 1889 йилда ишлаб чиқди ва 1895 йилда дунёда биринчи бўлиб радиони кашф этди.

1904 йил эса инглиз олими Я. Флеминг икки электродли электровакуумли ускуна – диодни кашф этди ва радиога қўллади. 1907 йилда америкалик олим Ли де Форест уч электродли электрон лампа – триодни яратди. Булардан кейин юқорида яратилган лампаларни такоммиллаштириш, юқори қувватли лампалар яратиш устида ишлар олиб борилди.

Ўтган асрнинг 30-40 йилларида ускуналарда жуда кўп сон электрон лампалар қўллана бошланди. Лекин буларнинг ўлчамлари катталиги, иш давомийлиги қисқалиги, энергияни кўп сарф қилиши уларни ишлаб чиқаришга тадбиқ этишни чеклай бошлади. Буларни бартараф этиш йўлида кўпгина амалий ишлар олиб борилиб, ярим ўтказгичли элементлар яратилди.

Ярим ўтказгич элементларни ишлаб чиқиш ва тадбиқ этиш масалаларини академик А.Ф.Иоффе биринчилардан бўлиб кўриб чиқди.

Электроника илм ва техниканинг асосий йўналишларидан бўлиб, қуйидагиларни ўрганади:

а) Электровакуум ва ярим ўтказгичли элементлардаги физик жараёнларни;

б) Электровакуум ва ярим ўтказгич элементларни электр тавсифномалари, ва катталикларини;

в) Электровакуум ва ярим ўтказгичлардан тузилган ускуналар ва тизимларнинг хусусиятларини.

Электроника уч хил йўналишга эга:

1. Информацион электроника – бу электрон ҳисоблаш ва информацион ўлчов техникасини асосини ташкил қилади. Буларга маълумотни қабул қилгич, қайта ишлаш, сақлаш, узатиш ускуналари киради.

2. Энергетик электроника – ўрта ва юқори қувватли электр энергияни ўзгартирувчи ускуна ва тизимлари билан боғлиқ. Буларга ўзгартиргичлар, инвенторлар, частотали ўзгарткичлар ва бошқа ускуналар киради.

3. Электрон технология – электромагнит тўлқинлар ёрдамида қўлланиладиган ускуналар ёрдамида бўладиган технологик жараёнларда қўлланиладиган ускуна ва услубларни ўз ичига олади. Буларга юқори частотали қиздириш ва эритиш, ультратовушли пайвандлаш ва кесишлар киради.

Электрон қурилмаларни кенг қўлланилишига уларнинг қуйидаги хусусиятлари сабаб бўлади:

Сезгирлиги – бу кириш катталигининг шундай қийматики, бунда электрон ускуна ишга тушади. Замонавий электрон ускуналарнинг сезгирлиги қуйидагичидир: ток бўйича 10^{-17} А, кучланиш бўйича 10^{-13} В, қувват бўйича 10^{-24} Вт

Ишлаш тезлигининг ўта юқорилиги – бу тез бўлиб ўтадиган жараёнларни ростлаш, назорат қилиш ва бошқаришда жуда муҳим рол ўйнайди. Бу ҳодиса микросекундларни мингдан бирига тенгдир (10^{-6} с).

Универсаллиги – электрон қурилмалар ишлайдиган электр энергиясини бошқа энергияларни ўзгартириб олиши мумкинлигидир.

1.1.2. Ярим ўтказгичларнинг электр ўтказувчанлиги

Ярим ўтказгичларга хона ҳароратида нисбий электр қаршилиги 10^{-5} дан 10^{10} Ом·см бўлган элементлар киради.

Ярим ўтказгичлар қаршилиги бўйича металл ва диэлектриклар оралигида бўлган элементдир. Буларга: кремний, арсенид, галлий, селен, германий, оксидлар, сульфидлар, нитритлар ва карбидлар киради.

Атом, ядро ва унинг атрофида ҳаракатланувчи электронлардан ташкил топган. Электронлар қатламлар кўринишида ҳаракатланади, бу қатламлар ва ядро орасидаги масофа уларни энергетик сатҳини кўрсатади. Электрон ядродан қанча узоқда бўлса, унинг энергетик сатҳи шунча юқори бўлади.

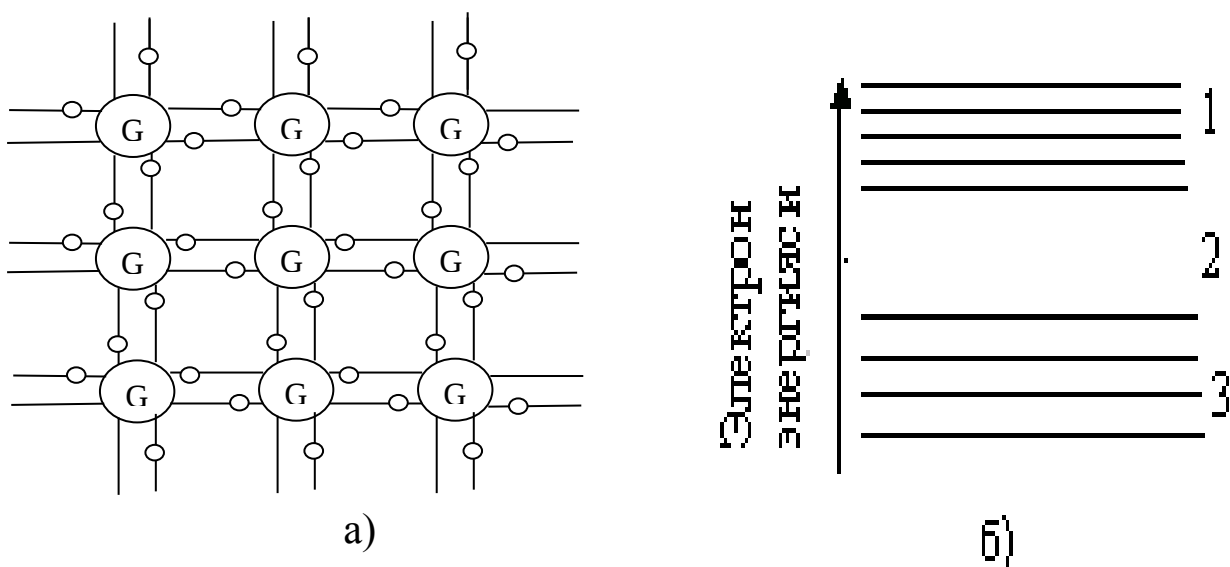
Электрон бир энергетик сатҳдан бошқа юқори энергетик сатҳга ҳаракатланганда энергия ютилади, тескарисига, яъни юқори энергетик сатҳдан пастки энергетик сатҳга ҳаракатланганда эса энергия ажралади (чиқарилади).

Энергия ютилиши ва чиқарилиши жиддий аниқ бўлаклар билан амалга ошади, бу бўлаклар *квантлар* дейилади. Ҳар бир энергетик сатҳда иккитагача электрон жойлашиши мумкин. Энергетик сатҳлар орасидаги масофа энергия ортиши билан қисқариб боради.

Энергетик сатҳнинг энг юқорисида ионлаштириш сатҳи туради. Бунда электронлар озод бўлиб, атомдан чиқиб кетадиган даражадаги энергияга эга бўлади.

Атом структураси электронлар билан тўлиқ эгаллаб олинган (ички) қобик ва электрон билан тўлмаган (ташқи) қобикдан ташкил топган. Ташқи қобик ядро билан кучсиз боғланган бўлиб, бошқа атомлар билан таъсирга осон киришиб кетиши мумкин. Бу қобикда жойлашган электронлар *валентли электронлар* дейилади.

Атомлар орасида турли хил боғланишлар мавжуд. Ярим ўтказгичлар учун кўп тарқалган боғланиш тури *ковалент* боғланишдир. Ковалент боғланиш қўшни атомларнинг валент электронларини бирлашишидир. Масалан, германийда атом тўртта валентли электронга эга бўлиб, қўшни атомнинг тўртта электрони билан ковалент боғланади.



1.1- расм. а) Германий атомининг кристалл панжарада структура боғланиши.
 б) Ман этилган ва рухсат этилган зоналарнинг шартли белгилари.

Агар элемент атомлари боғлиқ ҳолда бўлса валентли электронларга қўшни атомнинг электрон ва ядролар майдони таъсир этади, бунинг натижаси атомнинг алоҳида рухсат этилган сатҳи бир-бирига яқин бўлган янги энергетик сатҳларга бўлиниб кетади. Бу сатҳларнинг ҳар бирида ҳам фақатгина иккитадан электрон мавжуд бўлиши мумкин.

Электронлар мавжуд бўлиши мумкин бўлган энергетик сатҳлар йиғиндиси *рухсат этилган зона* дейилади.

Қаттиқ жисмнинг энергетик спекторида 3 хил зонани кўриш мумкин:

1. Рухсат этилган зона – 0 К ҳароратда электронлар билан тўлишган бўлади. Юқори тўлган зонаси *валентли зона* дейилади.

2. Ман этилган зона – бунда электронлар мавжуд бўладиган электрон сатҳлар йўқ.

3. Ўтказиш зонаси – бу зонадаги электронлар шундай энергияга эга бўладики, улар атомлар билан боғланишни узиб, қаттиқ жисм ичига ҳаракатланади. Масалан, электр майдон таъсирида.

Элементларни металл, ярим ўткзгич ва диэлектрикларга бўлиниши жисмни зона структурасидан келиб чиқиб абсолют 0 (ноль) ҳароратда бажарилади.

Металларда валентли ва ўтказиш зонаси бир-бирини қоплайди, шунинг учун 0 К да металл электр ўтказиш хусусиятига эга бўлади.

Ярим ўтказгич ва диэлектрикларда ўтказиш зонаси 0 К да бўш бўлади ва электр ўтказиш хусусияти бўлмайди. Булар орасидаги фарқ ΔE ман этилган зонасининг кенглигига боғлиқ бўлади. Ярим ўтказгичларда $\Delta E = 0,1 \div 3$ эВ (юқори ҳароратли асбобларни яратишда қўлланиладиган ярим ўтказгичларда $\Delta E = 3 \div 6$ эВ), диэлектрикларда эса бу қиймат $\Delta E > 6$ эВ ни ташкил этади.

Ярим ўтказгичларда ҳароратнинг бирор қийматида (қиздирилганда) электронларнинг бир қисми ўтказиш зонасига ўтишига керакли бўлган энергияга эга бўлади. Бу электронлар озод электронлар бўлиб қолади, ярим ўтказгич эса – электр ўтказгич бўлиб қолади.

Электронни валент зонасидан кетиши бу зонада бўш энергетик сатҳ пайдо бўлишига олиб келади. Бу энергетик ҳолат ковак номи билан юритилади. Электр майдон таъсирида қўшни атомларнинг валентли электронлари бу озод сатҳга ўтиши ва ўз жойида коваклар қолдириши мумкин. Бундай ҳаракатни мусбат зарядланган зарядлар – коваклар ҳаракати сифатида кўриб чиқиш мумкин.

Озод электронлар ҳаракати орқали бўладиган электр ўтказувчанлик *электронли*, коваклар ҳаракатидан келиб чиқадиган электр ўтказувчанлик эса *ковакли* ўтиш дейилади.

Абсолют тоза бир жинсли ярим ўтказгичда 0 К дан фарқли ҳароратда электрон ва тешиklar жуфт-жуфт бўлиб ҳосил бўлади, яъни электронлар сони коваклар сонига тенг бўлади (бундай ярим ўтказгичнинг электр ўтказувчанлиги *шахсий ўтказувчанлик* дейилади).

Электрон-ковак жуфтлигини ҳосил бўлиш жараёни *генерация* дейилади.

Генерация иссиқлик энергиясидан (иссиқлик генерацияси), ҳаракатланувчи заррачаларнинг кинетик энергияси таъсирида (ёруғлик генерацияси) рўй беради.

Валент боғланиш узилиши натижасида электрон ва ковак ярим ўтказгич ичида хатолик ҳаракатланади. Бу ҳаракат электрон энергетик сатҳини ковак

ёки ковакнинг энергетик сатҳини электрон билан тўлгунича давом этади ва узилган валент зонаси тикланади, электрон-коваклар йўколади. Бу жараён *рекомбинация* деб аталади.

Генерация моментидаги зарядларни рекомбинациялашувига кетган вақт оралиғини заррачаларнинг *ҳаёт вақти* дейилади. Ҳаёт вақтида заррачаларнинг босиб ўтган масофаси *диффузион масофа* дейилади. Заряд ташувчиларнинг *ўртача ҳаёт вақти* деб, ярим ўтказгичга киритилган заряд ташувчиларнинг концентрацияси e марта катталашишигача кетган вақтга айтилади ($e = 2,7$).

Агар ярим ўтказгичда E кучланганликка эга бўлган электр майдон ҳосил қилинса, хатолик ҳаракатланаётган заряд ташувчилар тартибли, бир-бирига тескари ҳаракатлана бошлайди. Бунда коваклар электр майдон бир йўналишда ҳаракат қилади.

Ушбу ҳаракатланиш оқибатида ҳосил бўлган ток зичлиги қуйдагича аниқланади:

$$I_{n \partial p} = q n \mu_n E ; \quad I_{p \partial p} = q p \mu_p E$$

бу ерда: q - заряд ташувчи (электрон) нинг заряди;

n, p - жисм ҳажм бирлигидаги электрон ва тешиқлар сони;

μ_n, μ_p - заряд ташувчиларнинг силжувчанлиги.

Заряд ташувчиларнинг силжувчанлиги физик катталиқ бўлиб, уни 1В/см кучланганлик билан электр майдондаги ўртача тезлиги $\mu = v / E$ га тенг.

Ярим ўтказгичдаги токнинг якуний тезлиги:

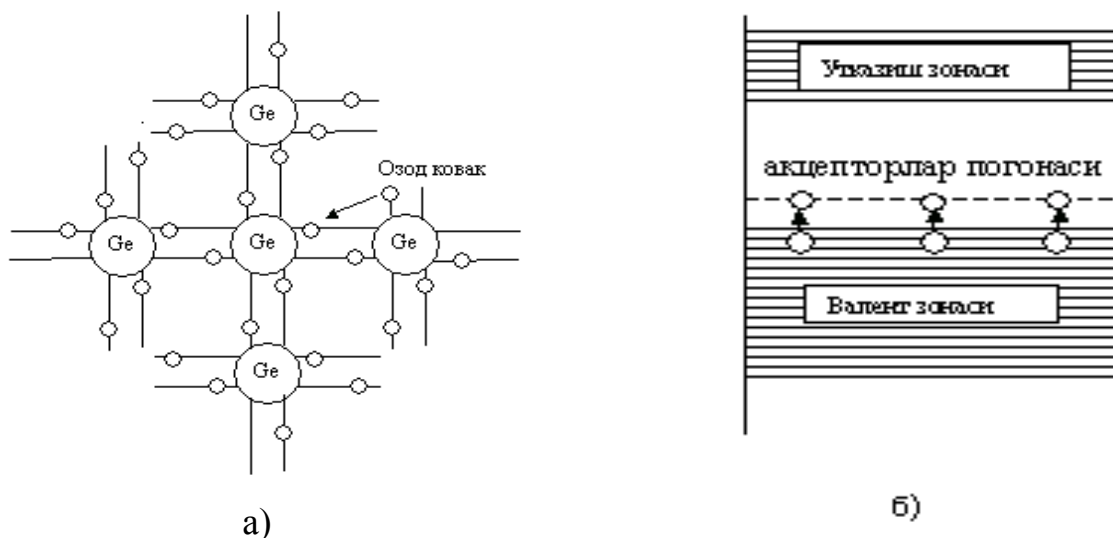
$$I_{\partial p} = I_{n \partial p} + I_{p \partial p} = (q n \mu_n + q p \mu_p) E$$

Электр майдони ва потенциал градиенти ёрдамида заряд ташувчиларнинг ҳаракати *дрейф*, бу зарядлар ёрдамида ҳосил бўлган ток эса *дрейф ток* дейилади.

1.1.3. Аралашмали электр ўтказувчанлик

Ацепторли аралашма. Германийга уч валентли атомга эга бўлган индийни қўшсак, германий ва индий атомлари орасида ковалент боғланиш ва сак-

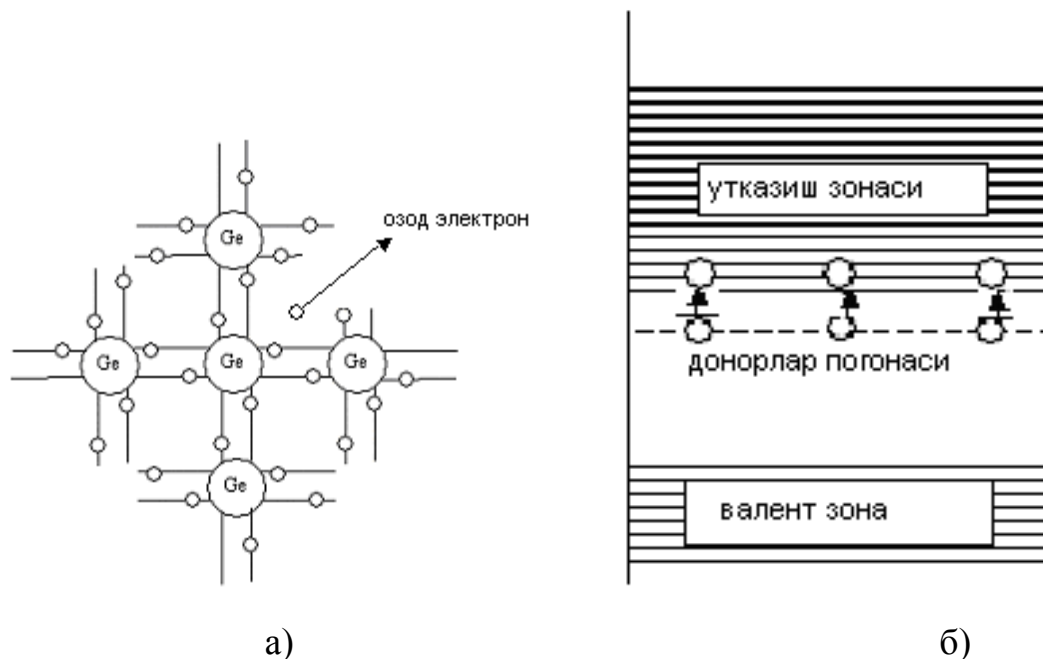
кизта атомли электрон қобик ҳосил қилиши учун германий атомидан битта электрон олинади. Бу олинган электрон уртасида ковак ҳосил бўлади ва атомдан ковакларга қўшилади. Атомдаги коваклар қиздирилиши (термогенерация) натижасида пайдо бўлади. Бунинг натижасида коваклар сони электронлар сонидан катта бўлади ва ярим ўтказгичда ковакли электр ўтказувчанлик пайдо бўлади. Бундай ярим ўтказгични *p-типидаги* ярим ўтказгич дейилади.



1.2-расм. Акцептор аралашмали ярим ўтказгичнинг структура (а) ва (б) зона диаграммаси.

Донорли аралашма. Донорли қўшилма атомлари ядро билан бўш боғланган валент электронларига эга. Бу электронлар қўшилма киритилган зонага осон ўтиши мумкин. Бу ҳолда панжарада мусбат зарядланган ион қолади, электрон эса ўз электр ўтказувчанлигининг электронларига қўшилади. Донор сатҳи ман этилган зонанинг юқори қисмида жойлашган электронларни донор сатҳидан ўтказгич сатҳига ўтиш қўшимча энергия ҳисобига амалга оширилади. Масалан, германий атомига беш валентли фосфор атоми киритсак, донор аралашмани ҳосил қиламиз. Бундай ярим ўтказгичда эркин электронлар концентрацияси коваклар концентрациясидан кўп бўлади ва бу ярим ўтказгич электрон электр ўтказувчанликка эга бўлади. Бундай ярим ўтказгичлар *n-типидаги* ярим ўтказгичлар дейилади.

Электрон ва ковакли ўтказишга эга булган ярим ўтказгични олиш учун тоза ярим ўтказгичга қўшилмалар кушилади. Бу жараёнини легирлаш дейилади, қўшилма қўшилган ярим ўтказгичлар эса легирланган ярим ўтказгичли материаллар дейилади.



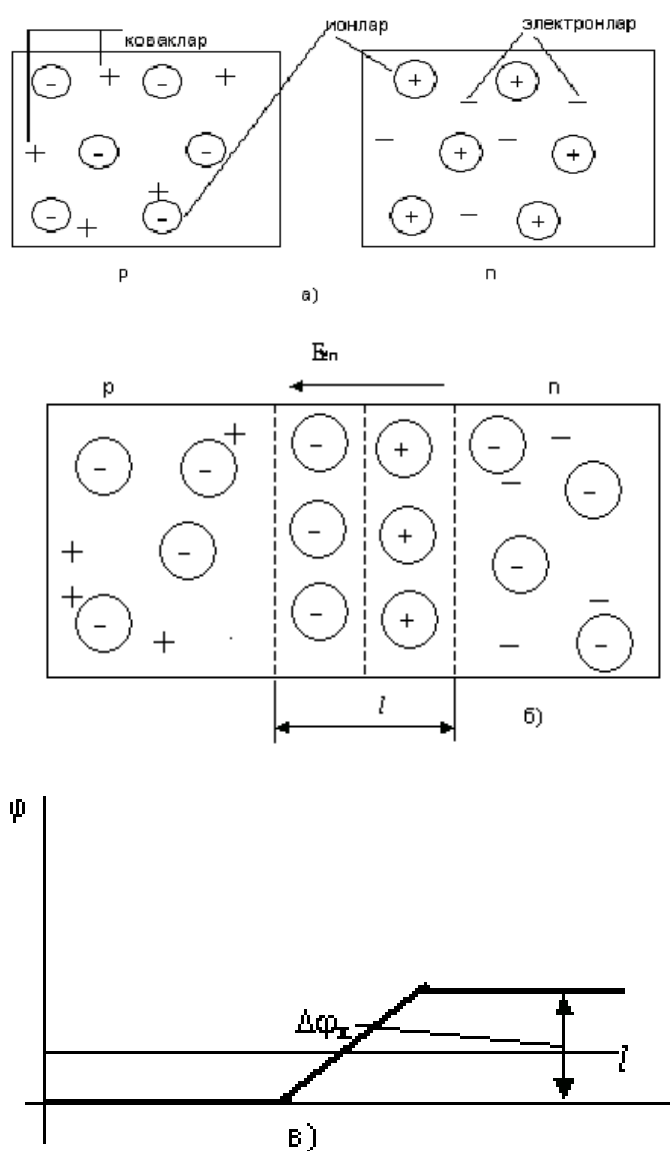
1.3-расм. Донор қўшилмали ярим ўтказгичнинг структура ва зона диаграммаси.

Легирловчи қўшилма сифатида Менделеев даврий системасининг III ва V гуруҳ элементлари киради. III гуруҳ элементлари ковакли электр ўтказувчанли ярим ўтказгичли материаллар ҳосил қилади, V гуруҳ элементлари эса электронли электр ўтказувчанли ярим ўтказувчанли ярим ўтказгичларни ҳосил қилади.

Қўшилмаларнинг концентрациясига караб ярим ўтказгичлар *кучсиз* ёки *кучли* легирланган элементларга бўлинади. Кучсиз легирланган ярим ўтказгичлар кам қувватли ярим ўтказгичли ва транзисторларни тайёрлашда қўлланилади. Юқори қувватли ва импульсли диодларда, транзистор ва тиристор тайёрлашда кучли легирланган ярим ўтказгичлар қўлланилади.

Ярим ўтказгичли қурилмаларнинг ишлаши электрон - ковакли ўтиш хусусиятига асосланган бўлиб, уни қисқача қилиб ***p-n*** ўтиш деб юритилади.

Электрон-ковак ўтиши деб, электрон ва ковакли электр ўтказувчанликка эга бўлган иккита ярим ўтказгич чегарасидаги майдон тушунилади. Электрон ва коваклар сони тенг бўлган ($p \approx n$) электрон ковакли ўтиш *симметрик* дейилади, агар заряд ташувчиларнинг концентрацияси бир-биридан фарқ қилса ($n \geq p$ ёки $n \leq p$ бўлса, яъни 100-1000 маротаба) *носимметрик p-n ўтиши* дейилади.



1.4 - расм. p-n ўтишнинг ҳосил бўлиши.

p-n ўтишни схематик ҳосил бўлиши турли хил электр ўтказувчанликка эга бўлган иккита ярим ўтказгичларни бирикишидан ҳосил бўлади. Бирлашишдан олдин иккала ярим ўтказгичларда электронлар, коваклар ва қўзғалмас ионлар бир хилда тарқалган бўлади. Бирлашганда эса чегара қатламда электронлар ва коваклар таркиби концентрациялашувчи бўлади. n-

типли ярим ўтказгич зонасидан эркин электронлар **p**- типигаги ярим ўтказгич валент зонасининг эркин сатҳига ўтади. Бунинг натижасида бирлашиш чегарасида заряд ташувчилардан ҳоли бўлган қатлам ҳосил бўлади. Бу қатлам юқори электр қаршилигига эга бўлиб *ёпувчи қатлам* дейилади.

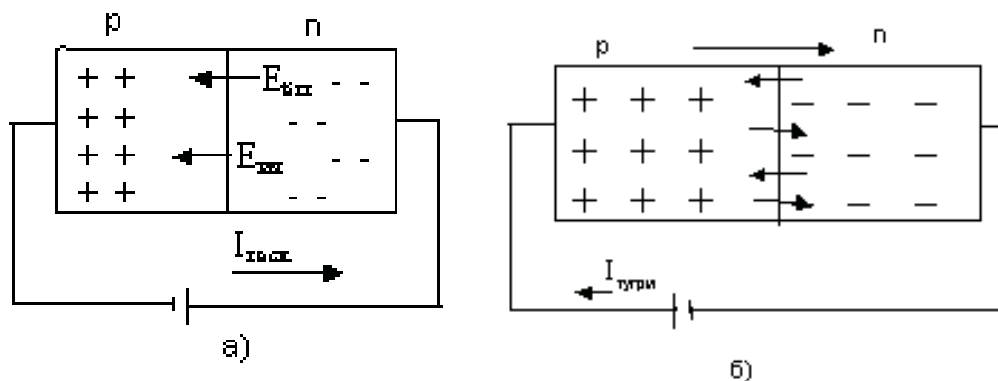
Ёпувчи қатламнинг кенгайишига донор ва акцептор аралашмалар ионлари тўсқинлик қилади. Улар ярим ўтказгичлар чегарасида иккита электр қатламини ҳосил қилади. Бу қатлам ярим ўтказгичлар чегарасидаги ϕ_n потенциаллар фарқи (потенциал тўсиқ) ни кўрсатади. (1.4-расм, в).

Ҳосил бўлган потенциал тўсиқ ёпувчи қатламда электр майдон ҳосил қилади. Бунда бу тўсиқ асосий заряд ташувчиларнинг ҳаракатига тўсқинлик қилади.

Бу ҳаракат натижаси *дрейф токи* $I_{др}$ ҳосил бўлади, лекин дрейф токи ҳосил бўлишида потенциал тўсиқ бир оз қисқаради ва тўсиқни енгиб ўтиш учун керакли энергияга эга бўлган бир қисм асосий заряд ташувчилар ҳаракатланади ва *диффузия токини* ($I_{диф}$) ҳосил қилади ва динамик тенгликни ҳосил қилади, яъни $I_{др} = I_{диф}$.

Агар **p-n** ўтишга ташқи кучланиш берилса, ёпувчи қатламда $E_{ин}$ кучланганликка эга бўлган, $E_{ән}$ кучланганликка эга қўзғалмас ионлар майдони йўналиши билан тўғри келувчи электр майдон ҳосил бўлади. Бунинг натижасида ёпувчи қатлам кенгаяди.

Чунки чегарадан мусбат ва манфий зарядларни олиб кетади. Бу ҳолда **p-n** ўтишда қаршилиқ катта бўлади ва асосий бўлмаган заряд ташувчилар ҳаракатланади. Бу ҳаракат натижасида ҳосил бўлган ток *тескари ток* дейилади, **p-n** ўтиш эса *ёпиқ* бўлади.



1.5- расм. Ташқи электрон майдонда электрон ковакли ўтиши.

а) p - n ўтишга тескари кучланиш берилган ($p - , n +$); б) p - n ўтишга тўғри кучланиш берилган ($p + , n -$).

Агар p томонга (+), n томонга (-) қутбли кучланиш берилса p - n ўтишдан тўғри ток ўтади ва p - n ўтиш эса *очик* ҳисобланади.

p - n ўтишда ташқи манба мусбат қутбини p типдаги ярим ўтказгичга ва манфий қутбини n типдаги ярим ўтказгичга улаганда тўғри улаш ҳосил бўлади. Тўғри улаш режимида электрон ва тешиклар ўтиш соҳаси орқали бир-бирларига томон ҳаракатланади, ўтиш соҳаси ташувчиларга бойиб кетади. Бу ҳолда ўтиш соҳасининг электр қаршилиги жуда кичик бўлади.

Кўп ҳолларда ярим ўтказгичларнинг ўтказувчанлиги электронларнинг иссиқлик ҳаракати туфайли пайдо бўлади. Ҳарорат кўтарилиши билан атомларда иссиқлик ҳаракати энергияси ортади ва ярим ўтказгичларда эркин электронлар сони ортиши юзага келади. Ярим ўтказгичларнинг ҳарорати кўтарилиши натижасида уларнинг электр қаршилиги (1°C га 3-6%) камаяди.

p - n ўтишда ташқи кучланиш кичик бўлса ҳам ўтиш соҳаси орқали ўтаётган ток жуда ката бўлади.

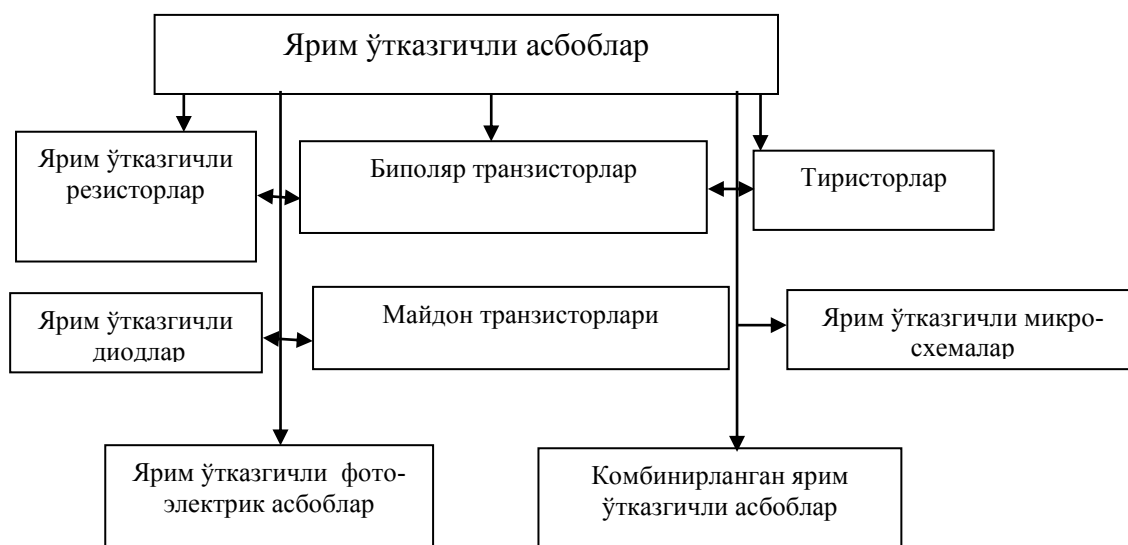
Демак, p - n ўтиш бир томонлама ўтказувчи элемент, яъни токни бир томонлама яхши ўтказувчи ва тескари йўналишга жуда ёмон ўтказувчи электр вентиль экан.

II – БОБ. ЯРИМ ЎТКАЗГИЧЛИ АСБОБЛАР

2.1. Ярим ўтказгичли асбобларнинг классификацияси

Ярим ўтказгич асбоб деб, ярим ўтказгич элементларининг хусусиятларига асосланган ҳолда ишлайдиган асбобларга айтилади.

Ярим ўтказгичли қаршилик ва диодлар икки электродли асбоблардир, биполяр ва майдон транзисторлари эса уч электродли асбоблар ҳисобланади. Тиристорлар эса икки ёки уч электродли бўлиши мумкин.



2.1-расм. Ярим ўтказгичли асбоблар классификацияси.

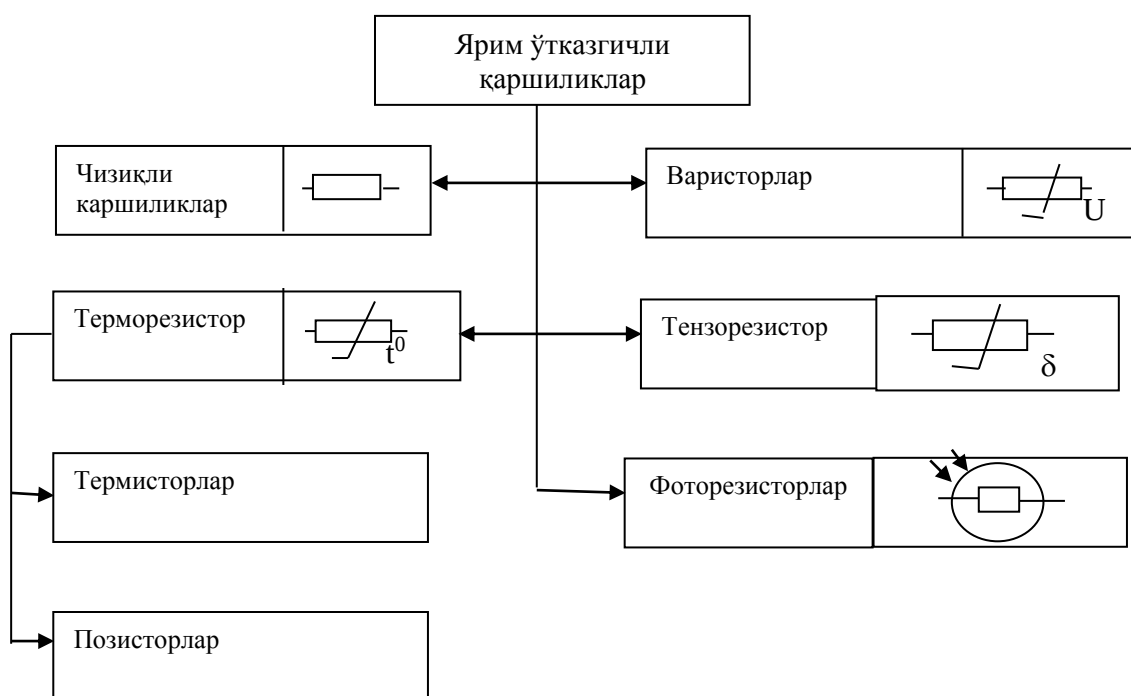
2.2. Ярим ўтказгичли қаршиликлар

Ярим ўтказгичли қаршилик иккита чиқишга эга бўлган ярим ўтказгич асбоб бўлиб, унда ярим ўтказгичнинг электр қаршилиги кучланиш, ҳарорат, ёритилганлик ва бошқаришнинг бошқа катталикларига боғлиқ бўлади.

Ярим ўтказгичли қаршиликларда бир хилда легирланган қўшимчали ярим ўтказгич қўлланилади. Қаршиликлар қўшилмалар ва тузилишининг турига қараб бошқарувчи катталикларга ҳар хил боғлиқликка эга бўлган асбоблар олиш мумкин.

Ярим ўтказгичли қаршиликлар бошқарувчи катталикларнинг боғлиқлигига қараб: *чизикли* ва *чизикли бўлмаган* қаршиликларга бўлинади.

Чизикли қаршилик – кучсиз легирланган материал қўлланилган ярим ўтказгичли қаршиликдир. Масалан, кремний, арсенид ва галлий элементлари. Бундай ярим ўтказгичларларнинг электр қаршиликлари электр токининг зичлиги ва электр майдон кучланганлигига боғлиқ эмас. Шунинг учун чизикли ярим ўтказгичларнинг қаршилиги кучланиш ва тоklarнинг катта диапазонида ўзгармас бўлади. Улар интеграл микросхемаларда кенг қўлланилади.



2.2- расм. Ярим ўтказгичларнинг турлари ва график белгиланиши.

Варистор – ярим ўтказгичли резистор бўлиб, унинг қаршилиги кучланиш ўзгаришига боғлиқ равишда ўзгаради, шунинг учун унинг ВАТси чизикли эмас. Варисторларни ясашда асосан карбид ва кремний элементлари қўлланилади. Парашокли кристалл карбит кремнийли қум билан аралаштириб прессланади ва юқори ҳароратда куйдирилади (қиздирилади), электродлар сепилади. Ташқи таъсирлардан ҳимоялаш учун варисторлар электроизоляция лаки билан қопланади.

Тензорезистор – ярим ўтказгичли резистор бўлиб, унда электр қаршиликни механик деформацияга боғлиқлиги қўлланилади. Тензорезисторларни тайёрлашда p - ёки n - типдаги кремний кўпроқ қўлланилади.

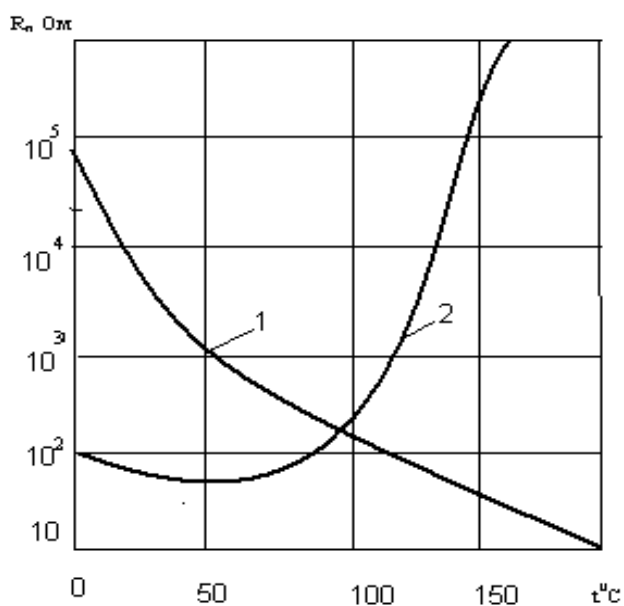
Фоторезистор – қаршилиги ёритилганликка боғлиқ бўлган ярим ўтказгич асбобдир. Бунда ёритилганлик ортган сари фоторезисторнинг қаршилиги камайиб боради ва аксинча, ёритилганлик камайса қаршилик камаяди.

Терморезистор – электр қаршилиги ҳароратга боғлиқ бўлган ярим ўтказгичли резисторга айтилади. Икки хил терморезисторлар мавжуд: *термистор* ва *позистор*.

Термистор – ҳарорат ортиши билан қаршилиги камаяди, ҳарорат камайиши билан қаршилиги ортади.

Позистор – ҳарорат ортиши билан қаршилиги ортади, ҳарорат камайиши билан қаршилиги ҳам камаяди.

Терморезисторларнинг ҳарорат тавсифномалари қуйида келтирилган.



2.3 -расм. Терморезисторларнинг ҳарорат тавсифномаси: 1-термистор, 2 – позистор.

Термисторларни ясашда электронли электр ўтказишга эга бўлган ярим ўтказгичлар қўлланилади. Масалан, металллар, оксидлар ва оксидлар аралашмалари. Баъзи ҳолатларда термисторларни ойнали баллонларга жойлаштири-

лади ва махсус чўлғам ёрдамида қиздирилади. Бундай термисторларни *билвосита қиздиришли термистор* дейилади. Позисторларни тайёрлашда титан-барийли керамика элементлари қўлланилади.

Терморезисторлар ҳароратни ростлаш тизимларида, иссиқликдан ҳимояланишда, ёнғиндан сақланишда қўлланилади.

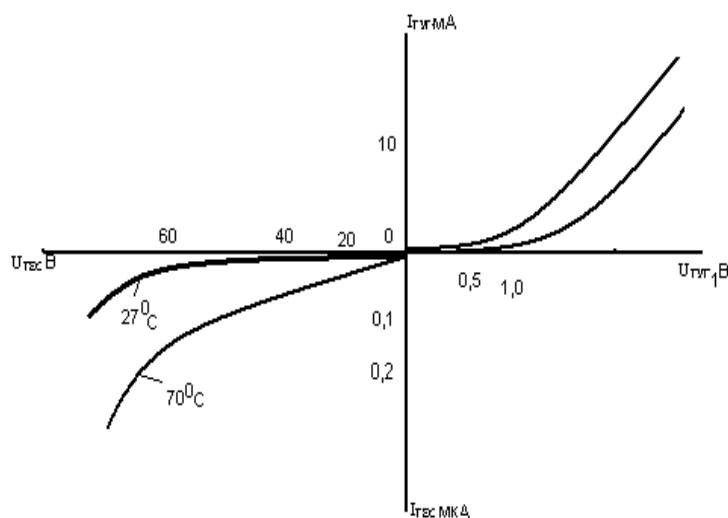
2.3. Ярим ўтказгичли диодлар

2.3.1. Ярим ўтказгичли диодларнинг классификацияси

Ярим ўтказгичли диодлар деб, битта p - n ўтишга ва иккита чиқишига эга бўлган ярим ўтказгичли асбобга айтилади. Барча ярим ўтказгичли диодлар иккита синфга бўлинади: нуқтали ва ясси диодлар.

Нуқтали диодда германий ёки кремнийнинг пластинкали электр ўтказувчанлиги қўлланилади. Унинг қалинлиги 0,1-0,6 мм ва юзаси эса 0,5-1,5 мм² гача бўлади.

Нуқтали диоднинг ҳар хил ҳароратлардаги ВАТси қуйида келтирилган:



2.4-рasm. Ярим ўтказгичли диодларнинг тавсифномалари.

Нуқтали диодларнинг конструкцияси унчалик ишончли эмас, электр контакти ингичка пружина бўлиб унинг босими катта бўла олмайди.

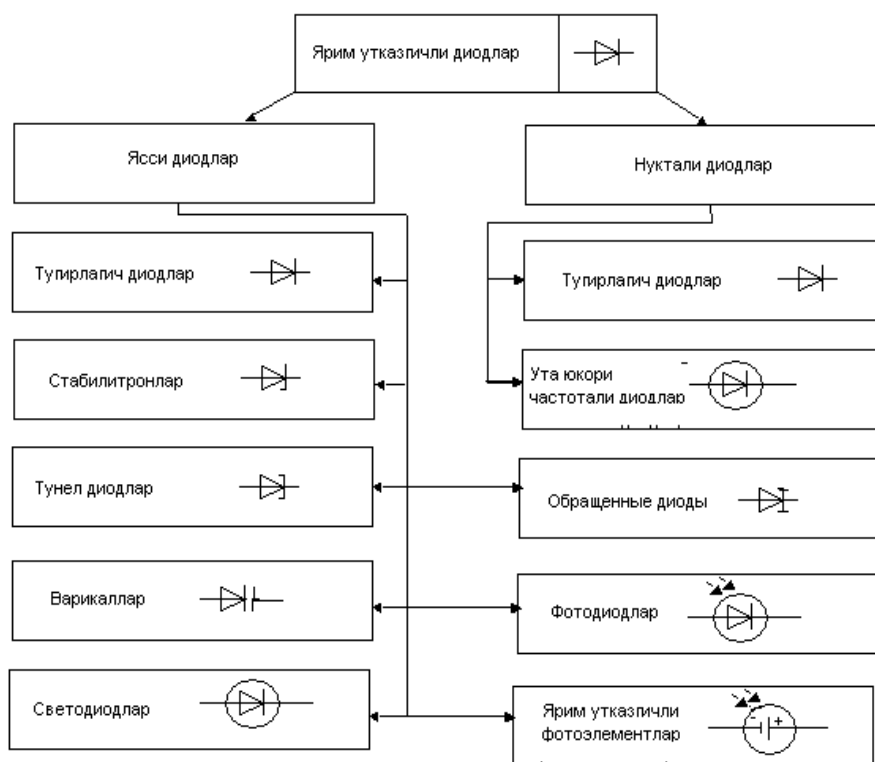
Нуқтали диод юқори частотали токларни тўғрилашда қўлланилади. Бошқа ҳамма соҳада нуқтали диодлар ўрнига ясси диодлар ишлатилади, чун-

ки буларнинг конструкцияси мустаҳкам, кўрсаткичлари юқори, ишлаши ишончли. Бу диодларда ўтказувчанлиги турлича бўлган ярим ўтказгичлардан $p-n$ ўтиш ҳосил қилинади. Ясси диодларнинг ўтиш майдони ярим ўтказгичларнинг турига қараб $0,01 \text{ мкм}^2$ дан (микроузали ясси диодлар) 10 см^2 га-ча (куч диодлари) бўлади.

Ясси диодлар электр тавсифномалари орқали аниқланади. Диодларни қўлланишига қараб $p-n$ ўтишнинг керакли тавсифномалари қўлланилади. Қуйидаги ясси диодларни тафсифномаларини кўриб ўтамыз.

Тўғрилагичли ярим ўтказгичли диодлар – ўзгаручан токни тўғрилаш учун қўлланиладиган диодларга айтилади.

Диодларнинг классификацияси ва шартли белгилари қуйида келтирилган:



2.5-расм. Ярим ўтказгичли диодларнинг турлари ва шартли белгиланиши.

Тўғрилагич диодлар қуйидаги параметрлари билан тавсифланади: тўғри ток, максимал тескари ток, максимал тескари кучланиш, тўғри ўтишдаги қаршилик, тескариўтишдаги қаршилик (германийли диодларга нисбатан

кремнийли диодларда бу қаршилик жуда катта бўлади), рухсат этилган ишчи ҳарорат.

Юқори частотали ва импульс занжирларида ишлатиладиган кичик қувватли тўғрилагич диодларини тузилиши (конструкцияси) нуқтали диодларнинг тузилишига ўхшаб кетади. Ўтиш майдонинг катталиги сабабли диоднинг тўғри токи 1-1000 ампергача бўлиши мумкин. Умуман диодга 1В дан катта бўлмаган тўғри кучланиш берилади, бунда ярим ўтказгичли диоднинг ток зичлиги 1-10 А/мм² гача ортиб кетади ва ярим ўтказгичли диодларда ҳарорат ортиб кетиши кузатилади.

Иш қобилятини саққлаб туриш учун германийли диоднинг ҳарорати 85⁰С дан, кремнийли диодларники эса 150⁰С дан ошмаслиги керак.

2.3.2. Тўғрилагичли диодларнинг асосий катталиклари

1. *Диодни максимал рухсат этилган тескари кучланиши.* Диодни узок вақт давомида иш қобиляти бузилмасдан чидай оладиган тескари кучланиш қиймати (10 – 1000 В).

2. *Диоднинг ўртача тўғриланган токи $I_{ўртача}$* - тўғрилагич диоддан оқиб ўтувчи тўғриланган доимий токнинг бирор давридаги ўртача қиймати (100 мА-10 А).

3. *Диоднинг импульс тўғри токи $I_{тўғ.им}$* – ток импульсининг энг юқори қиймати.

4. *Диоднинг ўртача тескари токи $I_{ўрт.тес.}$* – тескари токнинг бирор давридаги ўртача қиймати (0,1 мкА – 5 мА).

5. *Тўғри токнинг берилган ўртача қийматидаги диоднинг ўртача тўғри кучланиши $U_{ўр.тўғ.}$* (0,1 В).

Катта қувватли диодларни тўғри ток билан қизишини олдини олиш мақсадида уларни совўтиш учун махсус чоралар кўрилади: диодларни радиаторларга монтаж қилиш, ҳаво билан совўтиш ва бошқалар.

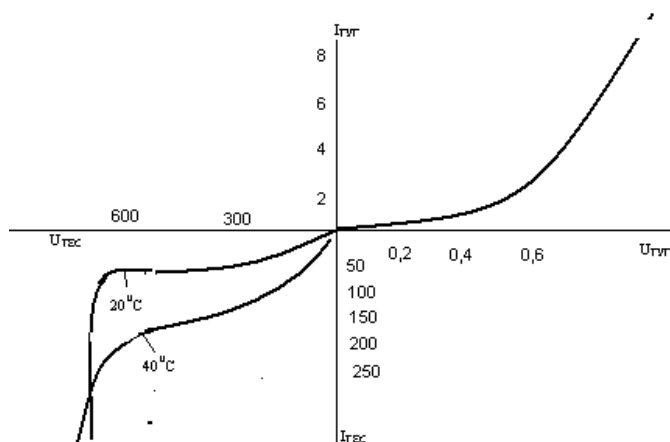
Агар диодга бир неча 10 В тўғри кучланиш берилса, жуда катта тўғри ток ҳосил бўлади ва диод бир неча секундлар ичида $800-1000^{\circ}\text{C}$ гача қизиб кетиши мумкин. Лекин ана шундай кучланишни жуда қисқа вақтга берилса диод қизиб улгурмайди ва ишдан чиқмайди. Қоида бўйича ярим ўтказгич диодларга ток бўйича 50-100 маротаба кетган ортиқча юкламани 0,1 секундгача бериш мумкин.

Тўғрилагич диодларнинг катталиқ қийматлари

Диод тури	Катталиқлари			
	Максимал рухсат этилган тўғри ток $I_{\text{тўғ мах}}$, А	Максимал рухсат этилган тескари кучланиш, $U_{\text{тес.мах}}$, В	$I_{\text{тес.}}$, мкА	Электродлар орасидаги сиғим, пФ
Нуктали диод	0,01-0,1	25-150	0,1-100	0,5-1,0
Кичик қувватли тўғрилагичли диод	0,1-1,0	200-1000	10-200	100-10000
Қувватли тўғрилагич	1-2000	200-4000	1000-5000	—
Импульсли диод	0,01-0,5	10-100	0,1-50	1,0-20

Диодга тескари кучланиш берилса, $p-n$ ўтишдан асосий бўлмаган заряд ташувчилар ҳаракатланишидан кичик қийматдаги тескари ток ҳосил бўлади. Демак ўтишнинг ҳаракати ошса, асосий бўлмаган заряд ташувчилар сони кўпаяди ва диоднинг тескари токи ортади. Диодга катта тескари кучланиш берилса $p-n$ ўтишни кўчкили тешилишига ва тескари токини кескин ортиб кетишига олиб келади, бу эса диоднинг қизишига, агар ток яна ошаверса, ис-сикликдан тешилишига олиб келади, $p-n$ ўтишнинг бузилиши мумкин. Кўпчилик диодлар 0,7-0,8 тешилиш кучланиш қийматларидан ошмаган тескари кучланишда мустаҳкам ишлаши мумкин. Бу қийматдан қисқа вақтга ошиши

ҳам $p-n$ ўтишнинг тешилишига олиб келади ва диодни ишдан чиқишига олиб келади. $I_{T\check{F}}$.



2.6-расм. Ўрта қувватли ярим ўтказгич диоднинг ВАТи.

2.4. Ярм ўтказгичли стабилитрон

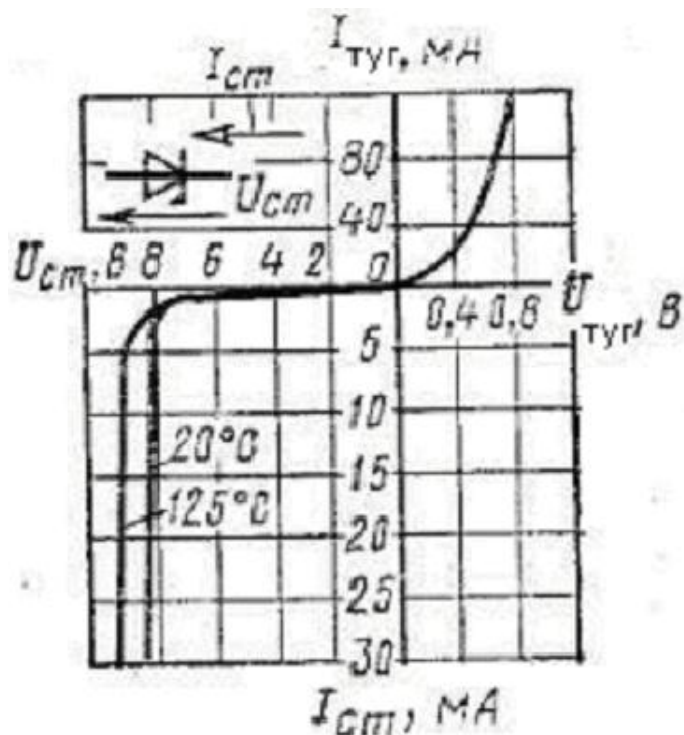
2.4.1. Ярм ўтказгичли стабилитронлар ва уларнинг асосий катталиклари

Ярм ўтказгичли стабилитрон – диодни тескари улаганда унинг кучланиши токнинг ошишига жуда кам боғлиқ бўлиш қисмидан фойдаланиб, кучланишни стабиллаштиришда қўлланган ярм ўтказгичга айтилади. У та-янч диод ҳам деб аталади.

Стабилитроннинг асосий катталиклари: стабиллаш қисмидаги кучланиш $U_{ст}$; стабиллаш қисмидаги динамик қаршилиқ $R_z = dU_{cm}/dI_{cm}$; минимал стабиллаш токи $I_{cm.min}$; максимал стабиллаш токи $I_{cm.max}$; стабиллаш қисмидаги кучланишнинг ҳарорат коэффиценти T_{KH} ва у қуйидагича ифодаланади:

$$T_{KH} = \left(\frac{dU_{cm}}{dT} \right) \cdot 100\%$$

Стабилитроннинг ВАТси қуйида келтирилган:



2.7-расм. Стабилитроннинг ВАТси.

Замонавий стабилитронларнинг стабиллаш кучланиши 1-1000 В оралиғида ётади ва **p-n** ўтишининг ёпувчи қатламининг қалинлигига боғлиқдир.

$$I_{cm} \approx 1 \div 10 \text{ мА}, \quad I_{cm \text{ max}} \approx 50 \div 2000 \text{ мА}, \quad R_o \approx 0,5 \div 200 \text{ Ом}$$

Стабилитрон кучланишининг ҳарорат коэффиценти ярим ўтказгич ҳарорати 1°C га ўзгарганда стабиллаш кучланиши неча % га ўзгаришини ($T_{ки}$). Кўпчилик стабилитронлар учун:

$$T_{ки} = \frac{(-0,05 \text{ дан } +0,2)\%}{^\circ\text{C}}$$

p-n ўтишларни тайёрлаш вақтида кетма-кет улаш йўли орқали жуда паст кучланишни ҳарорат коэффицентли стабилитронлар олиш мумкин.

Масалан, КС196В стабилитронда $T_{ки} = \frac{\pm 0,0005 \%}{^\circ\text{C}}$ ҳарорат диапазони – 60 дан + 60°C гачадир. Булар доимий кучланиш ва токни ўлчашга мўлжалланган автоматик потенциометрлар ишлатилади.

Доимий кучланшни стабиллашиши диодни тўғри йўналишда улаш ёрдамида олиш мумкин. Бу мақсадда қўлланиладиган кремнийли диодлар стабилитрон деб аталади. Стабилитронларни тайёрлашда кучли легирланган

кремний қўлланилади, сабаби тўғри уланганда камроқ динамик қаршилик ҳосил қилиниши керак.

Стабилитронларни кетма-кет улаш мумкин, бунда стабиллаштириш умумий кучланиши стабилитронлар кучланишлар йигиндисига тенг.

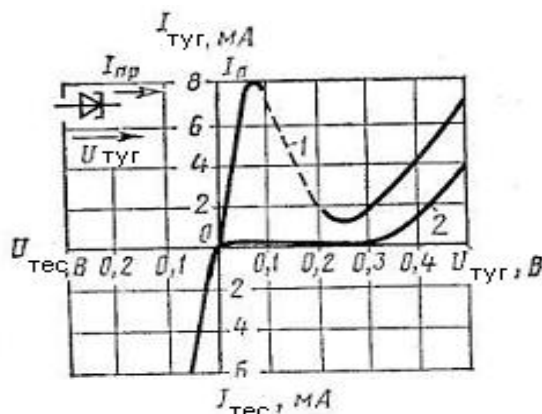
$$U_{cm} = U_{cm1} + U_{cm2} + U_{cm3} + \dots + U_{cm.n}$$

Стабилитронларни параллел улашга рухсат этилмайди, чунки барча параллел уланган стабилитронлардан фақатгина битта энг кичик стабиллаш кучланишига эга бўлган стабилитронда ток мавжуд бўлади. Ҳозирги пайтда қуйидаги стабилитронлардан фойдаланилмоқда: *КД214А*, *ГД412А*, *2Д504А*, *КВ104А*.

Туннел диодлар – ярим ўтказгичли диод бўлиб, унда тўғри кучланишнинг манфий дифференциал электр ўтказувчанли қисмида ВАТда туннел эффекти пайдо бўлади.

Туннел диодларни тайёрлашда кучли легирланган германий ёки арсенид галлий элементи қўлланилади. Туннел диоднинг асосий катталиги бўлиб чўққи токи (I_n) ва чўққи токини тушиш токига нисбатлари олинади (I_n/I_b). Ҳозирги диодларда: $I_n = 0,1 \div 100 \text{ мА}$ ва $I_n/I_b = 5 \div 20$ тўғри келади.

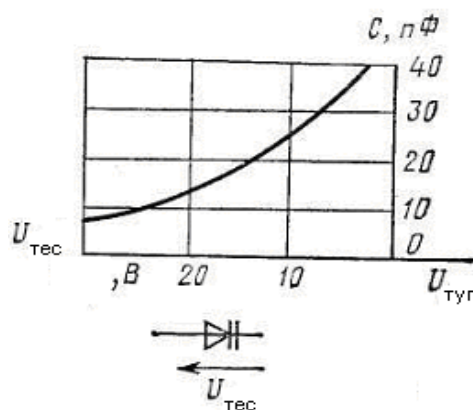
Туннел диодлари тез ишловчи ярим ўтказгичли асбоб бўлиб, юқори частотали тебраниш генераторларида ва импульс қайта улагичларда қўлланилади.



2.8-расм. Туннел диоднинг ВАТси.

Варикап – ярим ўтказгич диод бўлиб **p-n** ўтишнинг тескари кучланишга боғлиқлигидан фойдаланиб, электр бошқарувчи сиғим элементи сифатида қўлланилади.

Варикапларни ишлаб чиқаришда кремний элементи қўлланилади.



2.9-расм. Варикап сиғимини тескари кучланишга боғлиқлиги.

Варикапнинг асосий катталиклари бўлиб: умумий сиғим C_B ҳисобланади, унинг кичик тескари кучланишдаги қиймати олинади.

$$U_{mec} = 2 \div 5B$$

Сиғим бўйича тўсиқ коэффиценти $K_c = C_{max} / C_{min}$

Қўпчилик ишлаб чиқарилган варикаплар учун

$$C = 10 \div 500n\Phi \text{ ва } K_c = 5 \div 20$$

Варикаплар масофадан бошқариш тизимларида ва частотали автоматик тўғрилашда параметрик кучайтиргичларда ишлатилади.

Магнитодиод – ярим ўтказгич диод бўлиб, унда магнит майдон таъсирида ВАТ ўзгаришида фойдаланилади.

Магнитодиод сифатида германий ёки кремний асосида яратилган тўғрилагичли диодлар қўлланилади. Магнитодиоднинг асосий катталиги – сезгирлигидир:

$$\nu = \frac{\Delta U_{муз}}{\Delta BI}$$

$\Delta U_{тўғ}$ ва ΔB – тўғри кучланиш ва магнит индукциясининг орттирмаси;

$$\nu = \frac{10 \div 50 \cdot 10^3 B}{Tл - mA}$$

Тензодиод – ярим ўтказгичли диод бўлиб, унда механик деформация таъсирида ВАТ ўзгаришидан фойдаланилади. Тензодиодлар сифатида диоднинг ишчи ҳажмидан ВАТни алоҳида майдонларига боғлиқ бўлган туннел диодлари қўлланилади.

Фотодиодлар. Айрим моддаларга ёруғлик тушганда, энергия модда атомлари томонидан ютилиб, электрон - ковак жуфтини ҳосил қилади. Бу моддадан ясалган материал учларига кучланиш берилса, электронлар бир томонга, коваклар иккинчи томонга ҳаракат қилади. Ёруғлик интенсивлиги ортиши билан ток кучи ҳам ортиб боради.

Фотоэлектрик қурилмалар ёруғлик таъсирида кучланиш ҳосил қилади. Одатда улар р-п ўтишга эга бўлиб, ҳосил бўлган кучланишнинг мусбат қутби п-соҳада бўлади. Бу кучланиш ташқи занжирга уланса ток ҳосил қилиш мумкин. Ток йўналиши ўтиш йўналишига қарама-қарши бўлади. Фотодиодлар - ёруғлик таъсирида электр токини ўтказувчи қурилма сифатида ишлатилиши мумкин.

Ёруғлик диодлар - бу бир ёки бир неча р-п ўтишга эга бўлган диод бўлиб, ундан ток ўтганда ўзидан ёруғлик чиқаради. Бу диодда ток ташувчи заррачалар электронлар ва коваклардан иборат бўлса-да, электронларнинг миқдори ковакларга нисбатан кўпроқ бўлади. Электронлар п соҳадан р – соҳага ўтиш давомида, бир энергетик сатҳдан иккинчисига ўтади. Электронлар р – соҳада коваклар билан рекомбинацияланиб ўзларининг ортиқча энергияларини йуқотади. Бу энергия нур сифатида чиқади. Ток ортиши билан ёруғлик интенсивлиги ҳам ортади. Чиқаётган нур кенгрок фазога тақсимланиши учун диоднинг нур чиқаётган соҳасига ихчам линза ҳам ўрнатилади. Диод материалига қараб ундан чиқувчи нурнинг ранги ҳам ҳар хил бўлади. Масалан: галлий арсенид нфракизил, галлий арсенид фосфиди - қизил ёки зарғалдоқ; галлий фосфид – сариқ ёки яшил ранг чиқаради. Ёруғлик диодларида тўғри йўналишдаги кучланиш тушуви 1 – 4 В, тескари ёриб ўтиш кучланиши 5 + 50 В атрофида бўлади.

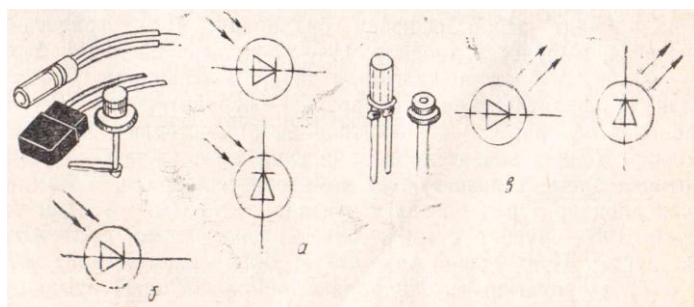
Ёруғлик диодлари ёруғлик индикаторлари оптоэлектрон асбобларида нурланиш манбаи, кино фототехникада ва автоматик қурилмаларда ишлатилади. Фотодиод ва ёруғлик диодларининг ташқи кўриниши ва шартли белгиси 2.10 - расмда келтирилган.

Оптрон асбоблар. Битта қурилма ичига фотодиод ва ёруғлик диоди жойлаштирилган асбоблар *оптронлар* деб аталади (2.11-расм). Бундай асбоблар сигналларни бир блокдан иккинчисига ўтказишда ишлатилади. Асбобдан фойдаланиш узатувчи блокнинг чиқиш қаршилиги, қабул қилувчи блокнинг кириш қаршилигидан катта фарқ қилганда, блоклар ўзаро электр жиҳатидан уланиши мумкин бўлмаганда юқори самара беради.

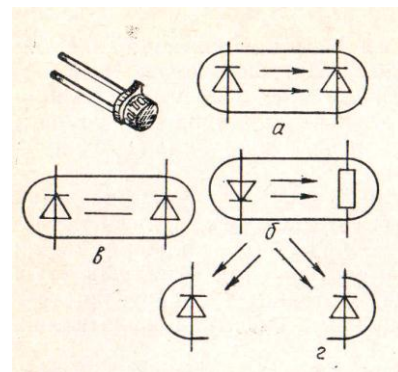
Ярим ўтказгичли диодларни маркалаш. Диодлар еттита ҳарфий рақамли код билан белгиланади. Биринчи элемент ярим ўтказгич материални билдиради: Г ёки 1 – германий ва унинг бирикмалари К ёки – 2 кремний ва унинг бирикмалари; А ёки 3 – галлий арсенид бирикмалари; И ёки 4 – индий бирикмалари. Иккинчи элемент диод турини кўрсатади: Д – тўғрилагичли, импульс режимли; Ц – тўғрилагич блоклари ва устунлари; А – юқори частотали; В – варикап; И – туннелли ва айлантирилган; С – кучланиш стабилизаторлари; Г – шовқин генераторлари; Л – оптоэлектронлар. Учинчи элемент диодни параметрларига кўра ажратади. Масалан: тўғрилагич диоднинг тўғри токи 0,3 А дан кўп бўлмаганлари – 1; 0,3 А дан кўп бўлганлари – 2 ва ҳ.к. Тўртинчи элемент 01 дан 999 гача бўлган рақамлардан иборат бўлиб, диоднинг ишлаб чиқаришдаги конструкция номерини билдиради. Бешинчи элемент ҳарфдан иборат бўлиб, диодни параметрларга ажратади.

ГОСТ 10862-72 га кўра биринчи элемент диод материални билдиради: Г – германий; К – кремний; А – галлий арсенид. Иккинчи элемент асбоб синфини билдиради: Д – тўғрилагичли, универсал, импульсли диодлар; Ц – тўғрилагич диодлари блоки; И – устуни; А – юқори частотали диод; В – варикап; И – туннелли ва айлантирилган диодлар; Л – нурлантирувчи; К – ток стабилизаторлари; С – стабилитрон ва стабисторлар; Ф – фотодиодлар. Учинчи элемент диодларни синфларга ажратувчи рақам. Тўртинчи элемент

конструкция номерини билдиради. Ўлчамлари кичик диодлар турли рангдаги нукдалар билан маркаланди. Масалан; Д9Б – мусбат қутбида битта қизил нукта; Д9В – олов ранг нукта; Д9Ж – яшил ранг нукта; Д9Е – иккита сарик нукта ва ҳ.к. Тўла руйхатини махсус справочниклардан олиш мумкин.



2.10- расм. Фотодиод ва ёруғлик диодлар:
а – фотодиод; б – фотодинистор;
в – ёруғлик диодлари.



2.11-расм. Оптрон асбоблар.

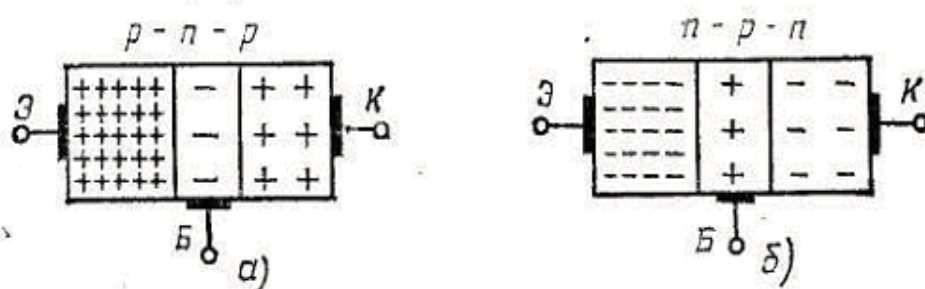
2.5. Биполяр транзисторлар

2.2.25. Биполяр транзисторлар ва уларнинг асосий катталиклари

Биполяр транзисторлар деб, қувват кучайтирувчи учта электр ўтказувчи зонасига эга бўлган электр ўтказувчи асбобга айтилади.

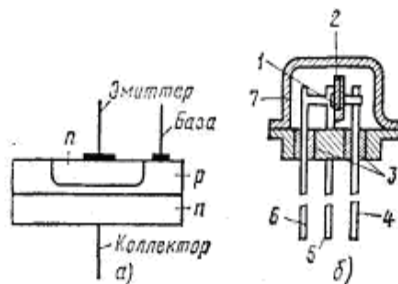
Биполяр транзисторларда ток икки қутбли заряд ташувчилар, яъни электрон ва коваклар ҳаракатидан келиб чиқади. Шунинг учун бу транзистор номи биполяр дейилади (икки қутбли). Бу транзисторларнинг *p-n-p* ва *n-p-n* турлари мавжуд.

Транзисторларни тайёрлашда германийли ва кремнийли ўтказувчи элементдан кўпроқ фойдаланилади.

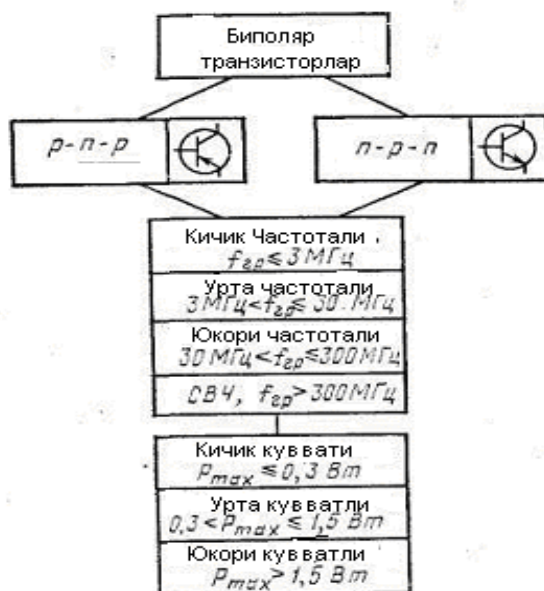


2.12-расм. *p-n-p*(а) ва *n-p-n* (б) типли биполяр транзисторларнинг структураси

Биполяр транзисторларда ўрта қатлами *база (Б)* дейилади. Электронлар ва ковакларнинг, яъни заряд ташувчиларнинг манбаи бўлган ташқи қатламлари *эмиттер (Э)* ва *коллектор (К)* деб юритилади. Коллектор эмиттердан келаётган заряд ташувчиларни қабул қилади.



2.13-расм. Кам қувватли биполяр транзисторнинг структураси (а) ва конструкцияси (б).



2.14 - расм. Биполяр транзисторларнинг классификацияси ва шартли белгиланиши

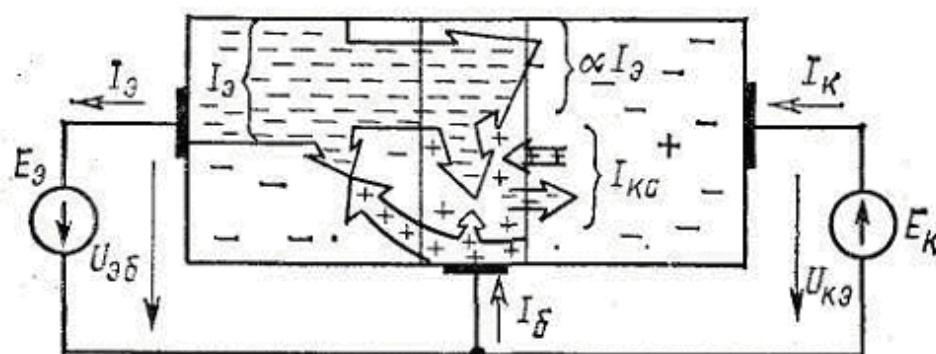
База қаршилигини жуда юқори қилиб тайёрланади. Эмиттер ва коллектор қаршиликлари эса базаникидан анча паст бўлади. Бунда эмиттернинг қаршилиги коллектор қаршилигидан бир неча баробар кам бўлади.

Эмиттер база ўтказишига $U_{эб}$ кучланиш тўғри йўналишда берилади, шунинг учун кучланишнинг кичик қийматида ҳам унда катта ток ҳосил бўлади. Коллектор база йўналишига $U_{кб}$ кучланиш тескари йўналишда берилади. Бу

кучланиш эмиттер ва база орасидаги кучланишдан бир неча баробар катта бўлади.

$n-p-n$ типдаги транзисторларнинг ишлашини кўриб чиқамиз: коллектор ва база орасидаги мусбат кучланиш берилганда эмиттер токи I_E нолга тенг бўлганда I_{CO} коллекторнинг ўтказиши томонидан асосий бўлмаган заряд ташувчилар ҳаракатидан ҳосил бўлган ток оқади.

Ҳарорат ошганда асосий бўлмаган заряд ташувчилар сони ортади ва I_{CO} коллектор токи кескин ошиб кетади.



2.15-расм. Заряд ташувчиларнинг $n-p-n$ типли транзистордаги ҳаракати.

Эмиттерни манбадаги манфий қисмга улаганда I_E эмиттер токи пайдо бўлади. Ташқи кучланиш эмиттер ўтишига тўғри йўналишда берилганлиги учун электронлар n -ўтиш томонидан ўтиб базага келади. База p -ярим ўтказгичдан тайёрланган шунинг учун электронлар у ерда асосий бўлмаган заряд ташувчи ҳисобланади.

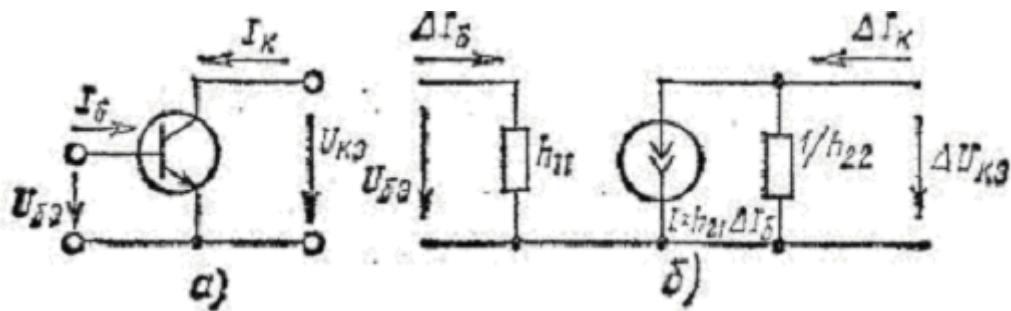
Базага тушган электронларнинг бир қисмгина база коваклари билан рекомбинацияланади, чунки бу ерда база катта нисбий қаршиликка эга бўлган юпқа p -типдаги ярим ўтказгичдан тайёрланганлиги сабабли коваклар концентрацияси кичик. Электронларнинг кўп қисми эса иссиқлик ҳаракати (диффузия) ва коллектор майдони таъсирида (дрейф) коллектор токининг асосий I_C ташкил этиб, коллекторга етиб боради. Эмиттер ва коллектор орасидаги тоқлар орттирмасининг боғлиқлиги ток ўтказиш коэффицентини ҳарактерлайди.

$$\alpha = \left. \frac{\partial I_k}{\partial I_{\text{э}}} \right|_{U_{\text{кб}}=\text{const}} \approx \left(\frac{\Delta I_k}{\Delta I_{\text{э}}} \right)_{U_{\text{кб}}=\text{const}}.$$

Ток узатиш коэффиценти доим 1 дан кичик бўлади. Замонавий биполяр транзисторларда $\alpha = 0,9 - 0,995$.

Юқорида кўриб чиқилган схема база, эмиттер ва коллектор занжири учун умумий ҳисобланади. Бундай схемада биполяр транзистор уланиши *умумий базали схемаси* дейилади. Бунда эмиттер занжири кириш, коллектор занжири эса чиқиш занжири дейилади.

Юқоридаги уланиш схемаси жуда кам қўлланилади. Кўпроқ эса кириш ва чиқиш занжирига умумий электрод бўлиб эмиттер ҳисобланган схема, яъни умумий эмиттернинг схемаси қўлланилади.



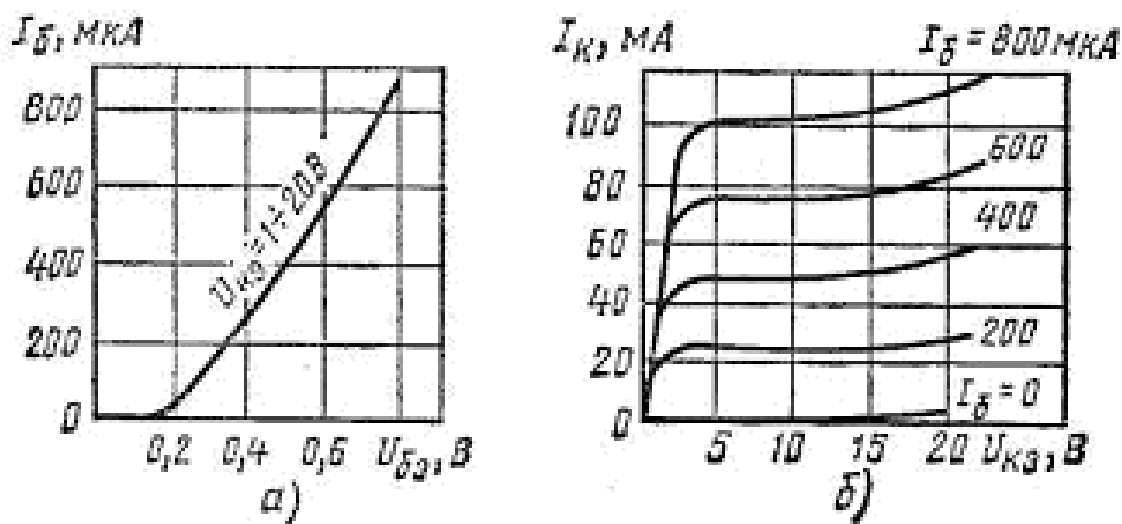
2.16 – расм. *n-p-n* транзисторнинг умумий эмиттер схемаси бўйича уланиши.

Бундай схема учун кириш контури база-эмиттер орқали ўтади ва унда база токи пайдо бўлади ва у қуйидагича ифодаланади:

$$I_B = I_{\text{э}} - I_k = (1 - \alpha)I_{\text{э}} - I_{k0} < I_{\text{э}} \approx I_k$$

2.5.2. Транзисторларнинг ВАТлари

Транзисторларнинг кириш занжиридаги ток ва кучланишларнинг боғлиқлиги $I_{\text{б}} = f_1(U_{\text{бэ}})$ транзисторларнинг кириш ёки база тавсифномаси дейилади.



2.17 – расм. Биполяр транзисторнинг ВАТси:

а) кириш; б) чиқиш тавсифномалари

Коллектор токини база токини белгиланган қийматларидаги коллектор ва эмиттер орасидаги кучланишга боғлиқлиги $I_K = f_2(U_{KЭ})$, $I_B = const$ транзисторнинг чиқиш (коллектор) тавсифномалари дейилади.

2.5.3. Биполяр транзисторларнинг h - катталиклари

Коллектор ўтишини қизиб кетмаслиги учун ундан чиқаётган қувват бирор бир максимал қийматдан ошиб кетмаслиги керак.

$$P_K = I_K U_{KЭ} < P_{K,max}$$

Агар коллектор ва эмиттер орасида жуда катта кучланиш берилса коллектор ўтишида электр тешилиши рўй беради. Шунинг учун транзисторларнинг коллектор кучланиши рухсат этилганидан кичик бўлиши керак.

$$U_{KЭ} \leq U_{KЭ,max}$$

$$\Delta U_{бэ} = \frac{\partial F_1}{\partial I_B} \Delta I_B + \frac{\partial F_1}{\partial U_{KЭ}} \Delta U_{KЭ} \quad \text{ёки} \quad \Delta U_{бэ} = h_{11э} \Delta I_B + h_{12э} \Delta U_{KЭ}$$

Бундай чекланиш коллектор токи бўйича ҳам мавжуд

$$I_K \leq I_{K,max}$$

$$\Delta I_K = \frac{\partial F_2}{\partial I_B} \Delta I_B + \frac{\partial F_2}{\partial U_{KЭ}} \Delta U_{KЭ} \quad \text{ёки} \quad \Delta I_K = h_{21э} \Delta I_B + h_{22э} \Delta U_{KЭ}$$

Агар коллектор токи ошиб кетса эмиттер ўтиши қизиқ кетади. Юқоридаги учта чекланган эгри чизиклар билан чегараланган қисм транзисторлар тавсифномасида *ишчи қисм* дейилади.

Биполяр трнзисторлар ярим ўтказгичли кучайтиргич асбоби ҳисобланиб, турли хил кучайтиргичларда, генераторларда, логик (мантикий) ва импульс ускуналарда қўлланилади.

$$h_{11э} = \frac{\Delta U_{бэ}}{\Delta I_{б}}; U_{кэ} = \text{const} (\Delta U_{кэ} = 0)$$
–биполяр транзисторнинг кириш қаршилиги;

$$h_{12э} = \frac{\Delta U_{бэ}}{\Delta U_{кэ}}; I_{б} = \text{const} (\Delta I_{б} = 0)$$
–кучланиш бўйича ички қайта боғланиш коэффициенти;

2.1-жадвал

Транзи- стор типи	Транзистор катталиклари							
	$U_{кэ,мах}, В$	$P_{к,мах}, Вт$	$I_{к,мах}, А$	$f_{ч}, Гц$	$C_{кб}, пФ$	$h_{11э}, Ом$	$h_{12э}, Ом$	$h_{22э}, Ом$
Кичик куватли	5 – 25	0,01 – 0,3	0,01 – 0,1	1 – 8000	1 – 10	1000 – 10000	20 – 200	$10^{-6} – 10^{-7}$
Ўрта ку- ватли	25 – 100	0,3 – 30	0,05 – 0,5	1 – 1000	5 – 100	100 – 1000	20 – 200	$10^{-5} – 10^{-7}$
Катта ку- ватли	50 – 1000	3 – 100	0,5 – 10	0,5 – 300	10 – 1000	50 – 500	20 – 200	$10^{-3} – 10^{-5}$

$$h_{21э} = \frac{\Delta I_{к}}{\Delta I_{б}}; U_{кэ} = \text{const} (\Delta U_{кэ} = 0)$$
 - ток узатиш коэффициенти;

$$h_{22э} = \frac{\Delta I_{к}}{\Delta U_{кэ}}; I_{б} = \text{const} (\Delta I_{б} = 0)$$
 – транзисторнинг ички ўтказувчанлиги;

2.6. Интеграл транзисторлар

Интеграл транзисторлар кремний монокристалидан тайёрланган пластина асосида ясалади. Пластинада бирор технологик усул билан база, эмиттер ва коллектор соҳаларида турли концентрацияли аралашмалар ҳосил қилинади. Сўнгра бу соҳалардан пластина устки қисмига учлар чиқарилади. Бу иккала сабабга кўра эмиттер, база ва коллектор соҳаларининг ҳажмий қаршилиги катта бўлади. Интеграл транзисторнинг базаси жуда юпқа бўлиб, эмиттер база потенциал сатҳи баланд бўлади. Интеграл схемадаги барча элементлар битта асосда ясалганлигидан улар орасида паразит боғланишлар бўлади. Шу сабабли улар бир-биридан изоляцияланади. Интеграл схемаларни изоляциялашнинг икки усули мавжуд; диэлектрик орқали ва тескари силжишга эга бўлган $p-n$ ўтиш орқали. Интеграл схемаларда асосан, коллектор занжири таъминловчи манбанинг манфий кутбига улаб қуйилади.

Транзистори $p-n-p$ типли ИС ларни тайёрлаш технологияси қийинроқ бўлганлигидан, уларни $n-p-n$ типли транзисторлар билан қўшиб тайёрланади. Бундай жуфтлик *комплементар* деб аталади. Комплементар усулда тайёрланадиган $p-n-p$ транзисторлари горизонтал ва вертикал структурали бўлади. Горизонтал структурали транзисторда эмиттер, база ва коллектор битта горизонтал текисликда жойлашади (2.18-расм, *а*). Бундай структурали транзисторда ток ташувчи заррачалар кристалл юзасидан параллел равишда кўчадн. Вертикал структурали $p-n-p$ транзисторларда, $n-p-n$ транзисторлари каби эмиттер, база ва коллекторлар вертикал ҳолатда жойлаштирилади (2.18-расм, *б*).

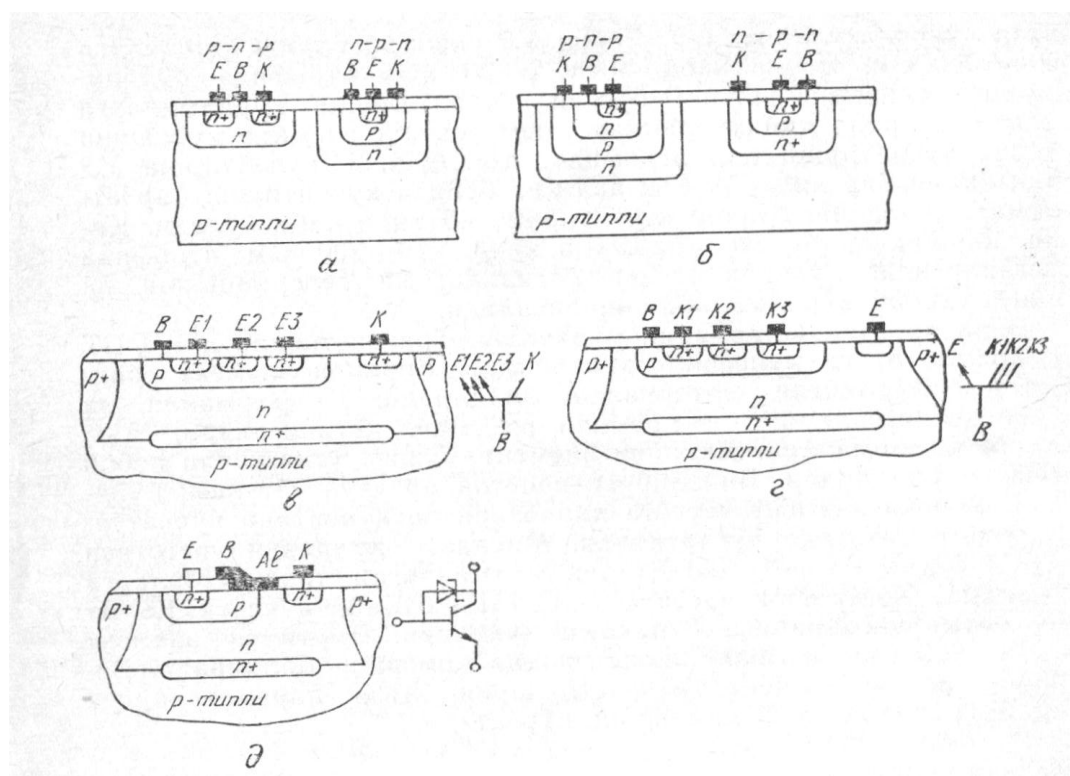
Ҳозирги замон ИС ларида, дискрет схемаларда қўлланилмайдиган махсус $n-p-n$ типли транзисторлар ишлатилади. Буларга кўп эмиттерли ва кўп коллекторли транзисторлар, Шотки тусиғига эга бўлган транзистор ва супер-бета-транзисторларини келтириш мумкин.

Кўп эмиттерли интеграл транзисторнинг тузилиши ва шартли белгиси 2.18-расм, *в* да келтирилган. Бу транзистор асосан рақамли ИС да кенг қўлланилади, у икки ҳолатда; «очик» ва «ёпиқ» ҳолатда ишлашга мўлжалланган. Бунда база ва коллектор ҳамма эмиттер учун умумий ҳисобланади. Шу са-

бабли база ва коллекторга қўйилган маълум кучланишда, эмиттерлар кучланишига қараб баъзилари очик бўлса, баъзилари ёпиқ бўлади

Кўп коллекторли интеграл транзисторнинг тузилиши ва шартли белгиси 2.18- расм, *з* да келтирилган. Унинг тузилиши кўп эмиттерли транзисторлардан унча фарқ қилмайди, фарқи шундаки, у инверсия режимида ишлайди. Шу боисдан n^+ қатлам база соҳасига яқинроқ қилиб ясалади. Бунда n^+ қатлам электронлар инжектори вазифасини ўтайди.

Шотки тўсиғига эга бўлган транзисторнинг тузилиши ва шартли белгиси (2.18- расм, *д* да) келтирилган. Транзистор базасидан алюминийли контакт чиқарилган бўлиб, у коллектор томон чўзилган. Бу контакт коллекторнинг n -соҳаси билан Шотки диодини ҳосил қилади. Натижада транзисторнинг тўйинишига йўл қуйилмайди. Базадаги кучланиш коллектордаги кучланишдан ортиқ бўлганда Шотки диоди очилиб, база ва коллекторни қисқа туташтиради. Шотки диодининг борлиги транзисторнинг ишлаш тезлигини орттиради.



2.18- расм. Интеграл транзисторлар:

а – горизонтал структурали комплементар транзисторлар; *б* – вертикал структурали комплементар транзисторлар; *в* – кўп эмиттерли транзистор; *г* – кўп коллекторли транзистор; *д* – Шотки тўсиғига эга бўлган транзистор

Супербета-транзисторда базанинг ток ўтказиш коэффициента 3000 - 6000 атрофида бўлади. Бундай катта ўтказиш коэффициентига базанинг ўта юпқалиги туфайли эришилади. Шу сабабли электродлардаги кучланиш камроқ қилиб олинади.

Интеграл диодлар – транзистор структураси асосида амалга оширилади, учинчи, ишлатилмайдиган электрод қолган икки электроддан бирига улаб қуйилади. ИС ларда эмиттер база оралиғи диод сифатида ишлатилади.

2.7. Майдон транзисторлари

Майдон транзисторлари деб, электр ўзгартирувчи асбоб бўлиб, затвор ва сток орасига берилган кучланиш қуйилишидан ҳосил бўлган электр майдон орқали канал токи бошқарилади. У электромагнит тебранишлар қувватини кучайтириш учун қўлланилади.

Канал деб, транзисторнинг марказий қисми тушунилади. Каналга асосий заряд ташувчилар кирадиган электрод *исток (кириши) деб*, асосий заряд ташувчилар чиқиб кетадиган электрод *сток (чиқиши) деб* аталади. Каналнинг кўндаланг кесим юзасини ростлаш учун хизмат қиладиган электрод эса *затвор (тўсиқ)* дейилади.

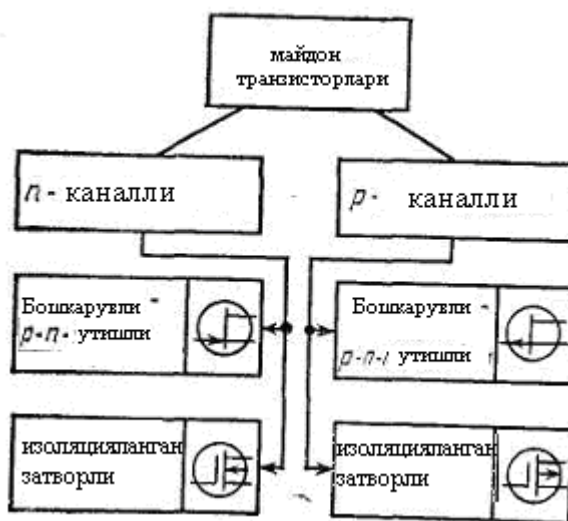
Майдон транзисторларида ток фақат бир хил ишорали заряд ташувчилар ҳаракати натижасида пайдо бўлади. Шунинг учун уларни яна униполяр деб ҳам аталади.

Майдон транзисторлари асосан кремнийдан ясалади ва элементни электр ўтказувчанлигига **p** каналли ва **n** каналли транзисторларга бўлинади.

Майдон транзисторларининг шартли белгиланиши ва турлари қуйида келтирилган.

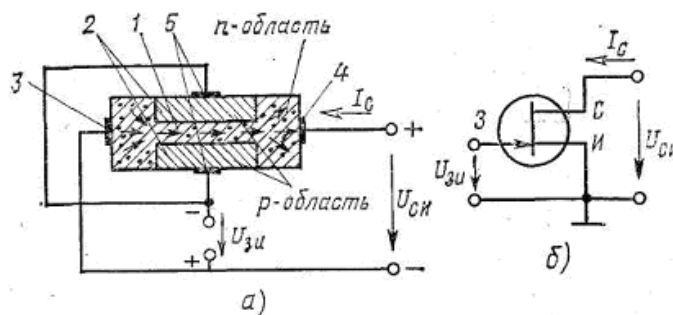
Бошқарувли p-n ўтишли майдон транзистори. Бу затвор (тўсиқ) каналда электр жиҳатдан ёпиқ *p-n* ўтиш билан ажратилган майдон транзисторидир.

n каналли ва бошқаришли p - n ўтишли майдон транзистори уланиш схемаси ва структура схемаси қуйидаги расмда кўрсатилган.



2.19- расм. Майдон транзисторларининг классификацияси ва шартли белгиланиши.

n - каналли транзисторда асосий заряд ташувчи электронлар ҳисобланади. Улар канал бўйлаб кичик потенциалли исток (кириш) дан юқори потенциалли сток (чиқиш)га томон I_c сток токини ҳосил қилиб ҳаракат қилади.



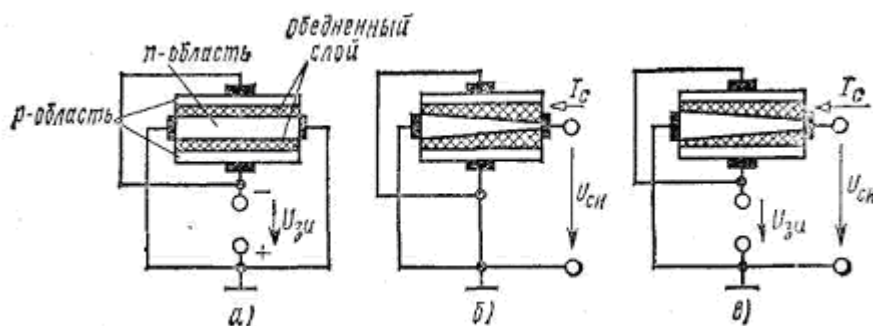
2.20-расм. Биполяр транзисторнинг p - n кўринишдаги затворли схемаси (б) ва структураси (а).

Затвор ва исток оралиғига p - n ўтишни ёпувчи кучланиш берилган. p - n ўтиш каналининг n қисми затворнинг p қисми билан ҳосил қилинган.

Шундай қилиб n -каналли майдон транзисторда берилган кучланишлар қутбланиши қуйидагича: $U_{си} > 0$, $U_{зи} \leq 0$.

p - каналли майдон транзисторида асосий заряд ташувчилар коваллардир. Улар потенциал камайиши йўналишида ҳаракатланади. Шунинг учун берилган кучланиш қутбланиши бошқача бўлиши мумкин. $U_{си} < 0$; $U_{зи} \geq 0$.

n - каналли транзисторларнинг ишлашини кўриб чиқамиз. p - каналли транзисторнинг ишлаш принципага ўхшашдир. 2.21-расмда транзистор электродларига кучланиш берилганда каналнинг қуйидаги кесим юзаси ўзгариши қандай рўй бериши кўрсатилган.



2.21-расм. Транзистор электродларига кучланиш берилганда каналнинг кесим юзаси ўзгариши.

Затвор ва канал орасидаги $p-n$ ўтишга ёпувчи кучланиш берилганда канал чегарасида заряд ташувчилари камайтирилган ва юқори нисбий қаршилигига эга бўлган текис қатлам пайдо бўлади. Бу каналнинг ўтказиши кенгликнинг камайишига олиб келади.

Сток ва исток орасига берилган кучланиш бир текис бўлмаган заряд ташувчилари камайтирилган қатламни ҳосил бўлишига олиб келади, чунки затвор ва канал орасидаги фарқи исток (кириш)дан сток(чиқиш) йўналишига қараб ортиб боради. Каналнинг энг кичик қисми сток яқинида бўлади.

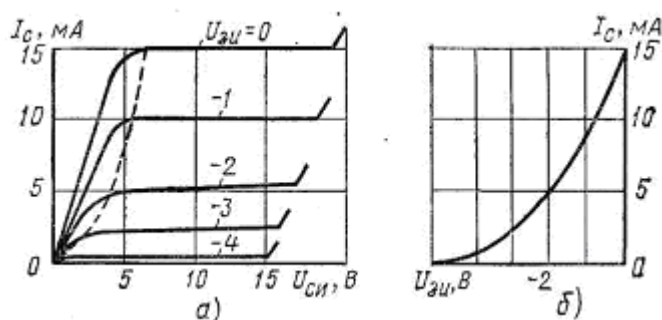
Агар бир вақтнинг ўзида $U_{си} > 0$ ва $U_{зи} < 0$ кучайиши берилса, қатлам қалинлиги ва канал кенглиги юқоридаги иккита кучланиш ўзгаришига қараб аниқланади. Бунда канал кенглигининг минимал қиймати уларнинг йиғиндис билан аниқланади.

$$U_{си} + |U_{зи}| = U_{\bar{en}}$$

Йиғинди ёпиш кучланишига етганда қатламлар бирлашади ва канал қаршилиги кескин ортиб кетади.

Майдон транзисторининг ВАТси 2.22-расмда келтирилган. Бу ерда I_c сток токини U_{cu} кучланишига U_{zu} кучланишнинг доимий қийматидаги боғлиқлиги транзистор чиқиш ёки сток тавсифномасини кўрсатади. Тавсифноманинг бошланиғич қисмида ($U_{cu} + |U_{zu}| = U_{\bar{en}}$) I_c сток токи U_c кучланишнинг ошиши билан ортиб боради. Сток ва исток кучланиши $U_{cu} = U_{\bar{en}} = U_{zu}$ га-ча ортганда канал ёпилади ва $I_{сток}$ ортиши тўхтайди.

Затвор исток оралиғи U_{zu} манфий қиймати канал ёпилиши моментини U_{cu} кучланиш ва I_c токларнинг кичик қиймати томон силжитади. Тўйиниш бўлиши майдон транзистори чиқиш тавсифномаларининг ишчи майдони ҳисобланади.



2.22-расм. Майдон транзисторларнинг ВАТси.

U_{cu} кучланиши ортиб бориши затвор ва канал орасидаги p - n ўтишнинг тешилишига ва транзисторнинг ишдан чиқишига олиб келади. Чиқиш тавсифномаларидан $I_c = f(U_{zu})$ транзисторнинг узатиш тавсифномасини куриш мумкин (2.22-расм, б). Тўйиниш қисмида тавсифномага U_{cu} кучланиш ҳеч қандай боғлиқлиги бўлмайди.

Майдон транзисторининг кириш тавсифномаси I_3 затвордан оқиб чиқаётган токни затвор исток кучланишига боғлиқлиги амалда қўлланилмайди, чунки $U_{zu} \leq 0$ бўлганида затвор ва канал орасидаги p - n ўтиши ёпиқ ва затвор токи жуда кичик ($I_3 = 10^{-8} - 10^{-9}$ А) бўлади. Шунинг учун кўп ҳолларда уни ҳисобга олмаса ҳам бўлади.

Изоляцияланган затвор майдон транзисторининг затвори каналдан ди-электрик жиҳатдан ажратилади. Бу транзисторларда I_3 затворининг оқиб

чикиб кетувчи токининг камайтириш учун металл затворлар ва ярим ўтказгич канал оралиғида диэлектрикнинг юпқа қатлами жойлашган ва $p-n$ ўтиш қатлами ишламайди. Диэлектрик қатлам сифатида асосан оксид кремний элементи қўлланилади. Бундай майдон транзисторларини кўп ҳолларда МДП (МДЯ) металл диэлектрик ярим ўтказгич деб ёки МОП (МОЯ) металл оксид ярим ўтказгич деб аталади.

Бундай транзисторларнинг ВАТси асосан $p-n$ ўтиш кўринишидаги затворли транзистор тавсифномасига ўхшаш, шу вақтнинг ўзида изоляцияланган $U_{zu} > 0$ затвор (тўсиқ) ва исток (кириш) орасидаги кучланишнинг мусбат қийматларида ишлаш имкониятларини беради ва бу қисмда канал кенгайиши ва I_c чиқиш токининг ортиши рўй беради.

Майдон транзисторининг асосий катталиги узатиш тавсифномасининг тенглиги $S = dI_c/dU_{zu}$, $U_{cu} = \text{const}$ ва тўйиниш қисмидаги чиқишнинг дифференциал қаршиликларидир $R_c = dU_{cu}/dI_c$, $U_{zu} = \text{const}$.

Рухсат этилган катталиклари қуйидагилар:

- максимал рухсат этилган кучланишлар $U_{cu, \max}$; $U_{zu, \max}$;
- чиқиш (сток) даги максимал рухсат этилган қувват $P_{c, \max}$;
- чиқишнинг максимал рухсат этилган токи $I_{c, \max}$;

Майдон транзисторларининг асосий катталик қийматлари қуйидаги жадвалда келтирилган.

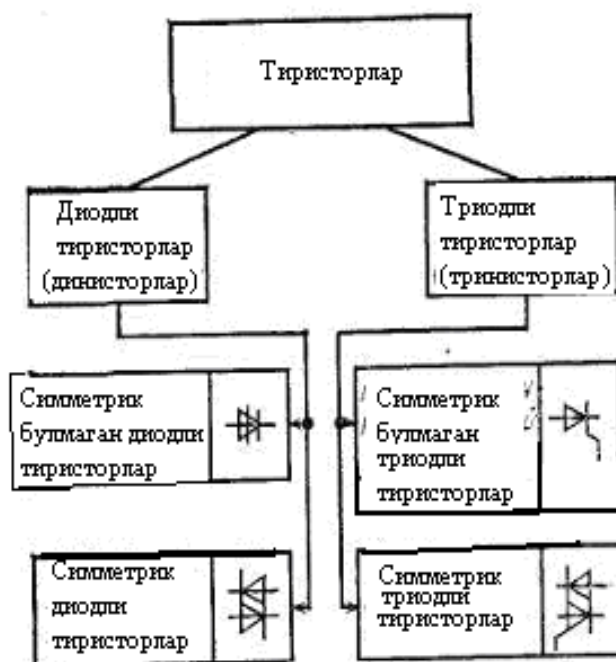
2.2-жадвал

Транзистор типи	Транзистор катталиклари					
	$S, \text{ мА/В}$	$R_c, \text{ МОм}$	$U_{cu, \max}, \text{ В}$	$P_{c, \max}, \text{ Вт}$	$I_{c, \max}, \text{ А}$	$I_z, \text{ А}$
$p-n$ ўтишли	1 – 20	0,1 – 0,5	5 – 100	0,1 – 10	10 – 1000	10^{-8} – 10^{-9}
изоляцияланган затворли	0,5 – 50	0,1 – 0,5	5 – 1000	0,01 – 50	0,1 – 5000	10^{-10} – 10^{-15}

2.8. Тиристорлар

Тиристор деб, ВАТси манфий дифференциал қаршиликли қисмига эга бўлган ва қайта қўшишда қўлланувчи учта (ёки ундан кўп) **p-n** ўтишли ярим ўтказгичли асбобга айтилади. Уни тайёрлашда асосан кремний элементи қўлланилади.

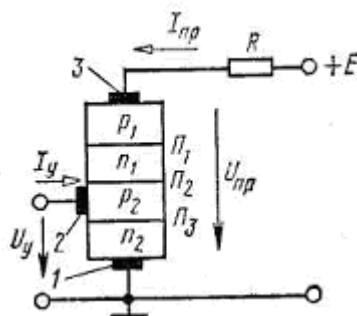
Тиристорлар классификацияси ва шартли белгилари қуйидаги 4.1-расмда келтирилган:



2.23-расм. Тиристорларнинг классификацияси ва шартли белгиланиши.

Иккита чиқишга эга бўлган оддий тиристор диодли тиристордир (диниистор), триодли тиристор (тринистор) қўшимча учинчи (бошқарувчи) электродга эга.

Диодли ва триодли тиристорлар учта **p-n** ўтишли P_1 , P_2 , P_3 тўрт қатламли структурага (тузилишга) эга.



2.24 – расм. Триодли тиристорнинг структураси.

Манба кучланиши тиристорга шундай тартибда бериладики, бунда Π_1 ва Π_3 ўтишлар очик ҳолатда, Π_2 ўтиш эса ёпиқ ҳолда бўлади. Очик ўтишларнинг қаршиликлари жуда кичик, шунинг учун манба кучланишининг U_{np} барчаси юқори қаршиликка эга бўлган ёпиқ ўтиш Π_2 га қуйилган бўлади.

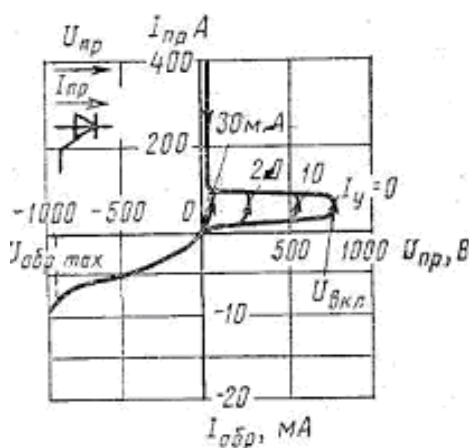
Шундан кўринадики тиристор токи кичик манба кучланиши U_{np} ортганда (E_A манба ЭЮКни орттириш билан амалга оширилади). Тиристор токи $U_{вкл}$ кучланишига тенг бўлган критик қийматларга етгунча қадар жуда кам миқдорга ортади.

Критик қийматга етганда (кўчки-сифат) заряд ташувчилар сони $\Pi_2 = p-n$ ўтишда электрон ва ковакларни ҳаракатлари ҳисобига кескин ошиб кетади. Заряд ташувчилар сони ортиши билан ток тез ортади, чунки n_2 қатламдаги электронлар ва p_1 қатламдаги коваклар p_2 ва n_1 қатламларга қараб ҳаракатланади ва уларни асосий бўлмаган заряд ташувчилар билан тўйинтиради. R қаршиликда кучланиш ортади, тиристорда эса камаяди.

Тешилишдан кейин тиристордаги кучланиш 0,5-1 В гача камаяди. E_a манбанинг ЭЮКни ортиш ёки камайиш R қаршилиги камайиши билан ВАТни вертикал қисмига асосан асбобдаги ток ортади. Бундай тешилиш Π_2 ўтишнинг бузилишига олиб келмайди. Токнинг камайиши билан ўтишнинг юқори қаршилиги тикланади (ВАТсининг пастки қисми).

Манба кучланишини олгандан ўтишнинг қаршилигини тикланиш вақти 10-30 мс ни ташкил қилади.

Токнинг кўчкили ошишга олиб келувчи $U_{кўш(вкл)}$ кучланишни камайтириш Π_2 ўтишдаги бирор қатламга асосий бўлмаган заряд ташувчиларни киритиш билан амалга ошириш мумкин.



2.25-расм. Триодли тиристорнинг ВАТси.

Бу қўшимча заряд ташувчилар ўтиш вақтини оширади, бунинг оқибатида ($U_{қўш}$) қўшиш кучланиши камаяди.

2.24 – расмда кўрсатилган тиристорда қўшимча заряд ташувчилар p_2 қатламга киритилади. Бу зарядлар мустақил кучланиш манбасидан олувчи ёрдамчи занжир ёрдамида киритилади.

Юқоридаги занжирдан бериладиган ток бошқариш токи дейилади ва унинг таъсирида ўтиш кучланиши ўзгариши 2.24-расмда кўрсатилган.

Триодли тиристорнинг асосий катталиги бошқариш очиш токи $I_{б.қўш}$ – бошқарувчи электрод токидир. Бу катталик тиристорни очик ҳолатга қайта қўшишни таъминлайди.

2.24-расмдан кўринадики, тиристорга тескари кучланиш берилганда унда кичик ток ҳосил бўлади, чунки бу ҳолатда Π_1 ва Π_3 ўтишлар ёпиқдир. Тескари йўналишда тиристорни тешилишдан сақлаш учун (ўтиш иссиқлик тешилишидан тиристор ишдан чиқади) тескари кучланиш $U_{тес.мах}$ дан кичик бўлиши шарт.

Симметрик диодли ва триодли тиристорларда тавсифномаси тескари шахоби тўғриси билан мос тушади. Бунга иккита 4 қатламли тиристорни қарама-қарши параллел қўшилиши билан ёки 4 та p-n ўтишли 5 қатламли махсус тиристорларни қўллаш билан эришилади.

Ҳозирги пайтда 2000 А гача токларни ва қўшиш кучланиши $U_{қўш} = 4000$ В бўлган тиристорлар ишлаб чиқарилмоқда.

Тўғрилагич хусусиятига эга бўлган, бошқариладиган қайта улагич каби тиристорлар бошқаришли тўғрилагичларда, инвенторда, коммутацион асбобларда кенг қўлланилади.

2.9. Ярим ўтказгич асбобларни белгиланиш тизими ва умумтехник ва иқтисодий тавсифномалари

Ярим ўтказгич асбобларни умумтехник ва иқтисодий тавсифномасига оғирлик, механик мустаҳкамлиги, иссиқликка чидамлилиги, аниқ ишлаши киради. Бу катталикларни кўриб чиқамиз.

Оғирлик. Ярим ўтказгичли асбобларни оғирлиги асосан корпус ва чикишлар оғирлиги билан аниқланади ва катта бўлмайди. Кам қувватли корпуссиз асбобларни оғирлиги 0,01-0,1 г ни, металл корпусга жойлаштирилганларининг эса 1-10 г ни ташкил этади. Фақат катта қувватли диодлар, транзисторлар йиғилмалари ва тиристорларнинг оғирлиги 0,1-0,5 кг га тенгдир.

Механик мустаҳкамлик. Ярим ўтказгич асбобларнинг мустаҳкамлиги юқоридир. Уларнинг кўпчилиги тебранишли тезланишга (10-100д), тезланиш билан бўлган зарбаларга (50-500 д) чидайдди.

Ишчи ҳарорати. Германийли асбобларда ишчи ҳарорат қиймати – $40 \div 60$ дан $+60 \div +80^{\circ}\text{C}$ гача бўлади. Кремнийли асбобларда эса $100 \div 150^{\circ}\text{C}$ гача етиши мумкин.

Узоқ вақт ишлаши (пухталиги). Тўғри эксплуатация қилинганда 10^5 - 10^7 соатга тенг.

Босим. Ҳаво босими $7 \cdot 10^2 - 3 \cdot 10^{-5}$ Па бўлганда кўпчилик асбоблар ишончли ишлайди.

Барча ярим ўтказгичли асбоблар ҳарф-сонли код билан белгиланади:

Биринчи элемент ясалган ярим ўтказгич материални белгилайди, масалан, германий *Г* ёки 1, кремний *К* ёки 2, галлий аралашмаси *А* ёки 3 ва ҳоказо.

Иккинчи элемент ҳарфли – асбоб классини белгилайди, масалан, биполяр транзисторлар – Т, майдон транзисторлар – П, тўғрилагич диодлар – Д,

тўғрилагич устунлари ва блоклар – Ш, ўта юқори частотали диодлар – А, варакаплар – В, туннел диодлари – И, стабилитронлар – С, диодли тиристорлар 10 А гача – Н, триодли тиристорлар 10А гача У ва ҳоказо.

Учинчи элемент 1 – 99 гача сонлар асбобнинг асосий катталикларини белгилайди (қувват, частота, асосий қўлланилиши).

Тўртинчи элемент – 01 дан 99 гача сонлар ишлаб чиқариш рақамини кўрсатади.

Бешинчи элемент рус алфавитининг А дан Я гача ҳарфлари – технологик турларни параметрик гуруҳларга бўлинишини кўрсатади, масалан, тескари кучланиш, ток узатиш коэффиценти бўйича ва ҳоказо.

ГТ308В – германийли (Г), транзистор (Т), юқори частотали кам қувватли (3), ишлаб чиқариш рақами 08, база токини узатиш коэффиценти 50-120 (В).

КД202Р – кремнийли (К), тўғрилагичли диод (Д), ўрта қувватли (2), ишлаб чиқариш рақами 02, максимал рухсат этилган тескари кучланиши 600 В (Р).

2.10. Фотоэлектрик асбоблар

Фотоэлектрон асбоб деб – оптик нурланиш энергиясини электр энергиясига ўзгартирувчи асбобларга айтилади. Оптик нурларга ультрабинафша нурлар, кўзга кўринадаган нурлар ва 10 нм дан 0,1 нм гача тўлқин узунлигига эга бўлган инфрақизил нурлар киради.

Фотоэлектрон асбобларни ишлаши фотоэффект ҳодисасига асосланган бўлиб, улар иккига бўлинади: ички ва ташқи.

Ички фотоэффект – нурланиш натижасида элементлардаги электронларни уйғотиш, яъни уларнинг юқори сатҳларига кўтарилиши. Бунинг натижасида заряд ташувчилар концентрацияси ва элементнинг электр хусусияти ўзгаради. Металларда ички фотоэффект ҳодисаси кузатилмайди. У фақат ярим ўказгичгагина тааллуқли.

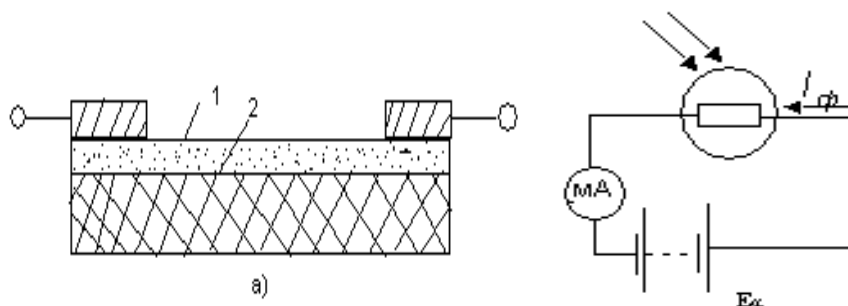
Ички фотоэффект бир жинсли ярим ўтказгичларда электр ўтказувчанлик ўзгариши ва бир жинсли бўлмаган ярим ўтказгичларда электр юритувчи куч

ҳосил бўлиши билан кузатилади. Бу фоторезисторларда, фотодиодларда, фототранзисторларда ва бошқа фотоэлектрик асбобларда қўлланилади.

Ташқи фоттоэфект – фотоэлектрон эмиссия бўлиб, яъни нурланиш таъсирида электронларни элемент ташқарисига чиқишидир. Фотоэлектрон эмиссия катта ёки кичик миқдорда барча элементларда содир бўлиши мумкин. Ташқи фоттоэфект вакуум ва газ зарядли фотоэлектронларда, ҳамда фотоэлектрон кучайтиргичларда қўлланилади.

Фоторезистор – ярим ўтказгичли фотоэлектрик асбоб бўлиб, бунда фотоўтказувчанлик ҳодисаси қўлланилади, яъни оптик нурланиш таъсирида ярим ўтказгични электр ўтказувчанлиги ўзгаради.

Фоторезистор тузилиши қуйидаги 2.25-расмда кўрсатилган.



2.25-расм. Фоторезисторнинг тузилиши ва уланиш схемаси.

1 – плёнка ёки пластина, 2 – диэлектрик материал.

Асосий катталиклари:

Сезгирлиги – $S_i = I_\phi / \Phi$, 20 А/лм га тенг бўлиши мумкин.

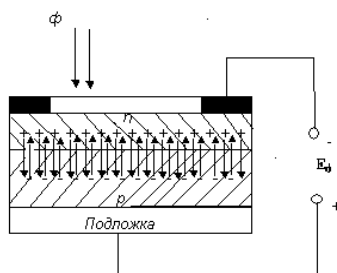
Қоронғулик қаршилиги – ёритилмаган фоторезисторларнинг қаршилиги қиймати тенг диапазонга эга $R_\phi = 10^2 \div 10^9 \text{ Ом}$.

Ишчи кучланиши – ишчи кучланиш қиймати фоторезистор ўлчамларига боғлиқ, яъни электронлар орасидаги масофага боғлиқ равишда 1 – 1000 В га-ча танланади.

Шуни таъкидлаш керакки, фоторезисторлар катталиклари ҳароратга боғлиқдир.

Фоторезисторлар афзаллиги: юқори сезгирлиги, нурланишнинг инфрақизил қисмида қўллаш мумкинлиги, ўлчамлари кичиклиги ва доимий ток ва ўзгарувчан ток занжирларида қўллаш мумкинлиги.

Фотодиод деб, ярим ўтказгичли фотоэлемент асбоб бўлиб, битта электрон-ковакли ўтишга ва иккита чиқишга эгадир. Фотодиодлар икки хил режимда ишлаши мумкин: 1) ташқи электр энергия манбаисиз (фотогенератор режимида); 2) ташқи электр энергия манбаи ёрдамида (фотоўзгартгич режимида).



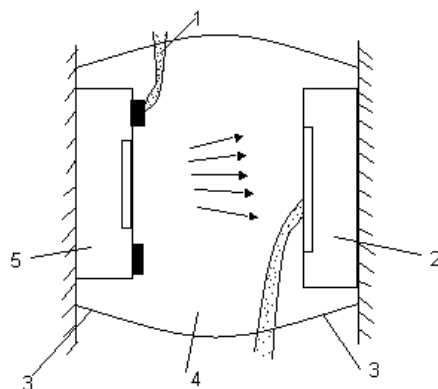
2.26 – расм. Фотодиоднинг тузилиши

Оптоэлектрон асбоб деб, электр сигналини оптик сигналга (нур энергияси) ўзгартирувчи, бу энергияни индекаторларга ёки фотоэлектрик ўзгарткичларга узатувчи асбобларга айтилади.

Кўп тарқалган оптоэлектрон асбоблардан бири оптрондир. Оptrон нурланиш манбаси ва қабул қилгичдан тузилган бўлади. Бу иккаласи бир корпусга жойлаштирилган ва бир-бири билан оптик ва электр боғлиқликка эга бўлади. Электрон қурилмаларни оптронлар алоқа элементи функциясини бажаради, бунда маълумот оптик нурлар орқали узатилади. Бунинг ҳисобига галваник боғланиш бўлмайди ва электрон ускуналарга салбий таъсир этувчи қайта боғланишлар бўлмайди.

Оптронлар маълумот тўплаш ва сақлаш қурилмаларида, регисторларда ва ҳисоблаш техникаси қурилмаларида қўлланилади.

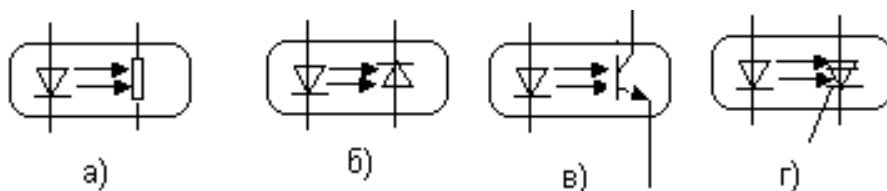
Замонавий оптоэлектронларда нур чиқарувчи сифатида светодиодлар, фотоқабулқилгич сифатида эса фоторезисторлар, фототиристорлар қўлланилади.



2.27 - расм. Оптроннинг тузилиши.

1- чиқишлар, 2- фотоқабулқилгич, 3-корпус, 4-оптик муҳит, 5-светодиод

Қўлланилган фотоқабулқилгич турига қараб оптронлар – фоторезисторли, фотодиодли, фототранзисторли ва фототиристорлиларга бўлинади.



2.28 - расм. Оптронларнинг шартли график белгиланиши

а) резисторли; б) диодли; в) фототранзисторли г) фототиристорли

Фотоэлектрик асбобларни белгилаш тизими:

Фотоэлектрон асбоблар ҳарф-сонли код билан белгиланади:

Биринчи элемент ҳарфлар – асбоб гуруҳини билдиради; ФР– фоторезисторлар, ФД–фотодиодлар;

Иккинчи элемент ҳарфлар – асбобни тайёрланган материаллини кўрсатади; ГО – германий, ГБ – германий, легирланган бром; ГЗ – германий легирланган олтингугурт билан; ГК – германий-кремнийли бирикма; К-кремний; КГ – кремний легирланган галлийли; РГ- арсенид галлий ва ҳоказо.

Учинчи элемент – 001 дан 999 гача сонлар ишлаб чиқариш номери;

Тўртинчи элемент – ҳарф, ярим ўтказгич фотоасбоблар гуруҳини белгилайди; У-Униполяр фоторезистор, Б – биполяр фоторезисторлар, Л – кўчкили фотодиодлар.

ФДГЗ – 001К – фотодиод, германийли, легирланган олтинли, ишлаб чиқарилган номери – 001.

Оптоэлектрон ускуналари ҳисоблаш техникасида, автоматикада, назорат-ўлчов ускуналарида кенг қўлланилади.

Боб бўйича саволлар

1. Ярим ўтказгичларнинг электр ўтказувчанлиги.
2. Аралашмали электр ўтказувчанлик
3. Ярим ўтказгичли асбоб таърифи ва унинг классификацияси.
4. Ярим ўтказгичли қаршиликлар ва уларнинг тавсифномалари.
5. Ярим ўтказгичли диодлар ва уларнинг тавсифномалари.
6. Ярим ўтказгичли диодларнинг классификацияси.
7. Биполяр транзисторлар ва уларнинг классификацияси.
8. Биполяр транзисторнинг ВАТси ва уларнинг h-катталиклари.
9. Майдон транзистори таърифи, ишлаш принципи ва классификацияси.
10. Майдон транзисторларининг тавсифномалари.
11. Тиристор ва унинг классификацияси, тавсифномалари, параметрлари.
12. Фотозлектрон асбоблар таърифи ва фотоэффект ҳодисасини тушунтиринг.
13. Фоторезисторлар, уларнинг тузилиши ва катталиклари.
14. Оптоэлектрон асбоблар ва уларнинг белгиланиш тизимини тушунтиринг.

III – боб. Ярим ўтказгичли асбоблар ва ускуналар

3.1.1. Бир ва уч фазали тўғирлагичлар

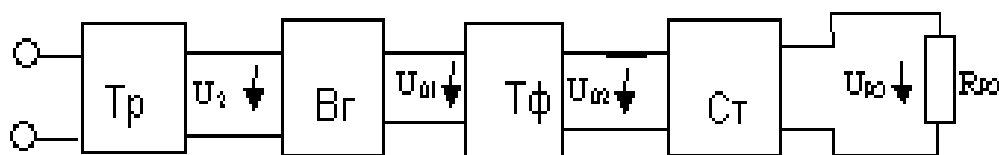
Керакли турдаги электр энергияни олиш учун кўп ҳолларда ўзгарувчан ток энергиясини ўзгармас ток энергиясига (тўғрилаш), ўзгармас ток энергиясини ўзгарувчан ток энергиясига (инвенторлаш) ўзгартириш керак бўлади.

Тўғрилашни тўғрилагич ёрдамида, инвенторлашни инвентор ёрдамида амалга оширилади. Тўғрилагич ва инвентор иккиламчи электр манбаи ҳисо-

бланади. Тўғрилагичлар *бошқариладиган* ва *бошқарилмайдиган* бўлади. Бошқарилмайдиган тўғрилагичлар ёрдамида чиқишда тўғриланган (доимий) қийматдаги кучланиш олинади. Бошқариладиган тўғрилагичлар тўғриланган ток ёки кучланиш қийматини ўзгартириш эҳтиёжи бўлганда қўлланилади.

Бирламчи манбанинг фазалар сонига қараб (ўзгарувчан ток манбаси) тўғрилагичлар *бир фазали* ва *кўп фазали* (уч фазали) бўлади. Кам ва ўрта қувватли тўғрилагичлар бир фазали, катта қувватли тўғрилагичлар эса уч фазали бўлади. Тўғриланган кучланиш шаклига қараб тўғрилагичлар бир *ярим даврли* ва *икки ярим даврли* тўғрилагичларга бўлинади. Тўғрилагичлар ишига юкламанинг тури сезиларли даражада таъсир кўрсатади. Тўрт хил асосий юклама тури мавжуд: актив, актив-индуктивли, актив-сиғимли ва ЭЮК га тескари.

Кам қувватли тўғрилагичлар актив ва актив-сиғимли юкламага ишлайди, ўрта ва юқори қувватли тўғрилагичлар актив-индуктив юкламани таъминлайди. ЭЮК га тескари юкламани тўғрилагичлар доимий ток мотори ёки аккумуляторларни зарядланганда таъминлайди. Бир фазали тўғрилагичларнинг структура схемаси қуйидаги 3.1-расмда келтирилган.



3.1-расм. Бир фазали тўғрилаш ускунасининг структура схемаси

Тўғрилагич киришига U_1 ўзгарувчан кучланиш берилади, трансформатор транзистори ёрдамида керакли бўлган қийматгача U_2 га ўзгартирилади. Ундан ташқари трансформаторнинг иккиламчи чўлғамидан ҳар хил қийматдаги кучланишлар олиш мумкин. Трансфарматордан кейин U_2 кучланиш ВГ винтел гуруҳи ёрдамида U_{01} пульсацияланувчи кучланишга ўзгартирилади. Винтеллар сони тўғрилагич схемасига боғлиқ бўлади.

U_{01} тўғриланган кучланишда доимий катталикдан ташқари ўзгарувчан катталик мавжуд, булар тўғриловчи филтрлар ТФ ёрдамида керакли сатҳга-

ча камайтиради-ки, бунда филтрдан чиққан кучланиш U_{02} жуда кичик пульсацияга эга бўлади.

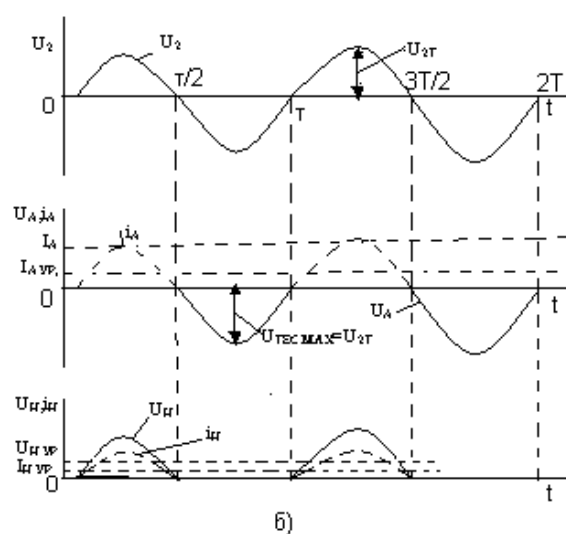
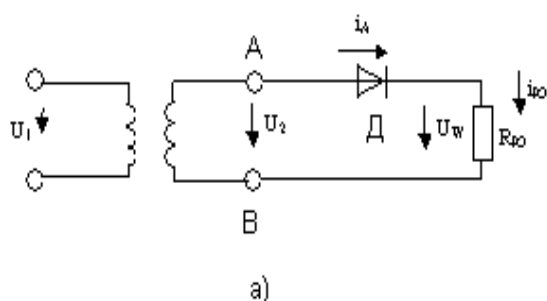
Филтрдан кейин ўрнатилган стабилизатор C_m $R_{Ю}$ юкламадаги $U_{Ю}$ кучланишни ўзгармас қилиб ушлаб туради.

Тўғрилагич ускуналарига қўйиладиган талабга ва иш шароитига қараб, ускунанинг алоҳида блоклари мавжуд бўлмаслиги мумкин. Масалан, агар манба кучланиши талаб қилинаётган кучланишга мос тушса, трансформатор керак бўлмайди, алоҳида бир вазиятларда – доимий кучланиш стабилизатори керак бўлмайди.

Бир фазали ўзгарувчан кучланишни тўғрилаш учун уч турдаги тўғрилагичлар кенг қўлланилади: бир ярим даврли ва иккита икки ярим даврли.

Бир ярим даврли тўғрилагич системаси 3.2, а- расмда келтирилган. Тўғрилагич трансформатордан ташкил топган, унинг иккиламчи чўлғамига D диод ва $R_{Ю}$ юклама қаршилиги кетма-кет уланган.

Тўғрилагич ишини вақт диаграммаси ёрдамида (3.2, б- расмда) кўриб чиқиш қулай. Биринчи ярим даврда, $0 - T/2$ вақт оралиғида диод очик, трансформатор иккиламчи чўлғамида $I_{Ю}$ токи ҳосил бўлади. $T/2 - T$ оралиғида диод ёпиқ, юклама токи мавжуд эмас, ёпиқ диодга эса U_2 тескари кучланиш таъсир этади.



3.2- расм. Бир ярим даврли тўғрилагичнинг схемаси (а), кучланиш ва ток кучларининг вақт диаграммалари.

Бир ярим даврли тўғрилагичларнинг асосий электр катталиклар қуйидагилар:

- тўғриланган ток ва кучланишнинг ўртача қиймати $I_{ю.ўрт.}$ ва $U_{ю.ўрт.}$.

- юклама ускунасининг қуввати: $P_{ю.ўрт.} = U_{ю.ўрт.} \cdot I_{ю.ўрт.}$.

- тўғриланган кучланишнинг пульсация коэффиценти:

$$K_n = U_{асос.м}/U_{Юю.ўрт.}$$

- трансформаторнинг бирламчи ва иккиламчи чўлғамларидаги кучланиш ва токларнинг амалдаги қийматлари I_1 ; U_1 ва I_2 ; U_2 .

трансформаторнинг намунавий қуввати $S_{mp} = 0,5(S_1 + S_2)$, бу ерда $S_1 = U_1 I_1$; $S_2 = U_2 I_2$.

- ФИК $\eta = P_{ю.ўрт.}/(R_{ю.ўрт.} + P_{тр} + P_{\delta})$, бу ерда $P_{тр}$ -трансформатордаги йўқотишлар, P_{δ} — диодлардаги йўқотишлар.

Бир ярим даврли тўғрилагичнинг асосий *афзаллиги* унинг оддийлиги (соддалиги) дир.

Камчилиги: пульсация коэффиценти юқори, тўғриланган ток ва кучланишнинг қийматларининг кичиклиги.

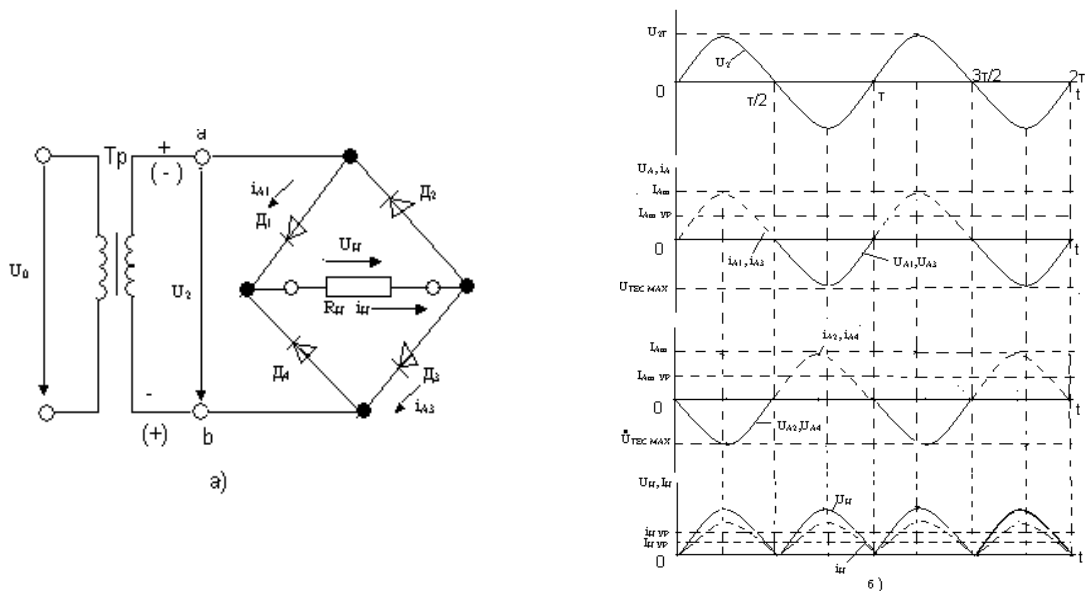
Бир ярим даврли тўғрилагичларни юқори пульсациялиси рухсат этилган юқори юкламали ускуналарга манба сифатида қўлланилади. Уларнинг қуввати 10-15 Вт дан юқори бўлмаслиги керак.

Икки ярим даврли тўғрилагичларнинг икки тури мавжуд: кўприк схемали ва ўрта нуқтаси трансформаторнинг иккинчи чўлғамига чиқарилган схемали.

Бундай туўғрилагичлар юқори қувватли ҳисобланади. Улар бир ярим даврли тўғрилагичларда мавжуд бўлган камчиликлардан ҳолидир, шу билан биргаликда улар юқори ФИК га эга. Бунга икки ярим даврли тўғрилагичларни мураккаблаштириш ҳисобига эришилади.

Икки ярим даврли кўприк схемали тўғрилагичлар энг кўп қўлланиладиган схемадир. У трансформатор ва трансформаторнинг

иккиламчи чўлғамига кўприк схема бўйича уланган тўртта диодлардан ташкил топган. Кўприк схеманинг бита диоганалига трансформаторнинг иккиламчи чўлғами, иккинчи диоганалига эса R_U қаршилиги уланади. Диодларнинг ҳар бир жуфти (D_1, D_3 ва D_2, D_4) навбат билан ишлайди (3.3-расм).

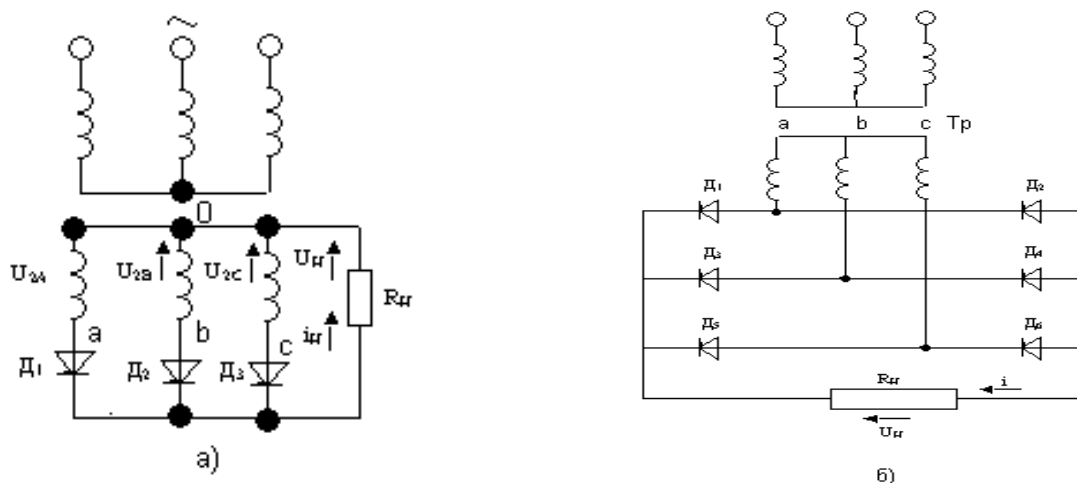


3.3-расм. Кўприк схемали тўғрилагичнинг схемаси (а) ва ток ва кучланишларнинг вақт диаграммалари.

Трансформаторнинг иккиламчи чўлғамидаги U_2 кучланиш ярим даврда ($0-T/2$ вақт оралиғида) D_1, D_2 диодлар очик, бунда А нукта потенциали Б нукта потенциалидан юқори бўлади. $R_{ю}$ юклама қаршилигида $i_{ю}$ ток ҳосил бўлади. Бу ораликда D_2, D_4 диодлар ёпиқ бўлади.

Кучланишнинг кейинги даврида ($T/2-T$ вақт оралиғида) Б нукта потенциали А нукта потенциалидан юқори бўлади, D_2, D_4 диодлар ёпиқ бўлади. Иккала ярим даврларда 3.3 -расмдан кўринадики, $R_{ю}$ қаршиликдан ўтаётган ток бир хил бўлади.

Уч фазали тўғрилагичлар ўрта ва юқори қувватли юклама ускуналарини таъминлаш блоки сифатида қўлланилади. Уларнинг икки хил турлари мавжуд: *нейтрал чиқишли* ва *кўприк схемали*.



3.4- расм. Нейтрал чиқишли (а) кўприк схемали уч фазали тўғрилагичларнинг схемалари (б)

3.1.2. Бошқариладиган тўғрилагичлар

Тўғрилагичлардан кўпайтиргичларда тўғриланган кучланиш қийматини ўзгартириш талаб қилинади. Тўғирланган кучланишни ўзгарувчан кучланиш занжирида ҳам ёки ўзгармас кучланиш занжирида ҳам бажариш мумкин. Ўзгарувчан кучланиш занжирида бошқаришда махсус ростлаш трансформаторлари (автотрансформаторлар), реостатлар ёки потенциометрлар қўлланилади. Лекин бу услубга нисбатан содда бўлиб, ФИКка боғлиқ бўлган сезиларли камчиликка эгадир. Бундай ростлагичлар катта массага, ўлчамларга эга қийматдир.

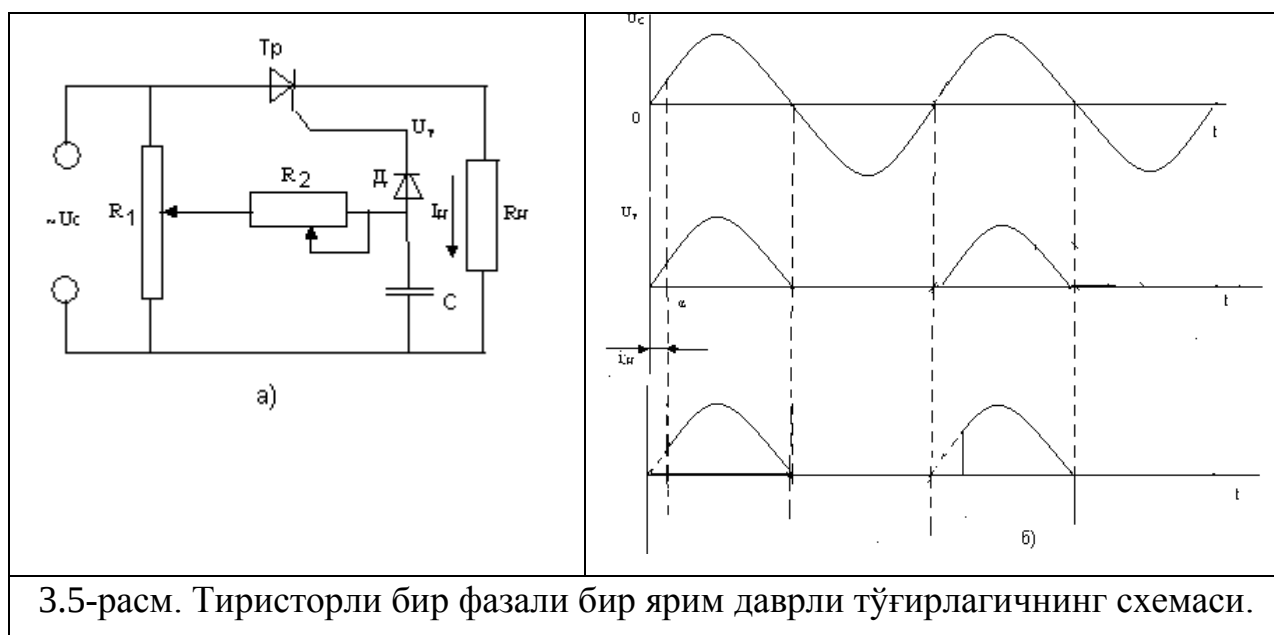
Кенг тарқалган қулай бошқариш услуби бўлиб, тўғирланган кучланишни тўғирлаш жараёнида бошқариш усули ҳисобланади. Бу бошқариладиган тўғирлаш деб юритилади.

Кучланишни тўғирлашни тўғирланган кучланишни бошқариш билан бирга олиб борадиган тўғирлагичлар бошқарувчи тўғрилагичлар дейилади.

Замонавий бошқарувчи тўғирлагичларда асосий элемент бўлиб тиристор ҳисобланади.

3.5-расмда тиристорли бир фазали бир ярим даврли тўғрилагичнинг оддий схемаси келтирилган. Бошқариладиган тўғрилагичда кучланишни

бошқарилиши тиристорни қўшилиш вақт моментини бошқаришга тўғри келтирилади.



3.5-расм. Тиристорли бир фазали бир ярим даврли тўғирлагичнинг схемаси.

3.2. Фильтрлар

3.2.1. Фильтрларнинг турлари ва параметрлари

Текис фильтр деб тўғриланган токни пульсациясини камайтириш учун қўлланиладиган ускунага айтилади.

Юқорида кўриб чиқилган тўғрилагичларнинг пульсация коэффициентлари қуйидаги қийматларга эга:

- бир ярим даврли бир фазали тўғрилагич – 1,57;
- икки ярим даврли бир фазали тўғрилагич – 0,67;
- уч фазали нейтрал чиқишли тўғрилагич – 0,25;
- уч фазали кўприк схемали тўғрилагич – 0,057.

Бундай пульсация коэффициентлари билан кучланишни қўллаш мумкин эмас, чунки бунда электрон блоklar ва ускуналарнинг иши ёмонлашади. Электрон блоklarнинг қўлланилишига (кучайтиргич, генератор ва ҳ.к.) ва электрон ускуна ва тизимдаги жойига (кириш, чиқиш ва ҳ.к.) қараб кучланишнинг пульсация коэффициенти алоҳида қийматлардан ошмаслиги керак.

Масалан, автоматик тизимлар асосий каскадлари учун $10^{-2} - 10^{-3}$ дан, чиқишдаги кучайтириш каскадлари учун $10^{-5} - 10^{-6}$ дан, электрон ўлчов ускуналарининг киришдаги каскадлари учун $10^{-6} - 10^{-7}$ дан ошмаслиги керак.

Текисловчи фильтрларнинг асосий элементи бўлиб қаршиликлари доимий ва ўзгарувчан тоқлар учун ҳар хил бўлган конденсаторлар, индуктив ғалтаклар ва транзисторлар ҳисобланади.

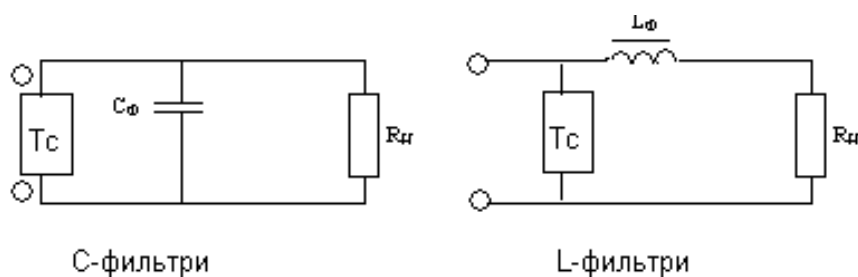
Ўзгармас тоқ учун конденсатор қаршилиги чексиз қийматга эга, индуктив ғалтак қаршилиги эса жуда кичик. Транзисторнинг доимий тоқ бўйича (статик қаршилиги) қаршилиги ўзгарувчан тоқ бўйича (динамик) қаршилигидан икки уч поғона камдир.

Текисловчи фильтрларнинг ишлаш эффективлигини кўрсатувчи асосий катталиги *текислаш коэффиценти* ҳисобланиб, у фильтр киришдаги пульсация коэффиценти чикишдаги пульсация коэффицентиға нисбатига тенг:

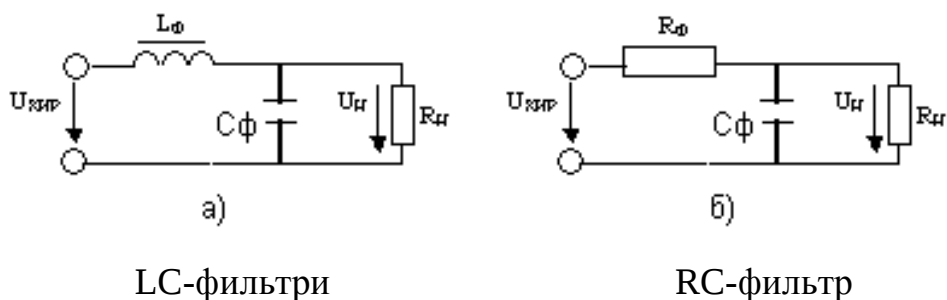
$$q = P_{\text{кир}} / P_{\text{чик}}.$$

Бундан ташқари фильтрлар элементларда доимий тоқни минимал йўқотиши керак, кичик ўлчамларга эга бўлиши ва арзон бўлиши керак.

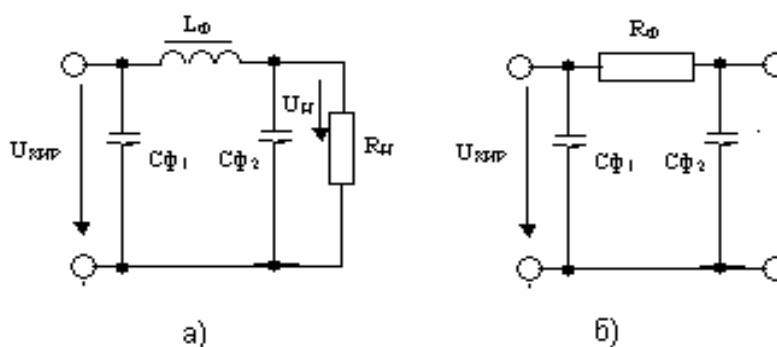
Фильтрланаётган элемент туриға қараб фильтрлар сиғимли, индуктив ва электронли бўлади. Фильтрланаётган звенолар сонига қараб фильтрлар *бир звеноли* ва *кўп звеноли* бўлади.



3.6 – расм. Сиғимли фильтрларнинг схемаси.



3.7 - расм. Г-симон филтърларнинг схемаси.



LC-филтър

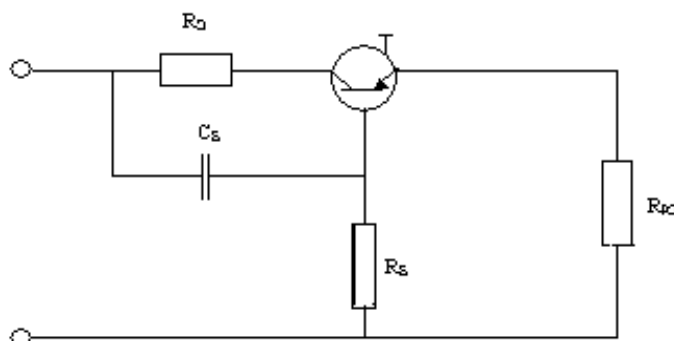
RC- филтър

3.8. расм. П-симон филтърларнинг схемаси.

Электрон филтърлар. Охирги пайтларда кўпроқ электрон филтърлар қўлланилмоқда. Бу филтърларда индуктив ғалтак ўрнида транзисторлар қўлланилади. Бу ўзгариш тўғрилагичга ва қоплама ускунаси сиғимиغا салбий таъсир кўрсатувчи ўтиш жараёнини йўқ қилади, филтър ўлчамлари, оғирлиги камаяди ва тўғрилагич қиймати арзонлашади.

Электрон филтърларига трансформаторни икки хил усулда уланади: кетма-кет ва параллел.

Электрон филтърлар пульсацияни тахминан 3-5 марта камайтиради. Транзисторларнинг кетма-кет уланиши юқори чиқиш кучланишига (300-400В) бўлган тўғрилагич характерлидир. Параллел улашни чиқиш кучланиши бир неча ўн вольтдан ошмайдиган кичик чиқиш кучланишларда амалга оширилади.



3.9 - расм. Кетма-кет схемали электрон филтър.

ИМСлар пайдо бўлгандан кейин, микросхемали филтърлар қўлланила бошлади.

Электр филтърлари мураккаб сигналлар орасидан маълум частоталар оралиғига эга бўлган сигналларни ажратиб олиш, белгиланган частоталар оралиғидаги сигналларни бартараф қилиш ва шунга ўхшаш вазифаларни бажаради.

Филтърларнинг асосий параметрларидан бири $A = F(\omega)$, яъни сигнал амплитудасининг частотага боғлиқлик графигидир. Лекин кўпинча амплитуда ўрнига частота ўтказиш коэффициентининг частотага боғлиқлиги олиб кўрилади.

Филтърнинг частота ўтказиш полосаси дейилганда, ўтказиш коэффициента маълум бир белгиланган $K_u(j\omega)$ қийматдан катта бўлган частоталарни ўз ичига олган оралиқ тушунилади.

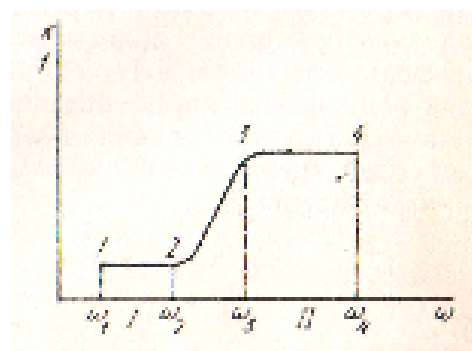
Филтърнинг частотани тўсиш полосаси дейилганда, филтърнинг ўтказиш коэффициента маълум бир белгиланган қийматдан кичик бўлган частоталарни ўз ичига олган оралиқ тушунилади.

Идеал филтърларда ўтказувчи полосада $K_u(j\omega) = 1$, тўсувчи полосада эса, $K_u(j\omega) = 0$ бўлиши керак.

Ўтказувчи полоса ва тўсувчи полосаларни ўзаро ажратувчи частота қирқиш частотаси дейилади.

Реал филтърларда $0 < K_u(j\omega) < 1$ бўлганлигидан ўтказувчи ва тўсувчи полосалар орасидаги чегара кескин ўзгармасдан, балки бир қийматдан иккинчи қийматга бир текисда ўзгариб ўтади. Мисол тариқасида 3.10 - расмда ўтказувчи ва тўсувчи полосалар келтирилган. Бунда ω_2 – тўсувчи полосани қирқиш частотаси, ω_3 – ўтказувчи полосанинг қирқиш частотаси деб юритилади.

Ҳозирги замон радиоэлектрон филтърлари *пассив* ёки *актив* элементдан иборат бўлади. Пассив филтърларда R , $-L$, $-C$ – пассив элементлар бўлади. Актив филтърлар таркибида R , $-L$, $-C$ – лардан ташқари актив элементлар – транзисторлар, интеграл микросхема-



3.10 - филтър частота тавсифномаси:

лар, кучайтиргичлар ёки махсус ас-
боблар бўлади.

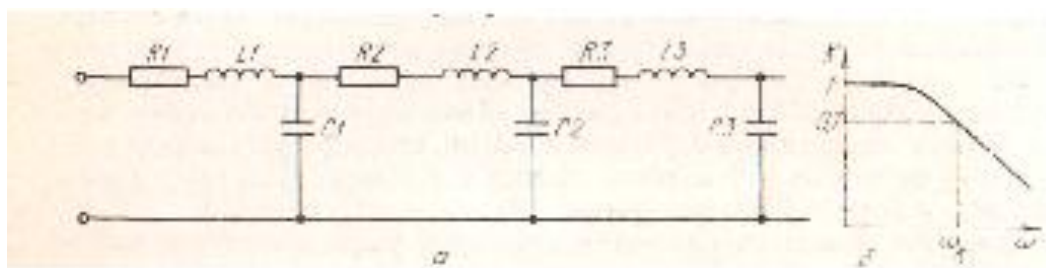
$(\omega_2 - \omega_1)$ – тўсувчи; $(\omega_4 - \omega_3)$ –
ўтказувчи полоса.

Фильтрлар бир тармоқли ёки кўп тармоқли бўлиши мумкин. Фильтрлар таркибига кирган элементларга кўра электрик пьезоэлектрик ва электромеханик фильтрларга ажралади.

Электрик фильтрларда R, L, C пассив элементлар билан бирга электрон асбоблар ҳам ишлатилса, пьезоэлектрик фильтрларда пьезоэлектрик эффектга асосланиб ишлайдиган қурилмалар – кварц резонаторлар қўлланилади. Бу фильтрларда резонаторлар ўзаро электрик жиҳатдан L ёки C элементи орқали боғланади. Электромеханик фильтрларда ҳам резонаторлар ишлатилиб, улар орасидаги алоқа – электр ва механик усулда амалга оширилади.

Радиоэлектрон қурилмаларда асосан паст частотали ПЧФ, юқори частотали ЮЧФ, полосали ПФ ва тўсувчи фильтрлар ТФ қўлланилади.

Паст частотали фильтрлар. (3.11-расм). Бундай филтёрнинг кириш қисмига паст частотали сигнал берилганда, $R_1; L_1; R_2; L_2$ ва ҳоказодан иборат кетма-кет уланган занжирнинг унга қаршилиги айтарли катта бўлмайди. Ҳар бир тармоққа уланган C_1, C_2, C_3 ва ҳ. конденсаторларнинг қаршилиги эса катта бўлади.



3.11 – расм. Паст частотали филтёр (а) ва унинг частота тавсифномаси (б)

Шу сабабли филтёрдан ўтувчи паст частоталар унчалик катта қаршиликка учрамайди. Сигнал частотаси орта бориши билан $R_1; L_1, R_2, L_2$ ларнинг қаршилиги кўпая бошлайди. C_1, C_2, C_3 конденсаторларнинг қаршилиги эса камая бошлаб, сигнални цгунтлай бошлайди. Шу сабабли юқори частотали сигналлар учун занжирнинг қаршилиги катта бўлади ва бундай

занжир мураккаб сигналлар орасидан маълум қирқиш частотасидан кичик частотали сигналларни ажратиб олади. Бир звеноли филтърнинг қирқиш частотаси

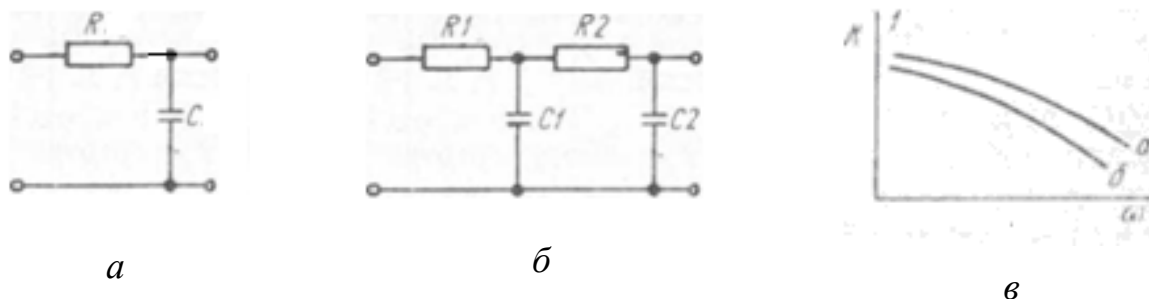
$$\omega_k = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

бўлади.

Кейинги пайтларда радиоэлектрон аппаратларнинг ихчамлаштирилиши туфайли R – C – филтърлар ўрнида, R – C – филтърлар кенг қўлланилмоқда (3.12-расм). Бир звеноли филтърнинг қирқиш частотаси

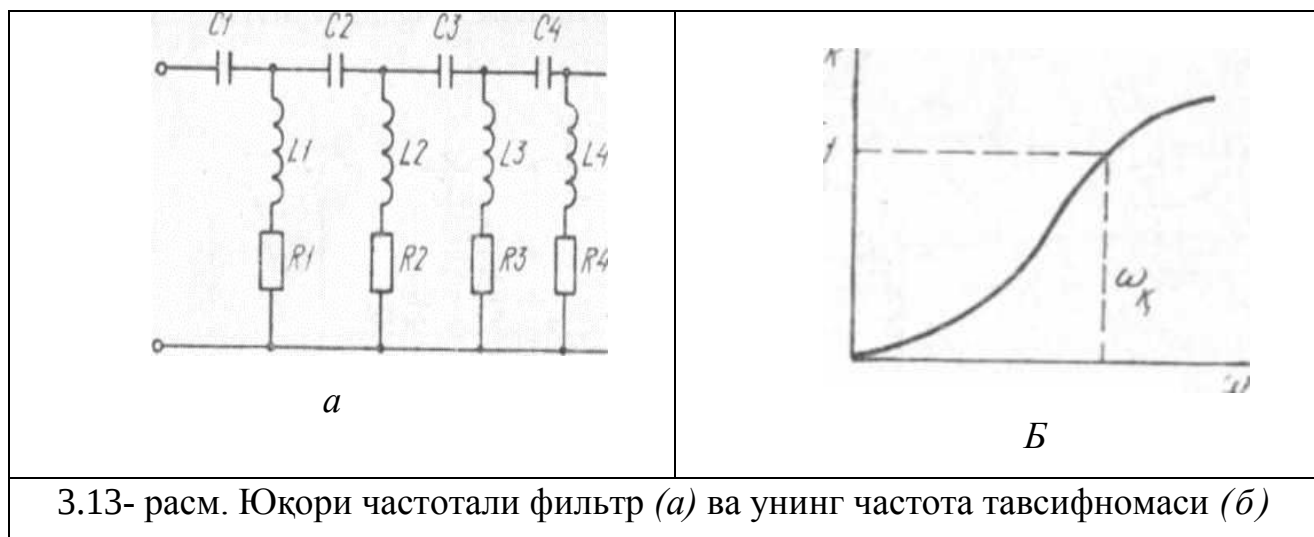
$$\omega_k = \frac{1}{RC}$$

бўлади. Звенолар сони орта бориши билан частота тавсифномасининг тушиш қиялиги катталашади. Бундай занжирларда алоҳида звеноларга кىрувчи R ва C лар ҳар хил бўлиши мумкин, лекин RC – кўпайтма ҳамма звено учун бир хил бўлиши керак 3.12- расм, в да ўтказиш функциясининг частота тавсифномаси звенолар сонига боғлиқ ҳолда кўрсатилган.



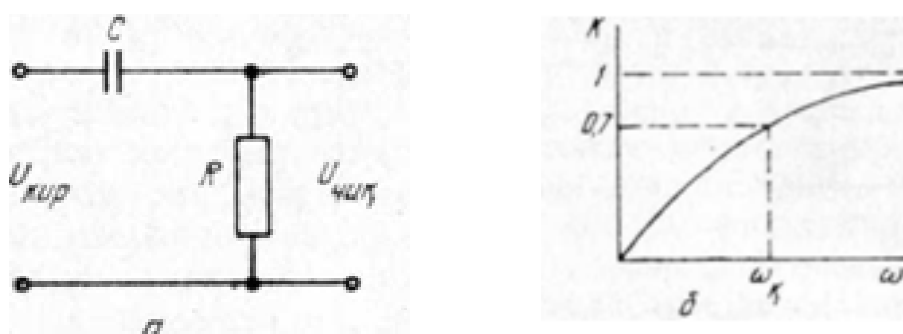
3.12 – расм. Паст частотали RC филтърлар ($a, б$) ва уларнинг частота твсифномалари ($в$)

2. Юқори частотали филтърлар (3.13-расм). Филтърнинг кириш қисмига мураккаб сигнал берилганда, $C1$, $C2$, $C3$ элементлар унинг паст частотали ташкил этувчисига катта қаршилик кўрсатадилар. $L1$, $R1$, $L2$, $R2$, $L3$, $R3$ элементлар қаршилиги эса кам бўлиб, сигнални шунтлайдилар. Шу сабабли бир неча звенодан ўтган паст частотали сигналнинг амплитудаси жуда кичик бўлиб қолади.



Юқори частотали сигналлар $C1$, $C2$, $C3$ дан ўтишда унчалик катта қаршиликка учрамайди, $L1$, $R1$, $L2$, $R2$, $L3$, $R3$ лар уланган тармоқларнинг юқори частоталарга кўрсатган қаршилиги катта бўлганлигидан сигнал шунтланмайди. Шундай қилиб занжир маълум ω_k частотадан юқори частотали сигналлар учун филтър вазифасини ўтайди. Бундай занжирнинг қирқиш частотаси ҳам $\omega_k = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ бўлади.

Қаршилик ва сиғимдан иборат юқори частотали филтърлар ҳам кенг қўлланилади. RC дан иборат энг оддий юқори частотали филтър 3.14- расм-да келтирилган. Унинг қирқиш частотаси паст частотали филтърники каби бўлади.

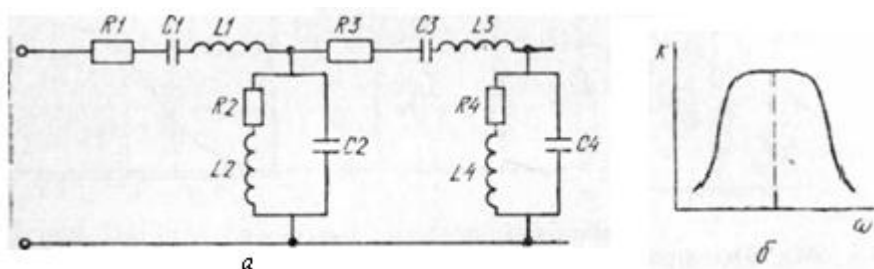


3.14- расм. Юқори частотали CR филтър (а) ва унинг частота тавсифномаси (б)

Полосали филтърлар. Боғланган контурлардан иборат бўлиб, аниқ бир частотага созланган филтър *полосали филтър* деб юритилади. Бундай

фильтрнинг частота тавсифномасида ўтказиш ва тўсиш полосаси ўзаро кескин ажралган бўлиши учун боғланган контурларнинг мураккаброк схемасидан фойдаланилади (3.15-расм). 3.15-расм, *а* да келтирилган фильтр иккита контурдан иборат звенолардан тузилган. Контурлардан бири занжирга кетма-кет уланса, иккинчиси параллел уланад. Фильтрнинг ишлаш принципини кўриб чиқайлик. Фильтр кириш қисмига паст частотали сигнал берилганда кетма-кет уланган $C1$, $R1$, $L1$, $C3$, $R3$, $L3$ лар шунтловчи таъсир кўрсатганлигидан фильтрнинг чиқиш қисмида паст частотали сигналнинг амплитудаси жуда кичик бўлади.

Фильтр кириш қисмига юқори частотали сигнал берилганда $C1$, $C3$ лар ката қаршилиқ кўрсатмай, унга кетма-кет уланган $R1$, $L1$, $R3$ ва $L3$ лар қаршилиқ кўрсатади. $C2$ ва $C4$ лар эса шунтловчи таъсир кўрсатади. Натижада юқори частотали сигнал амплитудаси фильтрнинг чиқиш қисмида жуда кичик қийматга эга бўлади.

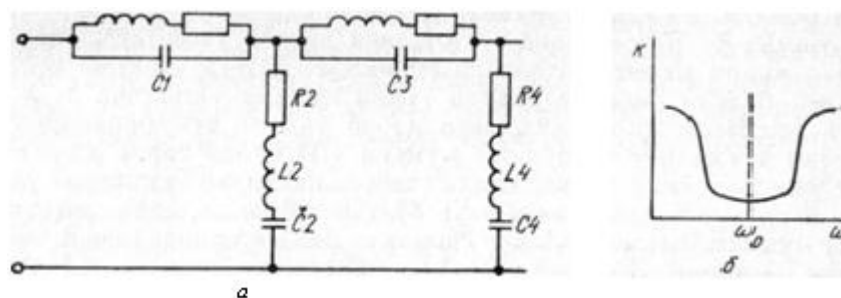


3.15 – расм. Полосали фильтр (а) ва унинг частота тавсифномаси.

Энди фильтр кириш қисмига контурларнинг резонанс частотасига тенг ва унга яқин бўлган частотали сигнал берилган ҳолни курайлик. Бу пайтда $R1$, $C1$, $L1$ ва $R3$, $C3$, $L3$ дан иборат контурларда кучланишлар резонанси, $R2$, $C2$, $L2$ ва $R4$, $C4$, $L4$ дан иборат контурларда эса, тоқлар резонанси вужудга келади. Шу сабабли кетма-кет уланган контурлар қаршилиги кескин камаяди, параллел уланганлариники эса ортади. Натижада фильтрнинг чиқиш қисмида резонанс частотага яқин бўлган частотали сигналларнинг амплитудаси катта бўлади (3.15- расм, *б*).

Фильтрдаги звенолар сони ортиши билан, ўтказувчи ва тўсувчи полосалар орасидаги чегара тобора аниқ бўла бошлайди.

Тўсувчи фильтрлар. Баъзи ҳолларда радиоэлектрон қурилмаларга маълум бир частотага эга бўлган сигнални ўтказмаслик зарур бўлади. Бу вазифани бажарувчи фильтр *тўсувчи фильтр* деб аталади. 3.16- расм, а да шундай фильтрлардан бирининг схемаси келтирилган.



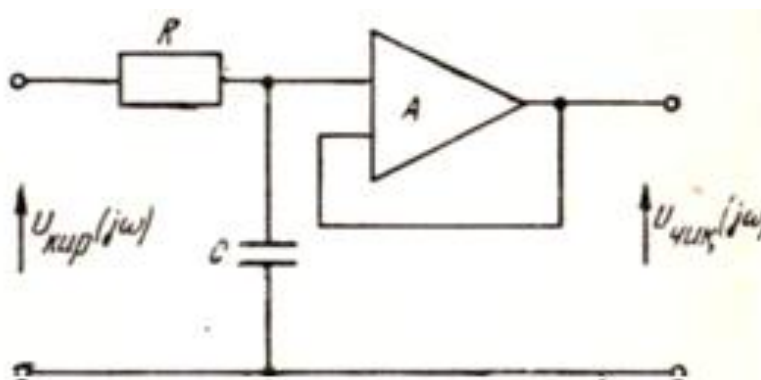
3.16 – расм. Тўсувчи фильтрлар (а) ва унинг частота тавсифномаси (б).

Фильтр кириш қисмига паст частотали сигнал берилса, у $L1$, $R1$, $L3$, $R3$ орқали бемалол ўта олади, $C2$, $C4$ лар сигналнинг шунтланишига йул қўймайди. Фильтрга юкори частотали сигналлар берилган ҳолда сигнал $C1$, $C3$ лар орқали филтърнинг чиқиш қисмига ўтади, $R2$, $L2$, $R4$, $L4$ лар сигналнинг шунтланишига йул қўймайди.

Энди филтърнинг кириш қисмига контур резонанс частотасига тенг ёки унга яқин бўлган частотали сигнал берилса, $L1$, $R1$, $C1$ ва $L3$, $R3$, $C3$ дан иборат контурларда тоқлар резонанси, $L2$, $R2$, $C2$ ва $L4$, $R4$, $C4$ дан иборат контурларда кучланишлар резонанси кўзатилади. Натижада $L1$, $R1$, $C1$ ва $L3$, $R3$, $C3$ контурларнинг қаршилиги кескин ортиб, $L2$, $R2$, $C2$ ва $L4$, $R4$, $C4$ контурларнинг қаршилиги камаяди. Натижада шу полосага тўғри келган сигналларнинг амплитудаси филтърнинг чиқиш қисмига борган сари кичиклашиб боради. Фильтрдаги звенолар сони ортган сари филтърнинг частота тавсифномаси идеал ҳолатга яқинлашиб боради.

RC – занжирли актив филтърлар. Микроэлектроника асосидаги радиоэлектрон қурилмаларда ишлатиладиган филтърларнинг ўлчамлари кичик бўлиши талаб қилинади. Шунинг учун бу ерда ўлчами катта бўлган

ғалтакли пассив LC – занжирни ишлатиб булмайди. Электромеханик филтрларнинг ўлчами ҳам интеграл микросхемалар ўлчамига нисбатан катта бўлганлигидан уларни қўллаш ҳам қўйилган талабга жавоб бермайди. Шу сабабли микроэлектроника соҳасида пассив филтрларга нисбатан актив филтрлардан фойдаланиш мақсадга мувофиқ бўлади. Бу филтрларда операцион кучайтиргичлар ишлатиб, уларда тескари боғланиш вужудга келтирилади. Операцион кучайтиргичларнинг тузилиши, ишлаш принципи кейинги бобларда кўриб ўтилади. RC – занжирли актив филтр схемаси 3.17 – расмда келтирилган.



3.17 – расм RC – занжирли актив филтр.

Бу филтрда бита қаршилик, бита сиғим ва операцион кучайтиригич мавжуд. Бу филтр учун:

$$\frac{U_{\text{чик}}(j\omega)}{U_{\text{кир}}(j\omega)} = \frac{1}{1 + \frac{j\omega}{\omega_0}}$$

деб ёзиш мумкин. Бу ерда $\omega_0 = \frac{1}{CR}$. Бу филтрда қаршилик ва сиғимнинг ўрни алмаштирилса, паст частотали филтр юқори частоталига айланади. Бу филтрнинг параметралрини $j\omega$ нинг биринчи даражасига пропорционал бўлганлиги учун *биринчи тартибли филтр* деб аталади.

3.3. Стабилизаторлар

3.3.1. Стабилизаторлар ва уларнинг асосий параметрлари

Стабилизатор деб, чиқиш катталигини (ток, кучланиш) берилган аниқлик даражасида ушлаб турилишини автоматик таъминловчи ускунага айтилади.

Саноат тармоғида кучланишлар доимий равида ўзгариб туриши мумкин.. ундан ташқари юклама коммутацияси натижасида манба кучланиши ўзгариб туради. Бу ўзгаришлар электрон ускуналарни ишлашга таъсир кўрсатади. Бу ўзгаришлар натижасида кучайтиргичнинг кучайтириш коэффиценти, ишлаш муддати, ускуналарнинг иш аниқликлари ўзгаради. Саноат тармоғидаги кучланиш ўзгариши ГОСТ 5237–69 га кўра +5 дан –15% гача рухсат этилган. Бундан ташқари кучланиш ўзгаришига атроф-муҳит ҳарорати, ток частотасининг тебраниши ҳам таъсир кўрсатади.

Замонавий электрон ускуналар нормал ҳолатда ишлаши учун манба кучланиши фақат 0,1-3% гача ўзгариши мумкин, шундай электрон ускуналар борки, масалан, доимий ток кучайтиргичлари, баъзи электрон ўлчов ускуналари, улар ишлаши учун кучланиш ўзгариши 10^{-4} % дан ошмаслиги керак.

Барча стабилизаторларнинг ишини характерлайдиган асосий катталиги *стабилизация коэффиценти* ҳисобланади. Стабилизаторнинг чиқиш катталигини ўзгартирувчи факторлар ($U_{кир}$) стабилизаторнинг кириш кучланиши ва юклама токи ($I_{ю}$) ҳисобланади. Кучланиш стабилизаторлари учун кучланиш буйича стабилизация коэффиценти қуйидагича ифодаланади:

$$K_{см.U} = \frac{\Delta U_{кир} / U_{кир.U}}{\Delta U_{чик} / U_{чик.U}}$$

бу ерда: $\Delta U_{кир} = U_{кир.мах} - U_{кир.мин}$ – кириш кучланишининг орттирмаси;

$\Delta U_{чик} = U_{чик.мах} - U_{чик.мин}$ – чиқиш кучланишининг орттирмаси;

$U_{кир.U}$ ва $U_{чик.U}$ – кириш ва чиқиш кучланишларининг номинал қиймати.

Бу катталик стабилизаторларнинг турларига қараб бирдан бир неча минггача бўлиши мумкин.

Ток стабилизатори учун стабилизация коэффиценти

$$K_{см.I} = \frac{\Delta I_{кир} / I_{кир.I}}{\Delta I_{чик} / I_{чик.I}}$$

бу ерда: $\Delta I_{кир} = I_{кир.мах} - I_{кир.мин}$ – кириш токининг орттирмаси;

$\Delta I_{\text{чиқ}} = I_{\text{чиқ},\text{max}} - I_{\text{чиқ},\text{min}}$ — чиқиш токининг орттирмаси;

$I_{\text{кир},I}$ ва $I_{\text{чиқ},I}$ — кириш ва чиқиш тоklarининг номинал қиймати.

Бундан ташқари стабилизаторлар қуйидаги катталиклар билан характерланади: *стабилизаторнинг ички қаршилиги* $R_{I,cm}$; стабилизатордаги кучланиш тушишини аниқлашда қўлланилади. Бундан келиб чиқиб юклама ускунасидаги кучланишни $U_{ю}$ аниқлайди.

Стабилизаторнинг фойдали иш коэффициентини йўқотилаётган қувватни характерлайди ва ва стабилизаторнинг асосий энергетик кўрсаткичи ҳисобланади:

$$\eta_{cm} = \frac{P_n}{P_n + P_{\text{й}}}$$

бу ерда P_n — юклама ускунасидаги қувват, $P_{\text{й}}$ — йўқотилаётган қувват.

Баъзи ҳолларда стабилизаторнинг оғирлиги, ўлчамлари ва хизмат қилиш муддатларини ҳисобга олиш керак.

Стабилизаторлар бир қатор кўрсаткичларга қараб турларга бўлинади:

1. Стабиллаштираётган катталигига қараб: кучланиш ва ток стабилизатори.
2. Стабиллаштириш усулига қараб: параметрик ва компенсацион стабилизаторлар.

Ҳозирги вақтда компенсацион стабилизаторлари кенг қўлланилмоқда. У узлуксиз ва импульс ростловчи стабилизаторларга бўлинади.

3.3.2. Параметрик стабилизатор

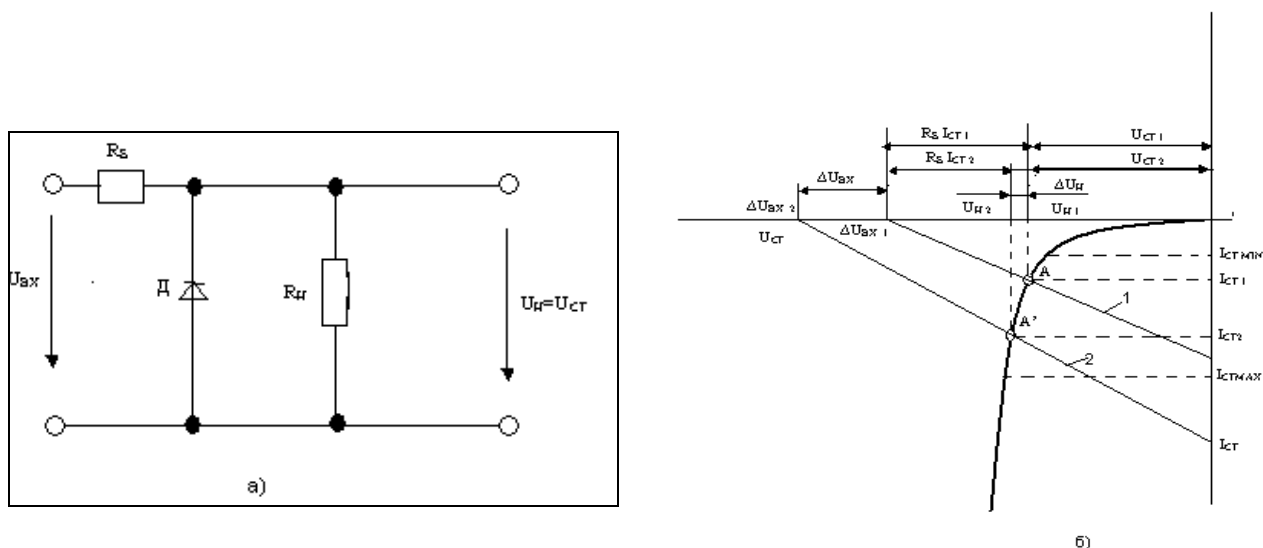
Параметрик стабилизаторларда ВАТси чизиқли бўлмаган элементлар қўлланилади, масалан, стабилитрон, чўғланма лампалар ва бошқалар.

Оддий кучланишнинг параметрик стабилизаторининг схемаси 3.18, а-расмда келтирилган.

Бу стабилизаторларда ярим ўтказгич стабилитрон қўлланилган ва бир неча миллиампердан бир неча ампер тоқларда, бир неча вольтдан бир неча юз вольтгача стабиллаштирилган кучланишни олиш мумкин. Агар 3 В кичик бўлган

кучланиш стабиллаштириш зарур бўлганда стабилитрон ўрнига стабилисторлар қўлланилади.

Параметрик стабилизаторларда стабилитрон $R_{ю}$ юклама қаршилигига параллел йўналади. Стабилитрон билан кетма-кет талаб қилинаётган иш режимини яратиш учун R_6 балласт қаршилиги уланади (3.18, б-расм).



3.18-расм. Ярим ўтказгич стабилитронли кучланиш параметрик стабилизатор схемаси (а) ва параметрик стабилизаторнинг ВАТи (б).

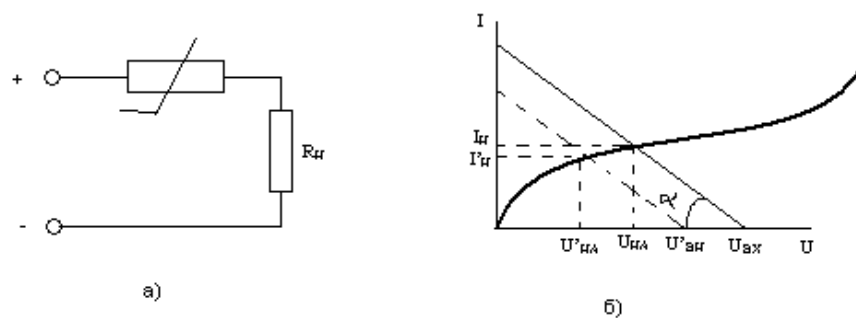
Параметрик стабилизаторларни нормал ишлаши учун R_6 резисторининг қаршилиги шундай бўлиши керак-ки, бунда унинг ВАТси $I_{с.ном}$ стабилитроннинг номинал токига тўғри келувчи А нуқтасидан кесиб ўтиши керак.

Параметрик стабилизаторнинг стабилизация коэффициенти 30-50 га етиши мумкин.

Стабиллашган кучланишни ошириш учун стабилитронларни кетма-кет уланиши қўлланилади.

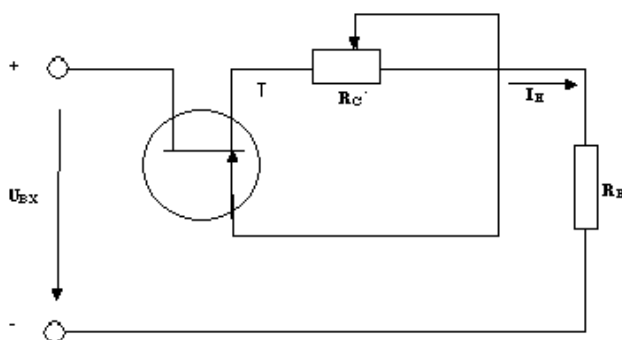
Параметрик стабилизаторларнинг асосий афзаллиги бўлиб, тузилиши соддалиги ва ишлаш ишончилиги ҳисобланади.

Камчилигига эса ФИКи 0,3 дан ошмайди, ишчи қаршилиги юқорилиги (5-20 Ом), шунингдек стабиллаштирилган кучланишни кичик ва ростланмайдиган диапазонида эканлиги киради.



3.19 – расм. Параметрик ток стабилизаторининг схемаси (а) ва ишини кўрсатувчи тавсифномаси (б).

Токнинг параметрик стабилизаторларида чизикли бўлмаган элемент сифатида биполяр ва майдон транзисторлари қўлланилади.



3.20-расм. Майдон транзистори токининг параметрик стабилизатори.

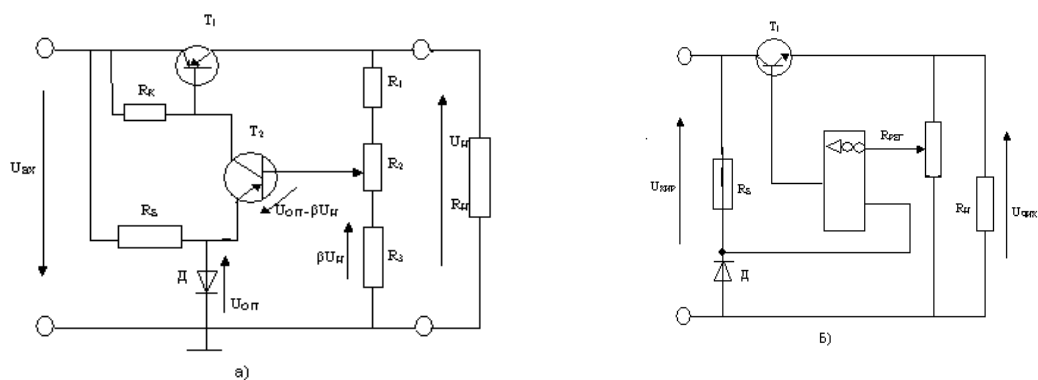
3.3.3. Компенсацион стабилизаторлар

Компенсацион стабилизаторлар автоматик ростлаш тизими бўлиб, унда манфий кайта боғланиш мавжудлиги ҳисобига кучланиш ва токни юкламада доимийлигини юқори аниқликда таъминлайди.

Компенсацион стабилизаторларда схемаларини мураккаблаштириб, параметрик стабилизаторларига хос бўлган камчиликлардан ҳоли бўлинади. Ҳозирги пайтда стабилизаторлар ярим ўтказгич дискрет элементларда ва интеграл бажарилишда ясалади.

Барча компенсацион стабилизаторлар таққослаш блоки (ТБ)дан (бунга таянч кучланиш манбаи киради ва резистив бўлувчи доимий ток кучайтиргичи. У T_2 трансформатори ва ростлаш элементи (транзистор) дан (РЭ) ташкил топган.

3.21-расмда ярим ўтказгич асбобларда доимий кучланиш стабилизатори схемаси келтирилган. Бу стабилизаторларда (ТБ) таққослаш блокига Д стабилитрони ва R_6 резистордан ташкил топган стабилизатор ва R_1, R_2, R_3 бўлувчилари киради. Доимий ток кучайтиргичи сифатида T_2 кичик қувватли транзисторли кучайтиргич ва R_K резистори қўлланган. Ростловчи элемент (РЭ) сифатида эса катта қувватли T_1 резистор қўлланилган. Кўрилаётган компенсацион стабилизаторда ($U_{Ю}$) юклама қаршилигидаги кучланиш билан параметрик стабилизатор ёрдамида ҳосил қилинаётган ($U_{таянч}$) таянч кучланиши узлуксиз таққослаш рўй беради.



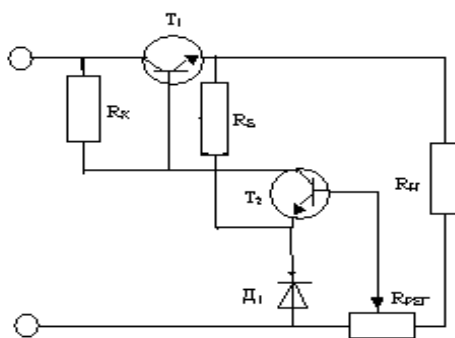
3.21-расм. Биполяр транзистордаги кучланиш компенсацион стабилизаторнинг схемаси (а) ва операцион кучайтиргичдаги кучланиш компенсацион стабилизаторнинг схемаси.

Стабилизаторнинг кириш кучланиши ошса ёки $I_{ю}$ юклама токи камайса $U_{ю}$ ортади ва номинал қийматидан оғади. Қайта боғланиш сигнали бўлган $\beta, U_{ю}$ ($\beta R_1 R_2 R_3$ резистив бўлувчилар коэффициенти)га тенг бўлган $U_{ю}$ кучланишини бир қисми параметрик стабилизаторлардан олинаётган таянч кучланиши билан таққосланади. Таянч кучланиши ўзгармас бўлганлиги учун T_2 транзистори база ва эмиттер орасидаги кучланиш $\beta U_{ю}$ кучланиши ортганлиги сабабли камаяди, яъни T_2 транзисторининг коллектор токи камаяди. Бу T_1 транзисторининг база ва коллектор орасидаги кучланишни камайишига ва қаршилигини ортишига олиб келади. Бунинг оқибатида T_1 транзисторида кучланиш тушиши ортади, $U_{ю}$ кучланиши эса номинал қийматга яқин қийматга эришилади. R_2 ўзгарувчан қаршилик ёрдамида $U_{ю}$ кучланишининг ростланишига эришилади.

Токнинг компенсацион стабилизатори 3.22-расмда келтирилган бўлиб, у $I_{ю}$ юклама токини стабиллаштириш коэффициентини ошириш учун хизмат қилади. Бунда $R_{пост}$ ўзгарувчан қаршилик ($R_{ю}$) юклама қаршилиги билан кетма-кет уланади. $R_{пост}$ қаршилигидан ва $I_{ю}$ юклама токидан олинadиган қайта боғланиш сигнали таянч кучланиши билан таққосланади ва T_2 транзисторида йиғилган доимий ток кучайтиргичга берилади. Схемани қолган иши кучланиш стабилизаторидагидек ишлайди.

Афзаллиги: стабилизация коэффициентининг юқорилиги ($K_{ст} > 1000$), ички қаршилигининг кичиклиги ($R_{i.ст} \approx 10^{-3} - 10^{-4} \text{ Ом}$), инерцион эмаслиги.

Камчилиги: ФИК кичиклиги (0,5-0,6), оғирлиги, ўлчамлари ва нархи катталиги.



3.22-расм. Биполяр транзисторли токнинг компенсацион стабилизатори

Боб бўйича саволлар

1. Тўғрилагич, уларнинг турлари ва параметрлари.
2. Кўприк схемали тўғрилагичлар ва уларнинг тавсифномалари.
3. Текисловчи филтрлар.
4. Электрон филтрлар.
5. Стабилизатор ва унинг турлари.
6. Параметрик стабилизатор ва уларнинг тавсифномалари.
7. Компенсацион стабилизатор ва уларнинг тавсифномалари.

IV - боб. Кучайтиргичлар

4.1. Кучайтиргичлар тўғрисида умумий маълумотлар

Автоматик бошқариш тизимлари, радиотехника, радиолокация ва бошқа тизимларда кичик қувватли сигналларни кучайтириш учун кучайтиргичлардан фойдаланилади. Кичик қувватли ўзгарувчан сигналнинг параметрларини бузмасдан доимий кучланиш манбаининг қуввати ҳисобига кучайтириб берувчи қурилма *кучайтиргич* деб аталади.

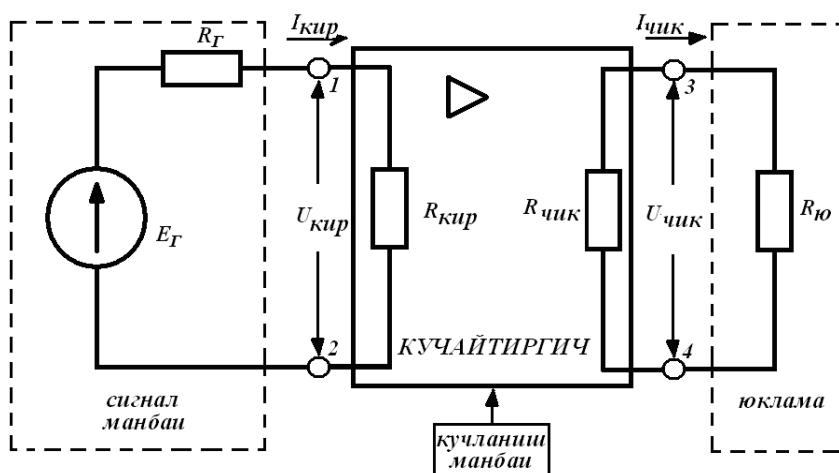
Кучайтириш деганда сигнал (кучланиш ёки ток) амплиту-даси, кучланиш манбаи энергиясини чиқиш сигнали энергиясига ўзгартирилиши ҳисобига частоталарнинг чегараланмаган оралиғида нозикли бузилишларсиз K_U марта кўпайтириш тушунилади. Сигналларни кучайтириш операцион кучайтиргич (ОК)лар, видеочастоталарнинг кенг полосали ва ЮЧ кучайтиргичлари ёрдамида амалга оширилади.

Кучайтиргич қурилмаси кучайтирувчи элемент, резистор, конденсатор, чиқиш занжиридаги доимий кучланиш манбаи ҳамда истеъмолчидан иборат. Битта кучайтирувчи элементи бўлган занжир **каскад** деб аталади. Кучайтирувчи элемент сифатида қандай элемент ишлатишига қараб кучайтиргичлар электрон, магнитли ва бошқа хилларга бўлинади.

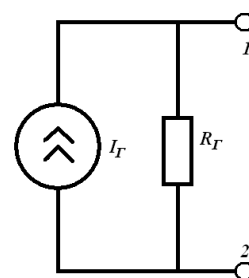
Кучайтиришни таъминлаш учун идеал кучайтиргич ўз таркибида кириш сигнали таъсирида қаршилигини чизикли ўзгартувчи элементга эга бўлиши зарур. Лекин ҳозирги кунгача қаршилигини чизикли ўзгартувчи кучайтиргич элементлар мавжуд эмас. Шунинг учун кучайтиришни амалга ошириши мумкин бўлган бошқа-рилувчи элемент сифатида БТ ва МТлар ишлатилади. Ночизикли ВАХга эга бўлган ҳолда, транзистор амалда бошқариладиган қар-шилиқни ифодалайди. Қаршилиқ қиймати транзисторнинг уланиш усули, бошқарувчи сигнал қиймати ва ишорасига боғлиқ бўлади. Транзисторларнинг асосий камчиликлари бўлиб ВАХининг ночизиклиги ва температурага боғлиқлиги ҳисобланади.

Кучайтиргичнинг тузилиш схемаси 1.39-расмда кўрсатилган бўлиб, у кириш $R_{КИР}$ ва чиқиш $R_{ЧИҚ}$ қаршиликлари ҳамда кучланиш манбаидан ташкил топган. Кучайтириш каскади, кўп каскадли кучайтиргич ёки ОК кучайтиргич бўлиб хизмат қилиши мумкин. Кучайтиргичнинг 1 ва 2 кириш электродларига кучайтирилиши зарур бўлган сигнал манбаи (датчик) уланади. Датчик ЭЮК генераторли $E_{Г}$ эквивалент икки қутблилик (1.39,а-расм) ёки ички қаршилиги $R_{Г}$ бўлган ток генератори $I_{Г}$ (1.39,б-расм) сифатида кўрсатилади.

Агар $R_{КИР} \gg R_{Г}$ бўлса, кучайтиргични **бошқариш кучланиш билан** амалга оширилади. Бу ҳолда кириш токи эътиборга олмаса бўладиган даражада кам ва кучайтиргич киришида $U_{КИР}$ сигнал $E_{Г}$ га яқин бўлади. $R_{КИР} \ll R_{Г}$ бўлганда эса, $E_{Г}/R_{Г}$ га яқин кириш токи $I_{КИР}$ билан ифодаланади, бу вақтда кириш кучланишини эътиборга олмаса ҳам бўлади. Бу ҳолда кучайтиргични **бошқариш ток билан**, $R_{КИР} \approx R_{Г}$ бўлганда эса, **бошқариш қувват билан** амалга оширилади.



а)



б)

1.39-расм. Кучайтиргичнинг тузилиш схемаси.

Юклама 3 ва 4 электродларга уланади. Агар $R_{Ю} \gg R_{чик}$ бўлса, кучайтиргич юкламада кучланиш манбаи ЭЮК $E_{Г}$ га қадар $U_{чик}$ кучланиш ҳосил қилади, бунда чиқиш токи эътиборга олмайдиган даражада кам бўлади. Бундай режим **потенциал чиқиш** деб ата-лади. $R_{Ю} \ll R_{чик}$ бажарилганда эса, чиқишда кучайтиргич қисқа туташувга яқин режимда ишлайди ва чиқиш токи $E_{Г}/R_{чик}$ га қадар, чиқиш кучланиши эса эътиборга олмаса бўладиган даражада кичик бўлади. Бу режим **токли чиқиш** деб аталади.

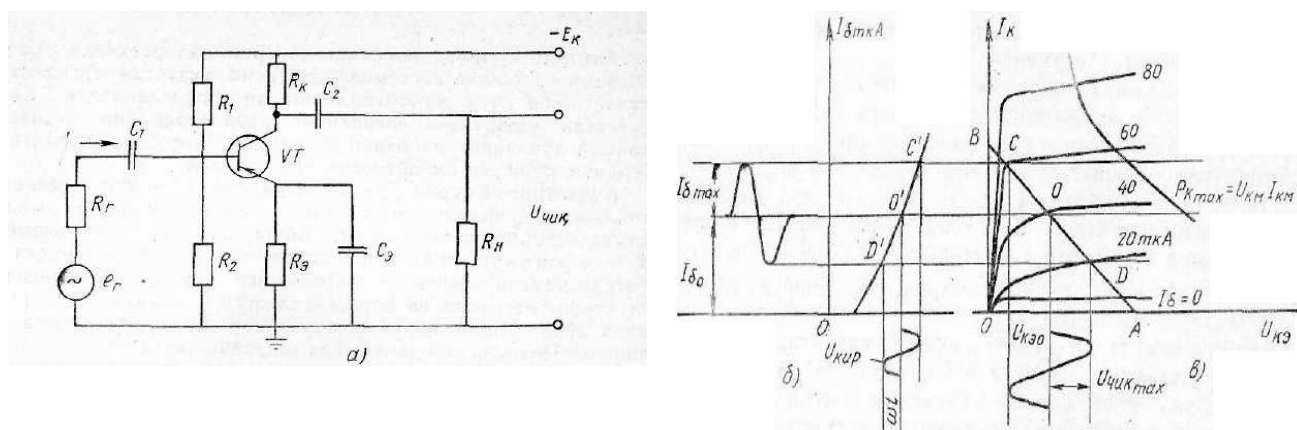
Иш режимига кўра улар *чизикли ва ночизикли* кучайтиргичларга бўлинади. Чизикли иш режимида ишловчи кучайтиргичлар кириш сигналининг унинг шаклини ўзгартирмасдан кучайтириб беради. Чизикли бўлмаган иш режимида ишловчи кучайтиргичларда эса кириш сигнали маълум қийматга эришганидан сўнг чиқишдаги сигнал ўзгармайди.

Чизикли режимда ишлайдиган кучайтиргичларнинг асосий тавсифномаси амплитуда частота тавсифномаси (АЧТ) дир. Ушбу тавсифнома кучланиш бўйича кучайтириш коэффициентининг модули частотага қандай боғлиқлигини кўрсатади. АЧТ сига кўра чизикли кучайтиргичлар товуш частота кучайтиргичи (ТЧК), куйи частота кучайтиргичи (ҚЧК), юқори частоталар

кучайтиргичи (ЮЧК), секин ўзгарувчан сигнал кучайтиргичи ёки ўзгармас ток кучайтиргичи (ЎТК) ва бошқаларга бўлинади.

Ҳозирги вақтда энг кенг тарқалган кучайтиргичлар кучайтирувчи элемент сифатида икки қутбли ёки бир қутбли транзисторлар ишлатилади. Кучайтириш қуйидагича амалга оширилади. Бошқариладиган элемент (транзистор) нинг кириш занжирига кириш сигналининг кучланиши ($U_{кир}$) берилади. Бу кучланиш таъсирида кириш занжирида кириш токи ҳосил бўлади. Бу кичик кириш токи чиқиш занжиридаги токда ўзгарувчан ташкил этувчини ҳамда бошқариладиган элементнинг чиқиш занжиридаги кириш занжиридаги кучланишдан анча катта бўлган ўзгарувчан кучланишни ҳосил қилади. Бошқариладиган элементнинг кириш занжиридаги токнинг чиқиш занжиридаги токка таъсири қанча катта бўлса, кучайтириш хусусияти шунча кучлироқ бўлади. Бундан ташқари чиқиш токининг чиқиш кучланишига таъсири қанча катта бўлса (яъни R_u катта), кучайтириш шунча кучлироқ бўлади.

3.23- расмда умумий эмитерли (УЭ) кучайтириш каскадининг схемаси ҳамда кириш ва чиқиш тавсифномалари кўрсатилган. Кучайтириш каскадлари УЭ, УБ, УК схемалар бўйича йиғилади. Умумий коллекторли (УК) схема ток ва қувват бўйича кучайтириш имкониятига эга, бунда $K_u \leq 1$ бўлади.



3.23- расм. Умумий эмитерли (УЭ) кучайтириш каскадининг схемаси ҳамда кириш ва чиқиш характеристикалари

Схема, асосан, каскаднинг юқори чиқиш қаршилигини кичик қаршиликли истеъмолчи билан мослаш учун ишлатилади ва эммитерли такрорлагич деб аталади. Умумий базали (УБ) схема бўйича йиғилган каскаднинг кириш қаршилиги кичик бўлиб, кучланиш ва қувват бўйича кучайтириш имкониятига эга. Бунда $K_I \leq 1$. Чиқишдаги кучланишнинг қиймати катта бўлиши талаб этилганда, мазкур каскаддан фойдаланилади. Кўпинча, умумий эммитерли (УЭ) схема бўйича йиғилган каскадлар ишлатилади 3.23- расм, а). Бунда каскад токни ҳам кучланишни кучайтириш имкониятига эга. Кучайтириш каскадининг асосий занжири транзистор (VT), қаршилик R_k ва манба E_k дан иборат. Қолган элементлар ёрдамчи сифатида ишлатилади. C_1 конденсатор кириш сигналининг ўзгармас ташкил этувчиси ўтказмайди ва баъзан тинч ҳолатидаги $U_{\delta\delta}$ кучланишнинг R_c қаршиликка боғлиқ эмаслигини таъминлайди. Конденсатор C_2 истеъмолчи занжирига чиқиш кучланишининг доимий ташкил этувчисига ўтказмай ўзгаручан ташкил этувчисинигина ўтказиш учун хизмат қилади. R_1 ва R_2 резисторлар кучланиш бўлгич вазифасини ўтаб каскаднинг бошланғич ҳолатини таъминлаб беради.

Коллектор дастлабки токи ($I_{\kappa\delta}$) базанинг дастлабки токи $I_{\delta\delta}$ билан аниқланади. Резистор R_1 токи $I_{\delta\delta}$ нинг ўтиш занжирини ҳосил қилади ва R_2 билан биргаликда манба кучланишининг мусбат қутби билан база орасидаги кучланиш $U_{\delta\delta}$ ни юзага келтиради.

Резистор R_c манфий тескари боғланиш элементи бўлиб, дастлабки режимнинг ҳарорат ўзгаришига боғлиқ бўлмаслигини таъминлайди. Каскаднинг кучайтириш коэффиценти камайиб кетмаслиги учун қаршилик R_c резисторга параллел қилиб конденсатор C_c уланади. Конденсатор C_c резистор R_c ни ўзгарувчан ток бўйича шунтлайди.

Синусоидал ўзгарувчан кучланиш ($U_{\kappa\text{ир}} = U_{\kappa\text{ирmax}} \sin \omega t$) конденсатор C орқали база-эммитер соҳасига берилади. Бу кучланиш таъсирида бошланғич база токи $I_{\delta\delta}$ атрофида ўзгарувчан база токи ҳосил бўлади. $I_{\delta\delta}$ нинг қиймати ўзгармас манба кучланиши E_k ва қаршилик R_1 га боғлиқ бўлиб, бир неча микроамперни ташкил қилади. Берилаётган сигналнинг ўзгариш қонунига бўйсунадиган база токи

истеъмолчи (R_u) дан ўтаётган коллектор токининг ҳам шу қонун бўйича ўзгаришига олиб келади. Коллектор токи бир неча миллиамперга тенг. Коллектор токининг ўзгарувчан ташкил этувчиси истеъмолчида амплитуда жиҳатидан кучайтирилган кучланиш пасаяви $U_{\text{чик.}}$ ни ҳосил қилади. Кириш кучланиши бир неча милливольтни ташкил этса, чиқишдаги кучланиш бир неча вольтга тенгдир.

Каскаднинг ишини график усулда таҳлил қилиш мумкин. Транзисторнинг чиқиш тавсифномасида АВ - юклама чизигини ўтказамиз (3.24- расм, б). Бу чизик $U_{кэ}=E_k$, $I_k=0$ ва $U_{кэ}=0$, $I_k = E_u/R_n$ координатали А ва В нуқталардан ўтади. АВ чизик $I_{k \max}$, $U_{кэ \max}$ ва $P_k = U_{k \max} I_{k \max}$ билан чегараланган соҳанинг чап томонида жойлашиши керак. АВ чизик чиқиш тавсифномасини кесиб ўтадиган қисмда иш майдонини танлайди. Иш майдонида сигнал энг кам бузилишлар билан кучайтирилиши керак. Юклама чизигининг С ва D нуқталар билан чегараланган қисми бу шартга жавоб беради. Иш нуқтаси О, шу майдоннинг ўртасида жойлашади. ДО кесманинг абсциссалар ўқидаги проекцияси коллектор кучланиши ўзгарувчан ташкил этувчисини амплитудасини билдиради. СО кесманинг ординаталар ўқидаги проекцияси коллектор токининг амплитудасини билдиради. Бошланғич коллектор токи (I_{k0}) ва кучланиши ($U_{кэ0}$) О нуқтанинг проекциялари билан аниқланади. Шунингдек, О нуқта бошланғич ток $I_{б0}$ ва кириш тавсифномасида О иш нуқтасини аниқлаб беради. Чиқиш тавсифномасидаги С ва D нуқталарида кириш тавсифномасидаги С' ва D' нуқталари мос келади. Бу нуқталар кириш сигналининг бузилмасдан кучайтириладиган чегарасини аниқлаб беради.

Каскаднинг чиқиш кучланиши: $U_{\text{чик.}} = I_k R_u$

Каскаднинг кириш кучланиши: $U_{\text{кир.}} = I_{б} R_{\text{кир.}}$

бу ерда $R_{\text{кир.}}$ – транзисторнинг кириш қаршилиги.

Ток $i_k > I_{б}$ ва қаршилиқ $R_{ю} \gg R_{\text{кир.}}$ бўлгани учун схеманинг чиқишдаги кучланиш кириш кучланишидан анча каттадир. Кучайтиргичнинг кучланиш бўйича кучайтириш коэффициенти K_u қуйидагича аниқланади:

$$K_u = U_{\text{чик. max}} / U_{\text{кир. max}}$$

ёки гармоник сигналлар учун $K_u = U_{\text{чик.}} / U_{\text{кир.}}$

Каскаднинг ток бўйича кучайтириш коэффиценти:

$$K_i = I_{\text{чик}} / I_{\text{кир}}$$

бу ерда: $I_{\text{чик}}$ – каскаднинг чиқиш томонидаги токнинг қиймати; $I_{\text{кир}}$ – каскаднинг кириш томонидаги токининг қиймати.

Кучайтиргичнинг қувват бўйича кучайтириш коэффиценти: $K_p = P_{\text{чик}} / P_{\text{кир}}$
бу ерда $P_{\text{чик}}$ – истеъмолчига бериладиган қувват, $P_{\text{кир}}$ – кучайтиргичнинг кириш томонидаги қувват.

Кучайтириш техникасида бу коэффицентлар логарифмик қиймат – децибелда (америкалик инженер Белл шарафига қўйилган) ўлчанади.

$$K_u(\text{дБ}) = 20 \lg K_u \quad \text{ёки} \quad K_u = 10^{K_u(\text{дБ}) / 20};$$

$$K_i(\text{дБ}) = 20 \lg K_i \quad \text{ёки} \quad K_i = 10^{K_i(\text{дБ}) / 20};$$

$$K_p(\text{дБ}) = 10 \lg K_p \quad \text{ёки} \quad K_p = 10^{K_p(\text{дБ}) / 10}$$

Одамнинг эшитиш сезгирлик сигнални 1 дБ га ўзгаришини ажрата олгани учун ҳам шу ўлчов бирлиги киритилган. Ҳар бир кучайтиргич кучайтириш коэффицентларидан ташқари қуйидаги параметрларга ҳам эгадир.

Кучайтиргичнинг чиқиш қуввати (истеъмолчига сигнални бузмасдан бериладиган энг катта қувват): $P_{\text{чик max}}^2 / R_{\text{ю}}$.

Кучайтиргичнинг фойдали иш коэффиценти (ФИК):

$$\eta = P_{\text{чик}} / P_{\text{ум}},$$

бу ерда $P_{\text{ум}}$ – кучайтиргичнинг ҳамма манбалардан истеъмол қиладиган қуввати.

Кучайтиргичнинг динамик диапазони кириш кучланишининг энг кичик ва энг катта қийматларининг нисбатига тенг бўлиб, дицибелларда (дБ) ўлчанади:

$$D = 20 \lg U_{\text{кир max}} / U_{\text{кир min}}$$

Частотавий бузилишлар коэффиценти $M(f)$ ўрта частоталардаги кучланиш бўйича кучайтириш коэффиценти K_{u0} нинг ихтиёрий частотадаги кучланиш бўйича кучайтириш коэффицентига нисбатидир:

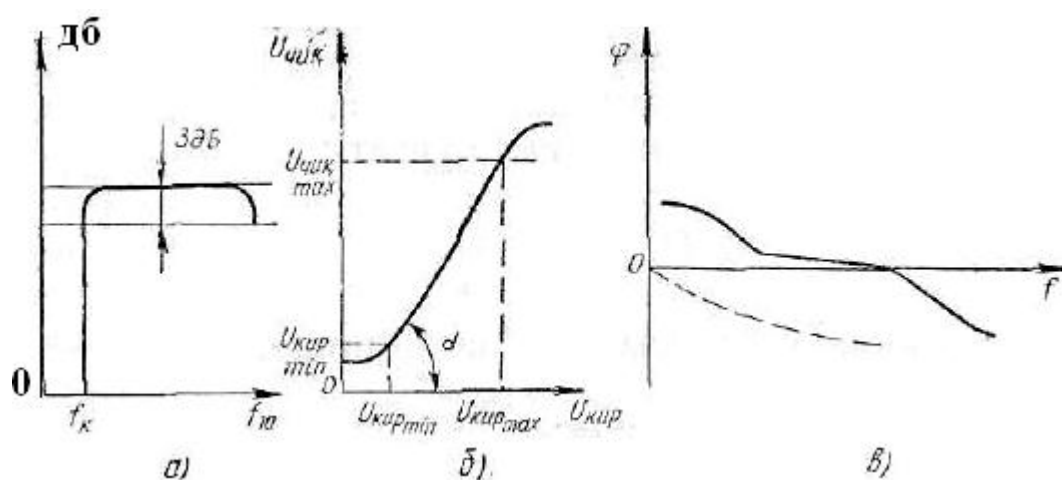
$$M(f) = K_{u0} / K_{uf}$$

Чизиқли бўлмаган бузилишлар коэффиценти γ юқори частоталар гармоникаси ўрта квадратик йиғиндисининг чиқиш кучланишининг биринчи гармоникасига нисбатидир:

$$\gamma = \frac{\sqrt{U_{m_2\text{чик}}^2 + U_{m_3\text{чик}}^2 + \dots + U_{m_n\text{чик}}^2}}{U_{m_1\text{чик}}}$$

Сифатли кучайтиргичлар учун $\gamma \leq 4\%$, телефон алоқаси учун $\gamma \leq 15\%$.

Кучайтиргичнинг шовқин даражаси шовқин кучланишининг кириш кучланишига нисбатини кўрсатади. Булардан ташқари, кучайтиргичлар амплитуда, частота ва амплитуда-частота тавсифномалари билан ҳам баҳоланади.



3.24-расм. Кучайтиргичнинг амплитуда, амплитуда-частота ва фаза частота тавсифномалари

Амплитуда тавсифномаси чиқиш кучланишининг кириш кучланишига қандай боғланганлигини кўрсатади ($U_{\text{чик}} = f(U_{\text{к}})$). 3.24- расмда кучайтиргичнинг амплитуда, амплитуда-частота ва фаза частота тавсифномалари кўрсатилган. Бу тавсифномалар ўрта частоталарда олинади. Ҳақиқий кучайтиргичнинг амплитуда тавсифномаси идеал кучайтиргичникидан шовқин мавжудлиги (А нуқтанинг чап қисмидаги майдон) ва чиқиш кучланишининг чизиқли эмаслиги (В нуқтанинг ўнг қисмидаги майдон) билан фарқ қилади (3.24-расм, а).

Кучайтиргичнинг частота тавсифномаси кучайтириш коэффицентининг частотага боғлиқлигини кўрсатувчи эгри чизикдир. Мазкур тавсифнома логарифмик масштабда қурилади (3.24-расм, б).

Кучайтиргичнинг фаза-частота тавсифномаси кириш ва чиқиш кучланишлари орасидаги силжиш бурчаги φ нинг частотага қандай боғланганлигини кўрсатади (3.24-расм, в). Бу тавсифнома кучайтиргич томонидан киритилган фазавий бузилишларни баҳолайди.

4.2. Кучайтиргичларнинг иш режимлари

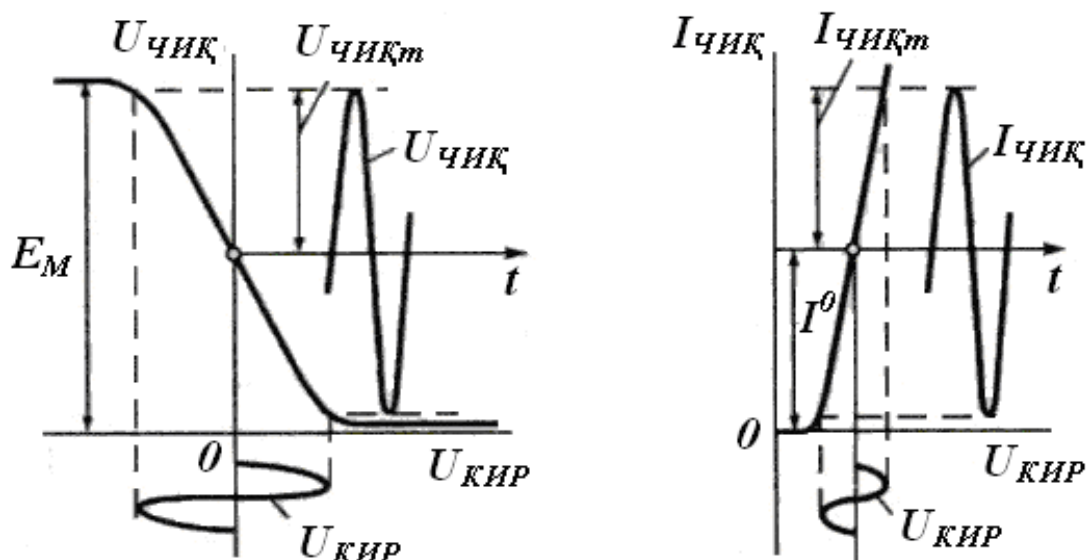
Иш нуқтасининг кириш тавсифномасида қандай жойлашишига қараб кучайтиргичлар А, В, АВ ва бошқа режимларда ишлаши мумкин.

Ушбу синфлар ФИКларининг максимал қийматлари ва ночизикли бузи-лишлар қийматлари билан бир-биридан фарқ қилади.

А синф кучайтиргичлар. А синф кучайтиргичларда сокинлик режимида ишчи нуқта узатиш характеристиканинг квазичизикли соҳаси ўртасида жойлашади (1.42, а ва б-расмлар). Ушбу режимда кириш сигнали-нинг тўлиқ даври давомида транзистор чиқиш занжиридан ток оқади. Ночизик бузилишлар минимал ($K_T \leq 1\%$), чунки кириш сигналининг иккала ярим даври узатиш характеристикасининг квазичизикли соҳасида ётади. Агар (1.2) формулага $U_{ЧИК.m} = 1/2 E_M$; $I_{ЧИК.m} = I_{УPT}$ қўйилса, ФИК қиймати $\eta = 1/4$, яъни 25 % ни ташкил этади.

а)

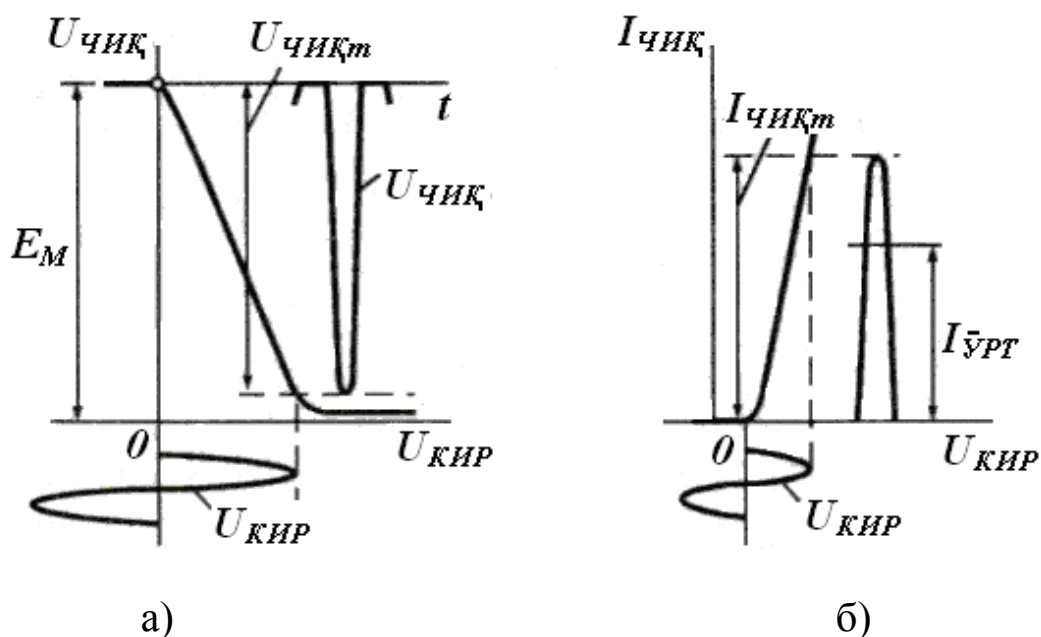
б)



1.42-расм. А синф кучайтиргичларнинг узатиш (а) ва ўтиш (б) характеристикалари.

А режим кучайтиргичларда η қйимати кичик бўлгани сабаб-ли, у кичик қувватли кириш каскадларда ишлатилади. Бундай кучайтиргичлар учун η ҳал қилувчи аҳамиятга эга эмас, уларда K_{Γ} муҳим ҳисобланади.

В синф кучайтиргичлар. Ушбу режимда ишчи нуқта транзисторнинг берк ҳолатига мос келувчи квазичизиқли соҳа чега-расида жойлашади. Бунда транзистор берк режимда бўлади (1.43, а ва б-расмлар). Транзистор чиқиш занжиридан ток фақат кириш сиг-нали ўзгаришининг ярим даврида оқади. Шунинг учун чиқиш куч-ланиши синусоидадан кескин фарқ қилади, яъни кўп сонли гар-моник ташкил этувчиларга эга бўлади.



1.43-расм. В синф кучайтиргичларнинг узатиш (а) ва ўтиш (б) характеристикалари.

Ҳисоблашлар кўрсатишича, В синф кучайтиргичларда сигнал амплитудасига боғлиқ бўлмаган ҳолда K_T 70 % га яқин бўлади, каскаднинг ФИК ни 0,7 гача олиб чиқиш мумкин. Шунинг учун ўрта ва катта қувватли кучайтиргичларда ишлатиш учун В синф афзалроқ.

Кириш сигналининг мусбат ва манфий ярим даврларини кучайтириш учун икки тактли схемалардан фойдаланилади. Икки тактли схема ҳар бири В синфда ишловчи иккита кучайтиргичдан иборат бўлади. В синф кучайтиргичларнинг кучайтирилган сигналларида сигнал бузилишлари катта бўлгани сабабли кучайтиргичларда В синф амалда ишлатилмайди.

В режимда иш нуқтаси шундай танланганганки, бунда *осойишталик токи* нолга тенг бўлади ($I_{\text{ко}}=0$). Кириш занжирига сигнал берилганда чиқиш занжиридан сигнал ўзгариш даврининг фақат ярмидагина ток ўтади. Чиқиш токи импульслар шаклида бўлиб, ажратиш бурчаги $\theta = \frac{\pi}{2}$ бўлади. В режимда чизиқли

бўлмаган бузилишлар кўп бўлади. Лекин бу режимда каскаднинг ФИК 60-70% ни ташкил қилади. Мазкур режимда, асосан икки тактли катта қувватли каскадлар ишлайди.

АВ синф кучайтиргичлар. АВ кучайтириш режимида ишчи нуқта беркитиш чегарасида эмас, балки ЭЎ тўғри (затвор-исток ўтиш тескари) силжитилган соҳада, А синфидагига қараганда анча кичик тоқларда бўлади.

ФИКи кичик бўлгани сабабли А синф микроэлектроникада кам ишлатилади. В ва АВ синфларнинг икки тактли кучайтиргич-лари кенг тарқалган.

АВ режими А ва В режимлар оралиғидаги режим бўлиб, чиқишда катта қувват олиш, шунингдек чизикли бўлмаган бузилишларни камайитиш мақсадида қўлланилади.

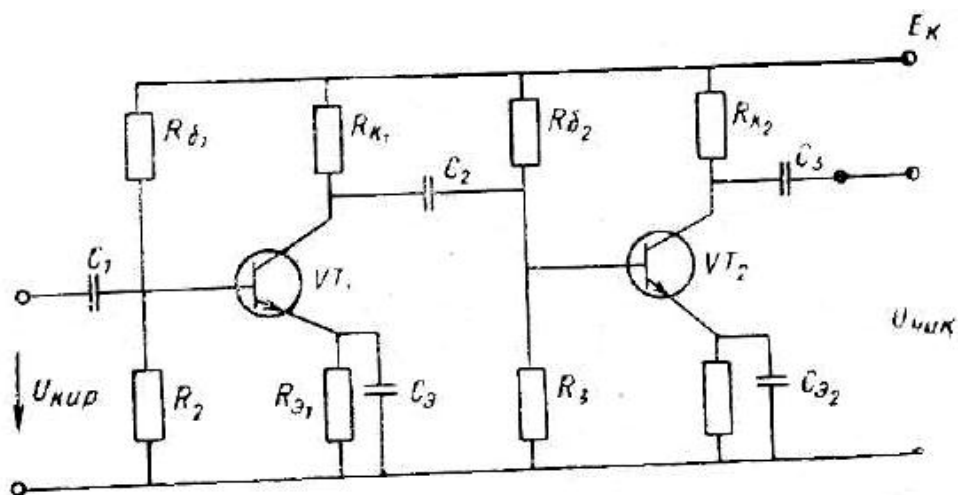
Д синф кучайтиргичлари. Улар импульсли қувват кучайтиргичларда ишлатилади. Д синф шунингдек, калит режим деб ҳам номланади. Ушбу ишчи режимда транзистор фақат очик ёки берк ҳолатда бўлиши мумкин. Шунинг учун бундай кучайтиргич каскаднинг ФИК бирга яқин бўлади.

Д синфда ишлаётган кучайтиргичнинг чиқиш кучланиши ҳамма вақт тўғри бурчакли импульс кўринишига эга бўлади ва кириш сигналининг кучайтирилиши ёки унинг давомийлиги ёки фазаси ўзгариши ҳисобига амалга ошади.

Кучайтиргичлар $U = 10^{-7} В$ кучланиш ва $I = 10^{-14} А$ тоқларни камайтира олади. Бундай сигналларни кучайтириб бериш учун битта каскад етарли бўлмагани учун бир нечта каскад ишлатилади. Улар бир нечта дастлабки кучайтириш каскади (каскад кучланишни кучайтириб беради) ва қувватни кучайтирувчи чиқиш каскадларидан иборатдир. Каскадлар бир-бири билан резистор (резистив

боғланиш), трансформатор (трансформаторли боғланиш), сиғим ва резистор (резистив-сиғим боғланиш) ва бошқа элементлари ёрдамида уланиши мумкин.

Резистив сиғим боғланишли каскадларнинг ишлаши билан танишиб чиқамиз. Бу каскадлар кенг тарқалган бўлиб, микросхема шаклида ҳам ишлаб чиқарилади (3.26-расм).



3.26-расм. Резистив сиғим боғланишли каскад

Кучайтиргич иккита умумий эмиртерли (УЭ) кучайтириш каскадидан иборат. Бу каскадлар C конденсатор орқали ўзаро боғланган. Мазкур конденсатор транзистор VT_1 нинг коллектор занжирига, транзистор VT_2 нинг база занжирига уланган. У биринчи транзистордан чиқаётган сигналнинг ўзгармас ташкил этувчисини иккинчи транзисторга ўтказмайди. Транзисторларнинг иш нуқталарини $R_{\delta 1}$ ва $R_{\delta 2}$ қаршиликлар таъминлаб беради. Иш нуқталарининг стабиллигини резистор ва конденсаторлар ($R_{\varepsilon 1}$, $C_{\varepsilon 1}$ ва $R_{\varepsilon 2}$, $C_{\varepsilon 2}$) таъминлаб беради.

Бир нечта каскадли кучайтиргичнинг кучайтириш коэффициенти ҳар бир каскад кучайтириш коэффицентларининг кўпайтмасига тенг:

$$K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \dots K_n.$$

Керакли кучайтириш коэффицентига кўра ва ҳар бир УЭ ли каскад кучланиш бўйича 10-20 марта, қувват бўйича эса 100 – 400 марта кучайтириб беришини ҳисобга олиб, каскадлар сони аниқлангандан кейин ҳар бир каскад алоҳида ҳисобланади. Дастлабки кучайтириш каскадлари А режимида

ишлайди. Каскадни ҳисоблаш қуйидаги тартибда бажарилади: Манба кучланиши E_k ва истеъмолчининг қаршилигига қараб,

$$U_{кэ.эс} \geq (1,1 \div 1,3) E_k$$

$$I_{хжс} > 2I_{и.мах} = 2 \frac{U_{чикмах}}{R_u}$$

бу ерда: $U_{кэ.эс}$ – коллектор-эмиттер ўтишидаги кучланишнинг жойиз қийматидир; $I_{кжс}$ – коллектор занжиридаги токнинг жойиз қиймати.

Юқоридаги шартларни қаноатлантирадиган транзистор танланади. Унинг чиқиш тавсифномасида иш нуқтаси аниқланади. Шу дастлабки иш нуқтасини таъминлаб берувчи база токи $I_{бо}$ ўтиш тавсифномасидан аниқланади ва R_b қаршиликка боғлиқ бўлади. Бу қаршилик қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$R_{b1} = \frac{U_{кэ} - (I_{ко} + I_B) R_э}{I_{бо}}$$

R_k ва $R_э$ қаршиликларни аниқлаш учун чиқиш тавсифномаларидан $R_{ym} = R_k + R_э$ аниқланади. $R_{ym} = E_k / I_k$, $R_э = (0,15-0,25) R_k$ деб ҳисоблаб,

$$R_k = \frac{R_{ym}}{1,1 \div 1,25},$$

$$R_э = R_{ym} - R_k$$

$$\text{Каскаднинг кириш қаршилиги: } R_{кир} = \frac{2U_{кирмах}}{2I_{бмах}}.$$

Агар база токи кучланиш бўлгичи орқали бериладиган бўлса, бўлгичнинг R_1 ва R_2 қаршиликлари қуйидагича аниқланади:

$$R_{12} \geq (8-12) R_{кир} \text{ ва } R_{12} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \text{ шартлардан } R_1 = \frac{E_k \cdot R_{12}}{I_{ко} R_э}; R_2 = \frac{R_1 \cdot R_{12}}{R_1 - R_{12}} \text{ ларни}$$

аниқлаймиз.

Ажратувчи конденсаторнинг сигими қуйидагича аниқланади:

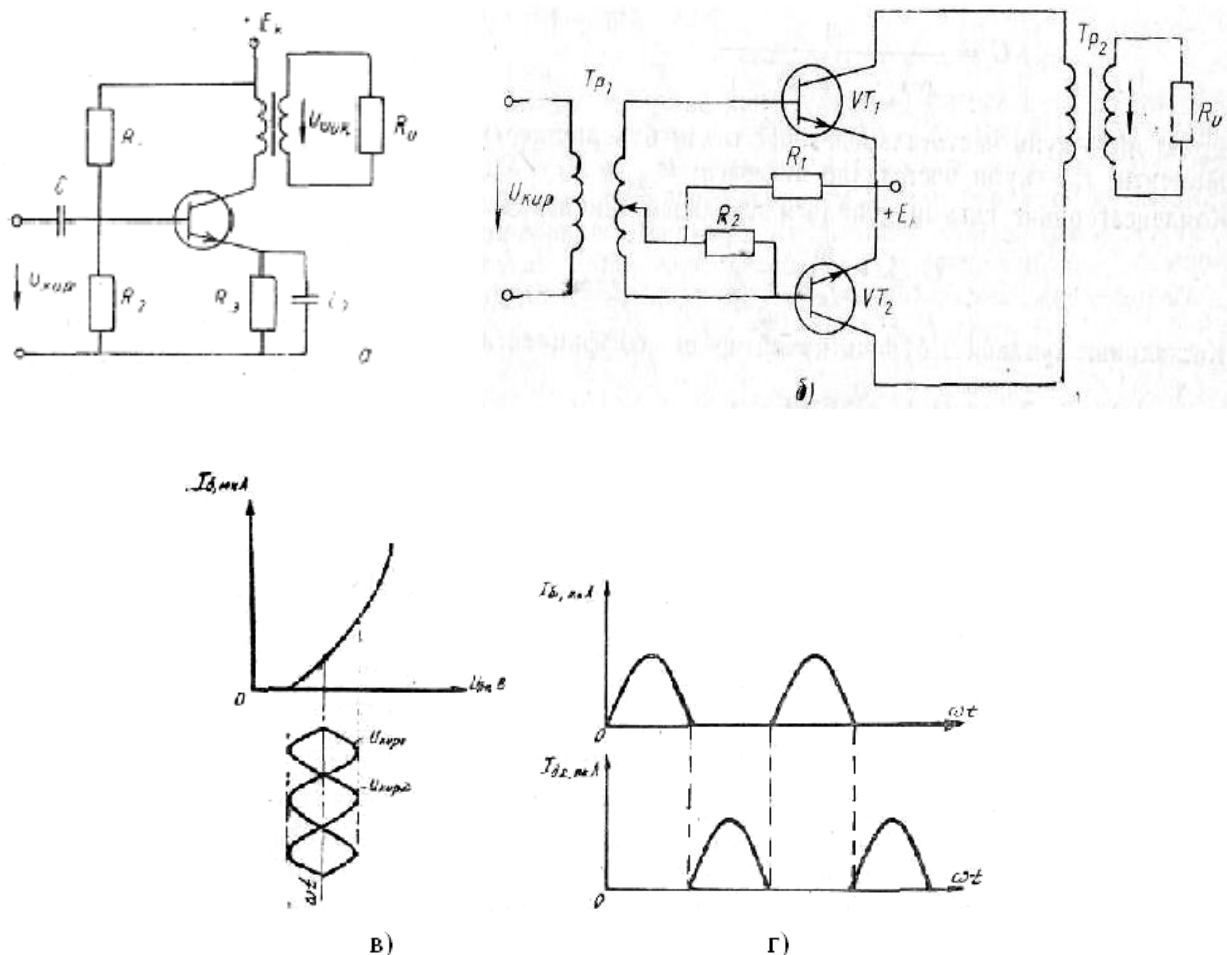
$$C = \frac{1}{2 f_k R_{чик} \sqrt{M_k^2 - 1}}$$

бу ерда: M_k – қуйи частоталардаги частотали бузилишлар коэффиценти; f_k – қуйи частоталар чегараси; $R_{чик} = R_k + R_u$.

Конденсаторнинг сифими куйидагича аниқланади: $C_3 \geq \frac{10}{2\pi f_k R_3}$.

Каскаднинг кучланиш бўйича кучайтириш коэффиценти: $K_u = \frac{U_{чикмах}}{U_{кирмах}}$.

Кучланишнинг каскади чиқиш каскадидир. Чиқиш каскади, асосан, қувватни кучайтириб беради ва бир тактли ёки икки тактли бўлади (3.27-расм)



3.27-расм. Кучланиш бўйича кучайтириш каскадлари ва унинг графиклари

Каскаднинг чиқишдаги сигнал трансформатор орқали кичик қаршиликка эга бўлган истеъмолчига узатилади. Коллектордаги кучланиш ўзиндукция ЭЮК ҳисобига $E_{кэ}$ дан икки катта бўлиши мумкин. Шунинг учун $E_{кэ} \leq U_{кэ.ж}/2$ қилиб олинади.

Каскаднинг чиқишдаги қуввати: $P_{чикмах} = 0,5 U_{k \max} \cdot I_{k \max} \cdot \eta_{тр}$,
бу ерда: $\eta_{тр}$ – трансформаторнинг ФИКи.

Кириш занжиридаги қувват ва кучайтириш коэффиценти:

$$P_{\text{кпр}} = 0,5 I_{\text{бmax}} U_{\text{бэmax}} \quad \text{ва} \quad K_p = \frac{P_{\text{чик}}}{P_{\text{кпр}}}$$

Трансформатор каскад чиқиш қаршилигининг истеъмолчининг кириш қаршилигига яхши мос тушишини ва қувватнинг узатилиши учун энг яхши шароит яратилишини таъминлайди. Трансформаторнинг трансформация коэффициенти қуйидагича аниқланади:

$$n = \sqrt{\frac{R_{\text{чик}}}{R_u}}$$

Агар кучайтиргич чиқишидаги қувват 20 Вт дан ортиқ бўлса, икки тактли симметрик схемалардан фойдаланилади. Бу схемадаги икки транзисторнинг ҳар бири В режимда ишлайди. Бундай схемаларнинг ФИКи 70-75% га етади. Тинч ҳолатда $I_{\text{б}} = 0$ ва бошланғич ҳолатда схема истеъмол қиладиган қувват

$$P_0 = 2 E_{\text{кэ}} I_{\text{бо}}.$$

Биринчи ярим даврда биринчи транзистор, иккинчи ярим даврда эса иккинчи транзистор ишлайди. Битта транзисторнинг чиқишдаги қуввати:

$$P'_{\text{чик}} = \frac{U_{\text{кmax}} \cdot I_{\text{кmax}}}{2} = \frac{(I_{\text{кmax}} - I_{\text{ко}}) E_{\text{кэ}}}{4}$$

Икки тактли каскаднинг чиқишдаги қувват:

$$P_{\text{чик}} = 2P'_{\text{чик}} = \frac{E_{\text{кэ}} (I_{\text{кmax}} - I_{\text{ко}})}{2}$$

4.3. Кучайтиргичларда тескари алоқа (боғланиш)

Кўпинча, кучайтиргичнинг барқарор ишлашини таъминлаш учун тескари боғланишдан фойдаланилади. Чунки занжирдаги сигнал маълум қисмининг кириш занжирига узатилиши *тескари боғланиш* деб аталади. Тескари боғланиш манфий ва мусбат бўлиши мумкин. Мусбат тескари боғланиш генератор каскадларида қўлланилади. Кучайтириш каскадларида манфий тескари боғланишдан фойдаланилади (мусбат тескари боғланиш кучайтиргичлар учун зарарлидир). Тескари боғланиш кучланиши чиқиш кучланишининг маълум қисмини ташкил қиладиган тескари боғланиш коэффициенти (β) билан характерланади. Тескари боғланиш кучайтиргичларда:

$$K = \frac{U_{\text{чик}}}{U_{\text{сигн.}}}$$

$$U_{\text{сигн.}} = U_{\text{кир}} - U_{\text{тб}} = U_{\text{кир}} - \beta U_{\text{чик}} = U_{\text{кир}} (1 - \beta K).$$

Демак,

$$K_{\text{тб}} = \frac{KU_{\text{кир}}}{U_{\text{сигн.}}} = \frac{KU_{\text{кир}}}{U_{\text{кир}}(1 - \beta K)} - \frac{K}{1 - K}$$

Тескари боғланиш манфий бўлганда $\beta < 0$ бўлади ва $K_{\text{тб}} = \frac{K}{1 + \beta K}$, яъни кучайтириш коэффиценти камаяди. Лекин кучайтиргичнинг частота ва фаза бузилишлари камаяди.

Тескари алоқа (ТА) деб, кучайтиргич чиқиш занжиридан кириш занжирига энергия узатишга айтилади. Чиқиш сигнали кучайтиргичнинг кириш занжирига тўлиқ ёки қисман узатилиши мумкин. Битта каскадни эгаллаган ТА **маҳаллий**, кўп каскадли кучайтиргични бутунлай эгаллаган ТА эса **умумий** деб аталади.

Умумий ҳолда ТА сигнали кириш сигналига қўшилиши ёки айирилиши мумкин. Шунга қараб, мос равишда, мусбат ва манфий ТАга ажратилади. Агар кучайтиргичнинг кириш сигнали ва ТА сигнали фазалари бир хил бўлса, ТА **мусбат**, агар π бурчакка фарқ қилса, яъни фазалари тескари бўлса, ТА **манфий** деб аталади.

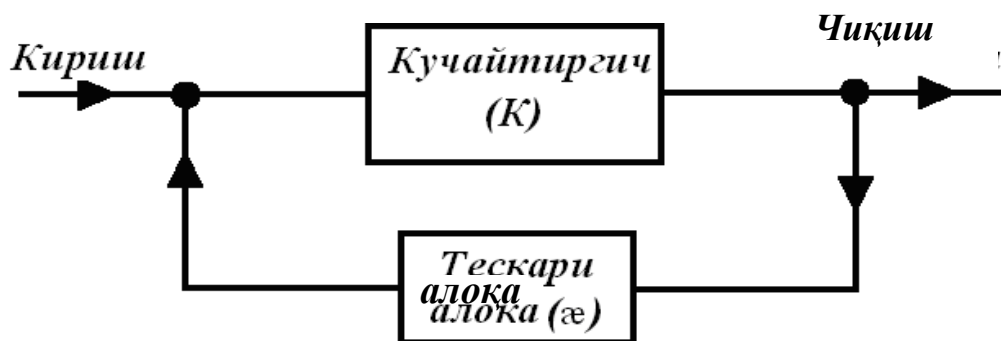
Манфий ТАнинг киритилиши, транзистор ишлаш шароити ўзгарганда, кучайтиргичнинг кучайтириш коэффиценти ва бошқа параметрлари барқарорлигини оширади. Бундан ташқари, манфий ТА кучайтиргичнинг ўтказиш полосасини ошириш имконини беради, ночизиқли бузилишлар даражасини пасайтиради.

Манфий ТА кучайтиргичларда, мусбат ТА эса электр сигналлар генераторларида ва махсус электрон қурилмаларда ишлатилади.

ТАли кучайтиргичнинг тузилиш схемаси 1.44-расмда келтирилган. Бу ерда, K – кучайтириш коэффициенти, ТА занжири ТА коэффициенти α билан ифодаланади. Чиқиш сигналинининг қандай қисми кучайтиргич киришига узатилаётганини α кўрсатади.

Кучайтиргичларда манфий ТАнинг турли кўринишларидан фойдаланилади. ТА занжири кучайтиргич **чиқишига** қандай уланганига мос равишда кучланиш бўйича ва ток бўйича ТА амалга оширилади.

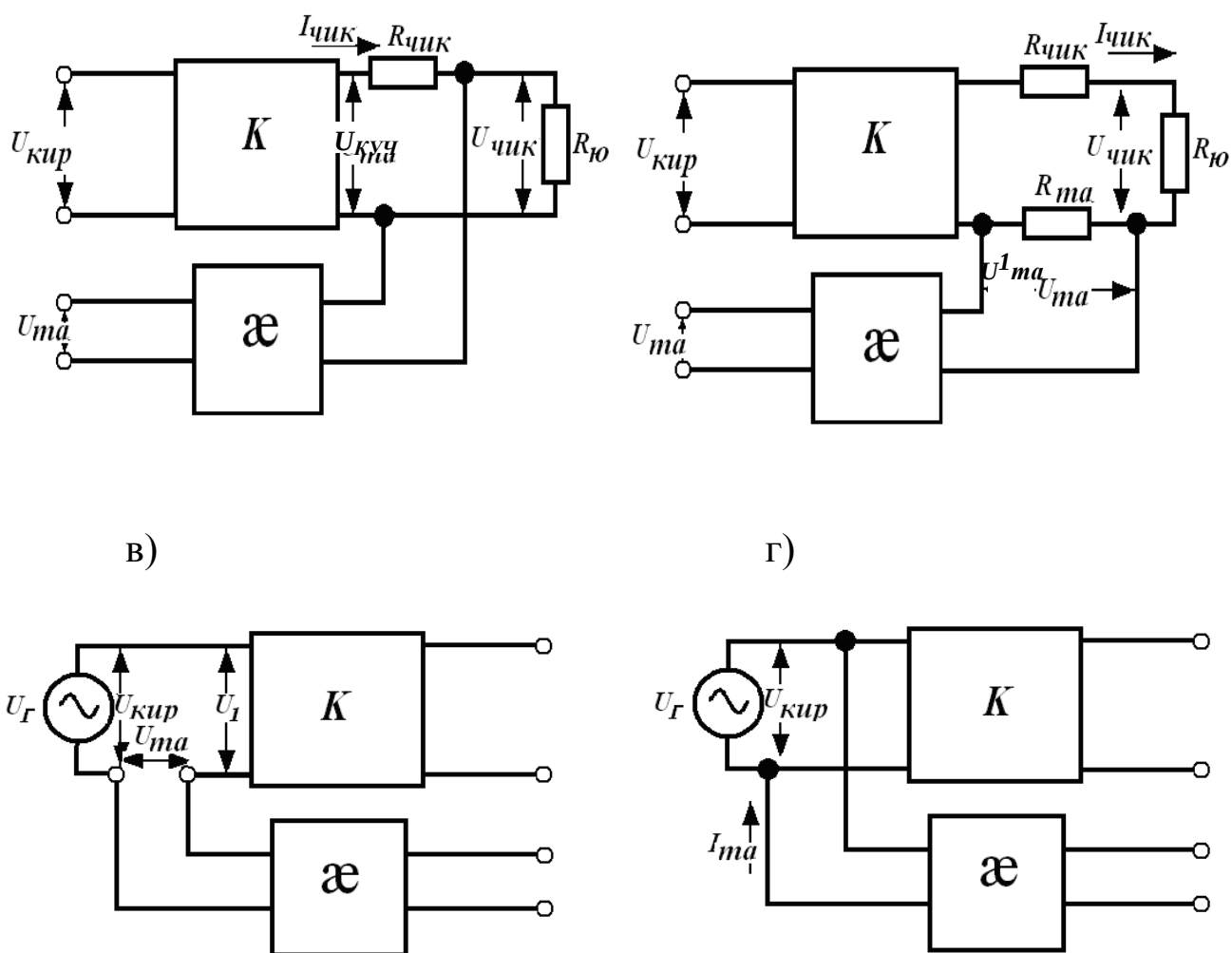
- **кучланиш бўйича** ТА амалга оширилганда ТА занжири схема чиқишига юклама билан параллель уланади (1.45, а-расм). Бун-да ТА кучланиши кучайтиргич $R_{Ю}$ юкламасидаги кучланишга пропорционал бўлади;



1.44-расм. ТАли кучайтиргичнинг тузилиш схемаси.

а)

б)



1.45-расм. Чиқишда: кучланиш бўйича (а), ток бўйича (б) ва киришда: кетма-кет (в) ва параллель (г) манфий ТА турлари.

- **ток бўйича** ТА амалга оширилганда ТА занжири схема чиқишига $R_{\text{ю}}$ билан кетма-кет уланади (1.45, б-расм). Бунинг учун чиқиш занжирига махсус $R_{\text{ТА}}$ резистор уланади, бу резистордаги кучланиш пасайиши $R_{\text{ю}}$ юкламадаги чиқиш токига пропорционал бўлади.

ТА занжирининг кучайтиргич **киришига** уланиш усулига мос равишда кетма-кет ва параллель ТАларга ажратилади:

- **кетма-кет уланган** ТА амалга оширилаётганда ТА занжири кучайтиргичнинг кириш томонидан сигнал манбаига кетма-кет уланади (1.45, в-расм);

- **параллель уланган** ТА амалга оширилаётганда ТА занжири кучайтиргичнинг кириш томонидан сигнал манбаига параллел уланади (1.45, г-расм).

Манфий ТА сигналларини кириш занжирига узатиш усулига қараб унинг турини қуйидаги амалий маслаҳатлар ёрдамида осон аниқлаш мумкин. Агар ТА сигнали транзистор эмиттерига (истокка) узатилса, алоқа кетма-кет, агар базага (затворга) узатилса, алоқа параллел амалга оширилган бўлади.

Комбинацияланган (аралаш) ТА: бир вақтда ҳам ток, ҳам кучланиш бўйича ТА ҳамда бир вақтда кетма-кет ва параллель ТА бўлиши мумкин. Турли кўринишдаги манфий ТАга эга кучайтиргичларнинг тўлиқ тузилиш схемаси келтирилган тўртта расмдан иккитасини ишлатган ҳолда ҳосил қилинади.

Манфий ТА кучайтиргич параметрларига қандай таъсир кўрсатишини кўриб чиқамиз.

Кучайтириш коэффиценти. Кучайтиргичда кучланиш бўйича манфий ТА мавжуд бўлсин (1.45, в-расм). Кейинги ифода-ларда, кириш ва чиқиш токлари ҳамда кучланишлар ўзларининг ўзгарувчан ташкил этувчилари билан кўрсатилган.

$$U_{ТА} = \alpha U_{ЧИҚ}. \quad (1.3)$$

ТА кучланиши кириш кучланишидан айирилади, шунинг учун

$$U_1 = U_{КИР} - U_{ТА} = U_{КИР} - \alpha U_{ЧИК} \quad (1.4)$$

$$\text{ёки} \quad U_{КИР} = U_1 + \alpha U_{ЧИК}. \quad (1.5)$$

Агар ТА мавжуд бўлмаса, $U_{КИР} = U_1$ ва кучайтиргичнинг кучланиш бўйича кучайтириш коэффициенти

$$K_U = U_{ЧИК} / U_{КИР}. \quad (1.6)$$

Манфий ТА мавжуд бўлганда (1.5) ни эътиборга олган ҳолда, қуйидагига тенг бўлади:

$$K_{УТА} = U_{ЧИК} / U_{КИР} = U_{ЧИК} / (U_1 + \alpha U_{ЧИК}).$$

(1.6)ни эътиборга олган ҳолда манфий ТА мавжуд бўлганда кучайтириш коэффициенти

$$K_{УТА} = K_U / (1 + \alpha K_U). \quad (1.7)$$

(1.7)дан кучланиш бўйича манфий ТАда кучайтириш коэффициенти камайиши кўриниб турибди, лекин бир вақтнинг ўзида унинг қиймати барқарорлашади. $\alpha K_U = 100$ бўлганда K_U нинг қий-мати қандайдир сабабларга кўра 50 % га ошсин, лекин бунда $K_{УТА}$ бор-йўғи 0,2 % га ошади.

$1 + \alpha K_U = F$ йиғинди **манфий ТАнинг чуқурлиги** деб аталади. Агар манфий ТАда $\alpha K_U \gg 1$ бўлса, бундай ТА **чуқур манфий ТА** деб

аталади. Чуқур МТАда кучайтириш коэффиценти қуйидагича бўлади:

$$K_{UTA} \approx 1/\alpha . \quad (1.8)$$

(1.8) дан жуда муҳим хулоса чиқади. $F > 10$ бўлганда **K_{UTA} фақат ТА узатиш коэффиценти α билан аниқланади** ва ТАСиз ҳолдаги кучайтириш коэффиценти K_U га боғлиқ бўлмайди. Бу, K_{UTA} га температура, параметрлар тарқоқлиги, радиацион нурланиш, эскириш каби омиллар таъсир этмаслигини англатади. Шу-нинг учун манфий ТА киритилганда кучайтириш коэффиценти камайса ҳам, турли кучланиш кучайтиргичларда кенг қўлланилади.

Ток кучайтиргичларда асосан, ток бўйича параллел манфий ТА қўлланилади (1.45, г-расм). Бунда ТА кучланиши U_{TA} , қўшимча резистор R_{TA} орқали оқувчи, ТА токи I_{TA} ни ҳосил қилади. Кучайтиргичнинг кириш занжирида I_{TA} ва кириш сигнали токи қўшилади. $U_{TA} = I_{ЧИК} \cdot R_{TA}$, ток бўйича тескари алоқа коэффиценти эса $\alpha_I = I_{TA} / I_{ЧИК} \approx R_{TA} / R_{Ю}$. Ток бўйича манфий ТА чуқурлиги $F_I = 1 + \alpha K_I$ га тенг.

Ток бўйича параллел манфий ТА асосан, ток кучайтиргичларда қўлланилгани сабабли, ток бўйича кучайтириш коэффиценти K_{ITA} га унинг таъсирини кўриб чиқамиз. (1.7)га ўхшаб

$$K_{ITA} = K_I / (1 + \alpha_I K_I) = K_I / F_I, \quad (1.9)$$

топамиз, бу ерда, K_I – манфий ТАга эга бўлган кучайтиргичнинг ток бўйича кучайтириш коэффиценти.

Кучланиш бўйича манфий ТАда $K_{УТА}$ барқарорлашса, параллел манфий ТА да $K_{ИТА}$ барқарорлашади. Бундан ташқари, температура, параметрлар тарқоқлиги ва бошқа ташқи омилларнинг $K_{ИТА}$ га таъсири камаяди. Чуқур параллел манфий ТАда (1.9) ифода $K_{ИТА} = 1 / \alpha_I = R_{Ю} / R_{ТА}$ кўринишга келади, яъни ток бўйича кучайтириш коэффициенти фақат иккита резистор қийматлари нисбати билан аниқланади.

Манфий ТАли кучайтиргичнинг **кириш қаршилиги** $R_{КИР.ТА}$ ТА сигналини кириш занжирига узатиш усули билан аниқланади ва ТА сигналининг олинисх усулига боғлиқ бўлмайди.

Кучайтиргичга кучланиш бўйича кетма-кет МТА киритилган-да унинг киришига кириш сигнали билан ТА сигнали айирмасига тенг $(U_{КИР} - U_{ТА})$ сигнал таъсир этади. Бу кириш токининг амалда камайишига (яъни кучайтиргич кириш қаршилигининг ортишига эквивалент) олиб келади. Бунда $R_{КИР.ТА}$ ни $R_{КИР.ТА} = (U_{КИР} + U_{ТА}) / I_{КИР}$ кўринишида ёзиш мумкин. $U_{ТА} = \alpha K_U U_{КИР}$ бўлгани учун, ўзгартиришлардан кейин

$$R_{КИР.ТА} = (U_{КИР} / I_{КИР}) (1 + \alpha K_U) = R_{КИР} F \quad (1.10)$$

ни топиш мумкин. Ушбу ифодадан кучланиш бўйича манфий ТА кучайтиргичнинг кириш қаршилигини F марта ошириши кўриниб турибди. Кучланиш бўйича чуқур манфий ТА катта ички қаршиликка эга кириш сигнали манбаларидан (датчикларидан) ишлай-диган кучайтиргичларнинг кириш каскадларида ишлатилади.

Кучайтиргичга параллел манфий ТА киритилганда унинг кириш занжирида кириш сигнали манбаи ва ТА токлари қўшилади. Натижада, кириш кучланиши манбаидан олинаётган ток ортади

(кириш қаршилигининг камайишига эквивалент). Параллел манфий ТА учун қуйидагини ёзиш мумкин:

$$R_{КИР.ТА} = R_{КИР} / F_I. \quad (1.11)$$

Шундай қилиб, кетма-кет манфий ТАга нисбатан параллел манфий ТА $R_{КИР.ТА}$ ни камайтиради, $R_{КИР.ТА}$ ток бўйича манфий ТА чуқурлигига тескари пропорционал.

Манфий ТАли кучайтиргич **чиқиш қаршилиги** ТА сигнали қайси усулда олинишигагина боғлиқ ва ушбу сигнал қандай қилиб унинг кириш занжирига киритилганига боғлиқ эмас.

Аввал кучланиш бўйича манфий ТА занжири киритилган ҳол-ни кўриб чиқамиз. 1.45, а-расмга мувофиқ

$$R_{ЧИК.ТА} = U_{ЧИК} / I_{ЧИК}; \quad U_{ЧИК} = U_{ТА} - I_{ЧИК} R_{ЧИК};$$

$$U_{ТА} = K_U U_{КИР} = K_U (-\varepsilon U_{ЧИК}) \quad \text{ёки} \quad U_{ЧИК} = -I_{ЧИК} R_{ЧИК} / (1 + \varepsilon K_U) .$$

Манфийлик белгиси юклама токи $I_{ЧИК}$ нинг мусбат орттирмалари кучайтиргич кучланишининг тескари томонга ўзгаришига олиб келади. Бундан, минус ишорани ташлаб юборган ҳолда,

$$R_{ЧИК.ТА} = R_{ЧИК} / (1 + \varepsilon K_U) = R_{ЧИК} / F \quad (1.12)$$

ни ҳосил қиламиз. Бундан, кучланиш бўйича кетма-кет манфий ТА чиқиш қаршилигини F марта камайтиришини аниқлаш мумкин. Шундай қилиб, МТА қанчалик чуқур бўлса, $R_{ЧИК.ТА}$ шунчалик кичик бўлади. Бу чиқиш кучланишининг $R_{Ю}$ га боғлиқлигини сезиларли

даражада камайтириш имконини бергани сабабли, кучла-ниш кучайтиргичларда муҳим рол ўйнайди.

Энди чиқиш токи бўйича МТА киритилган ҳолни кўриб чиқамиз. 1.45, б-расмга мувофиқ, чиқиш токи ўзгариши билан, кучайтиргичнинг кириш кучланиши

$$U_{КИР} = - U_{ТА} = I_{ЧИҚ} R_{ТА} \cdot \kappa$$

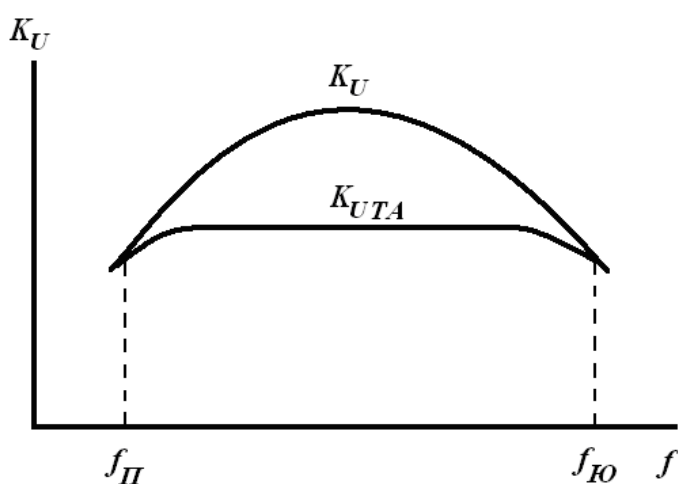
ифода билан аниқланади. Юқоридаги каби ўзгартиришларни бажариб

$$R_{ЧИҚ,ТА} = R_{ТА} K_U \kappa + R_{ЧИҚ}. \quad (1.13)$$

ни топамиз. Шундай қилиб, чиқиш токи бўйича манфий ТА занжири киритилиши кучайтиргич чиқиш қаршилигини *оширади*.

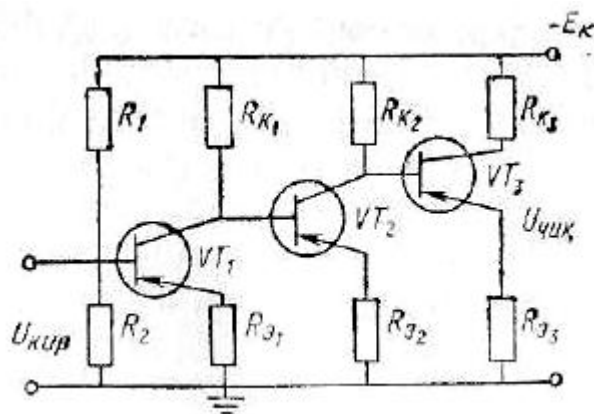
Манфий ТА кучайтиргич АЧХсини кенгайтириш учун кенг ишлатилади. Манфий ТАга эга бўлмаган кучайтиргичнинг АЧХси K_U ва $K_{U,ТА}$ учун 1.46-расмда кўрсатилган. $K_{U,ТА}$ ҳисоби (1.11) ёрдамида амалга оширилган. $\kappa = \text{const}$ бўлгани учун $K_{U,ТА}$ қиймати K_U билан аниқланади. Сигнал частотаси оғишганда, яъни $f_{Ю} < f < f_{П}$ бўлганда, K_U камаяди. K_U нинг камайиши кучайтиргич чиқиш куч-ланишининг камайишига олиб келади. Лекин, бунда ТА кучланиши $U_{ТА} = K_U U_{ЧИҚ}$ қиймати ҳам камаяди. Бу кучайтиргич кириш кучланишининг ўзгармас қийматларида чиқиш кучланишининг реал қийматларини оширади. Натижада, частотанинг бирор қийматигача $K_{U,ТА}$ қиймати секин ўзгаради ва кенг ўтказиш полосали АЧХ юзага келади. Манфий ТА ёрдамида кучайтиргичдаги *ночизиқли бузилиш-лар* ва *ҳалақитлар камайтирилади*. Гап шундаки, ҳосил бўлиш табиати-дан

қатъи назар, кучайтиргич чиқишидаги ҳар қандай сигнал F марта камаяди. Натижада, транзистор ишлаши актив элемент ВАХининг кичик соҳасида амалга ошади ва гармоникалар коэффицентининг камайишига олиб келади. Физик томондан бу, манфий ТА кучай-тиргич ВАХнинг нозизиқлиги кичик соҳаларида ишлашини таъмин-лашини англатади. Манфий ТАли кучайтиргич учун нозизиқли бузи-лишлар коэффиценти $K_{Г.ТА}$ учун $K_{Г.ТА} \approx K_{Г} / F$ ёзиш мумкин.



1.46-расм. МТА сиз (K_U) ва МТАли ($K_{U.ТА}$) кучайтиргич АЧХлари.

Р, қаршилиги тескари боғланиш занжири бўлиб. чиқиш занжиридаги кучланишни қисман кириш занжирига узатади. Шунинг ҳисобига бошланғич иш нуқтасининг параметрлари стабиллашади. Юқорида кўриб чиқилган каскадларнинг барчаси синусоидал ўзгарувчан кучланишни кучайтириб беради. Айрим ҳолларда йўналиш жиҳатдан ўзгармай, фақат қиймати секин ўзгарувчи сигналларни ҳам кучайтириш талаб қилинади. Бундай ҳолларда галваник боғланган ўзгармас ток кучайтиргичларидан фойдаланилади.



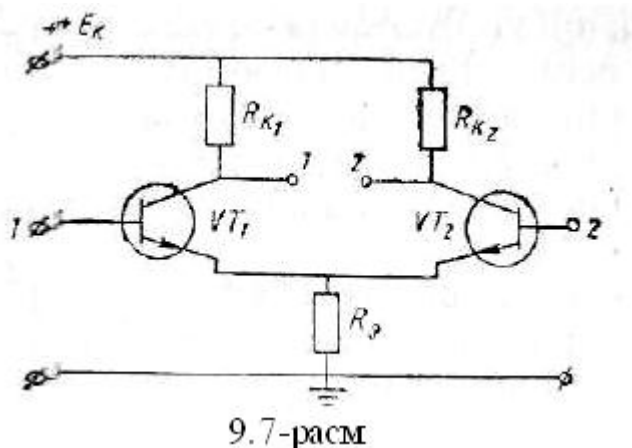
3.28-расм Уч каскадли ўзгарувчи сигналлар кучайтиргичи.

3.28-расмда аста-секин ўзгарувчи сигналлар кучайтиргичи кўрсатилган. Кучайтиргич уч каскаддан иборат. Ҳар бир каскад УЭ схема бўйича йиғилган. Ажратувчи конденсаторлар бўлмагани учун ҳар бир каскаднинг ўзгармас ташкил этувчиси кейинги каскаднинг базасига узатилади ва шунинг мазкур ташкил этувчи компенсацияланиши керак. Олдинги каскаднинг ўзгармас ташкил этувчисини компенсациялаш учун кейинги каскаднинг $R_{Э}$ қаршилигидан олинувчи ўзгармас кучланишдан фойдаланилади. Транзисторлар (VT_2 ва VT_3) нинг база-эмиттер нормал кучланишларини $R_{Э2}$ ва $R_{Э3}$ қаршиликлар таъминлаб беради. Транзистор VT_1 нинг осойишталик режимини R_1 ва R_2 кучланиш бўлган ва $R_{Э1}$ қаршиликлар таъминлайди.

$R_{Э1}$, $R_{Э2}$, ва $R_{Э3}$ қаршиликлар ток бўйича манфий тескари боғланишни ҳосил қилиб, кучайтиргич нолининг кўчишини камайтиради. Кучайтиргич нолининг кўчиши деб чиқиш сигнали кириш сигналига боғлиқ бўлмаган ўзгаришига айтилади. Кўчишнинг асосий сабаби манба кучланишининг, атроф-муҳитнинг ҳарорати ва схема параметрларининг ўзгаришидир. Кўчиш кучланиши сигнал кучланиши билан тенглашиб сигналнинг анча бузилишига олиб келиши мумкин. Ноль кўчишини камайтириш мақсадида параллел-баланс ёки дифференциал каскадлардан фойдаланилади.

Икки сигнал фарқини кучайтирувчи қурилма *дифференциал кучайтиргич* дейилади. Чиқишдаги сигнал ҳар бир кириш сигналига эмас, балки уларнинг

айирмасига боғлиқдир. Энг оддий дифференциал кучайтиргич умумий эмиттер қаршилиқ уланган иккита бир хил транзистор асосида қурилади (3.29-расм).

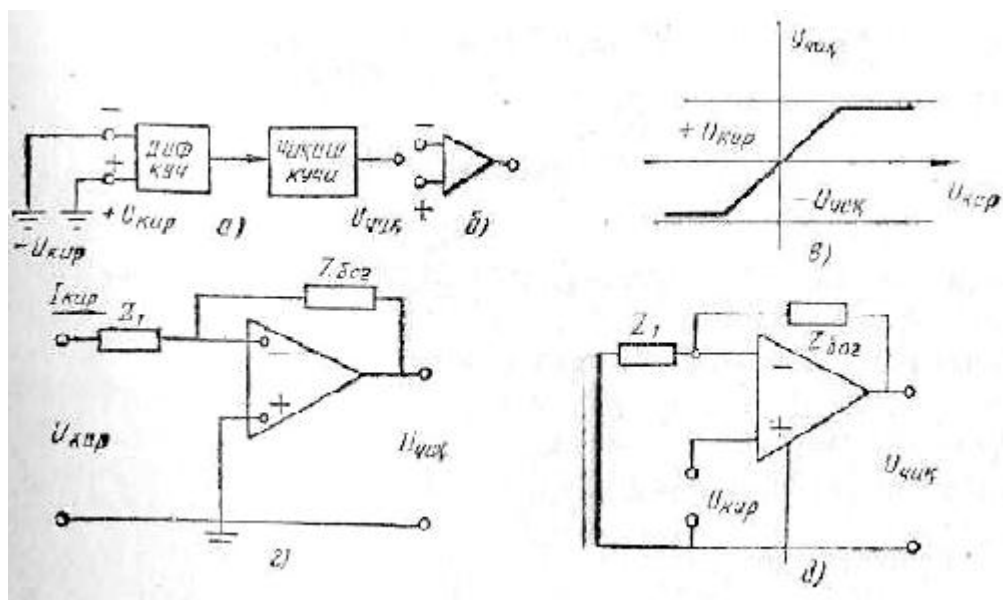


3.29-расм Дифференциал кучайтиргичнинг уланиш схемаси.

Кириш кучланишлари транзисторлар (VT_1 ва VT_2) нинг база-эмиттер ўтишига берилади. Бу кучланишларнинг айирмаси бир неча милливольтдан ортмаса, кучайтиргич ВАХ нинг чизиқли қисмида ишлайди. Унинг кучайтириш коэффициенти 100 га яқиндир. Чиқиш қисмилари 1' ва 2' дан чиқиш кучланиши олинади. Кучайтиргичнинг узатиш коэффициенти:

$$K(p) = \frac{U_{\text{чик}} \cdot 1' \cdot 2'}{U_{\text{кир1}} - U_{\text{кир2}}}$$

Кучайтирилганда бир хил транзисторларни топиш жуда қийин. Шу сабабдан микросхема асосида тузилган дифференциал кучайтиргич каскадларидан фойдаланилади. К118УЛ1 шундай схемаларнинг намунаси бўла олади. Ўзгармас ток кучайтиргичлари асосида турли математик операцияларни бажарувчи операцион кучайтиргичлар қуриш мумкин. Операцион кучайтиргичлар (ОК) юқори кучайтириш коэффициенти, катта кириш ва чиқиш қаршилиги билан характерланади.



3.30-расм. Операцион кучайтиргич схемаси ва тавсифномаси.

ОК кириш дифференциал кучайтиргичларидан иборатдир (3.30-расм). Кучайтиргич инвенторловчи (-) ва инверсион (+) киришга эгадир. Схемаларда ОК учбурчак тарзидан ифодаланади (3.30-расм, а). Сигнал қайси киришга берилганига қараб ОК инвенторловчи ёки инверсион усулларда уланади.

Инвенторловчи усулда кириш кучланиши ОК нинг инверсион киришига берилади (3.30-расм, в), инверсион кириш эса ноль потенциалга эгадир.

Кириш токи:

$$I_{kir} = \frac{U_{kir} - 0}{Z_1}$$

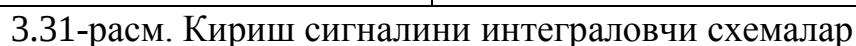
Чиқиш кучланиши:

$$U_{chik} = -I_{kir} Z_{602}$$

Кучланиш узатиш коэффициенти:

$$K(p) = \frac{U_{chik}}{U_{kir}} = \frac{-I_{kir} Z_{602}}{I_{kir} Z_1} = -\frac{Z_{602}}{Z_1}$$

Бундай узатиш коэффициенти идеаллаштирилган ОК га хосдир. $R_{kir} = \infty$, $R_{chik} = 0$ ва кучланиш кучайтириш коэффициенти $K = \infty$ деб ҳисобласак, ОК идеаллаштирилган бўлади. Аслида, реал ОК ларнинг узатиш коэффициенти $K(p)$ идеал ОК нинг $K(p)$ идан тахминан 0,03% га фарқ қилади.

$$U_{m\bar{o}} = \beta U_{uK}, \quad \beta = \frac{Z_1}{Z_1 + Z_{\bar{\rho}\rho_2}}$$
$$U_{\text{кшр}} = U'_{\text{кшр}} - U_{\text{тб}}$$
$$U_{qIK} = K(U_{KIP} - \beta U_{qIK})$$
$$U_{\text{чик}} = \frac{KU_{\text{кпр}}}{1 + \beta K}$$
$$K = \frac{U_{\text{чик}}}{U_{\text{кир}}} = \frac{KU_{\text{кир}}}{(1 + \beta K)U_{\text{кир}}} = \frac{K}{1 + \beta K} = \frac{1}{\frac{1}{K} + \beta} = \frac{1}{\beta} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1}{\beta K}}, \quad \beta K \gg 1 \text{ б\у\лганида } K = \frac{1}{\beta}$$


104

$$i = \frac{u'_{kir}}{R}$$

Бу ток конденсатордан ўтиб, уни зарядлайди ва u_c кучланишни ҳосил қилади (ушбу кучланиш чиқиш кучланишидир):

$$u_c = -\frac{1}{RC} \int_0^1 u'_{kir} dt$$

Дифференциалловчи кучайтиргичда кириш занжирига конденсатор C ни, боғланиш занжирига резистор R ни улаймиз (3.31,б-расм). Кириш кучланиши конденсаторни зарядлайди ва ундаги кучланиш кириш кучланишига тенг бўлади:

$$u_c = u'_{kir}.$$

Конденсатордан ўтаётган ток

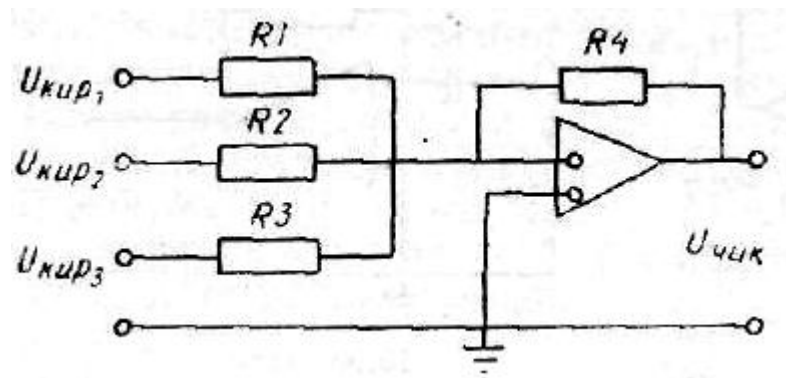
$$i = C \frac{du'_{kir}}{dt}$$

Бу ток кучайтиргичга бормай, R қаршиликдан ўтиб, унда кучланиш пасайишини ҳосил қилади:

$$u_{чик} = -iR = -RC \frac{du'_{kir}}{dt}$$

ОК сумматор сифатида ишлатилганда бир нечта кириш кучланишларининг йиғиндисини аниқлаш операциясини бажаради. Бунда ОК нинг инвенторловчи киришига қўшиладиган сигналлар берилади, чиқишдан эса уларнинг йиғиндиси олинади. 3.32-расмда жамловчи ОК нинг схемаси кўрсатилган. Кирхгофнинг биринчи қонунига биноан A тугундаги тоklar йиғиндиси 0 га тенг:

$$i_{kir1} + i_{kir2} + i_{kir3} - i_{kir4} = 0.$$



3.32-расм. Жамловчи операцион кучайтиргичнинг схемаси

Токларни кучланишлар орқали ифодаласак,

$$\frac{u_{kup1}}{R_1} + \frac{u_{kup2}}{R_2} + \frac{u_{kup3}}{R_3} = \frac{u_{чик}}{R_4} = 0$$

Бундан,

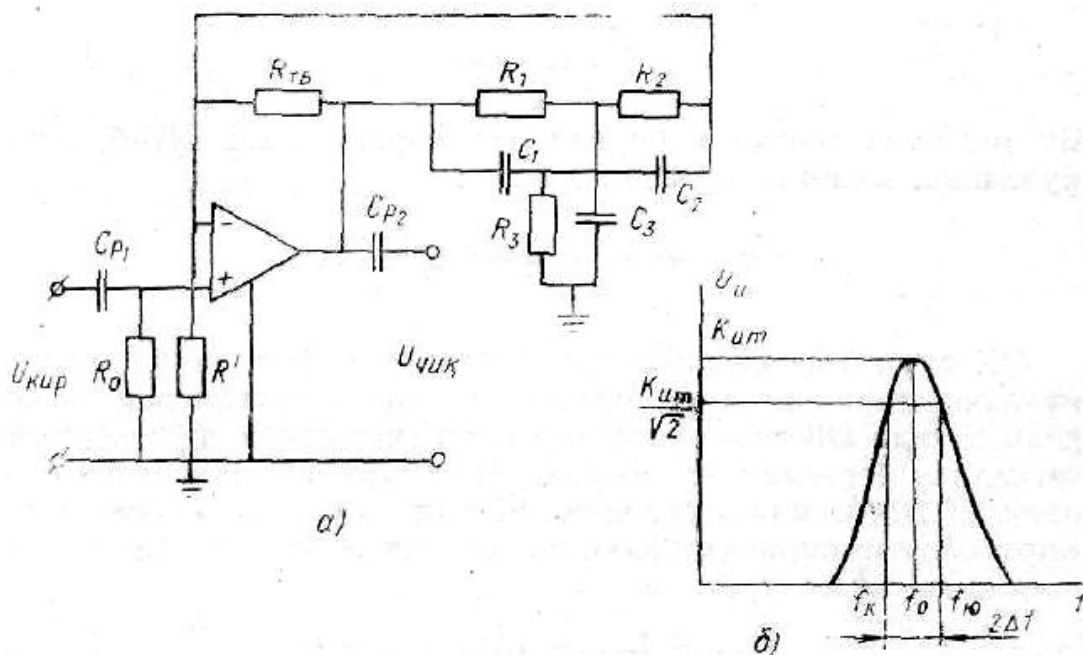
$$u_{чик} = \frac{u_{kup1}}{R_1} \cdot R_4 + \frac{u_{kup2}}{R_2} \cdot R_4 + \frac{u_{kup3}}{R_3} \cdot R_4 \quad \text{ҳосил бўлади.}$$

Бундан ташқари, ОК лар логарифмлаш, потенцирлаш ва бошқа операцияларни ҳам бажара олади. Улар радиоэлектроника схемаларида ҳам кенг қўлланилади.

ОК нинг тескари боғланиш занжирига иккиланган Т-симон RC-кўприкли занжир ўрнатилса, схема юқори частота ажратиш хусусиятига эга бўлади. 3.33-расмда частота кучайтиргичнинг схемаси ва амплитуда частотаси тавсифнома-си кўрсатилган. Созлаш частотаси деб аталувчи $f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$ частотада кучланишни узатиш коэффициенти $\beta = \frac{U_{чик}}{U_{куп}}$ камайиб кетади. Бунда тескари боғланиш таъсири камайиб, кучайтиргичнинг кучайтириш коэффициенти ($K_{и\text{ тб}}$) шу каскаднинг тескари боғланишда бўлмагандаги коэффициенти ($K_{и\text{ мах}}$) га тенглашади.

Созлаш частотаси (f_0) дан фарқ қилувчи частоталарда тескари боғланиш коэффициенти бирга яқинлашиб, чиқишдаги сигнал бутунлай киришга берилади. Кучайтиргичнинг кучайтириш коэффициенти жуда кичик бўлади. Айрим

частоталар ва частоталар доирасида кучайтирувчи кучайтиргичлар *частота ажратувчи кучайтиргичлар* дейилади. Бундай кучайтиргичларнинг юқори ва қуйи частоталар нисбати $I_{ю}/I_{к}$ бирга яқин, яъни 1,001 дан 1,1 гача бўлади. Частота ажратувчи кучайтиргичлар радиотехника, телевидение, кўп каналли алоқа тизимларида кенг қўлланилади.



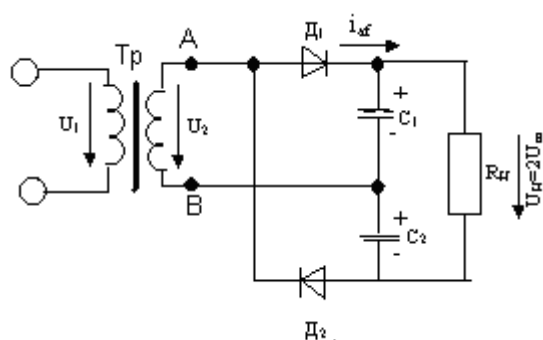
3.33-расмда частота кучайтиргичнинг схемаси

Манбадан тарқаладиган электр сигимлар (товуш, видеоимпульслар) частотасига созланган частота ажратувчи кучайтиргич фақат шу частотадаги сигналнигина кучайтириб беради. Юқорида кўриб чиқилган схемамиз товуш ва саноат частоталарида ишлайди ва частота ажратиш учун унинг RC занжири параметрлари. $R_1 = R_2 = R_3$, $R_3 = R/2$, $C_1 = C_2 = C_3$ ва $C_3 = 2C$ шартларни қаноатлантириши керак. Юқори частотали ажратувчи кучайтиргичларда оддий кучайтиргичнинг коллектор занжирига LC контур уланади, LC резонанс режимида ишлайди.

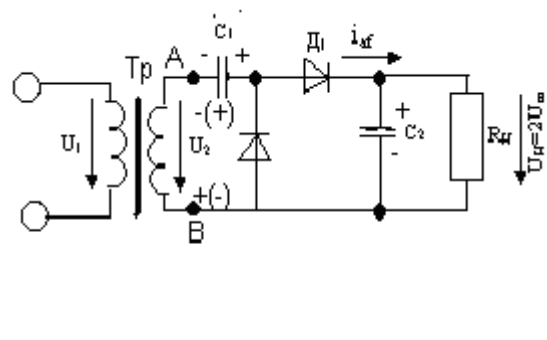
$$I_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \text{ частотада кучайтиргичнинг кучайтириш коэффициенти максимал қийматга эга бўлади.}$$

3.4.1. Кучланиш кучайтиргичлари

Кучланиш кучайтиргичлари қурилма чиқишида қурилма киришидагидан бир неча баробар кўп кучланиш олишда қўлланилади. Охирги вақтларда бу ускуналар жуда кўп қўлланилмоқда, чунки улар юқори кучланиш трансформаторларини ўрнини босади. Бундай алмаштиришда ўлчамлар ва массадан ютилади. 3.34-расмда кучланишни параллел икки баробар оширувчи ускуна схемаси келтирилган. У трансформаторнинг битта иккиламчи чулғамига уланган иккита бир ярим даврли тўғирлагич кўринишидадир. Агар А нукта мусбат потенциал, В нукта манфий потенциалга эга бўлганда D_1 диод очик, D_2 диод ёпик бўлади. Бу вақтда C_1 конденсатор очик бўлган D_1 диод орқали $U_{ст}$ амплитуда қийматигача зарядланади. Кейинги ярим даврда В нукта мусбат, А нукта манфий потенциалга эга бўлади, D_1 диод ёпик, D_2 диод эса очик бўлади. Бу ярим даврда D_2 диод C_2 конденсаторни зарядлайди. C_1 ва C_2 конденсаторлар чиқишга нисбатан кетма-кет уланган бўлади. Конденсаторлардаги кучланиш қутбланиши шундайки, разрядланиш вақт доимийси $\tau_{разр} = CR_{\text{Ю}} \geq T/2$ (бу ерда $C = C_1 = C_2$, T - кириш кучланиш даври) бўлганда ускунанинг чиқиш кучланиши трансформаторнинг иккиламчи чулғамининг кучланишининг иккиланган қийматига тенг бўлади. 3.35-расмда кучланиш икки баробар оширувчининг схемаси келтирилган.



3.34-расм. Параллел кучланиш икки баробар кучайтиргич схемаси.



3.35-расм. Кетма-кет кучланиш икки баробар кучайтиргич схемаси.

Кириш кучланишини бирор бир ярим даврда, қачонки В нукта потенциали мусбат, А нукта потенциали манфий бўлганда D_1 диод очик, D_2 диод ёпик бўлади. Бу вақтда C_1 конденсатори D_1 орқали U_{2T} кучланиш амплитуда қийматигача

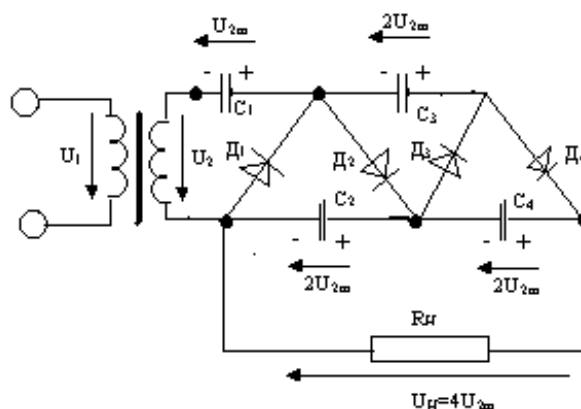
зарядланади. Кейинги ярим даврда А нукта потенциали мусбат, В нукта потенциали манфий бўлади, D_1 диод ёпиқ, D_2 диод очик бўлади. Бунда C_2 конденсатор D_2 диод оркали зарядланишни бошлайди, яъни трансформаторнинг иккиламчи чўлғами киришидан U_2 ва зарядланган C_1 конденсаторидан зарядланади. Бунинг оқибатида $R_{Ю}$ қаршилигида кучланиш қиймати U_{2T} кучланиш икки баробар оширилган қийматига тенг бўлади.

Кетма-кет схемани кучланиш икки баробар оширувчи ускунанинг параллелга нисбатан бир қатор афзалликлари мавжуд: чиқиш кучланиши пульсацияси, ишлаш стабиллиги юқори. Бундан ташқари бир неча кетма-кет кучайтиргичлардан тўрт баробар кучланиш оширувчи системаларни йиғиш мумкин. Тўрт баробар оширувчини бир-бирига қўшиб, кучланишни 8 баробар ошириш мумкин. Шунинг учун кетма-кет схемали кучланишни икки баробар оширувчи схемалар кўпроқ қўлланилади.

Кучланиш кучайтиргичлари ёрдамида чиқишда бир неча 10 кВ кучланиш олиш мумкин, бунда кичик номинал кучланишли, кичик ўлчамли ва арзон (конденсаторлар ва диодлар) ускуналар қўлланилади.

Барча кучайтиргичларнинг камчилиги: уларнинг кичиклиги ва ФИК пастлигидир.

Ҳозирги пайтда К299 серияли ИМСлар ишлаб чиқарилмоқда ва кенг қўлланилмоқда. Бу ИМС ёрдамида ток $I_H \leq 200$ мкА бўлганда 2000-2400 В чиқиш кучланишини олиш мумкин. Маслан, К229ЕВ1 ИМСлар 4 баробар оширувчи ҳисобланади ва 3.36-расмда схемаси келтирилган.

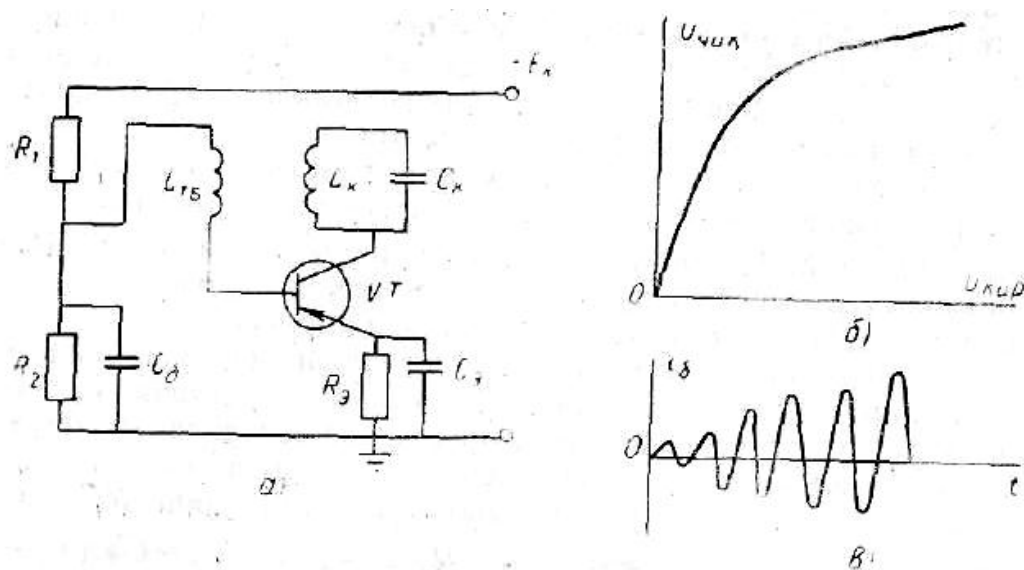


3.36-расм. Кучланишни 4 баробар оширувчи ускуна схемаси

3.5. Электрон генераторлар

Электрон генераторлар ўзгармас кучланиш (ток) манбаидан фойдаланиб, маълум частота ва шаклдаги электр тебраншларни ҳосил қилади. Улар радио аппаратлар, ўлчов техникаси, автоматика қурилмалари ва ЭХМ ларда кенг қўлланилади ва тебранишлар шаклгига, частотаси ва уйғониш турига қараб бир неча турга бўлинади.

Электрон генераторлар мусбат тесакри боғланишли кучайтиргичлар асосида қурилади. Мусбат тескари боғланиш берилган частотада схеманинг ўз-ўзидан уйғонишини таъминлайди. Бундай схемаларда ўз-ўзидан уйғониш юзага келиши учун икки шарт бажарилиши керак. Биринчидан, кучайтиргичнинг кучайтириш коэффициенти ва тескари боғлиналиш коэффициенти модуллариининг ўзаро кўпайтмаси бирдан катта бўлиши керак, яъни $|K| \cdot |\beta| > 1$. Иккинчидан, кучайтиргич ва тескари боғланиш занжиридан киритилган фазавий силжиш бурчакларининг йиғиндисининг 2π га қаррали бўлиши керак, яъни $\varphi_k + \varphi_{тб} = 2\pi$. Шунда кучайтиргичнинг чиқишдаги кучланиш мусбат тескари боғланиш занжири орқали киришга берилади. Киришдаги кучланиш билан қўшилиб, янада кучаяди. Мисол учун LC типдаги синусоидал кучланишлар генераторининг ишлашини кўриб чиқамиз (3.37-расм).



3.37-расм. LC типдаги кучланиш генераторининг схемаси.

Тебраниш контурида керакли частотадаги тебранишлар ҳосил бўлади. Транзистор тескари боғланиш занжири орқали киришга берилган кучланишни кучайтиради. Мусбат тескари боғланиш занжири схемасининг чиқишдаги кучланишни керакли миқдор ва фазада киришга узатади. Ўзгармас ЭЮК манбаининг энергияси контурнинг тебранма энергиясига айланади. Контурдаги конденсатор C_k манба E га уланганда резистор R_{Σ} , транзисторнинг эмиттери, базаси, коллектори C_k - E занжир орқали зарядланади. Конденсатор C_k ва индуктив ғалтак ўзаро параллел бўлган тебраниш контури ҳосил қилади. Конденсатор C_k маълум энергияга эга бўлганидан кейин f_0 частотали эркин тебранишлар ҳосил бўлади. Частота f_0 контурнинг параметрларига боғлиқдир:

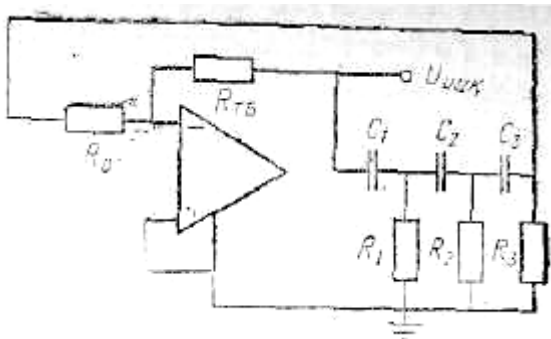
$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_k C_k}}$$

L_k ва $C_{тб}$ ғалтаклар ўзаро индуктив боғланган. Ғалтак $L_{тб}$ да контур частотасидаги ўзгарувчан кучланиш ҳосил бўлади. Бу кучланиш транзисторининг эмиттер-база участкасига берилади. Коллектор токи ҳам частота f_0 билан ўзгаради. Тескари боғланиш мусбат бўлгани учун коллектор токининг ўзгарувчан ташкил этувчиси контурдаги тебранишларни кучайтиради. Натижада транзистор киришидаги ўзгарувчан кучланиш амплитудаси ортади, коллектор токи эса яна ортади ва ҳоказо. Коллектор токи ўзгарувчан ташкил этувчисининг ортиши чегараланган, чунки транзисторнинг кириш ва чиқиш кучланишлари автогенераторнинг тебраниш характеристикаси билан аниқланади.

Контурда сўнмас тебранишлар ҳосил қилиш учун мусбат тескари боғланишни таъминлаш кифоя қилмайди. Контурдаги энергия исрофи манба энергиясининг ҳисобига тўла компенсацияланган бўлиши керак. Демак, контурда сўнмас тебранишлар ҳосил бўлиши учун иккита шарт бажарилиши зарур (бу икки шарт ўз-ўзидан уйғониш шарти дейилади):

1. Фазалар балансининг шарти(мусбат тескари боғланиш орқали таъминланади).
2. Амплитудалар балансининг шарти (тескари боғланиш коэффициенти β га боғлиқ).

LC типдаги автогенераторлар юқори частоталарда ишлатилади, паст частоталарда ишлатилганда эса тебраниш контурининг конструкцияси қўпол бўлади. Қуйи частотали синусоидал тебранишлар ҳосил қилиш учун анча содда ва арзон, RC типдаги генератордан фойдаланилади.

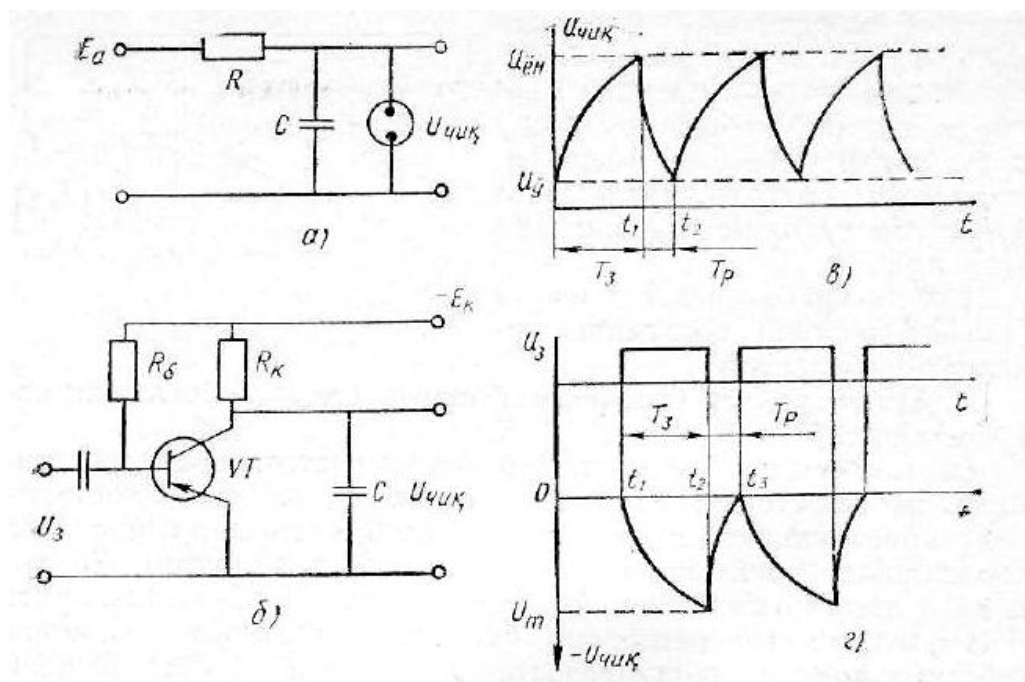


3.38-расм. Учта RC занжирли генераторнинг схемаси

3.38-расмда учта RC занжирли генераторнинг схемаси кўрсатилган. Схеммага тебранма контур ўрнига резистор R уланган. Мусбат тескари боғланиш учта RC бўғиндан ташкил топган фаза бурчагичдан иборат. Схеманинг чиқиш учини унинг кириш учи билан бевосита боғлаб, ўз-ўзидан уйғониш шартлари бажарилса, генерацияланаётган тебранишлар синусоидал бўлмайди. Ҳосил бўладиган тебранишлар синусоидал бўлиши учун мусбат тескари боғланишли носинусоидал тебранишларнинг аниқ бир гармониясига мўлжалланади. Шу функцияни фаза бурчаги RC занжири бажаради. Занжир параметрлари шундай танланадики, коллектор токи ва коллектор потенциали камаяди. Бошқача қилиб айтганда, коллектор ва базадаги кучланишлар қарама-қарши бўлиши керак. Фазалар баланси шarti шундан иборатдир.

Уч звеноли RC занжирининг тескари боғланиш коэффициентини аниқлаймиз. Агар $R_1=R_2=R_3=R$ ва $C_1=C_2=C_3=C$ кириш ва чиқиш кучлариншлар орасидаги бурчак 180° бўлса, ўз-ўзидан уйғониш $f_0 = \frac{1}{15.4RC}$ частотада содир бўлади. Узатиш коэффициентининг модули β эса тахминан $1/29$ га тенг. Амплитудалар баланси кучайтиргичнинг коэффициенти 29 дан кам бўлмаганида бажарилади.

РС автогенератор бир неча камчиликларга эга. Чунончи, тескари боғланиш кучайтиргич каскадини шунтлайди ва кучайтириш коэффициентини камайтиради. Натижада ҳосил бўлган тебриншлар барқорор бўлади. Бунинг олдидини олиш мақсадида чиқиш ва тескари боғлиниш занжирларининг орасига электр такрорлагич қуйилади. Шунингдек генерацияланган тебранишларнинг шакли бузилган ҳолда ўз-ўзидан уйғониш шартлари фақат частота f_0 га яқин бўлган гармоникалар учун бажарилади.



3.39-расм. Чизикли ўзгарувчи (аррасимон) кучланиш генератори.

Генерацияланган тебранишлар шаклининг бузилишини йўқотиш учун кучайтиргичга манфий тесакри боғланиш киритилади. Бунинг эмиттер занжирига $R_э$ резистор уланади.

Чизикли узгарувчи (аррасимон) кучланиш генератори 3.39-расм, б да кўрсатилган шаклдагидек кучланишни ҳосил қилади. Бу кучланиш осциллографларда, телевизион ва радиолокацион индикаторларда электрон нурни ёйиш учун ишлатилади.

Чизикли ўзгарувчи кучланиш (ЧУК) конденсаторнинг зарядланиши ёки зарядсизланиши ҳисобига ҳосил бўлади. Оддий аррасимон кучланиш генератори неонли лампа асосида қурилади (3.39-расм, а). Схема E_a манбага уланганда конденсатор C резистор R орқали зарядланади ва ундаги кучланиш ортиб бора-

ди (T_3 давр ичида). Вақт $t=t_1$ бўлганида (3.39-расм,б) конденсатордаги кучланишш неонли лампанинг ёниш кучланиши $U_{\text{ён}}$ га тенглашади. Лампанинг қаршилиги кескин камаяди ва C конденсатор қисқа муддат ичида лампанинг ўчиш кучланиши $U_{\text{уч}}$ гача зарядсизланади (T_p вақт ичида). Вақт $t=t_2$ бўлганда лампалардаги газ разряди тугаб, лампанинг қаршилиги кескин ортади. Сўнгра конденсатор яна $U_{\text{ён}}$ кучланишигача зарядланади ва ҳоказо. Схеманинг чиқишидан эса афрасимон кучланиш олинади. Конденсаторнинг зарядланиши экспоненциал қонун бўйича ўзгаради. Резистор R орқали C конденсатор $\tau_3=RC$ вақт ичида зарядланади. $t_3=(3\div 4) \tau_3$ вақт ичида бу жараён тугайди. Зарядланган конденсаторлардаги кучланиш асимптотик равишда E_a га, зарядсизланганда эса 0 га яқинлашади. Бу схеманинг асосий лампанинг ёниш ва ўчиш кучланишларининг барқарор эмаслиги ҳамда резистор R ва конденсатор C параметрларининг тарқоклигидир. Бу эса конденсаторнинг зарядланиш T_p вақтларининг ўзгаришига олиб келади.

$$\tau_3 = RC, \quad \tau_p = R_i C$$

бу ерда R_i -лампанинг зарядсизланиш вақтидаги ички қаршилиги.

ЧУК генераторининг стабиллигини таъминлаш учун ташқи уйғонишли генераторлардан фойдаланилади. Транзистор асосидла тузилган ЧУКнинг схемаси 3.39-расм, в да кўрсатилган. Бошланғич ҳолатда транзистор очик ва тўйинган. Унинг коллекторидаги ва конденсаторидаги кучланиш 0 га яқин. Вақт $t=t_1$ бўлганида VT транзисторининг базасига ишга туширувчи мусбат импульс берилади. Бунда транзистор ёпилади. Конденсатор эса $+E_k$, C , R , $-E_k$ занжир орқали зарядланади. Демак, ишга туширувчи импульс таъсир этаётган вақт (T_3) ичида конденсатордаги кучланиш ортиб боради. Бу импульс таъсири йўқолгандан кейин ($t=t_2$) транзистор очилиб, конденсатор транзистор VT орқали тез зарядсизланади. Вақт $t=t_3$ бўлганда конденсатор яна зарядланади ва жараён такрорланади. Бу ерда кучланиш чизиқли бўлиши учун конденсатор E_k (манба) кучланишидан анча кичик бўлган U_m кучланишгача зарядсизланади. Бунда манба кучланишининг тўлиқ ишлатилмаслиги мазкур схеманинг асосий

камчилигидир. Мукаммалроқ схемаларда конденсатор зарядланиш токининг бекарорлигини таъминлаб берувчи элементлардан фойдаланилади.

Боб бўйича саволлар

1. Кучайтиригич ва унинг таърифи.
2. Умумий эмитерли (УЭ) кучайтириш каскадининг схемаси.
3. Резистив сигим боғланишли каскадларнинг ишлаши.
4. Дифференциал кучайтиргичлар.
5. Частота ажратувчи кучайтиргичлар
6. Кучланиш кучайтиргич схемаси.
7. Кучланиш генераторлари хақида тушунчалар.
8. Чизиқли ўзгарувчи кучланиш (ЧУК) генераторлари

V – боб Мантиқий элементлар

5. 1. Мантиқий функциялар

Мантиқ алгебраси фикрлар орасидаги турли мантиқий боғланишларни ўрганади ва фақат иккита қиймат ҳақиқий «1» ва сохта «0» билан иш қўрилади.

Мантиқ алгебрасида учта асосий мантиқий функция бор.

1. Мантиқий кўпайтирув, яъни конъюнкция «BA».
2. Мантиқий қушув, яъни дизъюнкция «ЁКИ».
3. Мантиқий инкор «ЙЎҚ».

Асосий мантиқий функциялар моҳиятини кўриб чиқамиз.

Мантиқий кўпайтирув «BA». Бу операцияни иккита ва ундан ортиқ фикрлар устида бажариш мумкин. $F = ab$ функциянинг математик ифодаси. Фақат ва

фақат аргумент a ҳамда аргумент b 1 га тенг бўлганда функция «1» қийматни олади, яъни икала қиймат ҳам ҳақиқий. a ва b қийматларнинг ҳар қандай бошқа комбинациясида 0 ни оламиз. Масалан: $a=0, b=1, F=0 \cdot 1=0$; $a=1, b=0, F=1 \cdot 0=0$.

Электрик схемада мантикий операция «ВА» ни амалга оширувчи элемент ўзининг ишлаши жиҳатидан кетма-кет уланган реле контактларидан тузилган занжирга ўхшайди (1-жадвал). Занжир барча контактлар қўшилганда ёпилади.

Мантикий қўшув «ЁКИ». Бу операция мураккаб фикрдан иборат бўлиб, фикрларнинг ташкил этувчиларидан ҳеч бўлмаганда биттаси ҳақиқий бўлганда фикр ҳақиқий бўлади, агар барча фикрлар нотўғри бўлса, мураккаб фикр ҳам сохта бўлади. Фикрнинг ташкил этувчилари иккита ва ундан ортиқ бўлиши мумкин. Структура формуласи қуйидагича: $F = a + b$. Фақат ва фақат икала аргумент қиймати 0 бўлганда функция 0 қийматга эга бўлади ва кириш a ёки кириш b ёхуд иккаласи биргаликда 1 қийматга эга бўлганда функция 1 қийматни олади.

Электрик схемада «ЁКИ» функциясига контактларнинг параллел қўшилиши мос келади.

Мантикий инкор «ЙЎҚ». Бу операция ҳақиқий фикрни нотўғрига ва нотўғри фикрни ҳақиқийга ўзгартиради.

Структура формуласи: $F = \bar{a}$. Чиқиш киришга доимо қарама – қарши бўлади. Электрик занжирда мантий инкор ажратувчи контактли релега ўхшайди, релега кучланиш берилганда унинг контактлари ажралади.

Кўриб чиқилган мантикий функциялардан ташқари, улардан олинган ҳосилалар янада мураккаброқ мантикий боғланишлар билан ишлатилади. Буларга қуйидагилар киради: Пирс стрелкаси деб аталадиган «ЁКИ-ЙЎҚ» функцияси, Шиффер штрихи деб аталадиган «ВА-ЙЎҚ» функцияси, «БИР ҚИЙМАТЛИЛИК» (эквивалентлилик) функцияси, «ТЕНГМАС ҚИЙМАТЛИЛИК» (ноэквивалентлилик) функцияси, «ИМПЛИКАЦИЯ» функцияси, «МАН ЭТИШ» функцияси ва бошқалар.

4.1- жадвал

Функция	Шартли белгилар	Реле эквиваленти
---------	-----------------	------------------

«ВА» конъюнкцияси		
«ЁКИ» дизъюнкцияси		
Инкор «ЙЎҚ»		
Пирс стрелкаси «ЁКИ-ЙЎҚ»		
Шиффер штрихи «ВА-ЙЎҚ»		
Бир қийматлилиқ		
Тенгмас қийматлилиқ		
Импликация		
Манн этиш		

Пирс стрелкаси «ЁКИ-ЙЎҚ» (йиғинди инверсияси). Структура формуласи қуйидагича ёзилади: $F = \overline{a + b}$. Фақат ва фақат иккала аргумент 0 га тенг бўлган-

да функция 1 қийматни олади, яъни функцияга кирувчи икала фикр сохта бўлганда бу функция ҳақиқий бўлади.

Электрик схемада Пирс стрелкаси ўзининг ишлаши жиҳатидан икката ва бундан кўп ажратувчи контактларни кетма-кет улашга ўхшайди. Агар бирорта ҳам релега сигнал берилмаса, занжир берк бўлади.

Шиффер штрихи «ВА-ЙЎҚ» (кўпайтма инверсияси). Структура формуласи қуйидагича: $F = \overline{ab}$. Фақат ва фақат иккала аргумент 1 қийматга эга бўлганда функция 0 қийматни олади, яъни фақат функцияга кирувчи иккала фикр ҳақиқий бўлганда функция сохта бўлади.

Электрик схемада Шиффер штрихи иккита ёки ундан ортиқ ажратувчи контактларнинг параллел уланганга ўхшайди. Иккала релега сигнал берилганда занжир очик бўлади.

Бир қийматлилиқ. Структура формуласи: $F = \overline{a} \overline{b} + ab$. Фақат ва фақат иккала аргумент айни вақтда бир хил қийматга эга бўлганда, функциянинг қиймати 1 бўлади; аргументлар турли қийматларга эга бўлганда функциянинг қиймати 0 бўлади, яъни икала фикр айни вақтда ҳақиқий ёки сохта бўлганда мураккаб фикр ҳақиқий бўлади.

Тенгмас қийматлилиқ. Структура формуласи қуйидагича ёзилади: $F = \overline{a} \overline{b} + a \overline{b}$. Фақат ва фақат ё аргумент а, ёхуд аргумент b, лекин бараварига эмас, 1 га тенг бўлганда функциянинг қиймати 1 бўлади, яъни фақат фикрлардан бири ҳақиқий, бошқаси эса сохта бўлганда мураккаб фикр ҳақиқий бўлади. Тенгмас қийматлилиқ шундай электрик схемага ўхшайдики, бунда кириш сигнали киришларнинг фақат биттасига берилганда чиқишда сигнал пайдо бўлади; киришга айни вақтда иккита сигнал берилганда схеманинг чиқишида сигнал бўлмайди.

Импликация. Структура формуласи қуйидагича ёзилади: $F = \overline{a} + b$. Фақат ва фақат аргумент а нинг қиймати 1, аргумент b нинг қиймати эса 0 бўлганда, функция 0 қийматга эришади, яъни биринчи фикр ҳақиқий, иккинчиси сохта бўлганда мураккаб фикр сохта бўлади.

Ман этиш. Структура формуласи қуйидагича: $F = a \bar{b}$. Агар кириш a ҳар қандай бўлганда ҳам кириш b 1 га тенг бўлса, функция 0 қийматни олади.

Кўриб чиқилган барча мантиқий функцияларнинг шартли белгилари ва уларнинг реле эквивалентлари 4.1 – жадвалда келтирилган.

Кўрилган мантиқий функцияларнинг исталган бири фақат реле системаларидагина эмас, балки контактсиз мантиқий элементларда ҳам ишлатилиши мумкин.

5.2. Реле схемалари алгебрасининг асосий қонунлари

Автоматиканинг реле системаларини яратишда схеманинг структурасини ва ишлаш шароитини аналитик ёзиш рационал ҳамда фойдаланиладиган элементлар сони минимал схемани топишга имкон беради. Схеманинг оптимал вариантини аниқлаш учун аналитик бир қийматли алмаштириш бажарилиб, ўзининг ишлаши жиҳатидан ўхшайдиган, лекин структураси турлича бўлган схемалар топилади. Бу алмаштиришларда мантиқ алгебрасининг, яъни Буль алгебрасининг математик аппаратга асосланган алмаштириш усуллари асос қилиб олинган. Оддий математикада биз моддалар, мавҳув ёки комплекс сонлар ёхуд маълум рақамли қиймат ва физикавий маънога эга бўлган ҳарфли символлар билан иш кўрамиз. Воқеа ва ҳодисаларни рақамлар билан ифодалашдан ташқари, уларни мантиқий тушунтириш (изоҳлаш) ҳам мумкин, яъни «фикрларни ҳисоблашга» ўтиш мумкин. Иккита фикр: «ҳақиқий» ёки «сохта», «ҳа» ёки «йўқ», «1» ёки «0» била ниш кўрувчи математик мантиқ *мантиқ алгебраси* ёки *иккилик Буль алгебраси* деб аталади.

Автоматиканинг реле системаларида контактли схеманинг исталган контакти фақат икки вазиятни олиши берк ёки очик бўлиши мумкин. Шунинг учун барча структура формулаларнинг ўзи ё берк, ёки очик занжирни ифодалайди. Натижада эса Буль алгебрасининг аппарати контактли схемаларни алмаштиришда кенг кўламда ишлатилмоқда; бунда контактларнинг очик вазиятига «0», берк ҳолатига эса «1» мос келади, шунга ўхшаш контактсиз элементлар учун

кучланиш (ток) нинг мавжудлиги «1» га, кучланиш (ток) нинг йўклиги эса «0» га мос келади.

Буль алгебрасида тўрт жуфт қонун бор, бу қонунлар турли фикр-мулоҳазаларнинг тенг қийматлиликини аниқлаб беради, бу эса бир фикрни бошқа фикрга алмаштиришга имкон беради, лекин ҳар бир фикр ўзининг мос схемасига эга бўлганидан, бир схемани ҳам бошқасига алмаштириш мумкин. Тенг қийматлилиқ симболи сифатида оддий алгебрадаги тенглик симболи (=) ишлатилади.

Асосий қонунларни ва бу қонунлардан келиб чиқадиган хулосаларни кўриб чиқамиз, тенг қийматли ифодлашнинг ўнг ва чап қисмларига мос келувчи схемаларни кўриш йўли билан бу қонунларнинг тўғрилигини аниқлаймиз.

I. Ўрин алмаштириш қонунлари:

1) қўшишга нисбатан

$$a + b + c = b + c + a,$$

2) кўпайтиришга нисбатан

$$a b c = c b a$$

II. Группалаш қонунлари:

1) қўшишга нисбатан

$$(a + b) + c = a + (b + c),$$

2) кўпайтиришга нисбатан

$$(a b) c = a (b c).$$

III. Тақсимот қонунлари:

1) қўшишга нисбатан

$$(a + b) c = ac + bc,$$

2) кўпайтиришга нисбатан

$$a b + c = (a + c) (b + c).$$

IV. Инверсия қонунлари:

1) қўшишга нисбатан

$$\overline{a + b} = \bar{a} \cdot \bar{b},$$

2) кўпайтиришга нисбатан

$$\overline{ab} = \overline{a} + \overline{b}.$$

Юқоридаги ифодаларда чап қисмларининг устидаги чизик мазкур фикрнинг инкори (инверсияси) олинади деган маънони билдиради, ўнг қисмида эса бошланғич ифодага нисбатан тескари қийматга эга бўлган ифодалар олинади.

«0» ва «1» символларидан фойдаланиб, кўриб чиқилган қонунлардан структура формуларани ўзгартиришда кенг қулланиладиганқуйидаги тенгликларни олиш мумкин:

$$1) a + 0 = a$$

$$2) a + 1 = 1,$$

$$3) a + a = a,$$

$$4) a + \overline{a} = 1,$$

$$5) a \cdot 0 = 0,$$

$$6) a \cdot 1 = a,$$

$$7) a \cdot a = a,$$

$$8) a \overline{a} = 0,$$

$$9) a + a \cdot b = a(1 + b) = a,$$

$$10) a(a + b) = a$$

$$11) a + \overline{a} \cdot b = a + b,$$

$$12) \overline{a} + ab = \overline{a} + \overline{b}.$$

5.3. Реле-контактли схемаларни контактсиз элементларга алмаштириш

Автоматлаштириш тизимларини контактсиз мантиқий элементлар ишлатиб тузишда иккита йўл мавжуд: 1) реле-контактли схемаларни контактсиз схемаларга алмаштириш йўли билан; 2) автоматлаштириш тизим учун берилган технологик программа асосида контактсиз схемаларни мустақил ишлаб чиқиш йўли билан.

Биринчи йўлдан фойдаланиш учун амалий ишга яроқли ва текширилган схеманинг реле-контактли варианты мавжуд бўлиши керак. Бундай схема бўл-

маганда дастлаб реле-контактли схема тузилади, сўнг бу схема контактсиз элементларга алмаштирилади.

Мавжуд реле-контактли схема бўйича структура формулалар тузилади. Структура формулаларини тузиш ишлари икки босқичга бўлинади.

Биринчи босқичда $a, b, c, d, \dots$ контактли кириш элементлари; $z, y, x, \dots p$ контактли $Z, Y, X, \dots P$ ижрочи ва оралик элементлараниқланади. Бошқариш схемасининг функционал қисмига кириш элементлари орқали кириш сигналлари берилади. Чиқиш сигналлари бевосита чиқиш элементларидан ёки оралик элементлар орқали ижрочи элементларга берилади. Кириш, оралик ва чиқиш сигналлари мос элементларнинг контактлари каби белгиланади.

Структура формулалар тузишнинг иккинчи босқичида реле-контактли схеманинг чиқиш ва оралик ўзгарувчиларининг занжирларига мос келадиган алгебраик ифодалар ёзилади.

Алгебраик ифодалар тузиш тартиби қуйидагилардан иборат.

1. Чиқиш сигналлари учун структура формулалар тузилади.
2. Тескари алоқалар бўлмаган ва тескари алоқали оралик сигналлар учун структура формулалар алоҳида – алоҳида тузилади.
3. Чиқиш сигналларининг ва тескари алоқали оралик сигналларининг структура формулаларида учрайдиган тескари алоқалари бўлмаган оралик сигналларнинг қийматлари кириш сигналларининг ифодалари билан алмаштирилади.
4. Олинган тенгламалар, агар мумкин бўлса, алгебраик тенг қийматлиликлардан фойдаланиб алмаштирилади.
5. Алмаштирилган структура формулалар функционал узеллар билан гуруҳланади.
6. Танланганган типдаги мантиқий элементларнинг хусусиятларини ҳисобга олиб, контактсиз схема тузилади.

Иккинчи йўлни тадбиқ этишда технологик жараённинг берилган шaroитлари асосида структура формула тузиш кўзда тутилади. Бу йўл принципила ан-

ча тўғридир, чунки оддий узелларни қўлланиб аппаратлар сонини камайтирган ҳолда маъқул схематик ечимларни топишга имкон беради.

Кўрсатилган бу усулларни контактсиз схемалар тузишда қўллаш бўйича мисол келтирамиз.

1 – мисол. 4.1 – расм а да реле контактли схема берилган, бу схемани контактсиз схемага алмаштиринг.

Юқорида келтирилган алмаштириш усулига мувофиқ кириш, чиқиш ва оралиқ сигналларни ажратамиз:

Кириш сигналлари a, b, c, d

Чиқиш сигналлари z

Оралиқ сигналлари йўқ.

Ижрочи элемент Z ни улаш занжирининг контактлари учун структура формула тузамиз:

$$F_z = [(a + d)b + z]\bar{c}.$$

Бу формулага бешта мантиқий элементдан тузилган контактсиз схема (4.1 – расм, б) мос келади.

4.1– расм. 1- мисолга оид схема: а – контактли схема; б – контактсиз схема.

2 – мисол. Схеманинг реле-контактли варианты 4.2 – расм а да кўрсатилган; ишлаши жиҳатидан эквивалент бўлган мантиқий элементлардан тузилган схемани тузинг.

Кириш, чиқиш ва оралиқ сигналларни белгилаймиз:

Кириш сигналлари a, b, c, d, e

Чиқиш сигналлари Z, X, Y, N, M

Оралиқ сигналлари P .

Ижрочи элемент Z, X, Y, N, M, P ни улаш занжирларининг контактлари учун структура формула тузамиз:

$$F_z = a(b + z)\overline{cy}, \quad F_x = a\overline{pc},$$

$$F_{\setminus Y} = a\overline{pdz}, \quad F_N = x,$$

$$F_{\setminus M} = z + y, \quad F_P = \overline{b}(c + p).$$

Бу тенгламалар асосида структура схемани (4.2 – расм, б) «ВА», «ЁКИ» ва «ЙЎҚ» элементлари ёрдамида тузамиз.

4.2– расм. 2- мисолга оид схемалар: а– контактли схема; б– контакtsiz схема

VI – боб. Интеграл микросхемалар

6.1. Электрон қурилма муаммолари

Электрон қурилмаларнинг анчагина мураккаб техника масалаларини ечиш учун қўллаш улар схемаларининг узлуксиз мураккаблашишига ва уларда ишла-тилаётган элементларнинг миқдорини ошишига олиб келмоқда. Замонавий электрон ҳисоблаш машиналарида пассив (резисторлар, конденсаторлар) ва актив (диодлар, транзисторлар) элементларининг сони миллионларга етади. Бундай кўп миқдордаги элементлар миниатюралаш (кичкина ҳажмли қилиш), элементлар ишончлигини ошириш ва улар қабул қилаётган энергияни камайти-риш проблемаларини ечиш заруриятига олиб келади. Бундай муаммоларни ечиш, янги принципи электрон қурилмаларни элементли интеграция базасида вужудга келтиришни ишлаб чиқишни - битта мураккаб жажжи элементда кўпгина оддий элементларни (диодлар, транзисторлар ва ҳақозо) бирлашти-ришни тақозо этади. Бундай бирлаштириш натижасида ҳосил қилинган мурак-каб элемент интеграл микросхема деб аталади. У ягона технологик жараёнда тайёрланади, бўлинмайдиган бир бутун бўлиб, битта умумий корпусга жой-лаштирилади.

Электрон ускуналарни мураккаб техник топшириқларини ечишда қўллаш уларнинг электр схемаларини мураккаблашиб боришига олиб келади. Электрон техникасининг ривожланиши анализи шуни кўрсатадики, 10 йилда электрон ускуналарининг мураккаблиги 10 баробар ортади. Ҳозирги пайтга келиб ЭҲМ лари 1 секундда 5 миллиардгача операцияни бажариши мумкин.

Ярим ўтказгич асбобларни ўлчамлари сезиларли даражада кичрайди.

Жуда кўп оддий элементларни (диод, транзистор, резистор) битта мурак-каб, кичкина элементга йиғиш мумкинлиги пайдо бўлди. Бундай йиғиш *эле-мент интеграцияси* дейилади.

Бундай йиғиш натижасида олинган мураккаб микроэлементни *интеграл микросхема (ИМС)* деб аталади.

ИМС – 5 тадан кам бўлмаган актив элементлардан (транзистор, диодлар) ва пасив элементлар (резистор, конденсатор, дросселлар) дан ташкил топган микроэлектроника элементи бўлиб, у ягона технологик жараёнда тайёрланади, бир-бири билан электр боғланган, умумий корпусга жойлашган ва бир бутун элемент кўринишида бўлади.

Интеграция нуктаи назаридан ИМСларни асосий катталиги бўлиб *жойлашиш зичлиги* ва *интеграция даражаси* ҳисобланади.

Жойлашиш зичлиги – бирор ҳажмдаги элементлар сони билан характерланади.

Интеграция даражаси – ИМС таркибига кирган элементлар сони билан характерланади.

Шунга қараб ИМСлар қуйидагиларга бўлинади: *биринчи даражали* – 10 та элементгача, *иккинчи даражали* – 100 дан 1000 та элементгача ва ҳоказо.

6.2. Интеграл микросхемаларнинг катталиклари

Диод ва транзисторлардан фарқли ўлароқ ИМС лар электр сигналларини ўзгартириш учун қўлланиладиган бир бутун функционал ускуна кўринишида бўлади. Бажарилаётган ишига қараб ИМСлар иккита синфга бўлинади: чизикли–импульсли ва логик ИМСлар.

Чизикли-импульсли МС лар кириш ва чиқиш сигналлари орасида пропорционал боғлиқликни таъминлаб туради. Кириш сигнали кириш кучланиши, чиқиш сигнали чиқиш кучланиши ҳисобланади.

Чизикли – импульсли МС учун асосий функционал катталиги: кучланиш бўйича K_U – кучайтириш коэффиценти, кириш қаршилиги $R_{\text{кир}}$, чиқиш қаршилиги $R_{\text{чик}}$, максимал чиқиш кучланиши $U_{\text{чик max}}$, частота диапазони чегараси $f_{\text{паст}}$ ва $f_{\text{юқори}}$ ҳисобланади. Бу ерда $f_{\text{паст}}$ ва $f_{\text{юқори}}$ – пастки ва юқори ички частоталаридир. Баъзи бир кучайтиргичларни тахминий катталиклари: $K \geq 50000$, $R_{\text{кир}} > 0,5 \text{ МОМ}$, $R_{\text{чик}} < 100 \text{ Ом}$, $f_B = 20 \text{ мГц}$.

Логик (мантикий) ИМС лар бир неча кириш ва чиқишга эга бўлган ускуна кўринишида бўлади. Унинг асосий катталиги кучланишнинг кириш ва чиқиш катталиги ва тез ишлашидир. ИМСларнинг умумтехник катталиклари – механик мустаҳкамлиги, ишчи ҳарорат диапазони, босим пасайиш ва кўтарилишига чидамлилиги ва намга чидамлилигидир.

Уларнинг афзаллиги оғирлиги кичиклиги (бир неча грамм), актив элементларнинг зичлиги КИМС да $10000-50000$ эл/см³ га етади. Уларнинг аҳамиятли томони кам энергия сарф қилишидадир. КИМС лар ҳам $100-200$ мВт дан ошмаган қувватни сарф қилади, шундай микросхемалар борки, улар манбадан $10-100$ мкВт қувват қабул қилади. Бу эса электр энергиясини иқтисодига олиб келади.

6.3. Интеграл микросхемаларнинг турлари

Тайёрлаш технологиясига қараб интеграл микросхемалар гибридли ва ярим-ўтказгичли хилларга бўлинади.

Гибридли ИМС – ИМС бўлиб, диэлектрик пассив элементлар ҳар хил плёнка каби бажарилади, актив элементлар – корпуссиз ярим ўтказгич асбоблардир.

Жойлашиш зичлиги ГИМС. Ярим ўтказгичлар ИМС типигаги кичикроқ – 150 э/см³ гача, диффузия даражаси эса – биринчи ва иккинчи.

Гибридли интеграл микросхемалар плёнка кўринишида - улар диэлектрик материаллар (ойна, чинни) сиртига суркаб ва ўрнатиладиган корпуссиз элементлар (диодлар, транзисторлар, конденсаторлар ва бошқалар) тарзида тайёрланади. Плёнкали технология асосида резисторлар, кичик сиғимли конденсаторлар, бириктирувчи ўтказгичлар тайёрланади.

Ом улушидан то ўнларча Килоомгача бўлган қаршиликни резисторлар тоза хром, нихром ёки тантални юпка қатлам шаклида изоляцияли асосга суркаб олинади. Кўпроқ юқори Ом ли (ўнларча Момгача қаршиликли) резисторлар тайёрлаш учун металлодиэлектрик аралашма, масалан хром ва кремний моноок-

сиди ишлатилади. Плёнкали резисторларнинг ўртача ўлчами $0,1 - 0,2 \text{ мм}^2$ ни ташкил қилади. Плёнкали конденсаторларда диэлектрик сифатида алюминий силикати, барий титанати, титан диоксида, бериллий, кремний оксиди ва бошқалар ишлатилади.

Конденсаторларнинг қопламлари мис, кумуш, алюминий ёки тилладан юпқа қатлам кўринишида қопланади. Бундай конденсаторларнинг ўлчамлари $0,1 \text{ мм}^2 - 1 \text{ см}^2$ ни ташкил қилади. Қатламли конденсаторлар сифими пикофараданинг ўнли улушидан тортиб ўн минг пикофарадагача бўлиши мумкин. Катта сифимли конденсаторлар гибридли интеграл микросхемаларда худди бошқа элементлар (транс-форматорлар, дросселлар, диодлар ва транзисторлар) каби махсус жажжи тарзда ўрнатма элементлар кўринишида ясалади.

Гибридли интеграл микросхемаларда бириктирувчи ўтказгичлар одатда тилла, мис ёки алюминийдан ясалган юпқа қатлам бўлади. Юпқа қатламли элементларни тайёрлаш учун вакуумда термик пуркаш усулидан кенг фойдаланилади. Бундай технология қалинлиги 1 мкм , эни $0,1 - 0,2 \text{ мм}$ қатлам ҳосил қилади. Йиғилган интеграл микросхема қаттиқ металл ёки пластмасса корпусга жойлаштирилади. Гибридли интеграл микросхемалардаги электрон қурилмаларнинг йиғиш зичлиги 1 см^2 га $60 - 100$ тагача элементни ташкил қилиши мумкин.

Ярим ўтказгичли ИМС бўлиб, барча элемент ва элементлар орасидаги боғланишлар ярим ўтказгичлар юзасида ва ҳажмида ишлангандир. Замонавий ярим ўтказгич ИМС лар жойлашиш зичлиги 10^5 эл/см^3 га ва интеграция даражасига етади. Алоҳида элементлар ва улар орасидаги масофа 1 мм гача камайтирилиши мумкин.

Яримўтказгичли интеграл микросхемалар яримўтказгичнинг умумий кристаллидан тайёрланади, унинг айрим соҳалари резистор, конденсатор, транзистор ёки диод вазифаларини бажаради. Яримўтказгичли микросхемаларда транзисторлар иккита $p - n$ ўтишли, одатда $n - p - n$ типли уч қатламли тузилишга, диодлар - ёки битта $p - n$ ўтишли икки қатламли тузилишга, ёки диод уланишдаги

транзистор (база эмиттер ёки коллектор билан туташтирилади) кўринишга эга бўлади.

6.4. Интеграл микросхема элементлари

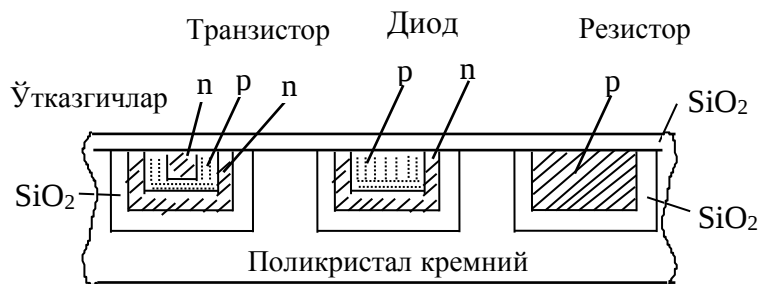
Ярим ўтказгичли микросхемаларда конденсатор вазифасини тескари кучланиш билан ёпилган p-n- ўтишлар бажаради. Бундай конденсаторларнинг сифими кичик (200 пф дан камроқ)бўлади.

Бундай интеграл микросхемаларда резисторлар иккита чиқишли легирланган яримўтказгич қисмлари кўринишида бўлади; бундай резисторларнинг қаршилиги, одатда бир неча килоомдан ошмайди. Анчагина юқори омли резисторлар сифатида баъзан тескари уланган p-n-ўтишлар ишлатилади.

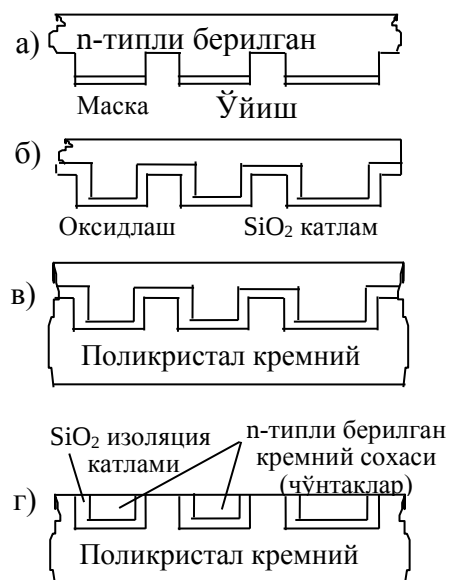
Ярим ўтказгичли интеграл микросхемаларда трансформаторлар ва дросселларни ҳосил қилиш жуда қийин, шунинг учун кейинги вақтларда индуктив элементларни ташкил топмаган электрон қурилмаларини яратишга ҳаракат қилинади.

Ярим ўтказгичли интеграл микрасхемани тайёрлаш учун легирланган яримўтказгичларда изоляцияланган қисмлар ҳосил қилиш керак.

Изоляцияланган қисмларни n-типли кремнийда вужудга келтириш технологик операцияси кетма-кетлиги 5.1-расмда схематик кўрсатилган.



Расм 5.1



Расм 5.2

Дастлаб n-типли берилган кремний пластинкага фотолитография усулида химоя маскаси (қатлами) суркалади ва кремний пластинканинг маълум қисми химиявий усулда ўйилади (5.2-расм, а). Кейин маска ювилгандан сўнг пластика сирти оксидланади, унда SiO_2 нинг изоляция қатлами ҳосил қилинади (5.2-расм, б).

Шундан кейин пластинка сиритига поликристалл кремний қатлами пуркалади (5.2 расм, в), кремний кристали қайтадан химиявий усулда ўйилади, бунинг натижасида берилган кремнийда n - типли изоляцияланган соҳалар ("чўнтаклар") ҳосил бўлади (5.2-расм, г).

Бу изоляцияланган "чўнтакларда" акцептор ва донор аралашмалар ёрдамида p- ва n- типли электр ўтказувчан участкалар ҳосил қилинади (5.2-расм), улар микросхеманинг турли элементларини ташкил қилади. Бу элементлар ўзаро тилла ёки алюминийли қатламлар билан туташтирилади. Бу қатламлар вакуумда пуркаш усулида махсус маска ёрдамида олинади. Микросхеманинг ташқи чиқишлари бу қатламлар билан диаметри тахминан 10 мкмли тилла ёки алюминий ўтказгичлар орқали туташтирилади. Йиғилган яримўтказгичли интеграл микросхема металл ёки пластмасса корпусга жойлаштирилади. Ярим ўтказгичли интеграл микросхемалардан йиғилган электрон қурилмаларнинг йиғиш зичлиги 1см^3 да 500 тагача элементлардан ташкил топиши мумкин.

Интеграл микросхемаларнинг ярим ўтказгичлиги ҳам, гибридлиги ҳам турли вазифаларни бажарувчи функционал қурилмалардир. Улар тез ишлаш хусусиятига ва юқори ишончлилиikka эга. Замонавий интеграл микросхемалар 1000 ва ундан кўпроқ элементлардан иборат бўлиши мумкин.

Ҳатто шундай катта интеграл микросхемалар ҳам кичик қувватга, ваттнинг ўнлардан бир неча улушигача мўлжалланади.

ИМСнинг белгиланиши ИМСнинг сериясини шартли белгилари 2 элементдан иборатдир: биринчи элемент - рақам бўлиб, у микросхеманинг конструктив - технологик турини кўрсатади. Масалан, яримўтказгичли - 1,5,6,7; гибрид -

2,4,8 ва бошқалар. Иккинчи элемент - иккита ёки учта сондан иборат бўлиб - шу сериядаги микросхемаларнинг тартиб номерни кўрсатади. Масалан 1801 - ярим ўтказгичли, тартиб номери 801 ёки 217 - гибрид микросхема 17 - тартиб рақамли. ИМСнинг ўзининг шартли белгиси тўрт ёки учта рақам, иккита ҳарф ва микросхемани яратилиши тартиб номеридан иборат бўлади. Масалан К133ЛР1; К - кенг қўлланиладиган микросхема, 133 - серияли, тартиб номери 1ЛР - «ВА-ЁКИ-ИНКОР» функцияни бажаради.

Қуйидаги ИМСларнинг бажариш функциясигм қараб белгиланиши келтирилган :

ИМС кўриниши	Белгиланиши
регистр	ИР
сумматор	ИМ
яримсумматор	ИЛ
счетчик	ИЕ
шифратор	ИВ
дешифратор	ИД
АЛУ	ИА
МП	ВМ
синхронлаш	ВБ
интерфейс	ВВ
ОЗУ	РМ
ПЗУ	РВ

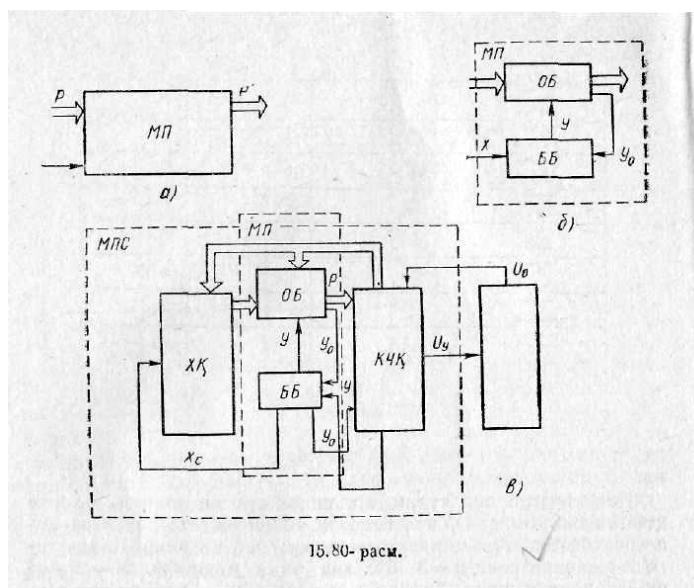
Боб бўйича саволлар

1. Интеграл микросхемалар (ИМС) ва уларнинг турлари.
2. ИМС ларнинг катталиклари.
3. Интеграл микросхема элементлари

VII – боб. Микропроцессорлар

7.1. Микропроцессорларнинг тузилиши

Ҳозирги замон илм-техника тараққиёти КИС-микропроцессорларнинг ишлаб чиқарилиши билан боғлиқдир. Ахборот устида арифметик ва мантикий операцияларнинг тугалланган кетма-кетлигини бажарадиган қурилма *микропроцессор* деб аталади. Шунингдек микропроцессор ахборотни хотирада сақлаб, уни ташқи қурилма билан алмашиб туради. Унинг вазифаси ЭХМ процессорининг вазифасига ўхшайди, лекин имкониятлари уникидан камроқ.



6.1-расм. Микропроцессор (МП)нинг функционал тузилиши

Микропроцессор (МП)нинг функционал тузилиши ва ишлаш принципи билан танишиб чиқамиз (6.1-расм). МП нинг киришига маълумотлар массиви D берилиб, бу массивга маълум (x) программа асосида ишлов берилади ва чиқишда D' маълумотлар массиви олинади. D массивга ишлов бериш учун МП га иккита асосий қисм: операциялар блоки (ОБ) ва бошқарув блоки (ББ) киритилади. ОБ берилган маълумотлар устида турли операциялар (қўшиш, айириш,

кўпайтириш ва ҳақозо) ни бажаради. ОБ нинг тўғри ишлашини ББ таъминлаб туради. Бунинг учун ББ да x программанинг бажарилиш кўрсатмалари бошқарувчи сигнал y га айлантирилади. ОБ нинг ҳолатини текшириш учун y_0 сигнали ҳосил бўлиб, y ББ томонидан кузатилади.

МП нинг асосий вазифаси бирор объектни (масалан, дисплей, ШЭХМ клавиатураси, дастур асосида бошқариладиган дастгоҳлар ва бошқаларни) бошқаришдан иборат бўлиб, бошқариш объекти (БО) билан боғланиш учун киритиш чиқариш қурилмаси (КЧК) га эга. Дастур ва дастлабки маълумотлар хотира қурилмаси (ХК) да сақланади. БО дан КЧК га узлуксиз сигнал берилади.

КЧК да сигнал рақамли ахборотга айлантирилади ва ББ га узатилади. Хотирловчи қурилмаси, микропроцессор ва киритиш чиқариш қурилмасидан иборат система *микропроцессор системаси* (МПС) дейилади. МПС системада ахборот КЧК дан МП га ва ХК га берилиши мумкин. Бунда ахборот алмашишуви мавжуд бўлиб, y сақланиб қолиши ҳам мумкин. МПС даги барча блок ва қурилмаларнинг созланишини бир ҳил частоталар генератори ишлаб чиқарадиган синхронлаш импульслари таъминлаб беради.

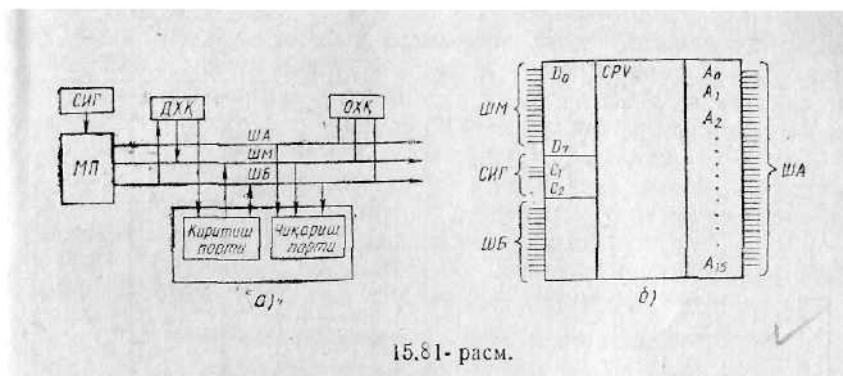
Дастур асосида ишлайдиган қурилмаларнинг барчаси (бир кристалли микроконтролердан тортиб, микро ЭХМ гача) 6.2-расм, а даги структура схемаси тарзида ифодалаш мумкин. Бундан СИГ-стандарт импульслар генератори; ДХК-доимий хотира қурилмаси; ОХК-оператив хотира қурилмаси; АШ-адреслар шинаси; МШ-маълумотлар шинаси; БШ-бошқарув шинаси.

МШ информацияни МП дан ташқи қурилмаларга ва аксинча, ташқи қурилмалардан МП га узтиш учун ҳизмат қилади.

БШ бошқарув сигналларни узатиш учун ҳизмат қилади. Шиналардаги линия (сим) лар сони МП нинг турига боғлиқ. Масалан, кенг тарқалган микропроцессор К580 да АШ16 та адрес линияси (АО-А15), МШ да 8 та маълумот линияси ва БШ да 12 та бошқарув линияси бор. 6.2-расмда К580 микропроцессоридаги чиқиш симларининг схемаси кўрсатилган. Киритиш чиқариш схемаларида (улар портлар деб ҳам аталади) ахборотни вақт бўйича кетма-кет ёки параллел узатиш мумкин.

МП, ХК ва КЧК лар орасида ахборот алмашинувини таъминлаб берувчи қўшимча қурилмалда ва шиналар ЭХМ интерфейсини ташкил этади.

МП да маълумотлар қуйидаги тартибда ёзилади. $t=t_0$ вақтда АШ га МП маълумотлар ёзилиши керак бўлган ОХК катагининг адресини «олиб чиқади». Δt_1 вақтдан сўнг БШ га ёзиш линиясига тақиқлаш сигнали берилади.



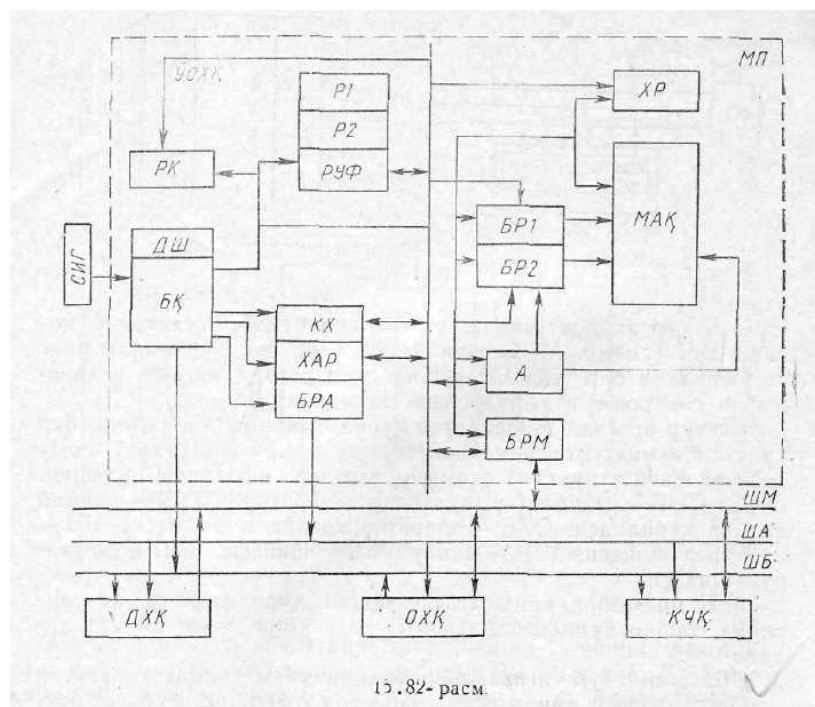
6.2 – расм. K580 микропроцессоридаги чиқиш симларининг схемаси

Ахборотни ўқиш ҳам шу тартибда ўтказилади, фақат рухсат сигнали ўқиш линиясига берилади. МП учта режим (синхрон, асинхрон ва хотирага тўғри мурожаат этиш)да ишлатилиши мумкин. Синхрон режимда МП нинг мурожаатлари орасидаги вақт бир ҳил ва энг катта қийматга эга. Асинхрон режимда олдинги операциялар тугаши билан маълумот алмашинуви давом этади. Хотирага тўғри мурожаат этиш режими бажарилаётган операцияни тугамасидан тўхтатиб, хотирага мурожаат этиш имкониятини беради.

МП нинг структура схемасини (6.3-расм) батафсилроқ кўриб чиқамиз. МП нинг таркибига уч гуруҳ регистрлар киради. Аккумулятор А, буфер регистрлар БР1, БР2, БРМ ва аломатлар регистри РА дан иборат бўлган маълумотларга ишлов бериш жараёнини таъминлаб берувчи регистрлардан иборат гуруҳ кўрсатмалар регистри КР, кўрсатмалар ҳисоблагичи КХ, хотира адреси регистри ХАР, адреснинг буфер регистри АБР дан иборат бўлган маълумотларга ишлов бериш жараёнини бошқарувчи гуруҳ ва умумий фойдаланишдаги регистрлар УФР гуруҳи.

Операциялар блоки (ОБ) нинг асосини мантикий арифметик қурилма (МАК) ҳосил қилади. МАК икки рақамга ишлов беради. Бу рақамларнинг бири

БР1 регистрда иккинчиси А аккумуляторда жойлашади. Ишлов натижаси аккумуляторга киритилади. МП нинг ишончлилигини БР2 регистр таъминлайди.



6.3-расм. МП нинг структура схемаси.

Аккумулятордаги рақам операция бошланишидан олдин БР2 га ўтказилади. Рақмалар устидаги операциялар натижаси АР томонидан баҳоланади. БРМ ва БРА регистрлар кучайтиргичлар бўлиб, АШ ва МШ шиналар истеъмолчиларини МП билан мослаштириш учун хизмат қилади.

ББ да бошқарув сигналлари ишлаб чиқарилади. Кўрсатмалар регистрдан дешифратор (ДШ) га кўрсатмалар берилиб, бошқарув сигналлари аҳамиятини очади.

$Y = |(X_1 + X_2) \cdot X_3 + X_1| \cdot X_3$ мантиқий операцияни бажариш мисолида МП нинг ишлашини кўриб чиқамиз.

+ мантиқий қўшишни, $\cdot$ мантиқий кўпайтиришни билдиради. Операцияни бажариш учун ЁКИЁ ва ХАМ элементлари керак бўлади. Операция бажарилишидан олдин $X_1 \rightarrow P_1$, $X_2 \rightarrow P_2$, $X_3 \rightarrow P_3$ га киритилади. Дастур АХК да ёзилади. Уни аниқлаш учун қуйидаги программа бажарилиши керак:

П_рА P1; МКА ва P2; МКА ва P3; МКА ва P1;

МКА ва P3; Чик А КЧҚ₁ га.

Бу ерда P_r регистрдаги маълумотни аккумуляторга ўтказишни билдиради; МК-мантикий қўшиш; МК-мантикий қўпайтириш. Чик А КЧК_i га $-i$ номердаги чиқишга аккумулятор ичидаги маълумот чиқарилишини кўрсатади.

Бошланғич ҳолатда КХ га ОХК даги биринчи кўрсатма адреси ёзилади. Биринчи кўрсатма 0 адрес бўйича ёзилган бўлса, $KX:=0$. МП нинг ишлашига рухсат этувчи сигнал келса, 0 адресдаги кўрсатма коди ОХК дан КХ га МШ БРМ, Ш занжир орқали ўтади. Бу ораликда регистрлар ҳолати қуйидагича бўлади:

$$KX:=; \quad XAP:=0; \quad KX:=P_rAP1.$$

Кейинги лаҳза $D_{ш}$ ёрдамида кўрсатма коди очилиб, ББ бошқарув импульсларни ишлаб чиқаради. Регистрлар тулатилган ҳолатга келади:

$$KX:=KX+1; \quad XAP:=P1; \quad A:=P1.$$

Кўрсатмалар ҳисоблагичи 1 га ортиб, кейинги кўрсатма адресини аниқлайди. XAP га X соннинг адреси берилади (P1). Кейин аккумулятор А га киритилади. Шу иккала оралиқ «танлаш-бажариш» машина циклини ҳосил қилади. Бу циклда регистрлар қуйидаги ҳолатда бўлади:

1. $KX:=1; \quad XAP:=1; \quad PK:=(MKA \text{ ва } P2)$ - «танлаш»;
2. $KX:=KX+1=2; \quad XAP:=P2; \quad BP2=A$

$A:=(BP1) \vee (BP2)$ -бажариш

Олтинчи цикл

$$KX:=5; \quad XAP:=5; \quad PK:=(\text{чик}A-KCH_i \text{ га})\text{- «танлаш»}$$

$$KX:=KX+1=6; \quad XAP:=KCH_i; \quad KCH_i:=A\text{- «бажариш»}$$

Олтинчи цикл натижасида i -номерли чиқариш қурилмасида аккумуляторнинг ичидаги ахборот пайдо бўлади.

7.2. Микропроцессорли бошқариш системалари

Ҳисоблаш техникаси воситалари иккита катта гуруҳга бўлинадилар:

- *аналогли*,
- *рақамли*.

Аналогли воситалар узлуксиз характерга эга бўлган сигналларни қайта ишлаш учун қўлланилади ва амалда реал масштабга эга бўлган вақт давомида ишлайдилар.

Уларнинг асосий камчилиги, бу нисбатан катта бўлмаган аниқликка эга эканликларидир.

Рақамли воситаларда назарий жихатдан, рақамли ахборотлар ҳақида ҳоҳлаган аниқликка эришиш мумкин. Лекин, бу аниқлик қайта ишланаётган ахборотнинг разрядлигига боғлиқдир. Разряд қанча катта бўлса, ахборотни қайта ишлашга шунча кўп вақт талаб қилинади.

Рақамли ҳисоблаш воситаларининг ҳозирги замон ишлаб чиқариш технологияси, реал масштабли вақтга яқин бўлган тезликка эга бўлиш имконини беради. Шунинг учун бошқариш системаларида рақамли воситалар аналогли воситаларга нисбатан кўпроқ ишлатиладилар. Ўз ўрнида рақамли воситалар икки гуруҳга бўлинадилар:

- *қаттиқ мантиқли воситалар,*
- *программалаштирилган мантиқли воситалар.*

Биринчи гуруҳ воситалари қаттиқ аппаратли структурага эга бўлиб, аниқ вазифани бажариш учун қўлланиладилар. Уларни бошқа вазифани бажариш учун созлаш амалий жихатдан чегараланган. Улар, схемасининг соддалиги ҳамда юқори даражада мустаҳкам ишлаши, нархи арзонлиги билан характерланадилар ва содда бошқариш системалари сифатида ишлатиладилар. Иккинчи гуруҳ воситалари етарли даражадаги мураккаб универсал структурага эга бўлиб, уларни ҳар-қил конкрет вазифаларни бажариши учун созлаш мумкин. Унинг учун, бу вазифаларнинг ечиш алгоритмлари (программалари) тузилади.

Микропроцессорлар иккинчи гуруҳ воситаларига киради. Микропроцессор бу программали бошқариш қурилмаси бўлиб, ахборотларни қайта ишлаш учун хизмат қилади ва конструкцияси жихатдан бир ёки бир нечта катта интеграл схема (КИС) тарзида бажарилади.

7.3. Ҳисоблаш техникасининг элементлар базаси

Энди рақамли ҳисоблаш воситаларининг (техникасининг) элементар тугунлардан тортиб, то микропроцессоргача бўлган элементлар базасининг ривожланишини кўрамиз. Рақамли ҳисоблаш техникасининг элемент базаси сифатида «*ВА*», «*ЁКИ*», «*ЙЎҚ*» типигади мантиқий элементлар ишлатилади.

ЁКИ мантиқий элемент схемаси мантиқий қўшиш операциясининг боғланишини амалга оширса, *ВА* мантиқий элемент схемаси, мантиқий кўпайтириш операциясини амалга оширади. *ЙЎҚ* мантиқий элемент схемаси, мантиқий инкор операциясини бажаради.

ВА ҳамда *ЁКИ* элементларини қайта боғланиш схемаси бўйича параллел улаб, триггер схемасини олиш мумкин. Триггер - бу хотира элементи бўлиб, бир разрядли иккилик ахборотини сақлаш учун қўлланилади. Триггер мантиқий «О» ёки «1» ҳолатларида бўлиши мумкин.

Триггерлар бир ҳолатдан иккинчи ҳолатга ўтиш усулига қараб қуйидаги типларга бўлинадилар: RS,Д,ДV,Т,JK ва б.к.

Триггерларни ва уларнинг чиқишдаги бошқариш схемаларини кетма-кет ёки параллел улаб регистр ёки рақамли санаш қурилмаси типигади рақамли тугунлар пайдо қилиш мумкин. *Регистр* рақамли ахборотни тўғри ёки тескари код бўйича қабул қилиш, сақлаш, ўзгартириш ва узатиш учун хизмат қилади. Регистрнинг асосий параметри бу, унинг разрядлилигидир. Регистрлар схемаси параллел, кетма -кет ёки шу икки схеманинг комбинациясидан иборат бўлиши мумкин. Рақамли санаш қурилмаси - бу тугун бўлиб, унинг киришига берилаётган импульслар миқдорини ҳисоблаш учун хизмат қилади. Ҳисоблаш йўналишига қараб санаш қурилмалари қўшувчи, олувчи ва реверсивли бўладилар.

Мантиқий элементлар асосида *арифметик ва мантиқий қурилмалар* (АМҚ) нинг таянч тугуни бўлмиш сумматорларни тузиш мумкин.

Сумматорлар комбинацияли (натижаларни хотирада сақламайдиган) ва йиғувчи (сумматорлар схемасига уланган триггерлар ёрдамида натижаларни сақлайдиган) бўлиши мумкин. Сумматор, регистр ва комбинацияли элементлар

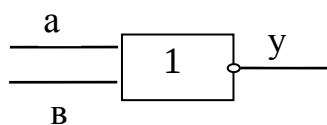
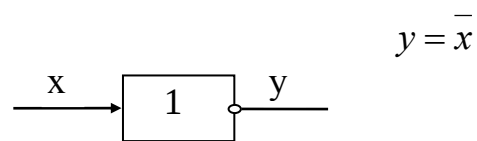
ёрдамида АҚМ қурилади. ЭХМнинг бошқариш қурилмалари мантикий элемент, триггер ва дешифраторлардан ташкил топган бўлиб, уларнинг чиқиш сигналлари АҚМ, хотирлаш қурилмаси (ХҚ) ва киритиш-чиқариш қурилмаларининг ишини бошқаради. Хотирлаш қурилмасини киритиш ва чиқариш регистрлари, адресли дешифраторлар ва ёзиш ҳамда ҳисоблаш жараёнларини бошқариш схемалари асосида тузиш мумкин.

Киритиш-чиқариш қурилмалари эса буферли регистрлар ва шинали формователлар ёрдамида тузилади. Микропроцессорнинг асосий функционал элементларини қуриш учун ҳақиқийлик жадвали ёки мантикий муносабат бўлиши керак. Бунда схемани соддалаштириш учун Буль теоремасидан фойдаланилади:

1a	$\bar{0} = 1$	1б	$\bar{1} = 0$
2a	$x + 0 = x$	2б	$x \cdot 1 = x$
3a	$x + 1 = 1$	3б	$x \cdot 0 = 0$
4a	$x + x = x$	4б	$x \cdot x = x$
5a	$x + \bar{x} = 1$	5б	$x \cdot \bar{x} = 0$
6a	$x + y = y + x$	6б	$x \cdot y = y \cdot x$
7a	$x + xy = x$	7б	$x(\bar{x} + y) = xy$
8a	$\overline{(x + y)} = \bar{x} \cdot \bar{y}$	8б	$\overline{(xy)} = \bar{x} + \bar{y}$
9a	$x + yz = (x + y)(x + z)$	9б	$x(y + z) = xy + xz$
10a	$x + \bar{x} \cdot y = x + y$	10б	$x(\bar{x} + y) = xy$

Бу муносабатлар қуйидаги типли элементлар орқали ифодаланиши мумкин.

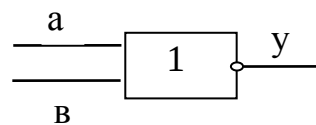
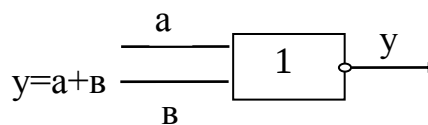
«ИНКОР»



«ВА»

$$y = a \cdot b$$

«ЁКИ»



ЁКИ - ИНКОР

$$y = \overline{a + b}$$

7.4. Технологик жараёнларни автоматлаштиришда микропроцессор ва микроЭХМни қўллаш

Интеграл схемали электрониканинг ютуқлари **катта интеграл схемалар** (КИС)ни келтириб чиқарди. КИСларни қўллаш, рақамли системанинг самарадорлигини, иш унумдорлигини, пухталигини ошириб, унинг хажмини, массасини камайтирди. Ана шундай универсал стандарт КИС лар **микропроцессорлар** (МП) деб аталади.

Микропроцессорлар ЭХМ процессорларининг соддалашган варианты бўлиб, кичик ЭХМ нинг бир бўлагини ташкил этади. Демак микропроцессорлар КИС технологияси асосида яратилган бўлиб, ишлаб чиқарувчи, бошқарувчи қурилма бўлиб, программали бош қариш бўйича ахборотни қайта ишлайди ва киритиш-чиқариш операцияларини ҳамда мантикий-арифметик операцияларни бажаради.

7.4.1. Микропроцессор ва микроЭХМнинг структуравий элементлари ва тизимлари

Микропроцессорларнинг асосий структуравий элементларига қуйидагилар киради:

- Мантикий арифметик қурилма (МАҚ);

- *Хотира қурилмаси (ХҚ);*
- *Бошқариш қурилмаси (БҚ)*

Микро ЭХМ таркибига микропроцессордан ташқари яна ташқи хотира қурилмаси (ТХҚ) ва ахборот киритиш-чиқариш қурилмаси киради.

Ташқи қурилмаларга клавиатура ва дисплейли хар-хил терминаллар, чоп қилиш қурилмалари ёки принтерлар, лентали перфораторлар, магнитли лента ёки дискка ёзиб олинadиган хотира қурилмалари, ускуналар билан алоқа боҳолаш учун қўлланиладиган датчиклар, ижрочи қурилмалар ва ҳ.к киради.

Микропроцессор структураси учта *шина* билан таъминланган бўлиб, улар *ахборот* (Ах), *адрес* (Ад), *бошқарувчи* (Б) шиналардан иборат. Сигналлар уч хил кўринишда: битта, иккита ва учта бошқарувчи шиналар бўйича етказилиши мумкин. Шина бир нечта тармоқларнинг сони, бир ёки бир нечта ахборот манбаларидан қабул қилувчиларга берилаётган иккилик ахборотнинг хонасини белгилайди.

Мантиқий арифметик қурилма, иккилик кодда берилган сонлар ва адреслар устидан *арифметик мантиқий* амалларни бажаради. Бундай операцияларнинг асосини ташкил этувчи МАҚ командаларининг тўплами билан белгиланади. МАҚ нинг команда тўпламига арифметик, мантиқий қўшиш, мантиқий кўпайтириш, кўчириш, солиштириш ва бошқа операциялар киради. Арифметик операциялар иккилик арифметика қонуни бўйича бажарилади. Мантиқий операциялар эса Буль алгебраси қонуниятлари бўйича ишланади. Бошқариш қурилмаси иккита асосий функцияни бажаради :

а) Бошқариш ва командаларни бир катталиқда териб қўйиш.

б) Командаларни қилиш. БҚ га хотирадан келиб тушадиган командалар, структура элементлари ва команданинг бажарилиши тўғридан-тўғри таъсир этувчи иккилик сигналларига айланади.

Бошқариш қурилмаси таркибига бошқарувчи хотира қурилмаси, микрокоманда дешифратори ва бошқариш схемаси киради. Бошқарувчи хотира қурилмасида ҳар бир операция учун кичик программа деб аталувчи кичик командалар тўплами сақланади, ана шу операцияларнинг кетма-кет терилиши ва ба-

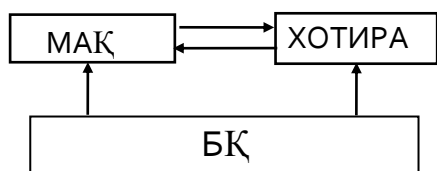
жарилиши микропроцессорнинг ахборотни ишлаб чиқиш ва ўзгартириш қисмида ўзига тегишли операция коди бўйича олиб борилади.

7.5. Микропроцессор операция бажариш қурилмасининг структура схемаси

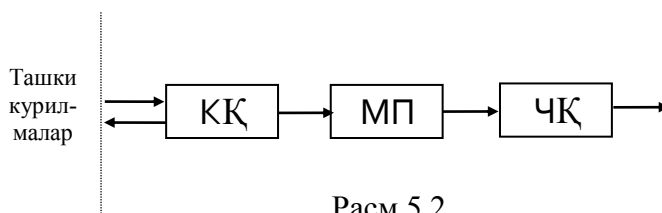
Микрокоманда *дешифратори* микрокоманда операцияси қисмининг кодини расшифровка қилади, шу билан бирга микропроцессорнинг ишлаб чиқувчи қисмига тушадиган бошқарувчи сигналларни ҳосил қилади. Бошқариш қурилмаси команда сўзида тегишли код билан берилган ҳар хил операцияларни бажаради ва уларни кетма-кет фазаларга яъни адрес фазасига ва цикл деб аталувчи бажариш фазасига бўлиб чиқади. Микропроцессор хонасининг чекланганлиги сабабли операциялар устидаги амаллар икки ёки ундан ҳам кўп циклда бажарилади. Бу эса микропроцессорларнинг тезлиги оперендлар хонаси белгилайдиган ахборот узунлигига боғлиқдир.

Адрес фазаси, хотирада А адресли регистрга жойлашган адресга мурожаат этишдан бошланиб, икки оперендли регистрни тўлдириш билан тугалланади. МАҚда операцияни тегишли коди бўйича *аккумулятор* деб аталувчи регистрдан ўқилган *оперендлар* устида амаллар бажарилади. Аккумулятор ахборотнинг оралиқ натижасини сақловчи хотира бўлиб, шу операциянинг кейинги командасида ишлатилади. Микропроцессорларнинг иш регистрлари физик жиҳатдан хотиранинг бир хил ячейкалари бўлиб, келаётган ахборотни ўта тезкорлик билан сақлаб қолиш учун ишлатилади, аммо ўзининг функцияси бўйича микропроцессорнинг маълум структура элементлари билан боғланган гуруҳларга бўлинади. Оператив хотира регистрлари программанинг қайта ишланишда ҳосил бўлган натижалар, командалар ва авдресларни сақлаш учун қўлланилади. *Хотира*, *ташқи қурилмалар* ва микропроцессорнинг структура элементлари ўртасида ахборотли, адресли, бошқарувчи сигналларни тақсимлаш, киритиш-чиқариш қурилмалари махсус микропроцессорларни вужудга келтиради. Уларни киритиш чиқаришини назоратловчи қурилмалар ёки ташқи қурилмалар деб аталади. Киритиш-чиқариш қурилмалари ўз команда системасига эга бўлиб, программани бошқара олади ва ташқи қурилма билан микро-

процессор орасида алоқа ўрнатади. Микропроцессор таркибига таймер ҳам ки-
ради. Таймер микропроцессорнинг асосий қурилмаларидан бўлиб, ахборотли,
адресли ва бошқарувчи сигналларнинг динамикасини аниқлайди.



Расм 5.1.



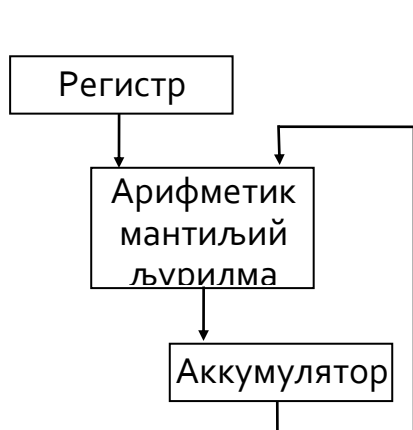
Расм 5.2.

7.6. Микропроцессорнинг хотира қурилмалари

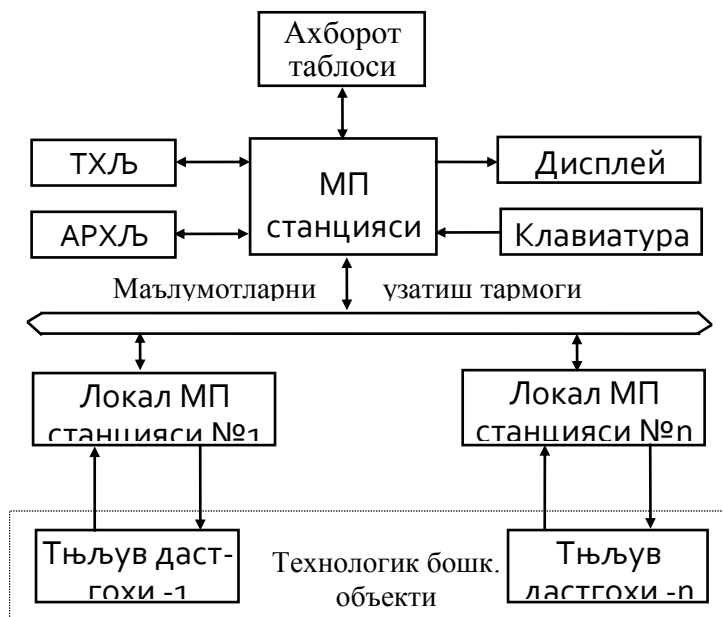
Барча хотира қурилмаларини икки гуруҳга бўлиш мумкин:унча катта бўлмаган тезликдаги ва катта сиғимдаги ташқи хотира қурилмалари ва ярим ўтказгичли етарлича катта тезликдаги ва сиғими катта бўлмаган ички хотира қурилмалари. Ташқи хотира қурилмалари перфоленталар, перфокарталар, маг-
нит диски ёки лентасидан ташкилланган топган. Бу техник элтувчиларига ахбо-
рот программа тузувчи томонидан киритилиб, физик бирликдаги ҳар хил про-
грамманинг библиотекаси тузилиши мумкин.

Ички хотира қурилмалари, кўп даражали машина хотира структурасининг пастки сатҳида жойлашган,ярим ўтказгичли хотира қурилмалари. тезкор ва до-
имий хотира қурилмаларига бўлинади. *Доимий хотира қурилмаси* (ДХҚ) га ах-
боротлар ЭХМ ни тайёрлаш пайтида ёзилади. Доимий хотира қурилмасининг *оператив хотира қурилмаси* (ОХҚ)дан фарқи, машина ўчирилганда ҳам ДХҚда ёзилган ахборотлар ўчмай сақланиб қолади. ДХҚ нинг афзаллиги, унинг катта сиғими, оз қувват билан ишлаши бўлса,камчилиги унда ёзилган ахборотни ўз-
гартира олмасликдан иборатдир.

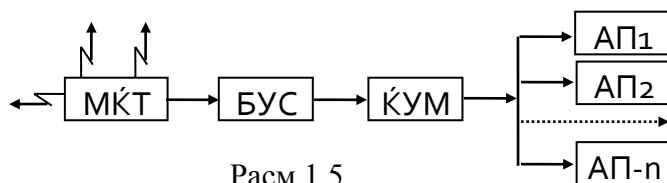
ОХҚ программани бажарилиши вақтида ахборотни ёзишга ва ўқишга имкон бе-
ради. Битта ячейкани ҳар-хил вақтда ва ҳар-хил ахборотни сақлаш учун ишлатиш
мумкин. Машинани ўчиришда ОХҚ даги ахборот йўқолади.



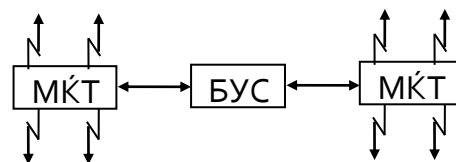
Расм 1.3.



Расм 1.4.



Расм 1.5.



Расм 1.6.

7.7. Технологик жараёнларни автоматлаштиришда микропроцессорларни қўлланиши

Саноатидаги технологик жараён ва ускуналар, бошқариш объектлари сифатида ўзларининг хилма-хилликлари, кўп ўтишларга эгаликлари, характеристикалари нозиклиги, юқори тезликда ўтаётган маҳсулот параметрларини (намлик харорати, ифлослиги ва б.к) тезкорлик билан ўлчаб ахборот олиш ноқулайлиги ёки бутунлай ўлчаб бўлмаслиги билан характерланадилар. Шунинг учун оддий релели ёки чизикли локал регуляторлар қўллаб ускуналарни иш унумини ва маҳсулот сифатини ошириш қийин муаммо бўлиб қолди. Бу ерда кўпгина ускуналарни автоматлаштиришга мослашмаганлигини ҳам ҳисобга олиш зарур.

Охирги пайтда ишда пишиқ ва нархи арзон бўлган микропроцессорлар ҳамда ЭХМ ларни пайдо бўлиши юқорида келтирилган муаммоларни ечишда яъни *автоматик ростлаш системалари* (АРС)ни ва технологик жараёнларни бошқаришнинг автоматлаштирилган бошқариш системалари (ТЖБАС) ни яратиш имконини беради.

Автоматлаштиришнинг пастки поғоналарида микропроцессорлардан, юқори поғонасида эса микро ЭЎМ лардан фойдаланиш мумкин. Мисол қилиб тўқув цехининг икки поғонали автоматик назорат ва бошқариш системасини келтириш мумкин. Бунда цехдаги ҳар бир тўқув дастгоҳи ўзини мустақил микропроцессорига эга бўлиб, унга қуйидаги вазифалар юкланган бўлади: Основа ва утка ипларини узилишини ҳисобга олиш, берилган узунликдаги ипни ўраш, дастгоҳни тўхтаб турган вақтларини (ҳар хил сабабларга кўра) ҳисоблаш ва дастгоҳнинг тезлик режимларини оптималлаш, сигналлаш ва бошқалар (расм 1.4). Бошқаришни юқори поғонасида ишлатилаётган микро ЭХМ эса цехдаги барча тўқув дастгоҳларидан, технологик жараённи бориши ҳақидаги ахборотларни олади ва уларни қайта ишлайди, дастгоҳларнинг иш қобилиятини диагностика қилади, тўқувчи ва хизматчи ходимларнинг иш унумдорлигини ҳисоблайди ва яна ташқи хотира қурилмаси (ТХҚ) нинг бошқариш пульти клавиатураси, аналогли-рақамли ҳисоблаш қурилмаси (АРХҚ) ва ахборот қурилмалари (дисплей.табло) ёрдамида кўпгина бошқа вазифаларни бажаради.

7.8. Ҳисоблаш тармоқлари ва уларнинг структуралари

Ҳисоблаш тармоқлари (ХҚ) деб ўзаро боғланган ва умум тармоқ ресурсларидан (машина вақти, ахборот банки, хотира, стандарт программалар библиотекаси, алоқа каналлари ва б.к) фойдаланишга мўлжалланган ҳисоблаш марказларининг йиғиндисига айтилади. Ҳисоблаш тармоқларини барпо этишдан асосий мақсад фойдаланувчилар учун катта қувватли умумтармоқ ресурсларидан қулай ва ишончли фойдаланиш имкониятини яратиш ҳамда улардан коллектив равишда фойдаланишни ташкил қилишдир.

Ҳисоблаш тармоқлари якка ЭХМ га ёки ҳисоблаш марказига нисбатан қуйидаги афзалликларга эга :

1) абонентлар учун кўрсатиладиган хизмат доирасини кенгайтириш (олисан туриб хизмат кўрсатиш);

2) ҳисоблаш техникаси ресурсларидан унумли фойдаланиш ва абонентларга ишончли хизмат кўрсатиш.

3) абонентларга хизмат кўрсатиш эҳтиёт қисмлари ва ускуналарга сарфланадиган харажатларни камайтириш ;

Ҳисоблаш тармоқларига қўйиладиган талаблар ;

1. Ҳар қандай ҳисоблаш маркази ҳам мустақил равишда, ҳам тармоқ таркибида ишлай олиши керак.

2. Тармоқ ичидаги алоқа воситаси автоматик тарзда амалга оширилиши зарур.

7.9. Ҳисоблаш тармоқлари макроструктураси

ХТ нинг макроструктураси ўз ичига қуйидаги асосий йирик блокларни олади;

Ҳисоблаш маркази :

абонент пункти ;

берилганларни узатиш системаси .

Ҳисоблаш тармоқлари ўз структурасига кўра тўрт турга бўлинади.

Марказий (юлдузсимон структурали) ҳисоблаш тармоқлари (МХТ).

Расм 1.5 да МХ -марказий ҳисоблаш тармоғи бўлиб, унинг вазифаси бутун тармоқ доирасида, марказдан туриб бошқаришни ташкил этишдан иборат.

бу ерда :

БУС-берилганларни узатиш системаси :

ХУМ- хабарларни улаш (коммутациялаш)маркази

АП -абонент пунктлари.

Бундай структурали ҳисоблаш тармоғининг асосий афзаллиги, унинг соддалигидир. Бу ерда бошқа тармоқларга ҳам худди шундай аппаратуралар уланади. Тармоқнинг маълум бир йўналишида эҳтиёт йўллари йўқлиги сабабли унинг пухта ва ишончли ишлашига путур етиши бундай структураларнинг камчилигидир.

Марказлашмаган тармоқланган структурали ҳисоблаш тармоқлари.

1.6 расмда марказлашмаган тармоқли ҳисоблаш тармоқларининг блок-системаси келтирилган. бундай структурали ҳисоблаш тармоқлари, абонент пунктлари ва ҳисоблаш тармоғидан фойдаланувчилар катта территорияларга ёйилган ҳоллардагина фойдалидир. Бунда ҳар бир фойдаланувчи ўзи уланган МХТ орқали системага кирувчи ҳар қандай ҳисоблаш воситаларига мурожаат эта олиши мумкин.

Умумий ҳолда ҳисоблаш марказлари, ЭХМлар ва абонент пунктларининг территориялар бўйича ёйилиш даражасига кўра ХТлар қуйидаги гуруҳларга бўлинади :

а) Катта ёки глобал **ҳисоблаш тармоқлари**. Бундай ХТ лар нисбатан катта территориялар миқёсида, яъни республикалар, давлатлар даражасида амалга оширилади ва шу регионда жойлашган ҳамма ҳисоблаш марказларини, абонент пунктларини ўзаро бирлаштиради.

б) Регионал ҳисоблаш тармоқлари. Бундай ХТ лар катта вилоят территорияларини, шаҳар, регион территориясида жойлашган ҳисоблаш марказларини, абонент пунктларини ўзига бирлаштиради. Ҳозир навбатида глобал ҳисоблаш тармоғига битта тармоқ сифатида уланади.

в) Маҳаллий ёки локал ҳисоблаш тармоқлари. Бундай ҳисоблаш тармоғи марказий ҳисоблаш машинасидан камида 10 км олисликда жойлашган ва саноат корхоналарида, завод ва фабрикаларда, илмий-текшириш институтларида жойлашган мини ҳамда микро ЭХМ ларни, абонент пунктларини ўзига бирлаштиради. Улар ҳисоблаш тармоқларининг ие-рархик структурасида энг қуйи даражани (поғонани) ташкил этади. Марказлашган ва марказлашмаган тармоқлан-

ган структуравий ҳисоблаш тармоқларидан ташқари радиал-тугунли ва радиал-халқали ҳисоблаш тармоқлари стркутураси ҳам мавжуддир.

Боб бўйича саволлар

1. Микропроцессор нима вазифаси ?
2. Микропроцессорнинг структуравий элементларига қандай қурилмалар киради ?
3. Микропроцессорнинг операцион қурилмасининг вазифаси нима?
4. Микропроцессорнинг хотира қурилмаси қандай вазифани бажаради ?
5. Ҳисоблаш тармоқларига қандай талаблар қўйилади ?
6. Микро ЭХМ ва микропроцессор бир-биридан қандай фарқланади?
7. Аналогли ҳисоблаш машиналарини таърифланг?
8. Рақамли ҳисоблаш машиналарини таърифланг?
9. Микропроцессор нима, таърифланг?
10. Хотира ва киритиш-чиқариш қурилмаларини таърифланг?

Фойдаланилган адабиётлар

1. А.С. Каримов Электротехника ва электроника асослари. – Т., «Ўқитувчи», 1990 й.
2. Н.Ш. Турдиев Радиоэлектроника асослари. – Т., «Ўқитувчи», 1992 й.
3. М. Ўлмасова Ж. Камолов Ф. Тошмухамедов – Т., «Ўқитувчи», 1985 й.
4. А.А. Қодиров Н.М. Усмонхужаев Б.Н. Ёкубов Тукимачилик машиналарининг бошқариш тизимлари . – Т. 2005 й.
5. В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев Электроника и микропроцессорная техника - Москва.: Высшая школа, 2006. 342 с.
6. У.С. Сражиддинов Автоматика асослари ва микропроцессор техникаси- Самарканд.: СДАКИ босмахонаси, 2008.-63 б.
7. О.Ж. Пиримов Ярим ўтказгичли асбоб ва ускуналар (Касб ҳунар коллежлари учун ўқув қуланма). – Т. «Илм-зиё». 2012 й.

НУРАЛИЕВ АЛИМУХАН КАЛПАКБАЕВИЧ
ПИРИМОВ ОДИЛ ЖЎРАЕВИЧ

«ЭЛЕКТРОНИКА ВА МИКРОПРОЦЕССОР ТЕХНИКАСИ»

Олий ўқув юрти талабалари учун ўқув қўлланма

Мухаррир

Саҳифаловчи

Мусахҳиҳ

Босишга рухсат этилди _____ 2015 й.

Қўғоз ўлчами _____ 1/16

Нусха ҳажми _____ босма табок, _____ нусха

Буюртма № _____

_____ босмаҳонасида чоп этилди.

Манзил: Тошкент шаҳри, _____ кўчаси, _____ - уй.