

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

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ИҚТИСОДИЁТ УНИВЕРСИТЕТИ

**Эркин Усмонович Ибрагимов
Шухрат Тешабоевич Эрматов
Лутфулла Файзуллаевич Аюпов**

5140900-Касбий таълим (информатика, ахборотлар технологияси)
ва
5521900 – «Иқтисодиёт (Информатика ва ахборот технологиялари) »
бакалавриат йўналиши талабалари учун

**Э Л Е К Т Р О Н И К А
ва
С Х Е М О Т Е Х Н И К А**

Д А Р С Л И К

Тошкент - 2007

Тақризчилар:

ТТВаЕСИ «Технологик жараёнларни автоматлаштириш ва компьютерлаштириш» кафедраси доценти, т.ф.н. Сиддиқов И.Х.

ТДИУ «Ахборот технологиялари» кафедраси доценти
Хайитматов Ў.

Ибрагимов Э.У., Ш.Т. Эрматов, Аюпов Л.Ф., Г. Электроника ва схематехника. Дасрлик. – Т.: ТДИУ, 2007 ____ б.

Техникага алоқадор бўлмаган сохаларнинг талабалари ва мутахассислари замон билан хамнафас бўлиш, у билан баробар қадам ташлаш, компьютерлар имкониятларидан тўлиқ фойдаланиш учун электротехника, электроника ва импульс техникаси фан сохаларини асосларини ўрганишга мажбур бўлмоқдалар. Диққатингизга хавола қилинаётган ушбу дарсликда бошқа соха талабаларига ва ўқувчиларига шу сохадаги билимларни камчиликларини тўлдириш мақсадида электротехника, электроника ва импульс техникаси бўйича ҳаётда билиш зарур бўлган энг асосий тушунчалар ва билимлар тўплами келтирилган.

Студентам специалистов, не имеющие отношение к технике, для поддержки требований времени, полного использования возможностей компьютеров предстоит изучать основ направлений электротехники, электроники и импульсной техники. В этом учебнике в целых дополнения пробелов знаний в этой области приведении основы понятия, и которые необходимо по электронике, электротехнике и импульсной технике.

In this connection students the expert, not concerning technics, for support of requirements of time full of use of opportunities of computers it is necessary to study bases of the set forth above directions electrical engineers, electronics and pulse technics. In this manual as a whole additions of blanks of knowledge in this area reduction of a basis of concept and which it is necessary on electronics, the electrical engineer and pulse technics.

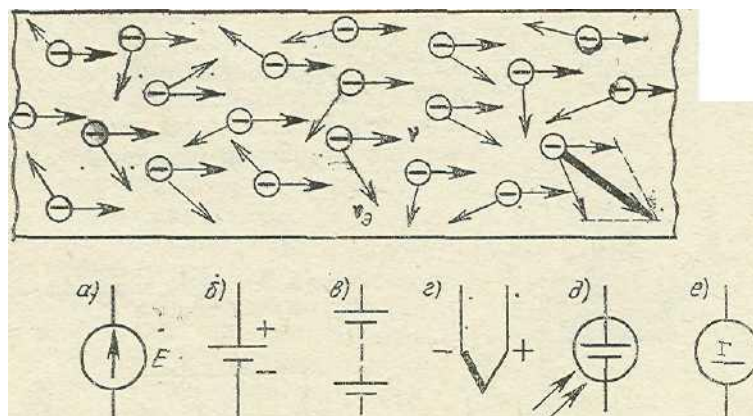
1-боб. ЎЗГАРМАС ТОК ЗАНЖИРЛАРИ

1. 1. Электр ток
1. 2. ЭЛЕКТР МАЙДОН КУЧЛАНГАНЛИГИ ВА КУЧЛАНИШ
- 1.3. ҚАРШИЛИК ВА ЎТКАЗУВЧАНЛИК
- 1.4. ПОТЕНЦИАЛ ВА ЭЛЕКТР ЮРИТУВЧИ КУЧ
- 1.5. ҚУВВАТ
- 1.6. КИРХГОФ ҚОНУНЛАРИ РЕЗИСТОРЛАРНИ ПАРАЛЛЕЛ ВА АРАЛАШ УЛАШ
7. СИМЛАРНИ ИСРОФЛАРГА ВА КУЧЛАНИШ ЎЗГАРИШИГА ҲИСОБЛАШ
1. 8. ЎТКАЗГИЧЛАРНИНГ ТОК ТАЪСИРИДА ҚИЗИШИ ВА СИМЛАРНИ ҚИЗИШГА ҲИСОБЛАШ
- 1.9. ҚИСҚА ТУТАШУВЛАР ВА ЎТА ЮКЛАМАЛАР. ИССИҚЛИК ҲИМОЯСИ.
- 1.10. ЭЛЕКТРОЛИЗ

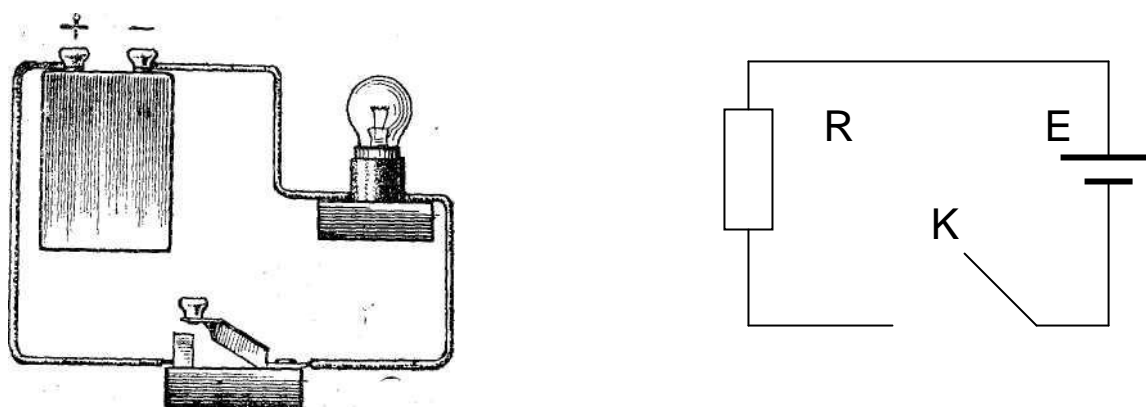
1. 1. Электр токи

Электр ўтказувчанлик токи - модда ёки вакуумда электр зарядини эркин ташувчиларнинг йўналган ҳаракат ҳодисаси. Ҳаракати электр токини вужудга келтирадиган зарядларнинг ташувчилари, кўп ҳолларда эркин электронлар (жумладан металлларда), камроқ ҳолларда эса (суюқлик ва газларда) - ионлар бўлади. Электротехника ва электроникада заряд ташувчиларнинг зичлиги турлича, яъни электр ўтказувчанлиги турлича бўлган ҳар хил моддалар ишлатилади. Металллардан алюминий, мис, кумуш ва олтиндан, баъзи ҳолларда эса уларнинг қотишмаларидан фойдаланилади. Электр занжирлар элементларининг изоляцияси электр ўтказувчанлиги нормал иш шароитларида металлларнинг электр ўтказувчанлигидан анча кам бўлган (10^{18} — 10^{20} марта) материаллардан тайёрланади.

Электрон қурилмаларнинг (телевизорлар, радиоприёмниклар, ҳисоблаш машиналари ва ҳоказо) асосий элементлари ярим ўтказгичлардан, асосан германий билан кремнийдан, шу элементларнинг электр ўтказувчанлигини оширадиган қўшилмалар қўшиш йўли билан тайёрланади. Металларда эркин электронларнинг бир йўналишда v тезлик билан узоқ силжиши (1-расм) уларнинг v_0 тезлик билан бўладиган тартибсиз иссиқлик ҳаракатига қўшилади. Бундай силжиш (кўчиш) га дрейф дейилади; демак, металлларда электр токини электронлар дрейфи вужудга келтиради. Лекин электротехник ҳисоблашларда кўп электронлар дрейфининг ўрнига унга эквивалент бўлган мусбат электр зарядларнинг электр кучлар таъсири йўналишидаги тўғри чизиqli ҳаракати билан алмаштириш мумкин.



1-расм. Электр майдон таъсирида электронлар дрейфинг вужудга келиши



2-расм. Энг оддий электр занжири ва унинг схемаси

Металлда эркин электронларнинг тартибли (илгариланма) ҳаракат тезлиги нисбатан кичик, одатда у секундига 1 мм дан ошмайди. Лекин электр энергиясининг тарқалиш тезлиги анча катта—ҳаво линияларида у амалда ёруғлик тезлигига тенг бўлади. Шу сабабли электр занжир туташтирилганда унда ток деярли бир онда пайдо бўлади. Бу ерда ҳеч қандай қарама-қаршилик йўқ, чунки электр энергияси манбаи вужудга келтирадиган ва зарядларга таъсир этадиган электр майдон линия бўйлаб ёруғлик тезлигида тарқалади, электр зарядлар эса майдон таъсирида нисбатан секин силжийди. Бунини шундай таққослаш мумкин: сув босими станциясидан юбориладиган сув заррачалари трубаларда анча секин ҳаракатлангани билан водопровод жўмрагини очиш билан босим остида шу заҳоти сув туша бошлайди.

Электр токи вужудга келиши учун ўтказгичлардан таркиб топган электр занжир яратиш лозим.

Ток доимо келиб туриши учун электр энергиясининг манбаи (электр юритувчи кучлар манбаи) бўлиши керак, бу манба бошқа тур энергияни

электр энергиясига айлантиради. Қудратли электр машина генераторлар механик энергияни электр энергиясига, гальваник элементлар ва аккумуляторлар - химиявий процеслар энергиясини, кам қувватли термоэлементлар ва магнетогидродинамик генераторлар - иссиқлик энергиясини, ва ниҳоят, турли хил фотоэлементлар (Ернинг сунъий йўлдошлари ва планеталараро космик станцияларда кенг қўлланиладиган) - нур энергиясини электр энергиясига айлантиради.

Лекин электр фақат энергияни узатиш учун хизмат қилади, чунки турли хил истеъмолчиларда электр энергияси доимо энергиянинг бошқа турларига: электр двигателларда — механик энергияга, ёритиш қурилмаларида — нур энергиясига, электр печларда — иссиқликка айланади ва ҳоказо.

Бинобарин, оддий электр занжирнинг асосий қисмлари эюк E бўлган электр энергияси манбаи (2-расм), қаршилиги r бўлган электр энергияси истеъмолчиси, уларни ўзаро туташтириладиган сим ва занжирни узиб улайдиган ўчиргич K дан иборат.

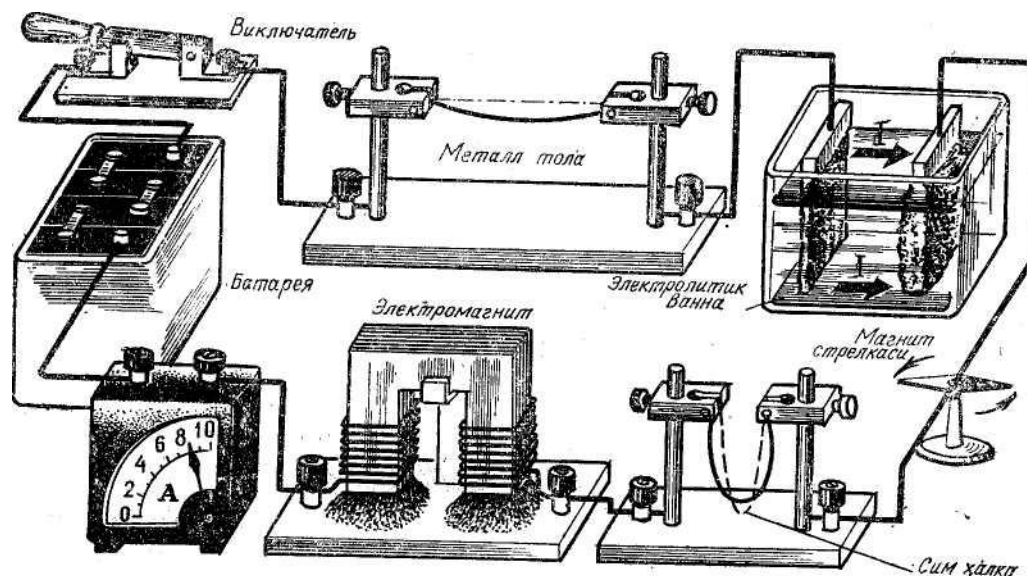
Одам электр токини бевосита кузата олмайди, ток борлиги ҳақида шу ток сабабли бўладиган ҳодисаларга қараб фикр юритади. Бундай ҳодисаларни турли хил электр энергияси истеъмолчилари ёрдамида кузатиш мумкин. 3-расмда бир неча энг оддий электр энергияси истеъмолчилари кўрсатилган, улар бир-бири билан кетма-кет уланган, яъни улардан электр энергияси манбаидан (кетма-кет уланган аккумуляторлар ёки гальваник элементлар батареясидан) келадиган битта токнинг ўзи ўтади. Токни ўлчаш учун занжирга барча истеъмол кетма-кет амперметр A уланган.

Занжир выключатель ёрдамида улангандан кейин маълум вақт ўтгач, ингичка металл тола қизиқиб, шуълалана ва узая бошлайди, натижада у солқиланиб қолади. Демак, ушбу истеъмолчида электр энергияси иссиқликка ва нур энергиясига айланади.

Ток йўлидаги электролитик ванна - шиша идиш бўлиб, маълум масофада иккита мис пластинка ўрнатилган ва электролит – мис купороси эритмаси қўйилган. Ваннада токнинг мис пластинкалар орқали электролитга химиявий таъсир этишини кузатиш мумкин, бунда электролиз содир бўлади, яъни бир пластинканинг массаси камаяди, иккинчисиники эса ортади. Ток металлни электролит орқали олиб ўтади. Шу кузатишлар асосида электр занжирида ток металлни ташиш йўналишида ҳаракатланади, деб ҳисоблай бошладилар.

Электр энергияси манбаининг ток ташқи занжирга йўналадиган қисмаси *мусбат қутб* деб аталди ва (+) ишора билан белгиланди, мос равишда иккинчи қисма *манфий қутб* деб аталди ва (—) ишора билан белгиланди. Кейинчалик шу нарса аниқландики, электролитда зирядларнинг мусбат ва манфий зарядланган ташувчилари—ионлар — икки қарама-қарши йўналишда ҳаракатланар экан, металлларда эса заряд ташувчилар, яъни эркин электронлар токнинг қабул қилинган йўналишига тескари йўналишда ҳаракатланади. Ана шу нотўғри тахмин туфайли электронлар зарядини манфий деб ҳисоблашга, яъни электронлар дрейфи электр токига тескари томонга йўналган, деб қабул қилишга тўғри келди. Токнинг электродинамик

таъсирини кузатиш учун истеъмолчи хизмат қилади, унда эгилувчан сим қисмаларга энсиз ҳалқа ҳосил қилиб маҳкамланган. Токли ҳалқа томонлари бир-бирини электродинamik итариши натижасида ҳалқа кенгайди.



3 - расм. Энг оддий электр энергияси истеъмолчилари

Электромагнит ва магнит стрелкаси токнинг электромагнит таъсирини кўрсатади. Электромагнит чулғамидан ток ўтганда пўлат киридилар ўзак учларига юртилади. Шу билан бир вақтда магнит стрелкаси токли сим йўналишига перпендикуляр бўлиб қолади.

Шунга ўхшаш оддий ҳодисалар асосида ток борлиги ҳақидагина эмас, балки унинг интенсивлиги ҳақида ҳам фикр юритиш мумкин. Токни миқдорий жиҳатдан тавсифлаш учун катталиқ I хизмат қилади. У ўтказгичнинг кўндаланг кесимидан вақт бирлиги ичида ўтган электр заряд миқдори q билан аниқланади. Агар зарядлар ҳаракати бир хил ва t вақт ичида ўтказгичнинг кўндаланг кесими орқали q электр миқдори ўтган бўлса, ўтказгичдаги ток $I = q/t$ бўлади. Зарядлар турлича ҳаракатланганда $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$ бўлади, бунда Δt — ўтказгич кесими орқали Δq электр миқдори ўтган жуда оз вақт оралиғи.

Қабул қилинган Халқаро бирликлар системаси (СИ) да токнинг асосий электр бирлиги ампер (A) ҳисобланади.

Ток бирлиги — ампер (A) — ўтказгичнинг ток билан ўзаро электродинamik таъсири асосида аниқланади. Ампер метрологик лабораторияларда асбоб (ампертарозилар) ёрдамида аниқ топилади, бу асбобда ғалтаклар орасидаги ўзаро электродинamik таъсир кучларини аниқ ҳисоблаш мумкин.

Катта токни ўлчаш учун каррали бирлик— 1000 A га тенг килоампер (kA), кичик тоқларни ўлчаш учун эса—ампернинг мингдан бир қисмига ($1 \cdot 10^{-6} A$) тенг бўлган миллиампер (mA) ва ампернинг миллиондан бир қисмига тенг бўлган ($1 \cdot 10^{-6} A$) микроампер (μA) ишлатилади.

Ток кучига бир неча мисоллар келтирамиз, улар ампер ҳақида анча конкрет тасаввур беради. Ток тахминан $5mA$ га етганида одам юк ўтаётганлигини сеза

бошлайди, лекин бу ток 50 мА гача ортганда одам ҳаёти учун хавфли бўлади. Энг кўп тарқалган чўғланиш лампаларининг токи 0,1—1 А, турмушда ишлатиладиган люминесцент лампаники—0,15А. Электр плита учун 1,5—5 А ток керак. Ўртача қувватли электр двигателларнинг токи 5—25 А га тенг. Электрометаллургия қурилмаларида ток 50 кА ва ундан ҳам ортиқ бўлади.

Электр миқдорининг бирлиги *кулон* (Кл) ўзгармас юк 1 А бўлганда 1 с да ўтказгич кўндаланг кесимидан ўтган заряд сифатида аниқланади:

$$1 \text{ Кл} = 1 \text{ А} \cdot \text{с}.$$

Электрнинг энг кичик бўлинмас заррачаси электрон $e = 36 \cdot 10^{-20}$ Кл манфий зарядга эга.

1. 2. ЭЛЕКТР МАЙДОН КУЧЛАНГАНЛИГИ ВА КУЧЛАНИШ

Токли ўтказгичда *электр майдон* мавжуд бўлади, у электр зарядларга таъсир этади ҳамда уларни майдон кучлари йўналишида ҳаракатланишга мажбур этади. Электр майдоннинг асосий миқдорий характеристикаси бўлиб *кучланганлик* E хизмат қилади. Кучланганлик майдоннинг кўрилаётган нуқтасида мусбат электр заряд бирлигига таъсир этадиган куч сифатида аниқланади. Агар мусбат заряд q га куч F таъсир этаётган бўлса (4-расм), у ҳолда шу нуқтадаги кучланганлик қуйидагича бўлади:

$$E = F/q$$

Кучланганлик ва куч қора шрифт билан кўрсатилган, чунки улар физик векторлар, яъни фазода муайян йўналишга эга бўлган катталиклардир. Кейинчалик, фақат кучланганликни ҳисобга олиш зарур бўлганда у E_m билан белгиланади.

Агар майдоннинг барча нуқталарида кучланганлик бир хил бўлса, у ҳолда бу майдон текис бўлади. Заряд текис майдон йўналишида ҳаракатланганда майдон кучларининг бажарган иши кучнинг йўл l га кўпайтмасига тенг:

$$A = Fl = \partial E_u l \quad (1)$$

Электр қурилмани характерловчи асосий катталиклардан бири *кучланиш* ҳисобланади. У сон жиҳатдан мусбат электр заряд бирлигининг (бир кулон) икки нуқта (масалан, электр энергияси манбаининг иккита қисқичи) орасида ҳаракатлангандаги бажарилган ишга тенг:

$$U = A/q \quad (2)$$

Кучланиш бирлиги сифатида *вольт* (В)— СИ системасидаги ҳосила бирлик хизмат қилади. Занжирнинг икки нуқтаси орасида мусбат электр заряд бирлиги ҳаракатланганда бир жоульга тенг иш бажарилса, у ҳолда улар орасидаги кучланиш бир вольтга тенг бўлади. Демак, $Ж = В \cdot Кл$.

Юқори кучланишларни ўлчаш учун каррали бирлик—1000 В га тенг

кило-вольт (кВ), паст кучланишларни ўлчаш учун эса—0,001 В га тенг милливольт (мВ) ҳамда $0,000001 \text{ В} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ В}$ га тенг микровольт (мкВ) қўлланилади.

Турли хил электр қурилмалардаги кучланишларга мисоллар келтирамиз. Одам учун хавфсизлик жиҳатидан паст кучланш деб 250 В дан ошмайдиган кучланиш қабул қилинган. Одам учун знг хавфли шароитларда электротехника қурилмаларининг ерга нисбатан кучланиши 12 В дан ошмаслиги керак (зах ва иссиқ биноларда 36 В). Битта гальваник элемент 1 В дан салгина кўпроқ кучланиш беради; термоэлементларнинг кучланиши ўнлаб милливольт миқдорда бўлади, (1) ва (2) формулалар асосида заряд текис майдонда a ва b нуқталар орасида майдон йўналишида ҳаракатланганда бажарилган иш (5- расм) қуйидагича бўлади: $A = E_m I_{ab} q$ ёки, агар уни a ва b нуқталар орасидаги кучланиш орқали ифодаласак:

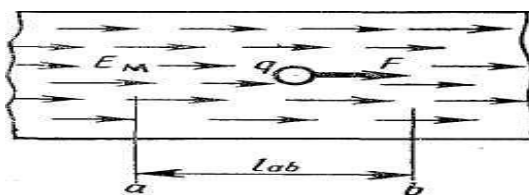
$$A = U_{ab} q, \quad (3)$$

бинобарин, текис майдонда

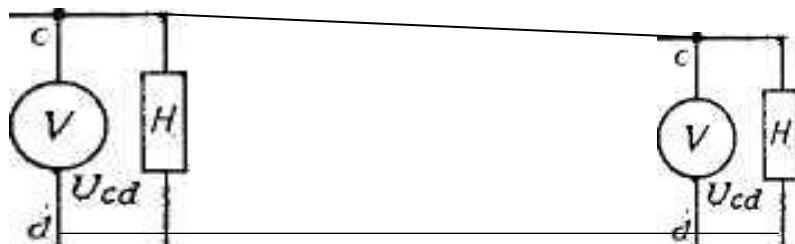
$$U_{ab} = E_m l_{ab}$$

СИ тизимида l_{ab} масофа м да ўлчанганлиги сабабли, электр майдон кучланганлиги метрга тўғри келадиган вольт ҳисобида (В/м) ўлчаниши керак, лекин кўпинча каррала бирлик $\text{В/см} = 100 \text{ В/м}$ қўлланилади.

«Кучланиш» тушунчаси таърифининг ўзи у электротехник қурилманинг икки нуқтасига тааллуқли бўлиши лозимлигини кўрсатади; масалан, электр тармоқ симлари орасидаги кучланиш, сим билан ер орасидаги кучланиш, лекин «симнинг кучланиши» деган ифода нотўғридир. Шунга қарамай, кучланганлик электр майдоннинг исталган нуқтасида муайян қиймат-га эга бўлади.



4-расм. Текис электр майдонда зарядларнинг ҳаракатланиши



5- расм. Кучланишни вольтметрлар ёрдамида ўлчаш

Кучланиш ўлчанадиган асбоб— вольтметр орасидаги кучланишни ўлчаш лозим бўлган икки нуктага, масалан генераторнинг a ва b қисмаларига ҳамда нагрузка H нинг c ва d қисмаларига уланади. Юқорида таъкидлаб ўтилганидек, амперметр ўлчаш объекти билан кетма-кет, вольтметр эса шу объектга параллел уланади.

1. 3. ҚАРШИЛИК ВА ЎТКАЗУВЧАНЛИК

Электр майдон кучлари таъсирида силжийдиган (ҳаракатланадиган) электронларнинг илгариланма ҳаракати ўтказгич атомлари ёки молекулалари билан тўқнашиши натижасида тормозланади. Тўқнашишлар частотаси материалнинг структурасига ва унинг температурасига боғлиқ. Зарядларнинг йўналган ҳаракатига, яъни электр токига ўтказгичнинг тескари таъсири ўтказгичнинг *электр қаршилиги* дейилади. Металл ўтказгичларда эркин электронлар кристалл панжара орқали ҳаракатланади, бу панжарани металлнинг мусбат ионлари ҳосил қилади, улар ўзаро манфий зарядланган электрдан газ (ток ташишда иштирок эта оладиган эркин электронлар тўплами) воситасида боғланган бўлади. Қаттиқ ўтказгичларда токни фақат электронлар ҳаракати вужудга келтиради. Улар *электрон* электр ўтказувчанликка эга бўлган биринчи тур ўтказгичлардир. Суюқлик ва газларда зарядларни мусбат ва манфий ионлар ташийди. Уларнинг ҳаракати мусбат ионларнинг майдон йўналишида ва манфий ионларнинг унга тескари йўналишида ҳаракатланиши электр токни вужудга келтиради. Бундай ўтказгичлар ионли электр ўтказувчанликка эга бўлади ва иккинчи тур ўтказгичлар дейилади. Қаршилик R ёки r ҳарфи билан белгиланади.

Ом қонуни ток, кучланиш ва қаршилик орасидаги миқдорий боғланишни ифода қилади. Шу қонунга мувофиқ энергия манбаисиз занжир қисмининг қаршилиги унинг учлари орасидаги кучланиш U га тўғри пропорционал ва ток I га тескари пропорционал:

$$r = U/I. \quad (4)$$

Қаршилик ом ҳисобида (Ом) ўлчанади. Қаршилик бирлиги 1 Ом ўтказгич учларидаги кучланиш 1 В бўлганда 1 А токни ўтказгичнинг қаршилигига тенг. Катта қаршиликларни ўлчаш учун каррали бир-ликлар: килоом (кОм) ва мегом (МОм) қўлланилади.

Электр занжирининг электр қаршилигидан фойдаланиш учун мўлжалланган элементига *резистор* (ингл. resistance — қаршилик сўзидан) дейилади. 1-жадвалда резисторларнинг шартли график белгиланиши кўрсатилган.

Берк электр занжирда эюк занжирнинг алоҳида қисмларидаги кучланишлар йиғиндисига тенг, бинобарин Ом қонуни асосида шу занжирнинг қаршилиги қуйидагича бўлади:

$$r = E/I.$$

Бу қаршилик занжир алоҳида қисмларининг қаршиликлари йиғиндисидан иборат бўлиб, унга энергия манбаининг ички қаршилиги ҳам қиради. Эюк манба

ичидаги электр майдон кучларини ва манбанинг ички қаршилигини енгиб манба ичида зарядларни манфий қисмадан мусбат қисмага силжитиши лозим. Одатда электр занжирнинг қаршилиги нисбатан кичик бўлган ички қаршилик $r_{ич}$ билан нисбатан катта қаршилик $r_{маи}$ — барча ташқи занжирнинг қаршиликлари йиғиндисидан таркиб топади. Шундай қилиб, берк занжир учун Ом қонунига мувофиқ ток

$$I = \frac{E}{r_{ич} + r_{маи}}$$

ва бинобарин, эюк $E = r_m I + r_{маи} I$ бўлади. Манба қисмаларидаги кучланиш $U = -r_{маи} I$ бўлгани сабабли

$$U = E - r_{ич} I \quad (5)$$

Энергия манбаи қисмаларидаги (чиқишдаги) кучланиш ички кучланиш пасайиши туфайли эюк дан кичик бўлади.

Электр токи ўзгармас кесимли тўғри ўтказгичдан (симдан) ўтаётган ҳол учун электр майдон текис бўлади. Бундай шароитларда ўтказгич учлари орасидаги кучланиш ўтказгичдаги майдон кучланганлиги E_m билан унинг узунлигининг кўпайтмасига тенг бўлади, яъни $U = E_m l$. Ўзгармас ток ўтказгич кесимида текис тақсимланади, шу сабабли j ҳарфи билан белгиланадиган *ток зичлиги* қуйидагига тенг бўлади:

$$j = I/S \text{ ёки } I = jS.$$

Шундай қилиб, Ом қонунига асосан ўтказгичнинг қаршилиги

$$r = U/I = E_m l / jS \quad (6)$$

Майдон кучланганлиги E_m ўтказгичда муайян ток зичлигини вужудга келтиради ва ўтказгичнинг ҳажм бирлигидаги эркин электронлар сони қанча кўп бўлса, бу зичлик шунча катта бўлади. Берилган ўтказгич материали учун $E_m l j$ нисбат—деярли ўзгармас катталиқдир. Бу катталиқ *нисбий электр қаршилик* дейилади ва грекча ρ (ρ) ҳарфи билан белгиланади. Демак, $r = E_m l / jS$. Бу ифодани (6) формулага қўйсақ, тўғри ўтказгичнинг қаршилиги учун қуйидаги ифодани оламиз:

$$r = \rho \frac{l}{S} \quad (7)$$

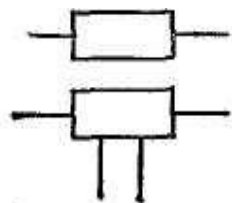
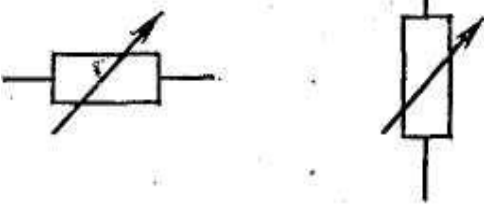
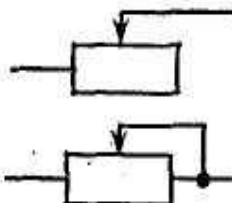
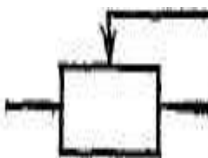
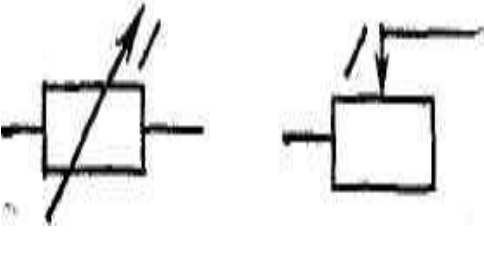
Бу формуладан кўпинча ўтказгичларнинг қаршилигини ёки уларнинг кўндаланг кесим юзини ҳисоблашда фойдаланилади.

Тегишли материал (алюминий ёки мис) учун ρ нинг қиймати жадваллардан олинади. СИ да ҳажмий қаршилик дейиладиган нисбий қаршилик сифатида қирралари 1 м бўлган кубнинг қарама- қарши томонлари орасидаги қаршилиги қабул қилинган. У Ом-м²/м = Ом·м да ўлчанади. Лекин электротехникада ўтказгичларнинг қаршилигини ҳисоблашда узунлик l , одатда м ҳисобида, кесими S - мм² ҳисобида ўлчанади. Шу сабабли электротехник жадвалларда нисбий қаршилик деганда, одатда, кўрсатилган

материалдан тайёрланган, узунлиги 1 м ва кўндаланг кесими 1мм^2 бўлган ўтказгичнинг қаршилиги тушунилади. Бундай нисбий қаршилик $\text{Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ ҳисобида ўлчанади. У Омм да ўлчанган нисбий қаршиликдан миллион марта (10^6) ортиқ бўлади.

1-жадвал

Резисторларнинг шартли график белгиланиши

Резисторларнинг турлари	Шартли белгиси
Бошқарилмайдиган резистор Тармоқлари бор бошқарилмайдиган резистор	
Бошқариладиган резистор (реостат): умумий белгиланиши	
занжир узилганда занжир узилмаганда	
Бошқариладиган резистор (потенциометр)—	
Умумий белгиланиш бошқариладиган резистор (реостат) Босқичли бошқариладиган резистор (потенциометр)	

Жадвалларда нисбий қаршилик муайян температурада (одатда 20°C ёки 0°C да) кўрсатилади, чунки температура ўзгарганда у ҳам ўзгаради, нисбий қаршиликнинг температурага боғлиқлиги анча мураккаб. Лекин температура нисбатан тор доирада (200°C атрофида) ўзгарганда бу боғлиқликни тақрибан қуйидаги формула билан ифодалаш мумкин:

$$P_t = \rho_0(1 + \alpha t) \quad (8)$$

бунда ρ_0 — бошланғич температурадаги нисбий қаршилик; I — температуранинг ўзгариши; α — қаршиликнинг температура коэффициентини, тоза металллар учун тақрибан $1/273 \approx 0,004$ га тенг (α — температура 1°C га ўзгарганда қаршиликнинг 1 Ом га ўзгариши). Тоза металлларда коэффициент α мусбат бўлади. Қотишмаларда у мусбат ҳам, манфий ҳам бўлиши мумкин. Жумладан, реостатлар, ўлчов қаршиликлари ва бошқаларни тайёрлашда ишлатиладиган қотишмалар учун α нинг қиймати жуда кичик бўлади. Бундай қотишмаларга манганин (84% мис, 12% марганец, 3% никель), константан ва хоказо киради. Электролитлар ва графитдан ясалган буюмларнинг температура коэффициентини манфий бўлади, яъни температура кўтарилиши билан уларнинг нисбий қаршилиги камаяди. Ўтказгичнинг қаршилиги унинг нисбий қаршилигига пропорционал, шу сабабли резистор қаршилигининг температурага боғлиқлиги унинг материали нисбий қаршилигининг боғлиқлиги каби бўлади. Қаршиликнинг температурага боғлиқлигидан электр қаршилик термометрларида температурани ўлчаш учун кенг кўламда фойдаланилади.

Қаршиликка тескари катталиқ *ўтказувчанлик* дейилади:

СИ тизимида ўтказувчанлик бирлиги сименс (См)

$$1 \text{ См} = 1/\text{Ом}.$$

Тегишлича *нисбий ўтказувчанлик*

$$\nu = 1/\rho.$$

Ўтказувчанлик тушунчасидан кўп ҳолларда параллел уланган электр энергияси истеъмолчиларини ҳисоблашларда фойдаланилади

1. 4. ПОТЕНЦИАЛ ВА ЭЛЕКТР ЮРИТУВЧИ КУЧ

Потенциал (лат. *potentia*— имконият сўзидан) ёрдамчи катталиқ бўлиб, куч майдонидаги (хусусан электр майдонидаги) физик жисмнинг иш бажара олиш хусусиятини характерлайди.

Мусбат электр заряди электр энергияси манбаининг мусбат қутбида бўлганида муайян потенциал энергияга эга бўлади. У текис майдонда кучланганлик E_m таъсирида майдон йўналишида масофага силжиганида қуйидагича иш бажаради:

$$A = qE_m l.$$

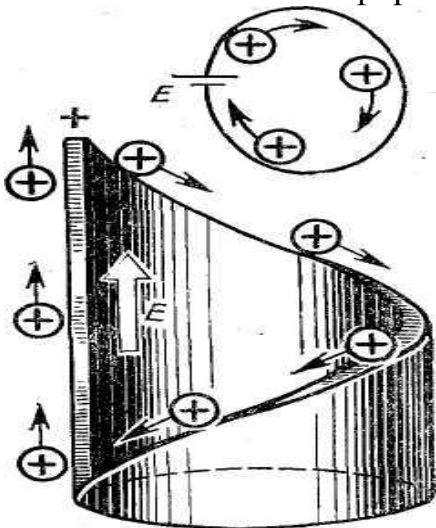
Заряд q нинг потенциал энергияси худди шунча катталиқка камаяди. Потенциал энергиянинг бундай камайиши заряднинг анча юқори потенциалли нуктадан (мусбат қутбда) потенциалли пастроқ нуктага (у занжирда мусбат қутбдан l масофада бўлади) ўтиши натижасида содир бўлади. Потенциалга нисбатан «катта» ва «кичик» терминлар ўрнига «юқори» ва «паст» терминлар ишлатишга сабаб уни механик системага ўхшатишдандир. Бундай системада юк G турган баландлик h юкнинг

потенциал энергияси Gh ни белгилайди. Потенциалнинг ҳарфий белгиси — V . Заряд q m нуктадан n нуктага ўтганида иш бажарилади, бу иш шу нуктадаги потенциаллар айирмасининг зарядга кўпайтмасига тенг:

$$A_{\text{иш}} = q(\varphi_m - \varphi_n)$$

Худди шу ишни m ва n нукталар орасидаги кучланиш орқали аниқлаш мумкин:

Кейинги иккала формулани ўзаро таққослаб, қуйидагича ёзиш мумкин.



6- расм. Потенциалнинг ёпиқ электр занжир бўйлаб ўзгаришининг ҳажмий модели

Бинобарин, ўзгармас ток занжирининг икки нуктасидаги (потенциал электростатик майдоннинг икки нуктасидаги) потенциаллар айирмаси шу нукталар орасидаги кучланишга тенг. Бу ифода кучланиш қандай бирликда ифодаланса потенциал ҳам шу бирликда, яъни вольт ҳисобида ифодаланиши лозимлигини кўрсатади.

Потенциал сон жиҳатидан мусбат электр заряд бирлигининг кўрилатган нуктадан потенциали нолга тенг деб қабул қилинган нуктага томон силжиганида майдон кучлари бажарган иши (тесқари қийматли) билан аниқланади. Электротехникада ернинг потенциали, яъни ниҳоятда йирик ўтказгич бўлган ер шарининг потенциали нолинчи потенциал деб ҳисобланади. Кўп ҳолларда потенциал эмас, балки нолнинг танланишига боғлиқ бўлмаган потенциаллар айирмаси амалий аҳамиятга эга бўлади.

Электр занжирида электр токи асосан манфий зарядли эркин электронларнинг электр майдоннинг шартли йўналишига тесқари йўналишда ҳаракатланишидан вужудга келади. Лекин электронларнинг ҳаракати мусбат зарядларнинг майдон йўналиши бўйича ҳаракатланишига эквивалент бўлади. Электр занжирлар назариясини ўрганишда, одатда, мусбат зарядларнинг ҳаракатланиши ана шундай тасаввур қилинади. Электр энергияси манбаининг ташқи занжирида мусбат зарядлар юқори потенциалли нукталардан анча паст потенциалли нукталарга томон ҳаракатланади. Электр энергияси манбаининг ичида шароит бошқача бўлади. Бунда шу зарядлар паст потенциалли нуктадан — энергия манбаининг манфий қисмасидан — юқори потенциалли нуктага — шу

манбаининг мусбат қисмасига томон силжиши керак. Зарядларнинг юқори потенциалли нукталарга бундай силжиши ташқи кучлар (ёпиқ занжирга нисбатан), масалан машина генераторларида электромагнит индукция, фотоэлементларда нур энергияси, гальваник элементларда химиявий жараён таъсирида содир бўлади. Бу ташқи кучлар электр энергияси манбаининг ичида *электр юритувчи куч* (ε ю к) ҳосил қилади, бу куч занжирда мусбат зарядларнинг паст потенциалли нукталардан силжишига сабаб бўлади. У E ёки e ҳарфи билан белгиланади. Э. ю. к. гўё электр зарядларни энг юқори электр сатҳга кўтаради. 6-расмда кўрсатилган ҳажмий диаграмма электр занжирда зарядларнинг айланма ҳаракатини тасвирлайди.

Ташқи кучлар бажарадиган иш A нинг мусбат электр бирлигига нисбати электр энергияси манбаининг эюк га тенг, яъни:

$$A/q = E.$$

Лекин бу иш ташқи занжирда $\sum U_k$ ни электр энергияси манбаининг мусбат қисмасидан манфий қисмасига силжиганида

сарфланади. Демак, $A = q \sum_{k=1}^n U_k$, бунда $\sum_{k=1}^n U_k$ - ёпиқ занжир қисмларидаги кучланишлар йиғиндиси, у занжирдаги эюк га тенг, яъни:

$$E = \sum_{k=1}^n U_k$$

1. 5. ҚУВВАТ

Энергетик шароитлар характеристикаси учун иш қанчалик тез бажарилганлиги муҳим аҳамиятга эга. Вақт бирлиги ичида бажарилган ишга қувват дейилади: $P = A/t$.

Агар зарядларнинг ҳаракати ўзгармас ток ҳосил қилган бўлса, у ҳолда:

$$q = It,$$

бунда t — заряднинг кўчиши учун кетган вақт. Бинобарин, t вақт ичида бажарилган иш $A = UI t$. Ўзгармас ток ва кучланиш электр занжиридаги қувват

$$P = A/t = UI. \quad (9)$$

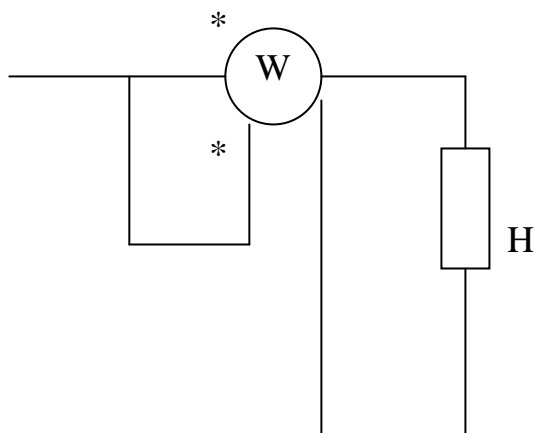
Шу ифодани $U = Ir$ ёки $I = Ug$, Ом қонунига асосан ўзгартирсак, ўзгармас ток қувватининг уч ифодасини ҳосил қиламиз:

$$P = UI = I^2 r = U^2 g. \quad (10)$$

Қувватнинг бу ифодаларидан ҳисоблаш шартига қараб фойдаланилади.

Қувватнинг ўлчов бирлиги сифатида *Ватт* ишлатилади ($\text{Вт} = \text{В} \cdot \text{А} \cdot \text{с} = \text{Ж/с}$ ёки $\text{Ж} = \text{Вт} \cdot \text{с}$). Ватт бу 1 с давомида 1 Ж га тенг иш бажариладиган қувват. Электр занжирида бу қувват ўтказгичда унинг учларидаги кучланиш 1 В ва ток кучи 1 А бўлганда сарфланадиган қувватдир. Катта

қувватларни ўлчаш учун қаррали бирликлар ишлатилади: килловатт (кВт) — = 1000 Вт ва мегаватт (мВт).



7-Ваттметрни улаш
схемаси

1.6. КИРХГОФ ҚОНУНЛАРИ РЕЗИСТОРЛАРНИ ПАРАЛЛЕЛ ВА АРАЛАШ УЛАШ

Кирхгоф қоидалари ҳам дейиладиган Кирхгофнинг иккита қонуни мураккаб электр занжирларни ҳисоблашда ишлатилади ва уларнинг электр ҳолатини тўлиқ аниқлайди. Мураккаб занжирлар учун тармоқ, тугун ва контур деган тушунчалар қўлланилади. *Электр занжир тармоғи* — занжирнинг битта ток ўтадиган қисми бўлиб, у кетма-кет уланган элементлардан — резисторлар, электр энергияси манбалари ва шунга ўхшашлардан таркиб топади. *Электр занжир тугуни* — учта ёки ундан кўп тармоқларнинг бириктирилган жойи. *Занжир контури* — бир неча тармоқлар бўйлаб айланиб ўтиш мумкин бўлган исталган ёпиқ йўл. 8-расмдаги занжир учта тармоқдан таркиб топган, улардан биттасида электр энергия манбаи E_5 иккита тугун ва учта контур бор.

Кирхгофнинг биринчи қонуни (тоқлар учун қонун) электр занжир тугунларига тааллуқлидир. Бу қонунга мувофиқ электр занжирнинг исталган тугунида тугундан йўналган тоқларнинг йиғиндиси тугунга йўналган тоқларнинг йиғиндисига тенг. 8-расмда $I = I_1 + I_2$. Бошқача айтганда, занжирнинг исталган тугунида тоқларнинг алгебраик йиғиндиси нолга тенг:

$$\sum I = 0 \quad (11)$$

бунда тугундан йўналган тоқлар мусбат, тугунга йўналганлари—манфий ҳисобланади.

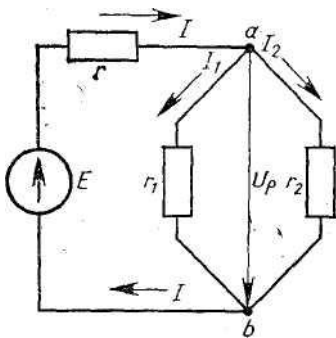
8-расмда $I - I_1 - I_2 = 0$ ёки $I_1 + I_2 = I$. Кирхгофнинг биринчи қонуни элементар заррачалар заряди сақланиш принципининг оқибати ҳисобланади,

бу заррачалар стационар ҳаракатланганда ток ҳосил бўлади.

Кирхгофнинг биринчи қонуни ва Ом қонуни асосида тармоқланишнинг, яъни резисторларни параллел улашнинг умумий ўтказувчанлиги ва қаршилиги аниқланади. Агар резисторлар битта тугунлар жуфтига (8-расмда a ва b тугунлар) туташтирилган бўлса, у ҳолда улар параллел уланган ва, демак, битта кучланиш U_p остида бўлади.

Иккита резистор r_1 ва r_2 параллел уланганида алоҳида тармоқлардаги тоқлар Ом қонунига мувофиқ қуйидагича бўлади:

$$I_1 = U_p / r_1; I_2 = U_p / r_2,$$



8- расм. Резисторларни аралаш улаш

Бинобарин, $I_1 / I_2 = r_2 / r_1 = g_1 / g_2$, яъни параллел уланганда тоқлар қаршилиқларга тескари пропорционал, тармоқларнинг ўтказувчанлигига тўғри пропорционал тақсимланади. Кирхгофнинг биринчи қонунига асосан энергия манбаининг тоқи $I = I_1 + I_2 = U(1/r_1 + 1/r_2)$ бўлади. Кучланиш: U_p нинг тармоқланиш умумий тоқиға нисбати тармоқланишнинг қаршилигини кўрсатади, яъни эквивалент резисторнинг шундай қаршилигики, у иккита параллел бириктирилган резисторлар ўрниға уланганида қолган барча занжирда электр шароит ўзгармайди. Тармоқланишнинг эквивалент қаршилиги қуйидагича бўлади:

$$r_2 = \frac{U_p}{I} = \frac{1}{1/r_1 + 1/r_2} = \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}$$

Умумий ҳолда бир неча резистор параллел уланганида умумий ток ва, демак

$$r_3 = \frac{1}{\sum_{k=1}^n 1/r_k}$$

Хусусан, учта резистор r_1, r_2, r_3 параллел уланганда эквивалент қаршилиқ:

$$r_3 = \frac{1}{1/r_1 + 1/r_2 + 1/r_3} = \frac{r_1 r_2 r_3}{r_1 r_2 + r_2 r_3 + r r_1}$$

Агар қаршилиқлар тегишли ўтказувчанлиқлар билан алмаштирилса, тармоқланиш учун Ом қонунининг ифодаси жуда соддалашади:

$$g_k = 1/r_k$$

Бундай алмаштиришдан кейин иккита резистор параллел уланган Ом қонуни қуйидаги шаклга келади:

$$I = U_p(g_1 + g_2),$$

умумий ҳолда эса

$$I = U_p(g_1 + \dots + g_2 + \dots + g_n) = U_p \sum_{k=1}^n g_k$$

Кирхгофнинг биринчи қонунини ва Ом қонунини татбиқ этиб, резисторларни аралаш улашни ҳисоблаб чиқиш мумкин. Занжирда фақат битта электр энергияси манбаи бўлганда уни кўпинча аралаш улаш сифатида, яъни параллел уланган бир неча резистор бошқа резисторлар билан кетма-кет уланган деб қараш мумкин. 8-расмда r_1 ва r_2 резисторлар параллел уланган ва резистор r билан кетма-кет уланган. Бундай занжирни ҳисоблаш учун дастлаб тармоқланишни эквивалент қаршиликка алмаштириш, сўнгра эса занжирни кетма-кет уланган иккита резистор сифатида ҳисоблаб чиқиш мумкин. Тармоқланиш эквивалент қаршилиги

$$r_3 = \frac{r_1 r_2}{r_2 + r_1}.$$

Энди занжирга r ва r_3 кетма-кет уланган деб қараш мумкин. Умумий ток

$$I = \frac{E}{r + r_3} = \frac{E}{r + \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}}$$

Тармоқлардаги тугунлар орасидаги кучланиш қуйидагига тенг:

$$U_t = I r_3 = I \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}$$

Ом қонунига асосан иккита тармоқдаги ток

$$I_1 = U_t / r_1 \text{ ва } I_2 = U_t / r_2$$

10-расмда бирор манба энергиясини симлар орқали иккита истеъмолчига (r_1 ва r_2) узатиш схемаси тасвирланган, деб ҳисоблаш мумкин, бу ерда $I r$ — тармоқ симларида кучланишнинг пасайиши, U_T — энергия истеъмолчилардаги (масалан, электр лампалардаги) кучланиш.

Кирхгофнинг иккинчи қонуни берк электр занжир контурларидаги мувозанатни характерлайди. Бу қонунга мувофиқ ҳар қандай берк контурда эюк нинг алгебраик йиғиндиси шу контурга кирадиган резисторлардаги кучланишларнинг алгебраик йиғиндисига тенг, бошқача айтганда э.ю.к нинг алгебраик йиғиндиси контурнинг тегишли қисмларидаги тоқларнинг қаршиликларга кўпайтмасининг алгебраик йиғиндисига тенг:

$$\sum E = \sum I r.$$

Бу ифодада йўналиши кўриб чиқиладиган контурни айланиб ўтишнинг

ихтиёрий танланган йўналиши билан мос тушадиган эюк ва токни мусбат деб ҳисоблаш керак.

Кирхгофнинг иккинчи қонуни занжир исталган нуқтасининг потенциали унинг занжирдаги ўрнига кўра аниқланади, деган фикрнинг оқибати ҳисобланади. Бу Кирхгофнинг иккинчи қонуни ёзилишидан яққол кўринади: $\sum E - \sum Ir = 0$, яъни берк контурни айланиб ўтишда потенциал ўзгаришининг алгебраик йиғиндиси нолга тенг, чунки исталган берк контурни айланиб ўтгандан кейин биз бошланғич нуқтага, бинобарин, бошланғич потенциалга қайтамыз.

Кирхгофнинг иккинчи қонуни таркибида иккита ва ундан кўп электр энергияси манбалари бўлган кўп электр занжирларни ҳисоблашда татбиқ этиш лозим. Бундай занжирда (9-расм) тоқларни ҳисоблашда Кирхгофнинг иккала қонунининг тенгламасини тузиш учун дастлаб занжирдаги тоқларнинг йўналишини ихтиёрий белгилаб олиш керак. Сўнгра тугунлар учун тенгламалар тузишда шу нарсани назарда тутиш керакки, бунда мустақил тенгламалар сони тугунлар сони m дан битта кам бўлади, яъни шундай тенгламалар сони $m - 1$ га тенг; бу шарт шундан келиб чиққанки, бунда ҳар қайси тармоқнинг тоқи тугунлар тенгламасида икки марта иштирок этади, чунки ҳар қайси тармоқ иккита тугунга уланади. Шундай қилиб, охириги тугуннинг тоқлар тенгламасига бошқа тугунлар тенгламаларига кирган тоқларгина киради. Занжирни ҳисоблаш учун бу тенгламанинг фойдаси йўқ. Масалан, оддий занжирда (9-расм) иккита тугун a ҳамда b ($m-2$) бор ва, бинобарин, a тугунга доир Кирхгофнинг биринчи қонунининг фақат битта мустақил тенгламасини тузиш мумкин:

$$-I_1 - I_2 + I_3 = 0 \quad (12)$$

b тугун учун тенглама қуйидагича бўлади:

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0.$$

яъни унинг таркибида биринчи тенгламадаги тоқларгина бўлади.

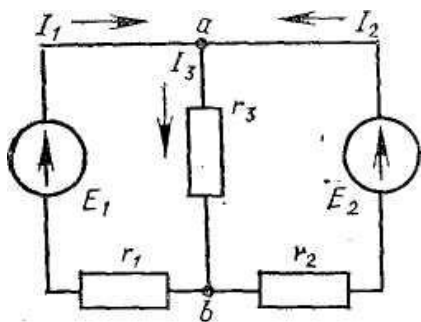
Кирхгофнинг иккинчи қонуни асосида тенгламалар тузишда айланиб ўтиш контурларини шундай танлаш керакки, бунда ҳар қайси кейинги контурга илгари айланиб ўтилган контурларга уланмаган камида битта тармоқ кирсин. Тармоқлар сони n номаълум тоқлар сонига тенг. Ана шу n тоқларни аниқлаш учун Кирхгофнинг биринчи қонуни асосида ($m-1$) тенглама олдин тузилган. Демак, Кирхгофнинг иккинчи қонунига кўра тоқларни ҳисоблаш учун яна $n - m + 1$ тенглама тузиш керак. 9- расмдаги $n=3$, $m=2$ схема учун Кирхгоф иккинчи қонунининг тенгламалари сони $n - m + 1 = 3 - 2 + 1 = 2$ бўлади. Бу тенгламалар қуйидагича бўлади:

$$E_1 = I_1 r_1 + I_3 r_3$$

$$E_2 = I_2 r_2 + I_3 r_3$$

Бу схемадаги учинчи контурда дастлабки икки контурга кирган тармоқ бор, шу сабабли $E_1 - E_2 = I_1 r_1 - I_2 r_2$ тенглама ҳисоблаш учун керак эмас.

Шундай қилиб, номаълум тоқлар n ни аниқлаш учун n тенглама тузилади,



9- расм. Иккита электр энергияси манбаи бор занжир

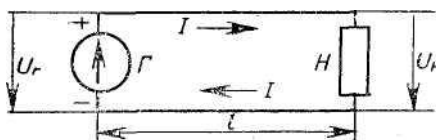
уларни биргаликда ечиш лозим. Агар берилган сонларни кўйиб чиққандан кейин, бирор токнинг қиймати манфий чиқиб қолса, у ҳолда токнинг ҳақиқий йўналиши ҳисоблаш бошида тахминан олинган йўналишга тескари бўлади.

Тенгламалар системасини биргаликда ечиш билан боғлиқ бўлган бундай ҳисоблашга анча вақт сарфлаш керак, шу сабабли мураккаб электр занжирларни ҳисоблашнинг қатор махсус усуллари бор, лекин уларнинг ҳаммаси назарий жиҳатдан Кирхгофнинг иккала қонуни билан асосланади.

1. 7. СИМЛАРНИ ИСРОФЛАРГА ВА КУЧЛАНИШ ЎЗГАРИШИГА ҲИСОБЛАШ

Электр энергиясини узатишда линия симларининг кесимини шундай танлаш керакки, электр энергияси истеъмолчиларининг қисмаларида нормал иш кучланиши U_n (номинал кучланиш) таъминлансин. Бу айниқса ёритиш қурилмалари учун муҳим, чунки кучланиш номиналга нисбатан фақат 5% кўпайганда нормал лампанинг ёиш давомийлиги (хизмат муддати) 50 % га камаяди; кучланиш 5 % пасайганда эса шу лампанинг ёруғлик оқими 18% га камаяди.

Симларнинг кесими юзасини ҳисоблашда одатда қуйидагилар маълум бўлади: электр энергияси манбаининг (генераторнинг) кучланиши U_2 , манбадан нағрузкагача бўлган масофа l , электр энергияси истеъмолчиларининг нормал ишлаши учун зарур бўлган нағрузка қисмларидаги кучланиш U_n ва ток ёки нағрузка



10- расм. Электр энергияси

қуввати P_n . Ом қонунига кўра бундай занжирнинг схемасига (10-расм) мувофиқ кучланиш

$$u_2 = I r_l + I r_n = I r_l = U_n; \quad (13)$$

линия симларидаги қаршилик

$$r_n = p \frac{2l}{S}$$

бунда p — сим материалынинг (одатда алюминийнинг) нисбий қаршилиги; $2l$ — линиянинг умумий узунлиги; S — сим кесимининг изланаётган юзаси. $U_c — U_n = \Delta U$ айирма линиядаги кучланиш исрофи; юк ўзгармас бўлганда у кучланишнинг камайишига тенг. формулани тегишлича ўзгартириб, қуйидагини оламиз

$$\Delta U = I p \frac{2l}{S}$$

бундан кесим юзасини аниқлаймиз:

$$S = \frac{I}{\Delta U} p 2l \quad (14)$$

Кесим юзасининг шу йўл билан топилган қийматини одатда сим кесим юзасининг энг яқин стандарт қийматига қадар яхлитлашга тўғри келади.

Агар ток эмас, балки нагрузка қурилмасининг қуввати P_n берилган бўлса, у ҳолда ҳисоблаш усули ўзгармайди, фақат олдин токни аниқлаш $I = P_n / U_n$ лозим.

Кўп ҳолларда нагрузка қурилмасининг токи ўзгарувчан бўлади, унинг ўзгариши эса кучланиш исрофи ΔU нинг тегишлича ўзгаришини келтириб чиқаради; шу сабабли энергия истеъмолчиларининг қисмларидаги кучланишнинг энг катта ва энг кичик тоқларда номинал қийматидан четга чиқишини ҳисоблаб топиш зарур бўлади.

«Электр қурилмаларнинг тузилиш қоидалари» га (қисқача ПУЭ) кўра куч тармоқларида (шу жумладан ўзгарувчан ток тармоқларида) нормал режимда кучланишнинг энергия манбаидан тармоқнинг энг узоқ нуқтасигача бўлган ораликда йўл қўйиладиган исроф 5 % дан ошмаслиги керак

Тураржой биноларида энг узоқда жойлашган ёритиш лампаларида кучланиш лампаларнинг номинал кучланишдан 5% дан ортиқ камаймаслиги, саноат корхоналари ва жамоат биноларида эса — 2%дан ортиқ камаймаслиги лозим.

Бир хил қувватнинг ўзини паст кучланиш ва катта тоқда ёки юқори кучланиш ва паст тоқда узатиш мумкин, бу катта амалий аҳамиятга эга.

10-расмда кўрсатилган энергия узатишнинг энг оддий схемасига қайтамиз. Ушбу тенгламани

$$U_c = I r_n + U_n$$

тоққа кўпайтириб, уни қувватнинг занжирда тақсимланиш тенгламасига айлантирамиз:

$$U_c I = I^2 r_n + U_n I$$

бунда $U_c I$ — генераторнинг қуввати; $I^2 r_n$ — линия симларида қувват

исрофи (қизишга) ; $U_H I = P_n$ — нагрузка истемол қиладиган қувват. Агар нагрузка қисмаларидаги кучланиш икки марта оширилса, у ҳолда ўша қувватни олиш учун токни икки марта, яъни $I' = I/2$ қийматга қадар камайтириш лозим. Шунда линия симларидаги исрофлар (r_n ўзгармас бўлганда) тўрт марта камаяди, чунки

$$I'^2 r_n = I r_n / 4.$$

Бинобарин, кучланиш икки марта ортганда, узатишдаги қувват исрофи фоизини ўзгартирмай сақлаш учун линия симларининг кесим юзасини тўрт марта камайтириш ёки узатиш линиясини тўрт марта узайтириш керак.

1. 8. ЎТКАЗГИЧЛАРНИНГ ТОК ТАЪСИРИДА ҚИЗИШИ ВА СИМЛАРНИ ҚИЗИШГА ҲИСОБЛАШ

Электр занжирда қаршиликнинг роли механик системадаги ишқаланишнинг ролига ўхшайди. Резисторларда электр энергияси қайтмас равишда ўзгариб, ички энергияга иссиқликка айланади. Бундай ўзгариш эркин электронларнинг илгарилама ҳаракат қилиб электр токи ҳосил қилишида атомлар билан қўшимча тўқнашуви туфайли содир бўлади. Бундай тўқнашувларда электронлар ўтказгич атомларига (металларда мусбат ионларга) қўшимча энергия беради. Бу энергия кристалл панжараларнинг тугунларидаги мусбат ионларнинг тебранишини кучайтиради.

Токнинг ўтказгичдан ажратиб чиқарадиган иссиқлик миқдори $Q(Ж)$ заряд q силжиганида электр майдон бажарадиган иш A га тенг: $Q = A = Ug = U/t$ ёки $U = Ir$ ва $I = Ug$ ни қўйсак, қуйидагини оламиз:

$$Q = I^2 R t = U^2 g t \quad (15)$$

Агар иссиқликни жоуль ҳисобида эмас, балки калория ҳисобида ифодаласак, $Q = 0,24 I^2 r t = 0,24 U^2 g t$ калория* бўлади.

Бу Жоуль-Ленц қонуни бўлиб, электр токи ўтганида ўтказгичдан ажралиб чиқадиган иссиқлик миқдорини аниқлайди. Бу қонунни инглиз олими Ж. Жоуль ва ундан беҳабар ҳолда рус академиги Э. Х. Ленц аниқлаганлар.

Токнинг иссиқлик таъсири бир томондан зарарли қўшимча ҳодиса ҳисобланади. Электр энергияси манбаини унинг истемолчилари билан туташтирадиган симларнинг ток таъсирида қизиб кетиши симларни ток билан нагрузкалашни чеклайди, чунки температуранинг кўтарилиши изоляциянинг емирилишига олиб келади. Шу сабабли кўп ҳолларда симларни кучланиш исрофига ҳисоблашнинг ўзи етарли бўлмайди, уларни қизиб кетишга ҳам қўшимча ҳисоблаш зарур бўлади.

Электр машина ва аппаратларда чулғамлар симининг қизиб кетиши номақбул, лекин муқаррар ҳодиса ҳисобланади. XX аср бошларида тайёрланган электр машиналар кам қизир эди, чунки уларнинг ўлчамлари ва, жумладан, симларининг кесим юзаси катта запас билан танланарди. Лекин кейинчалик конструкторлар машинанинг массаси ва

Ўлчамларини кичрайтиришга, шунингдек, қимматбаҳо рангли металлларни тежашга ҳаракат қилиб, ҳозирги электр машина ва аппаратларнинг номинал нагрузкада қизишини изоляция материаллар учун йўл қўйиладиган чегарага етказиб қўйдилар. Электр машиналарда иссиқлик исрофининг кўпайиши уларнинг ф.и.к. ни тегишлича камайтирди ва ажралиб чиқаётган иссиқликни олиб кетиш учун махсус чоралар кўришни (вентиляция ва ҳоказо) тақозо қилади, иссиқбардошлиги юқори бўлган янги изоляция материаллари ишлаб чиқилди. Материаллардан тўлиқ фойдаланилиши туфайли электрмашиналар, аппаратлар ва асбобларнинг массаси билан ўлчамларини 2—3 ва ундан кўп марта камайтиришга эришилди.

Иккинчи томондан, электр токининг қиздиришидан чўғланиш лампаларида, электр печларда, турмушдаги электр иситиш асбобларида, шунингдек, электр қурилмаларни қисқа туташувлардан ва ўта юкламалардан сақлаш асбобларида фойдаланилади.

Амалда электротехник қурилманинг температураси шу токка мувофиқ қий-матга бирданига етмаслигини ҳисобга олишга тўғри келади. Дастлаб ўтказгичда иссиқликнинг бир қисми Q_k ўтказгич температурасининг кўтарилишига сарфланади, қолган қисми $Q_{ат}$ эса ўтказгич сиртидан атроф муҳитга тарқалади

$$Q = I^2 rt = Q_k + Q_{AT}$$

Лекин ўтказгич температураси кўтарила борган сари унинг атроф-муҳитга иссиқлик бериши ҳам ортади. Ниҳоят, мувозанат қарор топиб, иссиқлик бериш токининг қиздириши туфайли иссиқлик келишига тенг бўлиб қолади: $I^2 rt = Q_{AT} = K_{AT} S_{AT} vt$, бунда K_{AT} — ўтказгичнинг нисбий иссиқлик бериши; $S_{ат}$ — иссиқлик берувчи сирти; v_m — ўтказгич температурасининг атроф-муҳит температурасидан максимал кўтарилиши. Шу ифода асосида ўтказгичнинг берилган шароитда атроф-муҳитга нисбатан қизиши мумкин бўлган максимал температурасини аниқлаш мумкин:

$$V_M = I^2 r / K_{AT} S_{AT} \quad (16)$$

Шу нарсани таъкидлаб ўтамизки, ўтказгичнинг йўл қўйиладиган температура қиймати $T_{\dot{т}}$ температуранинг ортиши v_m билан атроф-муҳит температурасининг T_m йиғиндисига тенг, яъни $T_{\dot{т}} = T_m + v_m$ ёки $v_m = T_{\dot{т}} - T_m$ бўлиб, шундан ортиб кетмаслиги керак. Масалан, машиналарнинг чулғами $105—150^\circ\text{C}$ дан ортиқ қизиб кетмаслиги лозим. U_M ни ҳисоблашда атроф-муҳит температураси сифатида шу температуранинг мумкин бўлган энг ноқулай қиймати $+40^\circ\text{C}$ олинади. Демак, шу чулғам учун

$$v_m = 90 - 40 = 50^\circ\text{C}.$$

Ток қиздираётган қурилманинг температураси аста-секин кўтарилади ва жисмнинг иссиқлик сифими (жисм температурасини 1°C кўтариш учун зарур бўлган иссиқлик) қанча катта бўлса, шунча секин кўтарилади. Демак, қисқа, лекин муайян муддатга анча катта ўта нагрузка бўлишига йўл қўйилади.

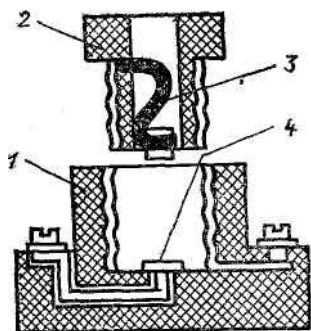
Электр тармоқлари симларининг ҳар қайси кесими учун (16) формула асосида иссиқлик ҳисобини бажариш жуда қийин, бунга сабаб нисбий иссиқлик бериш коэффиценти K_{am} нинг изоляция шароитига, ташқи шароитларга боғлиқлиги ва сим бўйлаб K_{am} нинг ўзгарувчанлигидир. Худди шу сабабли линия симларини қизишга ҳисоблаш учун сим ва кабелларга узок вақт учун йўл қўйиладиган ток нагрузкалари жадвали қўлланилади. Улар ПУЭ ва справочникларда келтирилган. Шу жадвалларга мувофиқ симнинг кесим юзаси катталашини билан токнинг йўл қўйиладиган зичлиги I/S камаяди, бу эса симнинг кесим юзаси ортиши билан иссиқлик бериш нисбий сиртининг камайиши оқибатидир.

Шундай қилиб, симларнинг кесим юзасини ҳисоблаш тартиби қуйидагича: дастлаб йўл қўйиладиган кучланиш исрофи асосида симнинг кесими юзаси аниқланади ва натижа энг яқин стандарт қийматга қадар яхлитланади; сўнгра қиздириш шароитлари бўйича текшириб кўриш учун ток нагрузкаларининг тегшили жадвалидан йўл қўйилган кучланиш исрофига кўра танланган кесим юзаси учун ток топилади. Агар бу жадвалдаги ток кучланиш исрофи бўйича ҳисобланган токдан катта бўлса, у ҳолда кучланиш исрофларини ҳисоблашда топилган кесим юзасини танлаш мумкин. Агар жадвалда кўрсатилган ток ҳисоблангандан кичик бўлса, у ҳолда кесим юзасини жадвал талабларига мос келадиган даражада катталаштириш зарур бўлади.

1.9. ҚИСҚА ТУТАШУВЛАР ВА ЎТА ЮКЛАМАЛАР. ИССИҚЛИК ҲИМОЯСИ.

Қаршилиги кичик бўлган сим орқали ҳар қандай нономал туташушларга қисқа туташув дейилади, масалан ҳаво линиясидаги иккита очик симнинг туташуви ёки эскириши, едирилиши, тешилиши ва ҳоказо натижасида электр двигатель чулғамининг изоляциясининг шикастланиши. Қисқа туташувда ток кескин кўпайиб кетади, бунда симлардан кўп иссиқлик ажралади, чунки иссиқлик таъсири токнинг квадратига пропорционалдир. Бундай ўта қизиш ёнғинга олиб келиши мумкин. Шаҳарларда ёнғинларнинг кўп қисми электр тақсимлаш тармоқларидаги қисқа туташувлар туфайли содир бўлади. Бундан ташқари, қисқа туташув тармоқдаги кучланиш исрофининг жуда кўпайишига сабаб бўлади, натижада электр ёритиш лампаларининг ёруғлик кучи камаяди, электр двигателларнинг айланиш частотаси пасаяди ва ҳатто тўхтаб қолиши

мумкин. Қисқа туташув электр энергияси манбаига қанча яқин бўлса, у

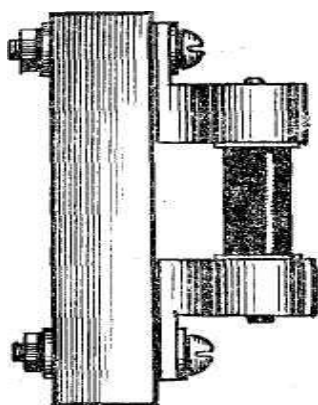


11- расм. Пробкали суюқланувчан сақлагичнинг тузилиши:

1—керамик асос, 2 — қўйманинг керамик қисми, 3— суюқланувчан сим, 4 — пастки контакт

шунча хавфли бўлади. Қисқа туташувда электр энергияси манбаининг қисмларида қисқа туташув токи I_k манбанинг фақат ички қаршилигини чеклайди: $I_k = E/r_{иқ}$. Энергетика тизимларида қисқа туташув токлари юз минглаб амперга етади ва бундай токларни узиб қўйиш учун катта қувватли махсус аппаратлар ишлатилади. Лекин тураржой биноларининг ёритиш тармоқларида тармоқ симларининг қаршилиги анча катта бўлганда қисқа туташув токи одатда 30—100 А дан ошмайди. Шунга қарамай ёнғин чиқиш хавфи туфайли бу токларни тезда узиб қўйиш жуда муҳим. Қисқа туташув тоқларини узиб қўйишнинг энг оддий усули тоқларнинг иссиқлик таъсиридан фойдаланишдир. Суюқланадиган сақлагичлар ва иссиқлик релеси ана шу принципга асосланган.

Суюқланадиган сақлагичда (11-расм) асосий узиб қўядиган элемент сифатида суюқланувчан қисм—нисбий қаршилиги катта ва суюқланиш температураси нисбатан паст бўлган сим ёки пластинка (кўрғошин, рух, кўрғошин билан қалай қотишмаси) катта, тоқлар учун эса—кесим юзаси нисбатан кичик бўлганда суюқланиш температураси юқори бўлган яхши ўтказувчан материал (кумуш, мис, алюминий) лар ишлатилади. Лекин суюқланганда сақлагич ичида ёй ҳосил бўлмаслиги керак, бинобарин, қўйилган сим суюқланганда сақлагич ичида вужудга келадиган ҳаво бўшлиғининг узунлиги узиладиган кучланишга мос бўлиши лозим. Худди шу сабабли сақлагичларда номинал токдан ташқари номинал кучланиш ҳам кўрсатилади.



12- расм. Найсимон сақлагич

250 В гача кучланиш ва тахминан 60 А гача ток учун кенг

қўлланиладиган пробкали сақлагичда суюқланадиган қисм алмашинувчан қўйма 2 («пробка») ичига жойлаштирилган бўлади. Бу қўйма керамик материалдан тайёрланади ва иккита металл контакти бўлади, пастки контакт резьбали бўлиб, унинг ёрдамида қўйма асосга бураб киритилади. Қўйма ичида металл контактлар орасида суюқланувчан тола кавшарлаб қўйилган. У мутлақо берк бўлади.

Биоларнинг ичида, алоҳида квартираларда ва бошқа биоларда ҳар қайси линиянинг барча симлари сақлагичлар билан ҳимояланган бўлиши керак. Улар группа шчитларига ўрнатилади ва шу ердан линиялар бионинг алоҳида қисмларига тарқалади. Бу сақлагичларни назорат қилишни ва куйган қўймаларни тез алмаштиришни осонлаштиради.

Сақлагич асосидаги суюқланувчан қўйма ўрнига бир неча металл симлар қўйиб, электр установкадан фойдаланиш қодаларини бузиш ярамайди, бу қисқа туташувда ёнғин чиқиш хавфини туғдиради. Найсимон суюқланувчан сақлагичларнинг ҳар хил турлари (12-расм) кенг кўламда ишлатилади. Сақлагич қўймасида номинал ток кўрсатилган бўлиб, бу ток сақлагич қўймаси узоқ вақт давомида бузилмай ишлаши мумкин бўлган энг катта токдир.

Қўйманинг суюқланиш токини аниқ кўрсатиб бўлмайди, чунки у кўп сабабларга, жумладан токли нагруканинг туриш давомийлигига боғлиқ. Қўйманинг суюқланиш вақтининг ўта нагрукка токининг карралигига, яъни суюқланиш токининг қўйма номинал токининг нисбатига боғлиқлиги суюқланувчан қўйманинг ҳимоя характеристикаси дейилади.

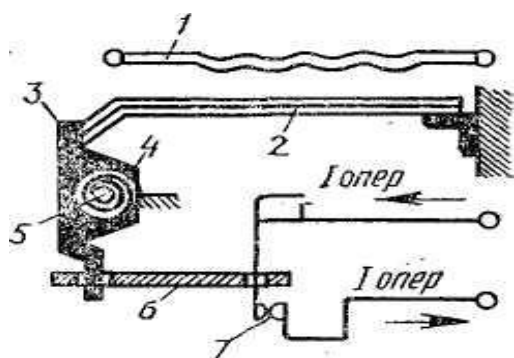
Суюқланувчан сақлагичлар асосан қисқа туташув тоқларидан ҳимоя қилади. Уларни узоқ вақт таъсир қиладиган ўта юкламалардан ҳимоя қилиш учун ишлатиш ҳамма вақт ҳам қониқарли натижалар бермайди. Тармоқнинг айрим қисмларини ҳимоя қилиш учун суюқланувчан қўймалар тармоқнинг тегишли қисмларидаги ҳисобий тоқларга кўра иложи борича энг кичиги танланади.

Лекин бунда шуни ҳисобга олиш зарурки, қўймалар электр двигателларнинг қисқа вақтли ишга тушириш тоқларида суюқланиб кетмаслиги керак. Бу шарт кўпгина ҳолларда линияни узоқ вақт таъсир этадиган ўта юкламалардан ҳимоя қилиш талабига мос келмайди. Агар ҳимоя қилинадиган линия электр двигателни таъминлайдиган бўлса, у ҳолда сақлагич токини электр двигателнинг ишга тушириш токи $I_{u.m.}$ нинг ўртача қиймати асосида танлаш лозим. У номинал юкламада двигатель токидан тахминан 5—7 марта кўп бўлади. Лекин ишга тушириш жараёнининг давомийлиги кўпинча 5—10 с. дан ошмайди, суюқланувчан қўймаларнинг ҳимоя характеристикасига мувофиқ эса улар шу қисқа муддат давомида уларнинг номинал токидан тахминан 2,5 марта кўп токка бардош бериши керак. Демак, суюқланувчан сақлагичнинг номинал токи $I_{ном} = I_{u.m.} / 2,5 = 0,4 I_{u.m.}$ бўлиши лозим.

Лекин шу йўл билан танланган сақлагичлар кўп ҳолларда ҳимоя қилинадиган сим ва қурилмаларнинг узоқ вақт таъсир этадиган йўл қўйиладиган ток юкламасидан анча ортиқ токда ишлайди. Демак, бундай

суёқланувчан сақлагич қисқа туташувлардан ҳимоя қилади, лекин ўта юкламалардан ҳимоя қилмайди.

Иссиқликдан ҳимоя қиладиган анча такомиллашган асбоблар максимал иссиқлик релеларидир. Уларда қурилманинг ишлаши учун одатда биметалл элементдан фойдаланилади. У асосан механик усулда бириктирилган, температуравий кенгайиш коэффициенглари турлича бўлган металлардан тайёрланган иккита пластинкадан иборат (13-расм). Ҳимояланадиган занжирга кетма-кет уланган қиздиргич ўзининг иссиқлиги билан биметалл элемент 2 га таъсир этади. Қизиганида элементнинг пластинкаларидан бири иккинчисига қараганда кўпроқ узаяди, натижада пластинка юқорига томон букилади ва зашчёлка 3 ни бўшатади. Пружина 4 таъсирида ҳаракатланадиган қисм ўқ 5 атрофида соат стрелкаси бўйлаб бурилади ва тортқи 6 воситасида контакт 7 ларни узиб, ҳимояланадиган занжирга ток ўтказмайди.



13- расм. Максимал иссиқлик релесининг ту-зилиш схемаси:

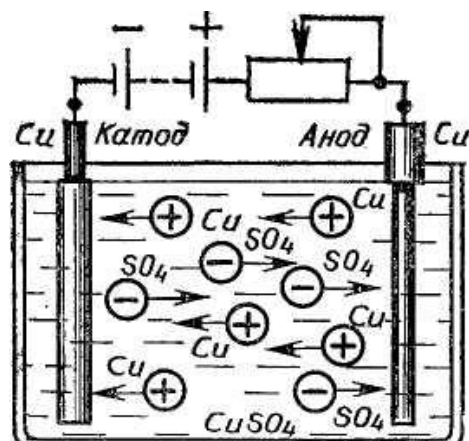
1 — қиздиргич, 2~ биметалл элемент, 3 — зашчёл-ка, 4 — пружика, 5 — у-қ, 6— тортқи, 7 — контактлар

Иссиқлик релеси биметалл пластинкалар туфайли анча катта иссиқлик инерциясига эга бўлгани туфайли у қисқа туташув тоқларидан яхши ҳимоя қилмайди ва суёқланувчан сақлагич унинг зарурий қўшимчаси ҳисобланади.

1.10. ЭЛЕКТРОЛИЗ

Эритмада заряд ташувчилар — ионлар пайдо бўлганда суёқлик орқали электр тоқи ўтади: эриган модданинг нейтрал молекулалари (ёки уларнинг бир қисми) иккита зарядланган заррачага диссоцияланади (ажралади). Бунда молекуланинг бир қисми мусбат заряд олади ва мусбат ион (катион) бўлиб қолади, молекуланинг иккинчи қисми эса манфий заряд олади ва манфий ион (анион) бўлиб қолади. Масалан, сувдаги эритмада мис купороси CuSO_4 нинг молекулалари диссоцияланиб, катион Cu^+ ва анион SO_4^- — кислота қолдиғи ҳосил қилади.

Электролитик диссоцияланиш натижасида заряд ташувчилар — ионлар пайдо бўладиган эритмага *электролит* дейилади.



14- расм. Мис купороси электролизида ионларнинг ҳаракатлаши схемаси

14-расмда электр занжир кўрсатилган бўлиб, унинг қисмларидан бири электролитдир. Электролит — мис купороси CuSO_4 эритмаси идишга қуйилган ва унга иккита мис пластинка (электродлар) ботирилган. Электр энергиясининг манбаи электролитда пластинкалар орасида электр майдон ҳосил қилади. Электр энергияси манбаининг мусбат қутбига уланган пластинка *анод*, манфий қутбига улангани эса — *катод* дейилади. Мис купороси диссоциялаган ионлар майдон кучлари таъсирида ҳаракатга келади: катионлар (Cu^+) катодга, анионлар (SO_4^-) — анодга томон ҳаракатланади. Катионлар катодга келиб, катод пластинкасида эркин электронларни олиб, ўзининг мусбат зарядларини нейтраллайди. Шу йўл билан бу ионлар зарядланмаган мис атомларига айланади ва катодга ўтиради.

Шу билан бир вақтда анионлар O_4^- анодга бориб, ўзининг ортиқча электронларини унга беради ва пластинканинг мис атомлари билан химиявий бирикиб, мис купороси CuSO_4 нинг нейтрал молекулаларини ҳосил қилади. Бу молекулалар эритмага ўтиб, мусбат ва манфий ионларга ажралади. Шу йўл билан электролитдаги ионларнинг концентрацияси сақланадн.

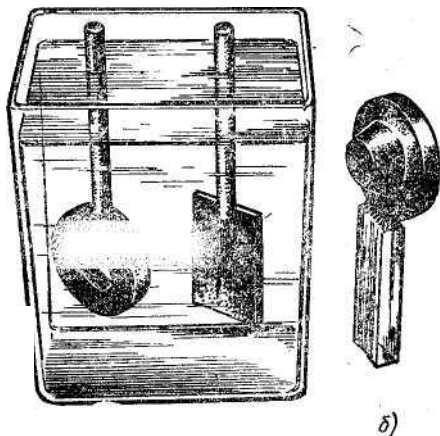
Ионларнинг икки қарама-қарши йўналишда ҳаракатланиши оқибатида аноннинг мис пластинкаси аста-секин эрийди, катодда эса соф мис йиғилади. Металл гўё аноддан катодга ўтади. Баён қилинган схема жараёнидан амалда мисни тозалашда (рефинлашда) фойдаланилади.

CuSO_4 эритмаси тўлдирилган электролизерга (электролитик ваннага) тозаланмаган мисдан қуйилган плиталар қўйилади. Улар анод бўлиб хизмат қилади. Бу плиталар орасига катодлар — тоза миснинг юпқа листлари жойлаштирилади, Ток юборилганда аноднинг миси эритмага ўтади, сўнгра эса катодда тўпланади; қуймалардаги аралашмалар чўкма (шлам) ҳолида ванна тубига чўкади. Катодларга ўтирадиган мис таркибида 0,1 % дан кам аралашмалар бўлади, шу сабабли унинг нисбий ўтказувчанлиги анчагина ортади.

Металл олишнинг электролитик усулининг муҳим афзаллиги бунда

ниҳоятда тоза металл олинишидир.

Умуман тузларнинг сувдаги эритмалари ёки суюқланмалари электролизда катодда металл ажралиб чиқади, кислота ва ишқорларнинг электролизда эса катодда водород ажралиб чиқади.



15- расм. Гальваник ванна:

a — гальваник ваннадаги матрица, *б*-пластик нусха

Электролиздан металлларни электр усулида жилолашда фойдаланилади, бундай электролизда дастлаб анод сиртидаги жуда майда бўртиқлар эрийди, бу эса унинг сиртидаги ғадир будурликни йўқотади.

Электролизнинг асосий жараёнларини ифодалайдиган математик ифода *Фарадей қонунидир*, бу қонунга кўра ўзгармас ток I да t вақт ичида эритмадан ажралиб чиққан модданинг массаси қуйидагича бўлади;

$$M = K_x It = K_x q, \quad (17)$$

бунда K_x —ажралиб чиқадиган модданинг электрохимиявий эквиваленти; q — электролит орқали ўтган электр миқдори. Демак, эритмадан электр токи таъсирида ажралиб чиқадиган модданинг массаси электролит орқали ўтган электр миқдорига пропорционалдир.

Электролизнинг металл ва металлмас сиртларда металлларни чўктириш учун ишлатилиши *гальванотехника* дейилади, у кўпинча гальванопластика билан гальваностегияга бўлинади.

Гальванопластиканинг вазифаси турли хил шаклдаги предметлардан аниқ металл нусхалар олишдан иборат. Бу усулни рус олими Б. С. Якоби ишлаб чиққан.

Гальванопластикада катод сифатида матрица ишлатилади (15-расм). Матрица нусхаси ишланаётган предметнинг кўрғошиндан, осон суюқланадиган қотишмалардан ёки ток ўтказмайдиган материаллардан (мум, гипс, пластмасса, ёғоч ва ҳоказо) ясалган нусхаси (оттиски) дир. Ток ўтказмайдиган материалдан ясалган матрицанинг металл ўтирадиган қисми ток ўтказувчан қатлам (графит кукуни) билан қопланади ёки химиявий йўл билан металланади. Электролитик ваннага нусха тайёрланиши лозим бўлган металл тузининг эритмаси тўлдирилади; шу металл пластинка анод вазифасини ўтайди.

Тайёр буюмлар ёки чала фабрикатларн (листлар, сим, ленталарни) бошқа металлларнинг юпка қатлами билан электролитик усулда қоплаш процессига

гальваностегия дейилади. У чўян ва пўлатни рух, кўрғошин, қалай ва пўлат билан қоплаш орқали коррозиядан (лат. *corrosio*— емириш) сақлашда, хром ва темир билан қоплаш орқали — ейилишга чидамлилигини ошириш учун, никель, кумуш ва олтин билан қоплаб — декоратив мақсадлар учун ишлатилади.

Қисқача хулосалар

Ушбу бобда электротехника фанининг асосий тушунчаси ҳисобланган электрўтказувчанлик, электр токи, майдон кучланганлиги, потенциаллар айирмаси, металллардаги электронлар дрейфи тушунчаси ёритиб берилган. Энг оддий электр занжири схемалари содда ва тушунарли қилиб кўрсатиб берилган. Шунингдек, қаршилиқ ва металлларнинг ток ўтказувчанлик хусусиятлари жуда содда тушунтирилган. Бобнинг охирида ўтказгичлар учун Кирхгофнинг биринчи ва иккинчи қонунларини моҳияти атрофлича тушунтирилган.

Назорат учун саволлар:

1. Электр токи вужудга келишида нима учун симларда электронлар тўғри чизикли ҳаракат қилмайди?
2. Берк электр занжир деганда нима тушунилади ва у қандай элементлардан таркиб топган?
3. Электролитда ток вужудга келишда заряд ташувчилар қандай ҳаракатланади?
4. Вольтметр электр энергияси истеъмолчиларига нисбатан қандай уланади?
5. Электр токи нима учун электронлар дрейфига қарши йўналган деб ҳисобланади?
6. Электронлар дрейфи деганда нима тушунилади?
7. «Юқори кучланиш» ва «паст кучланиш» деган ифодалар қаердан келиб чиққан?
8. Кирхгофнинг иккала қонунига мувофиқ тенгламалар тузишда қандай қоида қўлланилади?
9. Электр схемадаги «тармоқ» ва «тугун» нимани билдиради?
10. Резистор нима?
11. Ваттметр контрол қилинадиган электр энергия манбаига нисбатан қандай уланади?
12. Нима учун сақлагичнинг суюқланувчан қўймаси ўрнига шнурдан олинган мис сим ишлатиш ярамайди?
13. Суюқланувчан сақлагичлар нима учун электр двигателни узок таъсир этадиган ўта нагрузкалардан яхши ҳимоя қилмайди?
14. Электролизда металл, ташиш ўзгармас ток манбаи кутбларига нисбатан қайси йўналишда боради?
15. Тармоқланишнинг «эквивалент қаршилиги» деганда нима тушунилади?

Фойдаланилган адабиётлар:

1. Лоторейчук Е. А. Теоретические основы электротехники: Учебник. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2006. – 316 с.
2. Браммер Ю. А., Пащук И. Н. Импульсная техника: Учебник. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. - 208 с.
3. Гальперин М. В. Электронная техника: Учебник. - 2-е изд. Испр. и доп. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. - 352 с.
4. Каганов В. И. Радиотехнические цепи и сигналы. Компьютеризированный курс: Учебное пособие. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. - 432 с.
5. Лоторейчук Е. А. Расчет электрических и магнитных цепей и полей. Решение задач: Учебное пособие. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. - 272 с.
6. Касаткин А.С. Электротехника асослари. Укув кулланма. Тошкент, «Укитувчи», 1989. – 254 б.

2-боб. ЭЛЕКТР ҚУРИЛМАЛАРНИНГ СИҒИМИ ВА ИЗОЛЯЦИЯСИ

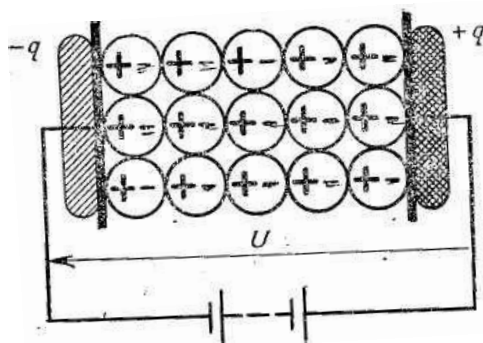
- 2.1. ЭЛЕКТР СИЛЖИШ
- 2.2. СИЛЖИШ ОҒИМИ
- 2.3. ЭНГ ОДДИЙ СИСТЕМАЛАРНИНГ ЭЛЕКТР МАЙДОНИ
- 2.4. ЭКВИПОТЕНЦИАЛ СИРТЛАР
- 2.5. ЭЛЕКТР МАЙДОН ЭНЕРГИЯСИ
- 2.6. ЭЛЕКТР СИҒИМ
- 2.7. КОНДЕНСАТОРЛАР
- 2.8. ЭЛЕКТР ИЗОЛЯЦИЯ МАТЕРИАЛЛАРИ

2. 1. ЭЛЕКТР СИЛЖИШ

Фазода зарядланган ўтказгичлар орасида электр майдон вужудга келади. Унда электр зарядларга муайян катталиқ ва йўналишдаги механик кучлармайдон кучлари таъсир этади. Электр майдоннинг ўзи электромагнит майдоннинг хусусий ҳоли ҳисобланади, холос. Майдонни вужудга келтирадиган электр зарядлар қўзғалмас бўлган майдон га электростатик майдон (грекча «статос» —қўзғалмас) дейилади.

Ўзгармас ток занжирларидаги стационар майдон дейиладиган электр майдон хоссалари жиҳатдан статик майдонга яқин. Электр майдонни характерловчи асосий катталиқ кучланганликдир.

Илгари таъкидлаб ўтилганидек, ўтказгичларда ток зичлиги j майдон кучланганлиги билан материалнинг нисбий ўтказувчанлигига пропорционал-



16-расм. Боғланган зарядлар ҳосил бўлиши схемаси

дир. Бу ўтказувчанлик анча катта бўлгани сабабли ўтказгичларда кучланганликнинг катта қийматларида $E_{\dot{y}m}$ уларни емирувчи тоқлар пайдо бўлиши керак. Шу сабабли ўтказгичларда майдон кучланганлиги нисбатан кичик бўлади. Кучли электр майдон узоқ вақт фақат диэлектрикларда мавжуд бўлади, уларда заряд ташувчилар ўзаро молекуляр кучлар билан боғланган ва эркин электронлар кам. Кучли электр майдон вакуумда ҳам пайдо бўлиши мумкин. Вакуумнинг

физик хоссаларидан бири унда унда электромагнит майдон мавжуд бўлиши мумкинлигидир.

Электр майдон пайдо бўлган муҳитда кучланганлик таъсирида электр силжиш D содир бўлади. Баъзи диэлектрикларнинг молекулаларида атомларнинг мусбат ядролари бир йўналишда, электронлар орбитаси эса унга тескари йўналишда силжийди. Бошқа диэлектрикларда молекулалар фазода бир-биридан ажралган мусбат ва манфий зарядлар (диполлар) дан ташкил топган бўлади; бундай диэлектрикларда электр майдон таъсирида диполлар бурилади.

Зарядларнинг силжиши ҳам, диполларнинг бурилиши ҳам *диэлектрикларнинг қутбланишидан* иборат.

Агар иккита ўтказгич пластинкалари орасига диэлектрик пластинкасини жойлаштириб (16-расм), ўтказгич пластинкалари орасига кучланиш U берилса, унда қутбланиш натижасида диэлектрикнинг мусбат зарядланган (кучланиш манбаининг мусбат қутбига уланган) пластинкасига қараган юзасида манфий боғланган заряд, унинг тескари томонида эса — мусбат боғланган заряд борлиги аниқланади. Бу зарядлар эркин силжий олмаслиги сабабли боғланган зарядлар дейилади. Улар қисм сифатида диэлектрик нейтрал молекулалар таркибига киради. Ташқи электр майдон олиниши билан боғланган зарядлар йўқолади — диэлектрикдаги силжиш йўқолади.

Боғланган зарядлар ҳодисасидан амалда фойдаланишга мисол сифатида газларни юқори кучланишли электр майдон таъсирида қаттиқ заррачалардан электр усулида тозалашни келтириш мумкин. Агар мусбат зарядланган ўтказгичга диэлектрик модданинг заррачаси, масалан қоғоз яқинлаштирилса, у ўтказгичга ёпишиб қолади (19-расм), чунки унга ўтказгичга энг яқин бўлган заррача сиртида ҳосил бўлган боғланган манфий заряд тортилади. Шу билан бир вақтда заррачанинг қарама-қарши сиртида пайдо бўлган мусбат заряд манфий заряднинг тортилишига қараганда кучсизроқ итарилади, чунки у ўтказгичдан узоқроқда жойлашган.

Электр силжиш D — вектор катталиқ. Барча изотроп (грекча «изос» — бир хил ва «тропос» — характер), яъни барча йўналишларда бир хил диэлектрикларда вектор D электр майдон кучланганлиги H билан бир хил йўналган бўлади.

Агар фақат силжиш қиймати (модель) кўриб чиқиладиган бўлса, у одатда (D) шрифт билан белгиланади.

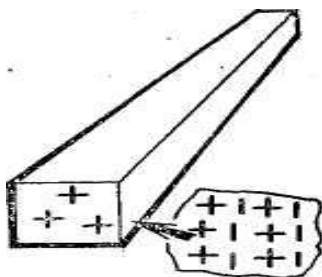
$D/E_m = \epsilon_a$ (эпсилон) нисбат *мутлоқ диэлектрик сингдирувчанлик* дейилади. У электр майдон пайдо бўладиган муҳитнинг хоссаларига боғлиқ.

Силжиш ҳодисаси диэлектриклар молекулаларида зарядларнинг силжиши билангина тугамайди. У вакуумда ҳам содир бўлади. Унинг мутлоқ диэлектрик сингдирувчанлиги ϵ_0 билан белгиланади ва *электр доимийси* дейилади. Шундай қилиб, силжишни вакуумда силжиш билан диэлектрикда силжишнинг йиғиндисидан иборат ҳолат деб

қараш қабул қи-линган:

$$D = \varepsilon_0 E + P_1, \quad (18)$$

бунда, P — диэлектрикнинг қутбланганлиги.



19- расм. Қаттиқ диэлектрик заррачаларнинг зарядланган жисмга тортилиши

Қутбланиш билан диэлектрикнинг боғланган зарядини диэлектрикнинг сиртидаги заряд билан аралаштириб юбориш ярамайди. Диэлектрикнинг сиртий заряди маълум миқдордаги эркин электрдан иборат бўлиб, электр майдонга боғлиқ бўлмаган ҳолда узоқ вақт мавжуд бўлиши мумкин. Кўп ҳолларда у исталган икки жисмнинг бир-бирига ишқаланиши натижасида вужудга келади, бунда диэлектрик сингдирувчанлиги катта бўлган жисм мусбат электр зарядланади. Саноат ишлаб чиқариши шароитида статик электрланиш — кўпинча анча зарарли ҳодиса ҳисобланади, чунки бундай сиртий зарядлар зарядсизланиши натижасида учқунлар пайдо бўлиши мумкин, бу эса ёнғин ёки портлаш хавфини келтириб чиқаради.

2.2. СИЛЖИШ ОҚИМИ

Турли моддаларнинг диэлектрик хос-саларини вакуумнинг ўзгармас хоссалари — электр доимийси ε_0 билан таққослаш қабул қилинган. Модданинг мутлоқ диэлектрик сингдирувчанлигининг ε_a электр доимийсига нисбати *диэлектрик сингдирувчанликдир* (кўпинча у нисбий диэлектрик сингдирувчанлик деб аталади:

$$\varepsilon_r = \varepsilon_a / \varepsilon_0. \quad (19)$$

Кўп диэлектрикларда у 1—10 орасида бўлади (2-жадвал) ва электр шароитларга ҳамда муҳит температурасига унча боғлиқ бўлмайди. Электр майдонни график усулда куч чизиқлари тарзида тасвирлаш қабул қилинган. Бу чизиқлар электр майдонни зич тўлдирадиган, тасаввур қилинадиган эластик найларнинг ўқларидир. Куч чизиқларини — тасаввур қилинадиган эгри чизиқларни (электр майдонда мусбат заряд шу чизиқлар бўйлаб силжишга ҳаракат

қилади) силжиш векторининг йўна-лиши билан аниқланадиган силжиш чизиқларидан фарқ қила билиш лозим. Куч чизиқлари кўпинча диэлектрик сингдирувчанлиги бир хил бўлган муҳитдан диэлектрик сингдирувчанлиги бошқа хил муҳитга ўтишда боғланган зарядларда тугалланади. Силжиш чизиқлари фақат мусбат эркин зарядларда бошланади ва манфий эркин зарядларда тугалланади. Силжиш чизиқларининг тўплами силжиш векторининг оқимини ёки қисқача айтганда *силжиш оқимини* N_D ҳосил қилади. Агар электр майдон текис, яъни унинг кўндаланг кесими S нинг барча нуқталарида силжиш D бир хил бўлса, у ҳолда $N_D = DS$ бўлади. Гаусс-Остроградский теоремасига мувофиқ исталган ёпиқ сирт орқали силжиш оқими шу сирт ичидаги «зарядларнинг алгебраик йиғиндисига (чунки улар мусбат ва манфий бўлиши мумкин) тенг:

$$N_D = q_1 + q_2 + \dots + q_n = \sum q_k$$

Бу ифода асосида силжиш оқими электр миқдорининг бирликларида — кулон ҳисобида (Кл) ўлчаниши керак, шунга кўра силжиш $D = N_D/S$ м² га тўғри келадиган кулонларда (Кл/м²) ўлчаниши лозим, кўпинча каррали бирлик Кл/см² қўлланилади.

Мутлақ диэлектрик сингдирувчанлик $\Sigma_a = D/E_m$ ва электр доимийси ϵ_0 қуйидаги бирликларда ўлчаниши керак:

$$\frac{\text{Кл} \cdot \text{м}^2}{\text{В} / \text{м}} = \frac{\text{Кл}}{\text{В} \cdot \text{м}} = \frac{\Phi}{\text{м}}$$

Φ — фарада сифим бирлиги эканлиги кейинчалик айтиб ўтилади. СИ тизимида электр доимийсининг бирлиги қуйидагича бўлади:

$$\epsilon_0 = 8,86 \cdot 10^{-12} \text{Ф/м} = 8,86 \cdot 10^{-14} \text{Ф/см.}$$

Диэлектрикларнинг кичикроқ, лекин баъзи анча қимматли хоссаларга эга бўлган группасига сегнетоэлектриклар дейилади (шу гуруҳга оид биринчи кашф этилган модданинг номидан), уларда сингдирувчанлик ϵ қиймати бир неча мингга етади ва майдон кучланиши билан температурага жуда боғлиқ бўлади. Сегнетоэлектрикларга, масалан барий титанат ва қўрғошин титанат киради.

2-жадвал

Баъзи материалларнинг диэлектрик сингдирувчанлиги ϵ_r (нисбий), электр мустаҳкамлиги E_m ва нисбий ρ_v ҳажмий қаршилиги

Номи	ϵ_r	E_m кВ/мм*	ρ_v , Ом.М
Ҳаво	1	3	-

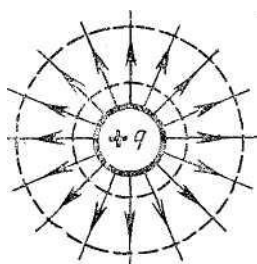
Трансформатор мойи	2,1—2,4	15—20	$10^{12}—10^{13}$
Совол	4,8—5	14—18	$10^{11}—10^{13}$
Вазелин	2,2—2,6	20—25	$5 \cdot 10^{12}-10^{13}$
Полиэтилен	2,2—2,4	35—60	$10^{13}—10^{15}$
Лавсан	3,0—3,5	80-120	10^8-10^{16}
Полихлорвинил (пластикатлар)	6—8	6—15	$10^{10}-10^{12}$
Парафин	2,0—2,2	22—32	$10^{14}—10^{16}$
Эбонит	3,0—3,5	15—20	$10^{12}-10^{14}$
Гетинакс	6—8	20-40	$10^9—10^{11}$
Слюда (мусковит)	6,5—7,2	98-175	$10^{12}-10^{13}$
Мармар	8-9	1 0—4,0	$10^7 —10^8$
Шифер	6-8	0,5-1,5	$10^6 -10^7$
Асбест-цемент	6-8	2,0-3,0	$10^6 —10^7$

*Ҳаводан бошқа барча материаллар учун электр мустаҳкамлик ўзгарувчан кучланишдаги самарали қиймат учун кўрсатилган (4-бобга қаранг.)

2. 3. ЭНГ ОДДИЙ ТИЗИМЛАРНИНГ ЭЛЕКТР МАЙДОНИ

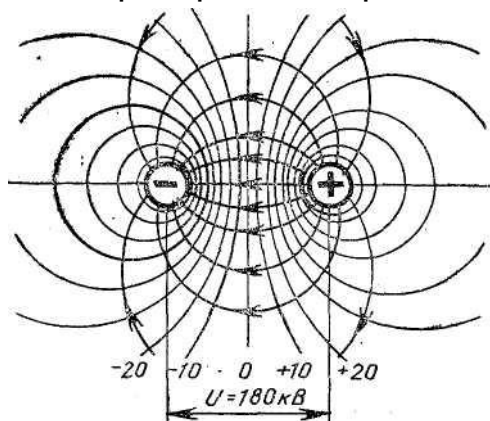
Силжиш оқимининг манзарасини график тасвирлашда силжиш D қанча катта бўлса, унинг электр майдонидаги чизиқлари шунча кўп бўлади. Силжиш D майдон кучи таъсирининг йўналишига перпендикуляр жойлашган сиртнинг квадрат метридан (ёки см^2 дан) ўтадиган чизиқлар сонига тенг (ёки унга каррали нисбатда) бўлади, деб ҳисоблаш қулай. Бундай тасвирлашда сирт орқали ўтадиган силжиш оқими уни тешиб ўтадиган чизиқлар сонига тенг. Шу қоида ва Гаусс-Остроградский теоремаси асосида силжишни ва оддий системалардаги майдон кучланганлигини осон аниқлаш мумкин.

Электр майдон нотекис (масалан, нуқтавий зарядлар майдони) ва текис бўлиши мумкин. Нотекис майдонда кучланганлик нуқтадан нуқтага ўтганда ўзгаради.



20 - расм. Зарядланган шар атрофидаги куч майдони чизиқлари билан

эквипотенциал сиртлар чизиқларининг кўриниши



21 - расм. Юқори кучланишли икки симли линиянинг текисликдаги график тасвири

Текис майдон фазода иккита параллел жойлашган, турли ишорада зарядланган ўтказувчан текисликлар орасида (иккита пластинка орасида) вужудга келади. Бу ерда силжиш оқими N_D ни иккита пластинка орасида тўпланган, деб ҳисоблаш мумкин. Демак, мусбат зарядланган пластинканинг ички томонидаги юза бирлигига тўғри келадиган заряд $q_0 = q/S$ бўлади; у сон жиҳатдан пластинкалар орасидаги майдондаги силжиш D га тенг: $D = N_D/S = q/S$. Агар диэлектрик бир жинсли бўлса, майдоннинг барча нуқталарида силжиш бир хил бўлади. Бинобарин, пластинкаларнинг майдон кучланганлиги ҳам ўзгармасдир:

$$E_m = D / \varepsilon_a = q_0 / \varepsilon_a.$$

2.4. ЭКВИПОТЕНЦИАЛ СИРТЛАР

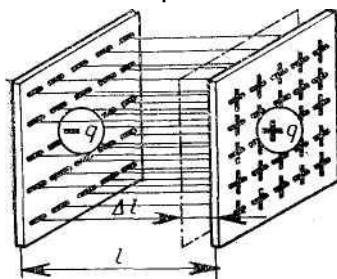
Электр майдонларни таърифлаш учун кўпинча потенциал тушунчасидан фойдаланилади. Майдон кучланганлиги билан потенциал орасидаги боғланишни аниқлаймиз.

Заряд q вектор E_m йўналишида Δl участкада (у шу қадар кичикки, унда кучланиш E_m ни ўзгармас деб ҳисоблаш мумкин) m нуқтадан n нуқтага силжиганида майдон кучлари $\Delta A = qE_m \Delta l$ иш бажаради. Лекин бундай иш заряднинг потенциал энергиясининг ўзгариши ΔW_n ҳисобига бажарилади. Заряднинг m нуқтадаги энергияси $q\varphi_m$, n нуқтадаги энергияси эса $q\varphi_n$ бўлган, потенциал энергиянинг, камайиши $\Delta W_n = q(\varphi_m - \varphi_n) = q\Delta\varphi$ бажарилган иш туфайли содир бўлди; бинобарин, энергиянинг сақланиш қонунига мувофиқ $\Delta W_n = -\Delta A q \Delta\varphi = -qE_m \Delta l$.

Бундан

$$E_m = -\frac{\Delta\varphi}{\Delta l}$$

Минус ишора потенциалнинг камайишини кўрсатади. Демак, майдон кучланганлиги потенциалнинг энг кўп камайиш йўналишида олинган камайиши билан аниқланади. Шу айтилганлар асосида эквипотенциал сиртлар майдон чизиқларига перпендикуляр бўлиши керак, деган хулоса чиқариш мумкин. Изоляцияловчи қурилманинг электр майдони манзараси куч чизиқлари билан эквипотенциал сиртлардан, яъни тенг потенциалли сиртлардан иборат бўлади.



22- расм. Зарядланган пластинканинг майдонда силжиш схемаси
Электр майдонни текисликда тасвирлашда экви-

потенциал сиртларнинг расм текислиги билан кесишганда ҳосил бўладиган чизиқларига *эквипотенциал чизиқлар* дейилади. Чизмада чексиз кўп эквипотенциал чизиқлар ўтказиш мумкин. Лекин яққоллик учун чизиқлар икки қўшни сиртларнинг (чизиқларнинг) потенциаллар айирмаси ҳамма жойда бир хил қилиб чизилади. Бу эса шу ерда майдон кучланганлиги юқори билдиради ва демак диэлектрикдан катта электр мустаҳкамликни талаб этади. 21-расмда зарядланган шар майдонининг куч билан эквипотенциал чизиқлари кўрсатилган.

Текис майдонда (иккита зарядланган текисликлар орасидаги майдонда) эквипотенциал сиртлар бир-биридан бир хил масофада турган майдон кучланганлигига перпендикуляр текисликлар системаси орқали тасвирланади.

Майдоннинг текисликдаги график тасвирини яшашда дастлаб куч чизиқлари чизилади, уларнинг бошланиш нуқтаси биринчи ўтказгичнинг мусбат зарядлари, охири эса — иккинчи ўтказгичнинг манфий зарядлари бўлади. Бу чизиқлар ўтказгич сиртига перпендикуляр йўналади. Манзарани эквипотенциал чизиқлар тўлдиради, улар куч чизиқларига перпендикуляр бўлиши керак. 20-расмда иккита симли юқори кучланиш 180 кВ ли ли-ниянинг текисликдаги график тасвири кўрсатилган, бунда қўшни эквипотенциал чизиқлар орасидаги масофага потенциаллар айирмаси 10 кВ мувофиқ келади.

2. 5. ЭЛЕКТР МАЙДОН ЭНЕРГИЯСИ

Иккита параллел пластина орасида бир хил, лекин турли ишорали зарядлар (q) вужудга келтирган бир текис электр майдон шароитини кўриб чиқамиз (22-расм). Пластиналар бирор электр энергияси манбадан зарядланган, сўнгра манбадан узиб қўйилган. Юзаси S бўлган ҳар қайси пластинага таъсир қиладиган механик кучни

бошқа пластинанинг майдони вужудга келтиради. Шу майдоннинг кучланганлиги $q/2S\epsilon_a$ га тенг, пластинага таъсир этувчи куч эса

$$f = E_m q = q^2 / 2S\epsilon_a .$$

Пластиналарни пружинанинг эластиклик кучлари бир-биридан l масофада тутиб туради. Агар шу куч таъсирида пластиналардан бири Δl га силжиса, у ҳолда майдон кучлари қуйидаги ишни бажаради:

$$\Delta A = f\Delta l = q^2 \Delta l / 2S\epsilon_a .$$

Пластиналар изоляцияланган ва электр энергияси манбаидан ажратилганлиги учун силжиганда уларнинг заряди ўзгармайди, демак пластиналар бир-бирига яқинлашганда майдон кучланганлиги ўзгармайди, лекин унинг ҳажми кичраяди. Шу билан бирга пластиналар орасидаги кучланиш камаяди, чунки бир текис майдонда $U = E_m l$. Пластиналар ораси-даги масофа нолга тенг бўлганда зарядлар бир-бирини нейтраллайди, майдон йўқолади ва унинг барча энергияси пластина силжиганда бажариладиган механик ишга A айланади:

$$A = fl = \frac{q^2 l}{2S\epsilon_a}$$

У энергиянинг сақланиш қонунига мувофиқ электр майдонда дастлаб тўпланган энергияга тенг бўлиши керак, яъни

$$W_3 = \frac{q^2 l}{2S\epsilon_a}$$

$$q = N_D = DS = E_m \epsilon_a S \text{ бўлгани учун}$$

$$W_3 = \frac{E_m D}{2} Sl = \frac{E_m D}{2} V, \quad (20)$$

Бунда, $V = Sl$ — майдон эгаллаган ҳажм. Майдон ҳажми бирлигига тўғри келган энергия электр майдон кучланганлиги билан силжиш кўпайтмасининг ярмига тенг:

$$W_3 \frac{W_3}{V} = \frac{E_m D}{2} \quad (21)$$

2. 6. ЭЛЕКТР СИҒИМ

Сиғим ўтказгичнинг заряд тўплаш хусусиятининг ўлчамидир. Якка

Ўтказгичнинг сифими C заряди q нинг потенциали φ га нисбати сифатида аниқланади: Лекин техник ҳисоблашлар учун бу катталиқ етарлича аниқ эмас, чунки потенциал қиймати шартли ноль потенциални танлашга боғлиқ. Шунинг учун электротехникада, одатда бир-биридан диэлектрик билан ажратилган икки ўтказгичдан иборат системанинг сифими, яъни ўзаро сифим деб атаса бўладиган сифим кўриб чиқилади. Сифимидан техник мақсадлар учун фойдаланиладиган махсус қурилмага *конденсатор* дейилади. Конденсатор кўп ҳолларда бир-биридан диэлектрик билан ажратилган иккита (ёки ундан кўп) ўтказгичдан (қопламадан) таркиб топган системадан иборат бўлади, диэлектрикнинг қалинлиги қопламанинг чизиқли ўлчамларига нисбатан кичик. Бундай системанинг сифими

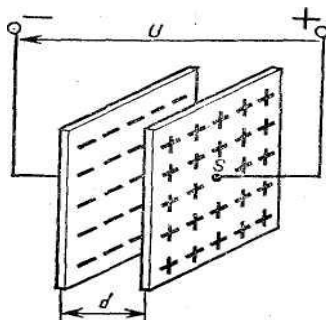
$$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} = q/U,$$

яъни заряднинг потенциаллар айирмасига ёки кучланишга нисбатига тенг.

«Сифим» атамаси электр симдан оқадиган суюқлик тарзида тасаввур қилинган вақтда пайдо бўлган.

Атама унчалик тўғри эмас, чунки конденсатор муайян миқдордаги электр сифидира олади, деган тасаввур туғдиради. Ҳақиқатда эса, сифим маълум кучланишда қандай заряд олишни белгилайди, холос.

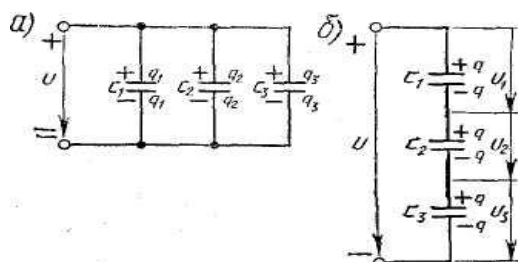
Электр сифимини ичига газ тўлдирилган идишнинг сифимига таққослаш мумкин. Ўзгармас ҳажмда идишдаги газнинг миқдори босимга пропорционал бўлади. Босим қанча катта бўлса, идишга шунча кўп миқдорда газ сиғади. Бу ўхшатишда босим кучланиш ролини ўйнайди, газ миқдори электр зарядга мувофиқ келади, газ миқдори билан босимнинг ўзгармас нисбати сифимга тўғри келади. Бундай таққослашни яна давом эттириш мумкин: идиш деворининг механик мустаҳкамлиги унга газ тўлдиришнинг чегараси ҳи-собланади — девор мустаҳкамлигидан ортиқ газ юборилганда идиш ёрилиб кетади. Конденсатор қопламалари ўртасидаги диэлектрикнинг электр мустаҳкамлиги кучланишни, ва демак,



23-расм. Зарядланган конденсаторнинг схемаси

конденсаторни зарядлаш мумкин бўлган заряд миқдорини чеклайди; ҳаддан ортиқ юқори кучланишда диэлектрик тешилади.

Конденсаторда заряднинг тўпланиш ҳодисаси асосан унинг электр майдонида силжиш жараёни билан аниқланади. Бир-биридан изоляцияланган иккита ўтказгичга кучланиш берилганда уларни ажратиб турадиган диэлектрикда электр майдон вужудга келиб, у диэлектрик қопламаларига тегиб турадиган сиртларда боғланган зарядларни пайдо қилади. Боғланган зарядлар ўтказгичларда бир хил ишорали зарядларни итаради ва турли ишоралиларни тортади, ўтказгичларда зарядлар эркин ҳаракатлангани учун ўтказгичларнинг диэлектрикка тегиб турадиган сиртларида (бирида — мусбат, иккинчисида — манфий) зарядлар тўпланади.



24-расм. Конденсаторларнинг уланиши: а — параллел, б — кетма-кет

Бу зарядларнинг ишораси ҳар хил, лекин катталиклари бир хил — битта қопламанинг мусбат зарядларидан бошланадиган силжиш оқимининг барча чизиқлари иккинчи қопламанинг манфий зарядларида тугалланиши керак. Одатда конденсаторнинг заряди сифатида битта заряд q кўрсатилади, лекин бунда катталиги жиҳатидан бир хил иккита $+q$ ва $-q$ зарядларнинг албатта бўлиши назарда тутилади.

Сиғимни қопламалар ўртасида жойлашган диэлектрик электр майдонининг шартлари вужудга келтиргани сабабли, у майдон ҳосил бўладиган диэлектрикнинг хоссаларига боғлиқ ва қопламалар ўтказувчи материалнинг хоссаларига боғлиқ эмас. Диэлектрикда электр силжиш қанча катта бўлса, унинг сиртида боғланган зарядлар шунча кўп ва қопламаларда шу сиртлар тутиб турадиган боғланган зарядлар шунча кўп бўлади.

Ҳар қандай электротехника қурилмасининг оз ёки кўп миқдорда сиғими бўлади, чунки икки нуқта орасида кучланиш бўлганида электр майдон вужудга келади, бинобарин, сиғим пайдо бўлади, Масалан, кабель толалари орасидаги, ҳаво линиясининг симлари орасидаги сиғим, электротехника қурилмасининг ерга нисбатан сиғими ва ҳоказо. Лекин кўп ҳолларда сиғимнинг электротехника қурилмасидаги шароитга таъсири шу даражада камки, уни ҳисобга олмаса ҳам бўлади.

Сиғим бирлиги — *фарада* — (ф) — бир вольт кучланиш таъсир

этганда бир кулон электр билан зарядланган қурилманинг сиғимидир:
 $1\text{ ф} = 1\text{ Кл}/1\text{ В}$.

Бир фарада сиғим нисбатан анча катта, лекин амалда уни бемалол вужудга келтирса бўлади. Электртехника қурилмаларида установкаларда, одатда фараданинг миллиондан бир улушига — микрофарада (мкф): $1\text{ мкф} = 1 \cdot 10^6\text{ Ф}$ га тенг сиғимлар, электрон қурилмаларда эса — фараданинг триллиондан бир улушига тенг сиғимлар—пикофарада (пф): $1\text{ пф} = 1 \cdot 10^{-12}\text{ ф}$ учрайди

Баъзан сиғимнинг оралиғи бирлиги — нанофарада (нф) қўлланилади — у фараданинг миллиондан бир (миллиарддан бир) улушидир: $1\text{ нф} = 1\text{ 000 пф} = 1 \cdot 10^{-3}\text{ мкФ} = 1 \cdot 10^{-9}\text{ Ф}$.

2. 7. КОНДЕНСАТОРЛАР

Ясси конденсаторнинг (23- расмга қаранг) тузилиши оддий бўлиб, унинг сиғимини ҳисоблаш анча осон. Конденсаторнинг қопламалари вазифасини бажарувчи икки параллел пластиналар орасидаги майдон текисдир. Ундаги силжиш оқими N_D ни пластиналар ўртасидаги оралиқ d да тўпланган деб ҳисоблаш мумкин. Гаусс — Остроградский теоремасига мувофиқ бу оқим $N_D = q$, шу билан бирга $N_D = DS$, бунда S — битта пластинанинг юзи. Майдон текис бўлгани учун қопламалар орасидаги кучланиш $U = Eq$. Шу нисбат-ларга асосан ясси конденсаторнинг сиғими

$$C = \frac{q}{U} = \frac{DS}{E_m} = \varepsilon_a \frac{S}{d}$$

Демак, диэлектрикнинг диэлектрик сингдирувчанлиги қанча катта ва қопламалари орасидаги оралиқ d қанча кичик бўлса, конденсаторнинг сиғими шунча катта бўлади.

Умумий сиғимни ошириш учун конденсаторлар ўзаро параллел уланади (24-расм, а). Бундай уланганда улардаги кучланиш бир хил бўлиб, умумий заряди айрим конденсаторлар зарядларининг йиғиндисига тенг бўлади:

$$q = \sum_{k=1}^n q_k = U \sum_{k=1}^n C_k$$

Бинобарин, ўзаро параллел уланган бундай конденсаторлар батареясининг умумий сиғими қуйидагича:

$$C = \frac{q}{U} = \frac{U \sum_{k=1}^n C_k}{U} = \sum_{k=1}^n C_k,$$

яъни сифим C айрим конденсаторлар сифимларининг йиғиндисига тенг.

Конденсаторларни кетма-кет улаш (18- расм, б) битта конденсаторнинг изоляцияси (диэлектрик) қурилманинг иш кучланишига бардош бера олмайдиган ҳолларда қўлланилади. Бундай улашда $+q$ ва $-q$ зарядларни системанинг фақат икки ташқи қопламасигина олади, барча ички қопламалар эса зарядларнинг бўлиниш йўли билан зарядланади.

Кетма- кет уланган конденсаторлар системасига барча конденсаторларда бир хил бўлган умумий заряд $N_D = q$ га тенг силжиш оқими кириб боради, деб ҳисоблаш мумкин. Умумий кучланиш U айрим конденсаторлар қопламаларидаги кучланишлар йиғиндисига тенг:

$U = \sum_{k=1}^n U_k$, хусусий кучланишларнинг ҳар бири эса $U_k = q/C_k$,

демак,

$$U = \sum_{k=1}^n \frac{q}{C_k} = q \sum_{k=1}^n \frac{1}{C_k}.$$

Шу формулага кўра кетма-кет уланган конденсаторлар системасининг умумий сифими қўйидагича бўлади:

$$C = \frac{q}{U} = \frac{q}{q \sum_{k=1}^n 1/C_k} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_k}}.$$

Хусусан, агар n та бир хил конденсатор C_k кетма-кет уланган бўлса, у ҳолда

$$C = \frac{C_k}{n}.$$

2.8. ЭЛЕКТР ИЗОЛЯЦИЯ МАТЕРИАЛЛАРИ

Электр майдон назариясидан электротехника қурилмалари ток установкалар ток ўтказувчи қисмларининг изоляциясини амалий ҳисоблашда фойдаланилади. Бунда диэлектриклар деб ҳам дейиладиган электр изоляция материалларини танлашнинг муҳим аҳамияти бор. Амалда ишлатиладиган барча ди-электриклар учун ҳажмий нисбий қаршилигининг жуда катталиги характер-лидир: $\rho_v = 10^8—10^{20}$ Ом-м.

Диэлектриклар ўзининг физик ҳолатига (агрегат ҳолатига) кўра қаттиқ, суюқ ва газсимон диэлектрикларга бўлинади. Яна диэлектрикларни табиий ва сунъий, анорганик ва органик диэлектрикларга ажратиш қабул қилинган. Қаттиқ анорганик диэлектрикларга турли хил керамика, шиша, слюда, кварц, асбест киради. Қаттиқ органик диэлектрикларга смолалар, лаклар,

пластмассалар, каучуклар, толалар киради. Нефть мойлари, кремний-органик ва фторорганик суюқликлар, хлорланган углеводородлар (совол ва совтол) суюқ диэлектриклардир. Газсимон диэлектриклардан, кўпинча, ҳаво ишлатилади.

Диэлектрикнинг электр мустаҳкамлиги E_m — электр майдоннинг шу ди-электрикнинг тешилиши бошланадиган энг кичик кучланганлигидир (2-жадвалга қ.). Электр мустаҳкамликнинг қийматлари тахминийдир, чунки у диэлектрикнинг температураси ва намлигига, кучланишнинг таъсир этиб туриш вақтига, диэлектрик қатламининг қалинлигига боғлиқ ва ўзгармас кучланишдагига қараганда ўзгарувчан кучланишда у кичик бўлади.

Диэлектрикнинг тешилиши иссиқлик жараёни ёки соф электр жараёни процесси шаклида бўлиши мумкин.

Иссиқлик таъсирида тешилиш, асосан, диэлектрикнинг бутун қатлами орқали ўтадиган ингичка каналларда содир бўлади. Каналларнинг бўлиши диэлектрик таркибининг бир жинсли эмаслигидандир. Бу каналларнинг ўтказувчанлиги жуда юқори бўлиб, уларда токнинг зичлиги катта бўлади. Диэлектрик ток таъсирида қизийди, натижада унинг қаршилиги камаяди, чунки каттиқ диэлектрикларнинг температура коэффициенти манфийдир. Бу эса каналда токнинг янада ортишига сабаб бўлади. Сизиш токининг кўпайиш жараёни, температуранинг кўтарилиши ва сизиш токининг янада ортиши диэлектрикнинг заифлашган жойининг иссиқлик таъсирида емирилгунга қа-дар давом этиши мумкин; емирилиш кўмирга айланиш, дарз кетиш, электр ёй ҳосил бўлиб суюқланиш тарзида намоён бўлади.

Электр таъсирида тешилиш диэлектрик таркибидаги ионларга кучли электр майдоннинг бевосита таъсирдан вужудга келади. Бу ионлар майдон кучлари таъсирида шу қадар катта тезлик оладики, улар диэлектрик молекулалари билан тўқнашганда, уларни ионлаштиради. Натижада, электр токи шиддатли равишда кўпайиб, изоляцияни емиради. Диэлектрикда кўпинча дастлаб электр тешилиш рўй беради, сўнгра диэлектрикнинг қизиши натижасида у иссиқликдан тешилади. Изоляторни яхши совитиш унинг электр мустаҳкамлигини анча оширади.

Суюқ диэлектрикларнинг тешилиши жуда мураккаб жараён ҳисобланади. Намлик ва қаттиқ аралашмаларнинг бўлиши суюқликларнинг электр мустаҳкамлигини анча пасайтиради. Шу сабабли трансформаторларнинг ва мойли включателларнинг бакларига тўлдириладиган минерал мойларни вақт-вақти билан қуритиб туриш зарур.

Газларнинг электр мустаҳкамлиги улардаги ионларнинг эркин йўли узунлигига боғлиқ, бу узунлик эса температура ва босим ўзгариши билан ўзгаради.

Нотекис майдонда изоляцияловчи ораликда кучланиш ҳам нотекис

тақсимланади ва бир жойда у диэлектрикнинг электр мустаҳкамлигидан ортиб кетиши (бошқа қолган қисмларида эса диэлектрикнинг мустаҳкамлиги аввалги ҳолича қолгани ҳолда) мумкин. Натижада, диэлектрик қисман тешилиши мумкин, бу эса оралиқнинг қолган қисмида кучланишнинг ошиб кетишига ва одатда, изоляцияловчи ҳамма оралиқнинг тешилишига олиб келади.

Қисқача хулосалар

Бу боб электр қурилмаларнинг сиғими ва изоляцияси муаммоларига бағишланган. Даставвал ўтказгичларнинг сиртида ҳосил бўладиган электр зарядининг моҳияти тўлиқ ўрганилади. Турли хил материалларда (ўтказгичларда, ярим ўтказгичларда, диэлектрикларда) электр сиғими тушунчаси, энг оддий тизимларнинг электр майдони, эквипотенциал сиртлар, электр майдони энергияси электр сиғими тушунчаси билан мутаносибликда кўриб чиқилган. Бобнинг охирида электр изоляция материаллари хусусиятлари ва улардан оқилона фойдаланиш бўйича тавсиялар ҳам берилган.

Назорат учун саволлар

1. Электр майдонда муҳитнинг ҳолати қандай катталиқ билан аниқланади?
2. Агар электр майдон кучланганлиги маълум бўлса, у ҳолда электр силжишни аниқлаш учун қандай катталиқни билиш керак?
3. Нисбий ва мутлоқ диэлектрик сингдирувчанлик орасидаги фарқ нимадан иборат?
4. Қандай шароитларда силжиш оқими I_D билан оқимнинг кўндаланг кесим юзининг кўпайтмасига тенг бўлади?
5. Электр майдоннинг куч чизиқлари эквипотенциал сиртларга нисбатан қандай йўналган?
6. Силжиш векторининг чизиқлари қаердан бошланиб, қаерда тугайди?
7. Боғланган зарядлар эркин зарралардан нима билан фарқ қилади?
8. Ўзгармас ток электр майдонидаги икки нуқтанинг потенциаллари айирмаси нимага тенг?
9. Электртехника қурилмаларида нима учун потенциаллар ҳақида эмас, балки потенциаллар айирмаси ҳақида сўз боради?
10. Сиғими 0,1 мкФ бўлган ҳаволи конденсатор қопламалари орасидаги масофа 0,5 мм га тенг бўлса, қопламаларнинг юзаси қанча бўлиши керак?
11. 1кВ кучланишда сиғими 0,1 мкФ бўлган конденсаторда қанча миқдорда энергия тўпланади?
12. Электр майдоннинг кучланганлиги билан силжиш орасида қандай фарқ бор?

Фойдаланилган адабиётлар

7. Лоторейчук Е. А. Теоретические основы электротехники: Учебник. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2006. – 316 с.
8. Браммер Ю. А., Пащук И.Н. Импульсная техника: Учебник. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. - 208 с.
9. Гальперин М. В. Электронная техника: Учебник. - 2-е изд. Испр. и доп. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. - 352 с.
10. Электрорадиоизмерения: Учебник. / Под общ ред. профессора Сигова А. С. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. - 384 с.
11. Шеховцов В.П. Электрическое и электромеханическое оборудование: Учебник. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2004. - 407 с.
12. Касаткин А.С. Электротехника асослари. Укув кулланма. Тошкент, «Укитувчи», 1989. – 254 б.

3-боб. ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ ВА ЭЛЕКТРОМАГНИТ ИНДУКЦИЯ

3.1 ЭЛЕКТР ТОКИНИНГ МАГНИТ МАЙДОНИ

3.2. МАГНИТ КАТТАЛИКЛАР БИРЛИКЛАР

3.3 ДИАМАГНИТ, ПАРАМАГНИТ ВА ФЕРРОМАГНИТ МОДДАЛАР

3.4 ТЎЛИҚ ТОК ҚОНУНИ

3.5 МАГНИТ ЗАНЖИР УЧУН ОМ ҚОНУНИ

3.6 МАГНИТ ЗАНЖИРНИ ҲИСОБЛАШ

3. 7 МАГНИТ ОҚИМИНИНГ ТОКЛИ ЎТКАЗГИЧГА ТАЪСИРИ

3. 8 ЭЛЕКТРОМАГНИТ ИНДУКЦИЯ ВА ЛЕНЦ ПРИНЦИПИ

3.9 Ғалтакда индукцияланадиган электр юритувчи куч ва оқим тутини

3.10 Индуктивлик ва ўзиндукция ҳодисаси

3. 11. Магнит майдон энергияси

3.12. Ўзаро индукция

3.13. Уюрма тоқлар

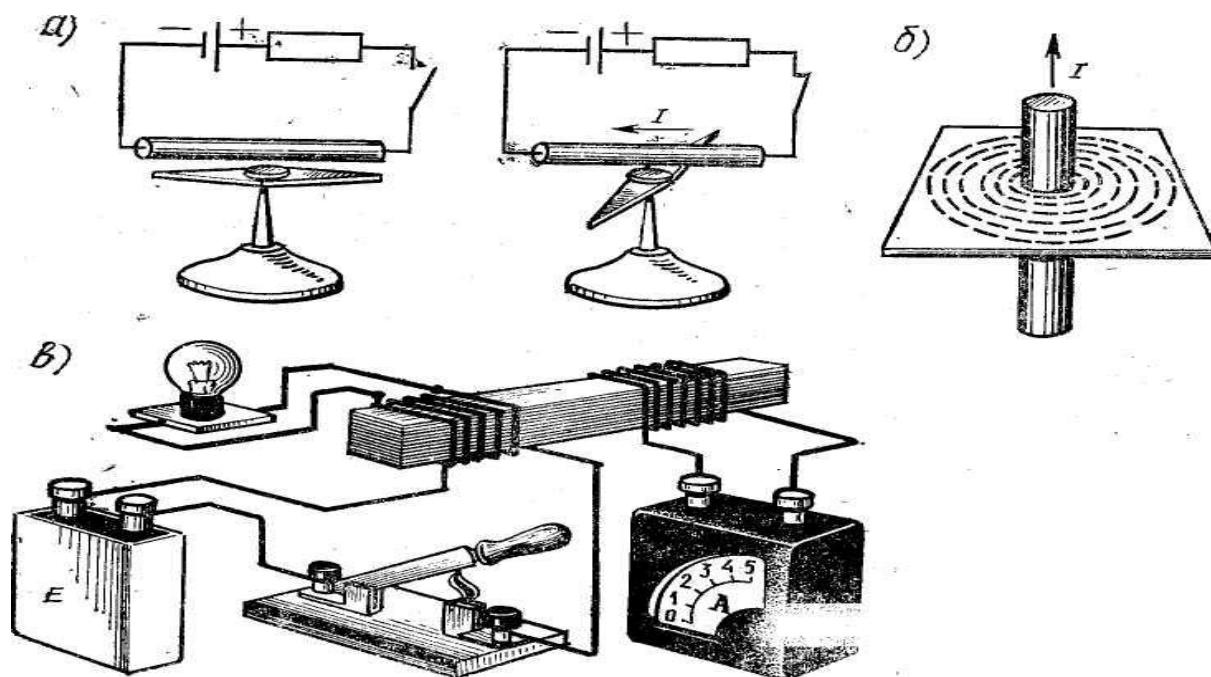
3.1 ЭЛЕКТР ТОКИНИНГ МАГНИТ МАЙДОНИ

Электр токи ўзини ўраб турган фазода магнит майдон вужудга келтиради. Бу майдон қатор ҳодисалар ёрдамида аниқланади.

Магнит майдон магнит стрелкасига таъсир этади, стрелка токли ўтказгичга перпендикуляр жойлашишга интилади (25- расм, а). Картон лист орқали токли сим ўтказиб, картонга пўлат қириндилар тўкилса, қириндилар сим атрофида концентрик айланалар бўйлаб жойлашади (25- расм, б). Токли ўтказгичлар бир-биридан итарилади ёки бир- бирига тортилади. Занжирда ток таъсирида пайдо бўлган магнит майдон шу занжирнинг ҳар қайси элементида магнит оқим тутунишини ҳосил қилади.

Токнинг ўзгариши билан оқим тутуниш ўзгаради ва занжир элементларида ўзиндукция эюк пайдо бўлади. Оқим тутунишнинг элемент токига нисбати унинг индуктивлик катталигини ифодалайди.

Ўзиндукция эюк занжир узилганда узилган контактлар орасида электр ёйи ҳосил бўлишига олиб келади (25- расм, в). Ғалтакка параллел уланган лампанинг ёниш кучланиши электр энергияси манбаининг кучланишидан анча катта бўлишига қарамай, бу лампа ҳам ўзиндукция эюк таъсирида бирданига чарақлаб кетади. Ниҳоят, ғалтак уланганда ва узилганда ғалтакка туташтирилган, токли занжирдан изоляцияланган, лекин токнинг магнит майдонидаги гальванометрнинг стрелкаси оғади — бу ўзаро индукция ҳодисасининг натижасидир.



25- расм- Электромагнетизм ҳодисаси: а - токли ўтказгич магнит стрелкасига таъсир этади, б — пўлат қириндилар токли ўтказгич атрафига тўпланади. в — ток занжири ва ўзиндукция эюк узилганда электр ёйи пайдо бўлади.

Магнит майдони исталган нуқтасида уни характерловчи асосий катталиқ *магнит индукция В* дир. Магнит индукция магнит майдон вужудга келган муҳитнинг магнит хоссаларига боғлиқ. Магнит индукциянинг қиймати модданинг тузилишига ва магнит ҳолатига боғлиқ. Токли битта контур модда тўлдирилган бўшлиқда ҳамда вакуумда интенсивлиги турлича бўлган магнит майдон ҳосил қилади. Вакуумдаги майдондан вектор **H** билан характерлаш мумкин, унга магнит майдон кучланганлиги деб аталади. Индукция **B₀** билан вакуумдаги майдон кучланганлиги **H₀** ўзаро $B_0 = \mu_0 H_0$ муносабатда боғланган, бунда, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м — магнит доимийси.

Магнит индукцияси билан магнит майдон кучланганлиги қора шрифт билан белгиланади, бундан мақсад уларнинг физик векторлар эканини кўрсатишдир, яъни улар фақат сон қийматлар билан эмас, балки фазодаги муайян йўналиши билан ҳам аниқланади; бу катталиқларнинг фақат қийматлари (модуллари) кўриб чиқиладиган ҳолларда улар одатдаги шрифт билан белгиланади.

Магнит индукциянинг магнит майдон кучланганлигига нисбати *мутлақ магнит сингдирувчанлик μ* (мю) дейилади:

$$\mu_a = B/H.$$

Лекин кўп ҳолларда модданинг мутлақ магнит сингдирувчанлиги μ_a эмас, балки нисбий магнит сингдирувчанлиги кўрсатилади:

$$\mu_r = B/B_0 = \mu_a / \mu_0.$$

3.2. МАГНИТ КАТТАЛИКЛАР БИРЛИКЛАРИ

Бирликлар системаси (СИ) магнит катталикларнинг бирликларини электромагнетизм қонунлари асосида тегишли электр ва механик бирликлар орқали аниқлайди. Магнит майдон кучланганлиги H метрга тўғри келадиган ампер (А/м) билан ўлчанади. Бир ампер тақсим метр — бу чексиз узун тўғри ўтказгичнинг 12,566 А (4πА) токи ўтказгичнинг ўқидан 2 м масофада вужудга келтирган магнит майдон кучланганлиги. Бирликнинг ўлчами (А/м) ва у тўлиқ ток қонуни асосида аниқланган.

Магнит оқими Φ вебер ҳисобида (Вб) ўлчанади. Бир вебер шундай магнит оқимики, унда у бир секундда нолга қадар камайганида оқим билан туташган контурда бир вольт индукция эюк ҳосил бўлади: демак, Вб = В·с. Бирликнинг ўлчами ва уни аниқлаш электромагнит индукция қонунига асосан берилган.

Магнит индукция тесла (Тл) да ўлчанади. 1 тесла — бу бир текис шундай магнит майдон индукциясики, унда 1м² юза орқали ўтадиган, майдон йўналишига перпендикуляр магнит оқими бир веберга тенг бўлади. Демак, Тл = Вб/м².

Мутлақ магнит сингдирувчанлик μ_a ва магнит доимийси μ_0 метрга тўғри келадиган ом·секундда ўлчанади. $\mu_a = V/H$ бўлгани сабабли мутлақ магнит сингдирувчанлик бирлиги қуйидаги ўлчамларда ўлчаниши керак:

$$\frac{T}{A/m} = \frac{Vb \cdot m}{m^2 A} = \frac{V \cdot c}{A \cdot m} \cdot \frac{Om \cdot c}{m}$$

Индуктивлик генри (Гн) да ўлчанади. Контурда кучи 1 А бўлган ток шу контур билан туташган 1 вебер оқим ҳосил қилса, бундай контурнинг индуктивлиги бир генри бўлади. Гн = Вб/А = В·с/А = Ом·с бўлгани учун μ_a нинг бирлиги Гн/м бўлади.

СИ да бирлик тегишлича танлаб олингани туфайли электромагнетизм қонунларининг формулаларида ҳеч қандай ўзгармас коэффициентлар бўлмайди. Бу система рационаллаштирилган. Лекин у билан бирга рационаллашмаган электромагнит система СГС (μ_0 нинг магнит бирликлари) дан фойдаланишга ҳам рухсат этилади; бу системанинг асосий бирликлари сантиметр, грамм, секунд ва бўшлиқнинг бирга тенг деб олинандиган ҳамда ўлчамсиз мутлақ магнит сингдирувчанлиги μ_0 — магнит доимийси.

Бу системада кучланганлик H эрстед (Э) да ўлчанади:

$$1A/m = 4\pi \cdot 10^{-3} \text{Э}$$

Магнит оқими Φ максвелда ўлчанади (Мкс) 1Вб=10⁸Мкс.

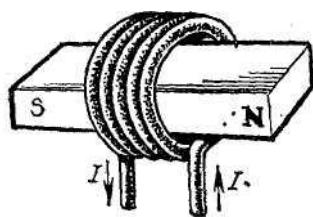
Магнит индукция B гауссларда ўлчанади (Гс). 1Т = 10⁴ Гс.

Индуктивлик сантиметр (см) да ўлчанади 1Гн = 10⁹ см.

СГС μ_0 системасидан фойдаланишда шуни назарда тутиш керакки, бу системада электромагнетизм формулалари рационаллаштирилмаган; уларда коэффициент 4π бўлади.

3.3 ДИАМАГНИТ, ПАРАМАГНИТ ВА ФЕРРОМАГНИТ МОДДАЛАР

Атом ядроси атрофида доиравий орбита бўйича ҳаракатланадиган электрон доиравий токка тенг қийматлидир; шу сабабли атом ва молекулалар ичида зарядланган заррачалар ҳаракатлангани туфайли барча моддалар магнит хоссаларга эга бўлади. Моддаларнинг атом ва молекула-ларлари ичида гўё доиравий тоқлар («Ампернинг молекуляр тоқлари») бўлади.



26- расм. Ток ўтадиган ғалтакдаги пўлат стержень

Ҳар бир шундай ток маълум майдонни вужудга келтиради. Лекин моддаларда бу ички тоқларнинг йўналиши тартибсиз бўлади, шу сабабли уларда ташқи магнит майдон бўлмайди.

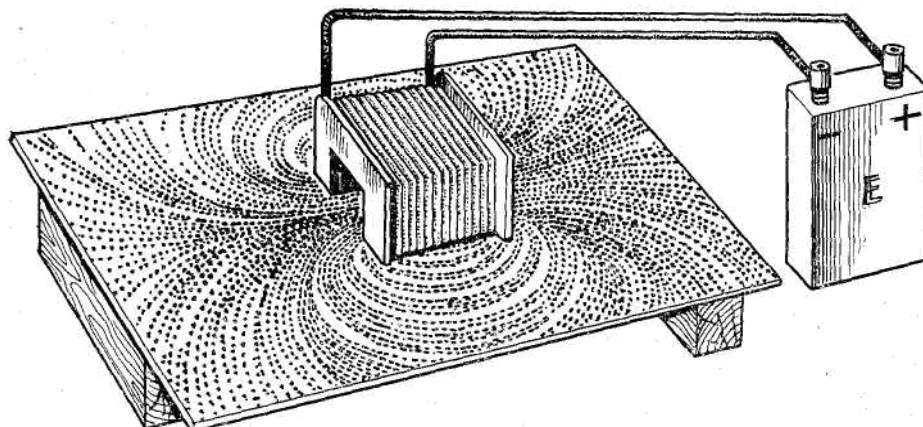
Моддалар ташқи магнит майдонлардаги (масалан, тоқли сим ғалтакнинг ичида вужудга келган майдондаги) модданинг табиатига қараб парамагнит ва диамагнит* моддаларга бўлинади. Парамагнит моддалар ташқи магнит майдон таъсирида ўз магнит майдонини ҳосил қилади, бу майдон ташқи майдон йўналиши томонга йўналган бўлиб, уни кучайтиради. Диамагнит моддалар ҳам ташқи магнитланишда ўз магнит майдонини ҳосил қилади, лекин у ташқи майдон йўналишига қарама- қарши йўналган бўлади ва, бинобарин, бу асосий майдонни бирмунча сусайтиради. Нисбий магнит сингдирувчанлик парамагнит жисмларда $\mu_r > 1$ ва диамагнит жисмларда $\mu_r < 1$ бўлади.

Лекин кўп парамагнит ва диамагнит жисмларда магнит сингдирувчанлиги бирдан кам фарқ қилади, шунинг учун амалда электротехник ҳисоблашларда бу фарқни эътиборга олмасдан барча жисмларнинг магнит сингдирувчанлигини бирга тенг, деб ҳисоблаш мумкин. Масалан, парамагнит алюминийда $\mu = 1,000023$, диамагнит мисда $\mu = 0,99991$.

Парамагнетикларнинг алоҳида, оз сонли, лекин амалда жуда муҳим гуруҳини *ферромагнетиклар* (лат. «феррум» — темир) ташкил этади — булар темир, кобальт, никель, баъзи сийрак — ер элементлари (гадолиний ва ҳоказо) ҳамда ферромагнитмас элементлардан таркиб топган ферромагнит қотишмалардир.

Ферромагнетликларда магнит сингдирувчанлик катта ва ўзгарувчан.

Ферромагнит материаллар электр машиналар, трансформаторлар ва турли электромагнит аппаратлар ҳамда приборлар ишлаб чиқаришда ишлатилади.



27- расм. Ток ўтадиган ғалтакнинг магнит майдонидаги пўлат қириндилар

Улар магнит майдонни кучайтириш ва унга зарур конфигурация бериш учун хизмат қилади. Бу материаллар магнит майдонда магнитланади. Масалан, ток ўтадиган ғалтакка жойлаштирилган пўлат стержень (26- расм) магнитланиб қолади. Унинг бир учида шимолий қутб N (магнит стрелкаси ёрдамида бунга ишонч ҳосил қилиш мумкин), иккинчи учида эса — жанубий қутб S вужудга келади. Шундан кейин ток узилса ёки стержень ғалтакдан олинса қолдиқ магнитланиш таъсирида стерженда маълум даражада магнит хоссалар сақланиб қолади. Трансформаторлар ва электр машина ҳамда аппаратларнинг кўп қисмларини ясашда ишлатиладиган электротехник пўлатда қолдиқ магнитланиш кам бўлади; бу пўлат — магнит юмшоқ материалдир. Лекин доимий магнитлар тайёрлаш учун ишлатиладиган магнит қаттиқ материалларда (масалан, темирнинг кобальт билан қотишмаларида) қол-диқ магнетизм анча кучли бўлади.

Шуни таъкидлаб ўтамизки, магнит майдонда ферромагнетиклар бўлмаганда магнит доимийси μ_0 ни кучланганлик билан индукция орасидаги ўзгармас пропорционаллик коэффициентини, деб ҳисоблаш мумкин, яъни $B = \mu_0 H$ ва $\mu_a = \mu_0$.

СИ да B билан H бирликлари электромагнетизмнинг иккита турли қонуни асосида бевосита аниқланган, шу сабабли магнит доимийсига аниқ сон қиймат берилади $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м.

Электротехник қурилмалар магнит майдонининг тасвирини анча яққол кўрсатиш учун магнит чизиқларнинг иш модели кенг қўлланилади. 27- расмда ғалтак майдонининг пўлат қириндилар ёрдамида ҳосил қилинган тасвири кўрсатилган. Магнит чизиқларининг

Йўналиши сифатида компас стрелкасининг — магнит майдонига киритилган магнит стрелкасининг шимолий учи кўрсатган йўналишини ҳисоблаш шартли қабул қилинган. Магнит майдон зич жойлаштирилган чўзилган эластик найлар сифатида тасвирланади: найларнинг йўналиши индукция векторлари билан устма-уст тушади. Магнит чизиқлари шу найларнинг ўқи сифатида қаралади ва магнит майдон тасвирида магнит чизиқлари билан фақат ана шу ўқлар тасвирланади. Шу тасвирдан (расмдан) фойдаланиб, магнит индукцияни магнит чизиқларининг зичлиги сифатида, яъни магнит майдон йўналишига перпендикуляр, бинобарин, магнит чизиқлари йўналишига перпендикуляр юза бирлиги (1м^2 ёки 1см^2) орқали ўтадиган магнит чизиқларининг сони сифатида яққол аниқлаш мумкин.

Магнит майдон индукцияси ва кучланганлиги магнит майдоннинг айрим нуқталаридаги шароитни кўрсатади. Магнит майдонни характерлайдиган йиғинди катталиқ магнит оқими Φ дир (магнит индукцияси векторининг оқими). Барча нуқталарида индукция бир хил бўладиган текис майдонда $\Phi = BS$, бунда S — оқим ўтиб кетадиган ва унинг йўналишига перпендикуляр бўлган сирт юзаси. Агар магнит майдон текис бўлмаса, у ҳолда оқим Φ , унинг ҳосил қилувчиси кичик юзалардан ΔS_k ўтадиган магнит оқимларининг йиғиндиси $\Delta\Phi_k$ сифатида аниқланади ва юзаларда индукцияни ўзгармас дейиш мумкин:

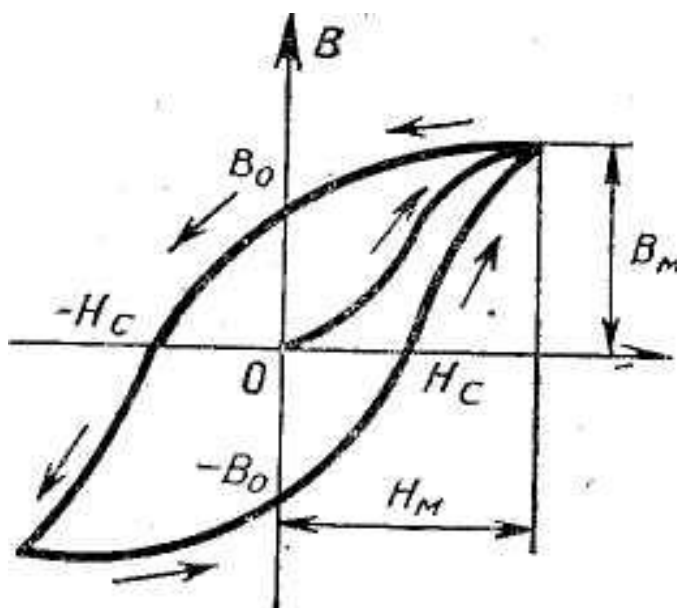
$$\Phi = \sum \Delta\Phi$$

Магнит имини маълум юзадан ўтиб кетадиган барча магнит чизиқларининг йиғиндиси сифатида қараш мумкин. Магнит чизиқларининг муҳим хоссаси — уларнинг берклигидир, яъни улар шу чизиқларни вужудга келтирадиган (уйғотувчи) электр токи чизиқларини камраб олади.

Электротехник ҳисоблашлар учун ферромагнетик магнит индукцияси B нинг магнит майдон кучланганлиги H га боғлиқлиги муҳим аҳамиятга эга. Бу боғлиқлик нисбатан мураккаб ва уни бирор оддий формула билан ифодалаб бўлмайди. Шунинг учун ҳисоблашларда стандарт ферромагнит материаллар учун тузилган B нинг H га боғлиқлик жадвалларидан ёки шу боғлиқликнинг график тасвирдан — магнитланиш эгри чизиғидан фойдаланилади. Бундай эгри чизиқнинг шакли материалнинг магнит хоссалари билан аниқлайди. Унинг пастки тармоғи тўйинмаган ҳолатга, букилган жойи («тирсаги» ҳам дейилади)—тўйинган ҳолатга ўтишга мувофиқ келади. Бу «тирсак» айниқса пермаллойда — ўлчаш асбоблари, магнитли экранлар, реле ва ҳоказоларда ишлатиладиган темир билан никелдан таркиб топган қотишмада яққол ифодаланган.

Кўп ҳолларда магнит гистерезисининг таъсирини ҳисобга олиш зарур; ферромагнетикдаги магнит индукция гистерезис туфайли фақат майдоннинг берилган кучланганлиги билан эмас, балки жисмнинг олдинги магнит ҳолати билан ҳам аниқланади. *Гистерезис* (грекча кечикиш маъносини билдирадиган сўздан) — қолдиқ магнитланиш билан узвий боғлиқ бўлган

ҳодиса; ферромагнетикда ташқи майдон вужудга келтирган магнит силжишлар маълум

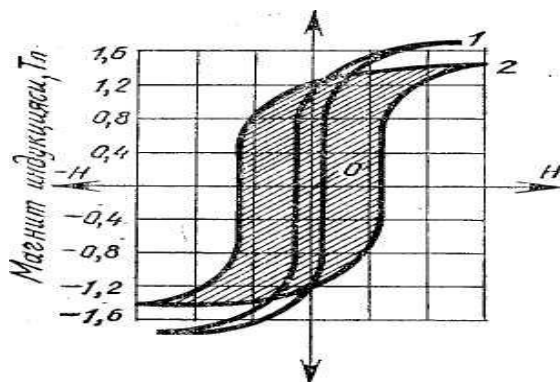


28- расм. Даствлабки магнитланиш эгри чизиғи ва гистерезис сиртмоғи

даражада қайтмасдир. Ферромагнетикнинг магнитланмаган бошланғич ҳолатини тиклаш учун ички тортишиш кучлари етарли эмас. Ташқи майдон сусайганида кучланганликнинг бир хил қийматларида индукция магнит майдон кучланганлиги ортиб борган вақтдагидан катта бўлади. Магнитловчи ток ва у ҳосил қилган кучланганлик H камайганда гистерезис туфайли магнит индукция олдин магнитсизланган намуна учун олинган, координата бошидан бошланадиган даствлабки магнитланиш эгри чизиғи бўйича эмас, балки бир оз юқоридан ўтган эгри чизиқ бўйича камаяди (28- расм). Ташқи майдон йўқолгандан (магнитловчи ток узилгандан) кейин ферромагнетикда маълум даражада қолдиқ индукция B_0 бўлади. Индукцияни нолга қадар камайтириш, яъни ферромагнетикни батамом магнитсизлаш учун магнитсизловчи ташқи майдон вужудга келтириш (ғалтақдаги токнинг йўналишини ўзгартириш) зарур; қолдиқ магнитланишни йўқотиш учун бу майдоннинг кучланганлиги коэрцитив куч дейиладиган H_c қийматга етиши керак.

Тескари йўналишдаги майдон янада кучайганида ферромагнетикда тескари йўналишли индукция вужудга келади. Тескари майдонни аста-секин кучайтира бориб (магнитловчи токни ошира бориб) яна магнитга тўйиниш шароитини яратиш мумкин, унга индукциянинг максимал қиймати B_M мувофиқ келади. Сўнгра аста-секин H ни камайтириб, тескари йўналишдаги қолдиқ индукция B_0 ни олиш мумкин. Магнитловчи майдоннинг йўналиши яна ўзгартирилса (магнитловчи токнинг йўналишини ўзгартириб), индукцияни даствлабки максимал

қийматига B_m қадар кўпайтириш мумкин. Шу йўл билан *гистерезис сиртмоғи* дейиладиган берк эгри чизик ҳосил қилиш мумкин. Унинг юзаси ферромагнит материалнинг ҳажм бирлигини қайта



29- расм. Магнитюмшоқ (1) ва магнитқаттик (2) материалларнинг гистерезис сиртмоғи

магнитлашнинг битта циклига сарфланган энергияга пропорционал бўлади. Агар гистерезис сиртни яшашда магнит индукцияси $Tл = B \cdot c/m^2$ да, кучланганлик эса $A/м$ да ифодаланган бўлса, у ҳолда сиртмоқ юзасининг бирлиги $B \cdot c/m^2 \cdot A/м = B \cdot A \cdot c/m^3 = Ж/м^3$ бўлади.

Трансформаторларнинг ўзақлари, ўзгарувчан ток машина ва аппаратлари циклик қайта магнитланиш шароитида ишлайди. Уларда гистерезис туфайли бўладиган исрофлар иложи борича кам бўлиши учун гистерезис сиртмоғи нисбатан жуда тор бўлган ферромагнит материаллар ишлатган маъқул (29-расм, эгри чизик 1). Бундай материалларга электротехник пўлат лист киради. Лекин доимий магнитлар учун коэрцитив кучи ва қолдиқ индукцияси катта, бинобарин, гистерезис сиртмоғи кенг магнит қаттик материал ишлатган маъқул (29-расм, эгри чизик 2).

3.4 ТҮЛИҚ ТОК ҚОНУНИ

Тўлиқ ток қонуни магнит майдон кучланганлигининг уни вужудга келтирган тоқларга боғлиқлигини аниқлайди. Энг оддий ҳолда тўғри чизиқли узун симнинг ўқидан x масофадаги магнит майдонининг кучланганлиги H қуйидагича бўлади:

$$H = \frac{1}{2\pi x} = \frac{1}{l} , \quad (24)$$

бунда $l = 2\pi x$ сим атрофида x , радиусда чизилган айлананинг узунлигини ифодалайди. Бу айлананинг барча нуқталарида системанинг симметрияси

туфайли магнит майдон кучланганлиги бир хил бўлади, айлананинг ўзи эса сим атрофидаги магнит чизиғи билан устма-уст тушади.

Ток магнит майдоки кучланганлиги-нинг йўналиши парма (штопор) қоидаси ёрдамида аниқланади: агар парма ўтказгичга ток йўналиши бўйича бураб киритилса (30- расм), у ҳолда парма дастасининг айланиш йўналиши шу ток вужудга келтирган магнит майдоннинг йўналиши билан мос келади.

Магнит майдон йўналиши



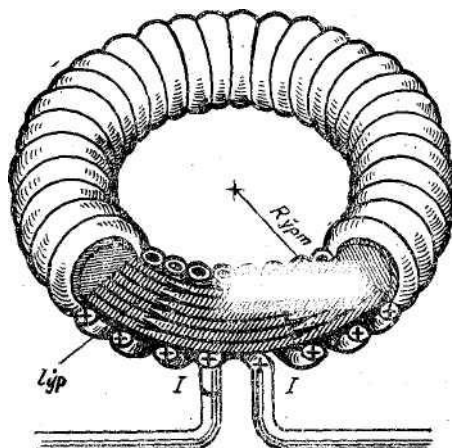
Айланиш йўналиши

30- расм. Парма қоидаси

Тўла ток конунини татбиқ этишнинг иккинчи энг оддий ҳоли — бу исталган материалдан тайёрланган, изоляцияланган сим ўралган бир жинсли ҳалқа (триоид) нинг ичидаги магнит майдон кучланганлигини ҳисоблашдир. Бунда магнит чизиқлар ҳалқа кесими ичида жойлашган айланалар шаклида бўлади (34- расм). Улар орасидаги айрим ўрамларининг магнит чизиқлари бир- бирига қарама-қарши йўналган ва ўзаро компенсацияланади. Магнит оқими ҳалқа ичида тўпланади. Ўрта магнит чизиқнинг узунлиги $l_{\text{ўр}} = 2\pi R_{\text{ўр}}$, шу чизик ичида жойлашган (унга туташган) тоқларнинг йиғиндиси $I\omega$ га — тоқнинг ғалтак ўрамлари сонига кўпайтмасига тенг. Шу сабабли майдон кучланганлиги барча ўрамларда-ги тоқларнинг таъсири орқали аниқланади:

$$H = \frac{I\omega}{2\pi R_{\text{ўр}}}.$$

Кўп электротехник қурилмаларда магнит оқими ферромагнит материалдан қилинган элементлардан ҳосил бўлган магнит занжирида вужудга келтирилади. Бундай занжирни кичик қисмларга ажратиш мумкин. Узунлиги l_k бўлган қисм атрофида майдон кучланганлиги H_k ни ўзгармас деб ҳисоблаш ва занжирнинг ўрта магнит чизиғи учун ушбу тенгламани ёзиш мумкин:



31- расм, Сим билан ўралган ҳалқа (тороид)

$$H_1 l_1 + H_2 l_2 + \dots + H_n l_n = \sum_{k=1}^n H_k l_k = I w. \quad (25)$$

Бунда $\sum_{k=1}^n$ белги кўриб чиқиладиган йиғинди n та қўшилувчидан иборат эканлигини билдиради. $H_k l_k$ катталиқ—занжирнинг k қисмидаги магнит кучланиши, $I w$ катталиқ эса — занжирнинг магнит юритувчи кучи (мюк) дейилади.

(25) тенглама магнит занжири учун тўла ток қонунини ифодалайди.

Энг оддий ҳолда бир жинсли магнит занжири учун (34- расм) тўла ток қонуни қуйидагича бўлади:

$$H l = I w.$$

3.5 МАГНИТ ЗАНЖИР УЧУН ОМ ҚОНУНИ

Магнит занжирни электр занжир билан таққослаш мумкин, бу магнит катталиқлар нисбатларини анча яққол тасаввур қилишга имкон беради.

Агар тўла ток қонуни ифодасида (25) магнит майдон кучланганлиги ўрнига

$$H_k = \frac{B_k}{\mu_{a,k}} = \frac{\Phi}{S_k \mu_{a,k}},$$

қўйилса, у ҳолда магнит оқими қуйидагича бўлади:

$$\Phi = \frac{I w}{\sum_{k=1}^n \frac{l_k}{S_k \mu_{a,k}}}. \quad (26)$$

Ом қонунига мувофиқ электр занжирдаги ток

$$I = \frac{E}{\sum_{k=1}^n r_k} = \frac{E}{\sum_{k=1}^n \frac{l_k}{\gamma_k S_k}},$$

бунда l_k — ўтказгичнинг узунлиги; S_k — ўтказгичнинг кесим юзаси; γ_k — чизикли ўтказгичнинг нисбий электр ўтказувчанлиги.

Магнит оқими билан ток учун формулаларни бундай таққослаш асосида олинган формулалардан биринчиси магнит занжири учун Ом қонуни деб аталади. Ушбу нисбат билан аниқланадиган катталиқ

$$\frac{I_k}{S_k \mu_{a,k}} R_{m,k} \quad (27)$$

магнит қаршилик деб аталади. Шундай қилиб, магнит оқими магнит юритувчи кучнинг магнит қаршиликлар йиғиндисига бўлинганига тенг.

Магнит занжирдаги шароитни электр занжирдаги шароит билан таққослаш магнит занжирни сифат жиҳатдан характерлаш учун қулай, лекин уни ҳисоблашда кам қўлланилади. Ферромагнетиклар бўлмаганида магнит майдон кўпинча текис бўлмайди ва магнит қаршиликни ҳисоблаш қийинлашади. Агар магнит занжир таркибида ферромагнетиклар бўлса, у ҳолда уларнинг магнит сингдирувчанлиги оқим қийматига боғлиқ бўлади ва, бинобарин, Ом қонунининг ифодасида иккита номаълум бўлиб қолади.

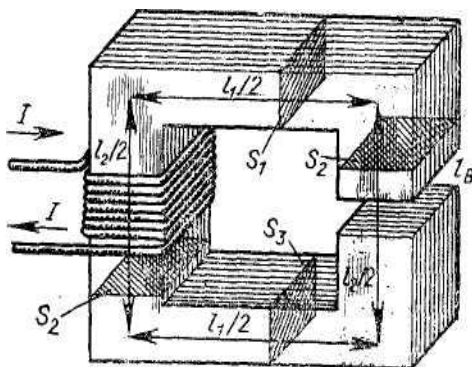
Формулаларнинг ўхшашлиги жараёнларнинг ўхшашлигига мос эмаслигини эсдан чиқармаслик керак. Электр занжирда эркин электронлар ҳаракат қилади — бу узлуксиз энергия сарфлашни талаб қиладиган жараён. Магнит занжирда магнит индукцияси фақат муҳитнинг ҳолати бўлиб, магнит юритувчи куч ўзгармаганда ўзгармайди, яъни бунда материал заррачалар ҳаракатланмайди.

3.6 МАГНИТ ЗАНЖИРНИ ҲИСОБЛАШ

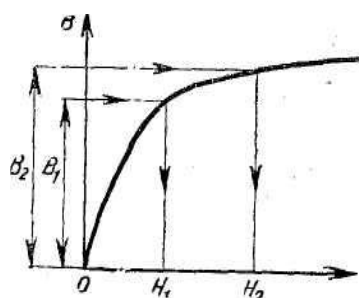
Электр машина ва аппаратларнинг магнит занжирининг бирор қисмида (одатда ҳаво зазорида) магнит индукцияси ҳосил қилиниши керак, буни қурилманинг иш шароитлари талаб этади. Демак, бундай занжирни ҳисоблашдан мақсад берилган индукцияни ҳосил қилиш учун зарур бўлган магнитловчи кучни аниқлашдан иборат. Бу тўла ток қонуни асосида ҳисобланади, бу қонунга мувофиқ магнитловчи куч занжирнинг алоҳида қисмларидаги магнит кучланишлари йиғиндисига тенг:

$$\sum_{k=1}^n H_k I_k = I_w.$$

32-расмда электротехник пўлат листдан тайёрланган магнит ўтказгич ҳосил қилган магнит занжир кўрсатилган.



32- расм. Ҳаво зазори бор магнит ўтказгич



33- расм. Магнитланиш эгри чизиғи ёрдамида кучланганликни аниқлаш

Магнит ўтказгичнинг кичикроқ ҳаво зазори l_x (оралиқ) бор. Бунда магнит занжир уч қисмга бўлинади: биринчи қисм l_1 — иккита ён стерженлар, иккинчи қисм l_2 — ўзакнинг юкориғи ва пастки стерженлари (уларнинг кесими бир хил) ва учинчи қисм — ҳаво оралиғи l_x . Агар ҳаю зазоридаги индукция B берилган бўлса, у ҳолда магнит майдоннинг бу зазордаги тегишлича катта кучланганлиги $H_x = B_x / \mu_0$ бўлади. Сўнгра магнитўтказгичдаги магнит оқими аниқланади. Оқимнинг ҳаводаги кесим юзасини тақрибан ёнидаги қисмнинг кесим юзаси S_1 га тенг деб қабул қилиш мумкин, демак, оқим $\Phi = B_x S_1$.

Биринчи қисмдаги магнит индукцияси $B_1 = \Phi / S_1$.

Кучланганликнинг унга мос келадиган қиймати H_1 ни магнитўтказгич материалнинг магнитланиш эгри чизиғи ёрдамида топиш мумкин (33-расм). Шундан кейин $B_2 = \Phi / S_2$ аниқланади ва магнитланиш эгри чизиғидан кучланганлик H_2 топилади.

Қисмларнинг ҳар бири учун узунлик l 32-расмда кўрсатилгандек ўрта магнит чизиғидан олинади. Шундан кейин магнит юритувчи кучни аниқлаш учун тўла ток қонунидан фойдаланиш мумкин:

$$Iw = H_x l_x + H_1 l_1 + H_2 l_2,$$

ёки, агар ўрамлар сони берилган бўлса, магнитловчи токни ҳам топса бўлади.

3. 7 МАГНИТ ОҚИМИНИНГ ТОКЛИ ЎТКАЗГИЧГА ТАЪСИРИ

Барча электр двигателларда магнит майдонга жойлаштирилган токли ўтказгичларга таъсир этувчи механик кучлардан фойдаланилади.

Токли тўғри чизиқли ўтказгич l га магнит майдонида механик куч f таъсир этади, бу куч ўтказгични индукция B вектори йўналишига перпендикуляр бўлган текисликда силжитишга ҳаракат қилади.

Бу кучнинг йўналишини аниқлаш учун чап қўл қоидадан фойдаланилади (34-расм): чап қўл кафти магнит чизиқлари унга

кирадиган қилиб (яъни B йўналишига тик) тугилади; тўртта бармоқ ўт-казгич бўйлаб ток йўналиши бўйича чўзилади; шунда очилиб турган бош бармоқ ўтказгичга таъсир этувчи механик кучнинг йўналишини кўрсатади. Бу куч *электромагнит куч* дейилади, чунки у ток билан магнит майдоннинг ўзаро таъсирлашиш натижасидир.

Текис майдонда электромагнит куч магнит индукцияси B нинг ток I га кўпайтмасига, шунингдек, ўтказгичнинг актив узунлигига (яъни ўтказгичнинг магнит майдонидаги қисмининг узунлигига) пропорционал. Кўп машина ва аппаратларда ўтказгичлар вектор B нинг йўналишига деярли перпендикуляр жойлашади, бу ҳолда куч

$$I = BIl. \quad (29)$$

Агар ўтказгич вектор B нинг йўналиши билан α бурчак ҳосил қилса, у ҳолда

$$f = BIl \sin \alpha .$$

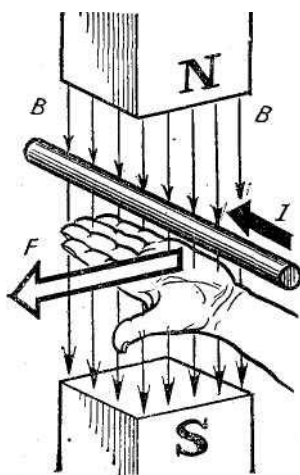
Агар магнит индукцияси 1 Тл, ток 1 А, актив узунлик 1 м ва бурчак $\alpha = 90^\circ$ га тенг бўлса, у ҳолда ўтказгичга бир ньютонга (Н) тенг электромагнит куч таъсир этади.

Ўтказгич шу куч таъсирида силжиганида тегишлича иш бажарилади, бу иш кучнинг йўл x га кўпайтмасига тенг: $A = fx$; агар куч $f = BIl$ бўлса, у ҳолда $A = IBl_x$, $l_x = S$ —ўтказгич кесиб ўтган юза бўлгани учун $BS = \Phi$ — ўтказгич силжиганида кесиб ўтган магнит оқими. Демак, ўтказгич силжиганида электромагнит куч бажарган иш

$$A = I\Phi$$

яъни токнинг ўтказгич силжиганида кесиб ўтган магнит оқимига кўпайтмасига тенг. СИ да бу иш жоулда ифодаланади. Айрим зарядлар ҳаракатида ҳам магнит майдоннинг таъсири бўлади. Вақт ўтиши билан ўзгармайдиган ток I да уни заряд q орқали ифодалаш мумкин, яъни $I = q/t$; йўлнинг шу йўл ўтилган вақтга нисбати ҳаракатлиниш тезлигини $v = l/t$ ифодалагани сабабли заряд q га таъсир этувчи электромагнит куч (Лоренц кучи) қуйидагича бўлади:

$$f = Bqvs \sin \alpha . \quad (30)$$

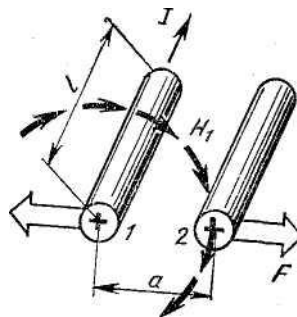


34- расм. Чап қўл қоидаси

Кучнинг йўналишини аниқлаш учун чап қўл қоидасини татбиқ этиш мумкин, бунда олдинга чўзилган бармоқлар мусбат заряднинг ҳаракат йўналиши томон йўналган бўлиши керак.

Электромагнит куч қонунидан фойдаланиб, икки симли линия симларининг ўзаро таъсир кучини осонгина ҳисоблаб топиш мумкин, бунда симларнинг ўқлари орасидаги масофа a га тенг (35-расм). Сим 1 даги токнинг магнит майдон кучланганлиги a масофада (24) формулага мувофиқ қуйидагича бўлади:

$$H_1 = I/2\pi a.$$



35- расм. Ток ўтадиган ҳаво линиясининг иккита параллел сими

Шу кучланганлик ҳосил қиладиган магнит индукция:

$$B_1 = \mu_0 H_1 = \frac{\mu_0}{2\pi a} I.$$

Сим 1 магнит майдон кучланганлигининг йўналиши сим 2 нинг йўналишига перпендикуляр ($\alpha = 90^\circ$), демак, сим 2 га таъсир этадиган куч

$$f_2 = B_1 l = \frac{\mu_0 l}{2\pi a} I^2. \quad (31)$$

Сим 1 га ҳам худди шундай, лекин тескари йўналишдаги куч таъсир қилади. Икки симли линияда тоқларнинг йўналиши қарама-қарши бўлиб, симлар бир-биридан итарилади.

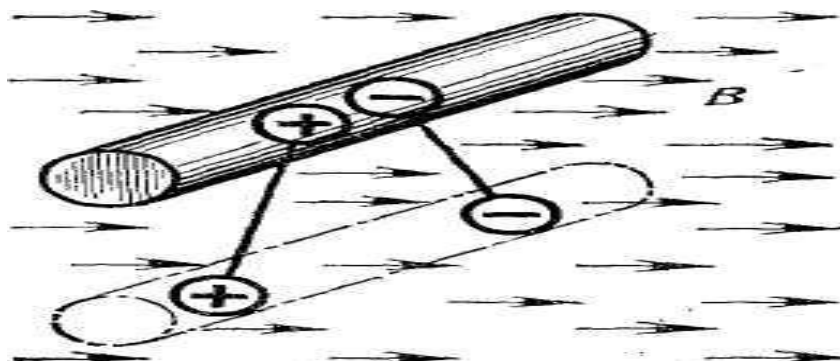
Иккала куч ҳам ток кучининг квадратига пропорционал, шу сабабли қурилмаларда қисқа туташувларда тоқлар юзлаб марта кўпайиб кетганида ўзаро таъсир кучлари ўн минглаб марта кўпаяди ва катта зарар етказиши мумкин.

3. 8 ЭЛЕКТРОМАГНИТ ИНДУКЦИЯ ВА ЛЕНЦ ПРИНЦИПИ

Электротехника учун М.Фарадей кашф этган электромагнит

индукция қонуни муҳим аҳамиятга эга. Бу қонун ўтказгичлар магнит чизиқларини кесиб ўтганда ва ўтказгичлардан ҳосил қилинган контурга туташган магнит оқими ўзгарганда пайдо бўладиган эюк ни аниқлашга хизмат қилади. Электромагнит индукция қонуни тажрибалар асосида топилган, лекин уни электромагнит куч қонунининг мантиқий оқибати деб ҳисоблаш мумкин.

Магнит майдонда ҳаракатланаётган электр зарядга Лоренц электромагнит кучи таъсир этади [(30) формула]. Заряд q майдон йўналишига перпендикуляр йўналишда v тезлик билан ҳаракатланаётган энг оддий ҳолда бу куч $f_{эм} = qvB$ бўлади. Бундай ҳаракатланиш индукцияга перпендикуляр майдонда бирор механик куч таъсирида ўтказгич силжийдиган бўлгандагина мумкин (36-расм). Ўтказгичда эркин электромагнит куч таъсир этиб, уларни симнинг битта учига силжитади. Бу ўтказгичнинг бир учига манфий заряд ва иккинчи учига мусбат заряд тўпланади, деган сўздир. Ўтказгичда турли ишорали иккита заряд ўртасида электр майдон вужудга келади—кучланганлик E_k пайдо бўлади. Турли ишорали зарядларнинг ўзаро тортишиш кучини (кўпинча кулон кучлари дейилади) шу кучланганлик орқали ифодалаш мумкин:



36- расм. Ўтказгич магнит майдонда ҳаракатланганда зарядларнинг силжиши

$$f_k = qE_k.$$

Ўзаро тортишиш кучи зарядларни ажратишга ҳаракат қиладиган электромагнит кучни мувозанатлаши керак:

$$f_{эм} + f_k = 0.$$

Бу кучларнинг тегишли ифодаларини қўйиб, қуйидагини оламиз:

$$qvB + qE_k = 0,$$

vB кўпайтма индукцияланган электр майдон кучланганлиги дейилади:

$$E_{м. инд.} = vB.$$

Ўтказгич текис магнит майдонда ҳаракатланганда индукцияланадиган кучланганлик унинг бутун актив узунлиги l бўйича бир хил бўлади, демак, ўтказгичда қуйидагича эюк индукцияланади:

$$E = E_{\text{м. инд.}} l = vBl. \quad (32)$$

Ўтказгич B нинг йўналишига нисбатан α бурчак остида ҳаракатланганда бу эюк қуйидагича бўлади:

$$E = vBl \cdot \sin\alpha$$

Индукцияланган эюк нинг йўналишини *ўнг қўл қоидасидан* фойдаланиб аниқлаш мумкин (37-расм): ўнг қўлни магнит чизиқлари кафтга кирадиган қилиб қўйиш керак; бош бармоқни ўтказгичнинг ҳаракат йўналиши бўйлаб йўналтириш лозим; индукцияланган эюк нинг йўналишини тўртта олдинга чўзилган бармоқ кўрсатади.

Индукцияланган эюк нинг йўналишини аниқлаш учун кўпинча *Ленц принципини* (Ленц қоидаси ёки қонуни ҳам дейилади) қўллаган маъқул; индукцияланган эюк уни келтириб чиқарган сабабга қарши таъсир этишга ҳаракат қилади.

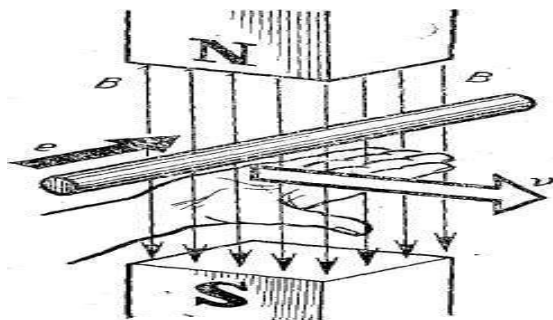
Эюк ни контур билан туташган магнит оқимининг ўзгариши орқали ифодалашнинг анча умумий аҳамияти бор. Уни ҳосил қилиш учун (32) формуладаги тезлик v ўрнига йўл Δx нинг шу йўл босиб ўтилган вақт Δt . га нисбати қўйилади: $v = \Delta x / \Delta t$, бинобарин,

$$E = B \frac{l\Delta x}{\Delta t},$$

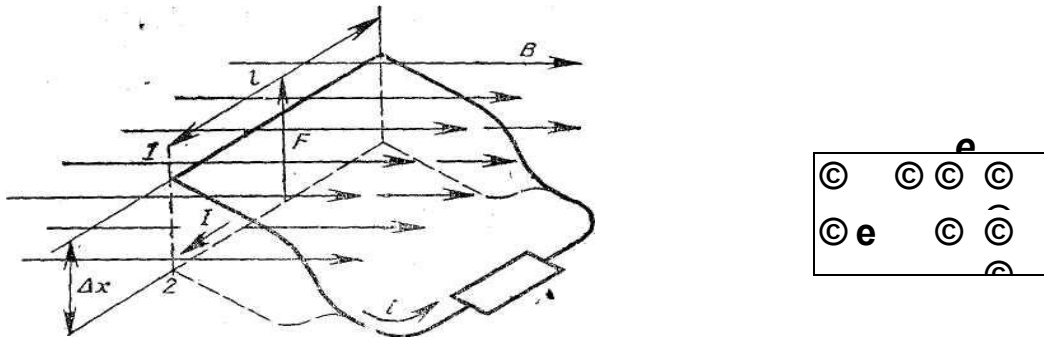
лекин кўпайтма $l\Delta x = \Delta S$ — бу ўтказгич кесиб ўтган юза (35-расм),

$B \Delta S = \Delta \Phi$ - шу юзадан ўтган ва ўтказгич кесган оқим. Демак, бунда $\Delta \Phi$ ни эюк индукцияланадиган контур билан туташган оқим Φ нинг ўзгариши сифатида қараш мумкин; шунга асосан индукцияланган эюк шу индукцияланиш контури билан туташган магнит оқимининг ўзгариш тезлигига тенг.

$$\mathbf{E} = - \left[\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right], \quad (33)$$



37расм. Ўнг қўл қоидаси

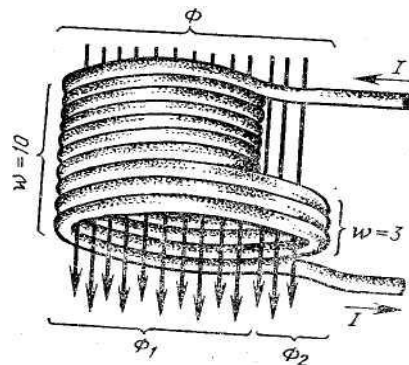


38- расм. Ўтказгичнинг ҳаракатланишида контур билан туташган оқимнинг ўзгариши

Агар магнит майдонда ҳаракатланаётган ўтказгич резистор r га туташтирилса, у ҳолда индукцияланган эюк контурда ток i ҳосил қилади. Бу ток индукцияланган магнит майдон билан ўзаро таъсирлашиб ўтказгичнинг ҳаракатланишига, яъни магнит оқимининг ўзгаришига – эюк пайдо бўлиш сабабига қарши таъсирэтадиган механик кучни вужудга келтиради; худди ана шунда Ленц принципи намоён бўлади.

3.9 Ғалтакда индукцияланадиган электр юритувчи куч ва оқим тутиниш

Элетромагнит индукция қонуни (33) формулада битта контурда индукцияланадиган эюк ни аниқлайди, лекин электр занжир битта оқимга илашган бир неча контурдан иборат бўлиши мумкин. Жумладан, оқим ўтадиган ғалтакда ўрамларнинг ҳар бирини контур дейиш мумкин. Бундан ташқари, оқим алоҳида ўрамлар билан турлича илашиши мумкин. 39-расмда ғалтакнинг учта ўрамига барча оқим Φ илашади, унинг ўнта ўрамига эса оқимнинг фақат бир қисми Φ_1 илашади.



39-расм. Ғалтакнинг икки қисмидаги турли оқим тутиниш

Агар вақт ўтиши билан оқим ўзгариши натижасида ёки ғалтакнинг оқимга нисбатан силжиши (маасалан, ғалтакнинг майдондан чиқиши) натижасида ғалтакда эюк индукцияланса, у ҳолда алоҳида ўрамлардаги эюк

$$e_k = -\frac{\Delta\Phi_n^*}{\Delta t}$$

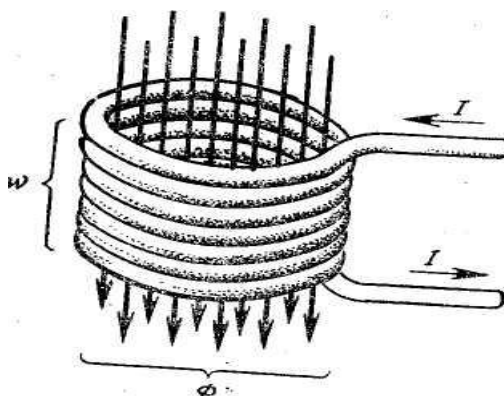
Бир-бирига қўшилади, чунки ўрамлар ўзаро кетма-кет уланган. Шундай қилиб, ғалтакда индукцияланган эюк қуйидагича бўлади:

$$e = \sum_{n=1}^w e = -\left(\frac{\Delta\Phi_1}{\Delta t} + \frac{\Delta\Phi_2}{\Delta t} + \dots + \frac{\Delta\Phi_w}{\Delta t}\right) = \frac{\Delta(\Phi_1 + \Phi_2 + \dots + \Phi_n)}{\Delta t}$$

Қавслардаги катталиқ ғалтакнинг алоҳида ўрамларидаги оқимларнинг йиғиндисидан иборат, у оқим *тутиниш* дейилади ва грекча ψ (пси) ҳарфи билан белгиланади.

$$\psi = \Phi_1 + \Phi_2 + \dots + \Phi_w = \sum_{n=1}^w \Phi_n$$

СИ да магнит оқими сингари оқим тутиниш ҳам веберларда ўлчанади.



40-расм. Ғалтакдаги тўлиқ оқимтутиниш.

Ғалтакда индукцияланган эюк оқим тутиниш орқали оддий формула билан ифодаланади:

$$e = \frac{\Delta\psi}{\Delta t}. \quad (34)$$

Индукцияланган эюкнинг бу формуласи электромагнит индукция қонунининг энг умумий ифодасидир – уни энг мураккаб ҳолатлар учун қўлласа бўлади.

Кўп ҳолларда эюк ни индукциялайдиган оқим Φ ғалтакнинг барча ўрамлари орқали ўтади (40-расм). Бу тўлиқ оқим тутиниш бўлиб, унда

$$\begin{aligned} \Phi_n &= \Phi; \psi = w\Phi; \\ e &= -w \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}. \end{aligned} \quad (35)$$

3. 10 Индуктивлик ва ўзиндукция ҳодисаси

Электр занжир элементининг *индуктивлиги* оқим тутинишнинг уни ҳосил қилган ток I га нисбатига тенг:

$$L = \psi / I. \quad (36)$$

Магнит оқим билан тутиниш уларни ҳосил қилган токка боғлиқ; энг оддий ҳолларда улар токка пропорционал. Ток доимо магнит майдонни вужудга келтиргани сабабли ҳар қандай электр занжирнинг ва унинг исталган элементининг индуктивлиги бўлиши керак. Фақат айрим ҳоллардагина индуктивлик таъсирини ҳисобга олмаслик мумкин.

СИ да индуктивлик бирлиги – генри Гн оқим тутиниш ва ток бирликлари орқали ифодаланиши мумкин:

$$Гн = \frac{В \cdot с}{А} = Ом \cdot с.$$

Бир ампер ток бир вебер оқим тутиниш ҳосил қиладиган занжирнинг индуктивлиги бир генри бўлади.

Занжирнинг оқим тутиниши унда ток ўзгариши билан ўзгаради, бинобарин, ток ўзгариши билан ўзида *ўзиндукция эюк* дейиладиган эюк индукцияланади:

$$e = -\frac{\Delta\psi}{\Delta t} = -\frac{\Delta(Li)}{\Delta t} = -L \frac{\Delta i}{\Delta t} \quad (37)$$

бунинг учун индуктивлик L ўзгармас бўлиши керак; бу ҳол ферромагнетиклар бўлмаганида ва занжир контурлари ўзгармаганида содир бўлади.

Ўзиндукция эюк ифодасига мувофиқ индуктивлик токнинг вақт бўйича ўзгариш тезлиги билан унда индукцияланадиган эюк орасида пропорционаллик коэффиценти ҳам ҳисобланади. Бир генри – ток бир секундада бир ампер ўзгарганида бир вольт ўзиндукция эюк индукцияланадиган занжирнинг индуктивлиги.

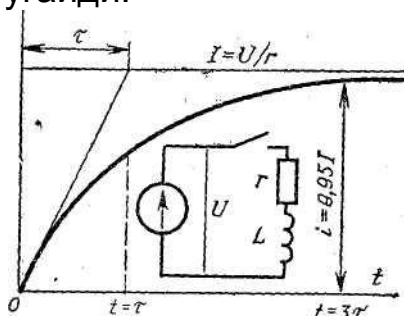
Ўзиндукция эюк занжирда токнинг ўзгаришига қарши таъсир қилади, буни эюк ифодасидаги минус ишора кўрсатади ва у Ленц принципига мувофиқ келади. Индуктивлик бор занжир доимий кучланиш U манбаига уланганда индуктивлик ўтиш процессигасабаб бўлади, бу процесс давомида (одатда занжир улангандан бир оз кейин) ундаги ток энергия манбаининг кучланиши U ва ўзиндукция эюк e нинг биргалиқдаги таъсири билан аниқланади, яъни $i = \frac{U+e}{r}$; шундай қилиб, энергия манбаининг кучланиши ўзиндукция эюк билан мувозанатлашади:

$$U = ir + e = ir + L \frac{\Delta i}{\Delta t}. \quad (38)$$

Демак қаршилик r индуктивлик L бор занжирда ўтиш процесси вақтидаги ток i билан барқарор ток $I = U/r$ ни фарқ қилишга тўғри келади.

Кўп қурилмаларда ўтиш процесси анча тез – секунднинг ўндан ёки юздан бир улушлари давомида тугайди. Токнинг бу кечикиши электромагнит инерция ҳодисаси туфайлидир, турли хил тез таъсир

этадиган электромагнит қурилмаларнинг ишлашини ҳисоблашда бунини эътиборга олиши керак. Индуктивлик L қанча катта бўлса, ўтиш процесси шунча узоқ давом этади, қаршилик r га нисбатан қанча катта бўлганда эса бу процесс шунча тез тугайди.



41-расм. Индуктивли занжир тутуштирилганда токнинг ортиб бориши эгри чизиғи

$L/r = \tau$ нисбат занжирнинг вақт доимийси дейилади. $t = 3\tau$ вақт ўтгандан кейин занжирдаги ток $i = 0,95I$ бўлади, яъни барқарор қийматига фақат 5% етишмайди (41-расм). Токнинг ортиб бориш эгри чизиғи алоҳида кўринишга – экспоненциал функция кўринишига эги бўлади.

Ток ўзгармас бўлганда ўзиндукция эюк ҳосил бўлмайди. Лекин занжир уланганда у яна пайдо бўлади ва нисбатан катта бўлиши мумкин, бу амалда анча муҳим аҳамиятга эга.

Ток Δi га ўзгарадиган вақт оралиғи Δt қанча кам бўлса ўзиндукция эюк шунча катта бўлади, яъни ток қанча тез ўзгарса у шунча катта бўлади. Шу сабабли индуктивли занжирдаги токни виключатель контактларини ажратиш йўли билан бир онда узиб бўлмайди. Бундай узишда ўзиндукция эюк виключателнинг ажралаётган контактлари орасидаги ҳаво бўшлиғини тешиб ўтади ва электр ёйи ҳосил бўлишига сабаб бўлади. Виключатель контактлари ажралган бўлишига қарамай, ток занжири маълум вақт ёй орқали уланганича қолади, ток эса аста-секин (сакрашларсиз), лекин одатда жуда тез камаяди; ниҳоят ёй узилади, занжир очилади ва ундаги ток йўқолади. Бу ёй ажралаётган контактларни қаттиқ қиздириб юбориши, уларни куйдириши ва емириши мумкин. Унинг сўнишини тезлаштириш учун узиш аппаратларида махсус қурилмалар назарда тутилади; улардан баъзилари ёйни чўзади (ҳаво ёйи минерал мой оқими, магнит майдон ва ҳоказо), бошқалари эса контактларнинг ажралашини тезлаштиради (пружиналар, юклар ва бошқалар). Ўзгарувчан ток ноль қиймат орқали ўтишида узилганлиги сабабли бундай токни узиш осон. Ўзгармас токни, айниқса юқори кучланишли токни узиш шароитлари анча қийин.

Қурилманинг магнит оқимини ҳисоблаш осон бўлган ҳолларда индуктивликни ҳам ҳисоблаш осон бўлади; бу ҳисоблашга $L = \psi / I$ нисбат асос нисбат қилиб олинади. Магнит занжири учун Ом қонунига мувофиқ $\Phi = Iw / R_m$, бу ерда R_m – занжирнинг эквивалент магнит қаршилиги, у магнит занжир алоҳида қисмларининг магнит қаршиликлари йиғиндисига

тенг.

Бу нисбатлар асосида индуктивлик

$$L = w^2 / R_m \quad (39)$$

оддий ҳолда бир жинсли занжир учун $R_m = l / \mu_a S$ ва, бинобарин,

$$L = \frac{\mu_a S w^2}{l}$$

Бунда l - ўрта магнит чизигининг узунлиги; S - кесим юзаси; $\mu_a = \mu_0 \mu_r$ - магнит оқими туташадиган муҳитнинг абсолют магнит сингдирувчанлиги. Ферромагнетикларда μ_r катта ва ўзгарувчан бўлганлиги сабабли ферромагнитли магнит ўтказгичлари бор электротехник қурилмаларнинг индуктивлиги ўзгарувчан (токка боғлиқ) бўлади.

3. 11. Магнит майдон энергияси

Магнит майдонида муҳит алоҳида ҳолатда бўлади. Бу ҳолатни яратиш, магнит майдон ҳосил қилиш учун тегишлича энергия сарфлаш зарур. Магнит майдон йўқолганида бу энергия йўқолмайди – у ўзиндукция эюк таъсирида яна занжирга қайтади. Ўзиндукция эюк пайдо бўлишининг энергетик сабаби магнит майдон ҳосил бўлиши ёки унинг йўқолишидир.

Магнит майдон энергиясини миқдор жиҳатидан қуйидаги мулоҳазалар асосида электр занжир параметрлари орқали ифодалаш мумкин. Майдон ҳосил бўлишидаги кучланиш тенгламаси $U = ir + L \frac{\Delta i}{\Delta t}$ ни $i \Delta t$ га кўпайтириб, уни занжирнинг энергетик тенгламасига осон айлантиса бўлади:

$$U i \Delta t = i^2 r \Delta t + L i \Delta i.$$

Шу ифодага мувофиқ Δt вақт орасида занжирга бериладиган энергия $U i \Delta t$ қисман иссиқликка айланади – бу тенглама ўнг қисмининг биринчи ифодаси, энергиянинг қолган қисми эса магнит майдон ҳосил қилишга сарфланади $L i \Delta i = \psi \Delta i = \Delta W_{маг}$.

Оқим тутиниш ψ ток i га тўғри пропорционал (агар магнит майдонда ферромагнетиклар бўлмаса). ψ нинг i га бундай чизиқли боғланиши график тарзда координаталар боши орқали ўтадиган тўғри чизиқ билан ифодаланади. Бу тўғри чизиқ абсциссалар ўқи билан маълум бурчак α ҳосил қилади, у оқим тутиниш билан токнинг барқарор қийматлари нисбатидан аниқланади:

$$\psi / I = k t g \alpha,$$

Бунда k - ясаш масштаби.

Ток Δi га кўпайганда энергиянинг ортиши $\Delta W_{маг} = \psi \Delta i$ ушбу графикда асоси Δi ва ўртача баландлиги ψ бўлган трапециянинг юзи орқали тасвирланади. Ток охириги барқарор қийматига $I = U / r$ етгач, магнит

майдонда барча юзаларнинг йиғиндиси билан тасвирланадиган энергия тўпланади; демак, I токда занжирнинг магнит майдонида йиғилган энергия яшаш масштабида ψ катетлари ва I бўлган тўғри бурчакли учбурчакнинг юзи билан аниқланади, яъни

$$W_m = \frac{\psi I}{2}$$

$\psi = LI$ бўлгани учун

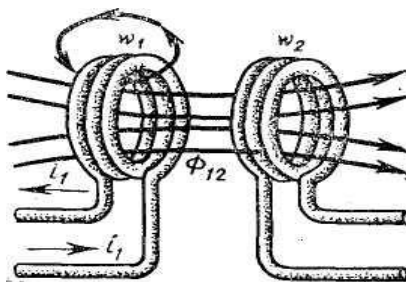
$$W_m = \frac{LI^2}{2} = \frac{\psi I}{2}.$$

Бу энергия жоул ҳисобида ўлчанади. Майдоннинг ҳажм бирлигида тўпланадиган ва магнит майдоннинг нисбий энергияси дейиладиган энергия $w_m = W_m / V$ бўлади, бунда V - майдон эгаллаган ҳажм. Агар магнитўтказгичда текис майдон вужудга келган бўлса, у ҳолда $\psi = w\Phi = wSB$, ток эса $I = Hl / w$, демак

$$w_m = \frac{BH}{2} = \frac{B^2}{2\mu_a} \quad (41)$$

3.12. Ўзаро индукция

Битта занжирнинг электр токи ҳосил қилган магнит майдон бошқа электр занжирнинг контурига кириб, ўзаро индукция оқим тутиниш ҳосил қилиши мумкин. Бундай шароитларда биринчи занжирнинг токи ўзгариши билан иккинчи занжир контурининг оқим тутиниши ўзгаради ва ўзаро индукция эюк ҳосил бўлади.



42-расм. Ток ўтадиган икки ғалтақдан иборат система.

Ўзаро индукциянинг энг оддий ҳоли сифатида бир-бирига жуда яқин жойлашган иккита ғалтакни кўриб чиқамиз (42-расм); улар жуда яқин жойлашганлигидан битта ғалтакнинг магнит оқим нинг анчагина қисми иккинчи ғалтакнинг ўрамлари w_2 га илашади. Оқимнинг шу қисмини Φ_{12} билан белгилаймиз. У иккинчи ғалтақда оқим тутиниш ψ_{12} ни ҳосил қилади. Агар ток иккинчи ғалтақда ҳосил қилинса, у ҳосил қилган оқим Φ_{21} нинг бир қисми биринчи ғалтақка илашиб, унда оқим тутиниш ψ_{21} ҳосил қилади. Иккала ҳолда ўзаро индукция оқим тутиниш уларни ҳосил қилган токларга пропорционал бўлади. Тегишли пропорционаллик коэффициентлари занжирларнинг ўзаро индуктивлиги дейилади ва M

билан белгиланади. Шундай қилиб,

$$\psi_{12} = M_{12}i_1, \psi_{21} = M_{21}i_2$$

Ўзаро индукциянинг магнит оқимлари Φ_{12} ва Φ_{21} иккала ғалтакка илашиб, битта йўлда ёпилади. Иккала оқим йўлидаги магнит қаршилиқ бир хил бўлади. Бу оқимларга магнит занжир учун Ом қонунини татбиқ этсак, қуйидагини оламиз:

$$\Phi_{12} = \frac{i_1 w_1}{R_m}, \Phi_{21} = \frac{i_2 w_2}{R_m}.$$

Шу асосда ўзаро индуктивликнинг иккала ифодасини қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$M_{12} = \frac{\psi_{12}}{i_1} = \frac{w_2 \Phi_{12}}{i_1} = \frac{w_2}{i_1} \cdot \frac{i_1 w_1}{R_m} = \frac{w_1 w_2}{R_m}$$

$$M_{21} = \frac{\psi_{21}}{i_2} = \frac{w_1 \Phi_{21}}{i_2} = \frac{w_1}{i_2} \cdot \frac{i_2 w_2}{R_m} = \frac{w_1 w_2}{R_m}$$

бундан

$$M_{12} = M_{21} = \frac{w_1 w_2}{R_m} = M. \quad (42)$$

Ўзаро индуктивлик M ҳам индуктивлик L сингари бирликларда – генрида ўлчанади. Иккита занжирнинг биттасидаги ток иккинчи занжирда бир веберга тенг оқим тутиниш (1 В.с) ҳосил қилса, бундай занжирларнинг ўзаро индуктивлиги бир генри бўлади.

Электромагнит индукция қонунига мувофиқ кўриб чиқиладиган системада биринчи ғалтакдаги ток нинг ўзгариши иккинчи ғалтакда эюк ни индукциялайди:

$$e_{12} = \frac{\Delta \psi_{12}}{\Delta t} = -M \frac{\Delta i_1}{\Delta t},$$

Иккинчи ғалтакдаги ток нинг ўзгариши эса биринчи ғалтакда эюк ни индукциялайди:

$$e_{21} = -\frac{\Delta \psi_{21}}{\Delta t} = -M \frac{\Delta i_2}{\Delta t},$$

Шундай қилиб, ўзаро индуктивлик M битта занжирдаги токнинг ўзгариши билан иккинчи занжирда шу ўзгаришлар индукциялайдиган эюк орасидаги пропорционаллик коэффиценти ҳисобланади.

Ўзаро индукция ҳодисасида электротехник қурилмаларида, жумладан трансформаторлар яшашда кенг қўлланилади. Трансформаторларда магнит оқимини кучайтириш учун w_1 ва w_2 ғалтаклар – трансформаторнинг бирламчи ва иккиламчи чўлғамлари умумий магнитўтказгичга кийдирилган бўлади. Бунда ўзаро индукция ва эюк кўпаяди, натижада трансформатор узатиб бериши мумкин бўлган электр қувват ортади.

3.13. Уюрма тоқлар

Ток ўтказадиган муҳитда (одатда металлда) магнит майдон ўзгарганида электромагнит индукция натижасида пайдо бўладиган электр тоқларга *уярма тоқлар* (Фуко тоқлари) дейилади. Улар магнит чизиқларни қамраб оладиган уярмалар ҳосил қилиб, муҳитнинг ўзида туташади.

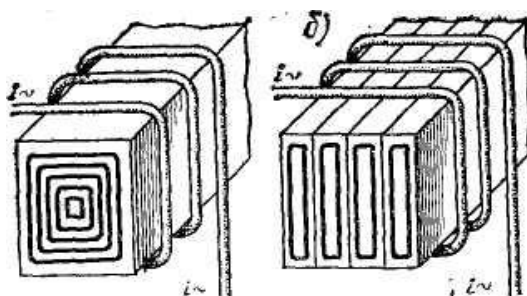
Мисол тариқасида 43-расм, а да ўзгарувчан тоқли ғалтакка жойлаштирилган яхлит ўзақда индукцияланадиган уярма тоқлар кўрсатилган. Ўзгарувчан магнит майдон тоқларни индукциялайди, бу тоқлар майдон йўналишига перпендикуляр текисликларда жойлашган йўллар бўйича туташади. Бу тоқдан анчагина энергия исроф бўлади, бу магнитўтказгичнинг қизишига сабаб бўлади. Ленц принципига асосан уярма тоқларнинг магнит майдони уларни индукциялайдиган майдонга нисбатан магнитсизловчи ҳисобланади ва магнитўтказгич кесими бўйлаб оқимнинг нотекис тақсимланишини келтириб чиқаради, чунки уярма тоқлар магнитўтказгичнинг марказий қисмига энг кўп магнитсизловчи таъсир кўрсатади. Оқимнинг бундай нотекис тақсимланиши *магнит юза эффекти* дейилади.

Уярма тоқларнинг зарарли таъсирини камайтириш учун уярма тоқлар контурларининг юзаси камайтирилади ва улар йўлидаги электр қаршилиқ оширилади. Ўзгарувчан тоқда ишлайдиган барча аппаратларнинг ва электр машиналарининг магнитўтказгичлари электротехник пўлат листдан штамплаб тайёрланган, бир-биридан лак суртиб ёки сиртига тоқ ўтказмайдиган плёнка қоплаб изоляцияланган пластинкалар йиғилади. Пластинкалар юзаси магнит оқим йўналишига параллел бўлиши керак. Магнитўтказгич бундай қатламларга ажратилганда уярма тоқлар анча сусаяди, чунки уярма тоқларнинг контурлари илашадиган магнит оқимлар камаяди (43-расм,б), бинобарин, шу оқимлар индукциялайдиган эюк камаяди.

Ферромагнетикларнинг электр қаршилигини ошириш учун электротехник пўлат 1-4 % кремний қўшиб тайёрланади.

Ток ўтказувчи муҳит билан майдон бир-бирига нисбатан силжиганда доимий магнит майдон ҳам уярма тоқларни индукциялаши мумкин; бундан прибор ва аппаратларнинг ҳаракатланувчи қисмларининг тебранишларини сўндиришда, шунингдек, электромагнит тормозларда кенг фойдаланилади.

Уярма тоқлар металлларни суюқлантириш ва тоблашда (индукцион қиздириш), суюқланган металлни аралаштиришда ва насосларда ҳайдашда муваффақиятли қўлланилади.



43-расм. Уярма тоқлар: а-яхлит ўзақда, б-пластинкали ўзақда.

Қисқача хулосалар

Боб электромагнетизм ва электромагнит индукция қонунларига бағишланган бўлиб, бу ерда электр токининг магнит майдони, магнит катталиқ бирликлари, турли хил магнит хоссали материаллар, магнит занжири учун Ом қонуни ва уни ҳисоблаш, электромагнит индукция ва Жоуль-Ленц қонуни, индуктивлик ва ўзиндукция ҳодисаси батафсил ўрганилган. Ҳар бир электромагнит тизим ҳодисасини ўрганиш учун тегишли тажриба схемалари келтирилган ва тажрибани амалга ошириш йўллари кўрсатиб берилган.

Назорат учун саволлар

1. Электр токи магнит майдони кучланганлигининг йўналиши қандай аниқланади?
2. Магнитюмшоқ ва магнитқаттиқ материалларнинг магнит хоссаларида қандай фарқ бор?
3. Гистерезис цикли деганда нима тушунилади?
4. Магнит майдонидаги тоқли ўтказгичга таъсир қиладиган кучнинг йўналиши қандай аниқланади?
5. Магнит майдон кучланганлиги нимадан иборат?
6. Тўғри чизиқли тоқли ўтказгич майдонида магнит чизиқлари қандай жойлашади?
7. Ферромагнитмас жисмларда магнит индукцияси кучланганликка қандай боғлиқ?
8. Ферромагнетикларда магнит индукциясининг магнит майдон кучланганлигига боғлиқлиги қандай ифодаланади?
9. Тўла ток қонуни қандай боғлиқликни ифодалайди?
10. Магнит оқимининг магнит юритувчи кучга боғлиқлиги қандай қонун билан аниқланади?
- П. Магнит доимийси деганда нимани тушунилади?
12. Электр мапшна ва аппаратларда ферромагнит ўзақлар қандай мақсад учун хизмат қиладди?

13.Магнитқаттик; ферромагнетиклар қандай электротехник қурилмалар учун ишлатилади?

14.Ўтказгич магнит майдонда ҳаракатланганда унда ҳосил бўладиган эюк нимага боғлиқ?

15.Ўтказгич магнит майдонида ҳаракатланганда ҳосил бўладиган токнинг йўналишини қандай аниқлаш мумкин?

16.Ленц қонуни (қоидаси) нимадан иборат?

17.Индукцияланган эюк қандай икки асосий ифода билан аниқланади?

18.Индуктивлик нима ва у қандай бирликларда ўлчанади?

19.Ўзгармас ток занжирларида ўзиндукция ток қандай шароитларда пайдо бўлади?

20.Уюрма тоқлар электр занжирлардагитоклардан нима билан фарқ қилади?

21.Ўзаро индукция эюк қандай шароитларда вужудга келади?

Фойдаланилган адабиётлар:

13. Гальперин М. В. Электронная техника: Учебник. - 2-е изд. Испр. И доп. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. - 352 с.
14. Каганов В. И. Радиотехнические цепи и сигналы. Компьютеризированный курс: Учебное пособие. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. - 432 с.
15. Лоторейчук Е. А. Расчет электрических и магнитных цепей и полей. Решение задач: Учебное пособие. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. - 272 с.
16. Пирогова Е.В. Проектирование и технология печатных плат. Учебник. – М.: ФОРУМ; ИНФРА – М, 2005. – 560 с.
17. Электрорадиоизмерения: Учебник. / Нефедов В. И., Сигов А. С., Битюков В. К. и др. / Под ред. профессора Сигова А. С. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. - 384 с.
18. Касаткин А.С. Электротехника асослари. Укув кулланма. Тошкент, «Укитувчи», 1989. – 254 б.

4- боб. ЎЗГАРУВЧАН ТОК ЗАНЖИРЛАРИ

- 4.1 АСОСИЙ ТАЪРИФЛАР
- 4.2 СИНУСОИДАЛ ТОК
- 4.3 ЎЗГАРУВЧАН ТОК МАНБАЛАРИ
- 4.4 ЎЗГАРУВЧАН ТОК БИЛАН КУЧЛАНИШНИНГ ТАЪСИР ЭТУВЧИ ҚИЙМАТЛАРИ
- 4.5 ЎЗГАРУВЧАН ТОК ВА КУЧЛАНИШЛАРНИНГ ВЕКТОР ИФОДАЛАРИ
- 4.6 ЭНГ ОДДИЙ ЎЗГАРУВЧАН ТОК ЗАНЖИРЛАРИ
- 4.7 ЎЗГАРУВЧАН ТОК ИСТЕЪМОЛЧИЛАРИНИ КЕТМА-КЕТ УЛАШ
- 4.8 ОНИЙ ВА АКТИВ ҚУВВАТЛАР
- 4.9 СИРТТИЙ ЭФФЕКТ
- 4.10. КУЧЛАНИШЛАР РЕЗОНАНСИ
- 4.11 ЎЗГАРУВЧАН ЗАНЖИРЛАРИНИНГ ЎТКАЗУВЧАНЛИКЛАРИ
- 4.12 ЎЗГАРУВЧАН ТОК ИСТЕЪМОЛЧИЛАРИНИ ПАРАЛЛЕЛ УЛАШ
- 4.13 АКТИВ, РЕАКТИВ ВА ТЎЛИҚ ҚУВВАТЛАР
- 4.14 ТОКЛАР РЕЗОНАНСИ ВА ҚУВВАТ КОЭФФИЦИЕНТИНИ ОШИРИШ
- 4.15 ЎЗГАРУВЧАН ТОК ЗАНЖИРЛАРИНИ АНАЛИЗ ҚИЛИШНИНГ КОМПЛЕКС УСУЛИ
- 4.16 ДАВРИЙ НОСИНУСОИДАЛ ТОКЛАР

4.1 АСОСИЙ ТАЪРИФЛАР

Ўз йўналиши ва катталигини даврий равишда ўзгартириб турадиган ток (ёки кучланиш) *ўзгарувчан* дейилади, бунда давр орасида унинг ўртача қиймати нолга тенг бўлиш мумкин (44- расм). Давр дейиладиган муайян вақт оралиғи T дан кейин токнинг ўзгариши такрорланади. Давр давомийлиги секундда ўлчанади.

Бир секунддаги даврлар сони частота дейилади. Демак, частота $f = 1/T$. У герцда (Гц) ўлчанади, яъни ўзгарувчан токнинг даври бир секундга тенг бўлса, унинг частотаси бир герц бўлади. Электротехник қурилмалар кучланишининг частотаси стандартлаштирилган. Бу шунинг учун зарурки, ўзгарувчан ток электр машина ва аппаратлари фақат улар ҳисобланган бир хил муайян частотада нормал ишлайди. Кўп мамлакатларда кўп саноат қурилмаларининг частотаси 50 Гц, АҚШ да —60 Гц*.

Саноатда махсус мақсадлар учун турли хил частотали; тезюарар двигателларда 400 — 2000 Гц, электр печларда 500 Гц — 50 МГц ва ҳоказо частотали ўзгарувчан тоқлардан кенг фойдаланилади. Радиотехникада, телевидениеда ($3 \cdot 10^{10}$ Гц гача) ва саноат электроникасининг кўп қурилмаларида нисбатан кичик миқдордаги энергияни электромагнит тўлқинлар воситасида симсиз узатиш учун юқори частотали ўзгарувчан тоқлар зарур. Юқори частотали қурилмалар

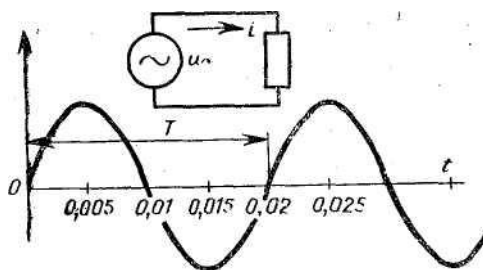
учун частота ўрнига тўлқин узунлиги тушунчасидан частотага тескари пропорционал катталиқдан кенг фойдаланилади. Ўзгарувчан токнинг даврий равишда тебранишлари электромагнит майдон ҳосил қилади, бу майдон фазода электромагнит тўлқинлар ҳолида охириги v тезлик билан тарқалади. Тўлқин тебраниши бир хил фазада, яъни қиймати ва йўналиши бир хил бўладиган энг яқин икки нуқта орасидаги масофа *тўлқин узунлиги* дейилади (45-расм). Демак, тўлқин узунлиги λ ни бир давр мобайнида тўлқин босиб ўтадиган масофа сифатида аниқлаш мумкин:

$$\lambda = vT = v / f.$$

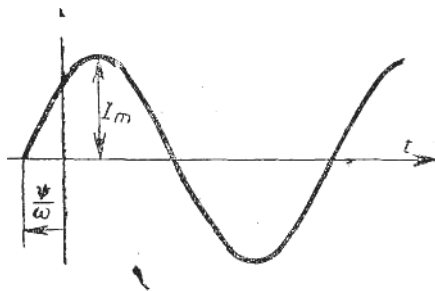
Ўзгарувчан токнинг тўлқин узунлигини аниқлашда тезлик v ни вакуумдаги ёруғлик тезлигига тенг 300 000 км/с деб ҳисоблаш керак, бинобарин $\lambda = 300\,000\,000 / f$ м.

50 Гц частотада тўлқин узунлиги 6000 км, лекин $3 \cdot 10^{10}$ Гц частотада у 1 смга тенг бўлади.

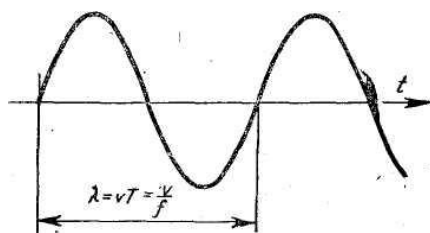
Электроэнергетикада ва саноатда ўзгарувчан ток кўпроқ ишлатилишининг сабаби асосан шундаки, трансформаторлар ўзгарувчан токда ишлайди, ўзгарувчан ток двигателлари эса ўзгармас ток двигателларига нисбатан содда, пишиқ ва арзон. Бунда электр энергиясини трансформациялаш, яъни катта қийматли ва паст кучланишли токни кичик қийматли ва юқори кучланишли токка айлантириш ҳамда шунга тескари ўзгартириш имконияти айниқса муҳим.



44- расм. Ўзгарувчан токнинг даврий ўзгариш эгри чизиғи



45- расм. Тўлқин узунлигини аниқлаш диаграммаси



46- расм. Синусоидал ўзгарувчан токнинг тўлқин диаграммаси

4.2 СИНУСОИДАЛ ТОК

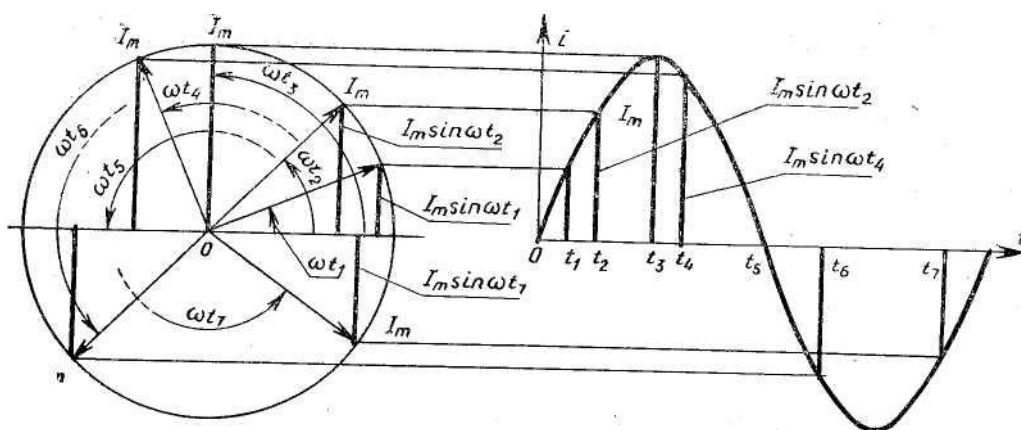
Ўзгарувчан ток зарядларнинг даврий ўзгариб турадиган ҳаракатидан иборат, математик нуқтаи назардан эса бирор катталиқнинг вақтга энг оддий даврий боғлиқлиги синусоидал боғлиқлик ҳисобланади. Синусоидал ўзгарувчан токнинг оний қиймати ушбу формула билан ифодаланади:

$$i = I_m \sin(\omega t + \psi_1)$$

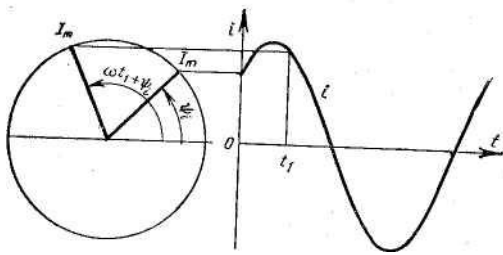
бунда I_m — синусоидал токнинг максимал қиймати амплитудаси; $\omega = 2\pi/T = 2\pi f$ — ўзгарувчан токнинг бурчак частотаси; ψ_1 — ўзгарувчан токнинг бошланғич фазаси.

Ўзгарувчан синусоидал токнинг вақт бўйича олинган тўлқин диаграммасининг график тасвири 46- расмда кўрсатилган.

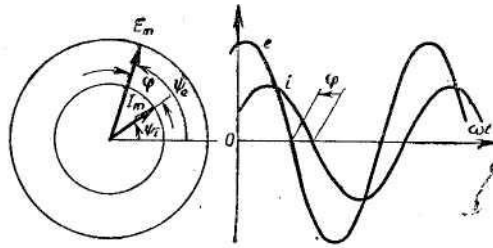
Синусоидал эгри чизикни яшаш (47-расм) тартибини эслатиб ўтиш зарур. Маълум масштабда I_m — кесма синусоидал токнинг амплитудасига тенг. Уни синусоидал токни характерловчи вектор билан шартли равишда тасвирлаш мумкин.



47- расм. Синусоидал эгри чизикни яшаш



48- расм. Синусоидал тебрианишнинг бошланғич фазаси



49- расм. Эюк билан ток орасида фазалар силжиши бўлганда векторларнинг ва эюк ҳамда ток оний қийматлари эгри чизиқларининг ҳолати

Бу ток вектори дастлаб горизонтал ўқ бўйлаб жойлашган бўлсин — бу унинг $t=0$ даги, яъни вақтни ҳисоблашни бошлаш momentiдаги бошланғич ҳолати. Вектор I_m соат стрелкаси айланишига тескари йўналишда ўзгармас бурчак тезлик ω билан айланади. Бир давр T вақт ичида у 2π рад га бурилади. Демак, унинг бурчак тезлиги: $\omega = 2\pi/T = 2\pi f$.

Ҳисоблашни бошлаш momentiдан t_1 вақт оралиғида вектор $I_m \omega t_1$ бурчакка бурилади. Вектор I_m учидан горизонтал ўққа туширилган перпендикулярнинг узунлиги бунда $I_m \sin \omega t_1$ бўлади.

Ҳисоблашни бошлаш momentiдан t_2 вақт ўтгач, шу усул билан олинган перпендикулярнинг узунлиги $I_m \sin \omega t_2$ бўлади. Нихоят, $t_3 = T/4$ вақт ичида, яъни даврнинг тўртдан бири ўтгач, вектор I_m горизонтал ўққа перпендикуляр бўлиб қолади ва перпендикулярнинг узунлиги $I_m \sin \pi/4 = I_m$ бўлади. Ана шундай ҳисоблашлар асосида поляр диаграммада тўғри бурчакли координаталар системасида синусоидал эгри чизиқ ясалди. Абсциссалар ўқида вақт оралиқлари $t_1, t_2, t_3 \dots$, ординаталар ўқида эса $I_m \sin \omega t_1 \dots$ кесмалар қўйилади.

Синусоидал эгри чизиқни ясашни давом эттириш учун вектор I_m ни ёй ωt_4 га мос келадиган ҳолатга буриш керак. Бундай ҳолатда перпендикулярнинг узунлиги камаяди ($I_m \sin \omega t_4 < I_m$), бу ҳол синусоидал катталиқнинг вақтга боғлиқлик эгри чизиғида акс этади. $t_5 = T/2$ моментда вектор I_m горизонтал ҳолатни эгаллайди, энди $I_m \sin \omega t_5 = I_m \sin \pi = 0$ — синусоидал катталиқ нолинчи қиймат орқали ўтади — эгри чизиқ абсциссалар ўқини кесиб ўтади.

Сўнгра вектор айланиб, горизонтал ўқдан пастга тушади (t_6 ва t_7 моментлар), перпендикуляр $I_m \sin \omega t_6$ эса манфий катталиқ бўлади ва синусоидал эгри чизиқнинг тармоғи абсциссалар ўқидан пастда бўлади.

$t = T$ вақт ичида вектор I_m тўлиқ 2π га айланади — синусоидал катталиқнинг даври тугайди. Кейинги даврда унинг барча ўзгаришлари такрорланиши лозим. Синусоидал ток оний қийматининг ўзгаришларини акс

этирадиган синусоидал эгри чизик ана шундай ясалади. Умумий ҳолда вақтни ҳисоблашнинг бошланғич моменти синусоидал катталиқнинг ноль орқали ўтиши билан мос тушмайди ва шу муносабат билан графикда (48-расм) вектор I_m бошланғич моментда горизонтал ўқ билан маълум бурчак ҳосил қилади; бунда вақтни ҳисоблашни бошлаш momentiда синусоидал катталиқнинг қиймати $I_m \sin \psi_i$ бўлади. Бурчак ψ бошланғич фаза бурчаги ёки бошланғич фаза дейилади. Синусоидал эгри чизик бошланғич моментда тегишли мусбат ординатали бўлади, кейинчалик I_m учидан туширилган перпендикулярнинг узунлиги ва синусоидал эгри чизикнинг тегишли ординаталари $I_m \sin(\omega t + \psi_i)$ бўлади.

Синусоидал ток $i = I_m \sin(\omega t + \psi_i)$ ни электр энергияси манбаларининг синусоидал эюк $e = E_m \sin(\omega t + \psi_e)$ ҳосил қилиши керак, бунда — e — эюкнинг оний қиймати; E_m — эюкнинг амплитуда қиймати; ψ_e — унинг ихтиёрий бошланғич фазаси.

Агар битта занжирнинг ўзида эюк e билан ток i нолинчи ёки амплитуда қийматдан турли вақтда ўтса, у ҳолда улар фаза жиҳатдан бир-бирига нисбатан силжиган бўлади ва фазаларнинг бу силжиши уларнинг бошланғич фазалари айирмасига тенг бўлади: $\phi = \psi_e - \psi_i$.

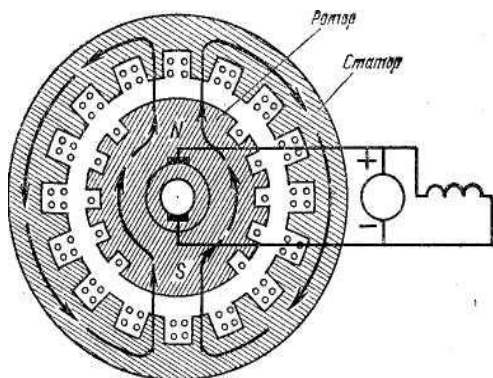
Тегишлича векторларни ва оний қийматлар эгри чизикларини яшаш 49-расмда кўрсатилган — эюк фаза жиҳатдан токдан ϕ бурчак олдинда бўлади. E_m ва I_m векторлар ϕ бурчак ҳосил қилади, улар айланганда бу бурчак ўзгармайди.

Агар синусоидал катталиқлардан бири синусоида бўйича ўзгарса, масалан $i = I_m \sin \omega t$, иккинчиси эса — косинусоида бўйича ўзгарса $e = E_m \cos \omega t$, улар орасидаги фазалар силжиши қуйидагича бўлади: $\phi = \pi/2$ (бунга даврнинг чораги мос келади), чунки $\cos \omega t = \sin(\omega t + \pi/2)$.

4.3 ЎЗГАРУВЧАН ТОК МАНБАЛАРИ

Бирор бирламчи двигатель (буғ ёки гидравлик турбиналар ва ҳоказо) билан айлантирадиган электромашина ўзгарувчан ток манбалари бўлиб хизмат қилади. Юқори частотали ўзгарувчан тоқлар ҳосил қилиш учун кўпинча ярим ўтказгичли асбоблари бор электрон генераторлар ишлатилади.

Ўзгарувчан ток электромашина генераторининг тузилиши 50- расмда кўрсатилган. У кўзгалмас қисм статор (лат. stator — бир жойда турадиган сўзидан) билан айланувчан қисм — ротордан (лат. rotor — айланувчан) таркиб топган. Статор ичи ҳавол цилиндр шаклида бўлиб, унинг ўзаги бир-биридан лок билан изоляцияланган юпқа 0,35 — 0,5 мм электротехник пўлат листлардан йиғилган. Статор цилиндрининг ички юзаси бўйлаб қилинган пазларда (каналсимон ариқчаларда) бир-бири билан муайян тарзда туташтирилган статор чулғамининг ўтказгичлари жойлашади.



50- расм. Ўзгарувчан ток генераторининг тузилиши

Роторда электромагнитлар жойлашган. Уларнинг чулғами генераторнинг уйғотиш чулғами дейилади ва ўзгармас ток манбаи уйғотувчи билан халқа ва чўткалар орқали бириктирилади. Ротор токи ҳосил қилган доимий магнит майдон роторнинг корпуси, статор билан ротор орасидаги иккита ҳаво завори ва статор ўзаги орқали ўтади. Ротор айланганда бу оқим статор ўтказгичларини кесиб ўтади ва уларда эюк ҳосил қилади; ҳаво заворларида магнит оқими бу ўтказгичларга перпендикуляр йўналганлиги сабабли ўтказгичларнинг ҳар бирида ҳосил қилинган эюк $e = Blv$ бўлади, бунда B — завордаги магнит индукция; l — симнинг актив узунлиги; v — магнит оқимининг симга нисбаган силжиш тезлиги.

Генератор ишлаганда тезлик v ўзгармаслигича сақланади, шу сабабли эюк нинг вақт бўйича ўзгаришига фақат магнит индукциянинг ротор айланаси бўйлаб ўзгариши сабаб бўлади. Генераторлар шундай тузиладики, магнит индукциянинг ротор айланаси бўйлаб тақсимланиши синусоидга яқин бўлади, шунинг учун уларнинг чулғамида синусоидал эюк индукцияланади.

Икки қутбли генераторда (50-расмга қаранг) роторнинг битта айланишига статор эюк нинг битта даври тўғри келади. Генератор минутига n марта айланади. Демак, минутга эюк нинг n даври мувофиқ келади, статор чулғамида индукцияланган эюк частотаси эса $f = n/60$ бўлади.

Агар роторда p жуфт қутблар бўлса, у ҳолда унинг бир марта айланишида эюк ўзгаришининг pn тўлиқ даври содир бўлади ва эюк нинг частотаси

$$f = pn/60. \quad (43)$$

Шу формуладан 50 Гц частота олиш учун икки қутбли ($p=1$) генераторларнинг айланиш частотаси 3000 айл/мин бўлиши лозимлигини (иссиқлик электростанциялардаги кўп генераторларнинг айланиш частотаси) осон ҳисоблаб топиш мумкин. Лекин кўп қутбли генератор худди шу частотани ҳосил қилиш учун анча секин айланиши мумкин: масалан, $p=40$ да минутига айланишлар сони 75 га қадар камаяди. Гидравлик турбиналар билан айлантириладиган кўп генераторлар ана шундай кичик айланиш частоталарида ишлайди.

4.4 ЎЗГАРУВЧАН ТОК БИЛАН КУЧЛАНИШНИНГ ТАЪСИР ЭТУВЧИ ҚИЙМАТЛАРИ

Ўзгарувчан токни ўлчашларда унинг *таъсир этувчи қиймати* I асосий катталиқ ҳисобланади—бу ўзгарувчан токнинг давр мобайнидаги ўртача квадратик қийматидир:

$$I = \sqrt{\overline{I^2}}$$

Ўзгарувчан токнинг таъсир этувчи қиймати бош тавсиф сифатида танланишига асосий сабаб, электр токининг таъсири кўпчилик ҳолларда ток ёки кучланишнинг квадратига пропорционаллигидир, масалан, тўғри ва тескари токли симларнинг иссиқлик таъсири, механик ўзаро таъсирлашуви, иккита зарядланган пластинкаларнинг ўзаро таъсири ва ҳоказо.

Жумладан, ўзгарувчан токнинг *таъсир этувчи қиймати* I ўзгарувчан токнинг ўртача иссиқлик таъсирини (иссиқлик ажралиб чиқишини) ўзгармас токнинг иссиқлик таъсири билан таққослаш орқали аниқланади. Масалан, ўзгарувчан ток даврий равишда ўзгариб, бирор резисторни 5 А ўзгармас ток қиздиргани каби қиздиради. Демак, $I = 5\text{ А}$.

Синусоидал токда $i = I_m \sin \omega t$, $i^2 = I_m^2 \sin^2 \omega t$, лекин $\sin^2 \omega t = \frac{1 - \cos 2\omega t}{2}$

бўлгани учун

$$i^2 = \frac{I_m^2 \overline{1 - \cos 2\omega t}}{2} = \frac{I_m^2}{2} = \frac{I_m^2}{2} \cos 2\omega t.$$

Давр ичида $\cos 2\omega t$ дан ўртача қиймат нолга тенг, демак, синусоидал токнинг давр ичидаги ўртача қийматининг квадрати $(i_{\text{ўр}})^2 = I_m^2/2$, лекин $I = \sqrt{\overline{I^2}}$ бўлгани учун

$$I = I_m / \sqrt{2}$$

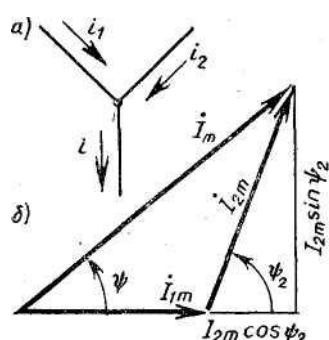
Ўша принципнинг ўзига асослансак, ўзгарувчан синусоидал кучланишнинг таъсир этувчи қиймати қуйидагича бўлади:

$$U = U_m / \sqrt{2} .$$

Кўп системаларнинг квадратик айлантирувчи моментли, ўзгармас ток учун даражаланган ва ўзгарувчан ток занжирига уланган электр ўлчаш асбоблари ўзгарувчан токнинг ёки кучланишнинг таъсир этувчи қийматини кўрсатади. Бундай асбобларга иссиқлик, электродинамик, электростатик ва ҳоказо асбоблар кирилади.

4.5 ЎЗГАРУВЧАН ТОК ВА КУЧЛАНИШЛАРНИНГ ВЕКТОР ИФОДАЛАРИ

Ўзгарувчан катталикларнинг вақт ўтиши билан ўзгариши тўғри бурчакли координаталар системасида муваққат диаграммалар билан ифодаланади; синусоидал катталиклар учун бундай диаграммалар айланувчи векторларнинг поляр диаграммалари асосида тузилади. Лекин кўп ҳолларда ўзгарувчан ток занжирларини анализ қилишда кучланиш, эюк ва тоқларнинг таъсир этувчи қийматларини ҳамда улар орасидаги фазалар силжишини аниқлаш зарур бўлади. Шу мақсадда тегишли занжирлар ток ва кучланишларининг вектор диаграммаларини тузишнинг ўзи кифоя.

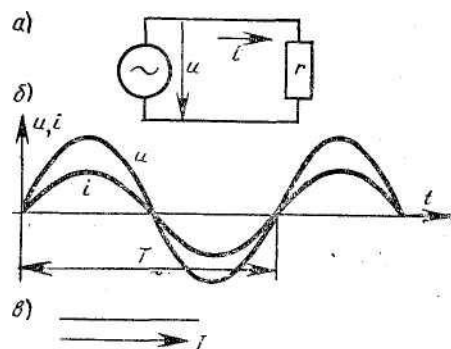


51- расм. Электр занжир тугунининг схемаси (а) ва шу тугундаги ўзгарувчан тоқларнинг вектор диаграммаси (б)

Бундай диаграммалар кўзғалмас векторлар учун тузилади, яъни занжир кучланиш ва тоқининг векторлари улар муайян моментда эгаллаган бирор ҳолатда кўриб чиқилади. Вектор диаграмма тузишда бу момент (вақтни ҳисоблашнинг бошланиши) диаграмма иложи борица яққол бўладиган қилиб танланади.

Вектор диаграммаларни тузиш ўзгарувчан ток занжирларини анализ қилишни анча соддалаштиради. Кўп ҳолларда диаграммалардан диаграмма кўрсатган нисбатларга асосланиб Кирхгофнинг биринчи ва иккинчи қонунларига тенглама тузиш учунгина фойдаланилади. Бундай ҳолларда диаграммани аниқ муайян масштабларда тузишнинг ҳожати бўлмайди.

Бир хил частотали синусоидал катталикларни алгебраик қўшиш ёки оддий қийматларини айириб ташлашга шу катталикларнинг векторларини геометрик қўшиш ёки айириш мувофиқ келади. Буни оддий мисолда кўриб чиқамиз. Бирор занжирнинг битта тугунини (51-расм,а) кўриб чиқамиз; унда иккита маълум ток $i = I_m \sin \omega t$ ва $i^2 = I_m^2 \sin^2 (\omega t + \psi_2)$.



52- расм. Актив қаршиликни характерловчи ўзгарувчан ток занжири:

a — схемаси, *б, в* тўлқин ва вектор диаграммаси

Ўзгарувчан ток ўз йўналишини даврий равишда ўзгартириб туради, шунга қарамай кўп ҳолларда схемаларда тоқларнинг шартли мусбат йўналишларини стрелкалар билан кўрсатиш мақсадга мувофиқдир. Стрелкаларнинг йўналишига қараб тугундаги тоқлар қўшилади ёки айирилади. Тоқнинг оний қиймати *i* ни иккита синусоидал катталиқнинг йиғиндиси сифатида аниқлаймиз:

$$i = i_1 + i_2 = I_{1m} \sin \omega t + I_{2m} \sin (\omega t + \psi_2) = (I_{1m} + I_{2m} \cos \psi_2) \sin \omega t + (I_{2m} \sin \psi_2) \cos \omega t.$$

Тоқ амплитудаси I_m ни аниқлаш учун қуйидагича тригонометрик ўзгартириш қиламиз: $\sin \omega t$ ва $\cos \omega t$ ёнидаги қавслардаги коэффицентлар нисбати маълум бурчак ψ нинг тангенсига тенг, деб ҳисоблаймиз, демак,

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{I_{2m} \sin \psi_2}{I_{1m} + I_{2m} \cos \psi_2}.$$

Катетлари шу икки коэффицентдан иборат учбурчак ясаймиз (51-расм, *б*). Учбурчакнинг гипотенузаси қуйидагича бўлади:

$$I_m = \sqrt{(I_{1m} + I_{2m} \cos \psi)^2 + (I_{2m} \sin \psi)^2}$$

Тоқ *i* нинг тенгламасини I_m га кўпайтириб ва бўлиб, ушбу тенгламани ҳосил қиламиз:

$$i = I_m \left(\frac{I_{1m} + I_{2m} \cos \psi_2}{I_m} \sin \omega t + \frac{I_{2m} \sin \psi_2}{I_m} \cos \omega t \right).$$

Энди учбурчакдаги нисбатлар асосида қавслардаги коэффицентларни $\cos \psi$ билан $\sin \psi$ га алмаштирамиз:

$$i = (I_m \cos \psi \sin \omega t + \sin \psi \cos \omega t) = I_m \sin (\omega t + \psi)$$

Шундай қилиб, биз тоқ *i* нинг амплитудасини I_m ва бошланғич фазасини ψ ни аниқладик, яъни қўйилган масалани ҳал қилдик.

Лекин бу масалани тоқларнинг фақат вектор диаграммасини тузиш, вектор I_m ни ёки I_{1m} ва I_{2m} векторларнинг геометрик йиғиндисини аниқлаш

орқали ҳам ечиш мумкин эди. 51-расм, б да худди ана шундай диаграмма кўрсатилган. Уни тузсак, оний қийматлар тенгламасини ўзгартиришга ҳожат қолмайди.

Одатда ўзгарувчан токнинг вектор диаграммалари кучланиш ва тоқларнинг таъсир этувчи қийматлари орасидаги нисбатларни кўрсатиш учунгина зарур. Шу муносабат билан диаграммалар кўп ҳолларда амплитуда қийматлари учун эмас, балки эффектив қийматлар учун тузилади. Бунинг натижасида кучланиш ва ток векторларининг узунлиги фақат $\sqrt{2}$ га камаяди, холос, лекин катталиқлар орасидаги нисбат ўзгармайди, чунки диаграммадаги фаза бурчаклари ўзгармайди.

Шунга эътибор бериш керакки, ўзгарувчан ток, кучланиш ва эюк ларнинг векторлари синусоидал катталиқларнинг фақат кулай график тасвиридир, шу билан улар физик катталиқларнинг (куч, тезлик, магнит майдоннинг магнит индукцияси ва кучланганлиги, электр майдон кучланганлиги ва ҳоказо) векторларидан тубдан фарқ қилади.

Математикадан маълумки, текисликда горизонтал ўққа нисбатан ψ бурчак остида тасвирланган ҳар қандай векторни, масалан I_m ни (51-расм, б) ҳақиқий қисм $a = I_m \cos\psi$ билан мавҳум қисм $b = I_m \sin\psi$ дан таркиб топган комплекс сон ёрдамида кўрсатиш мумкин. Бу ҳолда горизонтал ўқ ҳақиқий сонлар ўқи, вертикал ўқ эса — мавҳум сонлар ўқи дейилади. $j = \sqrt{-1}$ га кўпайтирилган сон мавҳум сон дейилади. Векторни бундай тасвирлаш векторни характерловчи катталиқни комплекс текисликда кўрсатишга мувофиқ келади. Синусоидал ток, эюк ёки кучланишни характерловчи комплекс катталиқлар тегишли бош ҳарфлар тепасига нуқта қўйиб белгиланади. Шундай қилиб, синусоидал ток $i = I_m \sin(\omega t + \psi)$ ни комплекс катталиқ билан кўрсатиш мумкин:

$$\dot{I}_m = I_m \cos\psi + jI_m \sin\psi = a + jb,$$

у комплекс амплитуда дейилади. Таъсир этувчи ток I ни ҳам комплекс катталиқ билан кўрсатиш мумкин, бунинг учун юқоридаги ифодани $\sqrt{2}$ га бўлиш керак:

$$\dot{I} = I \cos\psi + jI \sin\psi = c + jd.$$

Комплекс сонни ёзишнинг кўрсатилган формаси алгебраик форма дейилади. Эйлер формуласига мувофиқ комплекс соннинг алгебраик формасини намунавий формага айлантириш мумкин:

$$\dot{I} = \sqrt{(\cos\psi)^2 + (\sin\psi)^2} e^{j\psi} = \sqrt{c^2 + d^2} e^{j\psi} = I e^{j\psi}.$$

бунда I — модуль, ψ — комплекс соннинг аргументи.

Иккита комплекс соннинг йиғиндиси бу сонларни характерловчи иккита векторни қўшишга мувофиқ келади. Масалан, иккита

$i_1 = \dot{I}_{1m} \sin \omega t$ ва $i_2 = \dot{I}_{2m} \sin(\omega t + \psi_2)$ токнинг йиғиндисини иккита комплекс соннинг йиғиндиси сифатида кўрсатиш мумкин:

$$\dot{I}_m = \dot{I}_{1m} + \dot{I}_{2m} \quad \text{ёки} \quad \dot{I} = \dot{I}_1 + \dot{I}_2$$

Якуний комплекс соннинг модули якуний ҳақиқий ва мавҳум қисмлар квадрати йиғиндисининг квадрат илдиздан чиқарилганига тенг. Масалан, кўриб чиқиладиган мисол учун (51-расм) якуний ҳақиқий қисм $a = I_{1m} + I_{2m} \cos \psi_2$, якуний мавҳум қисм эса $b = I_{2m} \sin \psi_2$, шу сабабли

$$I_m = \sqrt{(I_{1m} + I_{2m} \cos \psi_2)^2 + (I_{2m} \sin \psi_2)^2}.$$

Якуний комплекс соннинг аргументи

$$\psi_2 = \arctg \frac{b}{a}.$$

4.6 ЭНГ ОДДИЙ ЎЗГАРУВЧАН ТОК ЗАНЖИРЛАРИ

Таркибида қаршилиги r бўлган битта резистор бор ўзгарувчан ток занжирларида энг оддий процесслар содир бўлади (52-расм, *а*). Занжирда ток энергия манбаининг кучланиши таъсирида ҳосил бўлади ва синусоидал кучланиш $u = U_m \sin \omega t$ да ток қуйидагича бўлади:

$$i = \frac{u}{r} = \frac{U_m}{r} \sin \omega t = I_m \sin \omega t.$$

Одатда қаршилиқ r етарли даражада ўзгармас бўлади, шу сабабли фақат резистори бор занжирдаги ток фаза жиҳатидан кучланиш билан мос тушади. Муваққат диаграммада u ва i эгри чизиқлари нолинчи қиймат билан амплитуда қийматлари орқали ўтади (52-расм, *б*). Токнинг максимал қиймати $I_m = U_m / r$, бу амплитуда қийматлар учун Ом қонунининг ифодасидир ва $I_m = \sqrt{2} I$ ҳамда $U_m = \sqrt{2} U$ бўлгани сабабли таъсир этувчи қийматлар учун ҳам худди шунга ўхшаш ифода ҳосил қиламиз:

$$\dot{I} = \dot{U} / r. \quad (46)$$

Бу формула ўзгармас ток учун Ом қонунининг ифодасидан фарқ қилмайди. Лекин ўзгарувчан ток занжирида қаршилиқ r ўзгармас ток занжиридаги қаршилиқ $r = p/lS$ дан (1.3га қаранг.) фарқ қилиб *актив қаршилиқ* дейилади. Битта занжирнинг ўзида кўпинча актив қаршилиқ ўзгармас токдаги занжир қаршилигидан анча фарқ қилади (одатда катта бўлади). Кўриб чиқиладиган занжир учун Ом қонуни комплекс формада қуйидаги тенглама билан ифодаланади:

$$\dot{i} = \dot{U}/r \quad (46)$$

Вектор диаграммада кўриб чиқилаётган занжирнинг кучланиш ва ток векторлари йўналиши жиҳатдан бир хил бўлади (52-расм, в).

Ҳар қандай электр занжирда токли ўтказгичлар атрофида магнит майдон ҳосил бўлади. Демак, электр занжирнинг доимо индуктивлиги L бўлади, чунки $L = \psi/i$ (бунда ψ — занжирнинг оқим тутиниши).

Занжирда r ва L бўлганда унда ток энергия манбаининг кучланиши билан ўзиндукция эюк нинг биргаликдаги таъсиридан пайдо бўлади, яъни

$$i = \frac{u + e_L}{r}.$$

Ўзгармас токда ўзиндукция эюк токни узиш ва улашда ҳамда унинг ўзгаришларидагина вужудга келади. Ўзгарувчан токдаги шароитлар бошқача: токнинг даврий равишда ўзгариши даврий ўзгарадиган ўзиндукция эюк ни ҳосил қилади:

$$e_L = -L \frac{\Delta i}{\Delta t}.$$

Синусоидал ток $i = I_m \sin wt$ бўлганда ўзиндукция эюк

$$e_L = -LI_m \frac{\Delta \sin wt}{\Delta t}.$$

$\frac{\Delta \sin wt}{\Delta t}$ катталиқ синусоиданинг вақт бўйича ўзгариш тезлигидир.

Ўзгарувчан ток занжирларини ҳисоблашда кўпинча шу катталиқка дуч келинади—у ҳам синусоида билан, лекин бошланғич синусоидадан чорак давр олдин келадиган синусоида, яъни бурчак частота w га кўпайтирилган косинусоида билан ифодаланади;

$$\frac{\Delta \sin wt}{\Delta t} = w \cos wt.$$

Буни синусоидал ток учун исботлаймиз

$$i = I_m \sin wt.$$

Озгина вақт Δt ўтгач, бу ток Δi га ўзгаради ва қуйидагича бўлади:

$$i + \Delta i = I_m \sin w \left(+ \Delta t \right)$$

Бу ифодадан бошланғич ифодани айириб

$$\left(+ \Delta i \right) = I_m \left[\sin w \left(+ \Delta t \right) - \sin wt \right]$$

Токнинг ўзгариши қуйидагича бўлишини топамиз:

$$\Delta i = I_m \left[\sin w \left(+ \Delta t \right) - \sin wt \right]$$

Йиғиндисининг синуси $\sin w \left(+ \Delta t \right) - \sin wt = 2 \cos w \Delta t \sin w \Delta t$

Жуда кичик бурчакнинг косинуси, яъни $\cos w \Delta t$ ни бирга тенг деб ҳисоблаш мумкин, жуда кичик бурчакнинг синуси, яъни $\sin w \Delta t$ эса кичик ёй $w \Delta t$ га тенг, яъни $\sin w \Delta t = w \Delta t$. Шундай қилиб, токнинг ўзгариш тенгламасини қуйидаги кўринишга келтириш мумкин:

$$\Delta i = I_m (\sin wt + w\Delta t \cos wt - \sin wt) = I_m w\Delta t \cos wt \quad \text{ёки}$$

$$\frac{\Delta i}{\Delta t} = \frac{\Delta (\sin wt)}{\Delta t} = I_m w \cos wt.$$

Демак, синусоидал ток занжиридаги ўзиндукция эюк нинг оний қиймати куйидагича бўлади:

$$e_L = -L \frac{\Delta i}{\Delta t} = -I_m wL \cos wt = I_m wL \sin \left(wt - \frac{\pi}{2} \right).$$

Ўзиндукция эюк ток эгри чизигидан чорак давр кейинда бўладиган синусоидал эгри чизиқ билан ифодаланади.

Агар ўзгарувчан ток занжирида i_r ҳисобга олмаслик мумкин бўлган даражада кичик бўлса, у ҳолда

$$u = ir + (-e_L) = -e_L = L \frac{\Delta i}{\Delta t} I_m wL \cos wt,$$

яъни бундай занжирда кучланиш фаза жиҳатдан токдан чорак давр олдин келади. Бу ҳолда $U_m = I_m wL$ ёки бу ифодани $\sqrt{2}$ га бўлсак, токнинг таъсир этувчи қиймати учун Ом қонунининг куйидаги ифодасини оламиз:

$$I = U / wL \quad (47)$$

Бу ифодада wL катталиқ қаршилик ролини ўйнайди. Унинг ўлчамлилиги қаршиликники кабидир, чунки бурчакий заррачанинг ўлчамлилиги $[w] = 1/c$, индуктивлик бирлиги эса Генри-Ом·секунд. wL катталиқ *индуктив қаршилик* дейилади, у кўпинча, қисқартирилган ҳолда x ёки x_L билан белгиланади.

Бундай шартли қаршилик воситасида ҳисоблашларда ўзиндукция эюк нинг ўзгарувчан юкнинг даврий ўзгаришларига қарши таъсир этиши ҳисобга олинади. Индуктив қаршилик шу токнинг частотасига проропорционал ва ўзгармас токда нолга тенг бўлади. Ўзгарувчан токнинг машина ва аппаратларини ўзгармас кучланишда ишга тушириш ярамайди: ўзгарувчан токда уларнинг индуктив қаршилиги катта, уларнинг ўзгармас токка қаршилиги эса нисбатан кичик бўлади. Занжирга ўзгармас ток уланганида чулғамларда катта ўзгармас ток пайдо бўлиб, ўзининг иссиқлиги таъсирида уларни емиради (масалан, радиоприёмникда трансформаторнинг бирламчи чулғамини ана шундай «куйдириб кўйиш» мумкин). Идеал индуктив ғалтакнинг кучланиш \dot{U} вектори фаза жиҳатдан ток вектори \dot{I} дан $\pi/2$ қадар олдин бўлади, ўзиндукция эюк вектори \dot{E}_L эса бу ҳолда кучланиш вектори \dot{U} га катталиги жиҳатидан тенг ва фаза жиҳатдан қарама-қарши бўлади.

Агар ток векторини комплекс текисликда тасвирлаб, ҳақиқий сонлар ўқи бўйлаб йўналтирилса, кучланиш вектори мавҳум сонлар ўқи бўйлаб йўналишини билдиради. Комплекс кучланишнинг комплекс токка нисбати индуктив қаршиликка тенг мавҳум сон ҳисобланади, яъни $\dot{U} = \dot{I} = jwL$.

Фақат сиғим билан характерланадиган электр занжирда (58- расм, а) масалан, фақат конденсатор бўлганида ўзгарувчан синусоидал кучланиш $u =$

$U_m \sin \omega t$ конденсатор зарядини даврий ўзгартиради:

$$q = Cu = CU_m \sin \omega t.$$

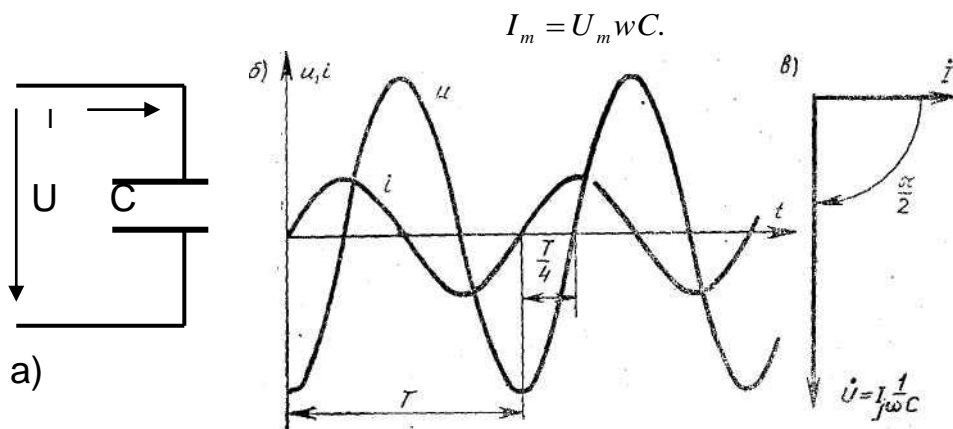
Зарядни ўзгартириш йўли билан конденсаторни кучланиш манбаи билан улайдиган симларда ўзгарувчан ток ҳосил қилинади, чунки заряд кўпайганда симларда электронлар битта йўналишда, заряд камайганда эса — тескари йўналишда силжийди. Агар заряд текис ўзгарса, у ҳолда $i = q/t$. Лекин заряд нотекис ўзгаради, шу сабабли $i = \Delta q / \Delta t$, бу ерда Δq — жуда оз вақт оралиғи Δt заряднинг кам ўзгариши. Сигим C — ўзгармас катталиқ, шу сабабли $\Delta q = C \Delta u$, лекин $u = U_m \sin \omega t$ бўлгани сабабли

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t} = C \frac{\Delta u}{\Delta t} = CU_m \frac{\Delta \sin \omega t}{\Delta t}.$$

Юқорида кўрсатилганидек, $\frac{\Delta \sin \omega t}{\Delta t} = \omega \cos \omega t$, шу асосда

$$i = U_m C \omega \cos \omega t = U_m C \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right)$$

деб ёзиш мумкин. Демак, конденсаторли занжирда фаза жиҳатидан кучланишдан чорак давр олдин келадиган синусоидал ўзгарувчан ток бўлади (53- расм, б). Ток учун ёзилган формуланинг ўнг қисмида фақат $\cos \omega t$ вақтга боғлиқ бўлади. $\cos \omega t = 1$ ни ўрнига қўйиб, токнинг максимал қийматини топамиз:



53- расм. Фақат сигим билан характерланадиган ўзгарувчан ток занжири:
 а — схемаси. б, в — тўлқин ва вектор диаграммалари

Таъсир этувчи қийматларга ўтиш учун охириги ифодани $\sqrt{2}$ га бўламиз ва қуйидаги кўринишда ёзамиз:

$$I = \frac{U}{1/\omega C} \quad (48)$$

Бу фақат сигим уланган ўзгарувчан ток занжири учун Ом қонунининг тенгламасидир. (48) ифоданинг махражи қаршилик бирлигида ўлчанади ва

сизим қаршилик x_c дейилади. Индуктив қаршиликка қарама-қарши ўларок, ўзгарувчан токнинг частотаси кўпайиши билан сизим қаршилик камаяди.

Сизим токининг вектори фаза жиҳатдан кучланиш векторидан олдинда бўлади, бошқача айтганда, конденсаторда кучланиш вектори ток векторидан $\pi/2$ га орқада қолади.

Агар ток векторини ҳақиқий сонлар бўйлаб йўналтириб ток ва кучланиш векторлари комплекс текисликда тасвирланса (53-расм, в), у ҳолда конденсаторли занжирнинг комплекс қаршилиги қуйидагича бўлади:

$$Z = \frac{\dot{U}}{\dot{I}} = -j/\omega C.$$

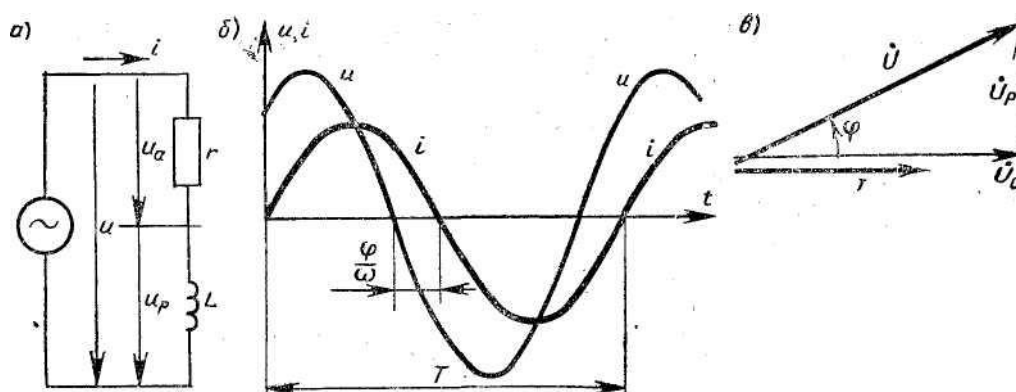
4.7. ЎЗГАРУВЧАН ТОК ИСТЕЪМОЛЧИЛАРИНИ КЕТМА-КЕТ УЛАШ

Истеъмолчиларни кетма-кет улашга энг оддий мисол сифатида қаршилиги r бўлган резистор билан индуктивлиги L бўлган идеал индуктив ғалтакнинг уланишини кўриб чиқамиз (54-расм).

Бундай занжир, учун вектор диаграммани ток векторини яшадан бошлаш керак, чунки кетма-кет уланган барча истеъмолчиларда ток бир хил бўлади.

Кўриб чиқилаётган занжирда электр энергия манбаидан келаётган умумий кучланиш \dot{U} алоҳида кучланишлар $\dot{U}_a = Ir$ билан $U_p = I j\omega L$ нинг вектор йиғиндисига тенг. Улардан биринчиси фаза жиҳатдаи ток билан мос келади, иккинчиси эса ундан $\pi/2$ га олдинга силжиган. Демак, вектор диаграммада умумий кучланиш катетлари U_a ва U_p бўлган тўғри бурчакли учбурчакнинг гипотенузаси билан тасвирланади. Пифагор теоремасига асосан

$$U = \sqrt{U_a^2 + U_p^2} = \sqrt{r^2 + (\omega L)^2} = I\sqrt{r^2 + (\omega L)^2}$$



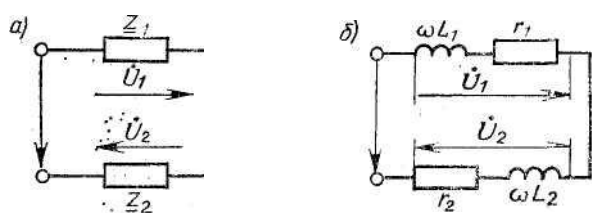
54-расм. Резистор билан индуктив ғалтакнинг кетма-кет уланиши:

а – схемаси, б,в – тўлқин ҳамда вектор диаграммалар

Энди ушбу уланиш учун Ом қонунининг ифодасини топамиз:

$$I = \frac{U}{\sqrt{r^2 + x_L^2}}$$

$\sqrt{r^2 + x_L^2} = Z$ катталиқ занжирдаги токни чеклайди. Ўзгарувчан ток занжирининг бундай натижавий қаршилиги z характери жиҳатдан турлича бўлган қаршиликлардан (r ва x_L) таркиб топган бўлиб, занжирнинг *тўла қаршилиги* дейилади. Бундай қаршилик истеъмолчилар мураккаб уланган занжирнинг қаршилиги бўлиши мумкин. Умумий ҳолда ўзгарувчан ток занжирининг электр энергия манбаи уланмаган қисмининг тўла қаршилиги занжир қисмаларидаги кучланишнинг самарали қиймати билан токнинг нисбатига тенг.



55- расм. Иккита ғалтакнинг кетма-кет уланиши:
в —схемаси, б —эквивалент схемаси

Бундай занжир учун Ом қонунини комплекс шаклда қуйидагича ифодалаш мумкин:

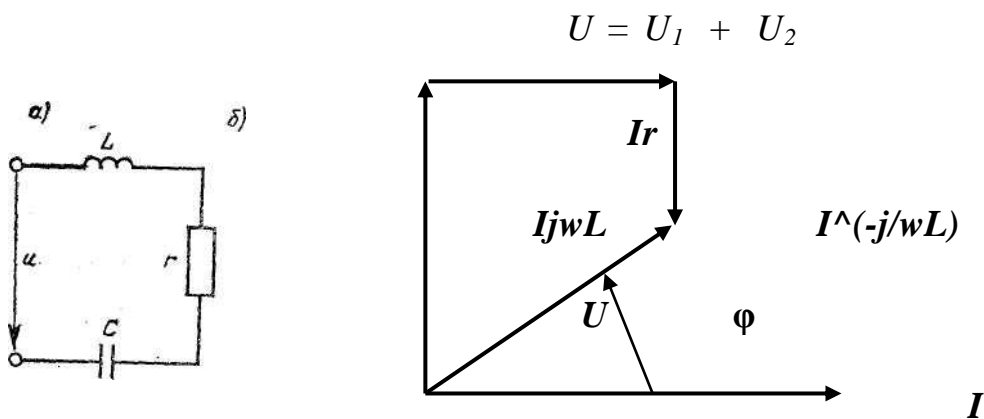
$$\underline{Z} = U / I = r + j\omega L,$$

бунда \underline{Z} - занжирнинг комплекс қаршилиги.

Энди ҳар бири актив қаршилик билан индуктивликка эга бўлган иккита индуктив ғалтак z_1 ва z_2 дан таркиб топган занжирни (55-расм, а) кўриб чиқамиз. Бу ерда умумий кучланиш вектор усулида иккита комплекс кучланиш U_1 ва U_2 ларнинг қўшилишидан ҳосил бўлади; бу комплекс кучланишлардан ҳар бири актив Ir ва реактив $IjxL$ кучланишлардан таркиб топган.

Диаграмма тузиш учун ток вектори I ни горизонтал ўқ бўйлаб йўналтирамиз ва шу векторга перпендикуляр равишда ундан 90° олдин келадиган индуктив кучланиш вектори $Ij\omega L_1$ ни ясаймиз. Бу векторга актив кучланиш вектори Ir_1 ни қўшамиз — уни индуктив кучланиш вектори $IjxL_1$ нинг учидан ток вектори I га параллел қўйиш керак. Биринчи ғалтакдаги кучланиш вектори U_1 ни ҳосил қилиш учун вектор Ir_1 нинг учини координата боши билан туташтирамиз.

Шу вектор учидан I га перпендикуляр йўналишда индуктив кучланиш $Ij\omega L_2$ ни қўямиз, сўнгра унга I га параллел йўналган Ir_2 векторни қўшамиз. $Ij\omega L_2$ ва Ir_2 векторлар тўғри бурчакли учбурчакнинг катетлари, иккинчи ғалтакдаги кучланиш вектори U_2 эса унинг гипотенузаси бўлади. Умумий кучланиш



56- расм. Ўзгарувчан ток истеъмолчиларининг уч турини кетма- кет улаш: *a* — схемаси, *b* — вектор диаграммаси

Демак, умумий кучланишни аниқлаш учун вектор U_2 нинг учини координаталар боши билан туташтириш керак. Умумий кучланиш вектори U диаграммада тўғри бурчакли учбурчакнинг гипотенузаси билан тасвирланади, бу учбурчакда битта катет $Ir_1 + Ir_2$ — актив кучланишлар йиғиндиси, иккинчи катет эса $IjwL_1 + IjwL_2$ — индуктив кучланишлар йиғиндисидир, бинобарин,

$$U = \sqrt{(Ir_1 + Ir_2)^2 + (IjwL_1 + IjwL_2)^2}$$

шунга асосан занжирдаги ток

$$I = U / \sqrt{(r_1 + r_2)^2 + (wL_1 + wL_2)^2}$$

Энди ўзгарувчан ток истеъмолчиларининг уч тури: индуктивлиги L бўлган индуктив ғалтак, қаршилиги r бўлган резистор ва сиғими C бўлган конденсатор кетма-кет уланган занжирни кўриб чиқамиз (61-расм, *a*). Шу занжир учун вектор диаграммани тузишда ток вектори I бошланғич вектор бўлиши лозим. Диаграмма тузишни индуктив кучланиш вектори $U = IjwL$ дан бошлаймиз. Уни вектор I га 90° бурчак остида қуриш лозим, бунда шу бурчак мусбат томонга — соат стрелкасига тескари қўйилади. Вектор $IjwL$, га ток векторига параллел йўналган кучланиш вектори Ir ни қўшамиз. Сиғим кучланиши $I = -j/wC$ токдан чорак давр орқада қолади, демак бу векторни олдин қурилган иккита кучланиш векторларига қўшишда U_c ни орқада қолиш томонига, яъни диаграммада пастга йўналтириш лозим. Вектор U_c нинг учини координаталар боши билан бирлаштириб, занжирнинг умумий кучланиш вектори \dot{U} ни оламиз.

Бу векторни тўғри бурчакли учбурчакнинг гипотенузаси сифатида қараш мумкин, унинг катетларидан бири актив кучланиш Ir , иккинчи катети эса индуктив ва сиғим кучланишларнинг айирмасини ҳосил қилади, яъни

$$U_L + U_C = Ix_L - Ix_C.$$

Шундай қилиб, умумий кучланиш

$$U = \sqrt{r^2 + (x_L - x_C)^2},$$

ток эса

$$I = \frac{U}{\sqrt{r^2 + (x_L - x_C)^2}} = \frac{U}{\sqrt{r^2 + \left(wL - \frac{1}{wC}\right)^2}}. \quad (49)$$

(49) формулага асосан занжирнинг тўла қаршилиги

$$z = \sqrt{r^2 + \left(wL - \frac{1}{wC}\right)^2} \quad (50)$$

Сиғим кучланиш $IjwC$ индуктив кучланиш IwL нинг таъсирини маълум даражада сусайтиради — уни компенсациялайди. Хусусий ҳолда, $wL = 1/wC$ ва, демак, $z = r$ бўлганда занжирда кучланишлар резонанси вужудга келади, конденсаторда ва индуктив ғалтакда занжир қисмаларидаги кучланишдан анча ортиқ бўлган кучланишнинг пайдо бўлиши бу резонанс учун характерлидир.

Индуктив ва сиғим қаршиликлар шартли ҳисоблаш катталиклари дир. Улар ток ва кучланишнинг ўзгаришига занжир реакцияси (лат. reactio — қарши таъсир) туфайли вужудга келади, шу сабабли бу иккала қаршилик реактив қаршиликлар дейилади ва $U_L = IwL$ ҳамда $U_C = I/wC$ тегишлича реактив кучланишлар дейилади.

Индуктив қаршилик кучланиш фазасининг мусбат йўналишда силжишини (вектор \dot{U} нинг соат стрелкасига тескари йўналишда бурилиши) келтириб чиқаради, шу сабабли индуктив қаршиликни мусбат, сиғим қаршиликни эса — манфий деб ҳисоблаш қабул қилинган. Фазаларнинг силжиш бурчаги ушбу шартдан аниқланади (56-расм, б):

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{wL - 1/wC}{r},$$

Актив қаршилик нисбатан қанча катта бўлса, фазаларнинг силжиши шунча кичик бўлади.

Резистор, индуктив ғалтак ва конденсатор. кетма-кет уланган занжирнинг комплекс қаршилиги ушбу нисбатдан аниқланади:

$$\underline{Z} = \dot{U} / \dot{I} = r + j \left(wL - \frac{1}{wC} \right).$$

4.8 ОНИЙ ВА АКТИВ ҚУВВАТЛАР

Оний қувват ўзгарувчан ток занжири қисмаларидаги ток ва кучланиш оний қийматларининг кўпайтмасига тенг: $p=ui$. Қувватнинг бу ифодаси ўзгармас ток занжири учун $R=UI$ ифода каби ёзилган бўлади. Лекин ўзгарувчан кучланишлар билан токнинг даврий ўзгаришлари улар вужудга келтирадиган қувватнинг даврий ўзгаришига сабаб бўлади. Бундай даврий тез ўзгарадиган қувват—ўзгарувчан ток қурилмаларининг энергетик ҳолатини баҳолаш учун унчалик қулай эмас. Шу сабабли ўзгарувчан ток қурилмаларида энергетик шароитларни баҳолаш учун асосий катталик сифатида уларнинг давр бўйича ўртача қуввати қабул қилинган; бу қувват *актив қувват* P дейилади ҳамда ваттметр билан ўлчанади.

Актив қувватнинг кучланиш билан токнинг эффектив қийматларига боғлиқлигини оний қувват ифодаси асосида аниқлаш мумкин. Бирор ихтиёрий занжирда оний қувват кучланиш $u = U_m \sin \omega t$ таъсирида пайдо бўлади ва токш $i = I_m \sin(\omega t - \varphi)$ ли кучланишга нисбатан фаза жиҳатдан силжиган, деб фараз қилайлик; демак:

$$p = ui = U_m I_m (\cos \varphi \sin^2 \omega t - \sin \varphi \sin \omega t \cos \omega t)$$

Маълумки,

$$\sin^2 \omega t = \frac{1 - \cos 2\omega t}{2}; \sin \omega t \cos \omega t = \frac{\sin 2\omega t}{2},$$

шунга кўра

$$p = \frac{U_m I_m}{2} \cos \varphi - \frac{U_m I_m}{2} \cos \varphi \cos 2\omega t - \frac{U_m I_m}{2} \sin \varphi \sin 2\omega t.$$

Биз ўзгарувчан ток даври ичидаги ўртача қувватни аниқлаймиз. Лекин $\cos 2\omega t$ ва $\sin 2\omega t$ дан давр бўйича олинган ўртача қиймат нолга тенг. Оний қувват ифодасининг иккинчи ва учинчи ҳадлари унинг ўртача қийматига ўтганда нолга айланади. Ифоданинг биринчи ҳадида вақт функцияси йўқ, шу сабабли ўзгарувчан ток занжирининг актив қувват дейиладиган ўртача қуввати

$$P = \frac{U_m I_m}{2} \cos \varphi. \quad (51)$$

Амплитуда қийматларни таъсир этувчи қийматларга алмаштирамиз:

$$U_m = \sqrt{2U}, \quad I_m = \sqrt{2I},$$

Бу ифодаларни (51) формулага қўйиб, ўзгарувчан ток актив қувватининг асосий формуласини оламиз:

$$P = UI \cos \varphi. \quad (52)$$

Бу формула занжирда фазалар силжишини келтириб чиқарувчи сабабларга боғлиқ эмас. Қувват ифодасидаги $\cos\varphi$ катталик *қувват коэффициентини* дейилади. Қувват коэффициенти қанча кичик бўлса, фазалар силжиши шунча кўп, электр қурилмадан энергетика нуқтаи назаридан шунча ёмон фойдаланилган бўлади: қурилманинг қисмаларида анчагина токда нормал кучланиш сақланиб туради, унинг актив қуввати эса нисбатан кичик бўлади. Масалан, қурилма қисмаларидаги кучланиш $U = 6 \text{ кВ}$, у ток $I = 200 \text{ А}$ бўлганда тармоққа $P = 600 \text{ кВт}$ қувват беради. Қувват коэффициенти

$$\cos\varphi = P/UI = 0,5.$$

Лекин $\cos\varphi = 1$ да худди шу қувватни олиш учун $I = 100 \text{ А}$ токнинг ўзи етарли бўларди. Фазалар силжиши туфайли электростанция ва электр энергиясини узатувчи барча қурилмаларда ортиқча катта ток бўлади, бу эса узатишда симларнинг қизишига сарфланадиган фойдасиз қўшимча энергия исрофларини келтириб чиқаради. Фазалар силжишида даврнинг бир қисми давомида кучланиш билан токнинг (оний қийматларининг) йўналишлари қарама-қарши бўлади, натижада улар вужудга келтирадиган оний қувват ана шу вақт оралиғида манфий бўлиб, ўртача қувватни камайтиради.

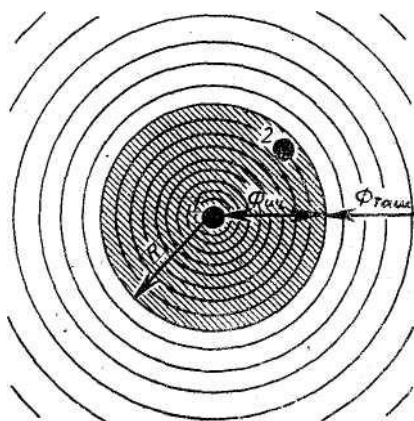
Жумладан, занжирда актив қаршилик ва индуктивлик бўлганда иккита энергетик жараён: энергиянинг манбадан актив қаршиликка қайтмас узатилиши ва манба билан индуктив ғалтакнинг магнит майдони орасида энергия тебранишлари бирга таъсир этади. Актив қаршилик электр энергиясининг энергиянинг бошқа турларига: иссиқлик, механик иш ва ҳоказоларга айланишини характерлайди. Ток ортаётган пайтда магнит майдонда энергия тўпланади, ток камаяётганда эса энергия манбага қайтади. Сўнгра, ток ноль қийматдан ўтиб яна орта бошлаганида энергия қайтадан магнит майдонда тўплана бошлайди ва ҳоказо. Энергиянинг бундай зарарли тебранишлари ўзгарувчан ток даврининг бир қисми мобайнида манфий қувват пайдо бўлишига олиб келади. Бу тебранишлар энергияси нисбатан қанча катта бўлса, қурилманинг қувват коэффициенти шунча кичик бўлади.

4.9 СИРТНИЙ ЭФФЕКТ

Сиртий эффект ўзгарувчан электр токи зичлигининг ўтказгич кесими бўйлаб нотекис тақсимланиш ҳодисасидир: ўзгарувчан токнинг зичлиги ўтказгич сиртида энг катта бўлиб, сиртдан ўтказгичнинг ичига кириб борган сари камаяди. Ток зичлигининг ўтказгич кесими бўйлаб бундай нотекис тақсимланиши индуктивлик таъсирида вужудга келади.

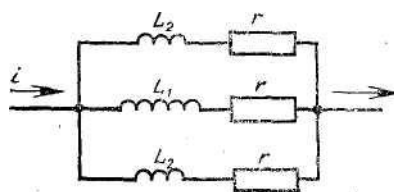
Мисол тариқасида юмалоқ симнинг кўндаланг кесимини кўриб чиқамиз (57-расм). Ўтказгич токи сим атрофидаги муҳитда $\Phi_{\text{таш.}}$ ва сим кесимининг ичида $\Phi_{\text{ич.}}$ магнит оқимини ҳосил қилади. Симда иккита ўтказувчан толалар

1 ва 2 ни ажратиб оламиз. Биринчиси 1 сим кесимининг марказида жойлашган ва унинг ўқи бўйлаб йўналган. Иккинчиси 2 симнинг сиртида жойлашган. Тола 1 ни симдаги ҳамма ток вужудга келтирадиган магнит оқимларнинг барчаси ($\Phi_{\text{ич}} + \Phi_{\text{таш}}$) илаштиради. Тола 2 ни эса оқимнинг фақат сим ташқарисида ёпиладиган қисми $\Phi_{\text{таш}}$ илаштиради. Демак, ўтказувчан толалар ёки симнинг цилиндрик қатлами сим сиртидан қанча узоқ бўлса, уларнинг оқим тутиниши шунча кўп, индуктивлик L эса оқим тутинишга тўғри пропорционал бўлади ($L = \psi/i$), шу сабабли $L_1 > L_2$.



57- расм. Токли юмалоқ ўтказгичнинг турли қатламларидаги оқим тутиниш

Ўзгарувчан токда пайдо бўладиган индуктив қаршилик ωL ташқи қатламларга қараганда ички қатламларда каттароқ бўлади. Бу қатламлар кучланиш манбаига нисбатан параллел уланган, уларнинг актив қаршилиги барча қатламларда тенг бўлади, лекин индуктив қаршилиги сиртдан ичкарига кириб борган сари ортади, бу 58-расмдаги эквивалент схемада шартли равишда кўрсатилган. Индуктив қаршиликларнинг тенг эмаслиги сим қатламлари орасида токнинг нотекис тақсимланишини келтириб чиқаради, натижада ток зичлиги сиртдан сим марказига томон маълум даражада камайиб боради, ток гўё симнинг ички қисмидан сиқиб чиқарилади. Токнинг ички қатламлардан бундай қисман сиқиб чиқарилиши ўтказгичнинг ишлаётган кесимининг маълум даражада камайганлиги ва унинг актив қаршилиги ортганлигига тенг келади. Ўтказгичнинг актив қаршилиги r_a ўзгарувчан токда унинг ўзгармас токдаги қаршилигига қараганда катта бўлишининг асосий сабабларидан бири ана шу.



58- расм. Сиртий эффе́ктиинг пайдо бўлишини тушунтирувчи эквивалент схема

Индуктив қаршилик wL ўзгарувчан ток частотасига пропорционал. Ўтказгичнинг кесими қанча катта бўлса, ички ва ташқи қатламлар индуктивлиги орасидаги фарқ ҳам шунча катта бўлади. Демак, ўзгарувчан токнинг частотаси қанча катта ва симнинг диаметри қанча йўғон бўлса сиртий эффект шунча катта бўлади. Сим кесимининг ички қисмида юқори частотали ўзгарувчан ток деярли бўлмайди, шу сабабли радиочастоталар учун ковак (найсимон) симлар ишлатилади.

Лекин саноат частотасида (50 Гц) сиртий эффектнинг мис ва алюминий симлар қаршилигига таъсири уларнинг диаметри 1 см дан катта бўлгандагина сезилади. Масалан, частота 50 Гц ва мис симнинг диаметри 1 см бўлганда унинг актив қаршилигининг ўзгармас токдаги қаршилигига нисбати 1,03 га тенг, лекин сим диаметри 4 см гача катталашганда худди шу нисбат 1,32 га қадар кўпаяди.

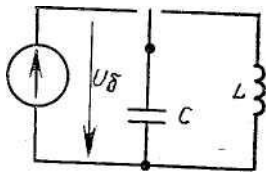
Пўлат симларда сиртий эффектнинг таъсирини ҳатто нисбатан кичик кесимларда ҳам эътиборга олиш керак, чунки бундай симларда пўлатнинг магнит сингдирувчанлиги катталиги туфайли ички магнит оқим $\Phi_{ич}$ нисбатан кучли бўлади.

Симларда сиртий эффект уларнинг кесимини оширишга мажбур этади. Лекин пўлатни юқори частотали тобланда ва индукцион қиздиришнинг бошқа турларида бу эффекtdан муваффақиятли фойдаланилади.

4.10. КУЧЛАНИШЛАР РЕЗОНАНСИ

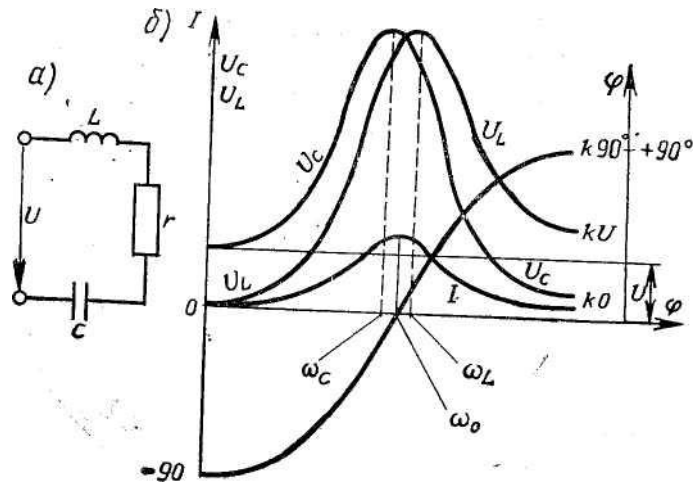
Ўзгарувчан ток электр занжирларида муайян шароитларда электр резонанси ҳодисаси вужудга келади, бунда занжирнинг кириш реактив қаршилиги нолга тенг бўлади. Индуктивлиги L ва сиғими C бўлган элементлар кетма-кет уланганида кучланишлар резонанси, параллел уланганида эса — тоқлар резонанси юзага келади.

Конденсаторли ва индуктив ғалтакли электр занжирдан иборат системада конденсаторнинг индуктив ғалтакка тебранма зарядсизланиши содир бўлиши мумкин. Мустақил эркин тебрана оладиган бу система тебраниш контури дейилади. Агар бундай контурда сиғими C бўлган конденсатор дастлаб электр энергияси манбаига улаш орқали маълум кучланиш U_0 га қадар зарядланса (59-расм), сўнгра қайта улаш орқали индуктивлиги L бўлган ғалтакка туташтирилса, у ҳолда конденсаторнинг тебранма зарядсизланиши бошланади.



59- расм. Тебраниш контурининг схемаси

60- расм. Кучланишлар резонанси бўлиши мумкин бўлган занжир схемаси(а) ва шундай занжирнинг частота характеристикаси (б)



Дастлаб аста-секин тўпланади. Идеал тебраниш контурида исрофлар бўлмайди. Унда конденсаторнинг қайта зарядланиши у тескари йўналишда дастлабки манфий кучланиш U_0 қийматига қадар зарядлангунча давом этади. Шундан кейин магнит майдоннинг барча энергияси конденсаторнинг электр майдонига қайтади ва контурдаги ток нолга қадар камаяди. Сўнгра яна токнинг тескари йўналишида конденсаторнинг индуктив ғалтакка зарядсизланиши бошланади. Кучланиш билан ток даврий равишда ўзгариб туради, бунда кучланиш максимал бўлганда ток нолга тенг, кучланиш нолга тенглашганда эса ток максимал бўлади, Идеал тебраниш контурида бу эркин тебранишлар сўнмайди. Тебраниш контурида гармоник (синусоидал) тебранишлар вужудга келади. Синусоидал тебранишларда уларнинг ўз частотаси ω_0 ни осон аниқлаш мумкин. Конденсатордаги максимал кучланиш $U_0 = I \frac{1}{\omega_0 C}$. Идеал контурда магнит майдоннинг максимал энергияси электр майдоннинг максимал (бошланғич) энергиясига тенг бўлади:

$$\frac{I_m^2 L}{2} = \frac{U_0^2 C}{2} = \frac{\left(I_m \frac{1}{\omega_0 C} \right)^2}{2}$$

Шунга асосан

$$L = \frac{1}{\omega_0^2 C}$$

ва контурнинг изланаётган ўз частотаси

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (53)$$

Таркибида кетма-кет уланган индуктивлик L , актив қаршилик r ва сиғим C элементлари бор ўзгарувчан ток занжирида кучланишлар резонанси бўлиши мумкин (60- расм, a). Занжир қисмаларида ўзгарувчан кучланиш U сақланиб туради, демак, Ом қонунига мувофиқ занжирдаги ток

$$I = \frac{U}{\sqrt{r^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} \quad (54)$$

Агар

$$\omega = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

ёки

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}$$

бўлганда, яъни реактив қаршиликлар, индуктив ва сиғим қаршиликлар тенг бўлганида кучланишлар резонанси вужудга келади. Бундай шароитда занжирнинг тўлиқ қаршилиги $z=r$ ва ток $I=U/r$, қувват коэффициенти эса $\cos\varphi = 1$.

Агар актив қаршилик r кичик бўлса, резонанс вақтида ток кескин кўпайиб кетади. Лекин U_c ва U_L кучланишларнинг жуда кескин кўпайиши айниқса муҳимдир. Улар занжир қисмаларидаги кучланиш U дан бир неча марта ортиб кетиши мумкин. Агар резонанс шароитини бузмасдан туриб бир вақтнинг ўзида индуктив ва сиғим қаршиликлар n марта оширилса $\epsilon'_L = n\epsilon_L$ ва $\epsilon'_C = n\epsilon_C$, у ҳолда занжирдаги ток ўзгармайди, чунки аввалгидек $z = r$ ва $I=U/r$ лекин иккала реактив кучланиш n марта кўпаяди ва $U'_L = nU_L$ ҳамда $U'_C = nU_C$ қийматларга етади. Ана шуларга асосланиб, иккала реактив қаршиликни чексиз кўпайтириш мумкин, бунда ток ўзгармай қолади. Лекин амалда ғалтак чулғамларининг ўрамлари орасидаги ва конденсатор қопламалари орасидаги изоляциянинг тешилиши реактив кучланишларнинг ортишини чеклайди. Агар $r < \omega L$ ва, бинобарин, $r < 1/\omega C$ бўлса, реактив кучланишлар кириш қисмаларидаги кучланишдан ортиқ бўлади. Резонанс вақтида $U = Ir < U_L = U_C$. Қаршиликлар тенгсизлиги шартига

$$\omega = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

ни қўйсақ, қуйидагини оламиз:

$$r \prec \frac{L}{\sqrt{LC}} \text{ ёки } r \prec \sqrt{\frac{L}{C}}.$$

$\sqrt{\frac{L}{C}}$ катталик тебраниш контурининг *характеристик ёки тўлқин қаршилиги*

дейилади ва $p = \sqrt{\frac{L}{C}}$ билан белгиланади.

Алоқа техникаси ҳамда юқори частотали техника учун *характеристик қаршилиқнинг актив қаршилиқка нисбати кўпчилик қурилмаларнинг муҳим характеристикаси* ҳисобланади. Бу нисбат *контурнинг асллиги* дейилади:

$$Q = p/r = \sqrt{\frac{L}{C}}/r. \quad (55)$$

Асллиқ резонансда реактив кучланишнинг актив кучланишга нисбатига ҳам тенг.

Резонанс бўлиши мумкин бўлган занжир кучланишларининг ток частотасига боғлиқлиги ҳам катта амалий аҳамиятга эга. Бундай боғлиқлик зажирнинг частота характеристикаси дейилади (65-расм, б). Ом қонунининг ифодаси шуни кўрсатадики, $\omega L = 1/\omega C$, яъни $\omega = \omega_0$ бўлганда занжирдаги ток энг юқори қийматига эришади.

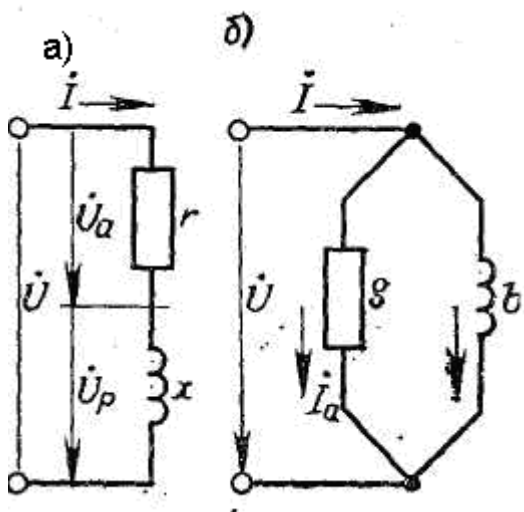
Конденсатордаги кучланиш $U_c = \frac{1}{\omega C}$, демак, U_c нинг ω га боғлиқлигининг I га боғлиқлик эгри чизиғига ўхшаш эгри чизиқ билан тасвирланади, лекин U_c эгри чизиқ ординаталари ток эгри чизиғи ординаталарини ток ортиши билан камайдиган кўпайтувчи $1/\omega C$ га кўпайтириш йўли билан олинади. Бунинг оқибатида конденсатордаги кучланиш резонанс частота ω_0 га қараганда бир оз камроқ бўлган бурчак частотаси ω_c да ўзининг энг катта қийматига эришади. Характеристикаларни тузишда кучланиш $U_L = I\omega L$ ток эгри чизиғи ординаталарини частота ортиши билан катталашадиган ωl қийматга кўпайтириш орқали топилади. Шу сабабли U_L нинг энг катта қиймати $\omega_L > \omega_0$ частотага мувофиқ келади.

Кучланишлар резонанси — электроэнергетика установкаларида хавфли ҳодисадир. У кутилмаганда пайдо бўлиши мумкин, бунда суюқланувчан сақлагичлар занжирни хавфли юқори кучланишлар пайдо бўлишидан сақлаб қола олмайди. Лекин алоқа техникасида, автоматикада кучланишлар резонанси ҳодисасидан муайян частотага мўлжалланган қабул қилувчи ва узатувчи қурилмаларни созлаш учун кенг кўламда фойдаланилади.

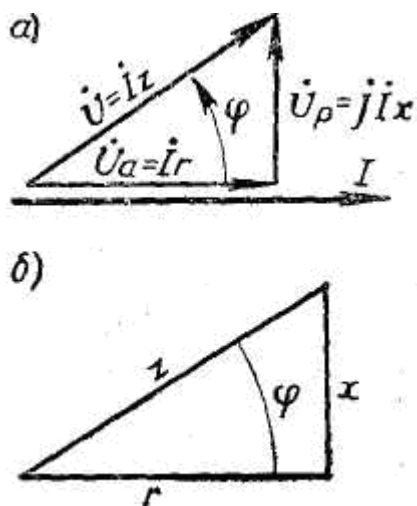
4.11 ЎЗГАРУВЧАН ЗАНЖИРЛАРИНИНГ ЎТКАЗУВЧАНЛИКЛАРИ

Ўзгарувчан ток истеъмолчиларининг кўпчилигида бир хил элементларнинг ўзи актив ва реактив параметрларга эга бўлади. Масалан, изоляцияланган симдан

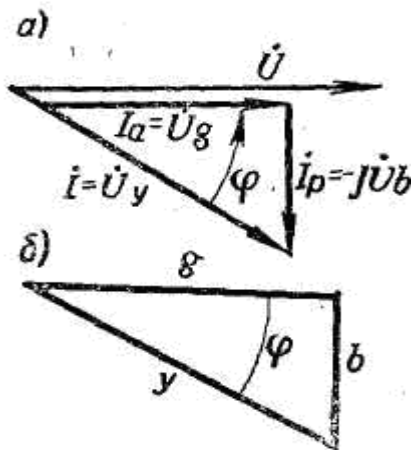
тайёрланган ғалтакда ҳар бир ўрамнинг актив қаршилиги бўлади ва шу билан бирга ундан магнит оқим ўтади. Илгари биз ҳисоблашлар учун ғалтакларни кетма-кет уланган иккита алоҳида элементга: бири фақат актив қаршиликка, иккинчиси эса — фақат индуктивликка эга бўлган элементларга ажратган эдик. Шу йўл билан биз ғалтакнинг эквивалент схемасини тузган эдик (61-расм, а). Бундай схема учун биз вектор диаграммани қурдик, унда ток вектори \dot{I} асос бўлган эди, кучланиш вектори \dot{U} эса актив кучланиш $\dot{U} = I r$ нинг йиғиндисидан ҳосил бўлган (62-расм). Лекин кўп ҳолларда ғалтаклар ва шунга ўхшаш бошқа энергия истеъмолчиларини параллел уланган элементлардан таркиб топган деб қараш мақсадга мувофиқ (61-расм, б). Бу элементларнинг биринчисидан электр энергияси иссиқликка айланади — бу ўтказувчанлиги g бўлган актив элемент, иккинчи



61- расм. Ғалтакнинг эквивалент схемалари: а) кетма-кет, б) параллел



62- расм. Кучланишлар учбурчаги (а) ва қаршилиқлар учбурчаги (б)



63 расм. Токлар учбурчаги (а) ва ўтказувчанликлар учбурчаги (б)

элементда исрофлар бўлмайди, унда магнит майдон вужудга келади — бу ўтказувчанлиги b бўлган реактив индуктив элемент. Шундай қилиб эквивалент параллел алмаштириш схемаси тузилади. Бунда вектор диаграммасини тузишда кучланиш вектори асос бўлиб хизмат қилади, ток вектори эса токнинг актив $I_a = I \cos \varphi$ ва реактив $I_p = I \sin \varphi$ ташкил этувчиларининг қўшилишидан ҳосил бўлади (63-расм). Бу иккала ток кучланиш U га пропорционал. Кучланиш билан токлар орасидаги пропорционаллик коэффициентлари g ва b ўтказувчанликлар бўлади.

Эквивалент схема тармоғининг *актив ўтказувчанлиги* $g = I_a/U$ ва, бинобарин, $U_g = I_a$ бўлади.

Реактив ўтказувчанлик b — бу иккинчи тармоқнинг ўтказувчанлиги:

$$b = \frac{I_p}{U} \text{ ёки } U_b = I_p$$

Истеъмолчининг токи

$$I = \sqrt{I_a^2 + I_p^2} = \sqrt{(Ug)^2 + (Ub)^2} = Uy.$$

$y = \sqrt{g^2 + b^2}$ катталик ўзгарувчан ток занжирининг тўлиқ ўтказувчанлиги дейилади.

Агар кучланишлар учбурчагининг барча томонларини (67-расм, а) I қийматга бўлсак, у ҳолда қаршилиқлар учбурчаги (67-расм, б) олинади, агар токлар учбурчагининг барча томонлари-ни (68-расм, а.) U га бўлсак, ўтказувчанликлар учбурчаги ҳосил бўлади (68-расм, б).

Ўтказувчанликлар учбурчаги худди шу истеъмолчи учун тузилган қаршилиқлар учбурчагига ўхшайди, чунки иккала учбурчада ҳам ўткир бурчак битта бурчакнинг ўзи — бу кучланиш билан ток орасидаги фазаларнинг силжиш бурчаги φ дир.

Ўтказувчанликлар учбурчаги қаршилиқлар учбурчагига нисбатан тескари томонга йўналган; бунга сабаб шуки, ўтказувчанликлар учбурчаги токлар учбурчаги асосида қурилган, индуктивлик борлигида эса ток фаза жиҳатидан кучланишдан орқада қолади. Қаршилиқлар учбурчаги кучланишлар учбурчаги асосида қурилган, индуктивлиги бор

истеъмолчининг қисмаларидаги кучланиш эса фаза жиҳатдан шу истеъмолчининг токидан ўзиб кетади. Бу иккала учбурчаклар нисбатидан фазалар силжиш бурчаги φ ни қуйидагича аниқлаш мумкин:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg}\varphi &= x/r = b/g; \cos\varphi = r/z = g/y; \\ \sin\varphi &= x/z = b/y. \end{aligned} \quad (56)$$

Истеъмолчи токини кучланиш ва тўлиқ қаршилик z орқали ёки кучланиш ва тўлиқ ўтказувчанлик y орқали ифодалаш мумкин: $I = U/z = Uy$. Тўлиқ ўтказувчанлик—тўлиқ қаршиликка тесқари катталиқ: $y = 1/z$. Келтирилган нисбатлар асосида ўтказувчанликларни қаршиликлар орқали ва, аксинча, қаршиликларни ўказувчанликлар орқали осон ифодалаш мумкин:

$$g = r/z^2; b = x/z^2; r = g/y^2; x = b/y^2.$$

Ўтказувчанликларни қаршиликларга бундай алмаштириш ўзгарувчан ток истеъмолчиларининг аралаш уланишини ҳисоблашда қўлланилади.

Шуни таъкидлаб ўтамизки, ўзгарувчан ток занжирининг актив ўтказувчанлиги g умумий ҳолда актив қаршиликка тесқари катталиқ змас. У занжирда реактив қаршилик бўлмагандагина актив қаршиликка тесқари катталиқ бўлиши мумкин. Худди шунга ўхшаш реактив ўтказувчанлик b занжирда $r = 0$ бўлганда $1/x$ га тенг.

4.12 ЎЗГАРУВЧАН ТОК ИСТЕЪМОЛЧИЛАРИНИ ПАРАЛЛЕЛ УЛАШ

Параллел улаш ўзгарувчан ток истеъмолчилари (двигателлар, ёритиш қурилмалари, уй-рўзғор асбоблари ва ҳоказо) учун кенг қўлланилади. Улар кучланиши деярли ўзгармайдиган умумий ўзгарувчан ток тармоғига уланади.

Турли хил иккита ўзгарувчан ток двигателининг параллел уланишини индуктив фаза силжишлари φ_1 ва φ_2 турлича бўлган истеъмолчиларнинг параллел уланиши сифатида қараб чиқиш мумкин. Бундай уланиш шартларини анализ қилиш учун тегишли вектор диаграммани курамиз. Параллел уланиш диаграммасининг бошланғич вектори сифатида умумий кучланиш вектори \dot{U} ни олиш керак, чунки бундай кучланиш параллел уланишдаги барча тармоқлар учун битта бўлади (64-расм). Бу векторни горизонтал ўқ бўйлаб йўналтирамиз. \dot{U} га нисбатан φ_1 ва φ_2 бурчаклар остида \dot{I}_1 ва \dot{I}_2 тоқлар векторини қўямиз, $I = I_1 + I_2$ бўлгани учун \dot{I} ни иккита тармоқ тоқларининг геометрик йиғиндиси сифатида топамиз. Сўнгра \dot{I} ни гипотенуза сифатида олиб, учбурчак ясаймиз, унинг битта катети \dot{U} га параллел, иккинчи катети эса унга перпендикуляр бўлади. Ясалган учбурчакдан кўриниб турибдики, битта катет тармоқлардаги тоқларнинг актив ташкил этувчилари йиғиндисидан иборат $I_1 \cos\varphi + I_2 \cos\varphi_2 = I_{1a} + I_{2a} = I \cos\varphi$. Иккинчи катет эса тоқларнинг реактив ташкил

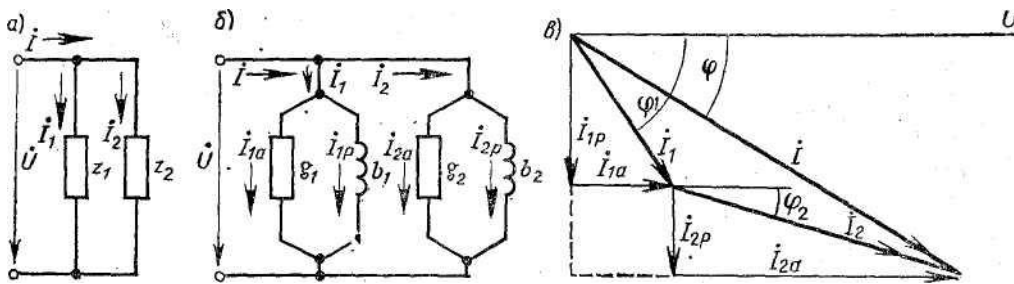
этувчилари йиғиндисидан иборат $I_1 \sin \varphi_1 + I_2 \sin \varphi_2 = I_{1p} + I_{2p} = I \sin \varphi$.

$$\text{Умумий ток } I = \sqrt{\left(\cos \varphi \right)^2 + \left(\sin \varphi \right)^2} = \sqrt{\left(I_{1a} + I_{2a} \right)^2 + \left(I_{1p} + I_{2p} \right)^2}.$$

Умумий актив қувват $P = UI \cos \varphi = UI_a = U \left(I_{1a} + I_{2a} \right)$ бўлади. Токларнинг актив ва реактив ташкил этувчиларини кучланиш ва тегишли ўтказувчанликларга алмаштирамиз: $I_{1a} = Ug_1; I_{2a} = Ug_2; I_{1p} = Ub_1; I_{2p} = Ub_2$; шунга кўра ушбу занжир учун Ом қонуни қуйидагича бўлади:

$$I = U \sqrt{(g_1 + g_2)^2 + (b_1 + b_2)^2}$$

Энди истемолчилар учала турининг параллел уланиш шартларини кўриб чиқамиз. Бунинг учун 64-расм, а даги схемага фақат сиғими C бор битта тармоқ қўшамиз (65-расм). фазалар силжиши орқада қоладиган тармоқлар \dot{I}_1 ва \dot{I}_2 токларининг вектор йиғиндисига кучланиш \dot{U} дан 90° ўзиб кетадиган сиғим токи вектори \dot{I}_c ни қўшамиз. Гипотенузаси сифатида I вектор олинган тўғри бурчакли учбурчак ясаб, биз яна Пифагор теоремасини татбиқ этишимиз мумкин, бу учбурчакнинг битта катети U га параллел, иккинчиси эса унга перпендикуляр бўлади. Ана шу



64- расм. Ўзгарувчан токнинг иккита истемолчисини параллел улаш:
а—схемаси, б — эквивалент схемаси, в — вектор диаграммаси

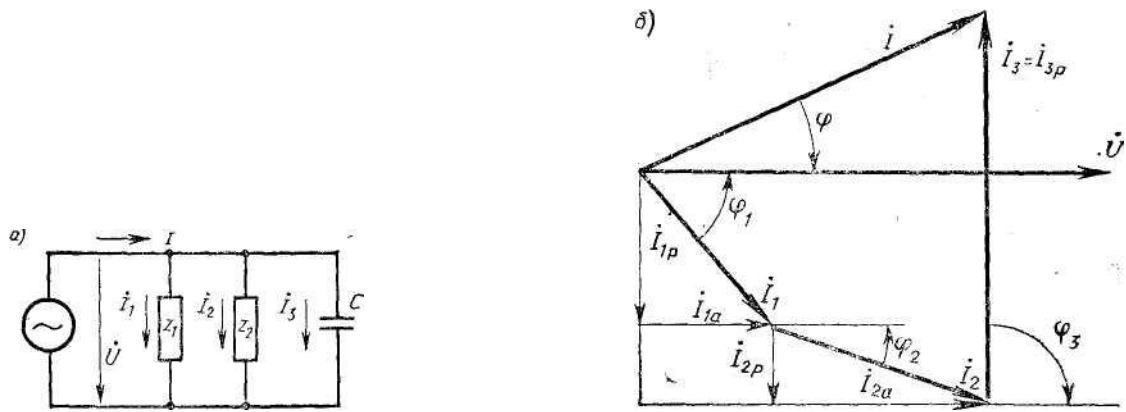
яшаш асосида элементларни параллел улаш учун Ом қонунининг ифодасини оламиз:

$$I = \sqrt{\left(g_1 + g_2 \right)^2 + \left(b_c - b_1 - b_2 \right)^2}.$$

Сиғим тармоғида исрофлар йўқ, шу сабабли у актив ўтказувчанликка эга бўлмайди.

Ом қонунининг охириги ифодасида реактив сиғим ўтказувчанликни шартли равишда мусбат деб ҳисоблаймиз, чунки у фаза жиҳатидан кучланишдан ўзадиган сиғим токига сабаб бўлади. Қолган иккита реактив, индуктив ўтказувчанликларни манфий деб ҳисоблаймиз, чунки уларга фаза жиҳатидан орқада қоладиган тоқлар мувофиқ келади.

Сиғим ва индуктив реактив ўтказувчанликлар маълум даражада бир-бирини компенсациялайди, умумий реактив ўтказувчанлик тармоқларнинг сиғим ва индуктив ўтказувчанликлари айирмасига тенг: $b = b_c - b_L$.



65- расм. Ўзгарувчан токнинг учта истеъмолчисини — фазаларнинг индуктив силжиши бор иккита ва сиғим силжиши бор битта истеъмолчисини параллел улаш: а - схемаси, б — вектор диаграммаси

Лекин хусусий ҳолда $b_c = b_L$ бўлганда, улар бир-бирини тўлиқ компенсациялаши мумкин. Бу тоқлар резонансининг шарти бўлиб, унда тармоқларда электр энергияси манбаидан келаётган токка қараганда бир неча марта кўп тоқлар пайдо бўлиши мумкин.

4.13 АКТИВ, РЕАКТИВ ВА ТЎЛИҚ ҚУВВАТЛАР

Трансформаторлар, кабелларнинг кесимлари, узиб-улайдиган аппаратлар ва бошқаларни танлашда улар қандай токка ҳисобланганлигини билиш зарур. Бунинг учун фақат кучланиш билан актив қувват P маълум эканлигининг ўзи етарли эмас, яна қурилманинг $\cos\varphi$ ни ҳам аниқлаш лозим. $\cos\varphi$ турлича бўлган бир неча энергия истеъмолчилари бўлганда ҳисоблаш анча мураккаблашади. Бундай ҳисоблашларни осонлаштириш учун иккита ёрдамчи катталиқ: тўлиқ $S = UI$ ва реактив $Q = UI \sin\varphi = UI_p$ қувватлар киритилган.

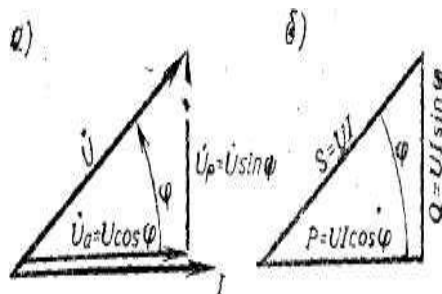
Улар билан актив қувват орасидаги нисбатни қувватлар учбурчаги яққол кўрсатади. Бундай учбурчак яшаш учун кучланишлар учбурчагини олиб, унинг ҳамма томонларини ток I га кўпайтириш керак (66-расм). Шу йўл билан олинган қувватлар учбурчаги кучланишлар учбурчагига ўхшаш бўлади. Унинг гипотенузаси тўлиқ қувват S ни, катетлари эса — актив P ва реактив Q қувватларни ифодалайди. Улар орасидаги нисбат

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}; P = S \cos\varphi; Q = S \sin\varphi \text{ ва } Q = P \operatorname{tg}\varphi. \quad (58)$$

Генератор ва трансформаторларнинг шчитларида тўлиқ қувват кўрсатилади. Генератор ва трансформаторларнинг изоляцияси муайян номинал кучланишга, чулғам симларининг кесими эса—муайян номинал токка ҳисобланади. Бу билан кучланиш ва ток алоҳида-алоҳида чеклаб қўйилади, лекин бу чеклашлар кучланиш билан ток орасидаги фазалар силжиши φ га боғлиқ бўлмайди. Шундай

қилиб, кучланиш ва ток таъсир этувчи қийматларининг кўпайтмаси генератор, трансформатор ва ўзгарувчан ток бошқа қурилмаларининг тўлиқ номинал қуввати S_H ни белгилайди. Юқорида кўрсатилганидек, актив қувват $P = S_H \cos \varphi$.

Демак, ўзгармас тўлиқ қувватда $\cos \varphi$ камайиши билан йўл қўйиладиган актив қувват қиймати камаяди.



66- расм. Қувватлар учбурчагини яшаш:

а—кучланишлар учбурчаги, б— қувватлар учбурчаги

Тўлиқ қувват бирлиги сифатида вольт-ампер (ВА) ва киловольт-ампер (кВ·А) ишлатилади. Бирлик номининг бундай ўзгариши каталог, ҳисоблашлар ва бошқаларда қувватни кўрсатишни соддалаштиради: масалан, актив қувват эмас, балки тўлиқ қувват кўрилаётганлигини кўрсатиш учун 500кВ·А деб ёзишнинг ўзи кифоя.

Реактив қувват Q тушунчасидан қурилманинг тўлиқ қувватини ҳисоблашда, масалан, саноат корхонаси учун зарурий трансформаторнинг қувватини аниқлашда фойдаланилади. Электр энергиясининг турли хил истеъмолчилари актив қувватни ҳам, реактив қувватни ҳам истеъмол қилади. Трансформатор ишлашии лозим бўлган тўлиқ қувват барча истеъмолчилар актив қувватларининг йиғиндиси $\sum P$ билаи уларнинг реактив қувватларни йиғиндиси $\sum Q$ асосида ушбу формуладан аниқланади:

$$S = \sqrt{\sum P^2 + \sum Q^2}. \quad (59)$$

Реактив қувват реактив вольт-ампер (вар) ва реактив киловольт-ампер (квар) да ўлчанади.

Реактив сифим қувватни манфий деб ҳисоблаш шартли равишда қабул қилинган, шунга кўра конденсаторларни реактив қуввати Q_c бўлган генераторлар, индуктив истеъмолчиларни Q_L эса унинг истеъмолчилари деб ҳисоблаш лозим. Истеъмолчилар орасида конденсаторлар ва индуктив ғалтаклар бўлганида установканинг умумий тўлиқ қуввати қуйидагича бўлади:

$$S = \sqrt{\sum P^2 + \sum Q_L - \sum Q_c}. \quad (60)$$

Электр двигателларнинг индуктив қувватини компенсациялайдиган реактив сифим қувват воситасида саноат корхоналарининг $\cos \varphi$ оширилади.

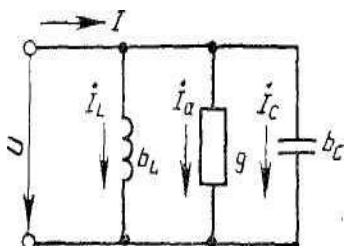
4.14 ТОКЛАР РЕЗОНАНСИ ВА ҚУВВАТ КОЭФФИЦИЕНТИНИ ОШИРИШ

Токлар резонанси ҳодисаси индуктивлиги ва сиғими бор элементлар параллел уланганида кузатилади. Агар қаршилиги z_K бўлган ғалтак билан сиғими C бўлган конденсатор параллел уланса, у ҳолда ғалтакни параллел эквивалент схема билан алмаштириб, иккита реактив тармоқли (b_L ва b_C) ҳамда битта актив тармоқли умумий алмашиниш схемасини ҳосил қиламиз (67-расм). Бундай параллел уланган элементлар учун Ом қонунига мувофиқ занжирдаги умумий ток қуйидагича бўлади:

$$I = U \sqrt{g^2 + (b_C - b_L)^2}.$$

Токлар резонанси индуктив ва сиғим ўтказувчанликлар тенг бўлганда вужудга келади: $b_L = b_C$. Резонанс вақтида занжирдаги умумий ток $I = Ug$ ва $\cos\varphi = 1$. Фаза жиҳатдан қарама-қарши бўлган индуктив ва сиғим токлари катталиги жиҳатидан тенг бўлади ва энергия манбаига нисбатан бир-бирини компенсациялайди, бу эса шундай ҳодисани токлар резонанси деб аташ учун асос бўлади.

Сиғим токи занжир тугунига йўналганда индуктив ток шу тугундан йўналган бўлади — конденсаторнинг зарядсизланишига индуктив ғалтакда токнинг кўпайиши ва магнит майдон вужудга келиши мувофиқ келади ва аксинча ток камайганида конденсатор зарядланади. Энергия конденсаторнинг электр майдонидан индуктив ғалтакнинг магнит майдонига ўтади, чорак даврдан кейин эса бу энергия яна электр майдонга қайтади. Реактив ток индуктив ғалтак билан конденсатор ҳосил қилган ҳалқада туташади, тебраниш контурини ўзгарувчан ток манбаи билан улайдиган симлар ва манбанинг ўзи реактив токдан халос бўлади.

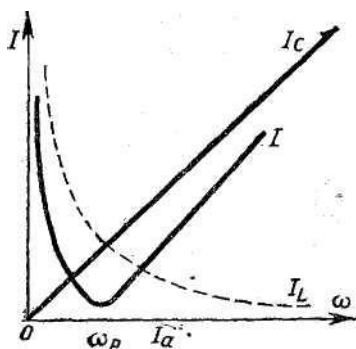


67- расм. Ғалтак билан конденсаторни параллел улашнинг эквивалент схемаси

Идеал токлар резонансида контурда исрофлар бўлмайди ва унинг актив ўтказувчанлиги $g = 0$, лекин $b_C - b_L = 0$ бўлгани учун занжирнинг тўлиқ ўтказувчанлиги $y = 0$ ва тўлиқ, қаршилиги $z = \infty$. Демак, актив исрофлар кам бўлганда занжирнинг токлар резонанси шароитига яқинлашиши занжирнинг узилиш эффектини беради.

Агар токлар резонансига $b_C - b_L$ созланган занжирда иккала реактив ўтказувчанлик бир хил n марта оширилса, яъни улар $b'_L = nb_L$ ва $b'_C = nb_C$ орқали алмаштирилса, у ҳолда иккала ток ҳам n марта кўпаяди. Лекин бунда энергия манбаидан берилаётган умумий ток I ўзгармайди, чунки $I = Ug$. Бундан келиб чиқадиган хулоса шуки, индуктив ва сиғим тармоқларидаги

тоқларни чекланмаган миқдорда ошириш мумкин,



68- расм. Тоқлар резонанс занжирининг частота характеристикаси

бунда энергия манбаининг токи ўзгармайди. Лекин реактив токнинг физик истеъмолчилари—конденсаторлар ва индуктив ғалтаклар албатта маълум актив ўтказувчанликка эга, бу айниқса ғалтакларда сезиларли. Шу сабабли реактив ўтказувчанликни ошириш мақсадида қўшимча конденсаторлар ва ғалтакларни параллел улаш актив ўтказувчанлик g ни ва, бинобарин, энергия манбаидан келаётган умумий ток I ни ҳам оширади.

Кучланишлар резонансидаги каби тоқлар резонанси ҳам энергия манбаининг частотаси ўзгарганида ёки L ёхуд C ўзгарганида вужудга келиши мумкин. 68-расмда тоқлар резонанси вужудга келиши мумкин бўлган занжирнинг частота характеристикаси берилган. Бу ерда ғалтак тоқининг фақат бир қисми ҳисобланган тоқларнинг актив ташкил этувчиси I_a частотага боғлиқ бўлмайди. Тоқнинг индуктив ташкил этувчиси частотага тескари пропорционал бўлади, шу сабабли частота кўпайиши билан ғалтак тоқи камаяди. Сиғим тоқи $I_c = U\omega C$ частотага пропорционал равишда чизиқли ортади. $I_c(\omega)$ ва $I_L(\omega)$ характеристикаларнинг кесишиш нуқтаси тоқлар резонанси бошланганини тақрибан (I_a нинг таъсири туфайли) аниқлайди. Абсциссалар ўқидан умумий ток I нинг минимум нуқтасигача бўлган масофа чизма масштабида тоқнинг актив ташкил этувчиси I_a ни белгилайди.

Кучланишлар резонансидан фарқ қилиб, тоқлар резонанси—электр қурилма учун хавфсиз ҳодисадир. Бу ерда ҳеч қандай қутилмаган ҳодиса йўқ, чунки катта реактив тоқлар ҳосил қилиш учун катта қувватли реактив ғалтаклар ва конденсаторларнинг катта батареяларини улаш керак.

Тоқлар резонансига яқин бўлган режимдан саноат корхоналарида қувват коэффицентини ошириш учун кенг фойдаланилади. Одатда бу коэффицентни двигателларнинг магнитловчи тоқларни камайтиради. Двигателларда айлантурувчи момент ҳосил қилиш учун ўзгарувчан магнит майдоннинг чулғам тоқлари билан ўзаро таъсирдан фойдаланилади. Бу майдонни вужудга келтириш учун ўзгарувчан магнитловчи ток зарур - бу реактив индуктив ток бўлади. $\cos\phi$ қийматининг кичиклиги қуйидагиларга сабаб бўлади: биринчидан, генераторлар, узатиш линиялари ва трансформаторларнинг қувватидан чала фойдаланилади; иккинчидан, электр энергиясини узатишда фойдасиз қўшимча исрофлар бўлади. Энергия узатишда линия симларидаги исрофлар ($r_{л}$) $P_{уз} = I^2 r_{л}$, лекин $I = \sqrt{I_a^2 + I_p^2}$, бинобарин,

$P_{уз} = I_a^2 r_l + I_p^2 r_l$ яъни исрофлар токнинг актив ташкил этувчиси I_a ни узатишдаги зарурий исрофлар билан токнинг реактив ташкил этувчисини узатишдаги фойдасиз исрофлардан таркиб топади.

Лекин двигателларга конденсаторлар батареяларини параллел улаш йўли билан узатувчи қурилмалар ва генератор индуктив токдан бўшатилади, шу сабабли агар тоқлар резонанси режими пайдо бўлса, у ҳолда реактив токнинг ҳаммаси конденсатор билан индуктив ғалтаклардан (чулғамлардан) ҳосил бўлган ҳалқада туташади. Бунда қўшимча исрофлар $I_p^2 r_l$ йўқолади, узатувчи қурилмалар билан генераторни эса тегишлича қўшимча актив ток билан юклаш ва қўшимча актив қувват бериш мумкин.

Бундай тўлиқ бўшатишни амалга ошириш учун индуктив қувват $Q = UI \sin \varphi$ га тенг сиғим қувват $Q = U^2 \omega C$ зарур, бунда I_n — нағрузкаловчи қурилманинг умумий токи (компенсацияга қадар).

Лекин кўп ҳолларда тўлиқ компенсациялашга ҳожат бўлмайди, чунки $\cos \varphi > 0,95$ да токнинг реактив ташкил этувчиси нисбатан шу қадар кичик бўладики, умумий ток бўлгани сабабли унинг амалий аҳамияти қолмайди.

Токнинг бу нисбатан кичик ташкил этувчисини компенсациялаш учун конденсаторларнинг сиғимини анча ошириш лозим, бу эса иқтисодий жиҳатдан номақбулдир.

4.15 ЎЗГАРУВЧАН ТОК ЗАНЖИРЛАРИНИ АНАЛИЗ ҚИЛИШНИНГ КОМПЛЕКС УСУЛИ

Ўзгарувчан ток занжирларини вектор диаграммалар тузиш ва ўзгарувчан ток қаршиликларини ўтказувчанликка ҳамда тескари айлантриш йўли билан ҳисоблаш (ўтказувчанликлар усули) мураккаб занжирлар учун жуда кўп меҳнат талаб қиладиган ишдир. Агар комплекс ток ва кучланишлар ишлатилса бу ҳисоблашлар анча соддалашади. Шу жумладан, ўзгарувчан ток занжирларини ҳисоблаш учун Кирхгоф қонунларини ҳамда ўзгармас ток мураккаб занжирларини ҳисоблашнинг барча методларини татбиқ этишга имкон беради.

Мисол тариқасида элементлари аралаш уланган занжирни (69- расм) ҳисоблашни кўриб чиқамиз. Занжирнинг кириш қисмаларидаги кучланиш U ва унинг барча актив ҳамда реактив қаршиликларини маълум катталиклар деб ҳисоблаймиз.

Комплекс усул занжирнинг умумий тўлиқ қаршилиги Z ни ўзгармас токнинг элементлари аралаш уланган занжирининг умумий қаршилиги формуласига $\{r_l + r_p\}$ ўхшаш формула билан ифодалашга имкон беради, яъни умумий қаршилик тармоқланмаган қисмининг қаршилиги Z_l билан тармоқланган қисм қаршилиги Z_p нинг йиғиндиси сифатида қаралади; бунда тўлиқ қаршиликлар — комплекс катталиклар эканлиги эътиборга

олинади.

Барча занжирнинг умумий тўлиқ қаршилиги қуйидагича бўлади:

$$\underline{Z} = \underline{Z}_1 + \underline{Z}_p$$

бунда $\underline{Z}_1 = r_1 + j\omega L_1 = r_1 + jx_1$; \underline{Z}_p — иккита параллел тармоқдан иборат тармоқланиш қаршилиги:

$$\underline{Z}_p = \frac{\underline{Z}_2 \underline{Z}_3}{\underline{Z}_2 + \underline{Z}_3}$$

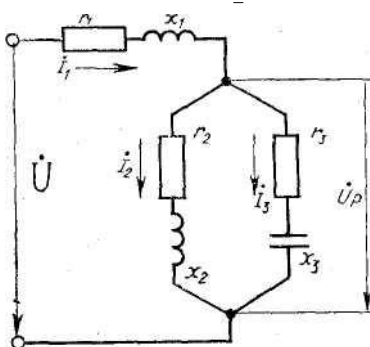
Тармоқларнинг тўлиқ қаршиликлари

$$\underline{Z}_2 = r_2 + j\omega L_2 = r_2 + jx_2; \underline{Z}_3 = r_3 - j\frac{1}{\omega C} = r_3 - jx_3;$$

Шундай қилиб, умумий тўлиқ қаршилик

$$\underline{Z} = r_1 + jx_3 + \frac{(r_2 + jx_2)(r_3 - jx_3)}{r_2 + jx_2 + r_3 - jx_3}$$

яъни у маълум катталиклар орқали ифодаланган. Кириш қисмаларидаги кучланиш \dot{U} ни ҳақиқий ўқ бўйича йўналтирамиз, яъни уни ҳақиқий катталик деб ҳисоблаймиз: $\dot{U} = U$. Умумий ток $\dot{I}_1 = U / \underline{Z}$. Занжирнинг тармоқланмаган қисмида кучланишнинг пасайиши $\dot{I}_1 \underline{Z}_1$ тармоқланган қисмидаги кучланиш эса $\dot{U}_m = I_1 \underline{Z}_m$ бўлади, шунга кўра иккита тармоқдаги тоқлар: $\dot{I}_2 = \dot{U}_m / \underline{Z}_2$; $\dot{I}_3 = \dot{U}_m / \underline{Z}_3$



69- расм. Элементлар аралаш уланган занжир схемаси

Комплекс катталикларнинг ҳақиқий ва мавҳум ташкил этувчилари абсцисса ва ординаталарнинг тегишли кесмаларини белгилайди, бу эса занжирининг вектор диаграммасини тузишни анча осонлаштиради.

Ўзгарувчан ток занжирининг қуввати синусоидал катталик эмас. У доимий ташкил этувчи билан қўш частотали синусоидал ташкил этувчининг

Йиғиндисидан иборат, бинобарин, уни кўриб чиқиладиган занжирнинг ток ва кучланишлари комплекслари кўпайтмаси сифатида аниқлаб бўлмайди. Шу сабабли қувватни намунали формада ифодаланган комплекс катталиклар $\dot{U} = Ue^{j\psi_U}$, $\dot{I} = Ie^{j\psi_I}$ ёрдамида аниқлаш учун сунъий усулни қўллашга тўғри келади. Туташ ток комплексини $\dot{I} = I^{-e^{j\psi_I}}$ яъни катталиги жиҳатдан \dot{I} га тенг, лекин ҳақиқий катталикларга нисбатан тескари томонга ψ бурчакка силжиган векторни оламыз, яъни $\dot{I} = I \cos \psi_1 - jI \sin \psi_1$. Кучланиш комплексини $Ie^{-j\psi}$ га кўпайтириб, $\dot{U} \dot{I} = UIe^{j(\psi_U - \psi_I)}$ ни оламыз, лекин $\psi_U - \psi_I = \varphi$ ва $e^{j(\psi_U - \psi_I)} = e^{j\varphi} = \cos \varphi + j \sin \varphi$ бўлгани учун,

$$S = \dot{U} \dot{I}^* = UIe^{j\varphi} = UI \cos \varphi + jUI \sin \varphi = P + jQ \quad (61)$$

Олинган катталик комплекс қувват дейилади. Унинг ҳақиқий қисми актив қувват P га, мавҳум қисми — реактив қувват Q га тенг.

4.16 ДАВРИЙ НОСИНСОИДАЛ ТОКЛАР

Ўзгарувчан ток ва кучланишлар эгри чизикларининг синусоидал шаклини сақлаб туриш ва уларнинг синусоидал шаклдан четга оғишини йўқотиш учун электроэнергетик системаларда қатор тадбирлар кўрилади. Лекин электр алоқа занжирларида, ҳар хил электрон қурилмаларда синусоидал шаклдан бундай оғишлар қурилманинг асосий иш жараёнидан пайдо бўлади. Шу сабабли саноат электроникаси, алоқа ва автоматика қурилмаларининг ишлаш принципини тушуниш учун носинусоидал тоқлар ҳақидаги таълимот элементларини билиш зарур.

Носинусоидал ўзгаришларда муайян вақт оралиғи T дан (давр) кейин бутун ўзгариш жараёни такрорланадиган бўлса, улар даврий носинусоидал ўзгаришлар бўлади.

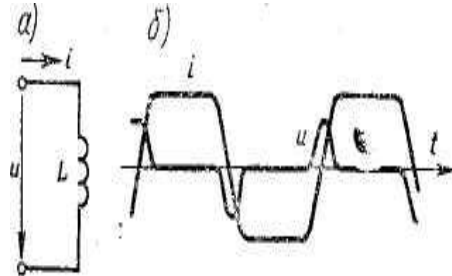
Токнинг бундай даврий ўзгаришини математик жиҳатдан частотаси турлича ва турли бошланғич фазали синусоидаларнинг йиғиндиси сифатида кўрсатиш мумкин. Бундай математик форма гармоний қатор (Фурье қатори) дейилади. Носинусоидал ток учун бу қаторнинг кў-риниши, қуйидагича бўлади:

$$i = I_0 + I_{1m} \sin(\omega t + \alpha_1) + I_{2m} \sin(2\omega t + \alpha_2) + I_{3m} \sin(3\omega t + \alpha_3) + \dots + I_{km} \sin(k\omega t + \alpha_k)$$

бунда I_0 — ўзгармас ташкил этувчи (ўзгармас ток): $I_{1m} \sin(\omega t + \alpha_1)$ — асосий тўлқин, яъни синусоидал тебраниш бўлиб, унинг частотаси носинусоидал токнинг частотасига тенг, α_1 — унинг бошланғич фазаси бўлиб, вақт ҳисоби бошланган моментга боғлиқ; қолган барча синусоидал ташкил этувчилар — юқори гармоник ташкил этувчилардир (гармониклар); 2, 3, 4, ... , — гармоник ташкил этувчиларнинг тартиби.

Демак, носинусоидал токни ўзгармас ток билан частотаси турлича ва бошланғич фазалари ҳар хил бўлган ўзгарувчан синусоидал тоқларнинг йиғиндиси сифатида қараш мумкин.

Параметрлари токка боғлиқ бўлмаган чизиқли занжирда ток ва кучланишларни ҳар қайси гармоник ташкил этувчи учун алоҳида ҳисоблаш мумкин (устига қўйиш принципи). Уларни ҳар бири га синусоидал ток учун Ом қонуни тўғри келади:



70- расм. Фақат идеал индуктив ғалтаги бор занжир (а) ва шу занжирнинг кучланиш ҳамда ток эгри чизиқлари (б)

$$I_k = \dot{U}_k / Z_k,$$

бунда I_k ва U_k — комплекс таъсир этувчи ток ва кучланишлар (гармоник ташкил этувчилар); Z_k — занжирнинг тўлиқ комплекс қаршилиги, унинг қиймати гармоник ташкил этувчининг тартибига боғлиқ.

Масалан, занжир қисмаларидаги кучланиш (оний қиймати) , яъни бу кучланиш асосий тўлқин билан учинчи гармониканинг қўшилишидан ҳосил бўлади. Зан-жир актив қаршилиги r ва индуктивлиги L бўлган кетма-кет уланган элементлардан таркиб топади. Демак, гармоник ташкил этувчиларни алоҳида-алоҳида кўриб чиқиб, қуйидагини оламиз:

$$i = \frac{U_{1m}}{\sqrt{r^2 + (\omega L)^2}} \sin(\omega t - \varphi_1) + \frac{U_{3m}}{\sqrt{r^2 + (3\omega L)^2}} \sin(\omega t + \alpha^3 - \varphi_3),$$

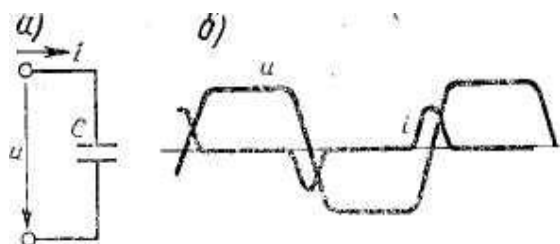
бу ерда фазалар силжиши қуйидаги шартлар билан аниқланади:

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{\omega L}{r}, \operatorname{tg} \varphi_3 = \frac{3\omega L}{r}$$

Гармоник ташкил этувчининг тартиби k ортиши билан индуктив қаршилиқ $k\omega L$ ҳам пропорционал равишда ортади, натижада индуктив ғалтакдаги ток эгри чизиғи ғалтак қисмаларидаги носинусоидал кучланиш эгри чизиғига қараганда синусоидага кўпроқ яқин бўлиб қолади (70-расм).

Индуктив ғалтак юқори гармоникаларининг бундай сўнишидан, масалан, тўғриланган ток эгри чизиғини текислашда кенг фойдаланилади. Гармоник ташкил этувчилар учун сиғим қаршилиқ $1/k\omega C$ гармоника тартиби ортиши билан камаяди, бошқача айтганда, сиғим ўтказувчанлик $k\omega C$ асосий тўлқинга қараганда юқори гармоник ташкил этувчилар учун анча катта бўлади. Шу сабабли конденсатор қисмаларидаги кучланиш и эгри чизиғига қараганда

конденсатор носинусоидал токи i нинг эгри чизиғи (71-расм) кўпроқ бузилган бўлади.



71- расм. Конденсаторли занжир (а) ва шу занжирнинг кучланиш ҳамда ток эгри чизиклари (б)

Индуктивлик ва сиғимларнинг ток ҳамда кучланишлар оний қийматлари эгри чизикларининг шаклига таъсирдан филтрларда — бирор муайян частотали ёки муайян частоталар полосасидаги тўлқинларни сўндириш ёки ажратиш учун мўлжалланган қурилмаларда фойдаланилади.

Қисқача хулосалар

Ушбу боб материаллари ўзгарувчан ток занжирларини ўрганишга бағишланган бўлиб, бунда синусоидал ток, ўзгарувчан ток манбалари, ўзгарувчан ток билан кучланишнинг таъсир этувчи ва вектор ифодалари, энг оддий ўзгарувчан ток занжири истеъмолчиларни параллел улаш, оний ва актив ток истеъмолчиларини параллел улаш, актив, реактив ва тўлиқ қувватлар, тоқлар резонанси ва қувват коэффициенти ошириш каби хусусиятлари батафсил ўрганилади ва хар бир хусусият бўйича тажриба машқлари бажарилади.

Назорат учун саволлар

1. Ўзгарувчан ток деганда нима тушунилади?
2. Тўлқин узунлиги ўзгарувчан ток частотаси орқали қандай ифодаланади?
3. Ўзгарувчан токнинг ўзгаришлари график тарзда қандай тасвирланади ва синусоидал ўзгарувчан ток қандай математик ифода билан аниқланади?
4. Синусоидал параметрлар орасидаги фазалар силжиганда бу параметрлар қандай ифодалар билан аниқланади?
5. Энг оддий ўзгарувчан токнинг злектр занжирлари учун вектор диаграммалар қандай тузилади?
6. Ўзгарувчан ток истеъмолчиларини кетма-кет улаш учун диаграмма тузишни қайси вектордан бошлаш керак?
7. Сиртий эффект қандай сабаблар туфайли вужудга келади ва бу эффект нимадан иборат?

8. Кучланишлар резонанси қандай шароитларда вужудга келади ва у нимадан иборат?

9. Саноат корхоналарнинг қувват коэффиценти пасайишининг асосий сабаби нимадан иборат?

10. Қандай катталиклар кучланишлар учбурчагини ва қаршиликлар учбурчагини ҳосил қилади?

11. Қандай катталиклар тоқлар учбурчагини ва ўтказувчанликлар учбурчагини ҳосил қилади?

12. Қандай катталиклар қувватлар учбурчагини ҳосил қилади?

13. Актив ва тўлиқ қаршиликларни ўтказувчанликлар орқали қандай ифодалаш мумкин?

14. Фазалар силжишини компенсациялашнинг қандай фойдали оқибатлари бор?

15. Электр энергиясининг бир неча истеъмолчилардан таркиб топган установканинг тўлиқ қуввати аниқланади?

16. Ўзгарувчан тоқ занжирларининг ҳисоблашда комплекс методни тадбиқ этишни қандай афзалликлари бор?

17. Ўзгарувчан тоқнинг актив қувватини қандай учта формула билан ифодалаш мумкин?

Фойдаланилган адабиётлар:

19. Пирогова Е.В. Проектирование и технология печатных плат. Учебник. – М.: ФОРУМ; ИНФРА – М, 2005. – 560 с.
20. Электрорадиоизмерения: Учебник. / Под ред. профессора Сигова А. С. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. - 384 с.
21. Шеховцов В.П. Электрическое и электромеханическое оборудование: Учебник. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2004. - 407 с.
22. Щербакова Ю.В. Шпаргалка по общей электронике и электротехнике: Ответы на экзаменационные билеты. - М.: Аллель-2000, 2005. - 64с.
23. Гальперин М. В. Электронная техника: Учебник. - 2-е изд. Испр. и доп. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. - 352 с.
24. Касаткин А.С. Электротехника асослари. Уқув қулланма. Тошкент, «Уқитувчи», 1989. – 254 б.

5-боб. ЯРИМЎТКАЗГИЧЛИ АСБОБЛАР

- 5.1. ЭЛЕКТРОН ВА ТЕШИКЛИ ЭЛЕКТР ЎТКАЗУВЧАНЛИК
- 5.2. АРАЛАШМАЛИ ЭЛЕКТР ЎТКАЗУВЧАНЛИК
- 5.3. ЯРИМЎТКАЗГИЧЛИ ДИОДЛАР
- 5.4. БИПОЛЯР ТРАНЗИСТОРЛАР
- 5.5. МАЙДОНЛИ ТРАНЗИСТОРЛАР
- 5.6. ТИРИСТОРЛАР
- 5.7. ФОТОЭЛЕКТРИК ЯРИМЎТКАЗГИЧЛИ АСБОБЛАР
- 5.8. ИНТЕГРАЛ МИКРОСХЕМАЛАР

5.1. ЭЛЕКТРОН ВА ТЕШИКЛИ ЭЛЕКТР ЎТКАЗУВЧАНЛИК

Яримўтказгичли асбоблар мураккаб тузилишли, солиштирма қаршилиги катта бўлган қаттиқ жисмда электр токи ҳодисаларини бошқаришга асосланган.

Яримўтказгичли асбоблар қатор асосий афзалликлари туфайли электротехника ва электрониканинг кўпгина соҳаларида электрон лампалар ва ион асбобларнинг ўрнини эгалламоқда.

Яримўтказгичли диодлар асосан венти́ллар сифатида қўлланилади.

Учта қатлам яримўтказгичга ва учта электродга эга бўлган яримўтказгичли асбоблар транзисторлар деб аталади. Улар кўпроқ кўчайтиргичларда ва жуда юқори ҳамда юқори частотали ўзгарувчан ток генераторларида ишлатилади.

Тўрт қатлам яримўтказгичлардан ташкил топган яримўтказгичли асбоблардан кўп ҳолларда бошқариладиган венти́ллар сифатида фойдаланилади. Уларни тиристорлар деб аталади.

Ўтказгичлар билан диэлектриклар оралиғидаги моддаларни яримўтказгичлар деб аташ қабул қилинган. Уларнинг солиштирма электр ўтказувчанлиги хона температурасида 10^{-3} дан 10^6 Ом/м гача.

Яримўтказгичлар билан диэлектриклар орасидаги чегара шартли, чунки диэлектриклар анча юқори температурада худди яримўтказгичларга ўхшаб қолади, тоза яримўтказгичлар эса анча паст температурада диэлектриклар каби ишлайди. Металларда ҳажм бирлигидаги заряд ташувчилар сони, яъни заряд ташувчилар концентрацияси амалда температурага боғлиқ бўлмайди, яримўтказгичларда эса заряд ташувчилар фақат ташқи манба (иссиқлик, нур, электр ва ҳоказо) энергияларини ютиши натижасидагина вужудга келади.

Агар ташқаридан (масалан, температурани ошиши туфайли) келаётган энергия атом электронига жуфт электрон боғланишни узишга етарли даражада энергия берса, бу ҳолда эркин бўлиб қолган электрон заряд ташувчи бўлиб қолади.

Электрон эркин бўла туриб, кристалл панжарада яримўтказгичга ўхшамаган модда вужудга келтиради, тоза яримўтказгичлар эса жуда кичик температурада иссиқлик тебранишлари таъсирида қўшни нейтрал атомдан ажралиб чиққан электрон билан тўлиши мумкин. Лекин бу электроннинг ўрнида янги тешик пайдо бўлади. Уни кейинги атом электронини тўлдириши мумкин ва ҳоказо. Эркин боғланишни электронлар билан кетма-кет тўлиши яримўтказгичда тескари йўналишда тешикларнинг ҳаракатига эквивалентдир. Ташқи электр ва магнит майдонларнинг таъсири остида тешик ўзини худди мусбат зарядланган заррача каби тутати ва унинг массаси тахминан электроннинг массасига тенг бўлади. Ташқи электр майдон бўлганда тешиклар яримўтказгичда майдон йўналиши бўйича, электронлар эса—тескари йўналишда силжийди. Шундай қилиб, яримўтказгичда икки типдаги — электрон ва тешик заряд ташувчилар бўлади, демак, икки типдаги— электрон ва тешик электр ўтказувчанлик мавжуд. Энергия ютганда ажралиб чиққан ҳар бир эркин электрон тешик ҳосил қилади, шунинг учун тоза яримўтказгичда электронлар сони тешиклар сонига тенг бўлади.

Тешик нисбатан узоқ турмайди. У учрашган эркин электрон билан рекомбинацияланади (яъни бирлашади). Яримўтказгичда электрон тешиклар жуфтнинг концентрацияси стационар режим шароитларида жуфтларнинг термогенерацияси (иссиқлик таъсирида ҳосил бўлиши) ва уларнинг рекомбинацияси жараёнлари орасидаги мувозанат билан аниқланади. Бундай концентрация яримўтказгичнинг хусусий электр ўтказувчанлигини ҳосил қилади. Яримўтказгичларнинг электр ўтказувчанлиги температуранинг ошиши билан қўшимча электронларнинг ажралиши ва тешикларнинг пайдо бўлиши оқибатида тез кўпаяди. Ўтказувчанлик температуранинг ошиши билан, яримўтказгичнинг кристалл панжараси тугунларидаги мусбат ионларнинг иссиқлик тебранишлари туфайли электронлар тезлигининг ва эркин кўчиш узунлигининг камайишига қарамасдан, яъни эркин электронларнинг ҳаракатига тўсқинлик қилишига қарамасдан кўпаяверади. Яримўтказгичларнинг металллардан сезиларли фарқи ҳам ана шундадир, уларнинг электр ўтказувчанлиги температуранинг ошиши билан камаяди.

Ҳозирги вақтда қўлланиладиган яримўтказгичларнинг хусусий ўтказувчанлиги нисбатан жуда кичик бўлиб, уни аниқлашда шуни унутмаслик керакки, у жуда оз миқдордаги аралашмага ҳам жуда боғлиқ: яримўтказгич қанча яхши тозаланса, унинг солиштирама қаршилиги шунча юқори бўлади. 300°K (27°C) да германийнинг солиштирама қаршилиги $47\text{ Ом}\cdot\text{см}$. Лекин германийнинг 10^8 атомига аралашманинг битта атоми киритилса, бунда солиштирама қаршилиқ $4\text{ Ом}\cdot\text{см}$ гача камаяди.

5.2. АРАЛАШМАЛИ ЭЛЕКТР ҮТКАЗУВЧАНЛИК

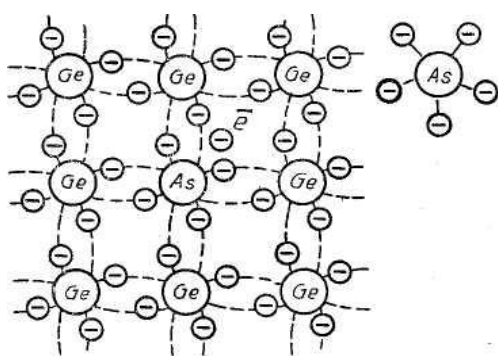
Амалда яримўтказгичларнинг аралашмали электр ўтказувчанлигидан фойдаланилади. У соф яримўтказгичга жуда оз (10^{-6} — 10^{-5} %), аммо аниқ белгиланган миқдорда маълум аралашма қўшиш йўли билан ҳосил қилинади. Бундай аралашманинг нисбий концентрацияси кам бўлса ҳам, унинг абсолют концентрацияси етарли даражада юқори (10^{14} — 10^{18} атомлар/см³) ва ҳосил қилган заряд ташувчилари хусусий электр ўтказувчанлигининг заряд гашувчиларидан кўп марта (масалан, 20000 марта) ортиқ.

Шу билан бирга аралашма яримўтказгичнинг электр ўтказувчанлигига кескин ажралган маълум характер — электронли ёки тешикли электр ўтказувчанликни беради.

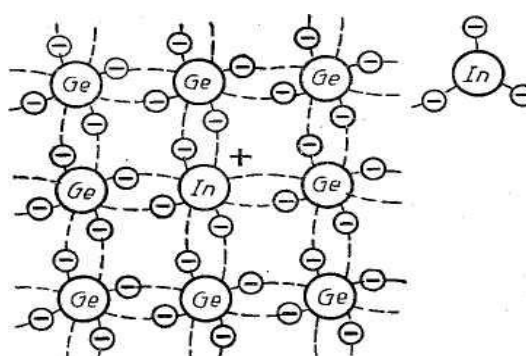
Аралашмалар ўз электронини бериб, яримўтказгичда электрон электр ўтказувчанликни вужудга келтиради; бундай аралашмалар *донорлар* деб аталади. Бошқа аралашмалар эса панжарадан электронни олиб, тешикли электр ўтказувчанликни вужудга келтиради; бу *акцепторли* аралашмадир.

Ҳозирги вақтда яримўтказгичли асбобларда Менделеев даврий системаси IV группасининг иккита элементи кенг ишлатилмоқда: кремний (Si) ва германий (Ge), улар олмос типли кристалл панжарага эга. Уларда ҳар бир атом қўшни тўртта атом билан жуфт электрон кучлар орқали боғланган: ҳар бир жуфт валентли электронлар бир хил даражада иккита қўшни атомга тегишли.

Агар аралашма атомининг валентли электрони яримўтказгич атомидан битта ортиқ бўлса, электрон аралашмали электр ўтказувчанлик вужудга келади.



72-расм. Германий панжарасида мишьяк аралашмаси билан электрон электр ўтказувчанликни вужудга келтирувчи текис-



73-расм. Германий панжарасида индий аралашмаси билан тешикли электр ўтказувчанликни вужудга келтирувчи текисликдаги

Германий ва кремнийга нисбатан донорлар V группа элементлари — мышьяк, сурьма ва фосфорлар бўлиши мумкин. Масалан, мышьяк атоми германийники кристалл панжарасидаги унинг битта атоми алмаштира, у ҳолда мышьякнинг тўртта валент электрони ва германийнинг тўртта қўшни атомининг электрони саккиз электрондан иборат мустақам қатлам ҳосил қилади (72-расм). Бунда мышьяк атомининг бешинчи валент электрони атом билан бўш боғланиб қолади ва осонгина эркин бўлиб қолади, аралашма атоми эса — қўзғалмас мусбат ион бўлади.

Агар аралашма атомининг валент электрони яримўтказгич атоминикидан битта кам бўлса, бу ҳолда тешикли аралашмали электр ўтказувчанлик вужудга келади. IV группа элементларига нисбатан акцепторлар III группа элементлари — индий, бор, галий, алюминий бўлиши мумкин. Бу ҳолда III группанинг атоми яримўтказгичнинг кристалл панжарасида жой эгаллаб, мустақам саккиз электронли қатлам ҳосил қилиш учун асосий панжарадан валент электронни олади. Шундай қилиб, панжарада тўлдирилмаган жой — тешик вужудга келади, натижада тешикли электр ўтказувчанлик пайдо бўлади (73-расм).

«Электронли» (*p*-типли) ёки «тешикли» (*n*-типли) яримўтказгич терминлари ушбу яримўтказгичда асосий заряд ташувчилар — электронлар ёки тешиклар бўлишини кўрсатади. Лекин, улар билан бирга яримўтказгичда (одатда, кам миқдорда) *асосий бўлмаган заряд ташувчилар* ҳам бўлади, улар электронтешик жуфтларини термогенерация қилишда вужудга келади ва яримўтказгични хусусий электр ўтказувчанлигини белгилайди.

Температуранинг ошиши билан асосий бўлмаган заряд ташувчилар сони тез ошади ва нисбатан паст температурада ҳозирги вақтда ишлатиладиган яримўтказгичлар ўзига хос хусусиятларини йўқотади. Уларнинг аралашмали электр ўтказувчанлиги хусусийга нисбатан кам бўлиб қолади, шунинг учун ишлатишда яримўтказгичли қурилмада германий температураси 60°C дан, кремнийники 150°C дан ва арсенид галлийники 250°C дан ошмаслиги керак.

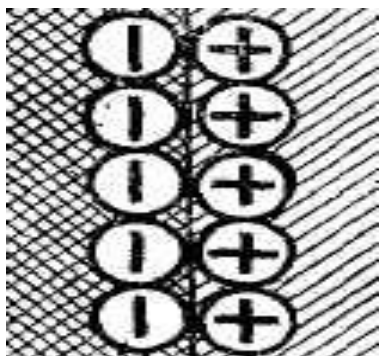
5.3. ЯРИМЎТКАЗГИЧЛИ ДИОДЛАР

Яримўтказгичли пластинкада турли электр ўтказувчанли икки қатлам орасидаги чегарада *электрон тешикли* ўтиш вужудга келади, яъни *p—n*-ўтиш ёки *беркитувчи қатлам* деб ҳам аталади. Бу қатлам вентиль хусусиятига, яъни бнр томонлама ўтказувчанликка эга. Бу ҳодиса қуйидагича тушунтирилади. *p*-соҳада

электронлар концентрацияси соҳадаги уларнинг концентрациясидан бир неча марта ортиқ, чунки улар p -соҳада асосий бўлмаган заряд ташувчилар бўлиб хизмат қилади. Натижада электронлар концентрацияси кам соҳага — p -соҳага диффузияланади. Бу ерда улар акцепторларнинг тешиклари билан рекомбинациялашади (бирикади) ва шу йўл билан бу соҳада компенсацияланмаган мусбат заряд тешик — асосий заряд ташувчилар билан акцепторлар атомларининг фазовий (ҳажмий) манфий заряд ионларини вужудга келтиради.

Бир вақтда тешикларнинг n -соҳада диффузияси содир бўлади. Бу ерда компенсацияланган электронларнинг заряди билан донорларнинг фазовий мусбат заряд ионлари вужудга келади. Шу йўл билан яримўтказгичнинг иккита соҳаси орасида фазовий заряднинг икки қатлами (74-расм) пайдо бўлади, бу қатламда асосий заряд ташувчилар кам бўлади. Фазовий зарядларнинг мавжудлиги туфайли p - ва n -соҳалар орасида электр потенциалларнинг пасайиши вужудга келади. Уни *потенциал барьер* (тўсиқ) деб, унинг миқдори $\phi_p - \phi_n$ ни эса — потенциал барьер баландлиги деб аталади.

Электронтешикли ўтишни турли аралашмали ўтказувчанликли яримўтказгичдан тайёрланган бир пластинкани бошқаси устига қўйиб ҳосил қилиш мумкин эмас, бунга сабаб пластинкалар орасидаги сиртда плёнка ёки жуда юпқа ҳаво қатламининг мавжудлигидир. Бундай ўтиш битта яримўтказгич пластинкасида турли электр ўтказувчанлик соҳаларини пайдо қилиш орқалигина вужудга келади. Бундай $p - n$ -ўтиши икки қатламли яримўтказгичли асбоб яримўтказгичли диод деб аталади.



74- расм. p - n -
ўтишнинг потенциал
барьер схемаси

Агар электр энергияси манбаининг мусбат қутби яримўтказгичли диоднинг соҳаси билан; манфийси эса — n -соҳаси билан бириктирилса, бу ҳолда манбанинг электр майдони фазовий заряд таъсирини кичик миқдоргача кучсизлантиради—диоднинг потенциал барьери пасаяди, натижада диффузия ва u билан бирга $p - n$ -ўтиши орқали ўтаётган ток кескин кўпаяди. Яримўтказгичли диодни бундай улаш тўғри улаш деб аталади. Яримўтказгичли диодни тескари улаганда, яъни кучланиш манбаининг минуси p -соҳа билан, шу манбанинг плюси эса — n -соҳа билан уланса, ташқи майдон фазовий заряд майдонини

кучайтиради ва ўтишнинг икки томонидаги заряд ташувчилар узоқлашади. ρ — l -ўтиш орқали бу ҳолда фақат жуда кичик ток вужудга келади, у асосий бўлмагани заряд ташувчиларнинг ҳаракати натижасида ҳосил бўлади. Лекин шу ток туфайли яримўтказгичли диоднинг тескари қаршилиги чегаравий катталиқ бўлади. Тескари қаршилиқнинг диоднинг тўғри қаршилигига нисбати тўғри ток $I_{тўғ}$ нинг тескари ток $I_{мес}$ га нисбатига тенг бўлиб, *статистик тўғрилаш коэффициентини* деб аталади:

$$K_{CT} = I_{тўғ} / I_{мес} = r_{мес} / r_{тўғ}$$

бунда тўғри ва тескари миқдорлар бир хил кучланишда ўлчаниши шарт. Аммо иш шароитларида диоднинг тўғри ва тескари кучланишлари тенг бўлмайди, чунки вентиль билан кетма-кет нагрузка резистори r_H бириктирилади. Манба кучланиши нагрузка резистори билан ва вентиль орасида уларнинг қаршилиқларига пропорционал равишда тақсимланади ва одатда $r_H \gg r_{тўғ}$ бўлгани учун тўғри токда вентилда кучланиш кичик бўлади. Аммо тескари токда $r_H \ll r_{мес}$ бўлгани учун деярли ҳамма тескари ярим тўлқин кучланиши вентилга тўғри келадк ва ундан тегишли тескари ток ҳосил қилади. Шунга асосан, вентилнинг иш шароити тавсифии учун *динамик тўғрилаш тавсифиидан* фойдаланилади, у ўзгарувчан ток занжирида реал иш шароитларида тўғри ва тескари тоқлар ўртача қийматларининг нисбати каби аниқланади (демак, кичик тўғри кучланишда ва катта тескари кучланишда): $K_{т.дин.} = I_{тўғ} / I_{мес}$, чунки тўғри ва тескари қаршилиқлар кучланишга боғлиқ. Диод қувватининг ошиши билан тўғрилаш коэффициентини камаяди. Аммо германийли ва кремнийли диодларнинг ҳатто жуда катта қувватлиларида ҳам $K_{т.дин.} > 1000$ бўлади.

Токни тўғрилашда қувват тўғриланган кучланишга пропорционалдир, унинг рухсат этилган қиймати қанча катта бўлса, узоқ таъсир этадиган тескари кучланишнинг рухсат этилган қийматидан шунча катта бўлади. Шундай қилиб, вентиль-диоднинг энг катта рухсат этилган қуввати унинг ўртача тўғриланган токи ва рухсат этилган тескари кучланиши орқали аниқланади.

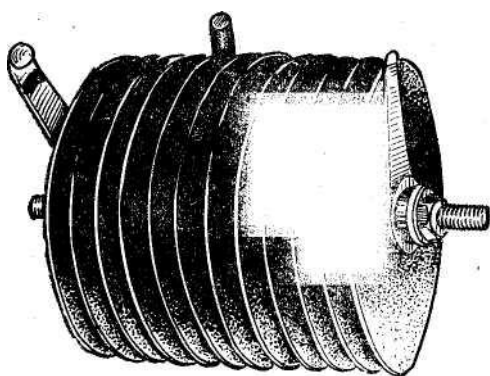
Агар тескари кучланиш чегаравий қийматидан ошиб кетса, вентиль тешилади, натижада диоднинг вентилли таъсири тугайди, чунки унинг тескари қаршилиги тўғри қаршилиқ қийматигача камаяди. Диоднинг тешиш кучланишини, яъни қисқа муддат таъсир этганда уни шикастлантирувчи кучланишни ва узоқ муддат таъсир этадиган рухсат этилган тескари кучланишни фарқ қила билиш керак. Агар кейингиси занжирнинг иш кучланишидан кичик бўлса, вентиллар кетма-кет уланади, шуниси ҳам борки, германийли ва кремнийли диодлар ишлатилганда улар орасидаги кучланишларнинг тақсимланишини текислаш учун вентилларни резисторлар билан шунтлашга тўғри келади.

Диод ўлчамлари рухсат этилган ўртача тўғриланган токка боғлиқ, демак, ушбу диодлар типи учун рухсат этилган ток зичлигига боғлиқ. Ток зичлигини шундай танлаш керакки, бунда диод ортиқча қизиб кетмасин. Диоднинг қизиши унинг тўғри ва тескари қаршиликлари билан аниқланади. Тўғри қаршилик қанча кичик ва тескари қаршилик қанча катта бўлса, диод шунча кам қизийди, аммо тескари ток кичик бўлгани учун тескари қаршилик қизишга унча таъсир этмайди. Тўғри токда кучланиш пасайиши $\Delta U_{\text{тўғри}}$ тўғри қаршиликка пропорционал. Шундай қилиб, яримўтказгичли венти́лнинг юклама хусусиятини характерловчи миқдорлар сифатида, одатда, қуйидагилар кўрсатилади: рухсат этилган ток зичлиги (A/cm^2), тўғри кучланишнинг пасайиши, максимал рухсат этилган тескари кучланиш (B) ва атроф муҳитнинг максимал рухсат этилган температураси ($^{\circ}C$). Диод қизишга қанча чидамли бўлса, унинг ўлчамлари бир хил фик да шунча кичик бўлиши мумкин.

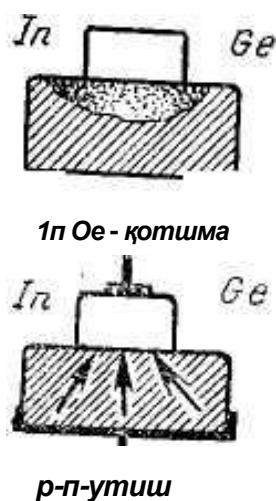
Ҳозирги вақтда уч хил ярим ўтказгичли диодлар: селенли, германийли, кремнийли диодлардан кенг фойдаланилмоқда ва ҳозирча арсенид галлий жуда кам ишлатилмоқда.

Селенли венти́ль думалоқ дисклар (шайбалар) ёки тўғри бурчакли пластинкалар кўринишида ясалган тўғрилагич пластинкалардан йиғилади. Бу пластинкаларни кетма-кет ёки параллел улаб, талаб қилинган қувватли тўғрилагич элементи ҳосил қилинади (75-расм).

Германийли диоднинг асоси бўлиб германий монокристалдан кесилган, тахминан қалинлиги 0,3 мм ли пластинка хизмат қилади, у электронли



75- расм. Селенли диодлар тўплами



76-расм. Эритиш методи билан p-n-ўтишни олиш схемаси

электр ўтказувчанликка эга, яъни унда бешинчи группа бири (одатда сурьма ёки мышьяк) аралашган. Пластинка юзаси диод токига боғлиқ, у қанча катта бўлса, пластинка шунча катта бўлади. Шу пластинкага учинчи группа элементи—индий бўлакчаси қўйилади (76-расм) ва у вакуум печида германий билан эритилади. Бундай термик ишлов вақтида термодиффузия натижасида индий атомлари германий пластинкасига ўтади ва кейинчалик акцентор бўлиб, германийда тешикли электр ўтказувчанликка эга бўлган қатлам вужудга келтиради. Индий бўлакчасига юқоридан ўтказувчи пайвандланади, у пластинкани юқоридаги электрод билан туташтиради. Пастки электрод германий билан контакт ҳосил қилиши керак, яъни вентилли ўтиш ҳосил қилмаслиги керак. Тўғрилагич герметик корпусга ташқи таъсирлардан ҳимоялаш учун жойлаштирилади.

Германийли вентиλλарнинг камчиликлари қуйидагилардан иборат: биринчидан, улар температура ўзгаришига сезгир — 55 — 60°C дан юқори температурада уларда электр параметрларининг қайтмас ўзгариши содир бўлади; иккинчидан, ички қаршиликларининг фарқи туфайли кетма-кет улашда бу вентиλλар кучланишни тенг тақсимламайди ва вентиλλарнинг хусусий кучланишларни тенглаштириш учун резисторлар орқали шунтлашга тўғри келади, бу эса фик ни ва қурилманинг тўғрилаш коэффициентини камайтиради.

Кремнийли диоднинг асосий қисми электронли электр ўтказувчанликка эга бўлган юпқа кремний пластинкасидир. Бу пластинка алюминий бўлаги билан— учинчи группа элементи билан қотиштирилади: алюминий атомларини кремний ичига ўтиши, унда тешикли электр ўтказувчанликка эга бўлган қатлам вужудга келтиради, пластинкада эса *p-n* ўтиш ҳосил бўлади.

Агар селенли ва германийли диодлар солиштирилса, у ҳолда германийли юқори фик га ва кичик габаритга эга, лекин селенли диодлар арзон бўлгани учун саноатимиз селенли вентиλλарни чиқаришни давом эттирмақда. Улар нисбатан кичик қувват керак бўлганда, фойдали иш коэффициентлари эса иккинчи даражали аҳамиятга эга бўлганда ўрнатилади. Селенли вентиλλнинг массаси (арматураси билан бирга) 1 Вт тўғриланган қувватга ўртача 15—18 г ни ташкил қилади. Битта селенли элемент 12—36 В га узоқ муддат чидайди. Шунга эътибор бериш керакки, вентиλλнинг тешиш кучланиши (селенли учун 50 — 80 В) билан давомли рухсат этилган кучланишни фарқ қилиш керак.

Кўп ҳолларда селенли вентиλλнинг махсус камчилиги— шаклланишни ҳисобга олишга тўғри келади. Агар бундай вентиль узоқ вақт ишлатилмаган бўлса, унда у кучланишга уланиши билан нормал тўғриламайди, балки маълум вақтдан кейин ишлайди. Электр ўлчаш қурилмалари ва автоматика учун вентиλλнинг бундай ишлаши тўғри келмайди.

Кремнийли вентиλλар германийликка нисбатан анча катта тўғри

қаршиликка эга, лекин уларнинг тескари қаршиликлари ҳам катта. Бундан ташқари, кремнийли диодларнинг афзаллиги шуки, улар иш температурасининг 180 — 200°С гача ошишига йўл қўяди ва демак, жуда катта ток зичлигига ҳам йўл қўяди. Натижада бир хил қувватда кремнийли венти́лларнинг габаритлари анча кичик. Лекин яримўтказгичли асбоблар учун керакли жуда соф кремнийни олиш ва уни шу ҳолатда сақлаш жуда катта қийинчиликлар билан боғлиқ. Шу туфайли ҳатто кремний ер шарида кислородлар кейин энг кўп тарқалган элемент бўлишига қарамай кремнийли яримўтказгичли асбоблар қиммат туради.

Техника ривожланишининг умумий йўналиши—ҳамма бошқа турдаги венти́лларни (масалан, электр куч қурилмаларида ионли—симобли венти́лларни кремнийли тиристорлар билан алмаштириш) кремнийли венти́ллар билан алмаштириш жуда катта техник иқтисодий фойда беради.

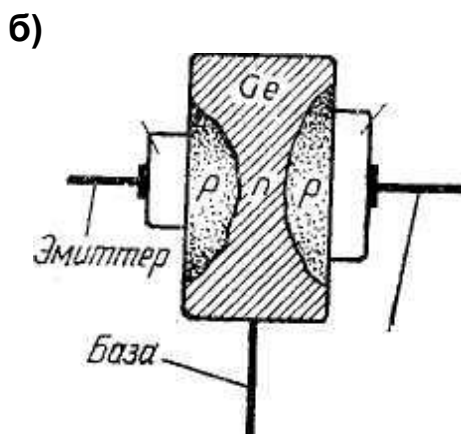
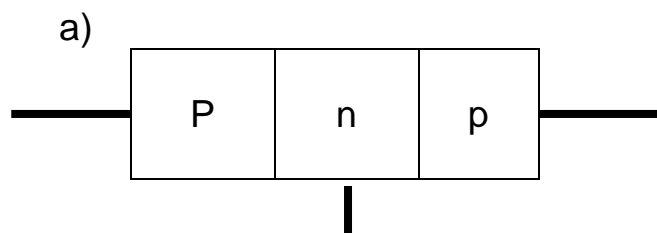
5. 4. БИПОЛЯР ТРАНЗИСТОРЛАР

Биполяр (икки майдонли) транзисторни шартли равишда иккита яримўтказгичли диодни бириктирган каби қараш мумкин. Хусусан, германийли транзистор германий монокристалидан арралаб олинган жуда юпқа пластинка асосида ясалади. Бу пластинканинг икки томонига индийнинг икки томчиси эритиб ёпиштирилади (77-расм). Германийга нисбатан индий акцепторли аралашма бўлади. Шунинг учун индий атомлари германийга ўтиб, унда индийнинг қотган томчилари остида тешикли электр ўтказувчанликли иккита қатлам пайдо қилади. Шу йўл билан германий пластинкасида иккита p — n ўтиш ҳосил қилинади, уларга нисбатан индий қатламларини иккита электрод сифатида фойдаланиш мумкин; индий қатламига асбобни ташқи занжир билан туташтириш учун ўтказгичлар пайвандланади.

Шундай қилиб, биполяр транзистор иккита p — n ўтиш билан ажралган учта қатламдан иборат бўлади. Хусусан, кўриляётган транзисторда икки чекка қатламлар тешикли электр ўтказувчанликка (p - типга), ички қатлам эса электронли электр ўтказувчанликка (n - типга) эга, тегишли ҳолда бундай транзисторни p -- n - p типдаги транзистор деб аталади (78-расм). Кремнийли транзисторлар кўпинча p - p - p типда тайёрланади. Аммо иккала типдаги транзисторларнинг ишлаш принципи бир хил — фарқи уланадиган электр энергияси манбаининг қутблилигини танлашдан иборатдир. Бундан кейин p - n - p типдаги транзисторларня кўриб чиқамиз.

Ўзгармас кучланиш манбаига транзисторнинг чекка қатламларидан бири ўз электроди орқали унга яқин ўтишдан ўтказиш йўналишида уланади. p - n - p типдаги транзисторда бу қатлам кучланиш манбаининг мусбат қутби билан уланади (79- расм). Транзисторнинг

ишида p қатламдан заряд ташувчиларнинг асосий манбаи сифатида фойдаланилади ва эмиттерли



77-расм. Германийли биполяр транзистор:

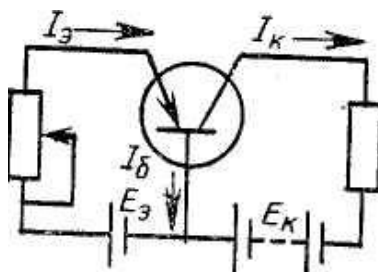
а—структура схемаси,
б — тузилиши

p - n - $ўтиш$ орқали асосий заряд ташувчилар эмиттери деб аталади. Пластинканинг бошланғич электронли электр ўлказувчанлигини сақлаб қолган германий пластинкасининг ўрта қатлами база деб аталади. База орқали заряд ташувчилар иккинчи p - n - ўтишга ўтади ва коллектор қатламига тушади. Коллектор эмиттер инжекциялаган ва база орқали ўтган заряд ташувчиларни йиғувчи бўлиб ҳисобланади. Аслида биполяр транзистор симметрик асбобдир, яъни эмиттер ва коллектор занжирда ўзаро ўринларини алмаштириши мумкин, бунда транзистор эса ишлашда давом этаверади. Аммо коллекторнинг йиғувчи вазифасига мос ҳолда транзисторни ясаганда коллекторли p - n - ўтишнинг юзаси эмиттерли ўтишнинг юзасидан катта қилинади (77-расмга қаранг), бу эса асбоб симметриясини тегишли равишда ўзгартиради.

Тешикларнинг ҳаракати мусбат зарядларнинг ҳаракатига эквивалент бўлгани учун ток p - n - p типдаги транзисторда эмиттер орқали базага, n - p - n типдаги транзисторда эса базадан эмиттерга йўналади, бу асбобларни



78- расм. Транзисторлар *p-p-p* ва *p-p-p* ларнинг шартли график белгиланиши



79- расм. Транзистор *p-p-p* ни электр энергияси манбаи билан улаш схемаси

шартли рафик белгилашда стрелка билан кўрсатилади (78-расмга қаранг).

Транзисторда эмиттер занжирининг токи ёрдамида коллектор занжиридаги ток бошқарилади. Ҳар иккала занжир тегишли электр энергияси манбаига эга бўлиши керак (79-расмга қаранг) - эмиттер занжирида манба кичик эюк E_3 билан ва коллектор занжирида манба анчагина катта эюк E_K билан таъминланади.

Эмиттер занжирида ток ҳосил қилиш учун кичик эюк E_3 етарли, чунки эмиттерли ўтиш ўтказиш йўналишида уланган ва унинг тўғри қаршилиги нисбатан кичик. Лекин эмиттер занжирнда токнинг пайдо бўлиши коллекторли ўтишнинг қаршилигини ўзгартирада, натижада коллектор занжирида ток I_K вужудга келади ва у тахминан эмиттер токи I_3 га тенг бўлади. Эмиттер токининг ўзгариши ΔI_3 пропорционал равишда коллектор токининг ΔI_K ҳам ўзгаришига олиб келади. Шундай қилиб, кичик қувватли ва нисбатан кам қаршиликли эмиттер занжирининг токи ҳаддан ташқари кўп қувватли ва нисбатан катта қаршиликка эга бўлган коллектор токини бошқаради коллектор занжиридаги катта қувват эюк E_K нинг эюк E_3 дан жуда катта эканлиги билан боғлиқ (масалан, 10 ва 0,5 В). Бу нисбатлар натижасида эмиттер ΔI_3 ва коллектор ΔI_K тоқларининг тахминан бир хил ўзгаришида коллектор занжиридаги қувват ўзгариши ΔP_K эмиттер занжиридаги қувват ўзгариши ΔP_3 дан анча катта ва ана шу билан биполяр транзисторнинг *қувватини кучайтирши* белгиланади. Бунда таъминлаш манбаи бўлиб коллектор занжиридаги батарея хизмат қилади.

Эмиттер токининг коллектор токига таъсирини қуйидагича

тушунтириш мумкин. Эмиттер токи базага тешиклар олиб келади, улар база учун асосий заряд ташувчилар эмас. Тешикларни кичик қисми базада унинг электронларини рекомбинациялайди, лекин катта қисми тартибсиз иссиқлик ҳаракати туфайли ҳосил бўладиган диффузия натижасида коллекторнинг p - n -ўтишига киради. Заряд ташувчилар — тешикларни коллекторнинг p - n - ўтиш соҳасига кириши бу ўтишнинг қаршилигини анча камайтиради, бу эса коллектор токининг бу ўтишга етиб келган тешиклар сонига пропорционал равишда ошишига олиб келади.

$U_k = const$ бўлганда, ток узашш коэффиценти $\alpha = \frac{\Delta I_k}{\Delta I_s}$ биполяр

транзисторнинг асосий параметрларидан бири бўлади, одатда $\alpha < 1$. Агар база соҳасида тешиклар рекомбинациясини ҳисобга олинмаса, яъни эмиттер ўтишидан ўтган ҳамма тешиклар коллекторга етиб боради деб ҳисобланса ва ҳамма эмиттер токи фақат шу тешиклар ҳаракатидан вужудга келган деб фараз қилинса, бундай идеал ҳолда $I_s = I_k$ бўлади.

Ҳақиқатда, тешиклар база қатлами орқали ҳаракатланиб ўтаётганда улар эркин электронлар—базанинг асосий заряд ташувчилари билан рекомбинацияланиши мумкин. Тешикларнинг катта қисми коллекторга етиб бориши учун базанинг қалинлиги кичик бўлиши керак. Замонавий транзисторларда база қатламининг қалинлиги 0,025—0,005 мм, ток узатиш коэффиценти эса $a = 0,95 \div 99$. Демак, агар эмиттер токини кириш, коллектор токини эса транзисторнинг чиқиш токи деб ҳисобланса, у ҳолда 79-расмдаги схема бўйича уланган биполяр транзистор ток бўйича кучайтирилмаган, балки қувват ва кучланиш бўйича кучайтирилгандир. Транзисторни бундай улаш умумий базали схема деб аталади.

Коллектор тавсифии $I_k = f(U_k)$ биполяр транзисторнинг асосий тавсифии ҳисобланади.

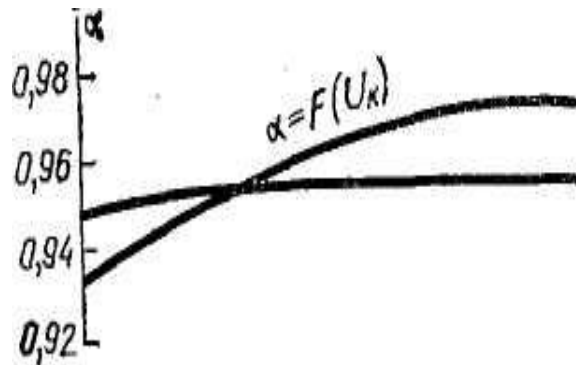
Бу тавсифлар статик, яъни ўзгармас тоқда олинган. Улардан қуйидагиларни кўриш мумкин: коллектор кучланишини оширганда (абсолют қиймати бўйича), нолдан бошлаб, коллектор токи I_k дастлаб тез ошади. Лекин бу ток эмиттер токига яқинлашганда тўйиниш бошланади ва коллектор кучланишининг кейинги ошиши коллектор токини амалда оширмайди. Бу шароитларда коллектор ўтиши соҳасидаги эмиттер юки билан инжекцияланаётган деярли ҳамма заряд ташувчилар коллектор соҳасига етиб боради. Эмиттер токининг ошиши билан коллектор токи ҳам пропорционал ошади.

Аммо $I_s = 0$ да коллектор токи $I_{k0} > 0$, шунинг учун $I_k = \alpha I_s + I_{k0} \approx \alpha I_s$, чунки нормал иш шароитларида $I_{k0} \ll \alpha I_s$.

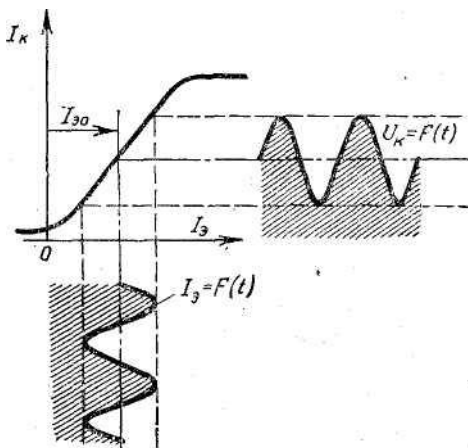
Эмиттер токи мавжудлигида коллектор ўтишини ёпиш учун тескари қутбли унча катта бўлмаган коллектор кучланиши зарур.

Эмиттер токини ўзгартирганда маълум чегарада α деярли

ўзгармайди (80-расм). Шунга мувофиқ $\alpha = \text{const}$; да коллектор токининг эмиттер токига боғланиши чизиқли участкага эга (82-расм). Транзисторнинг бу ўтиш тавсифии асосида эмиттер токининг ўзгариши $i_3 = F(t)$ ни келтириб чиқарадиган коллектор токининг ўзгариш эгри чизиғини осонгина қуриш мумкин; эмиттер токининг ўзгарувчан ташкил этувчиси кучайтириладиган сигналнинг токи бўлиши мумкин.



80- расм. Токни узатнш коэффициентини α нинг эмиттер токи I_3 га ва коллектор кучланиши U_k га боғлиқлиги



81-расм. Умумий базада транзисторнинг ўтиш тавсифии ва ундан сигнал узатишни аниқлашда фойдаланиш

5. 5. МАЙДОНЛИ ТРАНЗИСТОРЛАР

Майдонли транзистор деб уч электродли яримўтказгичли асбобга айтилади, унда канал орқали ўтувчи ток затвор билал кириш орасига қўйилган кучланиш вужудга келтирадиган (82-расм) электр майдон билан бошқарилади; бунда токни заряд ташувчиларнинг битта

тури (электронлар ёки тешиклар) нинг канал бўйлаб ҳаракати вужудга келтиради. Майдонли транзисторда канал — бу n - ёки p -яримўтказгичнинг соҳаси бўлиб, унинг қаршилиги затвордаги потенциалга боғлиқ. Асосий заряд ташувчиларни каналга киритувчи электрод *кириш* деб, асосий заряд ташувчиларни каналдан чиқарувчи электрод эса *чиқиш* деб аталади. Каналнинг кўндаланг кесимини, демак унинг қаршилигини ростловчи электрод *затвор* деб аталади.

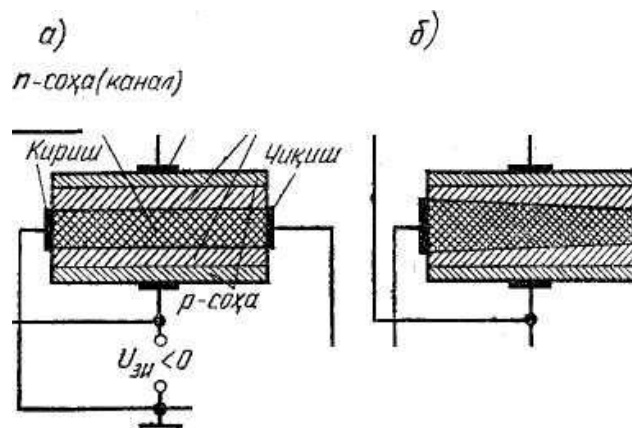
Майдонли транзисторлар кремнийдан тайёрланади ва ишлатилган материалнинг электр ўтказувчанлигининг турига қараб n - ва p -типли каналли транзисторларга бўлинади.

Ҳозирги вақтда майдонли транзисторларнинг иккита асосий кўриниши мавжуд: p - n - ўтиш кўринишли затворли транзистор ва изоляцияланган затворли транзистор.

Биринчи типдаги майдонли транзисторнинг тузилиши, ишлаш принципи ва тавсифларини батафсилроқ кўрамиз. Унда канал ўтказувчанлигини ёпиқ p - n - ўтишга берилаётган кучланишни ўзгартириб бошқариш мумкин.

n -типли каналли транзисторда асосий заряд ташувчилар — электронлар киришдан чиқишга томон ҳаракатланиб, чиқиш токи I_c ни пайдо қилади (агар чиқиш потенциали кириш потенциалига қараганда кўпроқ мусбатроқ бўлса).

Затвор ва кириш орасига каналнинг n - соҳаси ва затворнинг p -соҳаси орасида ҳосил қилинган, p - n -ўтишни ёпувчи кучланиш берилган. Бу кучланишни берганда затвор потенциали кириш потенциалига қараганда



82- расм. Майдонли транзисторнинг ишлаш принципини тушунтирувчи схематик тасвири

кўпроқ манфий бўлади (82-расм, а) ва канал чегарасида заряд ташувчилари сийрак ва юқори солиштирма қаршиликка эга бўлган бир текис қатлам вужудга келади.

Чиқиш ва кириш орасига қўйилган кучланиш (82-расм, б) бир текисда бўлмаган сийрак қатлам пайдо бўлишига олиб келади, чунки

затвор билан канал орасидаги потенциаллар фарқи киришдан чиқишга томон йўналишда кўпаяди ва каналнинг энг кичик кесими чиқиш ёнига жойлашган бўлади. Агар бир вақтда кучланиш U_{qu} ва $U_{zu} < 0$ (82-расм, в) берилса, у ҳолда заряд ташувчилари сийраклашган қатламнинг қалинлиги ва каналнинг кесими шу иккита кучланишларнинг таъсири орқали аниқланиши мумкин. Кучланишлар йиғиндиси ёпиш кучланишига тенглашса, сийраклашган соҳалар бирлашади ва каналнинг динамик қаршилиги кескин ошади.

Майдонли транзисторларнинг асосий вольт-ампер тавсифлари *чиқиш* (сток) характеристикалари ҳисобланади. Бу чиқиш токи I_c нинг кучланиш U_{qu} га боғлиқлигини ифодалайди (83-расм, а). Бу тавсифлар учун параметр бўлиб кучланиш U_{zu} хизмат қилади.

Тавсифларнинг бошланғич қисмида чиқиш токи I_c кучланиш U_{qu} нинг ошиши билан кўпаяди. Кучланишлар йиғиндиси $U_{qu} + U_{zu}$ ёпиш кучланиши U_{ep} га тенг бўлгунга қадар кучланиш U_{qu} ни оширганда, канал ёпилади, чиқиш токи I_c кўтарилишдан тўхтайтиди ва тўйиниш режими бошланади. Кўпроқ манфий кучланиш U_{zu} да тўйиниш кичик чиқиш токи I_c да ва кучланиш U_{qu} да бошланади.

Кучланиш U_{qu} нинг кейинги ортиши затвор ва канал орасидаги *p-n*-ўтишнинг тешилишига ва транзисторнинг ишдан чиқишига олиб келади.

Майдонли транзисторнинг чиқиш тавсифи бўйича унинг ўтиш тавсифини қуриш мумкин (83-расм, б), у чиқиш токи I_c нинг затвор билан кириш орасидаги кучланиш U_{zu} га боғлиқлигини ифодалайди. Тўйиниш режими учун бу тавсиф чиқиш ва кириш орасидаги кучланишларнинг ҳар хил қийматлари учун деярли бир хил. Затвор занжирида ток жуда кичик ($I_3 = 10^{-8} - 10^{-9}$ А) бўлади, чунки у асосий бўлмаган заряд ташувчиларининг ёпиқ *p-n*-ўтиш орқали ҳаракати билан аниқланади.



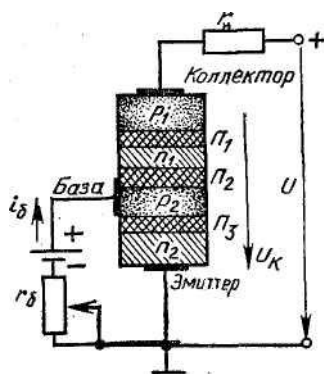
83-расм. Майдонли транзисторнинг чиқиш

Изоляцияланган затвори бор майдонли транзисторда канал билан металл затвор орасида юпқа диэлектрик (одатда кремний оксиди) қатлам бўлади. *p-n*-ўтиш эса бўлмайди. Бундай майдонли

транзисторлар кўпинча МОП транзисторлар (металл-оксид-яримўтказгич структура) ёки МДП—транзисторлар (металл диэлектрик яримўтказгич) деб аталади. Бу майдонли транзисторларда затвор токи янада кам ($I_3 = 10^{-10} \div 10^{-13}$ А).

Майдонли транзисторлар кейинги пайтда кучайтиргичларда бир неча мегагерцгача частоталар диапазонида сигналларни кучайтириш учун кенг қўлланилмоқда. Бундай кучайтиргичларда кучайтириш кучланиши затвор билан чиқиш орасига берилади. Затвор токининг жуда кичиклиги майдонли транзисторлардаги кучайтиргичлар кириш қаршилигининг жуда катталиги, бу кучайтиргичларнинг афзаллигидир.

Майдонли транзисторларнинг асосий параметрлари чиқиш (канал) нинг тўйиниш режимидаги дифференциал қаршилигидир.



84- расм. Тиристорнинг структура схемаси

$R_1 = \frac{\Delta U_{\text{чи}}}{\Delta I_{\text{ч}}}$, бунда $U_{\text{зи}} = \text{const}$ ва ўтиш тавсифининг тиклигидир.

$S = \frac{\Delta I_{\text{ч}}}{\Delta U_{\text{зи}}}$, бунда $U_{\text{чи}} = \text{const}$.

5. 6. ТИРИСТОРЛАР

Кейинги ўн йил ичида саноат электр жиҳозларида тўрт қатламли яримўтказгичли асбоблар—тиристорлар кенг қўлланилмоқда. Уларнинг асосий афзалликларига нисбатан кучсиз кириш сигнали таъсирида ўтказмаслик ҳолатидан ўтказувчи ҳолатга ўтиш хусусияти, юқори фик ва кичик ўлчамларя киради.

Тиристор транзистордан учинчи *p-n*-ўтишнинг борлиги билан фарқ қилади (84-расм).

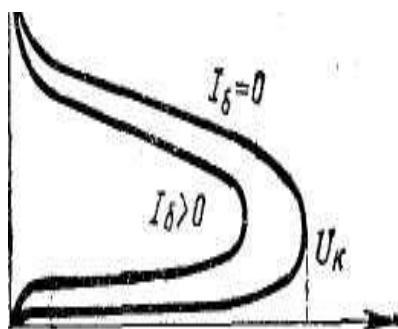
Баъзан транзисторлар учун қўлланиладаган терминлардан тиристорларда ҳам фойдаланилади: ташқи қатлам *p_x* коллектор, ташқи қатлам *p₂* эмиттер, бошқарувчи электрод билан туташтирилган қатлам эса база деб номланади.

Тиристорга тўғри ўтказиш йўналишда унча катта бўлмаган ўзгармас кучланиш қўйилганида, иккита ташқи ўтишлар тўғри

йўналишда уланиб қолади, ўрта ўтиш \check{Y}_2 эса—тескари йўналишда бўлади, натижада у ёпилади. Чунки ёпиқ \check{Y}_2 ўтишнинг қаршилиги \check{Y}_1 ва \check{Y}_3 ўтишларнинг тўғри қаршилигидан бир неча марта ошиб кетади, бунда тиристорга қўйилган кучланиш U_K қаршиликларга тўғри пропорционал ҳолда тақсимланиб, деярли ҳаммаси \check{Y}_2 ўтишга тўғри келади. Бундай шароитда тиристор ёпиқ бўлади. У \check{Y}_2 ўтишда вужудга келган асосий бўлмаган заряд ташувчилар орқали фақат кичкинагина ток ўтказиши мумкин. Бунда бошқариш электроди занжирда ток нолга тенг. Бундай шароитларда кучланиш U_K ни оширганда ток секин-аста ортади—тиристор ўзини худди тескари йўналишдаги кучланиш таъсири остидаги диод (вентиль) каби ёки фақат битта коллектор кучланиши таъсири остидаги (база занжири узилганда) транзистор каби туттади.

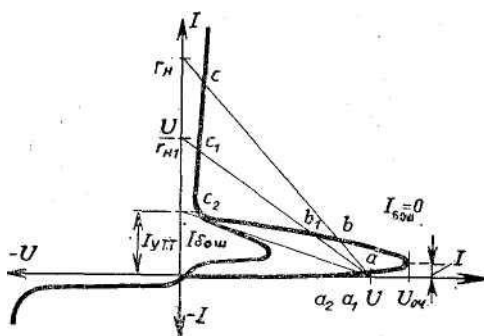
Тиристорнинг иккита ташқи қатлами p_1 ва p_2 кичик омли қилиб ясалади (нисбатан кўп аралашмали), бунинг натижасида улар тегишли заряд ташувчиларга бой бўлади. Иккита ички қатлам n_2 ва p_2 нисбатан кам аралашмали электр ўтказувчан қилиб ясалади. Тиристор ёпиқ бўлганда, ташқи кучланишнинг электр майдони ўтиш \check{Y}_2 дан заряд ташувчиларни узоқлаштиради ва бу ўтишга ҳамма ташқи кучланиш U_K тўғри келади. Лекин у ўтишнинг юпқа қатламида кучли электр майдонини ҳосил қилади, бу майдон эса электронлар ва тешиklar тезлигини уларнинг эркин ўтиш вақтида оширади. Ва, ниҳоят, қўйилган кучланиш критик қийматига—очиш кучланиши $U_{K\text{-оч}}$ га етгач, электрон (ёки тешик) тезлиги шу қадар катта бўладики, бу заряд ташувчи ўтиш соҳасида яримўтказувчи атомга таъсир қилиб, унинг валент боғланишларидан бирини узиши мумкин ва шу йўл билан янги заряд ташувчилар жуфтани — эркин электрон ва тешикни пайдо қилади. Кейингилари ҳам бошқа валентли боғланишларни узиб, заряд ташувчиларни ҳосил қилиш жараёнига қўшилади. \check{Y} ўтиш соҳасининг ионлашиши содир бўлади. Тиристорнинг ички қатламларига ташқи кам омли қатламларидан кўп заряд ташувчилар келади. Тиристор очилади; \check{Y}_2 ўтиш жадал ташила бошлайди. Ток бирданига кўпаяди (85-расм), у ташқи резистор қаршилиги r_n билан чекланади.

Аммо \check{Y}_2 ўтишда заряд ташувчиларнинг кўпайиши туфайли унда жадал тешилишда кучланиш бирданига тахминан бир вольтгача камади. Бундай кичик кучланишда \check{Y}_2 ўтишда (ва умуман тиристорда) кам энергия ажралади. Шунинг учун тиристорни тўғри лойиҳалаганда ва ундан фойдаланишда жадал тешилиш ва катта ток асбоб структурасида ҳеч қандай қайтмас ўзгаришларни вужудга келтирмайди. Кучланиш U_K нинг тескари йўналишида тиристор ёпилади. Тескари кучланишга нисбатан \check{Y}_2 ўтиш ўтказувчи, \check{Y}_1 ва \check{Y}_2 ўтишлар эса ўтказмас йўналишда уланади. Улар орасида тескари кучланиш бўлинади, шунинг учун тешилиш содир бўлмайди.



85- расм. Тиристорнинг вольт- ампер тавсифи

Тиристорнинг вольт-ампер тавсифида (85-расмга қаранг) учта қисм мавжуд. Биринчи қисм $U_k = 0$ дан $U_k = U_{к\cdot ач}$ гача бўлиб, тиристорнинг ёпиқ ҳолатига тўғри келади. Бу қисмнинг чегарасида тиристорнинг дифференциал қаршилиги $r_{д} = \frac{\Delta u_k}{\Delta i}$ мусбат, катта ва деярли ўзгармас. Лекин кучланиш U_k $U_{к\cdot ач}$ қийматга яқинлашганда, бу қаршилиқ тез камаяди ва биринчи қисм чегарасида у нолга тенг бўлади. Иккинчи қисм чегарасида $r_{д} = \frac{\Delta u_k}{\Delta i}$ —



86- расм. Тиристор режимининг ўзгариш диаграммаси

манфий. Бу ерда токнинг ортиши кучланиш орттирмаси ($-\Delta u_k$) нинг кўпайишига олиб келади, бу токнинг кейинги ортиши билан боғланган ва ҳокозо. Тавсифнинг бу қисмига тўғри келувчи режим турғун эмас. Тиристор иккинчи қисм шароитидан мустақил очиқ ҳолат шароитига ўтади, бу тавсифнинг учинчи қисмига тўғри келади; бунда қаршилиқ $r_{д}$ олдин нолга тенг, кейин эса мусбат бўлади. Агар ташқи занжир параметрлари, знергия манбаининг кучланиши U ва нагрузка резисторининг қаршилиги ўзгармас бўлса, бунда тиристорнинг вольт-ампер тавсифи ва нагрузка тавсифи $U_k = F(I)$

асосида тиристорнинг учта: ёпиқ ва очик ҳолатларини ва оралик турғунмас режимларини график усулда осонгина аниқлаш мумкин. Тиристорнинг кириш кучланиши

$$U_k = U - I r_n.$$

Бу тўғри чизик тенгламаси бўлиб, у абсцисса ўқини U нуқтада, ордината ўқини эса $I = U/r_n$ нуқтада кесади (127-расм). Бу тўғри чизик тиристор тавсифини учта a , b ва c нуқталарда кесади, улар асбобнинг ёпиқ, турғунмас ва очик ҳолатларига тўғри келади. Ўзгармас U да резистор қаршилиги r_n ни оширсак, нарузка тўғри чизиги U нуқта атрофида соат стрелкаси ҳаракатига тескари йўналишда бурилади (a_1 , b_1 ва c_1 нуқталар). Ва, ниҳоят, бу тўғри чизик тавсифга уринма бўлганда (c_2 нуқта), тиристор фақат ёпиқ ҳолатда бўлиши мумкин, бу a_2 нуқтага тўғри келади. Нуқта c_2 тутиб туриш токини аниқлайди. Бу ток асбобни ионлашган, яъни очик ҳолатда тутиб туриш учун зарур бўлган энг кичик токдир.

Бошқариш занжири узилгандаги ($I_{\text{бош}} = 0$) тиристорнинг ишлаши динистор режими деб аталади, бууда тиристор фақат коутактсиз калит вазифасини бажариб, занжирни маълум кучланиш қийматида очади. Очиш кучланиши бошқариш электроди орқали ростланади: бу электродга мусбат кучланиш таъсир этганда ($I_{\text{бош}} = I_b > 0$) очиш кучланиши камаяди. У ички қатлам p_2 га (84-расм) қўшимча заряд ташувчилар—тешикларни киритади, натижада очиш кучланиши камаяди (85, 86-расм).

Ҳозирги вақтда тиристорлар саноат ва транспортда жуда катта қувватларни бошқариш учун кенг қўлланилмоқда; ўзгарувчан токни тўғрилашни бошқаришда; ўзгарувчан токни ўзгарувчан токка, аммо бошқа ростланувчи частотали токка тўғридан тўғри ёки оралик ўзгармас ток звеноси орқали айлантуришни бошқаришда; ўзгармас токни ўзгарувчан токка айлантуришни бошқаришда; ўзгармас токни бошқа кучланишли ўзгармас токка тўғридан тўғри ёки оралик ўзгарувчан ток ва трансформатор звеноси орқали айтирувчи бошқаришда.

5.7 ФОТОЭЛЕКТРИК ЯРИМЎТКАЗГИЧЛИ АСБОБЛАР

Фотоэлектрик асбоб—оптик диапазонда (инфрақизил, кўринадиган ва ультрабинафша ранг нурлар соҳасидаги) нур энергиясининг таъсири унинг электр хоссаларини вақтинча қайтадиган қилиб ўзгартирадиган асбоб.

Ёруғлик фотоэлектрик асбобда электр ток ёки электрон оқимни бошқаради. Ҳозирги вақтда фотоэлектрик асбобларнинг учта тури

кенг тарқалган.

1) фоторезисторлар, ички фотоэффектли фотоэлектрик асбоблар, чунки уларда ёруғлик оқимининг таъсири асбобнинг ичида электр заряд ташувчилар сонини оширади;

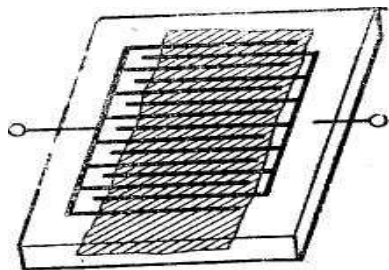
2) ёпувчи қатламли фотоэлектрик асбоблар, уларда ёруғлик оқимининг таъсири яримўтказгичнинг электрон-тешикли ўтиш чегарасида потенциаллар айирмасини вужудга келтиради;

3) вакуумли ва газ тўлдирилган фотоэлементлар ёки ташқи фотоэффектли фотоэлементлар. Биринчи икки типдаги фотоэлектрик асбоблар яримўтказгичли, кейингиси эса электровакуумли асбоблар жумласига мансуб.

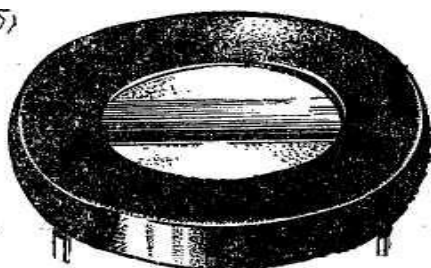
Фоторезисторлар ўзининг тузилиши ва ишлатиш техникаси бўйича фотоэлектрик асбоблар ичида энг оддийси ҳисобланади. Фоторезисторларда яримўтказгич (селен, висмут сульфид, кадмий сульфид, қўрғошин сульфид ва ҳоказо) қатламида ютилаётган нурланиш энергияси заряд ташувчилар (электронлар ёки тешиклар) нинг сонини жуда ҳам оширади, демак, элемент қаршилигини камайтиради. Фоторезисторлар вентиль хусусиятга эга эмас.

Кўп фоторезисторлар пластинка шаклидаги шиша асосда ясалади (87-расм), унга зангламайдиган металлқумуш, олтин, платинадан юпқа қатлам қўйилади.

а)



б)



87- расм. Фоторезистор:
а — тузилиши, б —
ташқи кўриинишн

Бу металл яримўтказгич билан контакт ҳосил қилиш учун хизмат қилади. Металлда тўлқинсимон тирқиш шундай кесиладики, натижада иккита тароқсимон электродлар пайдо бўлади. Устидан ярим ўтказгич қатлами пуркалади, унинг қалинлиги ёруғликни ўтказгичга кириш ўртача чуқурлигидан катта бўлмаслиги керак. Шундай қилиб фоторезисгор узунлиги тирқиш энига тенг, яъни жуда кичик,

кўндаланг кесими эса нисбатан катта, чунки у яримўтказгич қатламининг қалинлиги билан электродлар орасидаги тирқишлар узунлиги йиғиндисининг кўпайтмасига тенг ($0,01—0,5\text{см}^2$). Бундай нисбатларда ярим ўтказгич солиштирма қаршилигининг катта бўлишига қарамай фотоэлектр қаршилик унча катта эмас. Бу билан фоторезисторнинг етарли сезгирлиги таъминланади.

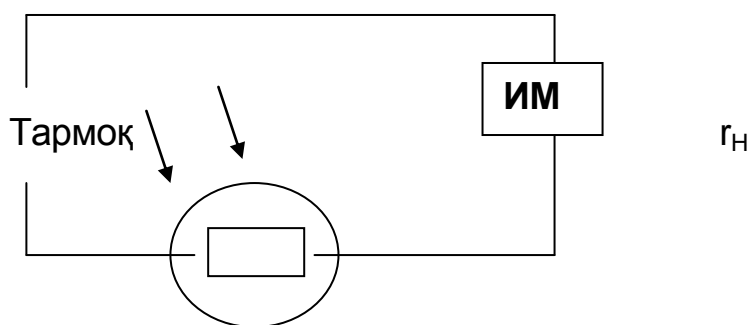
Ялтироқ лок қатлам яримўтказгични ташқи таъсирлардан ҳимоя қилади

Фоторезистор у бошқарадиган қурилма билан ва электр энергияси манбаи билан кетма-кет уланади (88-расм).

Ёритилмаган фоторезисторнинг қаршилигини қоронғиликдаги қаршилик $r_{\text{кор}}$ деб аталади. Бундай шароитда электр энергияси манбаи кучланишининг таъсирида фоторезисторли занжирда қоронғида кичик ток вужудга келади:

$$I_{op} = U / r_o$$

Агар фоторезистор ёритилса, унинг ўтказувчанлиги бирданига ошади, натижада бошқарилаётган занжирда ток кўпаяди, бу эса ижро механизми ИМ ни ишга туширади. Кўпгина ҳолларда фоторезистор токини, оралиқ кучайтиргичидан фойдаланмай, тўғридан-тўғри ижро механизмини ҳаракатга келтириш учун ишлатиш мумкин. Фоторезисторни бошқа типдаги фотоэлектрик асбоблардан асосий афзаллиги ҳам ана шундадир.



88- расм. Фоторезисторни электр энергияси билан ва иш бажарувчи механизм билан улаш схемаси

Фоторезисторнинг динамик сезгирлиги фототок ўзгаришини (микроамперларда) ёруғлик ўзгаришига (люменларда) нисбатидан иборат:

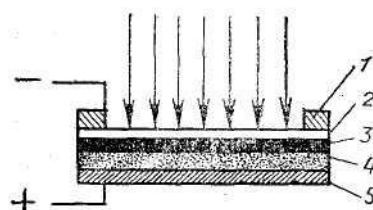
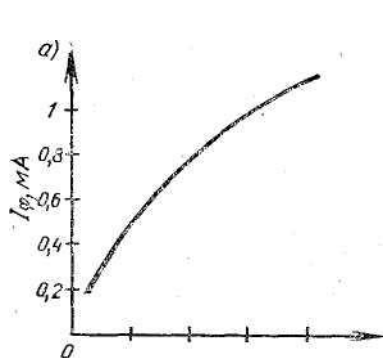
$$S_i = \Delta I / \Delta \Phi,$$

бунда кучланиш ўзгармас бўлади. Аммо фоторезистор орқали ўтаётган ток кучланишнинг ошиши билан ҳам кўпаяди, шунинг учун фоторезисторда интеграл сезгирликни фарқ қилиш лозим, у максимал рухсат этилган иш кучланишида аниқланади ва микроамперни люменга бўлган нисбатига тенг; уни кучланиш бирлигига тўғри келувчи ва микроамперни люменвольтга бўлган нисбатига ўлчанувчи сезгирликдан фарқ қилиш керак. Интеграл сезгирлик фоторезисторлар сезгирликларини номинал кучланишга кўпайтириш йўли билан аниқланади. Максимал иш кучланишида (фоторезистор турига қараб 15 дан 400 В гача) фоторезистор сезгирлиги 1000—5000 мкА(лм В) бўлади. Фоторезисторнинг интеграл сезгирлиги нисбатан юқори — 50 дан 1200 мА/лм гача.

Фоторезисторнинг иш сезгирлиги у билан кетма-кет уланадиган нагрузка резисторининг қаршилиги r_u қийматига боғлиқ. Каталогларда фоторезисторларнинг сезгирлиги одатда қисқа туташтирилган занжирда ва фоторезистор фототокининг энергетика тавсифини тик кўтарилиш соҳасида (130-расм) келтирилади.

Ўзгармас кучланишда фоторезистор токи ёруғлик оқими Φ га ночизиқий боғлиқ. У тахминан $\sqrt{\Phi}$ га пропорционал. Катта ёруғлик оқимларида фоторезистор сезгирлиги жуда камаяди.

Фототокнинг кучланишга боғлиқлиги, яъни фоторезисторнинг вольтампер тавсифии деярли чизиқли — фототок кучланишга пропорционал ўсади. Лекин фоторезисторларнинг қизиши сезгирликни кучланишни кўпайтириш йўли билан оширишни чеклайди.



89- расм. Фоторезистор фототокнинг энергетик тавсифии (а) ва вольт-ампер тавсифи (б)

90-расм. Беркитувчи қатламли селенли фото-элементнинг тузилиши: 1-контакт халқа; 2- тилла пленка; 3-

Фоторезистор ёрилганда унда ток ўзининг охириги қийматига бирор вақт оралиғидан кейингина эришади, фоторезистор

қоронғилаштирилганда эса бир оз кечикиб камаяди. Шундай қилиб, фоторезисторлар сезиларли инерционалликка эга. Уларнинг доимий вақти—одатда секунднинг юздан бир неча улушидаги миқдордир, шунинг учун улар қисқа муддатли ёруғлик импульсларини сезмайди.

Фоторезисторларнинг катта қисмига, худди ҳамма яримўтказгичлар каби, температура ўзгаришлари кучли таъсир қилади.

Фоторезисторларнинг спектрал тавсифии уларнинг материалга боғлиқ. Материални тегишлича танлаб кўринувчи спектрнинг исталган қисмига сезгир фоторезистор яшаш мумкин. Баъзи фоторезисторлар спектрнинг инфрақизил қисмига жуда сезгир бўлади, бу кучсиз қиздирилган жисмларнинг нурларини кузатиш ва қайд қилиш учун улардан фойдаланиш имкониятини беради.

Ҳозирги вақтда фоторезисторларда асосан сульфат бирикмалари ишлатилмоқда.

Беркитувчи қатламли фотоэлектрик асбоблар битта *p-n*-ўтишга эга бўлиб, фотодиодлар деб аталади. Улар асбобларнинг катта группасини ташкил қилиб, уларда нур энергиясининг ютилиши электрон тешикли ўтиш атрофидаги соҳада янги жуфт заряд ташувчилар—электронлар ва тешикларни ҳосил қилади, бунинг натижасида фотодиод электродлари ора-сида потенциаллар фарқи (фото-эюк) вужудга келади. Бу потенциаллар фарқини ташқи занжирда ток пайдо қилиш учун (фотогенератор режимида) ёки занжирда ташқи электр энергияси ҳосил қилаётган токни ўзгартириш учун (фотоўзгартгич режимида) фойдаланиш мумкин. Кейинги ҳолда фотодиоднинг ишлаш режими фоторезисторларнинг ишлаш режими каби бўлади.

Ҳозирги вақтда селен, кумуш ва кремний сульфидидан тайёрланган ҳамда германийли фотодиодлар энг кўп тарқалган.

Фотодиоднинг тузилиши ва ишлаш жараёнини фотогенератор режимида, яъни у электр занжирида ягона энергия манбаи бўлган шароитда кўрамиз.

Яримўтказгичнинг ёруғлик сезгир қатлами (масалан, селен) таянч металл электрод сиртига қопланади (90-расм). Бу қатлам юпқа ялтироқ тилла плёнка билан қопланади. Ташқи занжир билан бириктириш учун бу плёнканинг четларига контакт металл ҳалқалар қўйилади. Плёнкани ташқи таъсирлардан ялтироқ лок қатлами ҳимоя қилади.

Тайёрлаш технологиясига қараб электрон тешикли ўтишни яримўтказгич ичида ялтироқ металл плёнка атрофида ёки таянч металл электрод яқинида ҳосил қилиш мумкин.

Фотодиод ишлаганда ёруғлик оқими ялтироқ плёнка орқали ярим ўтказгичга ўтади. Бу ерда нур энергиясининг ютилиши янги заряд ташувчилар жуфти—тешиклар ва эркин электронларнинг пайдо бўлишига олиб келади. Лекин ўтишда асосий заряд ташувчиларнинг бўлинишидан вужудга келган электр майдони мавжуд. Бу майдоннинг

асосиймас заряд ташувчиларга таъсири остида—яримўтказгичнинг тешикли соҳасидан электронлар ва электрон соҳасидан тешиклар узоқлашади; p — n -ўтиш орқали: электронлар n -соҳага, тешиклар p -соҳага ўтади. Соҳаларда зарядларининг кўпайиши натижасида тешикли соҳа потенциали ортади, электрон соҳаники эса камаяди, фотоэлемент қанча кучли ёритилса, яримўтказгичда шунча кўп тешиклар ва эркин электронлар вужудга келади ҳамда p ва n соҳалар орасидаги потенциаллар фарқи (фотоэюк) шунча катта бўлади.

Иккита ўтказгич — ялтироқ металл плёнка ва таянч электрод яримўтказгичнинг иккита соҳаси билан туташтирилган. Шундай қилиб, ёруғлик таъсирида металл плёнкага ва у билан бирга контакт ҳалқага битта шпорали, таянч металл электродга эса бошқа ишорали заряд ўтади.

Бундай фотоэлемент ток манбаи бўлиб хизмат қилиши мумкин ва ҳеч қандай ёрдамчи энергия манбаларини талаб қилмайди. Унда нур энергияси тўғридан-тўғри электр энергиясига айлантирилади.

Бу фотодиоднинг ташқи резисторга уланганда вужудга келадиган фототоки ташқи резистор қаршилиги нисбатан кичик бўлганда ёритилганликка пропорционал бўлади.

Бир томондан, фотодиодларнинг сезгирлиги жуда юқори — 0,5 — 10 мА/лм. Иккинчи томондан уни ўраб олган юпқагина беркитувчи қатлам иккита ўтказувчи соҳаси билан нисбатан катта сиғим пайдо қилади (одатда селенли фотоэлементларда 0,25 мФ/см²), бунинг натижасида фотодиод жуда катта инерционаликка эга. Бу фотодиодни кучайтиргич билан улаш ҳам анча қийин, чунки у ишлаётганда нисбатан кичик қаршиликли резисторга уланиши керак. Шунга қарамай фотодиодлар кўп ҳолларда, яъни фотоэлектрик асбобни ягона электр энергияси манбаи сифатида ишлатиш мақсадга мувофиқ бўлганда ундан кенг фойдаланилмоққа. Жумладан, ўлчаш қурилмаларида — люксметрларда, фотометрларда, экспонометрларда, денсиметрларда (муҳит ялтироқлигини ўлчаш асбобларида) ва ҳоказо, бундан ташқари жуда катта миқдордаги электр энергияларини қуёш батареяларидан олишда фойдаланилади. Батареялар, масалан, Ернинг сунъий йўлдошларига ўрнатилади. Бундай батареялар учун ишлатиладиган кремнийли фотоэлементларнинг фойдали иш коэффициенти тахминан 10% га тенг. Бундай батареяларнинг кенг тарқалишига уларнинг юқори нархи ва паст фик ҳозирча қийинчилик туғдирмоқда.

5.8. ИНТЕГРАЛ МИКРОСХЕМАЛАР

Электрон қурилмаларнинг анчагина мураккаб техника масалаларини ечиш учун қўллаш улар схемаларининг узлуксиз мураккаблашишига ва

уларда ишлатилаётган элементларнинг миқдорини ошишига олиб келмоқда. Замонавий электрон ҳисоблаш машиналарида пассив (резисторлар, конденсаторлар) ва актив(диодлар, транзисторлар) элементларнинг сони миллионларга етади. Бундай кўп миқдордаги элементлар миниатюралаш (кичкина ҳажмли қилиш), элементлар ишончилигини ошириш ва улар қабул қилаётган энергияни камайтириш муаммоларини ечиш заруриятига олиб келади. Бундай муаммоларни ечиш янги принципи электрон қурилмаларни элементли интеграция базасида вужудга келтиришни ишлаб чиқишни — битта мураккаб ҳажми элементда кўпгина оддий элементларни (диодлар, транзисторлар ва ҳоказо) бирлаштириши тақозо қилади. Бундай бирлаштириш натижасида ҳосил қилинган мураккаб элемент интеграл микросхема деб аталади, у ягона технологик жараёнда тайёрланади. Бўлинмайдиган бир бутун бўлиб, битта умумий корпусга жойлаштирилади.

Тайёрлаш технологиясига қараб интеграл микросхемалар гибридли ва яримўтказгичли хилларга бўлинади.

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 сифимли 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 омли (ўнларча Мом гача қаршиликли) резисторлар тайёрлаш учун металлодиэлектрик аралашма, масалан хром ва кремний монооксиди ишлатилади. Плёнкали резисторларнинг ўртача ўлчами $0,1—0,2 \text{ мм}^2$ ни ташкил қилади. Плёнкали конденсаторларда диэлектриклар сифатида алюминий силикати, барий титанати, титан диоксиди, бериллий, кремний оксиди ва бошқалар ишлатилади. Конденсаторларнинг қопламлари мис, кумуш, алюминий ёки тилладан юпка 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 (трансформаторлар, дросселлар, диодлар ва транзисторлар) каби махсус жажжи тарзда ўрнатма элементлар кўринишида ясалади.

Гибридли интеграл микросхемаларда бириктирувчи ўтказгичлар одатда тилла, мис ёки алюминийдан ясалган юпка қатлам бўлади. Юпка 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^3 га 60 — 100 тагача элементни ташкил қилиши мумкин.

Яримўтказгичли интеграл микросхемалар яримўтказгичнинг умумий кристалдан тайёрланади, унинг айрим соҳалари резистор, конденсатор, транзистор ёки диод вазифаларини бажаради. Яримўтказгичли микросхемаларда транзисторлар иккита p - n -ўтишли, одатда p - n - p -типли уч қатламли тузилишга, диодлар—ёки битта p - n -ўтишли икки қатламли тузилишга, ёки диод уланишдаги транзистор (база эмиттер ёки коллектор билан туташтирилади) кўри-нишга эга бўлади.

Яримўтказгичли 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.

Яримўтказгичли интеграл микросхемаларда трансформаторлар ва дросселларни ҳосил қилиш жуда қийин, шунинг учун кейинги вақтларда индуктив элементлардан ташкил топмаган электрон қурилмаларни яратишга ҳаракат қилинади.

Яримўтказгичли интеграл микросхемани тайёрлаш учун легирланган яримўтказгичларда изоляцияланган қисмлар ҳосил қилиш керак.

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

Шундан кейин пластинка сиртига поликристалл кремний қатлами пуркалади, кремний кристали қайтадан химиявий усулда ўйилади, бунинг натижасида берилган кремнийда n -типли изоляцияланган соҳалар, («чўнтаклар») ҳосил бўлади.

Бу изоляцияланган «чўнтакларда» акцептор ва донор аралашмалар ёрдамида p - ва n -типли электр ўтказувчан участкалар ҳосил қилинади, 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 мкм ли тилла ёки алюминий ўтказгичлар орқали туташтирилади. Йиғилган яримўтказгичли интеграл микросхема металл ёки пластмасса корпусга жойлаштирилади. Яримўтказгичли интеграл микросхемалардан йиғилган электрон қурилмаларнинг йиғиш зичлиги 1 см^3 да 500 тагача элементлардан ташкил топиши мумкин.

Интеграл микросхемаларнинг яримўтказгичлиги ҳам, гибридлиги ҳам турли вазифаларни бажарувчи функционал қурилмалардир, энг кўпи кучайтиргич қурилмалардир. Улар тез ишлаш хусусиятига ва

юқори ишончлилика эга. Замонавий интеграл микросхемалар 1000 ва ундан кўпроқ элементлардан иборат бўлиши мумкин. Ҳатто шундай катта интеграл микросхемалар ҳам кичик қувватга—ваттнинг ўнлардан бир неча улушига мўлжалланади.

Қисқача хулосалар

Ушбу бобда ярим ўтказгичли асбобларнинг электр ўтказувчанлик хусусиятлари ўрганилади. Жумладан, ярим ўтказгичли диодлар, триодлар, биполяр ва майдонли транзисторларнинг тузилиши, тиристорлар ва ярим ўтказгичли фотоэлектрик асбоблар ва уларни ишлатиш хусусиятлари ва охириги йилларда кенг ривож топаётган интеграл микросхемалар, уларни турлари ва улар ёрдамида керакли схемаларни яратиш технологиялари ўрганилган.

Назорат учун саволлар

- 1.Қандай моддалар яримўтказгичлар деб аталади?
- 2.Яримўтказгичларнинг электр ўтказувчанлиги металлларнинг электр ўтказувчанлигидан нима билан фарқ қилади?
- 3.Яримўтказгичли *p-n*- ўтиш нима?
- 4.Яримўтказгичнинг аралашмали электр ўтказувчанлиги унинг хусусий электр ўтказувчанлигидан нима билан фарқ қилади?
- 5.Замонавий электроникада қандай яримўтказгичлар кўп ишлатилади?
- 6.Транзисторларнинг ток узатиш коэффиценти нима?
- 7.Транзистор умумий база схемасида уланган бўлса, у қандай кучайтириш кўринишига эга бўлади?
- 8.Транзисторнинг ўтиш тавсифии қандай боғланишни ифодалайди?
- 9.Замонавий электроникада фотоэлектрик асбобларнинг қандай турларидан фойдаланилади?
- 10.Фототранзисторда қандай физик ҳодисалардан фойдаланилади?
- 11.Фотодиод қандай ишлайди?

Фойдаланилган адабиётлар:

25. Лоторейчук Е. А. Теоретические основы электротехники: Учебник. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2006. – 316 с.
26. Браммер Ю. А., Пащук И. Н. Импульсная техника: Учебник. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. - 208 с.
27. Гальперин М. В. Электронная техника: Учебник. - 2-е изд. Испр. и доп. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. - 352 с.
28. Каганов В. И. Радиотехнические цепи и сигналы.

Компьютеризированный курс: Учебное пособие. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. - 432 с.

29. Лоторейчук Е. А. Расчет электрических и магнитных цепей и полей. Решение задач: Учебное пособие. М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. - 272 с.
30. Касаткин А.С. Электротехника асослари. Укув кулланма. Тошкент, «Укитувчи», 1989. – 254 б.

6-боб. ЭЛЕКТР ЎЛЧАШЛАР ВА ЭЛЕКТР ЎЛЧАШ АСБОБЛАРИ

6. 1. ЭЛЕКТР ЎЛЧАШЛАРНИНГ АҲАМИЯТИ
- 6.2. ЎЛЧОВЛАР ВА ЎЛЧАШ АСБОБЛАРИ
6. 3. ЎЛЧАШ УСУЛЛАРИ
- 6.4. ЎЛЧАШ ХАТОЛИКЛАРИ ВА АНИҚЛИК КЛАССЛАРИ
6. 5. СТРЕЛКАЛИ ЭЛЕКТР ЎЛЧАШ АСБОБЛАРИНИНГ УМУМИЙ УЗЕЛЛАРИ
- 6.6. ЭЛЕКТР ЎЛЧАШ АСБОБЛАРИНИНГ МЕХАНИЗМЛАРИ
- 6.7. ШУНТЛАР ВА ҚЎШИМЧА РЕЗИСТОРЛАР
- 6.8. КУЧЛАНИШНИ ЎЛЧАШ
- 6.9. ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСИНИ ЎЛЧАШ
- 6.10 ЛОГОМЕТРЛАР
- 6.11. ҚАРШИЛИҚЛАРНИ ЎЛЧАШ. ОММЕТРЛАР
- 6.12. ЎЛЧАШ ТРАНСФОРМАТОРЛАРИ
6. 13. ЭЛЕКТРОН ЎЛЧАШ АСБОБЛАРИ
6. 14. НОЭЛЕКТРИК КАТТАЛИКЛАРНИ ЭЛЕКТР ЎЛЧАШ ПРИНЦИПИ

6. 1. ЭЛЕКТР ЎЛЧАШЛАРНИНГ АҲАМИЯТИ

Электр ўлчаш асбобларининг кўрсатуви электротехника қурилмаларининг иши ҳақида фикр юритиш учун асос бўлади, чунки инсоннинг сезги органлари ток, кучланиш каби электр катталикларни бевосита кузата олмайди. Бу электротехникада ўлчашлар катта аҳамиятга эга эканлигини кўрсатади. Лекин электр ўлчашлар электротехника қурилмаларида ўлчашлар билан чекланмайди. Электр ўлчашлар бошқа ўлчаш турларига қараганда соддалиги, ишончлилиги, аниқлиги ва сезгирлиги билан ажралиб туради. Шунинг учун улардан кўпгина физик катталикларни, чунончи температура, босим, тезлик ва ҳоказони ўлчашда фойдаланилади.

Телеметрияда (турли физик катталикларни маълум масофада туриб ўлчашнинг техник воситалари ва усулларининг йиғиндиси) асосан ўлчашларнинг электр усуллари қўлланади. У ўлчаш қийин бўлган ва ҳатто ўлчаш мумкин бўлмаган жойларда (масалан, чуқур пармалаш қудуқларида, сунъий Ер йўлдошларида) ўлчаш ишларини бажариш имконини беради. Ишлаб чиқариш жараёнларини автоматлаштириш кўп жиҳатдан электр ўлчашлардан фойдаланишга асосланган, чунки улар ўлчаш қурилмаси билан бевосита ишлаб чиқариш машиналари ва аппаратларига таъсир этиш (автоматик ростлаш), ўлчанган катталиклар устида математик операцияларни автоматик бажариш имконини беради.

Электр ўлчаш механизмларини яримўтказгичли ва электрон асбоблар билан бирлаштириш имкони пайдо бўлгач, электр

ўлчашлардан фойдаланиш соҳаси кенгайди; сигналларни кучайтиришда электрон кучайтиргич қўлланила бошлагач, бу ўлчашлар амалда универсал бўлиб қолди. Ҳозирги кунда ернинг турли ўғитларга бўлган талабини агрономлар электр усули билан аниқлайдилар; геологлар руда конларини самолётдан туриб магнит усуллари билан разведка қиладилар; юлдузлар сиртидаги температурани астрономлар фотоэлементлар ёрдамида электр усули билан ўлчайдилар.

Соби**ль** Совет Иттифоқида асбобсозлик Улуғ Ватан урушидан кейин тез ривожланди. Ҳар беш йилликнинг бажарилиши натижасида бир йилда электр ўлчаш асбобларини ишлаб чиқариш 2,5—3 марта ортди. Барча ўлчов ва ўлчаш асбоблари устидан давлат назорати ўрнатилганлиги уларнинг керакли даражада аниқ ва ўлчаш аппаратининг юқори сифатли бўлишига кафолат беради.

6.2. ЎЛЧОВЛАР ВА ЎЛЧАШ АСБОБЛАРИ

Исталган физик катталиқни ўлчаш, уни физик эксперимент ўтказиш йўли билан бир хил физик катталиқнинг бирлиги сифатида қабул қилинган миқдорига солиштиришдан иборат. Демак, умумий ҳолда ўлчаш учун ўлчов ва таққослаш асбоби керак бўлади.

Ўлчов, бу ўлчаш бирлигининг ашёвий қайд қилинишидир. *Тақ**ль**ослаш асбоби* ўлчанадиган катталиқни ўлчов билан солиштириш учун хизмат қиладиган махсус техник қурилмадир. Масалан, тортиб ўлчашда қадоқтош ўлчов ҳисобланса, шайипли тарозилар ўлчаш асбоби ҳисобланади.

Электр ўлчаш соҳасида муҳим ўлчовлар бўлиб, ўлчаш резисторлари (қаршилиқ ўлчовлари), нормал элементлар (электр юритувчи куч ва кучланиш ўлчовлари), индуктивлик ўлчовлари бўлмиш ўз ва ўзаро индуктивликни ўлчаш ғалтаклари, ўлчаш конденсаторлари хизмат қилади.

Ўлчаш кўприклари ва потенциометрлар таққослаш электр асбоблари ҳисобланади.

Битта ёки бир неча физик катталиқларни ўлчаш учун зарур бўлган барча воситалар (ўлчовлар, таққослаш асбоблари ва ёрдамчи қурилмалар) бирлаштирилган ўлчаш асбоблари кенг қўлланади.

Лекин кўп ҳолларда бевосита ҳисоб юритиладиган электр ўлчаш асбобларидан фойдаланиш ўлчаш ишларини анча соддалаштиради. Уларда ўлчанган қийматлар шкала ёки циферблатлар бўйича ҳисобланади. Бундай асбобларга амперметрлар, вольтметрлар, ваттметрлар, электр энергиясининг счетчиклари киради. Бундай асбоблар билан ўлчашда ўлчов керак бўлмайди, лекин у асбобни шкалаларга даражалашда керак бўлган.

Таққослаш асбоблари анча сезгир бўлганлигидан катта аниқликда ўлчаш имконини беради, лекин бевосита ҳисоб юритиладиган асбоблар билан ўлчаш содда, тез бўлади ва арзонга тушади.

6. 3. ЎЛЧАШ УСУЛЛАРИ

Ўлчашнинг бевосита ва билвосита хиллари фарқланади. Бевосита ўлчаш йўли билан ўлчанадиган катталиқнинг сон қиймати аниқланади, масалан, токни амперметр билан ўлчаш. Билвосита ўлчашда ўлчанадиган катталиқнинг сон қиймати у билан қандайдир боғланишда бўлган бошқа физик катталиқни бевосита ўлчаб ва ҳисоблаб аниқланади. Масалан, вольтметр билан кучланишни, амперметр билая токни бевосита ўлчаш йўли билан қаршиликни аниқлаш билвосита ўлчаш ҳисобланади.

Ўлчаш усуллари асбоблар ва ўлчовлардан фойдаланиш усулларига қараб ҳам фарқланади. Бевосита ўлчаш, нолли ўлчаш ва дифференциал ўлчаш каби асосий усуллар мавжуд.

Бевосита ўлчашда ўлчанадиган катталиқ ўлчаш асбобларининг кўрсатишини олиш йўли билан (токни амперметр билан бевосита ўлчаб) ёки ўлчов билан солиштириш йўли билан (узунликни метр билан ўлчаб) аниқланади. Бундай ўлчаш аниқлиги юқори эмас, чунки унинг юқори чегараси бевосита ҳисоб юритиладиган ўлчаш асбобининг аниқлигига асосланган.

Ноль усули билан ўлчашда маълум (намунавий) катталиқ (ёки унинг таъсири натижаси) ростланади ва ўлчанадиган катталиққа (ёки унинг таъсири натижасига) етказилади. Бу ҳолда ўлчаш асбоби қайд қилинган тенглиқнинг амалга оширилишини аниқлаш учунгина керак. Бундай вазифадаги асбобдан аниқликдан кўра юқори сезгирлик талаб қилинади; бундай асбоб нолли ёки ноль-индикаторли асбоб деб аталади. Ўзгармас ток ўлчаш қурилмаларида сезгир магнитэлектрик гальванометрлар, ўзгарувчан ток қурилмаларида электрон ноль-индикаторлар нолли асбоблар ҳисобланади. Нолли ўлчаш усулининг аниқлиги намуна ўлчовларнинг аниқлиги ҳамда ноль-индикаторларнинг сезгирлиги билан аниқланади. У жуда юқори бўлиши мумкин.

Ўлчашнинг *дифференциал усулларида* ўлчанадиган катталиқ олдиндан маълум катталиқ билан мувозанатланади, лекин система тўла мувозанат ҳолатгача етказилмайди. Ўлчанадиган ва маълум катталиқларнинг қийматлари орасидаги фарк бевосита ҳисоблаш усули билан ўлчанади. Дифференциал усуллар бир-биридан кам фарқ қиладиган иккита катталиқни таққослаш учун қўлланади.

6.4. ЎЛЧАШ ХАТОЛИКЛАРИ ВА АНИҚЛИК КЛАССЛАРИ

Ўлчаш асбобларининг *аниқлиги* бу асбоб кўрсатишининг ўлчанадиган катталикнинг ҳақиқий қийматларига яқинлашиш даражасини белгиловчи сифатдир. Ўлчанган $A_{\text{н}}$ ва ҳақиқий қиймат A лар орасидаги фарқ мутлақ хатоликдир:

$$\Delta A = A_{\text{н}} - A.$$

Масалан, вольтметр 120 В ни кўрсатади, кучланишнинг ҳақиқий қиймати 118 В, мутлақ хатолик $\Delta U = 120\text{В} - 118\text{В} = 2\text{В}$.

Тузатиш тескари ишора билан олинган мутлақ хатоликка тенг. Ҳақиқий қийматни аниқлаш учун ўлчанган катталикка тузатишни қўшиш зарур.

Ўлчаш аниқлигига баҳо бериш учун *асосий катталик* ҳисобланган *нисбий хатоликдан* фойдаланилади. У фоизларда ифодаланган мутлақ хатоликнинг ўлчанадиган катталикнинг ҳақиқий қийматига нисбатидан иборат:

$$\gamma = (\Delta A / A) \cdot 100 \%$$

$A_{\text{н}}$ ва A лар ўртасидаги фарқ жуда кичик, A эса номаълум бўлгани учун нисбий хатоликни тахминан қуйидагича аниқлаш мумкин:

$$\gamma = (\Delta A / A_{\text{н}}) \cdot 100 \%$$

Бизнинг кучланишни ўлчаш мисолимизда бу хатолик $\gamma = 2/120 \cdot 100\% = 1,68 \%$ га тенг.

Стрелкали ўлчаш асбобларида кўпинча абсолют хатолик бутун шкала бўйича бир хил тартибдаги катталик бўлгани учун ўлчанадиган катталикнинг нисбий кичрайиши билан (яъни ноль даражага яқин жойдаги шкала билан ўлчаганда) нисбий хатолик тез ўсади. Шунинг учун стрелкали асбобнинг ўлчаш чегараларини шкаланинг иккинчи ярмида, охирига яқин жойда олиш тавсия этилади.

Стрелкали ўлчаш асбобларининг аниқлигига уларнинг келтирилган хатолиги асосида баҳо берилади. Келтирилган хатолик мутлақ хатолик ΔA ни асбобнинг юқори ўлчаш чегарасига бўлган (фоизларда ифодаланган) нисбатига тенг;

$$\gamma_k = \Delta A / A_{\text{ч}} \cdot 100\%.$$

Бизнинг мисолимизда кучланиш ўлчаш чегараси 200 В ли вольтметр билан ўлчанган бўлса, келтирилган хатолик

$$\gamma_k = 2/200 \cdot 100\% = 1\% \text{ бўлади.}$$

Асбоб кўрсатишидаги хатоликлар асбобнинг ўзидаги нуқсонлар ва ташқи таъсирлар туфайли бўлиши мумкин. Нормал иш шароитларида хатоликлар асбобнинг фақат ўз нуқсонлари туфайли пайдо бўлади. Нормал иш шароитида атроф муҳит температураси 20°C (ёки шкала асбобида кўрсатилган даражада), шкала нормал иш ҳолатида (асбобнинг шкаласида шартли белги билан кўрсатилган) бўлиши, асбоб яқинида ферромагнитли масса ва ташқи магнит майдонлари (ер магнит майдонидан бошқа) бўлмаслиги ва маълум типдаги асбоблар учун кўрсатилган бошқа шароитлар (номинал кучланиш ва ўзгарувчан ток частотаси, бу токнинг эгри чизиғи синусоидал шаклда бўлиши) таъминланиши зарур. Бундай шароитларда топилган келтирилган хатолик *асосий хатолик* деб аталади. Рухсат этилган асосий хатолик асбобнинг шкаласида кўрсатилган аниқлик классини белгилайди. Асбобнинг у ёки бу классга мансублиги шкаласининг рақамлар билан даражаланган иш қисмида асбобнинг асосий хатолиги асбобнинг аниқлик классига мос келувчи қийматидан ошиб кетмаслигини кўрсатади (масалан, 0,5 классдаги асбобда рухсат этилган келтирилган хатолик 0,5% га тенг).

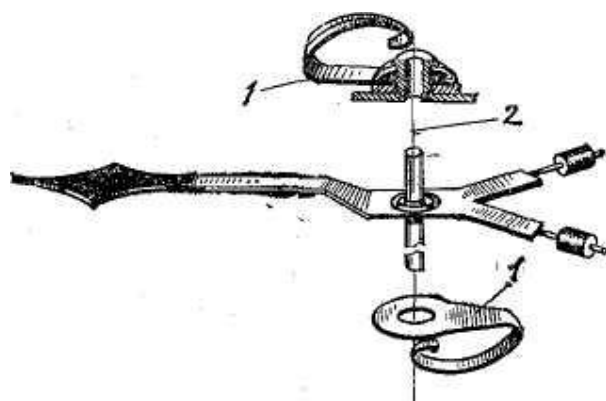
Ташқи шароит нормал ҳолатдан четга оғанда қўшимча хатоликлар юзага келади. Бу шароитларнинг нормал ҳолатдан четга оғишида ГОСТ томонидан рухсат этилган хатоликлар назарда тутилади.

Электр ўлчаш асбобининг ўзига хос техник хусусиятлари шкалада шартли белгилар билан кўрсатилади.

6. 5. СТРЕЛКАЛИ ЭЛЕКТР ЎЛЧАШ АСБОБЛАРИНИНГ УМУМИЙ УЗЕЛЛАРИ

Бевосита ҳисоблайдиган электр ўлчаш асбобларининг тузилиши ҳар хил бўлса ҳам вазифаси турлича бўлган асбоблар ва системаларнинг қатор деталлари ва узеллари бир-биридан кам фарқ қилади. Бундай деталларга қўзғалувчан қисмини ўрнатиш учун, акс таъсир кўрсатувчи момент ҳосил қилиш учун, қўзғалувчан қисмини мувозанатлаш учун ишлатиладиган деталлар, шунингдек тинчлантиргичлар, корректорлар ва арретирлар киради.

Ўлчаш асбобларида ўлчанадиган катталиқ таъсири остида унинг қўзғалувчан қисми қўзғалмас қисмига нисбатан силжийди. Шунинг учун ҳам қўзғалувчан қисмини ўрнатиш ва маҳкамлаш муҳим аҳамиятга эга. Ҳозирги замон асбобларида қўзғалувчан қисми учта усулдан бири билан (тортқиларда, таянчларда ва осмаларда) маҳкамланади.



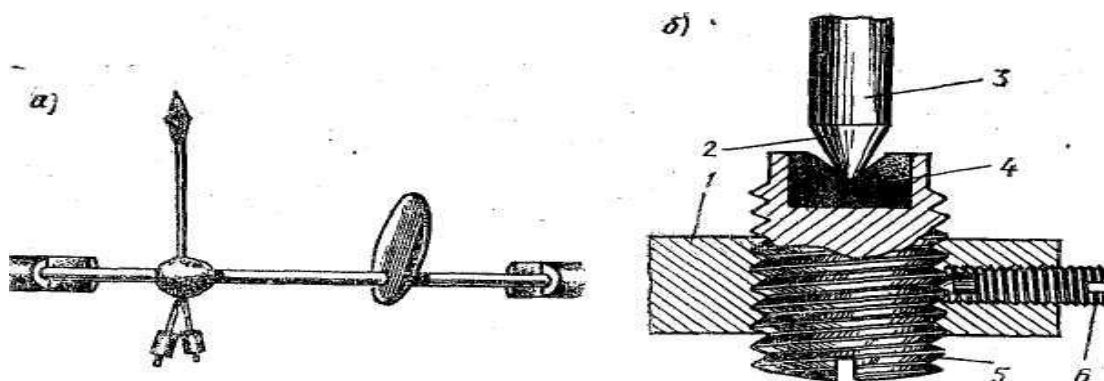
91-рasm. Асбоб қўзғалувчан қисмининг тортқиларда ўрнатилиши:

1-пружина; 2-тортқи

Янги ишлаб чиқарилаётган кўпгина асбобларда қўзғалувчан қисми *тортиқларда* ўрнатилмоқда (91-рasm). Тортқи бир учи қўзғалувчан қисмга, иккинчи учи уни таранг қилиб тортиб турувчи эгилган пружинага (рессора) га бириктириладиган металл ипдан ташкил топган. Зарур бўлганда тортқилардан қўзғалувчан қисмга ток юбориш учун ҳам фойдаланилади.

Ҳозирги ва**л**тда бундай қурилмаларнинг афзаллиги қуйидагилар билан тушунтирилади: унда амалда ишқаланиш йўқ, механизмнинг сезгирлиги катта, силкиниш ва вибрацияларга турғунлиги юқори.

Таянчларда ўрнатишда қўзғалувчан қисми алюминий трубадан иборат β -а маҳкамланади (92-рasm). Ўқнинг учларига пўлат сим бўлагидан иборат керн прессланади, керннинг учлари эса йўнилади ва 0,01 — 0,15 мм га тенг кичик радиус билан юмалоқланган бўлади. Агар асбобда бир бутун ўқ бўлмаса, кернлар қўзғалувчан қисмига бевосита маҳкамланган ва асбобнинг иккита ярим ўқини ҳосил қилувчи буксаларга прессланади.



92-рasm. Асбоб **л**ўзғалувчан қисмининг таянчларда ўрнатилиши:

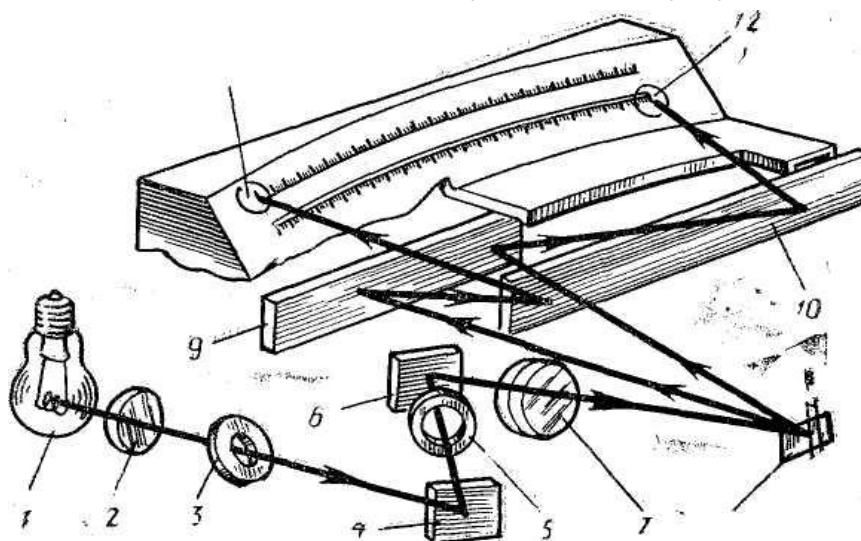
а-қўзғалувчан қисм, б-таянч, 1-
устун.

93- расм. Асбобнинг
қўзғалувчан қисмини
ипга осиш

Кернлар ақиқ, корунд, махсус шиша, камдан-кам пўлат ёки бронза каби қаттиқ материаллардан ясалган иккита подпятникка ўрнатилади. Подпятникларда туби юмалоқланган конуссимон кратерлар ўйилган. Подпятник тоши таянч винтга вальцовка қилинган, бу эса подпятник ҳолатини ростлаш имконини беради. Таянчларга ўрнатишда подпятникларда ишқаланиш мавжуд бўлса қўзғалувчан қисми сурилади, бу эса асбоб кўрсатишида баъзи хатоликларни юзага келтиради. Узоқ муддат иш давомида кернлар ейилиши натижасида ишқаланишдан юзага келадиган хатоликлар анча сезиларли бўлади.

Қўзғалувчан қисмини *осмаларда* ўрнатиш (93-расм) ўта сезгир асбобларда (гальванометрлар) қўлланилади. Уларнинг қўзғалувчан қисми ўз яқинидаги қўзғалмас деталларга тегмаслиги учун асбоблар қатъий вертикал холатда ўрнатилади, бунинг учун улар «шайтонлар» (ватерпаст) лар билан жиҳозланади. Уларнинг кўпчилиги нур кўрсаткичга эга; ёрдамчи манбадан тушадиган ёруғлик нури кўрсаткич (стрелка) вазифасини ўтайди. Оптик системадан кўзгуга йўналтирилган бу нур кўзгудан қайтиб, ҳисоб олинadиган шкалада ёруғлик доғи ҳосил қилади. Бундай ёруғлик кўрсаткичи жуда узун (одатда, 1 метрга тенг) стрелкага тенглаштирилади, шунинг учун ёруғлик кўрсаткичининг шкала бўйлаб анчагина сурилиши асбоб қўзғалувчан қисмининг нисбатан кичик оғишларига тўғри келади. Ёруғлик кўрсаткичи кўчма асбобларда унинг сезгирлигини ошириш учун қўлланади, қўзғалувчан қисми тортқиларда ёки таянчларда ўрнатилади (94-расм). Асбобга ўрнатил-

84- расм. Қўш шкалали ёруғлик кўрсаткичининг тузилиши: 1-лампа, 2,5,7-линзалар, 3-диафрагма, 4,6,9,10-қўзғалмас кўзгулар, 5- қўзғалувчан

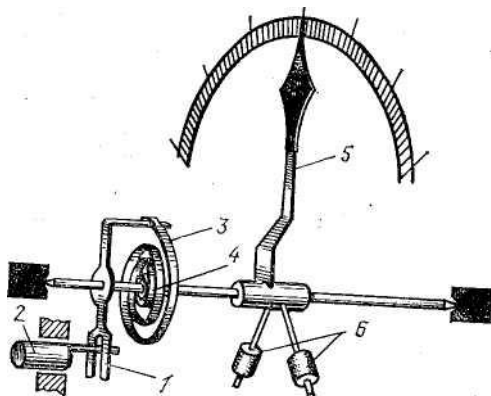


кўзгуча, 11,12-шкалалар

ган лампадан чиққан ва линза 2 ҳамда диафрагма 3 дан ўтган ёруғлик нури қўзғалмас кўзгулар 4 ва 6 билан фокусловчи линзалар 5 ва 7 орқали асбобнинг қўзғалувчан **Ў**исмига ўрнатилган кўзгу 8 га йўналтирилади. Кўзгу 8 дан, сўнгра қўзғалмас кўзгу 9 ва 10 дан қайтган нур шкала 11 ёки 12 да думалоқ ёруғлик доғи ҳосил қилади. Асбобнинг шкаласи икки йўлли бўлиб, унинг бошланғич белгиси асбоб шкаласи юқори йўли 11 нинг чап томонида, шкаланинг охириги белгиси пастки йўл 12 нинг ўнг томонида бўлади. Қўзғалувчан қисми юришининг аста-секин орта бориши ёруғлик кўрсаткичининг аввал шкаланинг бутун юқори қисмини, сўнгра бутун пастки қисмини ўтишини, бу билан шкаланинг узунлиги икки ҳисса ортишини ва асбобнинг сезгирлигини оширишни таъминлайди. Кўрсаткичининг иккала шкала бўйича олдинма кетин ҳаракатланиб чиқишига маълум бурчак остида ўзаро бириктирилган иккита ясси кўзгу орқали эришилади. Кўзгуча кичик бурчакларга оғанда ёруғлик нури унинг бир ярмидан қайтиб, шкаланинг юқори йўлига тушади, катта бурчакка оғанда кўзгунинг иккинчи ярмидан қайтиб, шкаланинг пастки йўлига тушади. Ўлчаш асбобларида айлантурувчи момент $M_{айл}$ электр токи ёки кучланиш билан боғлиқ бўлган у ёки бу физик ҳодисадан фойдаланишга асосланган. Кўп ўлчаш механизмларида бу момент ўлчанадиган катталikka чизиқсиз боғлиқ бўлади, албатта, чизиқли боғланиш мақсадга мувофиқдир (масалан, $M_{айл} = K_a \cdot 1$).

Айлантурувчи моментга акс таъсир этувчи момент ҳам бўлиши лозим. Акс таъсир этувчи момент бўлмаганда эди асбобнинг стрелкаси шкаласидан четга чиқиб кетган бўлар эди. Акс таъсир этувчи момент айлантурувчи моментга қарши йўналтирилган бўлиб, қўзғалувчан қисмининг бурилиш бурчаги катталашиши билан ортиши лозим. Акс таъсир этувчи момент $M_{акс}$ айлантурувчи моментга тенглашгунча ($M_{айл} =$

$M_{акс}$) қўзғалувчан қисм айлантурувчи момент таъсиридан бурилади. Кўп электр ўлчаш асбобларида акс таъсир этувчи момент тортқи, пружина ва осмаларнинг буралиши билан ҳосил қилинади. Бундай қурилмада акс таъсир этувчи момент буралиш бурчагига тўғри пропорционал; $M_{жс} = k_{акс} \cdot a$, бу ерда $k_{акс}$ — тортқи ёки пружинанинг материали ва унинг ўлчамларига боғлиқ бўлган ўзгармас катталиқ; бу, a бурчакнинг бирлигига (1° ёки 1 радианга) мос келувчи момент бўлиб, солиштирма акс таъсир этувчи момент деб аталади.



95- расм. Пружинали корректор

$M_{айл} = k_a I$ бўлган содда ҳолда қўзғалувчан қисмнинг юзага келган оғишида моментларнинг қуйидаги тенглиги ўринлидир: $k_a I = k_{акс} a$, демак, ўлчанадиган катталиқ (масалан, ток) қуйидагига тенг бўлади: $I = k_{акс}/k_a \cdot a = C a$, бунда C —асбоб доимийси. Шкаласи a га пропорционал бўлган бирликларда даражаланган (масалан, 150 шартли бўлақларга бўлинган) кўчма асбобларда асбоб доимийси C шкала ҳар бир даражасининг **Ўиймати** деб аталади. Унга тескари катталиқ $S = 1/C = a/I$ асбобнинг **сезгирлиги** деб аталади, бизнинг мисолимизда асбобнинг ток бўйича сезгирлиги деб юритилади. Агар $C = k_{акс}/k_a$ катталиқ бутун шкала бўйича ўзгармас бўлса, шкала тенг ўлчовли ҳисобланади.

Электр ўлчаш асбобларининг **пружиналари** кўп ҳолларда ферромагнит материал ҳисобланмайдиган фосфорли бронзадан тайёрланади; шунда асбобнинг магнит майдони пружинанинг ишига таъсир қилмайди.

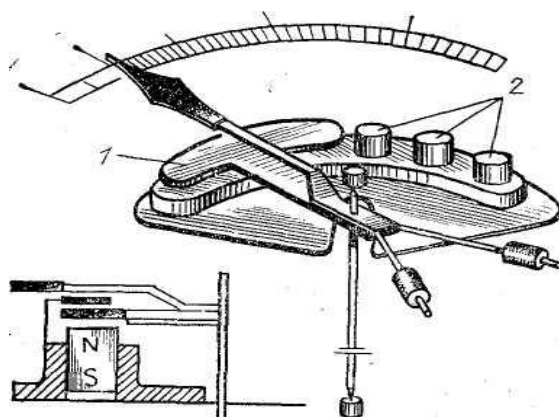
Электр тармоғига уланмаган асбобнинг стрелкаси қандайдир сабаб билан шкаланинг ноль ҳолатидан сурилиб қолган бўлса, уни нолга ўрнатиш учун **корректор** деб аталадиган мосламадан фойдаланилади. Корректор ёрдамида тортқи ёки осма ипининг маҳкамланиш нуқтасининг ҳолатига таъсир қилинади. Пружина ишлатилган ҳолда (95-расм) унинг бир учи **4** қўзғалувчан қисмнинг ўқиға, иккинчи учи **3** эса корректорнинг тортқисига маҳкамланади.

Асбобнинг кўрсатишиға қўзғалувчан қисмининг оғирлик кучи таъсирини бартараф этиш учун қўзғалувчан **исмининг** оғирлик маркази унинг айланиш ўқи усти-да ётиши керак. Бунинг учун қўзғалувчан қисми посанги —юклар **6** ёрдамида мувозанатланади: одатда, бу посангилар **Ўйзғалувчан Ўйсмнинг** ўқиға стрелка билан бирға ўрнатиладиган ингичка

болтларга кийдирилади. Ток занжирига уланмаган яхши мувозанатланган асбобнинг стрелкаси шкаланинг исталган ҳолатида кўпи билан асбоб ҳар бир даражасининг ўндан бир улуши **Ў**адар нолдан оғади; унинг кўрсатиши шкаланинг ҳолатига боғлиқ бўлмайди. Мувозанатланганлик, масалан, асбобнинг **Ў**ис**Ў**а муддатга ўта юкланиши натижасида юзага келадигани кучли туртки туфайли бузилиши мумкин (стрелка ёки юкларнинг болтлари эгилиши мумкин).

Асбобнинг қўзғалувчан қисми пружина билан бирга механик тебранишларга мойил система ҳосил қилади. Шунинг учун бирон катталикини ўлчашда қўзғалувчан **Ў**исм бир неча тебранишлардан сўнг янги ҳолатга ўрнатилади. Тинчлан-тиргичлар қўзғалувчан қисми ва у билан бирга стрелка тезроқ янги ҳолатни эгаллаши учун хизмат қилади. Ҳозирги вақтда магнитоиндукцион, ҳаво ва су-юқлик тинчлантиргичлари кенг **Ў**ўлланади.

Магнитоиндукцион тинчлантиргич (96-расм) ўзгармас магнитлар 2 ва қўзғалувчан қисмининг ўқиға ўрнатишган **Ў**ўзғалувчан пластина 1 (



сектор, диск,

96- расм. Магнитоиндукцион тинчлантиргич:

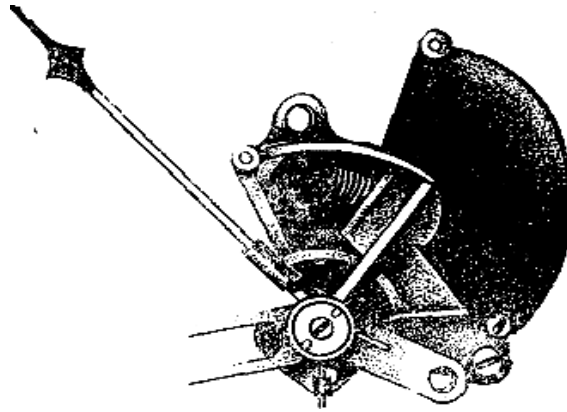
1 - алюминийдан ясалган пластина, 2 - ўзгармас магнитлар

цилиндр) дан ташкил топган. Пластина ҳаракатланганда унда уярма тоқлар ҳосил бўлади, бу тоқнинг ўзгармас магнит майдон билан ўзаро таъсирлашиши натижасида Ленц принципига мувофиқ пластинани тормозловчи кучи пайдо бўлади.

Парракли ҳаво тинчлантиргичда (97-расм) асбоб ўқи айланганда ёпиқ камерада енгил алюминий паррак сурилади. Паррак билан камера девори ора-сидаги зазор кичик бўлгани учун парракнинг иккала томонидаги босимлар ўртасида фарқ юзага келиб, тормозловчи куч пайдо бўлади.

Ҳозирги замон *суяқликли тинчлантиргичлари* асбобнинг қўзғалмас ва қўзғалувчан қисмларига маҳкамланган иккита металл

дискдан ташкил топган. Улар 0,1 мм га тенг зазор билан бир-бирига қарама-қарши ўрнатилган. Зазор қовуш~~ль~~оқ суюқлик билан тўлдирилган. Суюқлик илашиш кучи таъсирида асбобнинг исталган ҳолатида ҳам тўкилиб кетмайди. Бу суюқликдаги дисklarнинг ҳаракати кучли тинчлантирувчи таъсир ҳосил қилади.

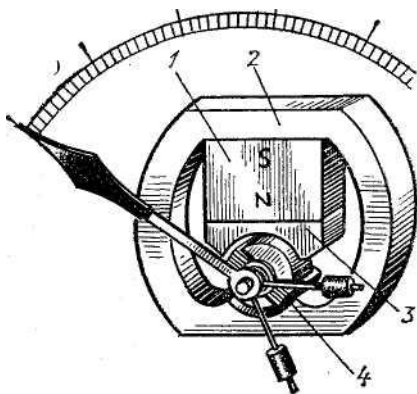


97- расм. Парракли ҳаво тинчлантиргич

6.6. ЭЛЕКТР ЎЛЧАШ АСБОБЛАРИНИНГ МЕХАНИЗМЛАРИ

Ўлчаш занжири ва ўлчаш механизми электр ўлчаш асбобининг асосий қисмлари ҳисобланади.

Ўлчаш занжири ўлчанадиган электр катталиқни (кучланиш, қувват, частота ва ҳоказони) унга пропорционал бўлган ва ўлчаш механизмига таъсир қилувчи катталиқка ўзгартириб беради. Масалан, вольтметрнинг ўлчаш занжири ўлчаш механизми чулғамларидан ва қўшимча резистордан ташкил топган. Бу занжирнинг ~~ль~~аршилиги ўзгармас бўлгани учун ўлчаш механизми орқали ўтадиган ток ўлчанадиган кучланишга пропорционал ва вольтметр стрелкасини маълум миқдорга оғдиради.



98- расм. Ташқи магнитли магнитоэлектрик механизм:

1 - ўзгармас магнит, 2 - магнит ўтказгич,

3 - қутб учликлари, 4- қўзғалувчан

Ўлчаш механизми унга бериладиган электр энергиясини қўзғалувчан қисм ва у билан боғлиқ бўлган кўрсаткич (масалан,

стрелканинг) ҳаракатининг механик энергиясига айлантириб беради.

Асосий электромеханик ўлчаш механизмларига магнитоэлектрик, электромагнит, электродинамик, индукцион ва электростатик механизмлар киради. Бундан ташқари тор мақсадлар учун мўлжалланган кўпгина шундай механизмлар ҳам мавжуд.

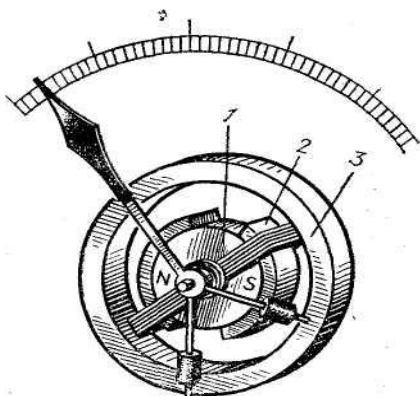
Магнитоэлектрик механизм ўзгармас ток билан ишласа ҳам унинг сифатя юқори бўлгани учун турли ўзгартирувчи қурилмалар билан биргаликда ўзгарувчан токни ўлчашда ҳам ишлатилади. Магнитоэлектрик механизм ва яримўтказгичли тўғрилагич бирлаштирилганда тўғрилагич (детекторли) асбоб ҳосил бўлади; агар бу механизм термопаралар билан бириктирилса, термоэлектрик асбоб юзага келади.

Магнитоэлектрик механизмда айлантирувчи момент доимий магнит майдон билан ғалтакдаги ўлчанадиган токнинг ўзаро таъсири натижасида ҳосил қилинади. Бу системадаги механизмлар қўзғалувчан ғалтакли ва қўзғалувчан магнитли бўлиши мумкин. Қўзғалувчан магнитли механизмларнинг аниқлиги анча паст бўлгани учун улар нисбатан кам қўлла-нилади.

Қўзғалувчан ғалтакли магнитоэлектрик ўлчаш механизмлари ўзининг конструктив хусусиятларига кўра ташқи магнитли ва ички рамали магнитли механизмларга бўлинади.

Ташқи магнитли механизмларнинг магнит системаси (98-расм) кучли ўзгармас магнит 1, магнит ўтказгич 2, қутб учликлари 3 ва ўзакдан ташкил топган. Сўнгги учта қисми осон ишлов бериладиган магнит юмшоқ пўлатдан тайёрланади. Қутб учликлари ва ўзакка яхшилаб ишлов берилганлигидан улар орасидаги зазорда текис радиал магнит майдони ҳосил бўлади.

Ички рамали магнитли механизмларда (99-расм) ўзгармас магнит 1 ўзак вазифасини ўтайди. Уни магнит юмшоқ пўлатдан тайёрланган ҳалқасимон магнит ўтказгич 3 қамраб туради. Ўзгармас магнитнинг магнит юритувчи кучи ҳаво зазорининг турли қисмларида бир хил эмас. Зазор бир текис бўлганда магнит юритувчи куч ўзак айланаси бўйлаб зазорда тахминан синусоидал қонун бўйича тақсимланадиган индукция ҳосил қилган бўларди. Магнит юмшоқ пўлатдан қилинадиган устқўймалар 2 ёрдамида зазорнинг қапа қисмида магнит майдонни амалда бир текис, радиал қилиш мумкин.



99- расм. Ички рамали магнитли магнитоэлектрик механизм:

1 - ўзгармас магнит, 2 - устқуймалар, 3 - магнитоўтказгич

Ўлчаш механизмларининг иккала конструкциясида ҳам қўзғалувчан ғалтак тортқиларда ёки таянчларда ўрнатилади ва у ўзакка нисбатан тахминан 90° чегарасида бурилиши мумкин. Бу ғалтак алюминийдан ясалган каркасга ўралади. Бундай қўзғалувчан қисмни рамка деб аташ қабул қилинган. Бу механизмда алюминийли каркас магнитоиндукцион тинчлантиргич вазифасини ўтайди, чунки у қисқа уланган ҳамда ўзгармас магнит майдонига жойлаштирилган ўрам кўринишида. Қўзғалувчан қисми сурилганда каркасининг оқим тутиниши ўзгаради, натижада унда эюк индукцияланиб, каркасда ток пайдо бўлади. Ток ўзгармас магнит майдонига таъсир этиб, рамканинг тебранишини тормозлайдиган куч ҳосил қилади.

Асбобдаги айлантирувчи момент электромагнит куч қоидаси асосида аниқланади. Ғалтакнинг ҳар бир симига таъсир этувчи куч:

$$f = BIl,$$

бунда l — тахминан ғалтак баландлиги h нинг ярмисига тенг бўлган симнинг актив узунлиги. Ғалтак ўрамлари ω нинг ҳар бири иккита актив томонга эга. Кучнинг қўйилиш елкаси ғалтак эни h нинг ярмига тенг бўлгани учун магнитоэлектрик механизмнинг қўзғалувчан қисмига таъсир этувчи айлантирувчи момент $M_{\text{айл}} = j \cdot 2\omega \cdot d/2 = \omega h d B l$, га тенг бўлади. $hd = S$ - ғалтак юзасини билдирганлигидан

$$M_{\text{айл}} = \omega S B l. \quad (89)$$

Демак, магнитоэлектрик механизмда айлантирувчи момент ҳаво зазоридаги магнит индукциясига ва ўлчанадиган токка пропорционал. Ҳаво зазорида магнит индукцияси амалда текис тақсимлангани учун:

$$M_{\text{айл}} = k_a I$$

Акс таъсир этувчи момент $M_{\text{акс}}$ тортқи ёки пружиналарнинг буралиши натижасида ҳосил бўлади. Тортқи ва пружиналар қўзғалувчан қисмга ток ўтказиш вазифасини ҳам ўтайди, яъни $M_{\text{акс}} = k_{\text{акс}} \cdot a$

Барқарорлашган четга оғишда ток:

$$I = k_{\text{акс}} / k_a = a = C_{\text{пр}} \cdot a.$$

Қўзғалувчан қисмининг оғиш бурчаги ўлчанадиган токка тўғри пропорционал, чунки магнитоэлектрик асбоб текис тақсимланган

шкалага эга (чунки магнит индукциясини ҳаво зазорининг иш **Љ**исмида бир хил ҳисоблаш мумкин).

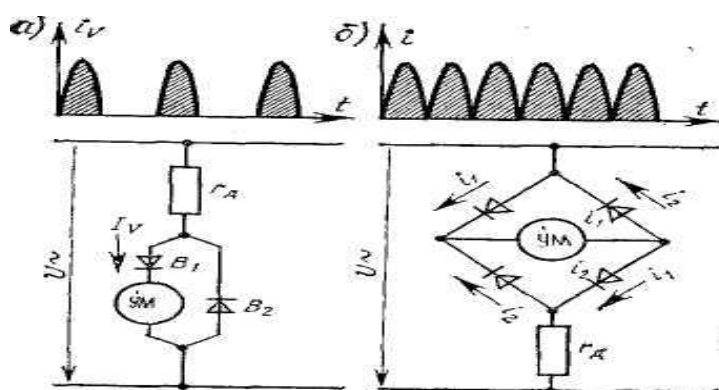
Чап қўл қоидасини қўллаб қўзғалувчан ғалтак ўзининг майдони йўналиши магнит ҳосил қиладиган асосий магнит майдон йўналишига мос келадиган ҳолатни эгаллашга интилишига осонгина ишонч ҳосил қилиш мумкин. Ток йўналиши ўзгариши билан айлантурувчи моментнинг йўналиши ҳам ўзгаради, шунинг учун саноат частотали ўзгарувчан ток занжирига уланганда стрелка ноль ҳолатда қолади, чунки қўзғалувчан қисмга тез ўз-гарувчан тескари томонга йўналган айлантурувчи моментлар таъсир қилади.

Магнитоэлектрик механизмларнинг асосий магнит майдони ўлчанадиган ток билан эмас, балки ўзгармас магнит билан уйғотилади. Шу сабабли юқори сезгирликдаги ноль асбобларда (гальванометрларда), одатда, магнитоэлектрик ўлчаш механизмларидан фойдаланилади.

Магнитоэлектрик механизмнинг сезгирлиги катта бўлганлигидан ўзи кам энергия истеъмол қилиши билан ажралиб туради.

Асбобларнинг ўз магнит майдони кучли бўлгани учун ҳамда юмшоқ магнит пўлатдан ясалган магнит ўтказгичининг экранловчи таъсири туфайли ташқи магнит майдонлари бу асбобларнинг кўрсатишига кам таъсир кўрсатади. Бундай системаларнинг камчилиги сифатида механизмларининг таннархи юқорилигини кўрсатиш мумкин.

Тўғрилагич системали асбобларда ўзгарувчан токни ўлчаш учун магнито-электрик механизм битта яримдаврли ёки иккита яримдаврли яримўтказгич винтил-ли тўғрилагичлар билан бириктирилади (100-расм).

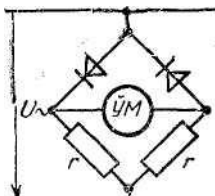


100- расм. Тўғрилагич асбоблар: а-битта яримдаврли тўғрилагич, б-иккита яримдаврли тўғрилагич

Битта яримдаврли тўғрилагичда ўлчаш механизмида ток фақат даврнинг битта ярмида мавжуд бўлади. Бунда ўлчаш механизми ўМ ва вентиль B_1 тескари йўналишда уланган иккинчи вентиль B_2 билан шунтланади. Бундай туташтириш текшириладиган занжирнинг иш режимини бузмайди ва токнинг тескари йўналишида вентиль B_2 занжирнинг тўла

(тескари) кучланиши остида бўлмайди, шундай қилиб вентилнинг тешилишига йўл қўйилмайди.

Ўлчаш механизмларида иккита яримдаврли тўғрилаш кўпинча иккита вентиль ва иккита резистор ёрдамида амалга оширилади (101- расм).



102- расм. Тўғрилагич асбобининг кўприкли икки вентилли схемаси

Тўғрилагич системаси асбобининг ўлчаш механизми орқали ўтадиган ток бир хил йўналишда пульсацияланади. Асбоб қўзғалувчан қисмининг инерцияси катта бўлгани учун бундай пульсацияланишларга улгура олмайди, унинг оғиши эса давр мобайнида айлантйрувчи моментнинг ўртача қиймати сифатида топилади. Айлантйрувчи момент токка пропорционал бўлгани учун, у иккита яримдаврли тўғрилашда ҳам токнинг ўртача қиймати $I_{\text{ўр}}$ га ҳам пропорционалдир.

$$M_{\text{айл}} = \omega S B I_{\text{ўр}}$$

Битта яримдаврли тўғрилашда бу момент икки марта кичикдир.

Синусоидал ўзгарувчан токда токнинг таъсир этувчи қиймати:

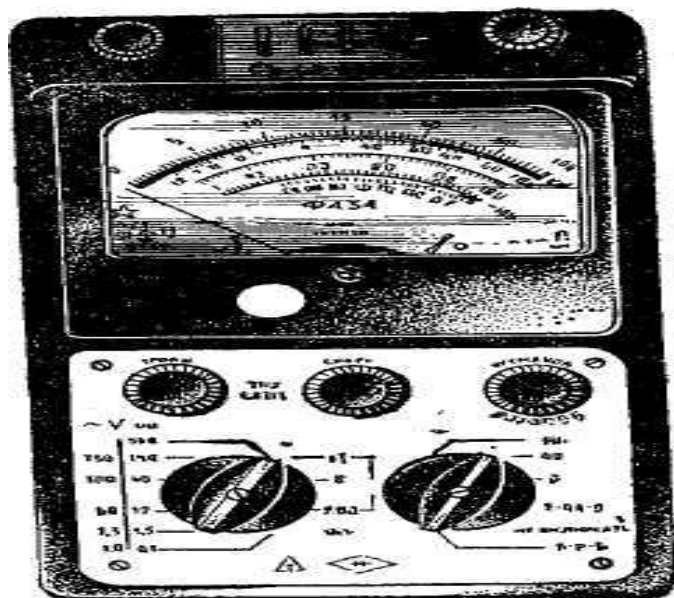
$$I = 1,11 I_{\text{ўр}}$$

Тўғрилагич асбобнинг магнитоэлектрик механизми амалда токнинг ўртача қийматини ўлчагани билан ўзгарувчан ток занжирларида ўлчашлар учун у ўз-гарувчан ток ёки кучланишнинг амалдаги қийматлари учун даражаланади. Ма-салан, синусоидал кучланишнинг ўртача қиймати 109 В бўлганда асбоб 120 В=109•1,1 ни кўрсатади. Демак, ўзгарувчан токнинг оний қийматлари эгри чизиғи синусоидал бўлмаса, асбоб кўрсатишларида маълум хатоликлар вужудга келади.

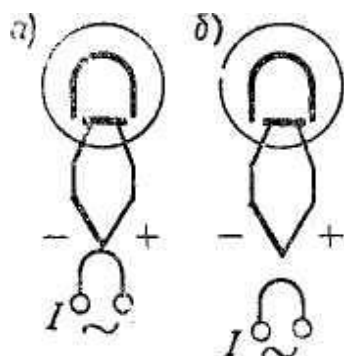
Тўғрилагич қурилмасининг такомиллашмаганлиги туфайли юзага келадиган хатоликлар натижасида тўғрилагич асбобларининг аниқлиги юқори эмас. 20 кГц дан юқори частоталар учун вентилларнинг ички сиғимлари шунтловчи таъсир кўрсатилганлигидаи ишлатилмайди.

Тўғрилагич асбоблар магнитоэлектрик системанинг қатор афзалликларини ўзида саклайди, чунончи сезгирлиги юқори, ўзи кам энергия истеъмол қилади, маълум чегараларда кўрсатишлари частоталарга жуда кам боғлиқ. Тўғрилагич система асбоблар универсал кўп чегарали асбоблар (тестерлар) сифатида кенг қўлланилади, чунки шунт ва қўшимча резисторларни қайта улаш йўли билан ўлчаш чегараларини осонгина ўзгартириш мум-кин

(102-расм). Яримўтказгичли вентилларнинг ўлчаш учун зарур бўлган ўлчамлари керакли даражада кичик ва улар тўғрилагич асбобларда корпус ичида осонгина жойлашади.

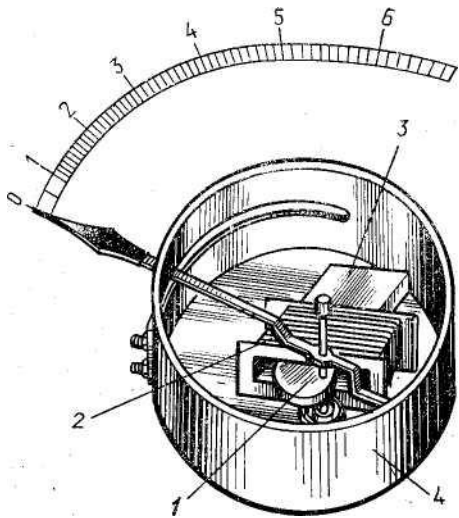


102- расм. Кўп чегарали тўғрилагич асбоб



103-расм. Термоэлектрик асбобларнинг контактли (а) ва контактсиз (б) схемаси

Юқори частотали ўзгарувчан тоқлар кўпинча термоэлектрик система асбоблари ёрдамида ўлчанади. Бу асбобларда магнитоэлектрик механизм термоўзгарткич билан бирлаштирилади. Термоўзгарткич битта ёки бир неча термопаралар ва иситкичдан ташкил топган бўлиб, ўлчанадиган ўзгарувчан ток у орқали ўтади (103-расм). Термопараларнинг эюк термопаралар иссиқ ва совуқ учларидаги температураларнинг фарқига, яъни термопаранинг қиздирилишига, қиздирилиш эса ўзгарувчан ток қийматининг квадратига (I^2) пропорционал, демак, асбоб шкаласи нотекис. Бу системадаги асбоблар кам сезгир, аниқлиги паст ҳамда ортиқча юкланишларга барқарор эмас.

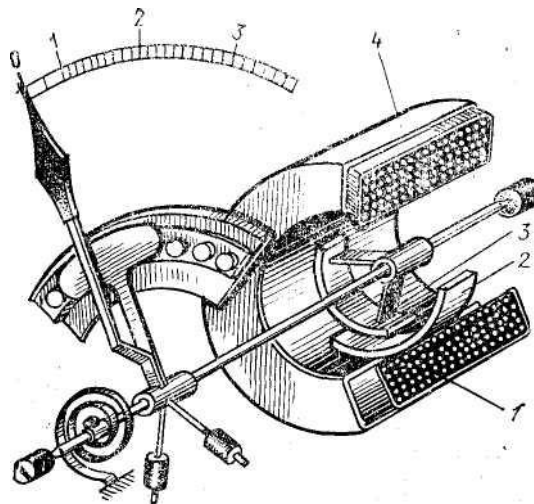


104- расм. Ясси ғалтакли
электромагнит механизм:
1 - қўзғалувчан ўзак, 2 -
ғалтак,

Электромагнитли ўлчаш механизмларида айлантурувчи момент ўлчанади-ган ток магнит майдоннинг қўзғалувчан ферромагнитли ўзагига қўзғалувчан ғалтак таъсир этиши билан ҳосил қилинади. Бундай қурилмаларда электромагнит кучлар ўзакни магнит оқими механизмда энг катта бўладиган қилиб суришга интилади. Ҳозирги вақтда электромагнитли механизмларнинг уч хил асосий конструкцияси қўлланади.

105- расм. Думалоқ
ғалтакли электромагнит
механизм:

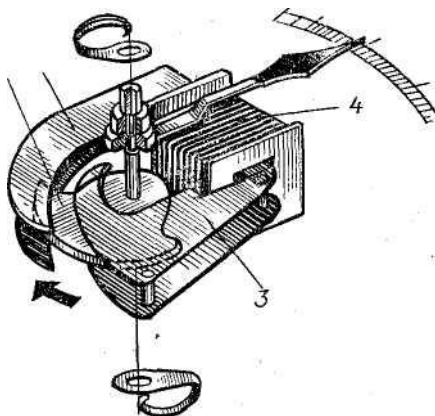
1 - ғалтак, 2 ва 5 - ўзаклар,
4 - экран



Ясси ғалтакли механизмларда (104-расм) юмшоқ магнит материалдан ясалган ўзак 1 ғалтак 2 да ўлчанадиган ток мавжуд бўлганда унинг нисбатан тор тирқишига тортилади. Магнит майдонни кучайтириш ва айлантурувчи моментни ростлаш учун иккинчи қўзғалмас ўзак 3 хизмат қилади. Думалоқ ғалтакли механизмларда (105-расм) ғалтак 1 ичида иккита ферромагнитли ўзак 2 ва 3 бўлади. Улардаи бири 2 қўзғалмас, иккинчиси 3 қўзғалувчан бўлиб,

ўққа ўрнатилган. Ғалтакда ўлчанадиган ток мавжуд бўлганда ўзаклар магнитланади ва бир-биридан итарилишга интилади, натижада айлантурувчи момент ҳосил бўлади.

Магнит ўтказгичли механизмларда (106-расм) қўзғалувчан ўзак 1 магнит ўтказгич зазорида тирноққа ўхшаш қутб учликлари 2 ва 3 орасида ўрнатилган. Магнит оқими ғалтак 4 даги ўлчанадиган ток томонидан уйғотилади. Сектор шаклига эга бўлган қўзғалувчани ўзак магнитли системанинг максимум энергиясига мос келувчи ҳолатни эгаллашга интилади.



106- расм. Магнит ўтказгичли электромагнит механизм:

1 - қўзғалувчан ўзак, 2,3 - учликлар, 4 - чўлғам

Электромагнитли асбобларнинг қўзғалувчан қисми тортқиларда ёки таянч-ларда ўрнатилади. Акс таъсир этувчи момент ҳосил қилиш учун тортқи ёки спираль пружинанинг буралишидан фойдаланилади. Ўз магнит майдони кучсиз бўлган думалоқ ёки ясси ғалтакли электромагнит ғалтакли механизмларни ташқи магнит таъсиридан ҳимоя қилиш учун улар экранлар 4 билан жиҳозланади (105-расмга қаранг).

Электромагнитли асбобларда тинчлантириш учун ҳаво (104-расмга қаранг), магнитоиндукцион (105-расмга қаранг) ва суюкликли тинчлантиргичлар қўлланади. Бу асбобларнинг айлантурувчи моменти ток квадратига (I^2) ва қўзғалувчан қисмининг бурилишида система индуктивлигининг ўзгаришига пропорционал:

$$M_{\text{айл}} = I^2 \Delta A / \Delta.$$

Демак, ўлчанадиган ток йўналишининг ўзгариши айлантурувчи момент йўналишини ўзгартрмайди: токнинг йўналиши ўзгариши билан бир йўла ўзакларнинг қутблиги ва магнит майдонининг йўналиши ҳам ўзгаради. Умуман олганда асбоблар ўзгармас ва ўзгарувчан юкларни ўлчаш учун яроқли. Лекин ўзгармас токда гистерезис таъсири ток кўпайганда ва камайганда асбобнинг кўрсатишларида фарқ келтириб чиқаради (бу фарқ тахминан 2 % гача етади). Ўзгарувчан токда ўзакда

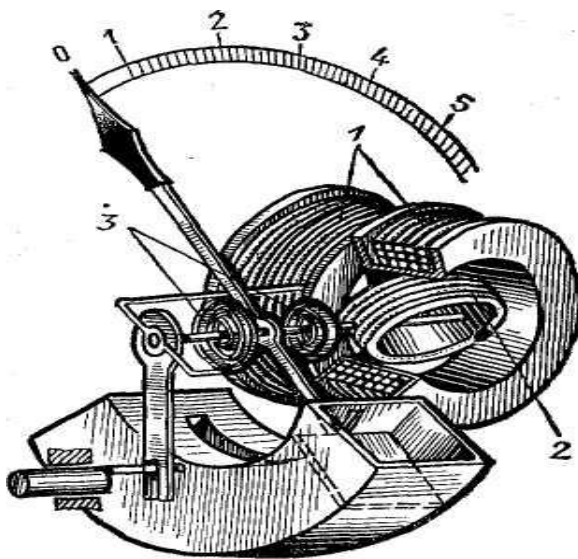
гистерезисга ва уярма тоқларга бўладиган исрофлар қўзғалувчан қисмининг оғишларини бирмун-ча камайтиради. Лаборатория ва кўчма асбобларда пермаллойдан ясалган ўзаклардан фойдаланилганда ўзгармас ва ўзгарувчан тоқларда кўрсатишларнинг фарқи жуда кичик бўлади. Бу системанинг кўпгина шчитли асбоблари фақат ўзгарувчан тоқнигина ўлчашга мўлжалланган.

Электромагнитли система асбобларининг конструкцияси содда, арзон, ўта юкланишларга устивор бўлганлигидан шчитли электромагнитли ўзгарувчан тоқ амперметрлари ва вольтметрлари амалда кенг қўлланади.

Электромагнитли система механизмларининг камчиликларига ўзининг нисбатан кўп энергия истеъмол қилиши, кўрсатишларининг ташқи магнит майдонига боғлиқлиги ва шкаласининг, айниқса, унинг бошланғич қисмининг нотекислиги киради.

Электродинамик механизмлар тоқ ўтувчи симларнинг ўзаро таъсир қилиш принципига асосланган: қарама-қарши йўналишда тоқ оқадиган иккита сим бир-биридан итарилади, бир хил йўналишда тоқ оқадиганлари бир-бирига тортилади. Бу системанинг ўлчаш механизми асосан (107-расм) I_n ва I_n тоқлар ўтувчи қўзғалмас 1 ҳамда қўзғалувчан 2 ғалтаклардан ташкил топган.

Қўзғалувчан ғалтакка тоқ I_n иккита тортқи ёки спирал пружиналар 3 орқали берилади. Бу тортқи ва пружиналар акс таъсир этувчи момент ҳосил қилиш учун ҳам хизмат қилади. Асбобнинг ғалтаклари пўлат ўзакли ёки пўлат ўзаксиз бўлиши мумкин; электродинамик принцип иккала типдаги асбобларда қўлланилса ҳам электродинамик асбоблар деб биринчи тип асбобларга айтилади, иккинчи тип асбоблар ферродинамик асбоблар дейилади.



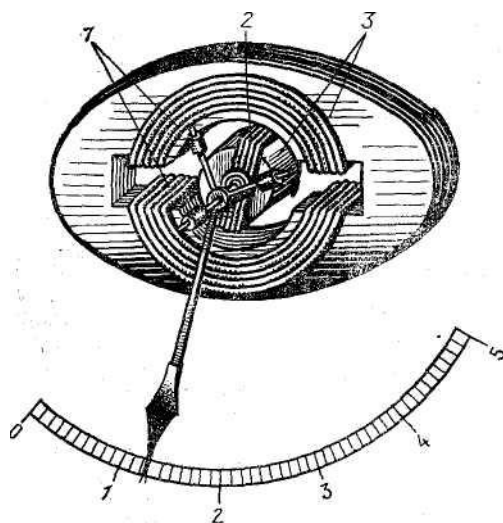
107- расм. Электродинамик ўлчаш механизми:
1,2— ғалтаклар, 3 —пружиналар

Асбобнинг иккита ғалтагидаги тоқларнинг ўзаро таъсири билан ҳосил қилинадиган куч бу тоқларнинг кўпайтмасига пропорционал. Бундан ташқари бу куч ғалтакларнинг ўзаро нисбий ҳолатига ҳам боғлиқ, уларнинг ҳолати қўзғалувчан ғалтакнинг сурилиши билан ўзгаради. Сўнги боғланиш қўзғалувчан ғалтак Δa га сурилганда ўзаро индуктивлик ΔM нинг ўзга-ришига пропорционал равишда ифодаланади, яъни:

$$M_{\text{айл}} = I_n I_H \Delta M / \Delta a$$

Иккала ғалтакда тоқнинг йўналиши бир вақтда ўзгарганда айлантурувчи моментнинг йўналиши ўзгармайди. Демак, электродинамик механизмлар ҳам, ферродинамик механизмлар ҳам ўзгарувчан тоқлар учун ҳам, ўзгармас тоқлар учун ҳам яроқлидир.

Ўзаксиз механизмларда хусусий магнит майдони кучсиз, чунки у ферромагнитсиз муҳитда ҳосил қилинади. Шунинг учун ҳам механизм ғалтакларида етарли даражада айлантурувчи момент ҳосил қилиш учун ўрамлар сони етарли даражада бўлиши керак; лекин ўрамларнинг сони кўплигидан ғалтакнинг қаршилиги нисбатан катта бўлади, натижада бундай механизмларнинг ўзи истеъмол қиладиган энергияга нисбатан катта бўлади. Ташқи магнит таъсиридан ҳимоя қилиш учун ҳозирда чиқарилаётган электродинамик механизмлар пермаллойнинг ферромагнит материалдан ясалган қўш экран ичига жойлаштирилади. Ташқи магнит майдонлар экранланган механизмга ўтмайди, чунки улар экранлар орқали туташади.



108-расм. Ферродинамик ўлчаш механизми:

1,2—ғалтаклар, 3 — магнит ўтказгич

Механизмда ферромагнетикларнинг йўқлиги туфайли аниқлигининг юқорилиги электродинамик (ўзаксиз) асбобларнинг характерли хусусияти ҳисобланади. Ўзгарувчан токда ўлчашлар учун бу асбобларни анча аниқ ҳисоблаш мумкин. Шундай қилиб, электродинамик асбоблар асосан юқори аниқликдаги (0,5; 0,2 ва 0,1 классдаги) кўчма лаборатория асбоблари (ваттметрлар) хизматини ўтайди. Электродинамик ваттметрларнинг шкаласи амалда текис, амперметр ва вольтметрларники нотекис (унинг бошланғич қисми майдароқ).

Электродинамик механизмларнинг совитиш шароити ёмонлиги туфайли ва ўзи анчагина энергия истеъмол қилиши сабабли уларга ортиқча юклама бермаслик лозим.

Электродинамик система асбобларини тайёрлаш мураккаб, улар қимматроқ туради.

Ферродинамик механизмларда қўзғалмас ғалтак 1 пўлат магнит ўтказгич 3 билан таъминланган, қўзғалувчан ғалтак 2 эса пўлат ўзакни қамраб туради (108-расм). Бу механизмларда пўлат борлиги туфайли кучли ўз магнит майдони ҳосил бўлади, демак, айлантирувчи момент ҳам катта, бу эса ўзи истеъмол қиладиган энергияни анча камайтириш имконини беради. Ташқи магнит майдонлар уларнинг кўрсатишига деярли таъсир кўрсатмайди.

Пўлат ўзакдан фойдаланишнинг салбий томони шундан иборатки, ундаги исрофлар ва пўлатнинг магнитланиши эгри чизиқ бўйича бўлганлиги сабабли юзага келадиган қўшимча хатоликлар уларнинг аниқлигини бирмунча камайтиради. Ўзгармас токда гистерезис ўлчанадиган катталик ошганда ва камайганда кўрсатишлардаги фарқни юзага келтиради. Пўлатнинг борлиги асбобларнинг частота диапазонини чеклайди (юқори чегара тахминан 500 Гц га тенг).

Ферродинамик асбоблар шчитли ва ўзгарувчан токда ишлаш учун кўчма бўлиб тайёрланади. Ферродинамик механизмлар бундан ташқари катта айлантирувчи момент керак бўладиган ўзи ёзар асбобларда қўлланади.

Индукцион ўлчаш механизмлари ҳозирги вақтда электр энергияси счетчикларидагина қўлланади (6.9 параграфга қаранг).

Электростатик механизмларда (109-расм) зарядланган симларнинг ўзаро таъсири натижасида айлантирувчи момент пайдо бўлади. Бошқа системадаги механизмлардан фарқли равишда электростатик механизмларда токдан эмас, балки берилган кучланишнинг бевосита таъсиридан фойдаланилган. Кўпгина ҳолларда бу системадаги асбоблар вольтметрлар бўлиб хизмат қилади. Вольтметрда ўқ 2 ёки тортқиларга маҳкамланган қўзғалувчан пластиналар 1 ҳамда қўзғалмас пластиналар 3 бўлиб, уларга нисбатан бўзғалувчан пластиналар сурилади. Электростатик механизмлар электр занжирининг элементи сифатида қўзғалувчан ва

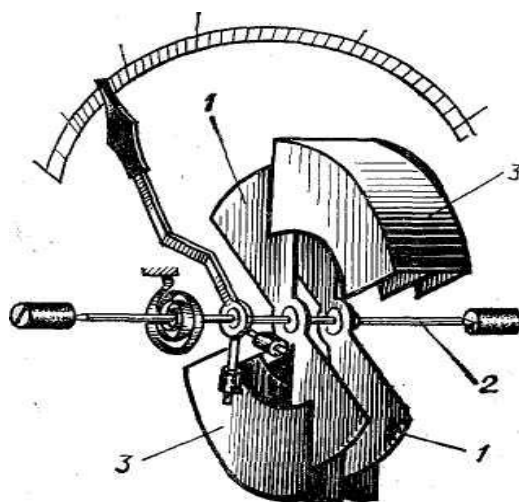
қўзғалмас қопламали ясси конденсаторлар бўлиши мумкин. Қўзғалувчан қисмининг сурилиши механизм сиғимини маълум даражада ўзгартиради. Ўлчанадиган кучланиш қўзғалувчан ва қўзғалмас пластиналар орасида пайдо бўлади. Электростатик таъсир ўзаро таъсир этувчи зарядлар кўпайтмаснга тўғри пропорционал, зарядлар эса уларни юзага келтирадиган кучланишларга пропорционал, шунинг учун электростатик механизмнинг айлантирувчи моменти ўлчанадиган кучланишнинг квадратига (U^2) тўғри пропорционал, бундан ташқари бу момент қўзғалувчан қисмининг $\Delta\alpha$ бурчакка ўзгаришида сиғимнинг ўзгаришига ҳам боғлиқ. Шундай қилиб, электростатик вольтметрнинг айлантирувчи моменти:

$$M_{\text{айл}} = U^2 (\Delta C / \Delta\alpha)$$

Акс таъсир этувчи момент тортқи ёки пружинанинг буралиши билан ҳосил қилинади.

Пластина зарядларининг ишораси ўзгариши билан айлантирувчи моментнинг йўналиши ўзгармайди, шунинг учун электростатик вольтметр ўзгармас ва ўзгарувчан кучланишларни ўлчаш учун яроқли. Вольтметрнинг деярли энергия истеъмол қилмаслиги қатор тадқиқот ишлари учун жуда муҳимдир, бу эса ундан қуввати кичик электр занжирларида ўлчаш ишларида фойдаланиш имконини беради.

Бундан ташқари моментнинг U^2 га пропорционаллиги туфайли паст кучланишларда бу вольтметрнинг айлантирувчи моменти нисбатан кичик бўлганлиги учун пластиналар сонини ошириш заруриятини туғдиради, натижада қўзғалувчан қисмининг оғирлиги ортади. Оқибатда асбоб мўрт бўлиб, қимматлашади. Шунинг учун электростатик вольтметрлар асосан махсус лабораторияларда юқори кучланишларни бевосита ўлчашда ишлатилади.



109- расм. Юқори кучланишларни бевосита ўлчаш учун электростатик ўлчаш механизми: 1,3 - пластиналар, 2 - Ъқ

6.7. ШУНТЛАР ВА ҚЎШИМЧА РЕЗИСТОРЛАР

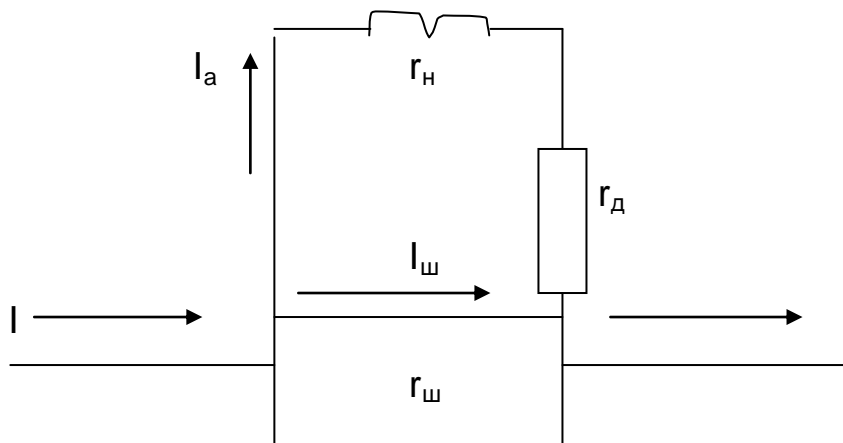
Шунт (инглизча shunt — тармоқ демакдир) нисбатан кичик, лекин ўзгармас қаршиликли резистор. У қатор ўлчаш асбобларида токнинг ўлчаш чегараларини кенгайтириш учун хизмат қилади ва ўлчаш механизми ЎМ га параллел уланади (110-расм). Бунда ўлчанадиган ток 1 йўлида тармоқ ҳосил қилинади: битта тармоқни қаршилиги $r_{ш}$ бўлган шунт, иккинчи тармоқни эса r_f бўлган ўлчаш механизмининг ғалтаги хосил қилади, иккинчи тармоқ қўшимча резистор r_d билан кетма-кет уланган. Элементларни параллел улаш шартига кўра тармоқлар ўртасида ток уларнинг қаршилиқларига тескари пропорционал равишда тақсимланади:

$$I_{ш} / I_{ш} = r_{ш} / (r_f + r_{ш}),$$

Ўлчанадиган ток

$$I = I_{ш} + I_{ш} = I_{ш} (1 + ((r_f + r_{ш})/r_{ш})) = K_{ш} I_{ш}$$

ЎМ



110- расм. Шунтни ўлчаш механизми билан улаш схемаси

га тенг бўлади. Бу ерда $K_{ш}$ —шунтлашнинг ўзгармас коэффициенти бўлиб, унга ўлчаш механизмининг токи $I_{ш}$ ни кўпайтириш керак. Шунтлаш тufайли ўлчаш механизми орқали ўтадиган юк ўлчанадиган токнинг кам қисмини ташкил қилади, бу эса ўлчаш механизмини тайёрлаш ва ишлатишни сезиларли осонлаштиради. Шунтнинг тўртта қисмаси бўлиши керак (111-расм): иккитаси юк қисмаси m бўлиб, шунтни ўлчанадиган ток занжирига улаш учун, қолган иккитаси потенциал қисмаси n бўлиб, ўлчаш



111- расм. Шунтнинг ташъи кўриниши

механизми ўлчаш механизмлари ўртасида токнинг тақсимланишига таъсирини йўқотиш учун зарур. Температура ўзгарганда токнинг тақсимланиши бузилмаслиги учун шунтлаш коэффициенти k_w нинг доимийлигини, бошқача айтганда тармоқ қаршиликларининг доимийлигини таъминлаш лозим. Шунинг учун ҳам шунт температура кенгайиш коэффициенти нолга яқин бўлган ҳамда мис билан терможуфт ҳосил қилмайдиган қотишма — манганиндан тайёрланади. Қизиш таъсирини бартараф қилиш учун мис чулғамли ғалтакка кетма-кет қилиб қаршилиги $r_{\text{ш}} > 5r_f$ бўлган манганиндан ясалган қўшимча резистор уланади.

Шунтлар ўзи истеъмол қиладиган энергияси кам бўлган ўлчаш механизмлари билан бирга ишлатилади, чунки шунтнинг қизиши ўлчаш механизми $r_{\text{ш}}$ изидан ($k_w - 1$) марта катта. Шунинг учун шунтлар билан магнитоэлектрик ва тўғрилагичли система ўлчаш механизмлари таъминланади. Шунтлар тўпламига эга бўлган битта асбоб тоқларнинг турли қийматларини ўлчаш учун хизмат қилади. Кўпинча шунтлар асбоб корпуси ичига жойлаштирилади.

Ўзгарувчан ток қурилмаларида ток ўлчаш чегарасини кенгайтириш мақсадида асбоблар ток ўлчаш трансформаторлари орқали уланади.

Қўшимча резистор номинал кучланишда вольтметр тоқини унинг номинал қийматигача $I_{\text{в.ном}}$ чеклаш учун хизмат қилади. Вольтметр ўлчаш механизмнинг чулғами асбобнинг стрелкаси бутун шкала бўйича оғадиган тоққа ҳисобланган. Кўпгина вольтметрларда бу ток нисбатан кичик (тахминан 0,1 — 50 мА). Ўлчаш механизми мис чулғамининг қаршилиги r_f нисбатан катта эмас, у қўшимча резистор қаршилиги билан $I_{\text{в.ном}} = U_{\text{ном}} / (r_f + r_{\text{ш}})$ бўлгунча тўлдирилади. Демак **қўшимча** резисторнинг зарур қаршилиги

$$r_{\text{ш}} = [U_{\text{ном}} / I_{\text{ном}}] - r_f$$

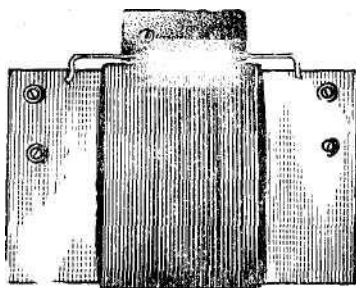
Бутун ўлчаш занжирининг қаршилиги ўзгармас бўлиши, температура ва ўзгарувчан ток частотасига боғлиқ бўлмаслиги лозим. Қўшимча резистор манганин ёки константандан тайёрланади. Частота

қаршилигини бартараф этиш учун унинг қаршилиги реактив бўлмаслиги керак. Бунинг учун қўшимча резисторнинг сими бифиляр қилиб ёки юпқа изоляция пластинига бир қатор қилиб ўраб чиқилади (112-расм). Қўшимча резисторлар билан ваттметр ва фазометрларнинг кучланиш занжирлари, частотомерлар каби асбоблар таъминланади. Қўшимча резисторда сочиладиган қувват ва номи-нал кучланишга боғлиқ ҳолда қўшимча резистор асбоб корпуси ичида ёки асбобдан алоҳида ўрнатилади.

Ўзгарувчан ток қурилмаларида юқори кучланишларда вольтметрлар ва бошқа ўлчаш асбобларининг кучланиш занжирлари кучланишни ўлчаш трансформаторлари орқали уланади.

6.8. КУЧЛАНИШНИ ЎЛЧАШ

Ўзгармас ток қуввати вольтметр ва амперметр кўрсатишлари бўйича осонгина аниқланади, чунки ўзгармас токда $P=UI$, шунинг учун ўзгармас ток қурилмаларида, одатда, ваттметрлар бўлмайди. Лекин ўзгарувчан ток установкаларида қувватни ўлчаш учун ваттметр зарур, чунки ўзгарувчан токнинг актив қуввати кучланиш ва токдан ташқари улар орасидаги фазанинг силжишига ҳам боғлиқ. Лабораторияда ишлатиладиган ва кўчма асбоблар сифатида электродинамик асбоблардан фойдаланилади, ферродинамик ваттметрлар эса шчитли асбоблар бўлиб хизмат қилади. Бу асбобларда иккита ўлчаш занжири мавжуд (113-расм); текшириладиган эле-

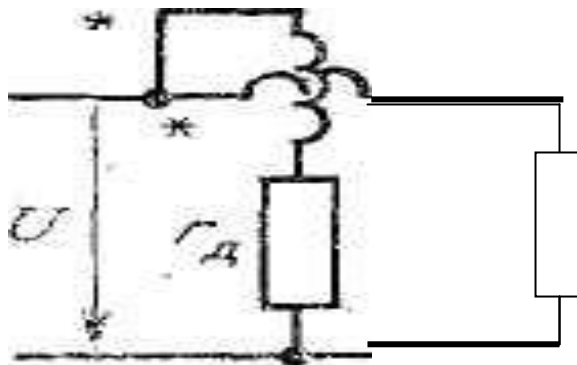


112- расм. Изоляцияловчи пластинига ўрал-ган қўшимча резистор

элемент r_n ҳамда амперметр билан кетма-кет уланадиган ток занжири (қўзғалмас ғалтак) ва қўзғалувчан ғалтак ҳамда қўшимча резистор r_k дан ташкил топган кетма-кет уланган кучланиш занжири. Кучланиш занжири вольтметр каби ўлчанадиган объектга параллел уланади. Бундай улашда ваттметр қўзғалмас ғалтагининг токи ўлчанадиган

токка тенг бўлади, параллел занжирга эса ўлчанадиган объектга таъсир этадиган кучланиш каби кучланиш таъсир этади.

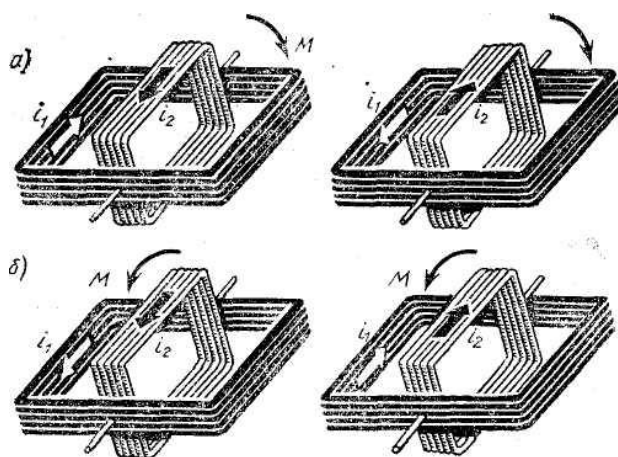
Ваттметр ўлчаш механизмининг айлантирувчи моменти қўзғалмас ва қўзғалувчан ғалтак тоқларининг кўпайтмасига ҳамда бу тоқлар орасидаги



113- расм. Ваттметрнинг ўлчаш занжирлари уланиш схемаси

фазалар силжишининг косинусига пропорционал бўлиши лозим; шундай қилиб қўзғалувчан ғалтак тоқи уни юзага келтирувчи кучланиш билан бир хил фазада бўлиши керак. Унда айлантирувчи момент ўлчанадиган объектнинг $\cos \varphi$ га пропорционал бўлади. Қўзғалувчан ғалтакдаги ток фазаси бўйича кучланишга мос бўлиши учун бу занжирнинг қаршилиги амалда реактив бўлмаслиги керак. Қўзғалувчан ғалтакнинг индуктив қаршилиги нисбатан кичик бўлади, қўшимча резистор эса реактивсиз қилиб тайёрланади; шунинг учун ваттметр кучланиш занжирининг тўла қаршилиги фақат актив қаршилиқдан иборат деб ҳисоблаш мумкин. На-тижада ваттметрунинг айлантирувчи моменти текшириляётган юклаш қурилмасининг ёки ўзгарувчан ток электр энергияси манбаининг қувватига пропорционал.

Ваттметр иккала ғалтагидаги тоқларнинг йўналиши ўзгарса ҳам айлантирувчи моментнинг йўналиши ўзгармайди (114-расм). Агар занжирда ваттметр занжирларидан бирининг қисмаларининг ўрни ўзгартирилса, бу асбобнинг мазкур ғалтагидаги ток фазасини 180° га ўзгартириш билан тендир. Натижада айлантирувчи моментнинг йўналиши ўзгаради, асбоб стрелкаси шкаланинг ноль қийматидан четга ўтади.



114-расм. Ваттметр пйлантирувчи моменти йъналишининг механизми

галтакларидаги тоқларнинг нисбий фазасига боғлиқлиги:

а - фазалари бййича бир хил бўлган йъналишдаги i_1 ва i_2 тоқлар,

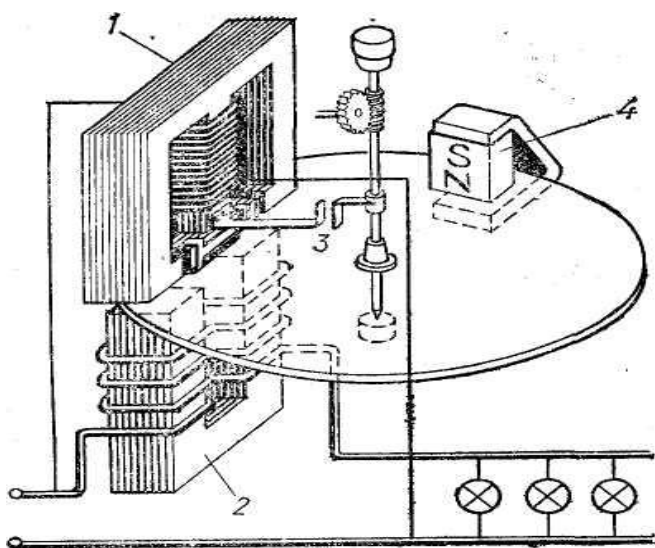
б – фазалари 180° га ўзгарган лъарама-лъарши йъналган i_1 ва i_2 тоқлар

Занжирларнинг нотўғри уланишининг олдини олиш учун, ваттметрлар занжирларининг қисмалари олдида «боши» белгиси бўлади. Бу белги мазкур қисма олдида қўйиладиган юлдузчадан иборат (113-расмга қаранг). Иккита занжирнинг юлдузчали иккита қисмаси генераторлар деб аталади; агар ваттметрнинг иккала қисмаси электр энергияси манбаининг битта қутбига уланса стрелка фақат керакли томонга оғади.

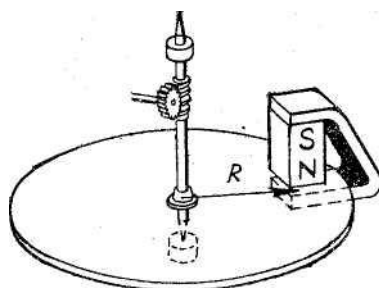
6.9. ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСИНИ ЎЛЧАШ

Айрим истеъмолчилар оладиган ёки электр станцияси берадиган энергияни ҳисобга олиб бориш учун электр энергияси счётчикларидан фойдаланилади. Улардаги ўлчаш механизмларининг стрелкали асбоблар механизмидан асосий фарқи шундаки, бунда счётчикларнинг қўзғалувчан қисми айланади. Унинг айланиш частотаси текшириладиган юклаш қурил-масининг қувватига пропорционал. Ўзгарувчан ток қурилмаларида индукцион счётчиклар ишлатилади (115-расм). Уларда қўзғалмас иккита электромагнит 1 ва 2 ларнинг ўзгарувчан оқимлари ўққа ўрнатилган алюминий диск 3 ни кесиб ўтади. Ўзгарувчан оқимлар дискда ток индукциялайди, бу тоқларнинг электромагнитларнинг оқимлар билан ўзаро таъсири натижасида айлантурувчи момент ҳосил бўлади. Счётчик кичкина ўзгарувчан ток двигатели ҳисобланади, унда иккита ўзгарувчан оқим айланувчи магнит майдон ҳосил қилади. Счётчик электромагнитларидан бири кўп ўрамли

чулғамга эга, унда индуктив қаршилик катта бўлади. У V кучланиш остидаги юклантириш қурилмасининг қисмаларига вольтметр каби уланади.. Шунинг учун электромагнитлардан бирининг магнит оқими кучланишга пропорционал. Счётчик иккинчи электромагнитининг чулғамлари кам ўрамлардан иборат. У зан-жирга амперметр сифатида уланади, яъни текшириладиган юклаш қурилмаси билан кетма-кет уланади; иккинчи электромагнитнинг магнит оқими ўлчанадиган токка пропорционал. Шундай қилиб, счётчикнинг битта магнит оқими кучланиш U га, иккинчиси ток I га пропорционал. Бу оқимларнинг дисска таъсири натижасида ҳосил қилинадиган айлантирувчи момент ўзгарувчан токнинг қувватига пропорционал:



115-расм. Индукцион счётчикнинг тузилиши:
1,2 – электромагнитлар, 3 – диск, 4 - Ўзгармас магнит



116- расм. Счётчикнинг диски ва тормоз магниту

$$M_{\text{айл}} = K_{\text{айл}} \cdot UI \cos \varphi$$

Счётчикнинг айланишлар сони унинг механизми орқали ўтадиган энергияга пропорционал бўлиши учун айлантирувчи моментга **Ў**арши, уни тормозловчи, счётчикнинг қўзғалувчан қисми бўлмиш дискнинг айланишлар частотасига про-порционал бўлган момент ҳосил қилиш керак бўлади. Бу момент счётчик дискига ўзгармас магнит майдонни таъсир эттириб ҳосил қилинади (116-расм). Диск айланганда ўзгармас магнит майдонни кесиб ўтади ва унда $e = BLv$ га тенг э.ю.к. индукцияланади. Индукция B ўзгармас магнит оқими Φ га тўғри пропорционал. v ўзгармас магнит майдонда турган диск бўлагининг айланма тезлигидир. Тезлик $v = 2\pi Rn / 60$, бунда n — дискнинг бир минутдаги айланишлар сони; R —диск мазкур бўлагининг радиуси (116- расм). Демак, ўзгармас магнит томонидан дискда индукцияланадиган э.ю.к. $e_d = k_1 \Phi (2\pi Rn / 60) = k_2 \Phi Rn$ га тенг, бунда k_1 ва k_2 — ўзгармас коэффициентлар. Э.ю.к. дискда алюминийнинг солиштирма ўтқа-зувчанлиги γ га пропорционал бўлган ток пайдо қилади:

$$i_d = k_3 \gamma e_d = k_4 \gamma \Phi n,$$

бунда k_3 ва k_4 — ўзгармас коэффициентлар.

Оқим билан дискдаги токнинг ўзаро электромагнит таъсир кучи

$$f = Bi_d l = k_6 \gamma R \Phi^2 n.$$

Бунда ҳосил қилинадиган тормозловчи момент бу кучнинг унинг қўйилиш елкасига кўпайтмасига тенг бўлади:

$$M_{\text{тор}} = fR = k_6 \gamma R^2 \Phi^2 n.$$

Диск айланишининг барқарорлашган частотасида айлантирувчи момент тормозловчи моментга тенг бўлади:

$$M_{\text{айл}} = -M_{\text{тор}}; K_{\text{айл}}$$

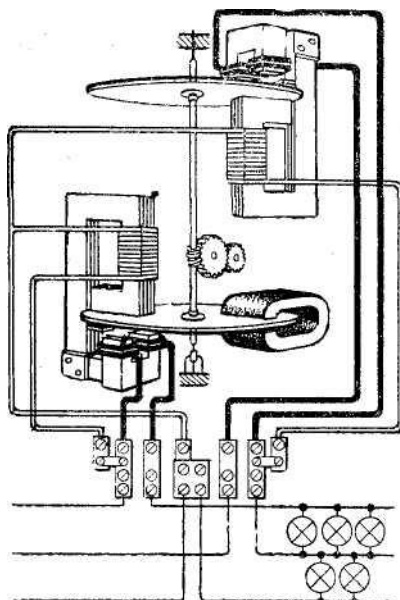
бу ерда $K_{\text{тор}} = k_6$

$$P = (K_{\text{тор}}/K_{\text{айл}})P =$$

$$P = k_6 \gamma R^2 \Phi^2 n = K_{\text{тор}} P,$$

$\gamma R^2 \Phi^2$. Унинг асосида:

$$C_{\text{сч}} P.$$



117-расм. Уч фазали икки элементли счётчикнинг тузилиши ва схемаси

—

Агар t вақт оралиғида қувват P ўзгармаса, $Pt = C_{сч}pt$ ўринли бўлади. Лекин $Pt = W$ —текширилаётган қурилманинг t вақт мобайнида истеъмол қиладиган электр энергияси, $nt = N$ — эса бу вақт орасида счётчик дискининг айланишлар сони. Булар асосида:

$$W = C_{сч} N.$$

Демак, дискнинг айланишлар сонини счётчикнинг ўзгармас коэффиценти $C_{сч}$ га кўпайтмаси текширилаётган қурилманинг t вақтда сарфлаган энергиясини ифодалайди. $C_{сч}$ катталиқ қурилманинг диск бир марта айланганда истеъмол қиладиган электр энергияси миқдорига тенг.

Дискнинг айланиши червякли узатма ва тишли ғилдираклар системаси орқали ҳисоб механизмига узатилади; бу механизмни тайёрлашда узатиш сони шундай танланадики, ҳисоб механизми кўрсатишига қараб истеъмол қилинадиган электр энергиясини бевосита киловатт-соатда аниқлаш мумкин.

Счётчикни ростлаш учун $C_{сч}$ нинг R^2 боғлиқлигидан фойдаланилади; ўзгармас магнитнинг ҳолати диска нисбатан ўзгартирилади.

Уч фазали установкаларда умумий ўқ орқали умумий ҳисоб механизмига таъсир этувчи индукцион счётчикларнинг иккита ёки учта ҳаракатланадиган элементи кўринишида бўлган счётчиклар қўлланади. Уч симли, уч фазали системаларда счётчиклар учун иккита ваттметр усулига мос келувчи схемадан, тўрт симли системаларда учта ваттметр усулига мос келувчи схемадан фойдаланилади (117-расм).

6.10 ЛОГОМЕТРЛАР

Логометрлар деб («логос» грекча сўз бўлиб, нисбат деган маънони билди-ради), иккита электр катталикни, кўп ҳолларда иккита юкнинг нисбатини ўлчаб кўрсатувчи асбобга айтилади. Ундан токка боғлиқ бўлмаган электрик ва ноэлектрик катталик қаршилиқ, фаза силжиши, частоталар, температура, босим, фазода сурилиш ва ҳоказоларни ўлчашда фойдаланилади.

Кўп ўлчаш механизмлари қўзғалувчан қисмининг оғиши мазкур механизмнинг токи орқали аниқланади, Бу токни ўлчанадиган катталikka боғлиқ қилиб қўйиш мумкин. Масалан, ток электр термометр занжиридаги қаршилиқка боғлиқ. Бунда ток занжирига ўлчанадиган температура ўзгариши билан қаршилиги ўзгарадиган резистор уланади. Лекин Ом қонунига биноан ток кучланишга пропорционал. Демак, асбоб кўрсатиши фақат ўлчанадиган катталик х гагина боғлиқ бўлмасдан, электр энергияси манбаининг кучланишига ҳам боғлиқ. Бунинг натижасида ўлчанадиган қаршилиқ занжирига уланган ўлчаш асбобини ом ёки градусда даражаланган шкала билан жиҳозлаш мумкин эмас, чунки манба кучланишининг ўзгариши асбоб кўрсатишларида хатоликларни келтириб чиқаради.

Бундай ўлчашларда кучланишнинг таъсирини йўқотиш учун логометрлардан кенг фойдаланилади.

Логометр исталган ўлчаш системасининг ўлчаш механизми билан бирга тайёрланиши мумкин. Булар ичида асосан магнитоэлектрик системали логометрлар кўп тарқалган. Исталган системадаги логометрлар учун электр токидан айланттирувчи ва акс таъсир этувчи моментлар ҳосил қилишда фойдаланиш характерлидир. Логометрда пружина ёки тортқиларнинг буралишидан акс таъсир этувчи момент ҳосил қилувчи механик восита йўқ. Логометрда айланттирувчи ва акс таъсир этувчи моментлар электро-механик кучлар билан ҳосил қилинади. Бу моментлар кучланишга боғлиқ бўлганидан кучланишнинг ўзгариши моментлар нисбатини ўзгартирмайди, демак, асбоб кўрсатишига ҳам таъсир қилмайди.

Мисол тариқасида ички рамали эллипссимон магнитли магнитоэлектрик логометрдаги моментлар нисбатини кўриб чиқамиз (209-расм). Одатдаги магнитоэлектрик механизмдан фарқли равишда ўрганилаётган магнитоэлектрик механизмнинг хаво зазорида магнит индукцияси нотекис тақсимланган. Нотекис магнит майдонида иккита қўзғалувчан ғалтаклар жойлаштирилган. Ғалтаклар ўзаро маълум бурчак остида умумий ўққа маҳкамланган. Буралишдан механик момент ҳосил қилмайдиган учта юмшоқ кумуш спираль ғалтакларга ток келтириш учун хизмат қилади. Ток йўқлигида яхшилаб мувозанатланган қўзғалувчан қисми бефарқ мувозанат ҳолатида бўлади, стрелка шкаланинг истаган даражаси рўпарасида тўхтайдди.

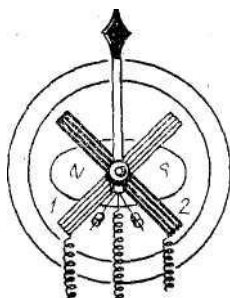
Иккала ғалтакнинг ток занжирлари туташганда қўзғалувчаи

қисмга магнит майдоннинг токли ғалтакка таъсири натижасида пайдо бўладиган йўналишлари қарама-қарши бўлган иккита айлантурувчи момент таъсир этади. Бу моментлар оддий магнитоэлектрик асбоблар учун аниқлангандек топилади:

$$M_{\text{айл}} = w_1 S B_1 I_1, \quad M_{\text{айл}} = w_2 S B_2 I_2,$$

бунда w_1 ва w_2 — мос равишда ғалтаклардаги ўрамлар сони; B_1, B_2 — ҳаво зазорининг мазкур ғалтак турган жойидаги магнит индукцияси; I_1 ва I_2 — ғалтаклардаги тоқлар; S — ғалтак кўндаланг кесимининг юзаси.

Кўзғалувчан қисми қуйидагича сурилади. фараз қилайлик $M_{\text{айл1}} > M_{\text{айл2}}$ натижада кўзғалувчан қисм соат сирелкаси ҳаракатига тескари йўналишда бурилади.



118- расм. Ички рамали эллипсимон магнитли магнитоэлектрик логометрнинг тузилиши

Бунда тоқлар ва улар ҳосил қилган айлантурувчи моментлар йўналиши шундай танланганки, катта момент қўйилган ғалтак 1 магнит майдони сийрақроқ қисмига сурилади, натижада B_1 индукция камайиб боради. Кичкина момент таъсир этадиган ғалтак 2 бир йўла индукция B_2 катта бўладиган ҳаво зазорининг янада торроқ қисмига киради. Демак, кўзғалувчан қисми бурилган сари кучли айлантурувчи момент камаяди, кучсизи эса кучая боради. Натижада моментлар бири-бирига тенг бўладиган маълум бир ҳолатда кўзғалувчан қисм тўхтади:

$$M_{\text{айл1}} = M_{\text{айл2}}$$

бу асосда

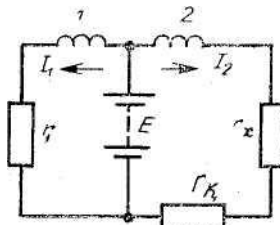
$$w_1 S B_1 I_1 = w_2 S B_2 I_2 \quad (90)$$

эканлиги келиб чиқади.

Логометрдан резистор қаршилиги r ни ўлчашда фойдаланиш 119-расмдаги схемада кўрсатилган. Логометрдаги иккала кўзғалувчан ғалтак 1 ва 2 эюк E нинг умумий манбаига нисбатан параллел бўлган иккита тармоққа уланган. Биринчи ғалтак занжирининг

қаршилиги r_1 ўзгармас, иккинчи ғалтак занжирининг қаршилиги эса асбоб корпуси ичига жойлаштирилган қўшимча резистор қаршилиги r_k дан ва ўлчанадиган қар-шилиқ r_x лар йиғиндисидан иборат.

Ом қонуни асосида ғалтаклардаги тоқлар қуйидагига тенг бўлади:



119- расм. Логометр ғалтакларининг омметрда уланиш схемаси

Бу қийматларни (90) тенгликка қўйиб, E га нисбатан қисқартирсак, қуйидаги ҳосил бўлади:

$$r_x = r_1 (w_2 B_2 / w_1 B_1) - r_k$$

Сўнги ифодада B_2/B_1 нисбат асбоб магнит занжирининг конструкцияси билан белгиланади ва қўзғалувчан қисмининг ҳолатига, яъни a га боғлиқ бўлади. Демак, қўзғалувчан қисмининг маълум ҳолати a га ўлчанадиган қаршилиқнинг маълум қиймати мос келади, a нинг оғиши электр энергияси манбаининг эюк E га (ёки кучланишга) боғлиқ эмас. Бу эса асбобни олда даражаланган шкала билан таъминлаш имконини беради (яъни, мазкур ҳолда логометрдан омметр сифатида фойдаланиш мумкин).

6.11. ҚАРШИЛИКЛАРНИ ЎЛЧАШ. ОММЕТРЛАР

Кўпгина ҳолларда резисторнинг қаршилиги r_x вольтметр ва амперметр кўрсатишлари асосида билвосита ўлчаш йўли билан аниқланади. Э.ю.к. манбаи бўлмаган занжирнинг исталган участкасининг электр қаршилиги участка иккита учидаги кучланишнинг ундаги тоққа бўлган нисбатига тенг; ўзгармас тоқда эса $r_x = U/I$.

Амперметр ва вольтметрнинг ўзаро жойлашишига қараб, икки хил ўлчаш схемаси бўлиши мумкин (120-расм). Иккала схема бўйича аниқ ўлчашда ҳам асбобнинг ўз қаршилиги қўшимча хатоликлар келтириб чиқаради, уларни бартараф қилиш учун натижаларга маълум тузатишлар киритиш лозим. Биринчи схемага мувофиқ (120-расм, а) текширилаётган қаршилиқ r_x билан амперметр r_A қаршиликлари йиғиндиси ўлчанади, яъни,

$$U' / I = r_x + r_A$$

$r_A \ll r_x$ бўлиши керак.

Демак, биринчи схемадан катта **Ў**аршиликларни ўлчашда фойдаланиш тавсия этилади.

Иккинчи схемада (120-расм, б) ўлчанадиган қаршилиги r_x бўлган резисторга параллел қилиб ички қаршилиги r_x бўлган вольтметр уланади, шунинг учун тармоқланиш қаршилиги ўлчанади:

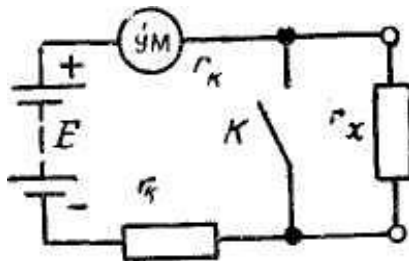
$$U / I' = r_x r_u / (r_x + r_u) = r_x / (1 + r_x / r_u)$$

$r_u \gg r_x$ бўлиши керак. Демак, иккинчи схемадан нисбатан кичик қаршиликларни ўлчашда фойдаланиш мақсадга мувофиқ. Юқорида кўрсатиб ўтилган хатоликлар манбаидан ташқари билвосита ўлчашларда хатолик бевосита ўлчашлардаги хатоликлар йиғиндисига тенг бўлишини эсдан чиқармаслик керак.

Қаршиликларни бевосита ўлчашда стрелкали асбоблардан омметрлар хизмат қилади. Оддий омметр (121-расм) умумий корпусга жойлаштирилган асосан ўлчаш механизми **ЎМ**, қўшимча резистор r_λ ва батарея E дан ташкил топган. Бу батареянинг э.ю.к. E ўзгармас бўлганда омметр чиқиш қисмалари ўлчанадиган қаршилиги r_x бўлган резисторга уланганда гальванометр токи r_k , r_k ва r_x резисторлардан ташкил топган занжир қаршилигига тескари пропорционал бўлади:

$$I = E / (r_k + r_\lambda + r_x)$$

Демак, э.ю.к. E ўзгармас бўлганда гальванометрни уни шкаласи бўйича қаршилик r_x ни бевосита ўлчаш учун даражалаш мумкин. Чиқиш қисмлари узиб қўйилганда токнинг ноль қийматига шкаланинг ∞ даражаси тўғри келади, шкаланинг 0 (ноль) қийматига эса токнинг $I = E / (r_k + r_\lambda)$ қиймати мос келади.

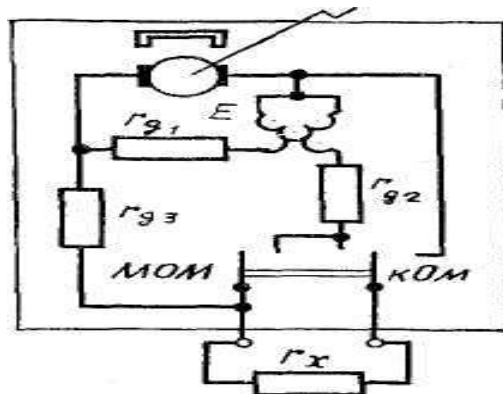


121- расм. Оддий омметрни улаш схемаси

Асбобдаги текшириш калити K чиқиш қисмаларини қисқа улаш учун хизмат қилади. Агар э.ю.к. E асбоб шкаласида кўрсатилган қийматдан кам фарқ қилса, калит билая қисқа уланганда асбоб стрелкаси шкаланинг ноль даражасига келиши лозим. Бундай омметрлар арзон ва содда. Улар турли қаршиликларни тахминий

ўлчашларда кенг қўлланади.

Изоляция қаршилигини ўлчаш исталган электр қурилмаларининг авариясиз ишлашини қисман бўлсада таъминлайди. Юқорида айтиб ўтилган омметр муҳим изоляцияларни ўлчашда тавсия этилмайди. Унинг асосий камчилиги э.ю.к. E нинг кичиклигидир. Изоляция қаршилиги кучланишга боғлиқ. Кучланиш ортиши билан у камаяди. Кучланиш иш кучланишидан кичик бўлмаган ҳолларда изоляция қаршилигини ўлчаш учун ўзгармас ток ёки дастаки юритма билан текисланган ўзгарувчан кучланишли маг-нитоэлектрик генератори бўлган омметрлардан фойдаланилади. Бу генераторнинг кучланиши айланишлар частотасига боғлиқ бўлиб, уни бир хил ушлаб туриш жуда қийин. Шунинг учун бундай омметр ўлчаш механизми сифатида магнитоэлектрнк логометр билан жиҳозланади, натижада кучланишнинг ўзгариши асбобнинг кўрсатишига таъсир қилмайди (122-расм). Бундай омметрнинг иккита ғалтагидан биттаси r қаршиликли ички резисторга уланган бўлади, иккинчиси эса мегаомда ўлчанадиган қаршиликларни ўлчаш учун r қаршиликли ўлчанадиган объектга кетма-кет уланади. Килоомда ўлчанадиган қаршиликларни ўлчаш учун бу ғалтак шундай қаршиликли резисторга параллел қилиб уланади. Мегаомда ўлчанадиган қаршиликларни ўлчаш учун хизмат қиладиган омметрлар ме-гаомметрлар деб аталади.



122- расм. Ўлчашлар чегарасини ўзгартириш учун магнитоэлектрик дастаки генераторли ҳамда қайта ўлчагичли омметр схемаси

6.12. ЎЛЧАШ ТРАНСФОРМАТОРЛАРИ

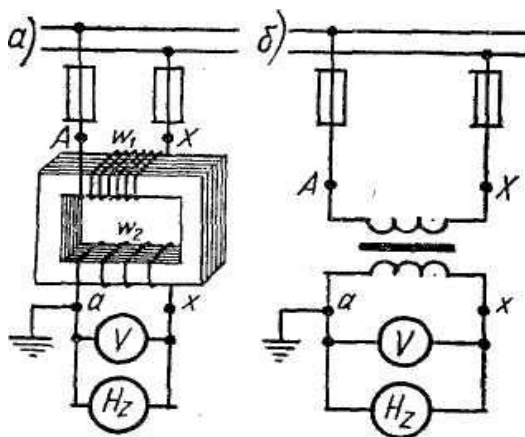
Ўлчаш трансформатори бирламчи чулғами ўлчанадиган катталик таъсирида бўладиган, иккиламчи чулғам эса ўлчаш асбоблари ва ҳимоя асбобларига уланган трансформатордан иборат.

Ўлчаш асбобларини юқори кучланишли занжирга бевосита улаш уларни хавфли қилиб қўяди. Шунинг учун ўлчаш асбоблари ва автоматик ҳимоя воситалари (реле) ўлчаш трансформаторларининг

иккиламчи занжирга уланади, иккиламчи занжир юқори кучланиш занжири билан фақат ўзакдаги магнит оқими орқали боғланган. Бундан ташқари, бу трансформаторлар, қўшимча резисторлар ва шунтларга ўхшаш ўзгарувчан ток асбобларининг ўлчаш чегараларини кенгайтириш учун ҳам хизмат қилади. Трансформациялаш коэффициентлари турлича бўлган ўлчаш трансформаторларини қўллаш турли кучланиш ва тоқларни ўлчашда ўлчаш чегаралари стандарт бўлган (100 В ва 5 А) асбоблардан фойдаланиш имконини беради.

Вольтметрлар, частотомерлар ва ўлчаш асбоблари (ваттметрлар, счетчиклар, фазометрлар) нинг кучланиш занжирларини ҳамда релени улаш учун кучланиш трансформаторларидан фойдаланилади. Амперметрлар ва ўлчаш асбобларининг ток занжирларини ҳамда релени улашда ток трансформаторлари хизмат қилади.

Кучланиш трансформаторининг тузилиш схемаси 123-расмда кўрсатилган. Бундай трансформаторнинг тузилиши Ъуввати унча катта бўлмаган куч трансформаторига ўхшаш. Унинг бирламчи чулғами ўрамлар сони кўп бўлган юқори кучланишли (ЮК) чулғами ҳамдир. У ўлчанадиган кучланиш U_1 га уланади. Иккинчи чулғами паст кучланишли (ПК) чулғам бўлиб, вольтметрга ва бошқа асбобларнинг кучланиш занжирига уланади.



123- расм. Вольтметр ва частометр билан юкланган кучланиш трансформатори: а — тузилиши, б — шартли белгиси

Бу иккала чулғам куч трансформаторларидаги каби концентрик жойлашган бўлиб, ЮК чулғамлар ПК чулғамларни қамраб туради. Трансформаторнинг фақат иккиламчи кучланиши таъсир этишн учун барча ўлчаш асбоблари ўзаро параллел уланади. Вольтметр ва ўлчаш асбоблари кучланиш занжирининг қаршилиги жуда катта (минг Ом атрофида) бўлганидан кучланиш трансформатори куч трансформаторининг салт ҳолатига яқин шароитларда ишлайди. Бунинг оқибатида унинг чулғамларидаги кучланишнинг ички пасайиши

$I_1 Z_1$ ва $I_2 Z_2$ нисбатан кичик бўлганидан

$$U_1 = E_1 \text{ ва } U_2 = E_2,$$

деб қабул қилиш мумкин, чунки

$$E_1 / E_2 = w_1 / w_2 = K_U$$

Унда кучланиш қуйидагига тенг бўлади:

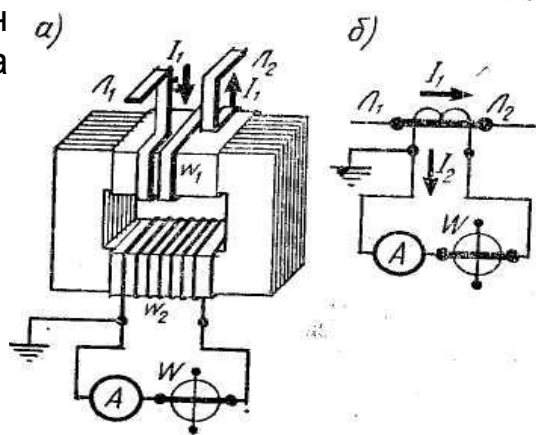
$$U_1 = K_U U_2, \quad (92)$$

яъни иккиламчи кучланиш бирламчи кучланиш билан трансформация коэффициентлари орталаб боғланган. Ўлчаш асбобига нисбатан иккиламчи кучланиш фазаси бўйича бирламчи кучланишга мос тушади. Бунга иккиламчи чулғам ва асбоб қисмаларини кераклича туташтириб эришилади. Демак, кучланиш трансформаторларининг чулғамлари 0 группасига мувофиқ туташтирилади. Шундай қилиб, кучланиш трансформатори иккиламчи занжирга бирламчи юқори кучланишнинг пропорционал тарзда ўзгарган қийматини ва унинг фазасини узатади. Бу паст кучланиш U_2 ни ўлчаб, бирламчи юқори кучланиш U_1 ни аниқлаш имконини беради. фазасини тўғри узатиш вольтметр ёки частотомер учун эмас, балки ваттметр ва сўтчик учун муҳим.

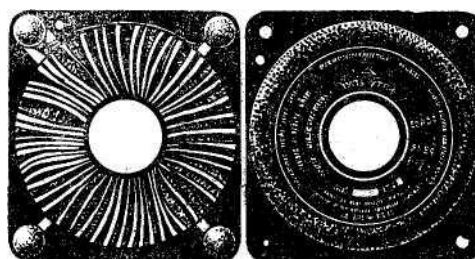
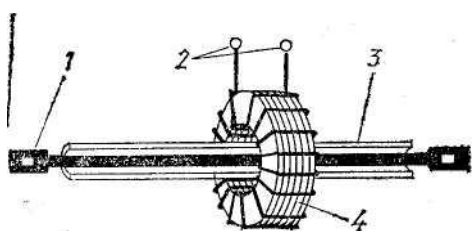
Агар вольтметр мунтазам равишда маълум кучланиш трансформатори билан ишлаши лозим бўлса, бундай вольтметрнинг шкаласига бирламчи кучланиш ёзилган бўлади. Ўлчаш трансформаторларининг маълум трансформация коэффициентларида мунтазам ишлаш учун мўлжалланган ваттметр ва сўтчиклар мос равишда бу коэффициентларни ҳисобга олган ҳолда даражаланади. Барча кучланиш трансформаторларида иккиламчи номинал кучланиш доим бир хил стандарт қиймат — 100 В га эга бўлади.

Хизмат кўрсатувчи кишиларнинг хавфсизлигини таъминлаш мақсадида иккиламчи чулғам қисмаларидан бири ва кучланиш трансформаторининг пўлат қобиғи ерга уланиши керак. Бу билан трансформаторга уланган ўлчаш асбоби билан ер орасида, чулғамлар орасидаги изоляция шикастланганда, юқори кучланиш пайдо бўлишининг олди олинади.

Ток трансформатори бирламчи чулғам томондан тармоққа кетма-кет уланади (124-расм), унинг иккиламчи чулғами эса бевосита амперметр ва бошқа ток ўлчаш асбобларининг занжирига уланади. Бу асбоблар ўзаро кетма-кет уланади, чунки улардаги ток бир хил бўлиши зарур. Амперметр ва юк ўлчаш асбоблари занжири қаршилиқларининг йиғиндиси нисбатан кичик (одатда, 1 Ом дан кичик) бўлганидан ток трансформатори куч қатъи трансформатори қисқа уланган яқин шароитда трансформатори чулғамининг асбоблари



124- расм. Ток трансформатори: а—тузилиши, б— шартли белгиси



125- расм. Ўтиш ток трансформатори:

1 — бирламчи чулғам, 2— иккиламчи чулғам қисмалари, 3 — изоляцияловчи цилиндр, 4 — ўзак

ва улаш симларидаги нисбатан кичик Ўаршилиқда (1 — 6 В атрофида) кучланиш камайиши билан мувозанатланади. Кучланишнинг кичик қийматиға э.ю.к. E_2 нинг кичик қиймати, демак, трансформатор ўзагидаги оқимнинг кичик қиймати мос келади, чунки

$$E_2 = 4,44 f w_2 \Phi_m$$

Бундай оқимни уйғотиш учун жуда кичик магнит юритувчи куч $I_{10} w_1$ керак, шунинг учун ток трансформатори магнит юритувчи куч тенгламасида $I'_1 w_1 = -I'_2 w_2 + I'_{10} w_1$ — қийматни ҳисобга олмасдан, қуйидагича қабул қилиш мумкин:

$$I'_1 w_1 = -I'_2 w_2 \quad \text{ёки} \quad I_1 = I_2 (w_2 / w_1) = K_T I_2 \quad (93)$$

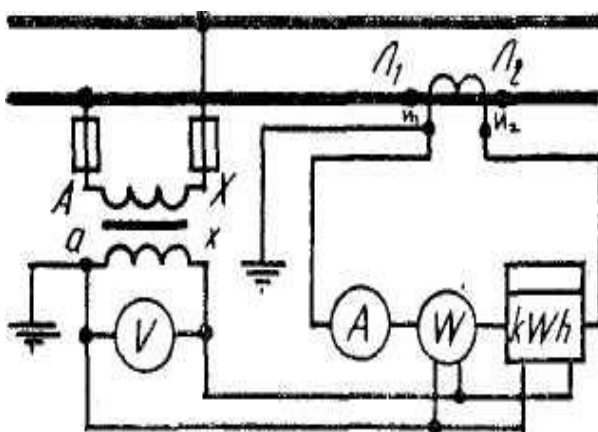
яъни бирламчи токни иккиламчи ток қийматини трансформация коэффициенти K_T га кўпайтириб топиш мумкин. Қисмалар тўғри танланганда ўлчаш асбобларидаги ток фазаси бўйича бирламчи занжирдаги токка мос тушади. Агар амперметр мунтазам равишда маълум ток трансформатори билан ишлаш учун мўлжалланса, унинг шкаласига бевосита бирламчи токнинг қиймати ёзилади. Барча трансформаторларда иккиламчи номинал

ток бир хил стандарт қийматга — 5 А га (баъзи махсус ҳолларда 1 А га) тенг бўлади. Хавфсизлик мақсадида иккиламчи чулғам қисмаларидан бири ва ток трансформаторининг пўлат қобиғи ерга уланади.

Ток трансформаторининг ўзига хос хусусияти шундан иборатки, унда бирламчи кучланиш эмас, балки бирламчи ток I_1 мустақил қиймат ҳисобланади. Кўп ҳолларда бу ток иккиламчи ток I_2 га нисбатан бир неча марта катта, шунинг учун бирламчи чулғамнинг ўрамлар сони w_1 унча катта бўлмасдан иккиламчи чулғам ўрамлар сони w_2 дан кўп марта камдир. Катта тоқлар учун бирламчи чулғам пўлат ўзакнинг тирқишига ўрнатилган сим кўринишида тайёрланади (216-расм). Ток трансформаторининг бирламчи чулғами қисмаларидаги кучланиш иккиламчи куч-ланишга нисбатан бир неча марта кичик (чунки $w_1 < w_2$). Иккиламчи кучланиш бир неча вольтга тенг бўлгани учун ток трансформаторининг бирламчи кучланиши вольтнинг юздан бири қадар бўлади.

Ток трансформаторларининг иккиламчи занжиридаги қаршилик ошиши бирламчи ток I_1 га таъсир қилмайди, у фақат магнитловчи куч $I_1 w_1$ ни оширади, $I_2 w_2$ ни эса камайтиради, чунки иккиламчи занжир қаршилиги қанча катта бўлса, э.ю.к. E_2 ва уни вужудга келтирувчи магнит оқими шунча катта бўлади. Лекин E_2 қанча катта бўлса, биз ток трансформатори аниқ ишлашининг асосий шартидан шунча узоқлашамиз: $I_1 w_1 \ll I_2 w_2$. Шунинг учун ток трансформаторларида рухсат этилган хатоликлар чегарасидан четга чиқмасдан унинг иккиламчи чулғам занжирида рухсат этиладиган энг катта қаршилик кўрсатилади. Ток трансформаторининг аниқлиги қанча юқори бўлса, бу қаршилик шунча кичик бўлади.

Магнит қаршилиги қанча кичик бўлса, мазкур магнит оқимини уйғотиш учун шунча кам магнит юритувчи куч талаб қилинади. Шу сабабдан аниқ ток трансформаторлари учун чоксиз, пермаллойдан ясалган ўзақлар ишлатилади.



126- расм. Бир фазали занжирга ўлчаш асбоблари комплектини кучланиш ва ток трансформаторлари орқали улаш схемаси

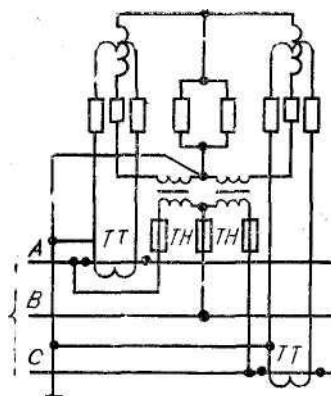
Ишлаётган ток трансформаторининг иккиламчи занжирини узиш

мумкин эмас, чунки бунда иккиламчи ток I_2 нолга тенг бўлиб, бирламчи ток I_1 эса ўзгармайди. Демак, барча бирламчи ток магнитловчи бўлиб қолади $I_{10}W_1 = I_1 W_1$. Нормал ҳолатда $I_{10}W_1$ қиймат I_1W_1 нинг 0,5% га тенг бўлгани учун магнитловчи кучнинг бир неча марта оширилиши магнит оқимининг катта ўсишига сабаб бўлади (ўзакнинг чекланган тўйиниши). Пўлатдаги исрофлар тахминан магнит оқимининг квадратига пропорционал бўлгани учун оқимнинг ўсиши билан пўлат ўзак кучли қизий бошлайди. Бу изоляциянинг бутунлиги учун хавфли бўлиб, изоляциянинг тешилишига ва юқори кучланиш томонидан ерга қисқа уланишга олиб келиши мумкин.

Бундан ташқари эюк E_2 оқимга пропорционал, иккинчи занжир узилганда оқимнинг ортиши ток трансформаторининг иккиламчи чулғамида юз вольтдан 1,5 кВ гача эюк пайдо бўлишига сабаб бўлади. Демак, чулғамни узадиган одам ҳаёти учун хавф пайдо бўлади.

Ўлчаш трансформаторларини ўлчаш асбоблари билан тўғри туташтиришни трансформатор қисмалари мос ҳолда белгилаб қўйгандагина мумкин. Кучланиш трансформаторларининг қисмалари куч трансформаторларидагига ўхшаш $A — X$, $a—x$ ва ҳоказо; ток трансформаторларида бирламчи чулғамнинг бошланиши ва охири мос равишда L_1 ва L_2 билан, (линия) иккиламчи чулғамнинг бошланишм ва охири I_1 ва I_2 (ўлчаш асбоби) билан белгиланади.

Бир фазали занжирга ўлчаш асбоблари комплектини кучланиш ва ток трансформаторлари орқали улаш схемаси 126-расмда кўрсатилган. Бу ерда амперметр ҳамда ваттметр ва сўтчикнинг ток занжирлари ток трансформатори орқали, вольтметр ҳамда ваттметр ва сўтчикнинг кучланиш занжирлари кучланиш трансформатори орқали уланган.



127- расм. Уч фазали икки элементли сўтчикнинг ўлчаш трансформаторлари орқали улаш схемаси

Нейтрал симсиз уч фазали қурилмаларда ишлатиладиган асбоблар учун иккитадан ток ва кучланиш трансформаторлари ёки битта уч

фазали кучланиш трансформатори зарур (127-расм).

6. 13. ЭЛЕКТРОН ЎЛЧАШ АСБОБЛАРИ

Юқорида кўриб ўтилган электромеханик ўлчаш асбобларидан ташқари сўнгги йилларда электрон ўлчаш асбоблари кенг ўйлланилмоқда. Тўғри, уларда кўпинча индикатор қурилмаси сифатида магнитоэлектрик асбоблардан фойдаланилади. Электрон ўлчаш асбоблари қатор афзалликларга эга, уларга қуйидагилар киради:

а) сезгирлиги юқори бўлганлигидан улар ёрдамида микровольт тартибидаги кучланишларни ўлчаш мумкин;

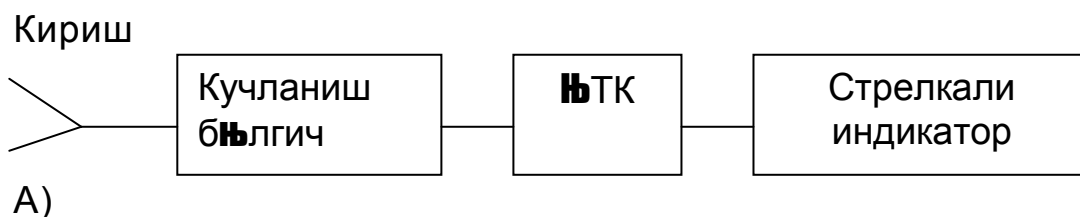
б) электрон ўлчаш асбоблари ўлчаш бажариладиган занжирдан кам энергия истеъмол қилади, чунки уларнинг кириш қаршилиги юқори бўлиб, ўн ва юз МОм га етади;

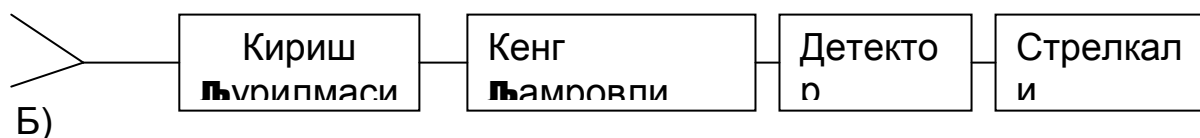
в) ўлчаш бажариш мумкин бўлган частоталар диапазон кенг бўлиб, ўнлаб Гц дан ўнлаб МГц га етади.

Барча электрон ўлчаш асбоблари ичида электрон вольтметрлар кенг тарқалган бўлиб, улар аналоговий (стрелкали) ва рақамли и хилларга бўлинади. Аналоговийлари ҳам, рақамлилари ҳам ўзгармас ва ўзгарувчан кучланиш вольтметрлари бўлиши мумкин.

Ўзгармас кучланиш аналоговий вольтметрлари (128-расм, а) ўлчаш чега-раларини белгилаб берувчи кириш кучланиш бўлгичидан, каскадлари орасидаги алоқа резисторлар ёрдамида амалга ошириладиган ўзгармас ток кучайтиргичи (ЎТК) дан; магнитоэлектрик миллиамперметр кўринишидаги стрелкали индикатордан ташкил топган. *Ўзгарувчан кучланишли аналоговий вольтметрларда* (128-расм, б) кириш қурилмалари ва стрелкали индикатор бўлиши мумкин; кириш қурилмалари кучланиш бўлгичдан, бўлгични кенг қамровли кучайтиргичнинг юқори омли кириши билан мослаштирувчи занжирлардан (кучайтиргичнинг чиқиш кучланиши силлиқловчи фильтри бўлган тўғрилагичга—детекторга узатилади) ташкил топади. Ишлаш принципага кўра рақамли вольтметрларда *код-импульсли, вақт-импульсли ўзгартиришлар, кучланиши-частота ўзгартиришлар* ишлатилади.

Мисол тариқасида ҳозирги вақтда кенг қўлланадиган вақт-импульсли ўзгартиришли рақамли вольтметрлар (В7-8, ВК7-10, Ф-200, ф-220 ва ҳоказо типдаги вольтметрлар) иш принципини кўриб чиқамиз.





128-расм. Ҳзгармас (А) ва Ҳзгарувчан (Б) кучланиш стрелкали электрон вольтметрнинг структурали схемаси

Ўлчанадиган кучланиш $U_{кир}$ кириш қурилмаси КҚ (БУ) га келади. Бу қурилма юқори омли кучланиш бўлгичидан иборат бўлиб, чиқишида кириш кучланишлари (ўлчанадиган) нинг ўзгариш чегарасидан қатъий назар белгиланган чегараларда (масалан, 0—1 В) ўзгарадиган нормалланган кучланиш олиш имконини беради. Бу нормалланган кучланиш компаратор КОМП нинг киришларидан бирига тушади; КОМП бу ўлча-надиган кучланишни эталон қиймат билан солиштириш учун хизмат қилади. Компараторнинг иккинчи кириши чизиқли ўзгарувчан кучланиш генератори ГЛИН нинг чиқишига уланган. Кириш ва компенсацияловчи кучланишлар тенглашган онда компаратор калит K ни беркитувчи импульс ишлаб чиқаради. Стабил частотали генератор ГСЧ генерациялайдиган импульслар калит K орқали рақамли счётчик ЦС га тушади.

Счётчикнинг чиқишига рақамли ҳисоблаш қурилмаси ЦОУ ва рақамли ёзиш қурилмаси ЦПУ уланган. Вольтметр ишини бошқариш блоки БУ бошқаради. Ўлчаш олдидан бошқариш блоки сигнали бўйича ГЛИН ишлай бошлайди ва u_1 кучланишни беради, бу вақтда u_2 импульс билан калит K очилади ва счётчикка ГСЧ (u_2) импульсларни ўтказидади. Нормалланган кириш кучланиши $u_{кир}$ ГЛИН кучланиши u_1 га тенглашган онда компаратор сигнали u_3 бўйича калит K беркилади. Шундай қилиб, счётчик ЦС га ўлчаш цикли бошланган t_1 дан мувозанатлашган t_2 гача ўтган вақтга пропорционал бўлган импульслар миқдори u_5 келади. Бу вақт ўлчанадиган кучланиш $U_{кир}$ га пропорционалиги ўз-ўзидан тушунарли. Бундай рақамли вольтметрнинг аниқлиги ГСЧ нинг барқарорлигига, ГЛИН нинг чизиқлигига, компараторнинг сезгирлигига боғлиқ. Рақамли электрон вольтметрларнинг нисбий хатоси унча катта эмас, у 0,001 % га тенг бўлиши мумкин.

Кўриб ўтилган структура схема рақамли ўзгармас кучланиш вольтметрларида ишлатилади. Рақамли ўзгарувчан кучланиш вольтметрларида кириш қурилмасидан кейин қўшимча детектор ўрнатилади.

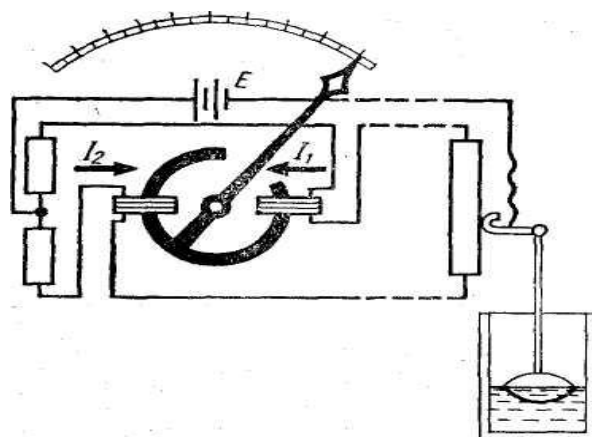
6. 14. НОЭЛЕКТРИК КАТТАЛИКЛАРНИ ЭЛЕКТР ЎЛЧАШ ПРИНЦИПИ

Юқорида ноэлектрик катталикларни электр усули билан ўлчаш афзалликлари ҳақида эслатиб ўтилган эди. Ўлчашнинг бу соҳаси

эндиликда шундай кенгайиб кетдики, улар асбобсозлик заводларининг кўпгина қисмига хизмат қиладиган ҳозирги замон электр ўлчаш техникасининг катта қисмини ташкил этади.

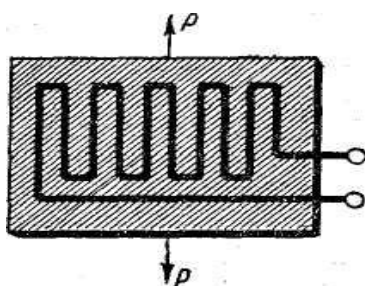
Ноэлектрик катталикларни электр ўлчаш аппаратлари ёрдамида ўлчаш учун ўлчанадиган катталиқни электр қийматга айлантириб берадиган ўлчаш ўзгарткичлари (датчиклар) лозим. Бундай ўзгарткичларга температураларни ўлчашда термопаралар, ёруғлик ўлчашда фотоэлемент, бирон жисмнинг ҳолатини (масалан, сув сатҳини ва ҳоказо) ўлчашда сирпанувчан контактли реостатлар (бундай реостатнинг қаршилиги контактнинг сурилишига пропорционалдир) мисол бўла олади.

Ноэлектрик катталикларнинг ўзгаришини қаршилиқнинг ўзгаришига айлантириб берувчи ўзгарткичлар *резисторли ўзгарткичлар* деб аталади. 129-расмда суюқлик сатҳини электр усули билан ўлчаш қурилмасидаги резисторли («потенциометрик») ўзгарткичнинг шартли схемаси кўрсатилган. Текшириладиган резервуарга жойлаштирилган қалқович суюқлик сатҳига боғлиқ ҳолда реостатнинг сурилувчан контактини механик узатма ёрдамида бошқаради ва электромагнитли логометр иккита ғалтагининг занжирларидаги қаршилиқлар нисбатини ўзгартиради; логометр ўроқсимон ўзакка эга бўлиб, у сатҳ ўлчагичнинг бир қисми ҳисобланади. Иккита қўзғалмас ғалтакларнинг юклари I_1 ва I_2 қалқовичнинг ҳолатига боғлиқ бўлиб, қарама-қарши томонларга йўналган иккита моменг ҳосил қиладди. Бу моментлариинг ҳар бири ферромагнит материалдан ясалгаи ўроқсимон ўзакни ўроқнинг ва унга мос ғалтакнинг ўртасини бир-бирига тўғри келадигани қилиб ўрнатишга интилади. Лекин бундай ҳолатга яқинлашган сари ўзакни суришга итилувчи момент камая боради, унга қарши йўналган момент миқдори эса орта боради, ўзакнинг қандайдир ҳолатида моментлар ўзаро тенглашади. Электромагнит асбоби иккала моментининг ҳар бири ток квадратиға пропорционал бўлгани учун электр энергияси манбаининг кучланиши квадратиға ҳам пропорционалдир. Лекин кучланишнинг бу ўзгариши иккала моментға бир хил таъсир этгани учун унинг қўзғалувчан қисмининг ҳолатини ўзгартирмайди. Логометр шкаласи резервуардаги суюқликнинг сатҳини бевосита ўлчаш учун даражаланади.



129- расм. Сатҳ ўлчагичда резисторли ўзгарткичдан фойдаланиш схемаси

Тензометрик ўзгарткич (222-расм) турли конструкциялардаги деформацияларни ўлчаш учун хизмат қилади. У солиштирма қаршилиги катта бўлган, 20—30 мкм диаметрли ингичка симдан (кўпинча сим 59% Си, 40% Ni, 1% Mn бўлган қотишмадан ясалади) тайёрланади. Сим қоғозга махсус елим билан ёпиштирилади. Мана шундай ҳолда деформацияси ўлчанадиган деталь сиртига ўзгарткич ёпиштирилади. Деформацияланиш жараёнида ўзгарткичнинг қаршилиги ўлчамларининг (узунлиги ва кўндаланг кесим юзасининг) ўзгаришидангина эмас, шунингдек материалнинг структурасига боғлиқ ҳолда ҳам ўзгаради.



130- расм. Тензометрик ўзгарткичнинг тузилиши

Қисқача хулосалар

Ушбу бобда электр ўлчашнинг аҳамияти, электр ўлчаш усуллари ва ўлчаш асбоблари ўрганилади, шунингдек, ўлчаш хатоликлари ва аниқлик даражаси, электр ўлчаш асбобларининг умумий узеллари, шунтлар ва қўшимча резисторлар, токни, кучланишни, қаршиликларни ўлчаш усуллари, электрон ўлчаш асбоблари, шунингдек, ноэлектрик катталикларни ўлчаш усуллари ўрганилади. Ҳар бир катталиқни ўлчаш усули амалда алоҳида тажрибада ўлчаб кўрсатилади.

Назорат учун саволлар:

1. Ўлчов ва таққослаш асбоби нима?
2. Билвосита ва бевосита ўлчашларга қандай мисоллар келтира оласиз?
3. Нолли ўлчаш усули деб нимага айтилади?
4. Нисбий ва келтирилган хатоликларни таърифлаб беринг.

5. Ўлчаш асбобининг аниқлик классини асосида белгиланади?
6. Ҳозирги замон ўлчаш асбобларида қандай қўзғалувчан қисмлар қўлланади?
7. Асбобнинг қўзғалувчан қисми нима учун мувозанатланиши керак ва унинг мувозанатланганлигини қандай текшириш мумкин?
8. Ҳозирги вақтда электр ўлчаш механизмларининг қандай системалари кенг қўлланади?
9. Магнитоэлектрик ўлчаш механизмлари қандай тоқлар учун мўлжалланган?
10. Қандай параметрларни ўлчашда электродинамик механизмлардан фойдаланилади?
11. Нима учун шунтнинг, албатта, тўртта қисмаси бўлиши керак?
12. Счётчикда тормозловчи момент қандай ҳосил қилинади ва у нима учун керак?
13. Логометр нима?
14. Ўлчаш трансформаторлари нима учун ишлатилади?
15. Ўлчаш трансформатори иккиламчи чўльамининг битта қисмасини нима учун ерга улаш зарур?
16. Ишлаб турган тоқ трансформаторининг иккиламчи занжирини нима учун узиш мумкин эмас?
17. Ноэлектрик катталикларни электр усули билан ўлчашда ўзгарткичлар деб нимага айтилади?

Фойдаланилган адабиётлар:

31. Лоторейчук Е. А. Расчет электрических и магнитных цепей и полей. Решение задач: Учебное пособие. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. - 272 с.
32. Пирогова Е.В. Проектирование и технология печатных плат. Учебник. – М.: ФОРУМ; ИНФРА – М, 2005. – 560 с.
33. Электрорадиоизмерения: Учебник. / Нефедов В. И., Сигов А. С., Битюков В. К. и др. / Под ред. профессора Сигова А. С. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. - 384 с.
34. Шеховцов В.П. Электрическое и электромеханическое оборудование: Учебник. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2004. - 407 с.

35. Щербакова Ю.В. Шпаргалка по общей электронике и электротехнике: Ответы на экзаменационные билеты. - М.: Аллель-2000, 2005. - 64с.
36. Касаткин А.С. Электротехника асослари. Укув кулланма. Тошкент, «Укитувчи», 1989. – 254 б.

7-БОБ. СХЕМАТЕХНИКА ЙЎНАЛИШИГА КИРИШ.

7.1. Умумий тушунчалар, ЭХМ схематехникасининг таърифи.

7.2. Интеграл схемаларнинг туркумланиши. Интеграл схемаларнинг шартли белгиланиши. ЭХМ элементларининг параметр ва тавсифлари.

7.3. ИМС шартли белгиланиши

7.4. Элементларнинг асосий параметр ва характеристикалари

7.5. Статик характеристикалар ва параметрлар.

7.6. Статик параметрлар

7.7. Динамик параметр ва характеристикалар.

7.1. УМУМИЙ ТУШУНЧАЛАР, ЭХМ СХЕМОТЕХНИКАСИНИНГ ТАЪРИФИ.

«Схематехника» йўналишини ырганишдан ма=сад, ра=амли ва =исман, аналог ра=амли, ЭХМ ва системалари схематехникасининг =урилиши, ишлаш ва =ылланиши принципларини ырганишдир. Бу фан аввал ы=итилган «Информатика» «Машина арифметикаси ва автоматлар назарияси» ва «Электротехника ва электроника» фанларига таянган бўлиб, уни ырганиш натижасида талаба ЭХМ ва системалар учун ишлаб чи=ариладиган:

- интеграл схемаларнинг турларини, хусусиятлари ва функционал вазифаларини билиш;
- матрицали катта интеграл схемалар (ИС) асосида ЭХМ схемаларини лойихалаш амалий кыникмаларини Ҳосил =илиш;
- замонавий ИС лар асосида комбинацион ва тадрижий схемаларни лойихалашни ырганиш;
- ИС да =урилма узелларини, кырсаткичларини ылчаш, шикастликни =идириш ҳамда =урилмаларини синаш кыникмаларига эга былиш керак.

+адимдан инсонда Ҳисоблаш эхтиёжи пайдо былган, щамда инсонлар ми=дор ылчами - сонни азалдан билганлар.

Ибтидой одамлар фа=ат бир неча сонни билган ва унинг «санаш асбоби»- ыз =ыллари былган. Инсон санашини ырганиб олиб, хамиша щисоблаш усулларини мукаммалаштирди ва турли щисоблаш воситаларини яратди.

+адимий Мисрда ишлатилган санаш тахтахаси «abak» дан щозирги замонавий компьютер воситаларигача бўлган давр - шу ривожланишнинг хосилаларидандир.

Биринчи ЭХМлар 40-йилларда пайдо былган былиб, уларнинг ривожланиши бевосита электроника ривожланишига бо\ли= былди, ЭХМ соҳасида техник тарққиёт хусусида гап кетганда, уларнинг ривожланиши ягона физик-техник принципга асосланган маълум бос=ичларга ажратилади.

Бу бос=ичда ЭХМ авлодлари деб аталади.

ЭХМ лар уларда ишлатилувчи физик элементларга бо\ли= ҳолда у ёки бу авлодга мансублиги ани=ланади.

I-авлод ЭХМларнинг ыртача тезкорлиги 10000 амал билан ылчанар эди. Уларнинг асосий элементи электрон лампалар эди. Соби= Совет Иттифо=и биринчи былиб ЭХМ 1951 йилда ишга туширган ва бу кичик электрон щисоблаш машинаси (МЭСМ) эди. I- авлод ЭХМларга мисоллар: «Стрела» (1953), БЭСМ-1 (1952) 20 (1958), «Урал» (1954).

60-йилларда ю=ори сифатли кичик асбоблар-ярим ытказгичлар (диод, транзисторлар) ишлаб чи=ариш йылга =ыйилди. Уларнинг ЭХМ ларда ишлатилиши машина =урилмаларининг ылчамларини кып марта камайишига ва тезкорлигини оширишга ва II-бу\ин ЭХМ ларининг пайдо былишига олиб келди. Бу машиналар уч турда: кичик, ырта ва катта ЭХМлар, ишлаб чи=арилди.

Кичик ЭХМлар: «Раздан-2» (1961), «Проминь»-(1962), «Мир».

Ырта ЭХМлар: «Минск-22», «Урал-4», «БЭСМ-4», М-220.

Энг катта ва энг яхши II авлод ЭХМ БЭСМ-6 (1967). Унинг тезкорлиги 1.000.000 амал/сек. ни ташкил =илади, асосий хотира хажми -128000 сонига тенг эди.

III -авлод машиналарнинг элемент асоси - интеграл схемалари былди. Инсоннинг машина билан муло=от услуоби хам ызгарди. Энди ЭХМ бир ва=тнинг ызида бир неча амалларни бажара олади, яъни мультидастурлаш режими ишга тушди. Бу авлодга тегишли ЭХМлар - ЕС ЭВМ.

IV авлод машиналарнинг асоси - БИС ва СБИС, яъни катта ва ыта катта интеграл схемалар.

I, II авлод ЭХМларидан элемент базаси (асоси) атамаси ишлатилган былиб, III авлод ЭХМларида ИС ишлатилиши билан янги «схемотехника» атамаси пайдо былди. Схемотехника деганда шу =урилмаларнинг элемент асосларини тушуниш керак. Шундай =илиб, схемотехниканинг ривожланиши - ЭХМ ларнинг элемент базасини ривожланиши ҳисобланади (3-жадвалга =аранг).

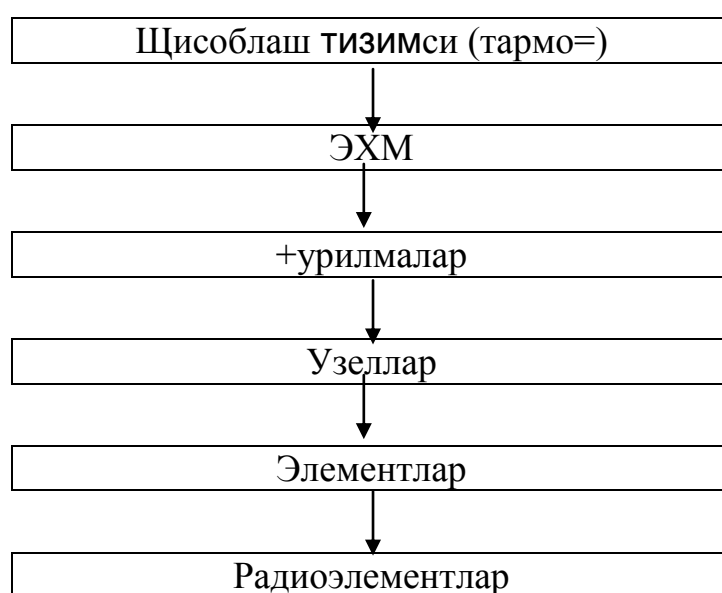
Хар =андай щисоблаш тизими, шу билан бирга ЭХМ хам, =урилмалардан иборат былиб, бу =урилмалар ахборотни =абул =илиш, са=лаб туриш, ишлаш хамда узатиш учун мылжалланган. ЭХМ асосий =урилмалари: процессор (арифметик- манти=ий =урилма), бош=ариш =урилмаси, киритиш-чи=ариш =урилмалари (таш=и =урилмалар), хотирловчи =урилмалар.

Хар =айси =урилма ыз навбатида соддаро= =урилмалардан тузилган былади. Узеллар деганда кыз олдимизга регистрлар, дешифраторлар, жамлагичлар, силжитгичлар ва хоказо =урилмалар келади(131-расм).

3-жадвал

ЭХМ авлодлар ва асосий параметрларининг бо\ли=лиги

Параметрлар	Авлодлар				
	I	II	III		IV
	1945-1955	1955-1965	1976-70	1970-80	1980
Асосий элемент	Электромеханик реле, электрон лампа	Ярым ытказгичли асбоблар	ИС	БИС КИС	СБИС УКИС
Тезкорлик, ва=т/элемент	1 мс 10 ⁻³ сек	1 мкс 10 ⁻⁶ сек	10 нс 10 ⁻⁸ сек	1 нс 10 ⁻⁹ сек	<1 нс <10 ⁻⁶ сек
Элементларни йи\иш зичлиги, эл.сони/см ³	0,1	2-3	10-20	1000	>10000



131-расм. ЭХМ схемотехникаси таркиби

Узелларни тузишда улардан соддаро= ЭХМ элементлари ишлатилади. Элементлар турлича былиб, ыз навбатида ЭХМ нинг элемент базасини ташкил этади. Бу жараёни давом этсак, ыз навбатида элементлар электрорадиокомпонентлар асосида тузилади. Электрорадиокомпонентлар - резистор, диод, триод, ытказувчи симлар, трансформатор, конденсатор, индуктивлик ва хоказо.

Кенг маънода эса элемент базаси деганда, радиокомпонентларни хамда улар асосида тузилган элементларни тушуниш керак.

ЭХМ элементлари - оддий мантий функцияларни амалга оширувчи ёки кышимча амалларни бажарувчи электрон схемалар былиб, улар асосида =урилмалар тузилади. ЭХМ элементлари тизим ёки серия =илиб ишлаб чи=илади. Битта серияда мантикий элементлардан таш=ари мураккаб узеллар, =ышимча ва махсус элементлар былиши мумкин.

Агар хар =андай мураккаб мантий функцияларни тизимдаги мантий элементлар асосида амалга ошириш имкони былса, бундан тизим (серия)

функционал тылик ТИЗИМ щисобланади. Функционал тылик ТИЗИМда =ышимча ва махсус хабарларни мослаш элементлари бор былса, бундай ТИЗИМ техник тылик ТИЗИМ дейилади.

7.2. Интеграл схемаларнинг туркумланиши. Интеграл схемаларнинг шартли белгиланиши. ЭХМ элементларининг параметр ва тавсифлари.

Маълумки III, IV авлод ЭХМ лари интеграл схемалар асосида тузилган. **Интеграл микросхема ИМС** - биронта ани= амални бажарувчи ва ю=ори элементлари йигиш зичлигига эга булган микроэлектрон мослама.

1. **Ишлаб чи=ариш технологияси** быйича ИМС уч турда былади: яримытказгичли, =атламли ва гибрид ИС. *Ярим ытказгичли ИМС* да схеманинг элементлари ва ызаро бо\ланишлари ярим алоҳида ытказгич ҳажмида ва сиртида жойлашган. *+атламли ИМС* да элементлар ва бо\ланишлар =атламлар кыринишида бажарилган былиб, катламларнинг =алинлигига =араб юп=а =атламли (<1мм) ва =алин =атламли (>1мкм) ИМС ажратилади. Гибрид ИМС ларда оддий ва мураккаб компонентлар былиб, бир неча турли кристалларда жойлашган былиши мумкин.

2. **Интеграл схемалар аналог ва ра=амли ИМС** ажратилади. *Аналог* ИМС узлуксиз ахборотларни =айта ишлаш учун мылжалланган. Ра=амли ИМСда сано= кодида (дискрет) ифодаланган ахборотлар =айта ишланади. ЭХМ ларда кыпро= ра=амли ИМС ишлатилади.

3. **Бажарадиган вазифаси** (ишлаши) быйича бундай интеграл схемалар 4 гурухга былинади:

- 1) мантиқий функцияларни амалга оширувчи манти=ий элементлар;
- 2) хотирловчи элементлар;
- 3) =ышимча элементлар;
- 4) махсус элементлар.

Ыз навбатида **манти=ий элементлар** амалга оширувчи функциясига =араб =уйидагилар ажратилади.

- манти=ий кыпайтиришни амалга оширувчи конъюктор;
- манти=ий =ышишни амалга оширувчи дизъюнктор;
- инкорни ани=ловчи инвертор;
- унверсал элементлар (Шеффер ва Пирс функцияларини амалга оширувчи схемалар);
- бир неча манти=ий функцияни амалга оширувчи функционал элементлар;
- адаптив элементлар (дастурланувчи элементлар, микропроцесорлар).

Тузилиши быйича манти=ий элементлар комбинацион (оддий) ва тадрижий (мураккаб) схемаларга былинади. Комбинацион схемаларда $Y_i = f(X_{1i}, X_{2i}, \dots, X_{mi})$

Тадрижий схемалар учун $Y_i = f(X_{1i}, X_{2i}, \dots, X_{mi}, Y_{i-1})$.

Хотирловчи элементлар ахборотни эслаб =олиш ва ва=тинча са=лаб

туриш учун мылжалланган схемалар былиб:

- *актив* ва
- *пассив* турларга былинади.

Актив хотирловчи элементларда манти=ий ызгарувчининг иккита =ийматига («0», «1») элементнинг иккита электрон холати мос келади, масалан, триггерларда.

Пассив хотирловчи элементларда ахборотни ёзиш ва =айта ы=иш элементининг магнит ёки бош=а физик холатини ызгариши билан бо\ли= былиб, бу элементларнинг тезкорлиги актив элементларга =араганда пастро=, лекин ахборотни са=лаб туриши учун электр энергияси керак былмайди (магнит тасмалар, магнит лентачалар ва хоказолар).

+ышимча элементлар манти=ий ва хотирловчи элементларини ишлашини электр ва ва=т быйича мослаш учун мылжалланган былиб, бу турли кучайтиргичлар, узайтиргичлар, ызгарткичлар ва мослаш схемалари, генераторлар ва хоказолар.

Махсус элементлар электр хабарларини физик холатини ызгартириш учун мылжалланган былиб, улар =аторига турли индикаторлар, махсус ызгарткичлар, махсус мослаш схемалари киради.

4. **Элементларни Ўзаро боғлаш** быйича улар =уйидагича фар=ланади:

- потенциал боғланишли элементлар (ызаро бевосита, резистор, диод, транзистор оркали бо\ланган элементлар);
- импульс бо\ланишли элементлар (конденсаторлар ёки трансформаторлар оркали боғланган элементлар);
- импульс потенциал (аралаш) бо\ланишли элементлар.

Интеграл схемаларда кыпро= потенциал бо\ланиш мавжуд, чунки конденсатор ва трансформаторларни интеграл технологиясида ишлаб чи=иш мураккаб жараён.

5. Схемада электрокомпонентлар ызаро бо\ланганлиги быйича ИМС =уйидагича структураларга былинади:

- бевосита уланган транзистор схемалар (БУТС-НСТЛ);
- эмиттерлари бо\ланган транзистор схемалар (ЭСЛ);
- резисторлар ор=али бо\ланган транзистор схемалар (РТЛ);
- диодлар ор=али бо\ланган транзистор схемалар (ДТЛ);
- транзистор- транзисторли схемалар (ТТЛ);
- интеграл инжекцион схемалар (И²Л);
- майдон транзисторларда =урилган схемалар (МДП).

6. **ИС интеграция даражаси** иккита коэффициент ор=али ифодаланади.

1) Функционал интеграция коэффициенти

$K_{\phi} = 1/gN_{\phi}$, N_{ϕ} - кристаллдаги манти=ий элементларнинг умумий сони.

Бу коэффициентнинг =иймати быйича ИМС =уйидагича фар=ланади:

$K_{\phi} \leq 1$ - кичик интеграл схемалар КИС-МИС (масалан, триггерлар)

$K_{\phi} \leq 2$ - ырта интеграл схемалар ЎИС-СИС (регистлар)

$K_{\phi} \leq 3$ - катта интеграл схемалар КИС-БИС (оператив X+)

$K_{\phi} > 3$ - ырта катта интеграл схемалар ЎКИС (микро ЭХМ)

2) Компонент интеграция коэффициенти

$K_k = \lg N_k$ N_k - кристаллдаги ҳамма компонентларнинг умумий сони
 $K_k \leq 1$, $N_k \leq 10$ - I интеграция даражасидаги ИС
 $K_k \leq 2$, $10 \leq N_k \leq 100$ - II интеграция даражасидаги ИМС ва хоказо.
 Ю=орида келтирилган туркумланишдан таш=ари ИМС бош=а кырсаткичда быйича туркумланиши хам мумкин.

7.3. ИМС шартли белгиланиши

Одатда ИМС **шартли белгиланишида** ГОСТ-18682-73 фойдаланилади. ГОСТ быйича ИМС шартли белгиси 4 =исмдан иборат.

1. Биринчи =исми битта ра=амдан иборат былиб, у ИМС =айси конструктив-технологик гуруҳга тегишлигини ани=лайди. Бу ерда ра=ам: 1,5,6,7, былса, ИМС - ярим ытказгичли ИС; 2,4,8, былса - гибрид ИС; 3 былса - гибрид ИС, =олган турлари (=атламли, вакуумли, сополли ва хоказо).

2. Иккинчи =исми иккита ёки учта ра=амдан иборат былиб, (00 дан 000дан 999) у серияни ишлаб чи=иш тартиб ра=амини ани=лайди. Биринчи ва иккинчи =исм биргаликда ИМС сериянинг тыли= тартиб ра=амининг номерини) ани=лайди.

3. Учинчи =исм -иккита харф былиб, биринчи харфи схемани гурухи, иккинчи харфи турини ани=лайди, яъни схеманинг бажарадиган вазифасини кырсатади.

Масалан, биринчи харфи =уйидагича былса

Г- генератор

У- кучайтиргичлар

Т- тригерлар

С- та==ослаш схемалар

И- ра=амли схемалар ва хоказоларни билдиради.

II харф шу гурухдаги турларни билдиради:

ЛН - инверторлар

ЛИ - конъюнкторлар

ЛЛ - дизъюнкторлар

ЛА - Шеффер элементи

ЛЕ - Пирс элементи

ГС - гармоник хабарлар генератори

ГГ - тыртбурчак хабарлар генератори

ГЛ - чизи= ызгаришли хабарлар генератори

ГФ - махсус кыринишли хабарлар генератори.

4. Тыртинчи =исм - битта ёки бир нечта ра=ам схеманинг сериядаги ишлаб чи=иш тартиб ра=амини ани=лайди. Масалан: 155 ЛИ1 - бу ярим ытказгичли 155 серияга тегишли ИМС былиб, у конъюнктор вазифасини бажаради. Бу турдаги схемалар орасида 1 тартиб ра=амли.

Кыпинча кенг тар=алган, яъни Si кристалли асосида яратилган

яримытказгичли ИС, сериянинг тартиб раами олдида К ҳарфи ёзилади, кам таралган серияларда, яъни Ge кристаллида яратилган ИМС да бундай ҳарф бўлмайди. Интеграл схемалар керамик (сопол) корпусда жойлашган бўлсалар, ИС шартли белгисида К ҳарфдан сўнг М ҳарф ҳам ёзилади.

Экспортга ишлаб чиқилган серияларда шартли белгисидан аввал Э ҳарфи ёзилади. Баъзан шартли белгидан сўнг битта ҳарф (А ёки Б) ёзилган бўлиши мумкин. Бу ИМС электр параметрларининг фарқини кўрсатади.

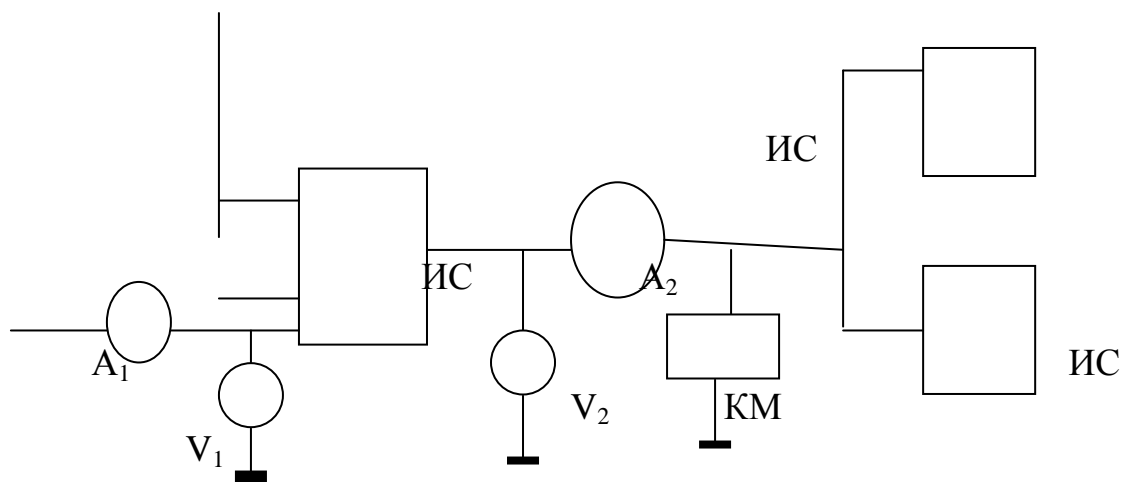
Масалан: КМ 155ЛА1, КМ155ЛА4 - бу Si асосида яратилган ва сопол корпусга жойлашган яримытказгичли ИС, серияни ишлаб чиқиш тартиб раами 55, схеманинг тили нумери 155. Келтирилган схемалар мантий элемент бўлиб, биринчиси иккита 4 та кириш йўлли Шеффер элементи, иккинчиси эса 3 та йўлли Шеффер элементи.

7.4. Элементларнинг асосий параметр ва характеристикалари

Интеграл элементларда уларнинг электр параметрларини бевосита ўлчаш жуда мураккаб жараён бўлиб, уларни ишени назорат қилинганда, параметрларини турли характеристикалари бўйича аниқланади. Замонавий параметрларни аниқлаш усуллари функционал контроль (назорат) ҳамда параметрик ўлчашга асосланган.

Мантий элементлар нисбатан функционал назорат бажарадиган (амалга ошириладиган) мантий функцияни аниқлашдан иборат. Ҳар қандай ИМС параметр ва характеристикаларга эга. Энг асосийларини аниқлашни кўриб чиқамиз.

7.5. Статик характеристикалар ва параметрлар.



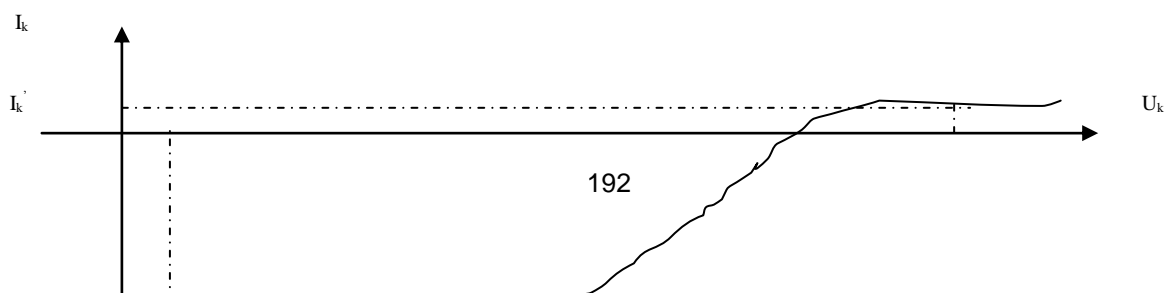
132-расм. Статик характеристикаларни ўлчаш схемаси

$X_1...X_n$ - ИМС кириш йўллари, I_k - кириш токи, U_k - кириш кўчланиши, I_k - чиқиш йўлидаги ток, U_k - чиқиш кўчланиши.

Асосий статик характеристикалар кириш, узатиш ва чиқиш характеристикалари.

1. Кириш характеристикаси. $I_k=f_1(U_k)$

Бу характеристика ИМС битта кириш йўли учун аниқланади. Схема аниқ юклама сони уланган ҳолда, олган кириш йўллари мантий «0» ёки мантий «1» кўчланиши уланган бўлади (схеманинг турига қараб). Инкорли элемент учун бу характеристика кўриниши қуйидагича бўлади:



U_k^0 U_k^1

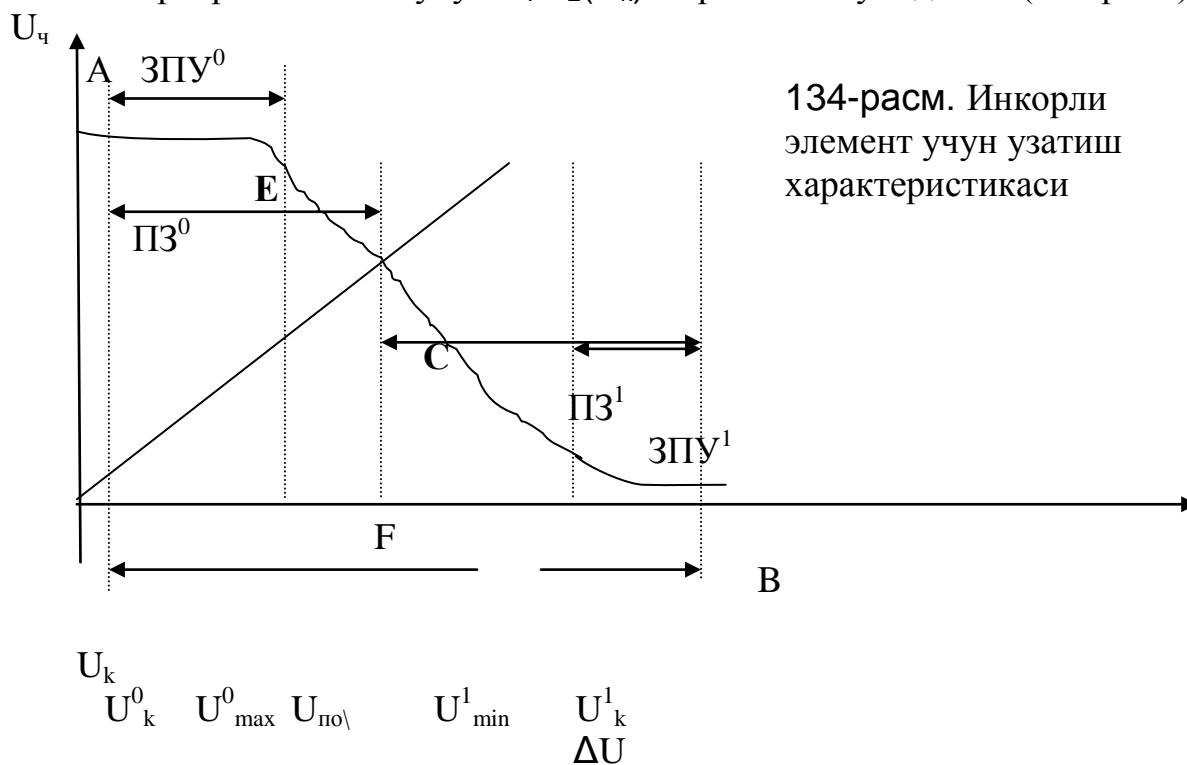
133-расм. Инкорли элемент учун кириш характеристикаси

 I_k^0

2. Узатиш характеристикаси $U_q = f_2(U_k)$

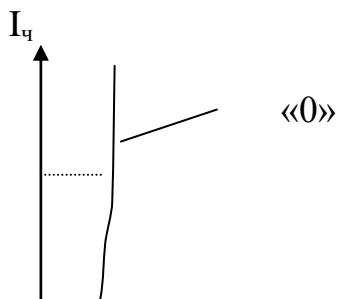
Схема ани=юкламалар сонига уланган ҳолда бу характеристика битта кириш йили учун ани=ланади. Схема ани=юкламалар сонига уланган ҳолда, =олган кириш йиллари манти=ий «0» ёки манти=ий «1» кучланиши уланган былади. Бу характеристика быйича M^1 , U^0 , $\Delta U = U^1 - U^0$ по\она кучланиш $U_{но\}$ хамда схемани бардошлигига бо\ли= параметрларни ани=лаш мумкин.

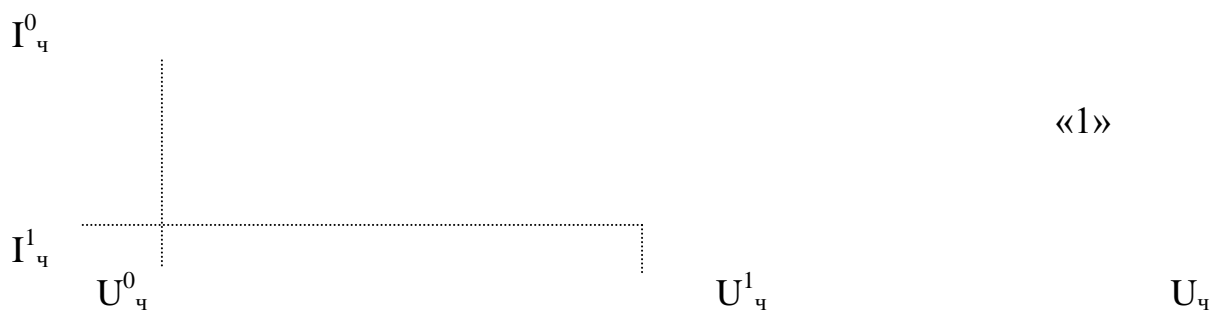
Инверторли элемент учун $U_r = f_2(U_k)$ кыриниши =уйидагича(134-расм)



3) Чи=иш хакатеристикаси $I_q = f_3(U_q)$

Бу характеристика манти=ий элементни икки ҳолати «0», «1» учун ани=ланади. Элементнинг чи=иш йылига =ышимча уланувчан кучланиш манбаи уланган ҳолатда характеристикани кыриниши ани=ланади (135-расм).





7.6. Статик параметрлар

Асосий статик параметрлари =уйидагича:

- манти=ий «1» ифодалайдиган кучланиш U^1 ;
- манти=ий «0» мос кучланиш U^0 ;
- элементнинг по\она кучланиши $U_{по\}$, яъни шундай кириш кучланишики, у ёки бу томонга ызгарган ҳолда элементи ыз ҳолатини ызгартиради;
- манти=ий «1» хос кириш токи I_k^1 ;
- манти=ий «0» хос кириш токи I_k^0 ;
- манти=ий «1» хос чи=иш токи $I_ч^1$;
- манти=ий «0» хос чи=иш токи $I_ч^0$;
- манти=ий ызгариш $\Delta U - U^1 - U^0$;
- статик хала=ит кучланиши ;
- кириш =аршилиги $R_k = \Delta U_k / \Delta I_k$;
- чи=иш =аршилиги $R_ч = \Delta U_ч / \Delta I_ч$;
- «0» ҳолатдаги исътемомл =уввати $P_{ис}^0$;
- «1» ҳолатидаги исътемомл =уввати $P_{ис}^1$;
- ыртача исътемомл =уввати $P_{ыр} = (P_{ис}^1 - P_{ис}^0) / 2$;
- интеграл манбаини кучланиши;
- кириш йыллари быйича бирлаштириш коэффициентини - тах кириш йыллари сони - $k_б$;
- чи=иш йыллари быйича тармо=ланиш коэффициентини (юклаш =обилияти) $k_т$;
- «0» ҳолатида хала=ит хабарга бардошлиги (ПЗ⁰) ;
- «1» ҳолатида хала=ит хабарга бардошлиги (ПЗ¹) ;
- «0» ҳолатида хала=ит хабарга бардошлигининг реал =иймати (ЗПУ⁰) ;
- «1» ҳолатида хала=ит хабарга бардошлигининг реал =иймати (ЗПУ¹) .

$$\begin{array}{ll} \text{ЗПУ}^0 - U_{\max}^0 - U_r^0 & \text{ПЗ}^0 - U_{\text{пор}} - U_r^0 \\ \text{ЗПУ}^1 - U_r^1 - U_{\min}^k & \text{ПЗ}^1 - U_k^1 - U_{\text{пор}} \end{array}$$

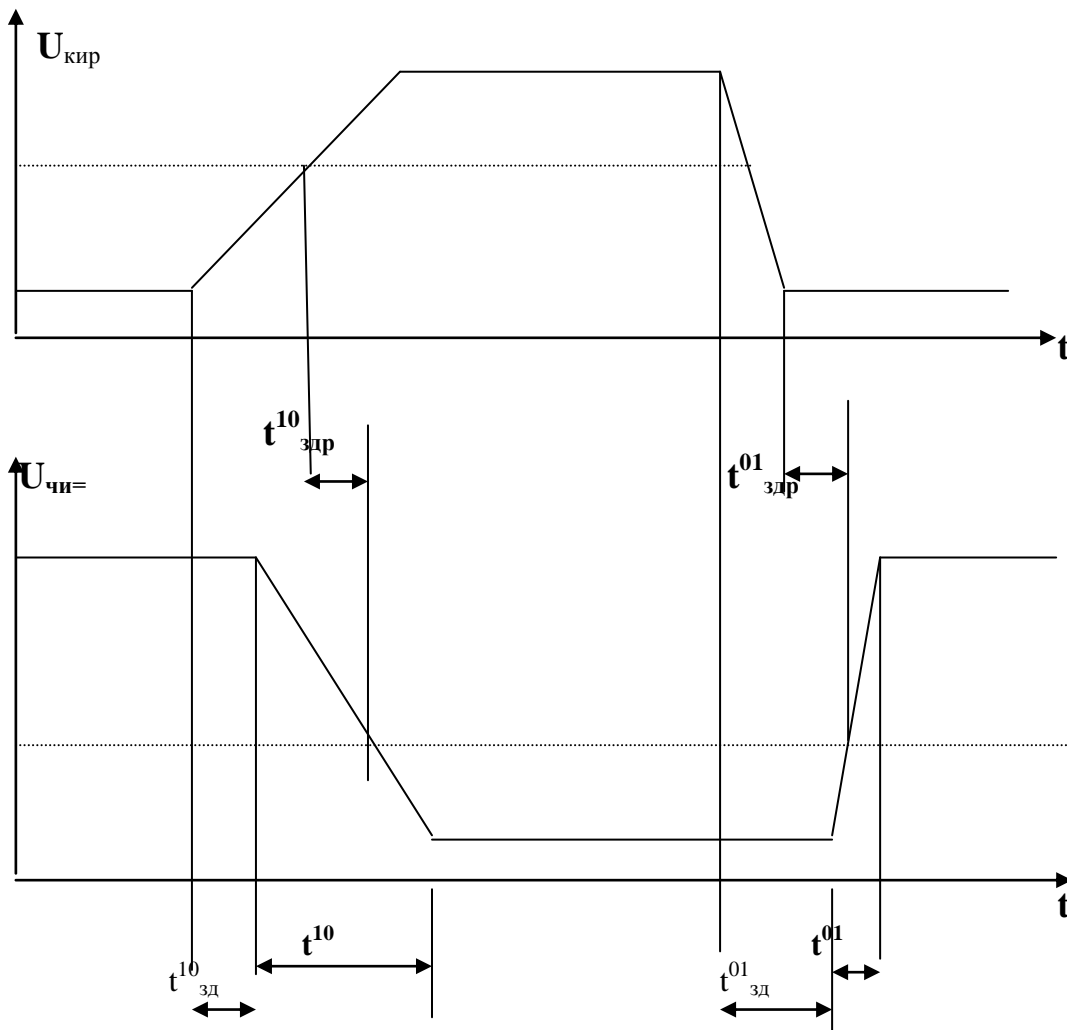
7.7. Динамик параметр ва характеристикалар.

Асосий динамик параметрлар:

- мантий «1» ҳолатдан мантий «0» ҳолатга ўтиш вақти t^{10} ;
- мантий «0» ҳолатдан мантий «1» ҳолатга ўтиш вақти t^{01} ;
- схеманинг ишга тушиш кечикиш вақти - $t_{зд}^{10}$;
- схеманинг ишдан чиқиш кечикиш вақти - $t_{зд}^{01}$;
- схеманинг ишга тушириш хабарини кечикиш вақти - t^{10} ;
- схеманинг ишдан чиқишда хабарни кечикиш вақти - t^{01} ;
- схемадан хабар тарқалишини ўртача кечикиш вақти $t_{зд.ўрт} = (t_{зд}^{10} + t_{зд}^{01})/2$;
- хабарни давом этиш вақти t_u ;
- динамик ўувват;
- динамик бардошлиги;

Асосий динамик характеристикалар:

- 1) динамик юкланиш характеристикаси
 $t_{зд}^{10} = f_1(c_{и}, K_{тарм})$; $t_{зд}^{01} = f_2(c_{и}, K_{тарм})$; $t_{зд.ўрт} = f_3(c_{и}, K_{тарм})$;
- 2) истеъмол ўувватининг хабар частотасига боғлиқлиги $P_{ист} = f(1/T_{и})$.



136-расм. Динамик параметр ва характеристикалар.

Қисқача хулосалар

Хозирги ва=тда электроника ва электротехника ривожланиши билан шахсий компьютерларнинг (ШК) элемент базаларини мукамаллаштириш интеграцияси ҳам юксалиб бормо=да. Шунинг учун шахсий компьютерларнинг элемент базасининг ривожланиши уларнинг кейинги авлодларини келиб чи=ишига ва ривожланишига шарт–шароитлар яратиб беради.

Бу бобда «Схемотехника» йўналишини ырганишдан ма=сад, унинг вазифалари, умумий тушунчалари, ЭХМ схемотехикасининг асослари келтирилган. Шу билан бир =аторда ЭХМ авлоди ҳам =ис=а ёритиб берилган, ЭХМ схемотехикаси таркиби ани=лаб берилган.

Бундан таш=ари, интеграл микросхемаларнинг (ИМС) туркумланиши, унинг шартли белгиланиши, элементларининг асосий динамик ва статистик параметрлари ва тавсифлари ҳам ёритиб берилган.

Таянч сўзлар

Аналог ва ра=амли хабар, интеграл микросхема (ИМС), «авак», ЭХМ авлоди, мультидастурлаш режими, «схемотехника» атамаси, узел, радиоэлемент, ярим ытказгичли ИМС, =атламли ИМС, гибридли ИМС, манти=ий элементлар ва функциялар, Пирс ва Шеффер элементлари, ИМС серияси, статик ва динамик параметрлар ва тавсифлар, кириш тавсифи, узатиш тавсифи, Чи=иш тавсифи.

Назорат учун саволлар

1. «Схемотехника» йўналишининг асосий ма=сади нималардан иборат?
2. «Схемотехника» йўналишининг асосий вазифаларига нималар киради?
3. «Авак» =андай =урилма?
4. Физик–техник принципга асосланган ҳолда нечта ЭХМ авлоди бор?
5. Мультидастурлаш режими =андай шоссига эга?
6. ЭХМ схемотехикасининг таркибига нималар киради?
7. Ишлаб чи=ариш технологияси быйича неча хил ИМС былади?
8. Бажарадиган вазифаси быйича ИМС неча хил былади?
9. ИМСларнинг интеграция даражаси =айси коэффицентлар ор=али ифодаланади?
10. ИМС шартли белгиси нечта =исмдан иборат?
11. Элементларнинг асосий статик Параметрларига ва тавсифларига нималар киради?
12. Элементларнинг асосий динамик параметрларига ва тавсифларига нималар киради?

Фойдаланилган адабиётлар:

1. Схемотехника ЭВМ: Учебник для вузов. Под ред. Г.Н. Соловьёва.- М.: Высшая школа, 1985.
2. Угрюмов Е.П. Проектирование элементов и узлов ЭВМ. - М.: Высшая школа, 1987.
3. Преснухин Л.Н., Воробьёв Н.В., Шишкевич А.А. Расчёты элементов цифровых устройств. - М.: Высшая школа, 1981.
4. Микропроцессоры: в 3-х томах. Учебник для вузов. Под.ред. Преснухина А.А. -М.: Высшая школа, 1986.
5. /аниев С.К. ЭХМ ва тизимлари.-Т. :**СЕК**итувчи,1990.
6. Алексеенко А.Г. Основы микросхемотехники. 3-е издание. М.: ЮНИМЕДИАСТАЙЛ, **2002**, 448 стр.
- 7.** Гутников С.М. Интегральные схемы в измерительной технике, Л., 1988.
8. Угрюмов Е.П. Проектирование элементов и узлов ЭВМ. М.: Высшая школа, 1987
9. Мостицкий Ш. Л. Англо-русский словарь по современной электротехнике и программированию: Компьютеры, интернет, телекоммуникации, аудио, видео, теле и радиотехника и пр.: Около 19000 терминов (более 12700 слов). М.: **2004**, 784 стр.

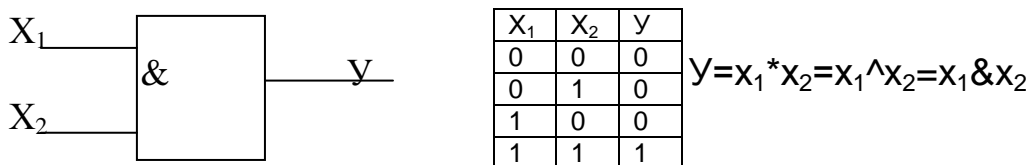
8-боб. АСОСИЙ МАНТИИЙ ЭЛЕМЕНТЛАР. ЭЛЕКТРОН КАЛИТЛАР ВА ҚЫП ПО/ОНАЛИ ТОҚ ЎЗГАРТИГИЧЛАРИ

8.1. Конъюнкторлар ва дизъюнкторлар

8.2. Универсал элементлар ва раамли схемаларда қып ишлатиладиган электрон калитлар

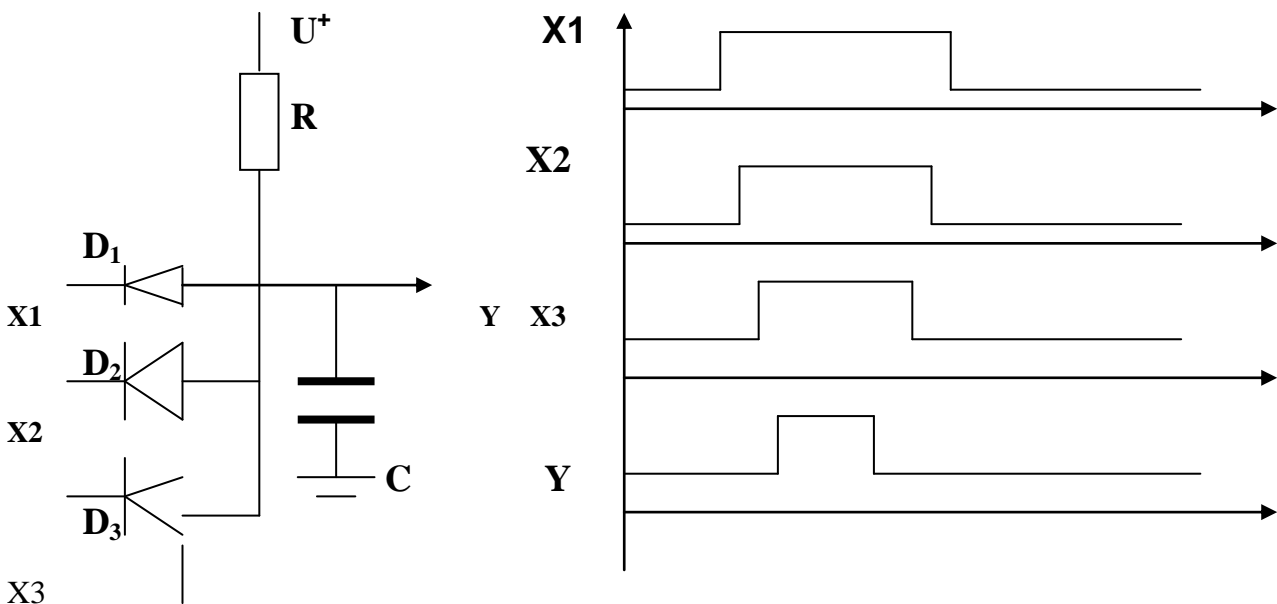
8.1. Конъюнкторлар ва дизъюнкторлар

Мантиий қыпайтиришни амалга оширувчи бу схемани чи=иш йылида мантиий «1» хабари фа=ат схеманинг ҳамма кириш йылларида бир ва=тда «1» хабар улангандагина пайдо былади. Элементни шартли белгиланиши, ишлаш (ха=и=атлилик) жадвали:



Бу элемент турли схемаларда амалга оширилиши мумкин.

Мусбат логика ишлатилган диод схемасини қыриниши 137–расмда келтирилган.



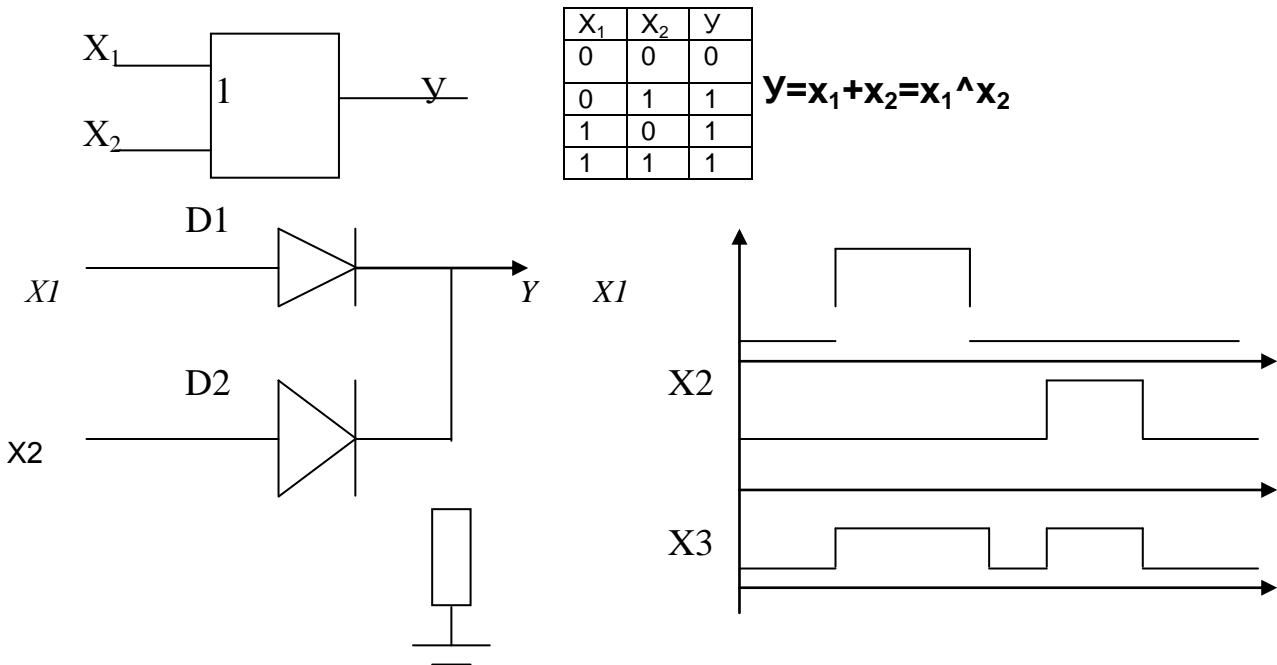
137-расм. Мусбат логика ишлатилган диод схемаси

Мантиий қышишни амалга оширувчи бу элементнинг чи=иш йылида биронта кириш йылида мантиий «1» хабари пайдо былиши билан ю=ори

потенциалдаги «1» хабар пайдо бўлади.

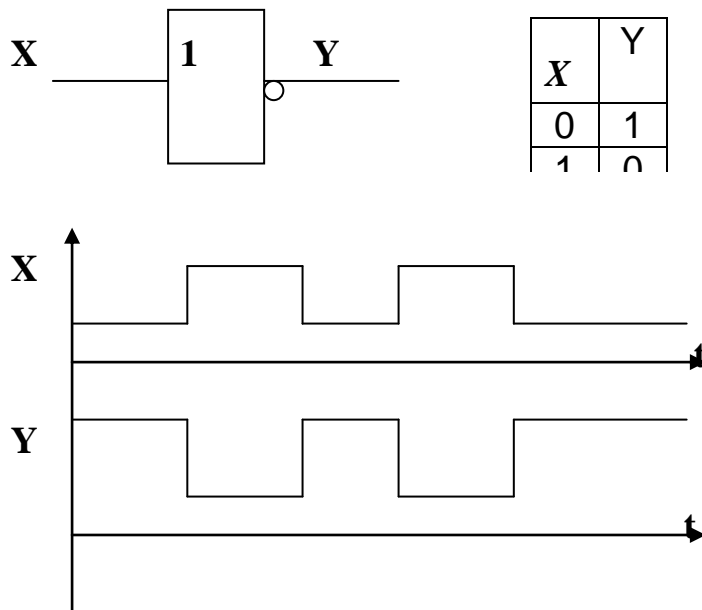
Диодлардан ташқари транзисторларда тузилган дизъюнкторлар схемаси кенг тарқалган.

Дизъюнктор ва конъюнкторларга мансуб бўлидаги шарт тури: агар кодлаш усулини ўзгартирса «И» схемаси «ИЛИ» схемасининг вазифасини бажаради, ва аксинча.

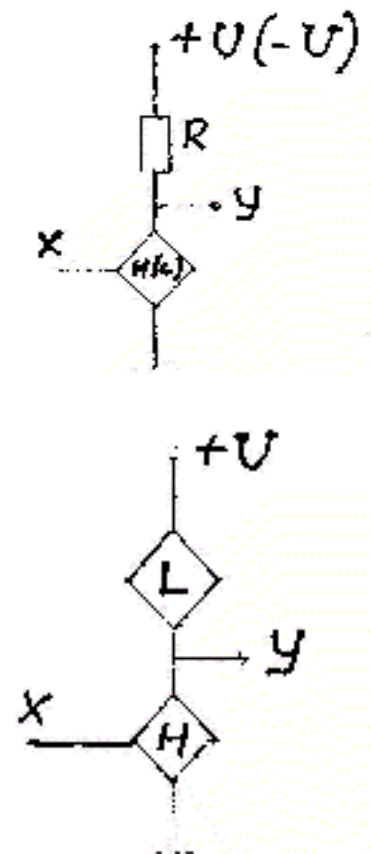


138-расм. Дизъюнктор схемаси ва вақт диаграммаси

Инвертор - мантий инкорни аниловчи элемент бўлиб, асосан транзисторларда амалга оширилади.

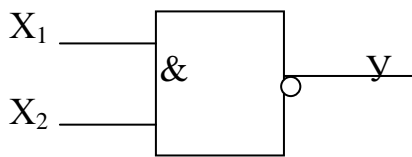


139-расм. Инверторнинг белгиланиши, холат жадвали ва вақт диаграммаси

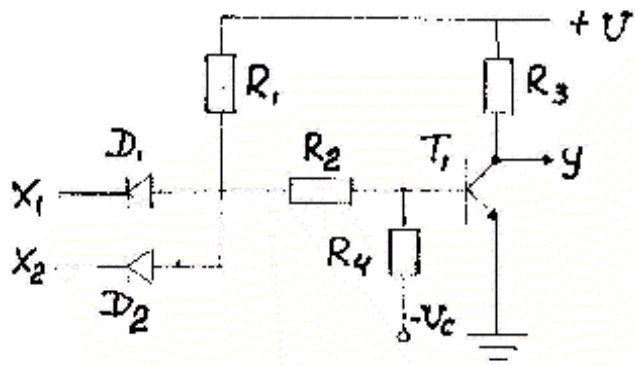


8.2. Универсал элементлар ва ра=амли схемаларда кып ишлатиладиган электрон калитлар

1 Шеффер элементи- Шеффер функциясини амалга оширувчи элемент («И-НЕ»), яъни манти=ий кыпайтиришини инкорини ани=ловчи схема:

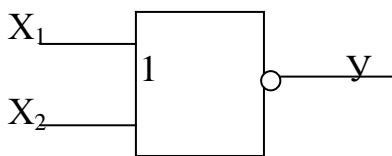


X ₁	X ₂	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

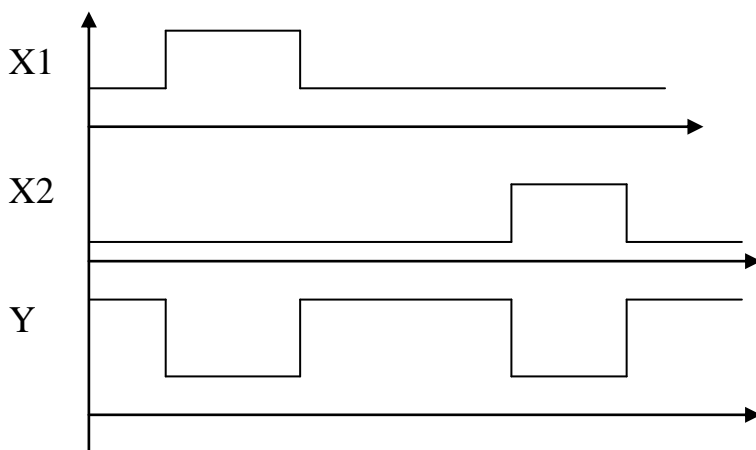


140-расм. Шеффер элементининг белгиланиши, холат жадвали ва схемаси

2. Пирс элементи - Пирс функциясини амалга оширувчи элемент («ИЛИ-НЕ»), яъни дизъюнкцияни инкорини ани=ловчи схемалар: $y = \overline{x_1 \vee x_2}$



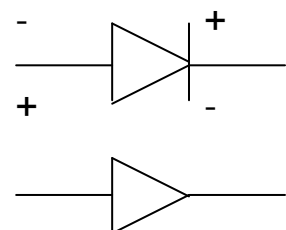
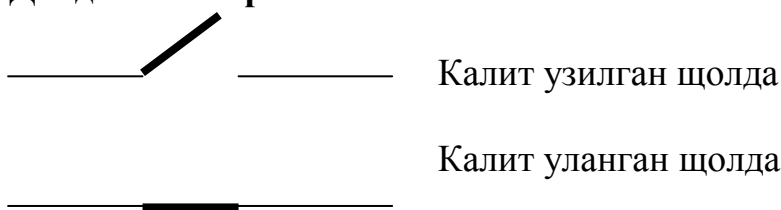
X ₁	X ₂	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0



141-расм. Пирс элементининг белгиланиши, холат жадвали ва вақт диаграммаси

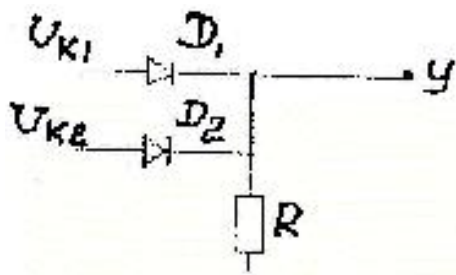
Ра=амли схемаларда кып ишлатиладиган электрон калитлар:

1. Диод калитлари.



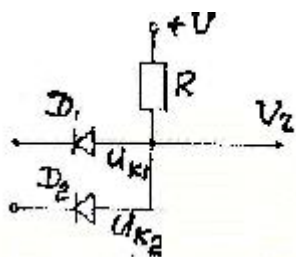
Диод - келатган хабар билан бош=ариладиган электрон калит деб шисоблаш мумкин.

Базалари бирлаштирилган диод схемаси.



Бу схемада =айси диодни эмитерига ю=ори кучланиши уланган былса, шу диод очилиб, киришдаги ю=ори кучланишни чи=иши йылига узатади ва бир ва=гда иккинчи диодни ёпади.

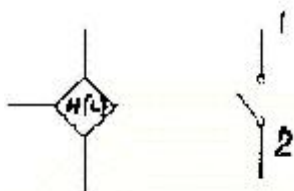
Мусбат кодлаш усули учун бундай схема дизъюнктор («ИЛИ») вазифасини бажаради.



Бу схемада базасида =уйи (паст) потенциал уланган диод очилади. Очи= диод ор=али конъюнкция амалини бажаради («И»).

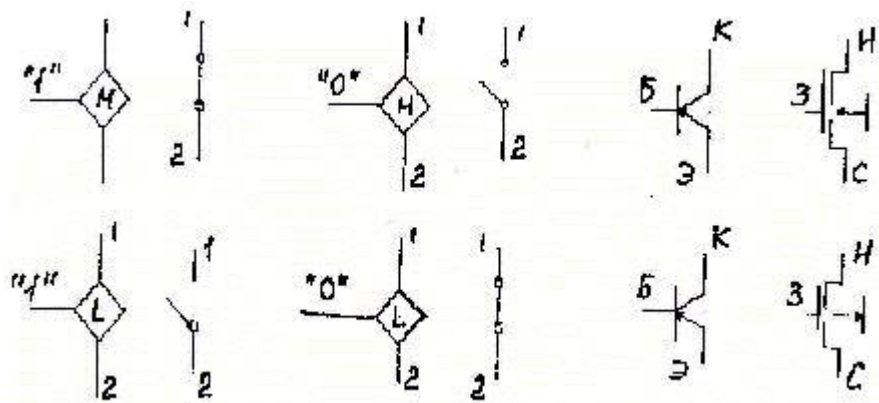
1) Эмиттерлари бирлашган диод схемаси.

2. Транзистор калитлари.



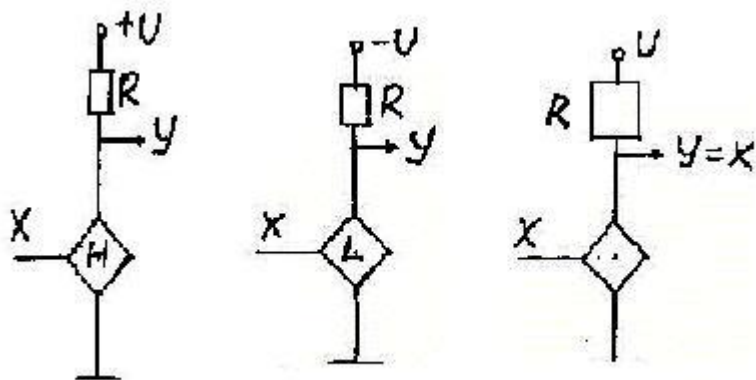
Транзистор калитни ҳолати (узлукли, узлуксиз) унинг бош=ариш электродига (база. затвор) таъсир этувчи кучланишга бо\ли=. Транзистор калитига =уйидаги шартли белгини киритамиз: агар калит ю=ори потенциал билан узлуксиз ҳолатга келтирилса, Н, аксинча былса L ёзилади.

Энг оддий манти=ий элемент-инверторни_ ҳосил =илиш учун транзистор калитга кетма-кет ҳолатда юкланишни улаш керак.



N-P-N
N каналли
майдонли

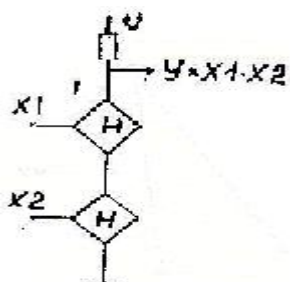
P-N-P
P каналли
майдонли
транзисто
n



Кодлаш усули

X	Y
0	1
1	0

1) Электрон калитларни бир нечтаси кетма-кет уланган ҳолда =уйидаги схема ҳосил бўлади.



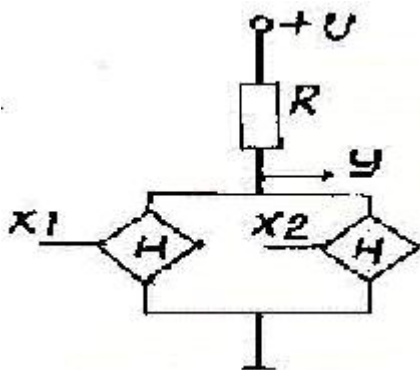
X1	X2	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Ҳамма кириш йўлларига ю=ори потенциал («1») уланган ҳолда, занжирни 1-2 =исми узлуксиз ҳолда бўлади ва чи=иш йўлида «0» пайдо бўлади. Биронта кириш йўлида «0» пайдо бўлса, занжирни 1-2 =исми узилган бўлиб, чи=иш йўлида ю=ори потенциал («1») пайдо бўлади.

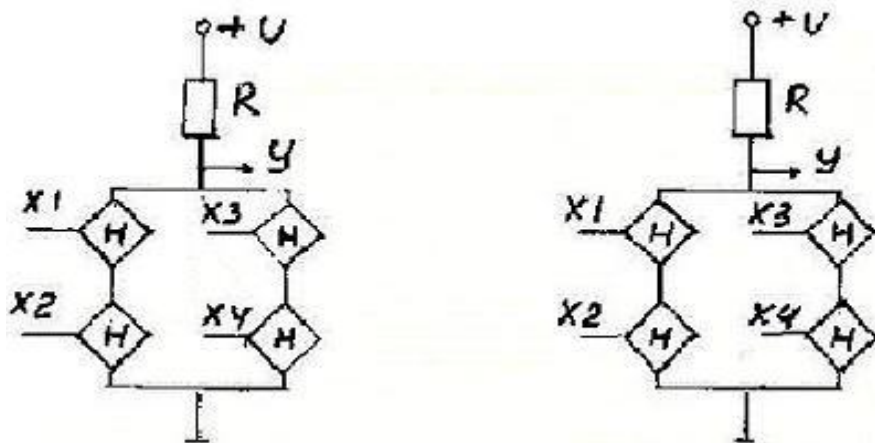
$$y = x1 \cdot x2 = x1 \& x2$$

Яъни транзистор калитлари кетма-кет уланганда Шеффер функцияси амалга оширилади.

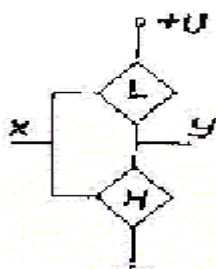
2) Бир неча электрон калитли параллел уланса, бу ҳолда чи=иш йўлида ю=ори потенциал фа=ат ҳамма чи=иш йўларида =уйи (паст) потенциал мавжудлигидагина пайдо бўлади:



X1	X2	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

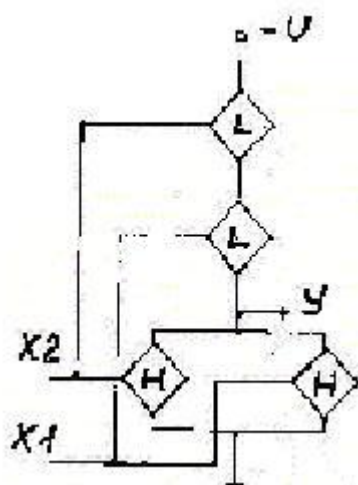


Битта схемада икки турдаги транзистор калитларини ҳам ишлатиш мумкин. Масалан:



Бу схема киришдаги хабарни инкорини аани=лайди, ьни инвертор. Дарха=и=ат кириш ххабар «0» паст ылса, тепадаги калит узлуксиз хҳолатда былиб, ю=ори потенциал чи=иш ййылида пайдо былади. Агар кириш абари «1» ббылса, тепадаги калит узилган холатда ылиб, ччи=иш йылида паст потенциал «0» мавжуд.

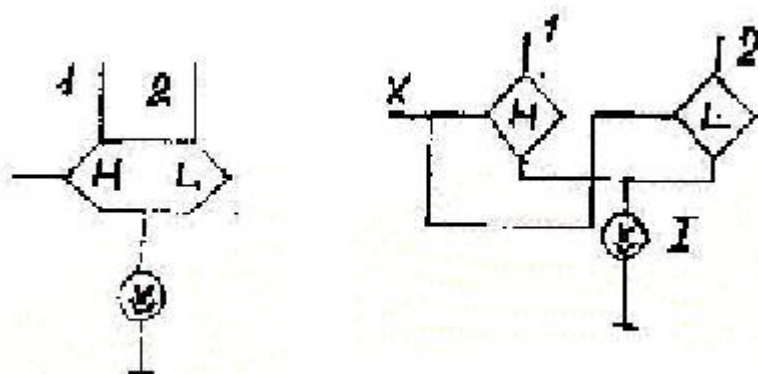
Схемани ишлаш жадвали =уйидагича мураккабро= схемаларда ҳам икки турдаги калитларни ишлатиш мумкин. Масалан:



X1	X2	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

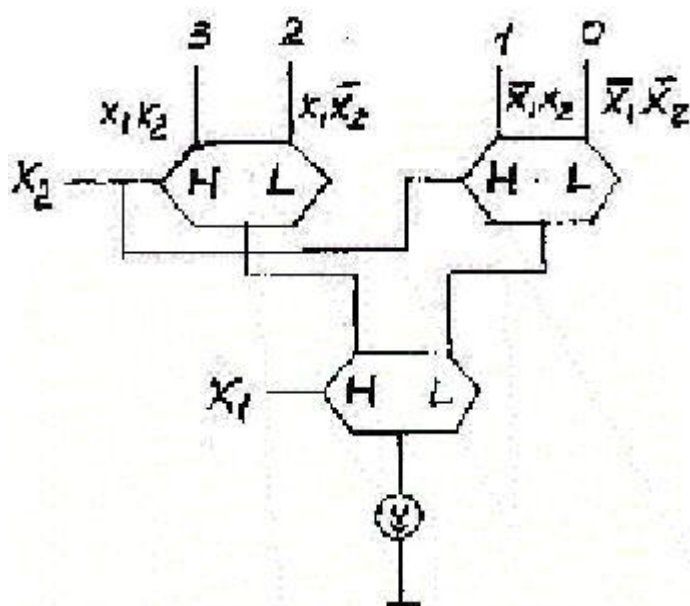
Электрон калитларни турлича улаб хар =андай манти=ий функцияни ҳам назарий ну=тадан амалга ошириш мумкин.

Электрон калитлардан таш=ари, манти=ий функцияни амалга оширишда, бош=а схемалар хам ишлатилади. Масалан: *ток ызгартгичлари*.



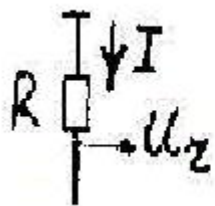
Кириш йбылига уланган бош=ариш хабарни =ийматига =араб ток 1 занжир ёки 2 занжир ор=али ытади.

Шундай ток узгартгичларни бир-бирига кетма-кет уласа, кып по\онали ток ызгартгичи хосил былади. Масалан:

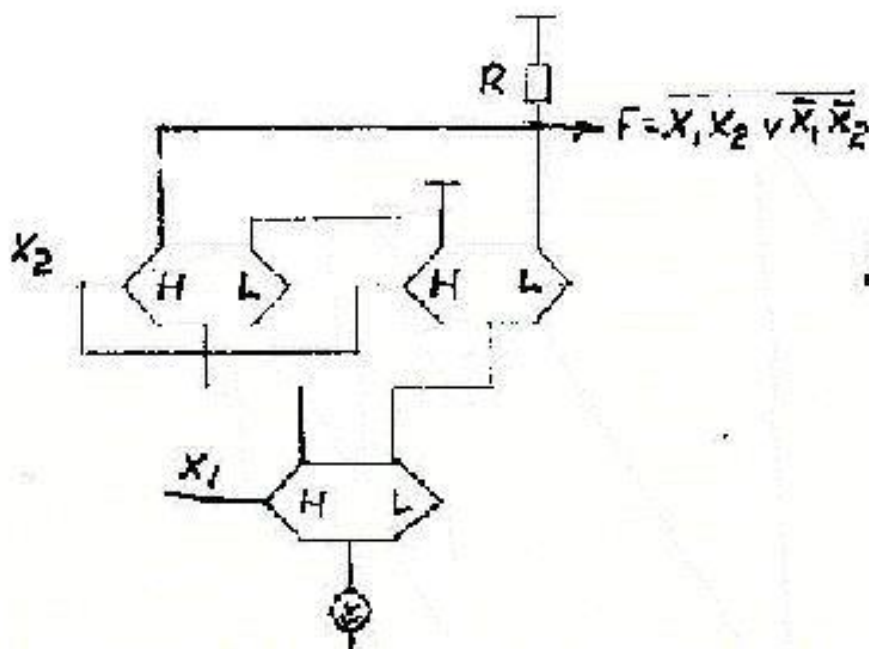


Бу схемада кириш хабарлари 00 былса, ток 0 чи=иш занжирда пайдо былади, 01 былса-1 чи=иш йбылида ва х.

Агар чи=иш йбылидаги кучланишни юкланиш =аршилигидан ылчаб олинадиган былса, у ҳолда шу занжирда ток йуклиги ю=ори потенциални ($I^1=0$ в), ток борлиги эса паст потенциални ($U^0=-IR$) хосил =илади. Шундай =илиб, чи=иш хабари ток ўтувчи йыл конъюнкциясининг инкорига тенг былади.



Юкланиш =аршилигига бир ва=тда бир неча занжир уланган былса, биронтасидан ток ытган холатда, чи=иш йылида U^0 пайдо былади. Натижада чи=иш хабари дизъюнктив нормал шаклининг инкорига тенг былади. Шундай =илиб *кып по\онали ток ызгартгичлари* ёрдамида ҳар =андай манти=ий функцияни амалга ошириш мумкин. Масалан:



X1	X2	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

$$F=(X_1X_2)=X_1X_2 \vee X_1X_2$$

$$F=(X_1X_2)=X_1X_2 \vee X_1X_2$$

$$F=(X_1X_2)=F=(X_1X_2)=X_1X_2 \vee X_1X_2$$

Амалда 1,2 даражали ИМС по\оналар сони 3 ошмаслиги керак чунки схема анча мураккаблашади, ва бу ыз навбатида электр параметрларига таъсир кырсатиши мумкин.

Қисқача хулосалар

Маълумки, ШК таркибига арифметик–манти=ий =урилма хам киради. Бу

=урилма ШК бажариши лозим былган барча арифметик ва манти=ий амалларни бажаради.

Бу мавзуда асосий манти=ий элементлардан конъюнктор, дизъюнктор, инверторларнинг белгиланиши, ишлаш (холоат) жадвали, ва=т диаграммаси келтирилган, шамда универсал манти=ий элементлардан Шеффер (И-НЕ), Пирс (ИЛИ-НЕ) элементлари т\рисида шам маълумотлар берилган.

Булардан таш=ари, ра=амли схемаларда ишлатиладиган электрон калитлардан диод ва транзистор калитлари, уларнинг кетма-кет ва параллел уланиши мисоллар билан тушунтириб берилган.

Электрон калитлардан таш=ари, манти=ий функцияларни амалга ошириш учун ток ызгартгичлари шам ишлатилади, уларнинг кетма-кет уланиши мисоллар билан ёритиб берилган.

Таянч сўзлар

Конъюнктор, дизъюнктор, инвертор, Ҳолоат жадвали, ва=т диаграммаси, Шеффер элементи, Пирс элементи, электрон калит, диод калити, транзистор калити, ю=ори потенциал, паст потенциал, ток ызгарттиргичлари, кып по\онали ток ызгарттиргичлари, по\оналар сони.

Назорат учун саволлар

1. Асосий манти=ий элементларга нималар киради?
2. Универсал манти=ий элементларга нималар киради?
3. Конъюнктор элементини таърифлаб беринг.
4. Дизъюнктор элементини таърифлаб беринг.
5. Инвертор элементини таърифлаб беринг.
6. Шеффер элементини таърифлаб беринг.
7. Пирс элементини таърифлаб беринг.
8. Базалари ва элементлари бирлаштирилган диод схемаси =андай ишлайди?
9. Электрон калитларни кетма-кет ва параллел уланишини таърифлаб беринг.
10. Ток ызгарттиргичлари =андай амални бажарадилар?
11. Кып по\онали ток ызгарттиргичи =андай Ҳосил =илинади ва ишлайди?
12. Ю=ори ва паст потенциалнинг маъносини тушунтириб беринг.

Фойдаланилган дабиётлар:

7. Схемотехника ЭВМ: Учебник для вузов. /Под ред. Г.Н. Соловьёва.- М.: Высшая школа, 1985.
8. Угрюмов Е.П. Проектирование элементов и узлов ЭВМ. - М.: Высшая школа, 1987.

9. Преснухин Л.Н., Воробьёв Н.В., Шишкевич А.А. Расчёты элементов цифровых устройств. - М. Высшая школа, 1981.
10. Микропроцессоры: в 3-х томах. Учебник для вузов. /Под.ред. Преснухина А.А. -М. Высшая школа, 1986.
11. /аниев С.К. ЭХМ ва системалари.-Т.: , **Ўқитувчи**,1990 й.
12. Алексеенко А.Г. Основы микросхемотехники. / 3-е издание. М.: ЮНИМЕДИАСТАЙЛ, 2002, 448 стр.
- 10.** Гутников С.М. Интегральные схемы в измерительной технике, Л., 1988.
11. Угрюмов Е.П. Проектирование элементов и узлов ЭВМ. М., Высшая школа, 1987
12. Мостицкий Ш. Л. Англо-русский словарь по современной электротехнике и программированию: Компьютеры, интернет, телекоммуникации, аудио, видео, теле и радиотехника и пр. Около 19000 терминов (более 12700 слов). М.:, 2004, - 784 стр.

**9-боб . Элементларнинг потенциал тизимлари.
Диод-транзисторли схемалар.**

- 9.1. Бевосита уланган транзистор схемалари.
- 9.2. Диод- транзисторли схемалар.
- 9.3. Транзистор-транзисторли схемалар.
- 9.4. Элементларнинг потенциал тизимлари. Эмиттерлари боғланган транзистор схемалари.
- 9.5. Инжекцион таъминотли интеграл схемалар.

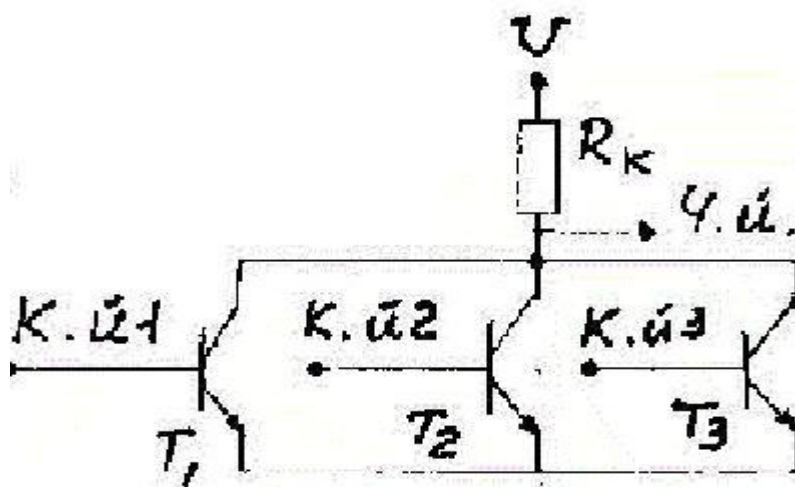
9.1. Бевосита уланган транзистор схемалари (БУТС)

Замонавий ЭХМ элементлари орасида биполяр ярим ытказгичли асбоб асосида тузилган элементлар жуда кенг тарқалган бўлиб, бу элементлар потенциал элементлар тизимларига мансуб. Бу элементларда кириш ва чиқиш йўллари орасидаги боғланиш ызгармас ток ёрдамида бўлиб, бундай элементлар асинхрон режимида ишлаши мумкин.

Бундай схемалар бир нечта типик асосий схемалар ёрдамида амалга оширилади.

Бундай схемаларнинг афзалликлари:

- соддалиги;
- кам қувват истеъмол қилиши;
- юқори тезкорлиги.

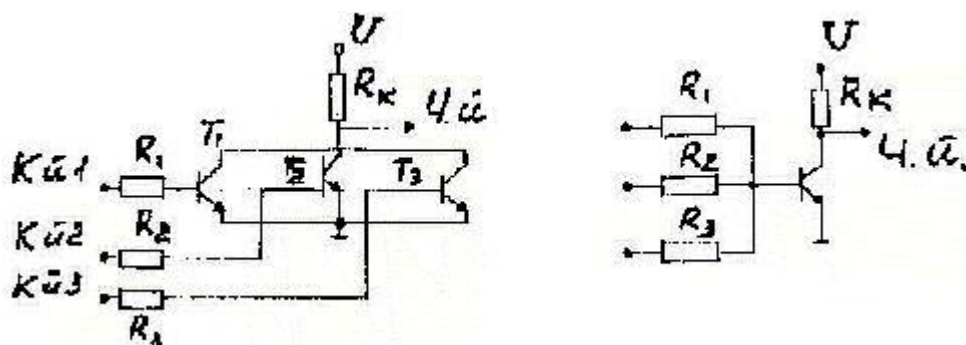


142-расм. Бевосита уланган транзистор схемаси

Камчилиги: схеманинг ишлаш параметрларига транзисторнинг чиқиш характеристикалари катта таъсир қилиши, яъни схема таъри ишлаши учун ҳамма транзисторлар 100% бир хил бўлиши керак.

Бундан ташқари бу схемаларнинг юқланиш қобилияти кам бўлиб ($n < 4$), халаит берувчи хабарларига бардошлиги паст. Шунинг учун бундай схемалар кенг тарқалмаган.

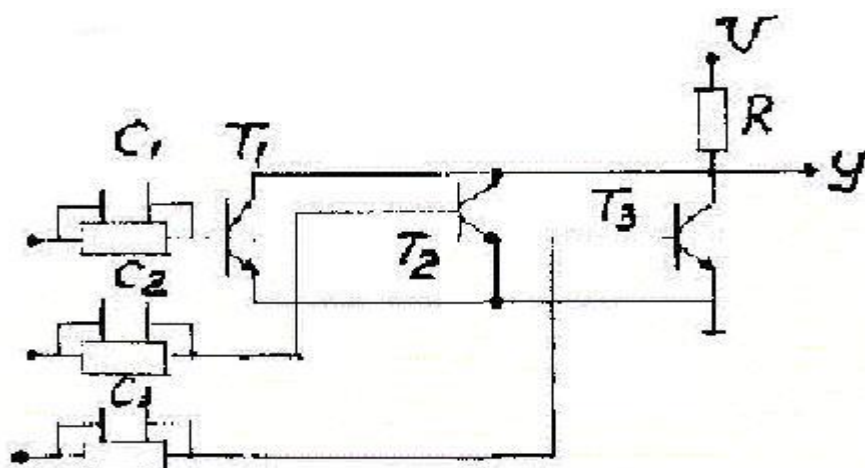
Схемаларнинг бардошлилигини ошириш ниятида резисторлар орқали уланган транзистор схемалари ишлаб чиқилди.



143-расм. Резисторлар ортали уланган транзистор схемаси

Резисторли транзистор схемалари икки турда булиши мумкин (РТС1, РТС2). Бу схемаларда транзисторнинг базасига резисторни уланиши схемаси иш кириш токи I_k камайтиради, ва шу билан бирга схеманинг бардошлигини оширади, юкланиш ω обилияти хам ошади ($n=4$), лекин шу билан бирга схеманинг тезкорлиги БУТС га нисбатан камаяди. РТС1 фа ω ат Пирс функциясини (ИЛИ-НЕ) амалга оширса, РТС2 параметрларга ω араб, ИЛИ-НЕ, И-НЕ функцияларини амалга ошириш мумкин (113,114, 115, 201, 205. 564). РТС схемаларнинг тезкорлигини ошириш учун база ω аршилигига параллел холда конденсатор уланиш мумкин. Бундай схема резистор-конденсаторли транзистор схема шаклини олган ($t_k=10-15$). Лекин конденсаторлар катта майдон эгаллаш натижасида бундай схемалар хам кенг тар ω алмайди (204,206 - сериялар).

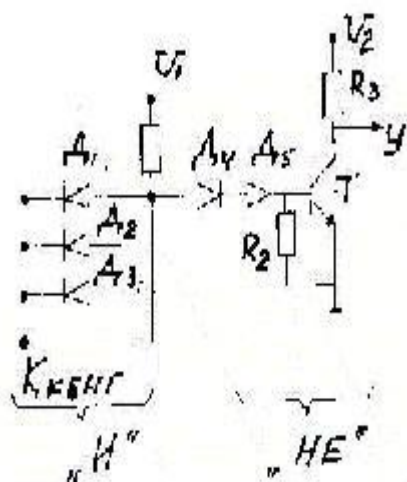
Кыриб чи ω илган схеманинг камчиликлари уларнинг камдан кам ишлатилишига олиб келади. Кып камчиликларни, шу ω аторда паст тезкорлик ва паст бардошликни кириш схемаларда диодларни ишлатиб камайтириш мумкин.



144-расм. Резисторли транзистор схема

9.2. Диод- транзисторли схемалар

Оддий инверторли ДТС схемасининг кыриниши =уйидагича:

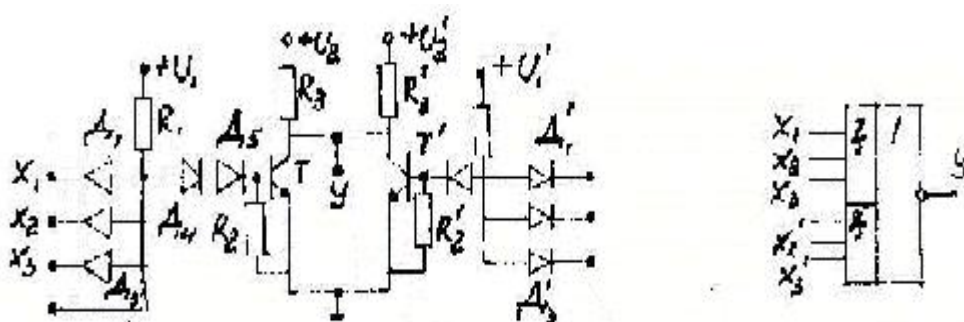


Схемада $k_{\text{бир}}$ кириш диодлари $D_1 D_2 D_3$ R_1 =аршилиги билан биргаликда манти=ий кыпайти-риш амалини бажаради (мусбат кодлаш усули учун). D_4, D_5 ди-одлари кириш йылларидаги кучланиш транзистор холатини ызгартиришга таъсир =илмаслиги учун уланган бўлиб, схеманинг бардошлигини оширади. Чи-=ишдаги Т транзисторда амалга оширилган оддий инвертор хабарнинг инкорини стандарт кыринишда мавжуд =илади.

ДТС манти=ий Шеффер функцияни (И-НЕ) амалга оширади.

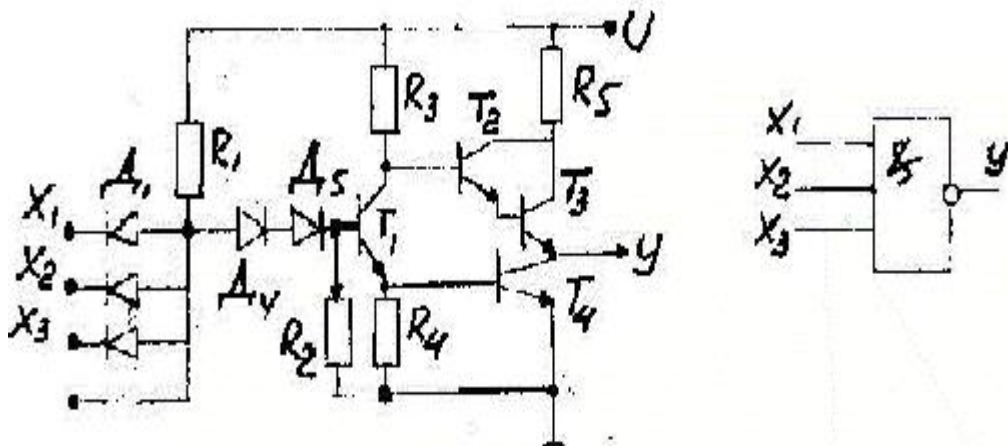
Конъюнктор ва инвертор схемаси бош=а- бош=а =исмларда амалга оширилиши учун, схеманинг кириш йыллари сонини кыпайтириш мумкин. Бунинг учун =ышимча кенгайтириш кириш йыли ($K_{\text{кент}}$) мавжуд.

Оддий инверторли ДТСда «ИЛИ» функциянинг осон йыл билан амалга ошириш мумкин. Бунинг учун иккита «И-НЕ» функциясини амалга оширувчи схеманинг чи=иш йыллари бевосита уланса ёки икки схеманинг чи=иш йыллари битта R_k ва кучланиш манбаига уланса шунинг ызи кифоя.



Чи=иш йылида ДТС мураккаб инвертор уланган холда бундай схемаларни чи=иш йылларини бевосита улаш мумкин эмас.

Одатда ДТС асос схемасида (база схемасида) мураккаб инвертор уланган былади. Бу тадбир схеманинг юкланиш =обилиятини ($n > 20$) кыпайтириб истеъмол =увватини камайтиришга олиб келади.



Мураккаб инвертор фазабулвчи каскад (R_3, T_1, R_4) ва чи=иш кучайтиргичидан (R_5, T_2, T_3) иборат.

Шундай =илиб, ДТС элементлари РТС схемаларига =араганда =уйидаги афзалликлари билан ажралиб туради:

- тезкорлиги ю=ориро=;
- бардошлиги ошган;
- мураккаб инверторли ДТС да юкланиш =обилияти ошган;
- истеъмол =уввати камайган.

ДТС (ДТЛ) схемалари одатда планар-эпитоксиал технология быйича ишлаб чи=ариладиган ИМС ишлатилади. Бу асосан 104, 109, 121, 194 ва 217 интеграл микросхемаларининг сериялари.

Кыриб чи=илган потенциал элементлар системалари ИМС ривожини бошида ишлаб чи=илган былиб, унча кенг тар=алмаган ИМС. Ҳозирги замонда кыпро= ТТС (ТТЛ), ЭБТС (ЭСЛ), М²С (И²Л) ИМС потенциал системалари ишлаб чи=илади.

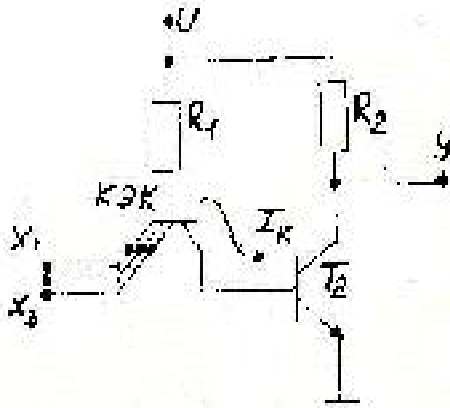
9.3. Транзистор- транзисторли схемалар (ТТЛ)

Транзистор-транзисторли схемалар ДТСнинг ривожланиш натижасида пайдо былган кенг тар=алган ИМС. Бу схемаларда кып эмиттерли транзистор ишлатилган былиб, у ДТСдаги диодлар вазифасини бажаради.

Оддий инверторли ТТЛ схемаси.

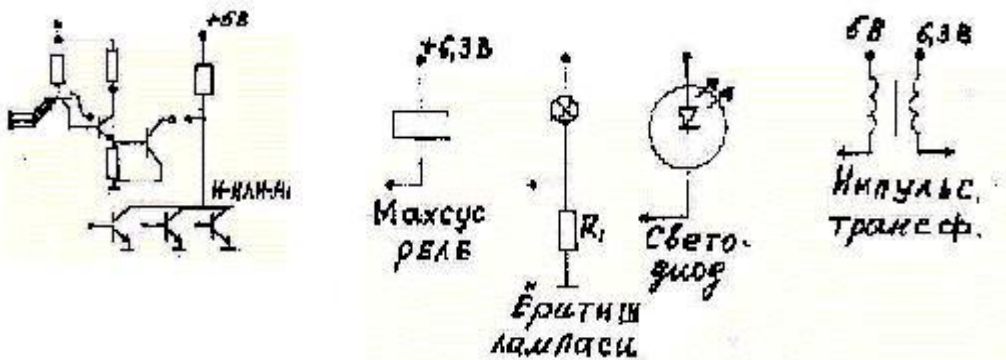
КЭТ - бу умумий коллектор ва базага эга былган бир неча транзистор структуралари (=урил-малари) былиб, улар ызаро фа=ат асосий заррачалар ор=али муносабатда былади.

Агар КЭТ хамма кириш йыл-ларига «1»



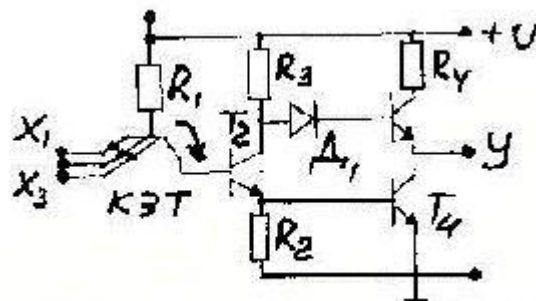
Агар биронта кириш йилига паст сатхдаги кучланиш уланган былса $U_{\text{кир}}^0$, у ҳолда КЭТ база токи R^1 ор=али шу кириш йилига ытиб кетади. Транзистор T_2 базасига мусбат потенциал (ток) келмагач, транзистор T_2 ёпи= холатда =олади ва натижада чи=иш йылда $U_{\text{чи}}^1$ ю=ори потенциал шаклланган былади. Яъни бу схема Шеффер функциясини амалга оширади («И-НЕ»), «И» функциясини КЭТ амалга оширса, чи=ишдаги транзистор T_2 инвертор вазифасини бажаради.

Оддий инверторли ТТС схемаларининг бардошлиги (чидамлиги) унча ю=ори былмаслиги ва юкланиш =обилияти паст былганлиги сабабли, схемалар индикация элементларини улаш учун мылжалланган очи= коллекторли схема вазифасини бажаради ва унча кенг тар=алмаган.



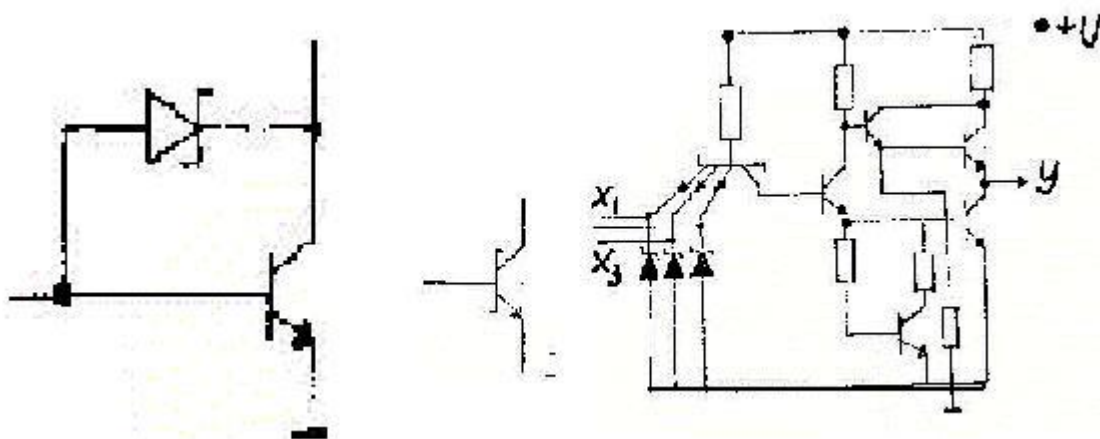
145-расм. Очи= коллекторли ТТЛ-схемани ишлатиш вариантлари

Кенг тар=алган ТТСнинг асосий схемасида мураккаб инвертор ишлатади. Бундай инверторнинг ишлатилиши схеманинг тезкорлигини, бардошлигини, юкланиш =обилиятини оширишга олиб келади.



146-расм. Мураккаб инверторли ТТЛ схемаси

ТТЛларнинг тезкорлиги янада ошиши маъсадида ТТЛШ, яъни Шоттки диоди ишлатиладиган транзистор-транзисторли схемалар ишлаб чиқилган. Бундай схемаларда ҳамма транзисторлар ўрнига Шоттки транзисторлари, яъни Шоттки диоди ишлатилган транзисторлар қўлланилади. Бу транзисторлар тўйинмаган ҳолатда ишлаганлиги учун схеманинг тезкорлиги анча ошади.



147-расм. Шоттки диоди ишлатиладиган транзистор-транзисторли схемалар 133, К155 - стандарт ТТЛ(ТТС) сериялари.

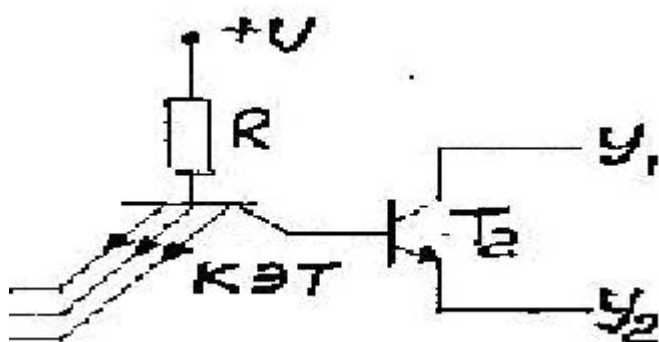
130, К131 - юқори тезкорлиги эга ТТЛ

134 - кам қувват истеъмол қилувчи ТТЛ серияси

530, К531- ТТЛШ

К555 - кам қувват истеъмол қилувчи ТТЛШ

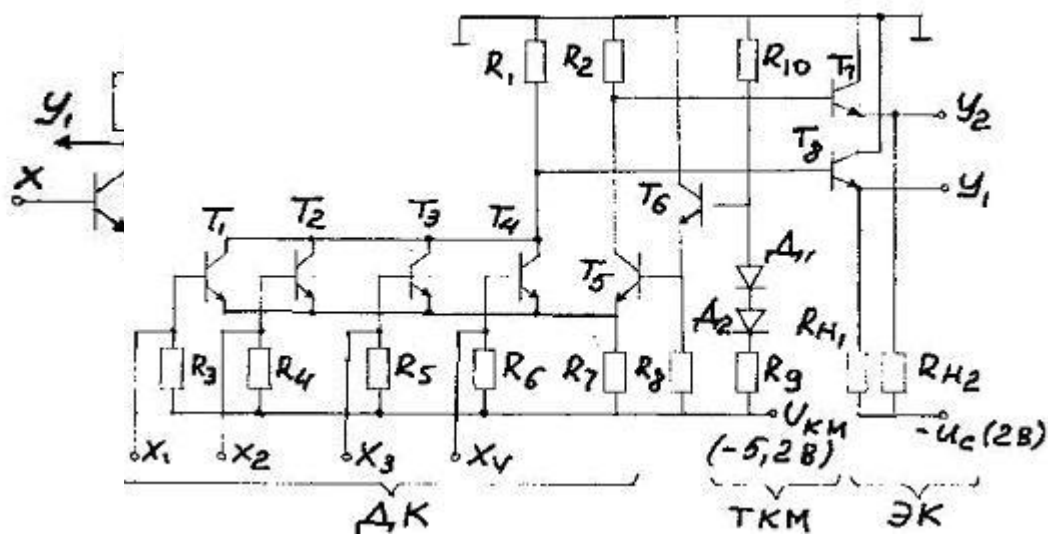
ДТЛ схемалари каби ТТЛ элементларни мантиқий имкониятга ошириш учун кенгайтиргичлар ишлатилади.



9.4. Элементларнинг потенциал тизимлари. Эмиттерлари боғланган транзистор схемалари

Замонавий ИМС орасида энг ю=орига тезкорликка эга былганлари эмиттерлари бо\ланган транзисторлар схемалари (ЭСЛ-ЭБТС) ҳисобланади. Бу схемани асосий =исми транзисторлар тыйинмаган ҳолатда ишловчи ток ызгартгичдир.

Схеманинг ишлашини тушуниш учун =уйидаги соддалаштирилган схемани кыриб чи=амиз.



149-расм. Эмиттерлари боғланган транзистор схемаси

ЭСТ асосий схемаси учта =исмдан иборат:

- киришдаги дифференциал кучайтиргич (ДК);
- таянч кучланиш манбаи (ТКМ);
- чи=иш йылларидаги эмиттер =айтаргичлар (Э+);

Дифференциал кучайтиргич T_1-T_5 транзисторларида тузилган былиб, эмиттер токи I_e ёки базага таянч кучланиш (-2.9 В) уланган транзистор T_7 ор=али (у холда X_1-X_4 манфий кучланиш мавжуд) ёки T_1-T_4 агар уланиш базасидаги кучланиш $>U_T = -2.9$ В махсус ($T_7, T_1, T_2, R_8, R_9, R_{10}$) схема ёрдамида барпо этилади.

1-чи=иш йылидаги хабар кириш хабарларига =арама- =арши былса, 2-чи=иш йылидаги хабар кириш хабарларини =айтаради.

Чи=иш йылларидаги эмиттер =айтаргичлар схеманинг ишлашига манти=ий таъсир =илмайди, фа=ат схеманинг юкланиш =обилиятини оширади ($n \geq 15$).

$$U_k^1 = -0,81 \text{ В}, \quad U_q^0 = -1,65 \text{ В}$$

$$U_k^0 = -1,85 \text{ В}, \quad U_q^1 = -0,96 \text{ В}$$

Эммиттерлари боʻланган транзисторли мантий элементларни *афзалликлари*:

- яримытказгичли схемалар орасида энг ю=ори тезкорлиги;
- мантий имкониятлари кыпро=, чунки 2 та арама-арши чи=иш йылларида мавжуд;
- истеъмол токининг доимий =иймати;
- ю=ори юкланиш =обилияти;
- динамик параметрларининг ю=ори тур\унлиги.

Камчиликлари:

- схемотехник томондан мураккаблиги;
- кып =увват истеъмол =илиши.

9.5. Инжекцион таъминотли интеграл схемалар

Инжекцион таъминотли интеграл схемалар, интеграл инжекцион схемалар (ИИС, И²С, ИЛИ, И²Л) бевосита уланган транзисторлар ривожланиши жараёнида пайдо былган, бош=а потенциал элементлар тизимларидан бир мунча фар=ланади.

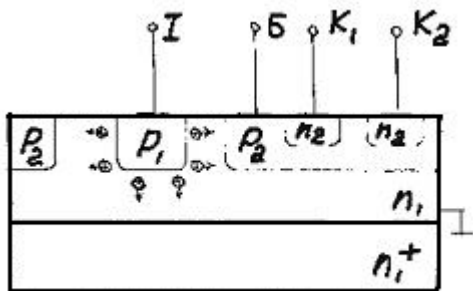
Бу схемаларда ярим ытказгичли кристалларда катта майдон эгаллайдиган резисторлар ишлатилмайди.

Доимо ишлатиладиган транзисторли таъминот занжирини ырнига инжекцион таъминот усули ишлатилади.

Функционал маънода хар хил транзисторни =исмлари бирлаштирилган, яъни битта n-типтаги майдон p-n-p ва n-p-n турдаги иккита транзисторда бир ва=тда ишлатилади.

Схемаларда элементлар сони ва уларни ызаро боʻли=ликлари кам.

Юқорида кўрсатилган *ИИС фар=лари* уларни компактлигига (ихчамлигига), яъни кам хажмни эгаллашларига олиб келади. Ундан таш=ари схемаларнинг тезкорлиги хам анча ю=ори. Натижада бундай схемалар фа=ат катта ва жуда катта ИМС тар=алган былиб, интеграция даражаси пастро= ИМС ларда ишлатилмайди.



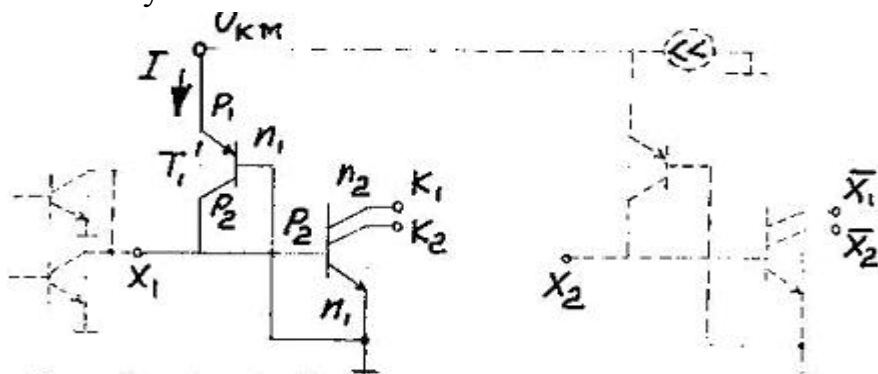
150-расм. Инженцион таъминотли интеграл схема

$p_1-n_1-p_2$ – гори-зонтал p-n-p турдаги транзисторни хосил =илади.

$n_2-p_2-p_1$ – верти-кал n-p-n турдаги транзисторни хосил =илади.

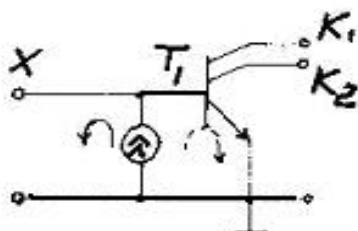
↑аршилиги кам былган n_1 майдон n_1 майдонни =ар-шилигини камайтириш учун ишлатилади.

n_1 майдон бир ва=тнинг ызида горизонтал транзисторнинг база вазифасини ва вертикал транзисторнинг эмиттер вазифасини бажаради. p_2 майдони эса коллектор ва база вазифасини иккита транзисторда бир ва=тда бажаради. P_1 майдонига ток I улангандан сынг p_1-n_1 ытиши ты\ри йыналишда сурилади ва мусбат заррачалар (тешикчалар) n_1 майдонга тар=алади (инжекция =илинади). Уларнинг асосий =исми p_2 майдонига етиб бориб, шу ерда йи\илади. Вертикал транзисторларда бир неча коллектор былиб, ишлаш быйича улар тескари уланган кып эмиттерли транзисторларга мос келади. Шу структурага мос келувчи электрон схемани (схема замещения) кыринишини =уйидагича тасаввур =илиш мумкин.



151-расм. Тескари уланган кып эмиттерли транзисторли схема

Горизонтал $p_1-n_1-p_2$ транзистор инжекцион ток манбаи вазифасини бажаради. Шунинг учун бу электрон схемани янада соддаро= =илиб кырса тиш мумкин.

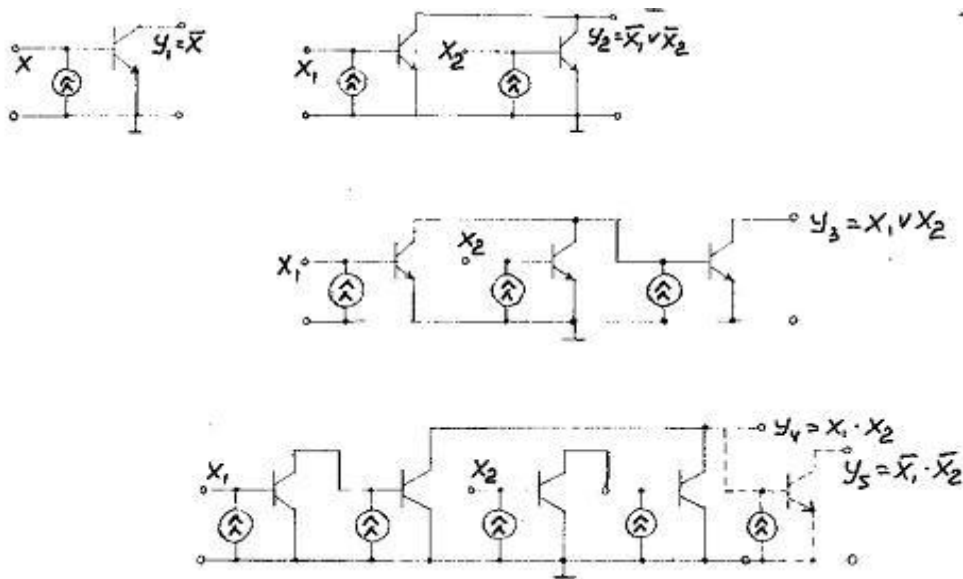


152-расм. Соддалаштирилган схема

Бу схемада горизонтал транзистор ток манбаи кыриниши вертикал транзистор эса очи= коллекторли транзистор калити кыринишда берилган.

Агар кириш йылини бевосита улаб =ыйса (x_1 -«1»), ток I транзисторнинг базасига келиб, транзисторни очади ва шу билан бирга транзистор калитини узликсиз ҳолатга келтиради (к.з-«0»). Бу ҳолат манти=ий «0» га мос.

Шундай калитларни параллел бир нечтаси уланса Пирс схемаси функцияси амалга оширилади. Дизъюнкцияни амалга ошириш учун чи=иш йылига =ышимча инвертор уланиши керак.



153-расм. Қышимча инвертор уланган схемалар

И²Л схемаларини афзалликлари: кам =увват истеъмол =илиш (0,1-мВт), ю=ори тезкорлик (1МГц), ю=ори интеграция даражаси. *Камчиликлари:* паст бардошлилиги, бош=а элементлар билан бевосита уланиш мумкин эмас.

Қисқача хулосалар

Замонавий ШК элементлари орасида потенциал характерли тизимлар кып ишлатилади. Бундай тизимлар бир нечта асосий схемалар ёрдамида амалга оширилади. Бу схемалар =аторига бевосита уланган транзистор схемалари (БУТС), резисторлар ор=али уланган транзистор схемалари (РТС), диод- транзисторли схемалар (ДТС), транзистор–транзисторли схемалар (ТТЛ), элементлари бо\ланган транзистор схемалари (ЭБТС), интеграл инжекцион схемалари (ИИС, И²С, ИЛИ, И²Л) кирадилар.

Бу элементларнинг хаммаси электр схемалар билан тушунтириб берилган, шамда хар бир схеманинг =амчилиги ва афзалликлари шам ани= кырсаиб берилган.

Таянч сўзлар

Потенциал элементлар, асинхрон режим, схеманинг юкланиш =обиляти ва бардошлиги, оддий инверторли ТТС–схемаси, очи= коллекторли ТТЛ-схемаси, мураккаб инверторли ТТЛ схемаси, интеграл интеграл инжекцион схемалар, инжекцион таъминотли интеграл схемалар, р-п-р турдаги транзисторлар, п-р-п турдаги транзисторлар.

Назорат учун саволлар:

1. Элементларнинг потенциал тизимларини =андай схемалар ташкил этадилар?
2. Бевосита уланган транзистор схемаларининг (БУТС) афзаллиги ва камчилиги нимада?
3. Резистор ор=али уланган транзистор схемаларининг камчилиги нимада?
4. Диод-транзисторли схемаларининг афзаллиги ва камчилиги нимада?
5. Транзистор-транзисторли схеманинг ишлаши нимага асосланади
6. Мураккаб инверторли ТТЛ схемаси =андай ишлайди ?
7. Эмиттерлари бо\ланган транзистор схемасининг афзалликлари ва камчиликларини айтиб беринг.
8. Инжекцион таъминотли интеграл схемалар бош=а потенциал элементлар тизимларидан =андай фар=ланади ?
9. Инжекцион таъминотли интеграл схемаларнинг ишлаш принципи нимага асосланган ?
10. Горизонтал р-п-р турдаги ва вертикал п-р-п турдаги транзисторлар =андай вазифаларни бажаради?

Фойдаланилган адабиётлар

13. Схемотехника ЭВМ: Учебник для вузов. /Под ред. Г.Н. Соловьёва.- М.: Высшая школа, 1985.
14. Угрюмов Е.П. Проектирование элементов и узлов ЭВМ. - М.: Высшая школа, 1987.
15. Преснухин Л.Н., Воробьёв Н.В., Шишкевич А.А. Расчёты элементов цифровых устройств. - М.: Высшая школа, 1981.
16. Микропроцессоры: в 3-х томах. Учебник для вузов. /Под.ред. Преснухина А.А. -М. Высшая школа, 1986г.
17. /аниев С.К. ЭХМ ва системалари.-Т.: ,СЕҚитувчи,1990.
18. Алексеенко А.Г. Основы микросхемотехники. / 3-е издание. М.: ЮНИМЕДИАСТАЙЛ, 2002, 448 стр.

13. Гутников С.М. Интегральные схемы в измерительной технике, Л., 1988
14. Угрюмов Е.П. Проектирование элементов и узлов ЭВМ. М.: Высшая школа, 1987.
15. Мостицкий Ш. Л. Англо-русский словарь по современной электротехнике и программированию: Компьютеры, интернет, телекоммуникации, аудио, видео, теле и радиотехника и пр.: Около 19000 терминов (более 12700 слов). М.: 2004, - 784 стр.

10-боб. Триггерлар схематехникаси

10.1. Триггерлар

10.2. RS-триггер

10.3. Асинхрон ва синхрон триггерларни синтезлаш ва асинхрон RS-триггернинг схемасини тузиш

10.4. Асинхрон JK-триггернинг синтези

10.1. Триггерлар

Триггер- иккита тур\ун мувозанат холатига эга былган =урилма былиб, иккилик сано= системасида ифодаланган информацияни ишлаш, хотирлаш учун мылжалланган. Триггерлар - актив хотира элементи былиб, унда манти=ий ызгарувчини ифодалаш учун иккита кучланиш сатхи ишлатилади.

Умумий ҳолда триггер хотирловчи элемент (триггернинг ызи) ҳамда бош=ариш схемаси бирикмасидан иборат бўлиб, бир неча манти=ий элементларни ыз ичига олиш мумкин.

Кодлаш принципи быйича триггерлар икки кенг гуруҳга - статик ва динамик триггерларга былинади:

- 1) статик триггерларда схема тур\ун ҳолатларининг хар бир ток кучининг ва кучланиш сатхларининг тафовути билан характерланса;
- 2) динамик триггерларда схема ҳолатилари маълум амплитудага давомийликка эга былган чи=иш йыли импульслари борлиги ёки йы=лиги билан характерланади.

Информацияни киритиш (ёзиш) усули быйича триггерлар асинхрон ва синхрон (тактланувчи) триггерларга былинади.

- Асинхрон триггерларда ҳар =андай ва=тда кириш йылидаги ахборот хабарлар триггернинг тегишли («1» ёки «0») ҳолатини бир маънода ани=лайди, Яъни кириш йылидаги ахборотнинг ызгариши триггер ҳолатини дархол (ытиш жараёни тугаши билан) ызгаришига олиб келади.

- Синхрон (тактловчи) триггерлар =ышимча кириш йылига эга былиб, бу йылидан синхронловчи (тактловчи) импульслар берилади.

Синхрон триггерларга информация фа=ат навбатдаги синхронимпульс берилиши билан киритилади.

Триггер ҳолатининг ызгаришига синхронимпульснинг =айси =исми сабаб былишига =араб синхронимпульс сатхи ор=али бош=арилувчи ва синхронимпульс фронти ор=али бош=арилувчи триггерларни фар=лайди.

Синхронимпульс сатхи ор=али бош=арилувчи триггерларда ахборот синхронимпульс давомийлиги мобайнида таъсир этади. Мана шунча ва=т ичида ахборот хабарларни ызгариши триггер ҳолатининг ызгаришига олиб келади. Бундай триггерларда синхронимпульс давомийлиги триггернинг бир ҳолатдан иккинчи ҳолатга ытиш ва=тидан кичик былиши шарт.

Синхронимпульс фронти ор=али бош=арилувчи триггерларда уларнинг янги ҳолатига мос чи=иш йыли хабарлари фа=ат синхроимпульснинг олдинги ёки кейинги фронти таъсири давомида пайдо былади. Сатхи ор=али бош=арилувчи триггерлар бир по\онали ва икки по\онали былиши мумкин (MS - триггерлари).

Ишлатиладиган турли синхронимпульслар сонига =араб бир тактли ва кып тактли триггерларни ажратиш мумкин.

Бош=ариш схемаси бажарадиган манти=ий функцияга нисботан интеграл триггернинг кенг тар=алган турлари =уйидагича:

- RS–триггер;
- D–триггер;
- T–триггер;
- DV, TV - триггер
- JK-триггер
- Мураккаб мантиқли триггерлар.

10.2. RS-триггер

Асинхрон RS-триггер деб иккита S ва R информацион кириш йылига эга былган икки тур\ун муВозанат ҳолати =урилмасига айтилади. S триггерни бирлик ҳолатига ытказувчи кириш йыли, R эса, триггернинг тыли= ҳолатига ытказувчи кириш йыли. Асинхрон =уйидагича былади:

Асинхрон RS - триггерининг ытиш жадвали (ишлаш жадвали).

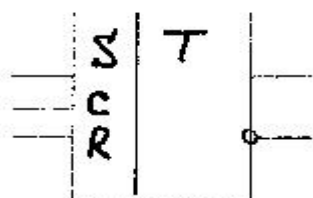
S	R	Q_n	Q_{n+1}
0	0	0	0
0	0	1	1
0	0	0	0
0	0	0	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	x
1	1	1	x

S,R - триггернинг кириш йыллари;
 Q_n - триггернинг олдинги холати;
 Q_n - триггернинг кейинги холати;
 x - ноани=лик шартли белгиси;



154-расм. RS-триггернинг белгиланиши

Иккала кириш йылига бир ва=гда «1» хабарини улаш мумкин эмас. RS триггер синхрон триггер былиши ҳам мумкин.



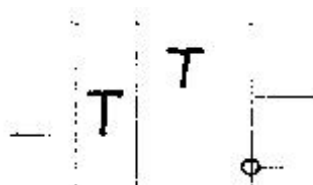
D триггер хабарни =ис=а ва=т (1 тактга) са=лаб туриш триггери.

D	Q_n	Q_{n+1}
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	1



155-расм. D-триггернинг ҳолат жадвали ва белгиланиши

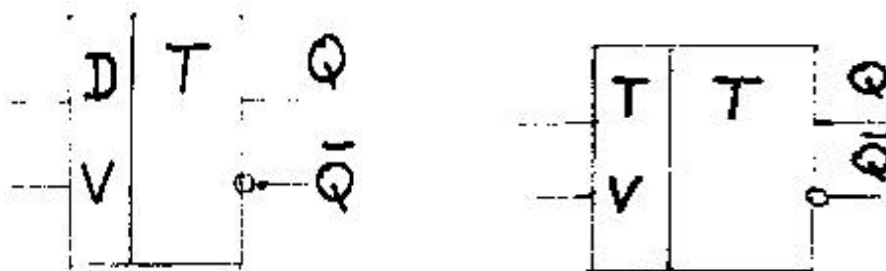
T-триггер - бир хонали санагич. Хар бир хабарга ўз ҳолатини ызгартиради.



T	Q_n	Q_{n+1}
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

156-расм. T- триггернинг ҳолат жадвали ва белгиланиши

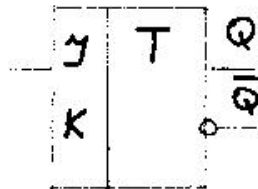
DV, TV триггерларнинг D ва T- триггерларидан фарқи шундан иборатки, уларнинг ишлайди, яъни олдинги ҳолатини сақлаб туради. $V=1$ бўлса, DV триггер D триггер сингари, TV- триггер эса T- триггер сингари ишлайди.



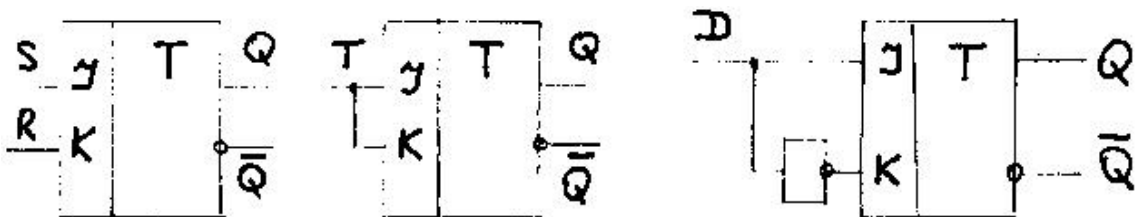
157-расм. DV ва TV триггерларнинг белгиланиши

JK-триггер - универсал триггердир.

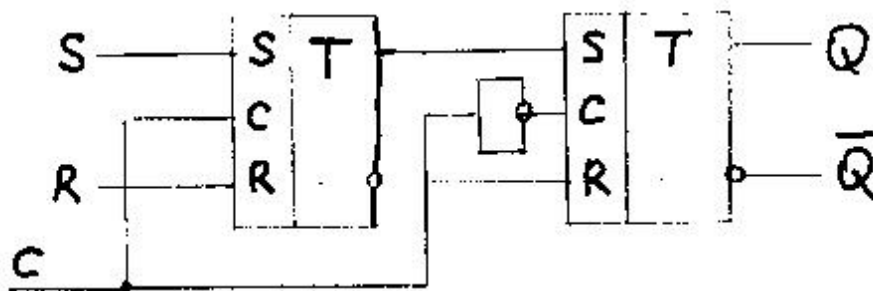
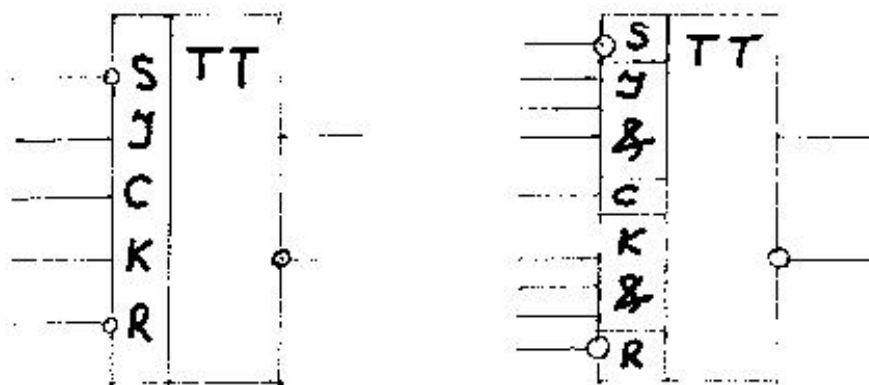
J	K	Q_n	Q_{n+1}
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0



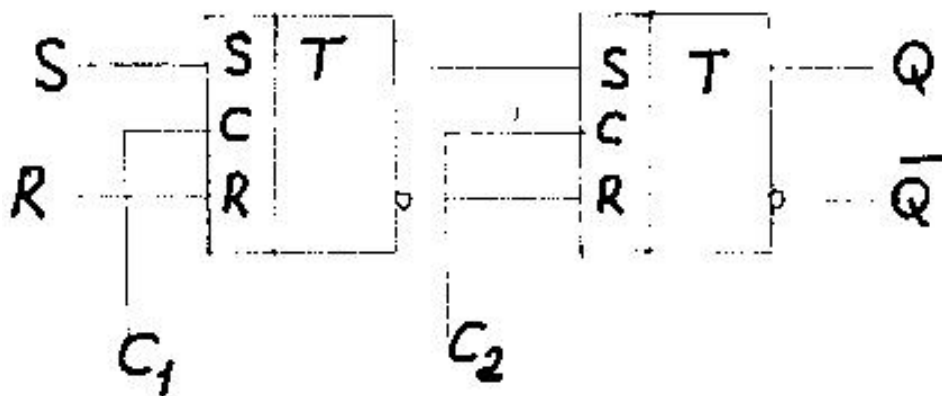
158-расм. JK-триггернинг ҳолат жадвали ва белгиланиши



159-расм. Мураккаб мантиқли триггерлар.



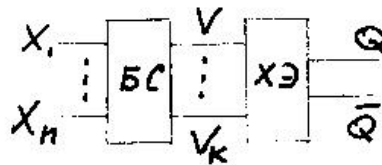
160-расм. Икки по\онали синхрон RS - триггер (MS- триггер).



161-расм. Икки тактли синхрон RS - триггер.

10.3. Асинхрон ва синхрон триггерларни синтезлаш ва асинхрон RS-триггернинг схемасини тузиш

Хар =андай триггерли схема икки =исмдан иборат бўлади: бош=ариш схемасидан ва триггернинг олдинги ҳолатини са=лаш схемасидан.



162-расм. Триггернинг схемаси

X_1 - X_n - триггернинг кириш хабарлари

V_1 - V_k – орали\ функциялар

Q, \bar{Q} - чи=иш хабарлари

Кыпинча хотира элементи сифатида асинхрон RS - триггер ишлатилади. Бош=ариш схемасининг кыриниши триггерни ишлаш принципига бо\ли= былади.

Асинхрон RS-триггер деб иккита S ва R информация кириш йылига эга былган икки тур\ун мувозанат холатли =урилмага айтилади. S триггерни бирлик холатига ўтказувчи кириш йыли, R эса, триггерни тылик\ холатига ўтказувчи кириш йыли. Асинхрон RS-триггерининг ўтиш жадвали =уйидагича былади:

S	R	Q_n	Q_{n+1}
0	0	0	0
0	0	1	1
0	0	0	0
0	0	0	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	X
1	1	1	X

S,R- триггернинг кириш йыллари;

Q_n - триггернинг олдинги ҳолати ;

Q_{n+1} - триггернинг кейинги ҳолати;

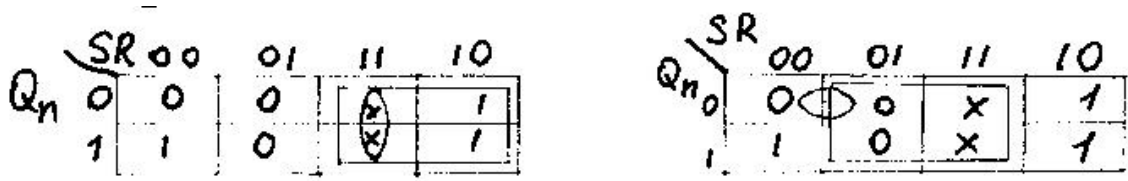
x -ноани=лик шартли белгиси;

n - индекси кириш ёки чи=иш

йылларида хабарларнинг ва=тнинг n-

моментидаги =ийматларини билдиради.

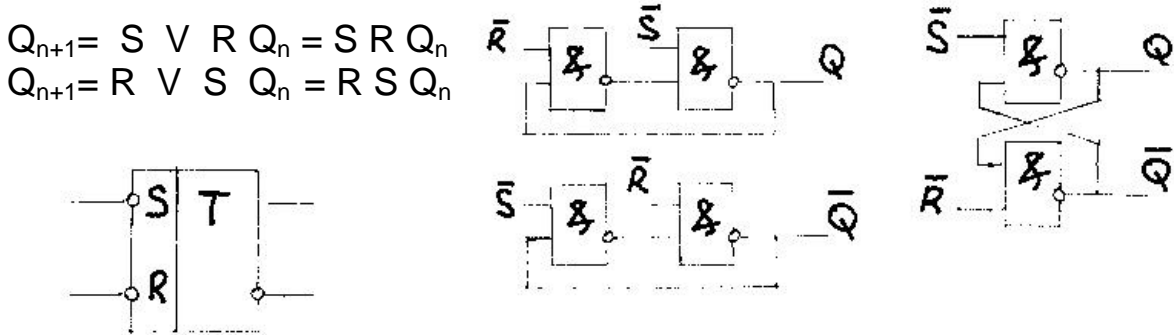
Асинхрон RS-триггернинг иккала кириш йылига бир ва=тда «1» хабарни улаш мумкин эмас, чунки бу ҳолда триггернинг ҳолати ноани= былади. Жадвалда S,R ва Q_n манти=ий ўзгарувчилар былиб Q_{n+1} манти=ий функция былади. Вейч картаси =уйидагича кыринишда былади:



$$Q_{n+1} = S \vee R Q_n$$

$$Q_{n+1} = R \vee S Q_n$$

Агар схемани И-НЕ элементларида тузиш керак бўлса, у ҳолда ифодаларни де-Морган теоремаси асосида ушбу ифодалар асосида схемаларни тузамиз.

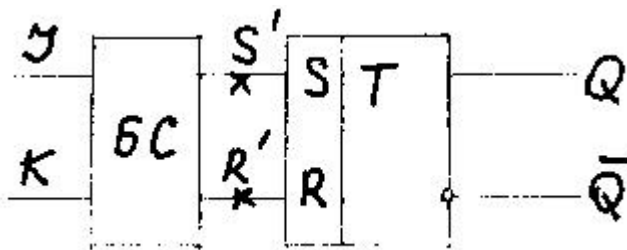


163-расм. И-НЕ элементларида тузилган схемалар

Схемаларни бирлаштирсак, асинхрон RS-триггернинг И-НЕ элементларидаги схемасини ҳосил қиламиз ва унинг шартли белгиланишини кўрсатамиз.

10.4. Асинхрон ЖК-триггернинг синтези

Асинхрон ЖК-триггернинг схемаси асинхрон RS-триггери асосида тузилади. Унинг умумий кўриниши шундай:



J, K - схеманинг кириш хабарлари;

S* R* - оралма функциялар;

Q, Q- триггернинг чиқариш йўлларидаги хабарлар;

S* ва R* - хабарлар бошқарувчи схеманинг чиқариш хабарлари бўлиб, хотира элементи учун кириш хабарлари вазифасини бажаради. Бу хабарларга узатиш функциялари деб ҳам ном қўйилган.

JK - триггерни ётиш жадвали шундай:

J	K	Q _n	Q _{n-1}	S	R
0	0	0	0	0	X
0	0	1	1	X	0
0	1	0	0	0	X
0	1	1	0	0	1
1	0	0	1	1	0
1	0	1	1	X	0

S	R	Q _n	Q _{n-1}
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1

Хотира элементи сифатида ишлатиладиган RS-триггернинг схемаси маълум бўлгани учун, JK-триггернинг синтези асосан бош=ариш схемасини тузишдан иборат бўлади. S ва R функцияларнинг кыринишини ани=лаш учун асинхрон JK-триггернинг ишлаш принципларини ифодалайдиган жадвалнинг учинчи ва тўртинчи устунларини Q_n ва Q_{n+1} асинхрон RS-триггернинг ётиш жадвали билан солиштирамиз. Биринчи =аторда JK-триггер «0» ҳолатини са=лаб =олади. RS-триггер «0» ҳолатини са=лаб =олиш учун икки кириш йылига «0» хабари уланиши керак (жадвалнинг 1-=атори) ёки S кириш йылига «0» уланиб, R кириш йылига «1» хабари берилган бўлиши шарт (жадвалнинг 3-=атори). Бу S кириш йылида албатта «0» хабари бўлиб, R кириш йылида ёки «0», ёки «1» (ноани=лик) уланган бўлиши керак деганидир. Шунинг учун жадвалнинг биринчи =аторидаги S^* устунига 0, R^* устунига ноани=лик белгисини ёзиб =ыямиз. Шу тарзда =олган =аторларда ҳам S^* ва R^* устунларининг кыриниши ани=ланади. Натижаси жадвалда кырсатилган. Жадвалда J,K, Q_n -манти=ий ызгарувчилар бўлиб, Q_{n+1} , S^* R^* - манти=ий функциялар.

S^* ва R^* функциялар учун Карно карталарини тузиб, бу функцияларнинг минимал кыринишини ани=лаймиз:

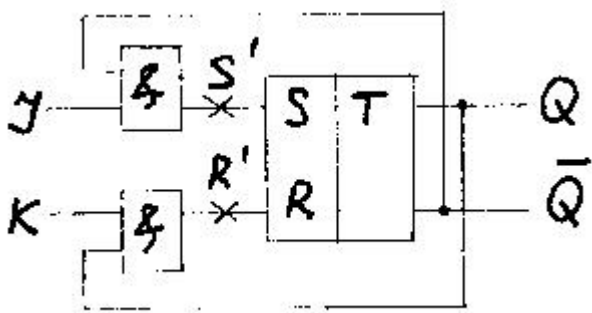
	JK			
Q_n	00	01	11	10
0	0	0	1	1
1	X	0	0	X

$$S^* = J Q_n$$

	JK			
Q_n	00	01	11	10
0	X	X	0	0
1	0	1	1	0

$$R^* = K Q_n$$

Ифодалар асосида JK- триггернинг кыринишини ани=лаймиз.

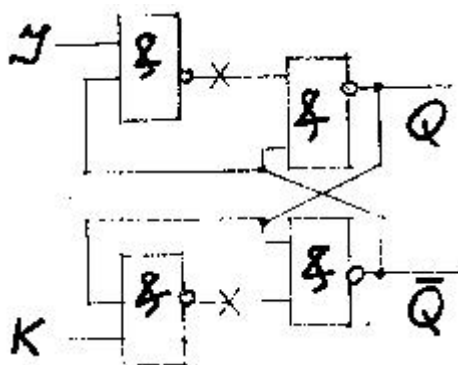


Агар триггерни конкрет элементларда тузиш керак былса, ифодаларни керакли базасига ытказамиз. Масалан И-НЕ базасида RS- триггерда инкорли кириш йыллари ишлатилади.

$$S^* = J Q_n$$

$$R^* = K Q_n$$

Натижада JK-триггернинг И-НЕ элементлари асосидаги схемаси =уйидагича тасвирланади: ^



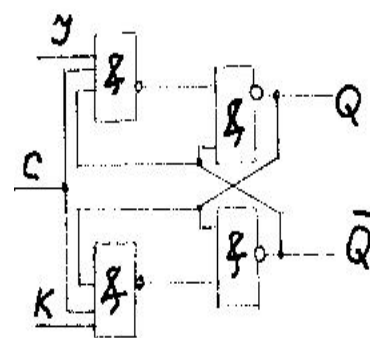
Хар =андай ихтиёрий триггер =урилмаси шу усулда тузилиши мумкин. Масалан, синхрон JK-триггерни схемаси тузилиши керак былса, унинг ытиш жадвалида =ышимча С кириш йыли киритилади.

C	J	K	Q_n	Q_{n-1}	S^*	R^*
0	0	0	0	0	0	x
0	0	0	1	1	X	0
0	0	1	0	0	0	x
0	0	1	1	1	X	0
0	1	0	0	0	0	x
0	1	0	1	1	X	0
0	1	1	0	0	0	x
0	1	1	1	1	X	0
1	0	0	0	0	0	x
1	0	0	1	1	X	0

1	0	1	0	0	0	1
1	0	1	1	0	0	1
1	1	0	0	1	1	0
1	1	0	1	1	X	0
1	1	1	0	1	1	0
1	1	1	1	0	0	1

KQ _n / CJ		00	01	11	10
		00	0	0	1
01	X	X	X	X	
11	X	X	0	0	
10	0	0	1	0	

KQ _n / CJ		00	01	11	10
		00	X	X	0
01	0	0	0	0	
11	0	0	1	1	
10	X	X	0	X	



Қисқача хулосалар

Шахсий компьютерларнинг элемент базасининг асосий ташкил этувчиларидан бири триггер шисобланади. Триггерлар иккита тур\ун мувозанат ҳолатига эга бўлган =урилма бўлиб, актив хотира элементи шисобланади.

Бу мавзуда триггерларнинг кодлаш принципи бўйича, ахборотни киритиш (ёзиш) усули бўйича, триггер ҳолатининг ызгаришига синхроимпульснинг =айси =исми сабаб бўлишига =араб, ишлатиладиган турли синхроимпульслар сонига =араб, бош=ариш схемаси бажарадиган манти=ий функцияга нисбатан асосий турлари таърифлаб берилган.

Энг оддий шисобланган RS–триггернинг ҳамда D, DV, T, TV–триггерларнинг белгиланиши, ҳолат (ишлаш) жадвали келтирилган. Бундан таш=ари асинхрон ва синхрон триггерларни синтезлаш ва схемасини тузиш масаласи ҳам кўриб чи=илган. Бунда асосан асинхрон RS, JK –триггерларнинг синтези кўриб чи=илган.

Таянч сўзлар:

Триггер, синхрон триггер, асинхрон триггер, синхроимпульс, RS-триггер, JK-триггер, D-триггер, DV-триггер, T-триггер, TV-триггер, триггернинг ытиш (ишлаш) жадвали, Вейч–картаси, Де-Моргон =оидаси, узатиш функциялари, хотира элементи, Карно картаси, бош=арувчи ва инкорли кириш йыллари.

Назорат учун саволлар:

1. Триггерлар =андай =урилма щисобланади ?
2. Кодлаш принципи быйича =андай триггерлар былади?
3. Ахборотни киритиш (ёзиш) усули быйича триггерлар неча хил былади?
4. Триггер ҳолатининг ызгаришига синхроиспульснинг =андай =исми сабаб былишига =араб триггерлар =андай фар=ланадилар?
5. Ишлатиладиган турли синхроимпульслар сонига =араб =андай триггерлар былади?
6. Бош=ариш схемаси бажарадиган манти=ий функцияга нисбатан триггерларнинг =андай турлари мавжуд?
7. Асинхрон RS–триггерни ытиш жадвалини тушунтириб беринг.
8. Бош=арувчи кириш йылиниг вазифаси нимадан иборат?
9. Асинхрон RS–триггернинг схемаси =андай тузилади?
10. Асинхрон JK–триггернинг синтези =андай амалга оширилади?

Фойдаланилган дабиётлар:

19. Схемотехника ЭВМ: Учебник для вузов. /Под ред. Г.Н. Соловьёва.- М.: Высшая школа, 1985г.
20. Угрюмов Е.П. Проектирование элементов и узлов ЭВМ. - М. Высшая школа, 1987.
21. Преснухин Л.Н., Воробьёв Н.В., Шишкевич А.А. Расчёты элементов цифровых устройств. - М. Высшая школа, 1981 г.
22. Микропроцессоры: в 3-х томах. Учебник для вузов. /Под.ред. Преснухина А.А. -М. Высшая школа, 1986.
23. /аниев С.К. ЭХМ ва системалари.-Т.: ЁЎқитувчи, 1990.
24. Алексеенко А.Г. Основы микросхемотехники. / 3-е издание. М.: ЮНИМЕДИАСТАЙЛ, 2002, 448 стр.
16. Гутников С.М. Интегральные схемы в измерительной технике, Л., 1988
17. Угрюмов Е.П. Проектирование элементов и узлов ЭВМ. М.: Высшая школа, 1987
18. Мостицкий Ш. Л. Англо-русский словарь по современной электротехнике и программированию: Компьютеры, интернет, телекоммуникации, аудио, видео, теле и радиотехника и пр.: Около 19000 терминов (более 12700 слов). М.: 2004, - 784 стр.

11-боб. ДЕШИФРАТОРЛАР

11.1. Дешифратор кириш йўллари кўпайтириш усуллари

11.2. Шифраторлар.

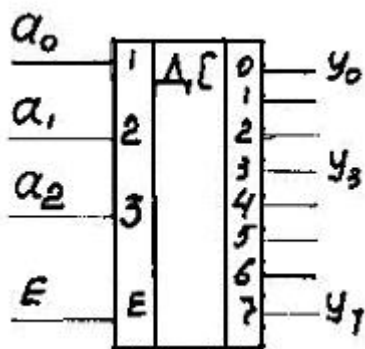
11.3. Код ўзгартиргичлари

11.3.1. Ихтиёрий код ўзгартиргични тузиш.

11.1. Дешифратор кириш йўллари кўпайтириш усуллари

Қып хонали кириш кодини бош=а =онунга мос чи=иш кодига ўзгартирувчи манти=ий узел кодлаштирувчи =урилма деб юритилади.

Дешифратор ёки декодер бу иккала кодни унитор когда ўзгартирувчи ва кодлаштирувчи =урилмадир. Декодерда m чи=иш йўлидан n битта чи=иш йўлида актив хабар пайдо бўлади ва бу чи=иш йўлининг номери кириш йўлларидаги иккилик сано= системадаги сонга мос. Дешифраторнинг шартли белгиланиши.



Агар дешифраторда n кириш йўли бўлиб, чи=иш йўлларининг сони $m=2^n$ бўлса, бундай дешифратор тыли= дешифратор деб юритилади. Акс ҳолда $m < 2^n$ дешифратор нотыли= ёки тыли= эмас дейилади.

Дешифраторнинг кириш йўллари кўпинча кетма-кет тартиб ра=амларда белгиланмасдан, 2 лик сонларнинг хона =ийматлари билан белгиланади. Масалан: 1,2,4,8,16.....

Шартли белгиланишда кириш ва чи=иш йўллари сони =уйидагича кўрсатилади. DC(3-8), (4-16),(4-10) ва ҳ.

Дешифратор ишини =уйидаги функциялар ор=али кырсатиш мумкин.
 Масалан: DC (3-8).

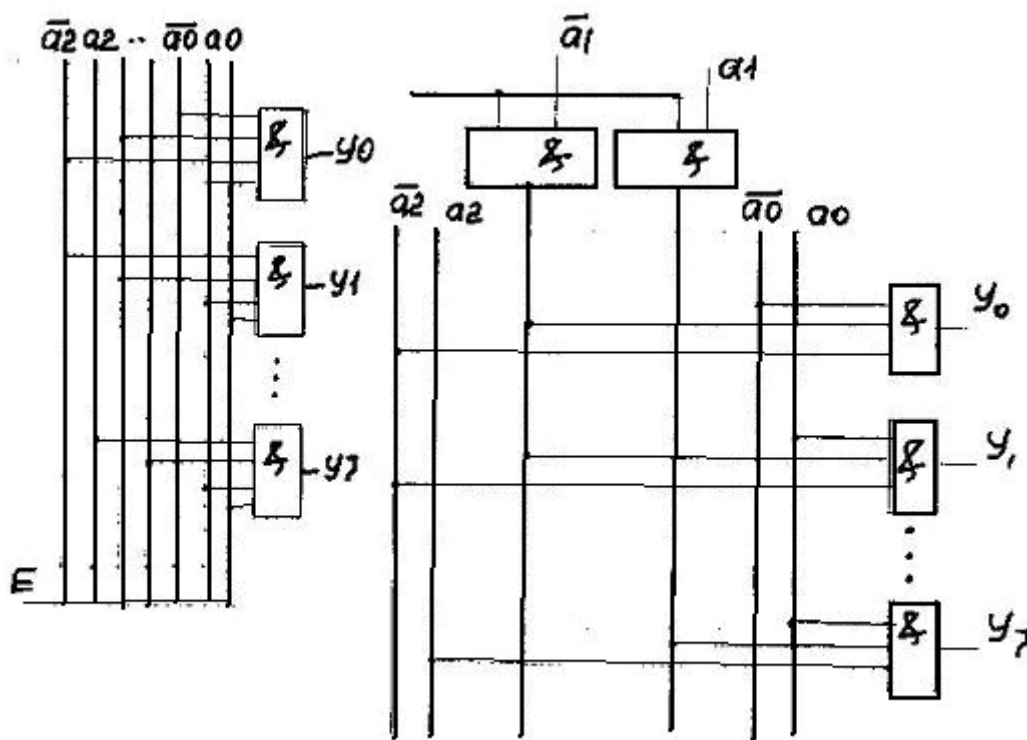
$$y_0 = a_2 a_1 a_0; y_1 = \bar{a}_2 a_1 a_0; y_2 = a_2 \bar{a}_1 a_0; y_3 = \bar{a}_2 \bar{a}_1 a_0;$$

$$y_4 = a_2 a_1 \bar{a}_0; \dots \dots \dots y_7 = \bar{a}_2 \bar{a}_1 \bar{a}_0;$$

Келтирилган манти=ий функциялар манти=ий элементлар ёрдамида амалга оширилса, энг содда дешифраторнинг схемаси хосил булади. Бундай дешифратор чизи=ли дешифратор деб номланади.

Дешифраторларда кыпинча =ышимча рухсат берувчи кириш йыли E мавжуд. Агар E=1 бўлса, дешифратор ишлайди, яъни битта чи=иш йылида актив хабар бор. Агар E=0, дешифраторнинг хамма чи=иш йыларида, кириш хабарлардан =атый назар, актив былмаган хабар мавжуд.

Кып ИМС E кириш йыли инверс =илинади. E кириш йыли дешифраторларини баъзан декодер-демультиплексор деб юритилади ва DC ырнига DX ёзилади.



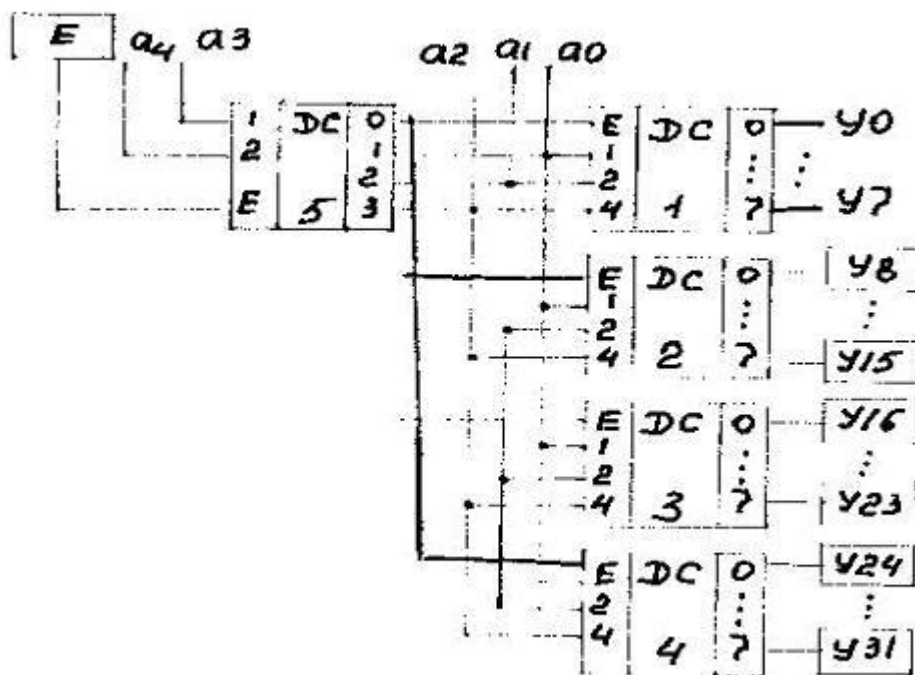
164-расм. Дешифратор схемаси

1. Каскадли дешифраторлар. (По\онали дешифраторлар).

Кириш кодини катта хоналари 1-по\онадаги DC(2-4) уланган холда унинг чи=иш хабарлари 2- по\онадаи дешифраторларга рухсат берувчи хабар вазифасини бажаради. Кириш сызининг кичик хоналари 2 по\онадаги хамма дешифраторларга уланган булади, лекин дешифратордан биттаси ишлайди. Тыртта сызнинг хоналари турлича былиши мумкин. Келтирилган кириш мисолда 2 та ва 3 та хонали гурухга былинган. Аслида турлича былинганда,

турли схемалар мавжуд бўлади.

Агар по\оналарнинг сони хоналар сонига тенг бўлса, бу ҳолда пирамили дешифратор ҳосил бўлади. Бу дешифратор энг кам тезкорликка эга.



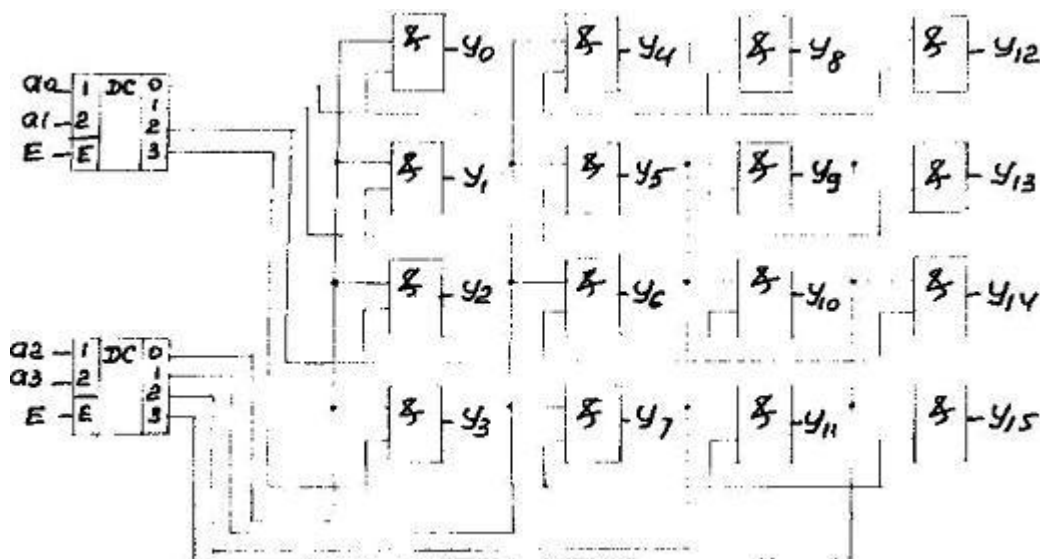
165-расм. Каскадли дешифраторнинг схемаси

2. Туртбурчак (матрицали) дешифраторлар.

Тўртбурчакли дешифратор икки n -исмдан иборат бўлиб, биринчи иккита дешифратордан, иккинчи n -исми конъюнкторлар матрицасидан ташкил топган.

Кириш сызи иккита n -исмга бўлиниб, ҳар бири 2^n дешифратори ёрдамида дешифрацияланади.

Биринчи дешифраторнинг чиқиш йўлларидаги хабарлар матрицанинг қаторларини ташкил этса, иккинчи дешифратор чиқиш хабарлари матрицанинг устунларини ташкил этади.



166-расм. Туртбурчак (матрицали) дешифратор схемаси

Агар матрицада И-НЕ эементлар ишлатилса, дешифраторнинг чи=иш йыллари инкорли былади. Умумий дешифраторнинг йыллари ты\ри былиши учун ИЛИ-НЕ элементларни матрицада ишлатиб, биринчи по\онадаги ДС1 ва ДС2 чи=иш йыллари инкорли былиши шарт. Кириш сызини икки =исмга былганда, иोजи борича тенг =илиб былиш керак.

Турли дешифраторларни та==ослаганда =уйидаги хулосаларга келиш мумкин:

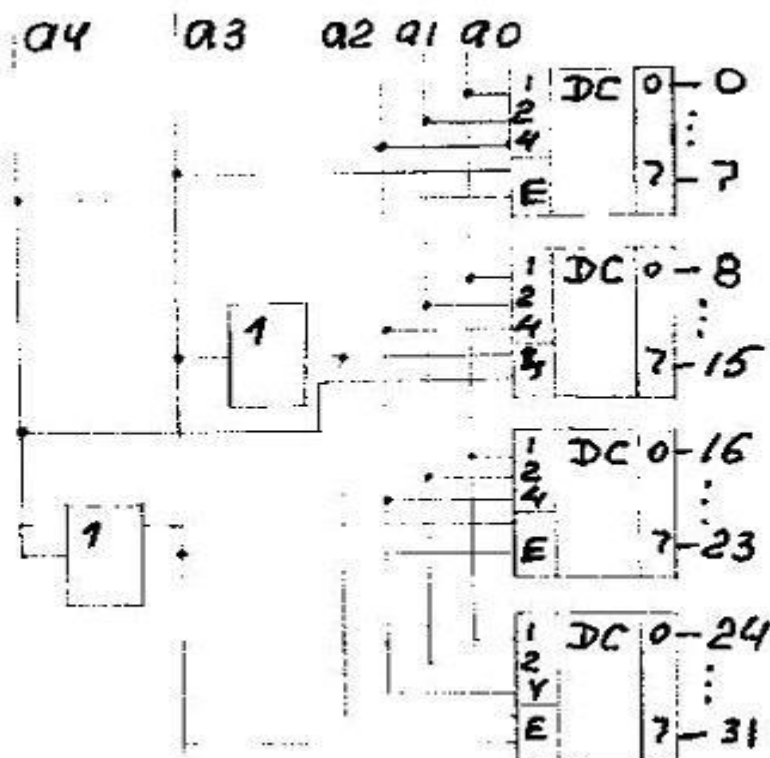
1. Агар ДШ чи=иш йыллари юздан орти= былса, ишлатиладиган элементлар сони быйича энг =улай ДШ тыртбурчак дешифратор. Шунинг учун бу турдаги ДШ БИС ЗУ (оператив хотира =урилмаси)да кенг тар=алган.

2. Чи=иш йыллари камро= былса, ($20 < m < 90$) энг =улай ва арзон по\онали (каскад) ДШ.

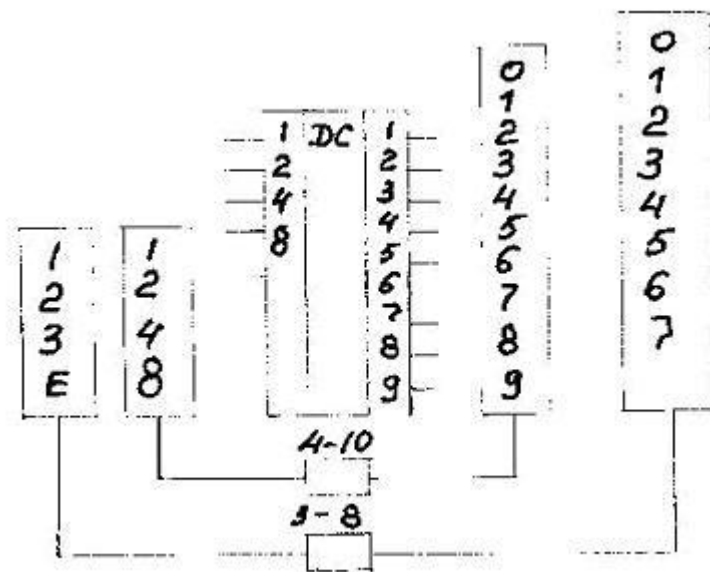
3. Чи=иш йыллари кам былса, ($m < 20$) энг тезкор ва =улай чизи=ли ДШ. Бундай хулосалар фа=ат МАНТИҚИЙ элементларда тузилган дешифратор учун ты\ри.

4. Агар дешифраторлар тайёр ИС дан тузилган былса, у холда дешифратор хам по\онали усулда тузилади.

Микросхемалар серияларида дешифраторлар ИД харфлар билан белгиланади. ДС (5-32).



167-расм. Дешифратор схемаси



168-расм. 4-10 ва 3-8 дешифратор (декодер-демультиплексорнинг) универсал микросхемаси.

11.2. Шифраторлар.

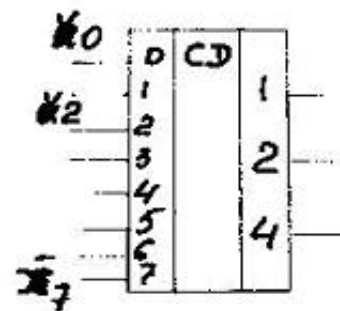
Шифратор ёки кодер дешифраторга «арама-»арши амални бажаради. Агар шифратор m -кириш йўлига ва n -чиқиш йўлига эга бўлса ва унинг биронта кириш йўлида хабар пайдо бўлса, бу ҳолда пайдо бўлади.

Кириш ва чиқиш йўлларининг ёзаро боғланиши «уйидагича».

$M=2^n$ m - йўллари сони.

$N=\log_2 m$ n - чиқиш йўллари сони.

Шифраторнинг ишлаш жадвали.



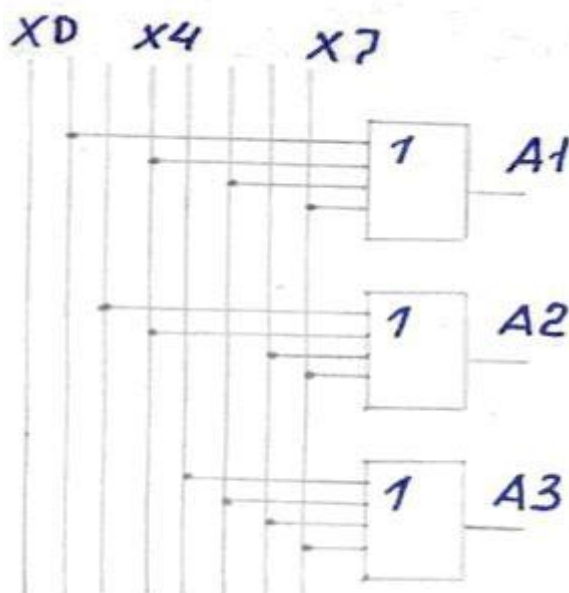
X_i	A3	A2	A1
X_0	0	0	0
X_1	0	0	1
X_2	0	1	0
X_3	0	1	1
X_4	1	0	0
X_5	1	0	1
X_6	1	1	0
X_7	1	1	1

$$A1 = x_1 \vee x_3 \vee x_5 \vee x_7 = x_1 x_3 x_5 x_7$$

$$A2 = x_2 \vee x_3 \vee x_6 \vee x_7 = x_2 x_3 x_6 x_7$$

$$A3 = x_4 \vee x_5 \vee x_6 \vee x_7 = x_4 x_5 x_6 x_7$$

Шифраторлар кыпинча клавиатурадан ахборотни киритишда ишлатилади.

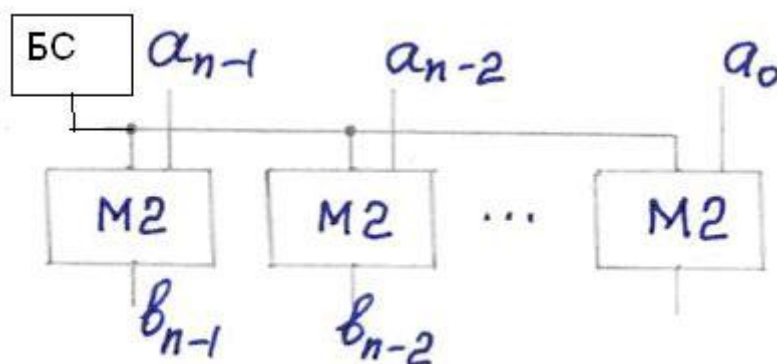


169-расм. Шифраторнинг схемаси

11.3. КОД ЎЗГАРТИРГИЧЛАРИ

Код ўзгартиргичлари маълумотларни кодлаш усулини ўзгартириш учун мылжалланган бўлиб, турлича кыринишда бўлиши мумкин.

Тўри коддан тескари кодга ўтказувчи код ўзгартиргичлари. Бундай кырилма mod бўйича ўшиш амалини бажарадиган интеграл схемалар асосида тузилади.



170-расм. Тўри коддан тескари кодга ўтказувчи код ўзгартиргичи схемаси

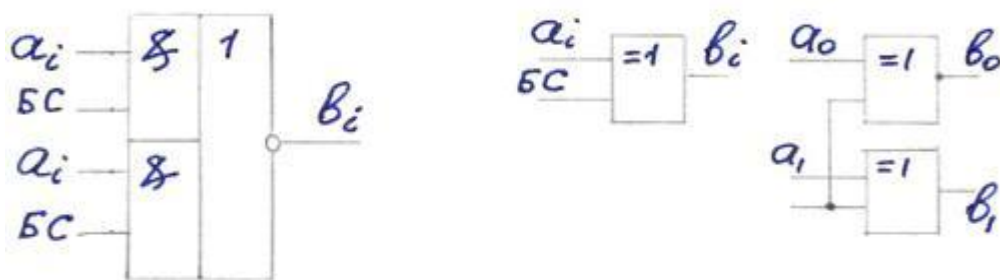
$$b_i = a_i \oplus \text{BC} = a_i \text{ BC } \vee a_i \text{ BC } = a_i \text{ BC } \vee a_i \text{ BC}$$

BC	a_i	b_i
0	0	1
0	1	1

1	0	1
1	1	0

Бош=ариш хабари вазифасини ишора хонасининг хабари бажаради. Агар кириш сони мусбат былса, БС=0, ва чи=ишдаги хабар киришдаги хабарга тенг, агар сон манфий былса яъни БС=1, кириш хабарининг инкори схеманинг чи=иш йылида пайдо былади.

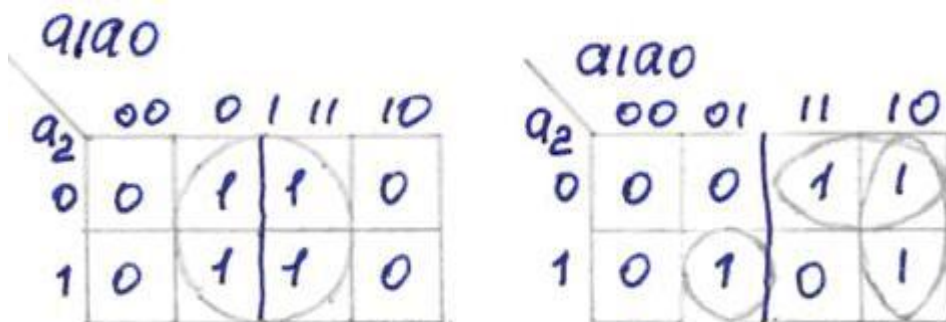
Тўри коддан тылдирувчи (=ышимча) кодга ытказувчи =урилманинг ишлаш функцияси умумий келтирилган кыринишда =уйидагича:



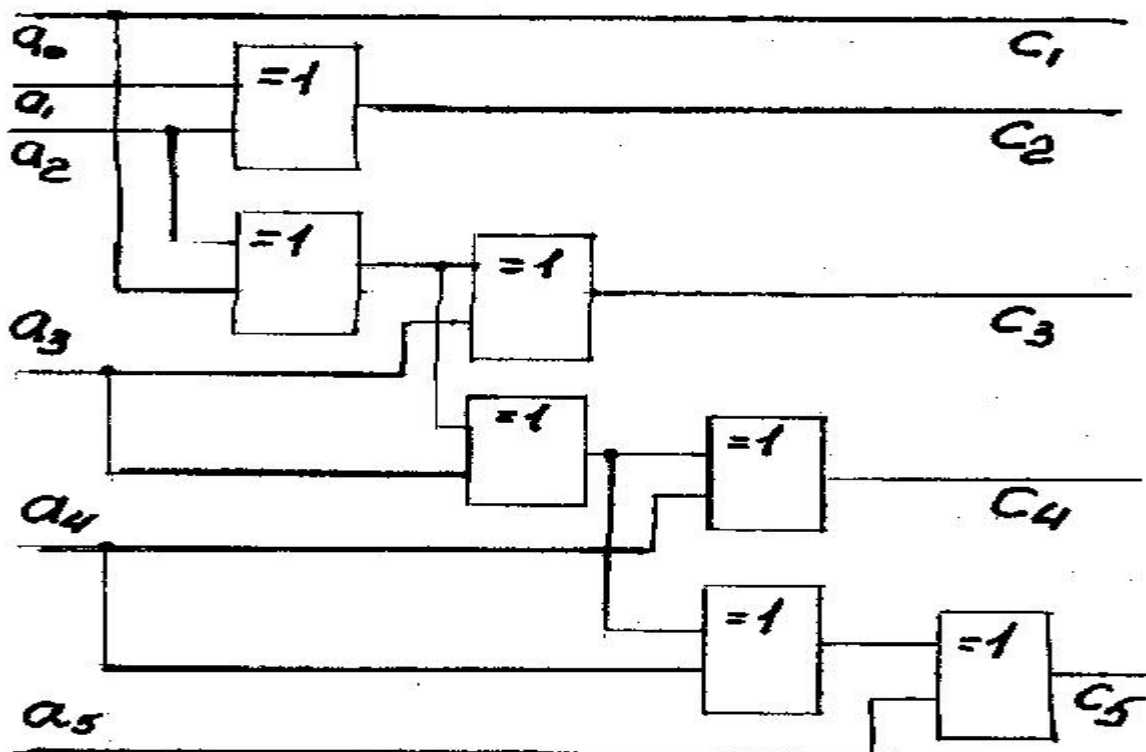
171-расм. Тўри коддан тылдирувчи (=ышимча) кодга ытказувчи =урилманинг схемаси

$$c_i = (a_1 \vee a_2 \vee \dots \vee a_{i-1}) \oplus a_i$$

A2	A1	A0	C2	C1	C0
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	1
0	1	0	0	1	0
0	1	1	0	1	1
1	0	0	1	0	0
1	0	1	1	0	1
1	1	0	1	1	0
1	1	1	1	1	1



Бу ифода асосида тузилган код ызгартиргичнинг схемаси (172-расм).



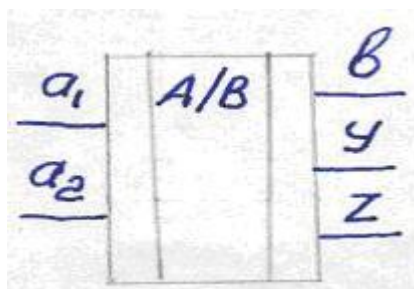
172-расм. Код ызгартиргичнинг схемаси

11.3.1. Ихтиёрий код ызгартиргични тузиш.

Кыпинча ызгартиргични ишини соддаро= функция билан ифодалаш мураккаб масала былади. Бундай =урилманинг иши одатда жадвал кыринишида ифодаланади. Масалан, =уйидаги =урилмани тузиш керак былсин:

A		B		
A2	A1	z	y	K
0	0	1	0	0
0	1	0	0	1
1	0	0	1	1
1	1	0	0	0

A	B
0	4
1	1
2	3
3	0



173-расм. Код ўзгартиргичнинг схемаси

Бундай урилмани икки усулда тузиш мумкин.

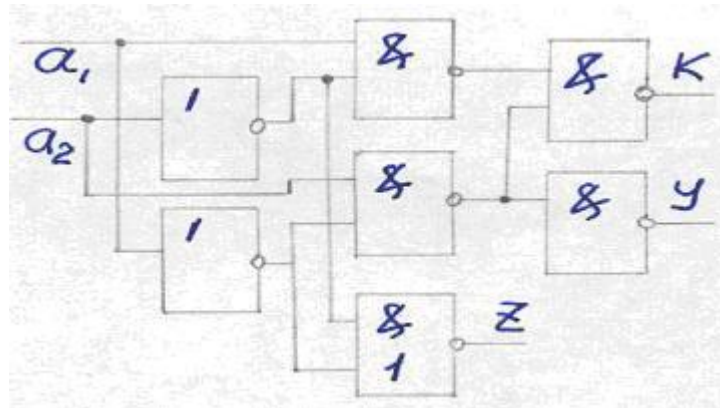
1-усул: Биринчи усулда ихтиёрий ўзгартиргич мантиқий элементларда тузилади.

$$Z = a_2 a_1$$

$$Y = a_2 a_1$$

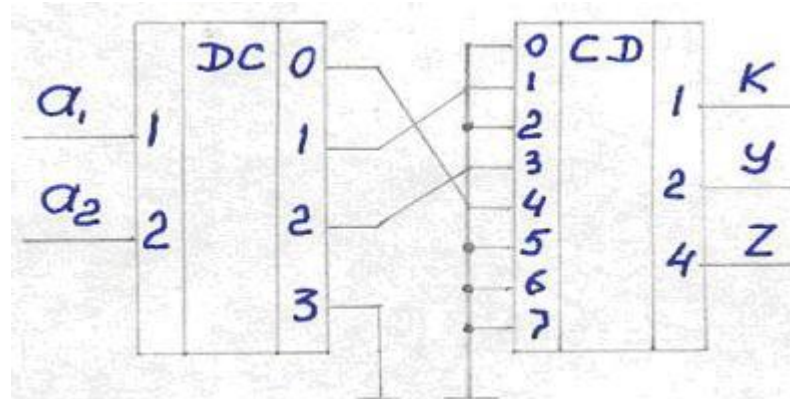
$$K = a_2 a_1 \vee a_2 a_1$$

$$K = a_2 a_1 * a_2 a_1$$



174-расм. Код ўзгартиргичнинг 1-усул билан қурилган схемаси

2-усул: Иккинчи усулда ихтиёрий ўзгартиргич дешифратор-шифратор асосида тузилади.



175-расм. Код ўзгартиргичнинг 2-усул билан қурилган схемаси

Дешифраторнинг кириш йўллари сони ихтиёрий ўзгартиргични кириш йўллари сонига тенг бўлиши керак, шифраторнинг чиқиш йўллари сони эса ихтиёрий ўзгартиргични чиқиш йўллари сонига тенг бўлиши керак. Дешифраторнинг чиқиш йўллари эса шифраторнинг кириш йўлларига улашиш жадвали асосида бажарилади. Дешифраторни бир неча чиқиш йўллари ва шифраторни бир неча кириш йўли ишлатилмаслиги мумкин. Агар бир неча кириш комбинациясига битта чиқиш хабари мос келса, унда керакли

дешифраторнинг чи=иш йиллари дизъюнктор («ИЛИ» элементи)да бирлаштирилиб, унинг чи=иш хабари шифраторнинг керакли кириш йилига уланади.

Агар ихтиёрий ызгартиргич матрицали катта интеграл схемаларда тузиладиган былса, 1 усулда амалга оширилиши соддаро= былади, лекин бундай =урилманинг тезкорлиги камро=.

Тайёр микросхемалар асосида тузилган =урилмани 2- усулда тузиш осонро=, лекин бундай =урилманинг истеъмол =уввати кыпро=.

+урилмани тузиш учун ишлатиладиган ва=т 1-усулда 2-усулга кыра кыпро=.

Қисқача хулосалар

Шахсий компьютерларда ахборотни =айта ишлаш ва ызгантириш учун дешифраторлар ва шифраторлар, код ызгартиргичлари ишлатилади.

Бу бобда тыли= ва тыли= бўлмаган дешифраторлар, чизи=ли дешифраторлар, каскадли (по\онали) дешифраторлар, тыртбурчакли (матрицали) дешифраторлар ты\рисида умумий маълумотлар келтирилган, шамда турли дешифраторларни та==ослаш хулосалари шам келтирилган.

Шифраторлар шам ахборотни ызгантириш учун ишлатилади. Бу мавзуда шифраторнинг белгиланиши, ишлаш жадвали ва уни ШК клавиатурасидан ахборотни киритишда ишлатилиши мисоли шам схема билан тушунтириб берилган.

Код ызгартиргичлари маълумотларни кодлаш усулини ызгантириш учун ишлатилади. Ты\ри коддан тескари кодга, тылдирувчи (=ышимча) кодга ытказувчи ызгартиргичнинг схемаси, ишлаш жадвали шам келтирилган.

Ызгартиргичнинг ишини соддаро= функция билан ифодалаш мураккаб масала хисобланади, бу масалани хал =илиш учун ихтиёрий код ызгартиргични тузиш икки усулда-манти=ий элементларда ва дешифратор-шифратор асосида тузилган.

Таянч сўзлар:

Кодлаштирувчи =урилма, дешифратор (декодер), унитар код, тыли= дешифратор, чизи=ли дешифратор, декодер-демультиплексор, каскадли (по\онали) дешифратор, тыртбурчакли (матрицали) дешифратор, шифратор (кодер), код ызгартиргичи.

Назорат учун саволлар:

1. Кодлаштирувчи =урилма деб =андай =урилмага айтилади?
2. Тыли= дешифратор таърифини тушунтириб беринг?
3. Чизи=ли дешифраторни тушунтириб беринг?

4. Декодер-демультиплексор =урилмасининг ишлаши нимага асосланган?
5. Каскадли (по\онали) дешифратор =андай ишлайди?
6. Тыртбурчакли (матрицали) дешифраторларнинг ишлаш принципини тушунтириб беринг?
7. Турли дешифраторларни та==ослаганда =андай хулосалар келиб чи=иши мумкин?
8. Шифратор (кодер) =андай =урилма хисобланади?
9. Шифраторнинг кириш ва чи=иш йыллари орасида =андай бо\ланиш мавжуд?
10. Код ызгартиргичлари нима учун мылжалланган?
11. Ты\ри коддан тескари кодга ытказувчи код ызгартиргичлари =андай ишлайди?
12. Ихтиёрий код ызгартиргичини тузиш =андай усуллар билан амалга оширилади?

Фойдаланилган адабиётлар:

25. Схемотехника ЭВМ: Учебник для вузов. /Под ред. Г.Н. Соловьёва.- М.: Высшая школа, 1985г.
26. Угрюмов Е.П. Проектирование элементов и узлов ЭВМ. - М. Высшая школа, 1987.
27. /аниев С.К. ЭХМ ва системалари.-Т.: **Ў**қитувчи, 1990.
28. Алексеенко А.Г. Основы микросхемотехники. / 3-е издание. М.: ЮНИМЕДИАСТАЙЛ, 2002, 448 стр.
- 19.** Гутников С.М. Интегральные схемы в измерительной технике, Л., 1988
20. Угрюмов Е.П. Проектирование элементов и узлов ЭВМ. М.: Высшая школа, 1987
21. Мостицкий Ш. Л. Англо-русский словарь по современной электротехнике и программированию: Компьютеры, интернет, телекоммуникации, аудио, видео, теле и радиотехника и пр.: Около 19000 терминов (более 12700 слов). М.: 2004, - 784 стр.

12-боб. Мультиплексорлар, демультиплексорлар, компараторлар

12.1. Мультиплексорлар ва демультиплексорлар

12.2. Демультиплексорлар

12.3. Компараторлар

12.3.1. Тенглик схемалари

12.3.2. Сонларнинг каттасини ани=ловчи схема.

12.1. Мультиплексорлар ва демультиплексорлар

Мультиплексор - кып кириш ва битта чи=иш йылли комбинацион

=урилма (-расм). Мультиплексорнинг кириш йыллари икки турда былади: ахборотли кириш йыллари ($x_1 - x_n$) ва бош=ариш кириш ($y_1- y_k$): Одатда ахборот ва бош=ариш йылларининг сонлари орасида =уйидагича бо\ли=лик мавжуд:

$$2^k = n \quad k - \text{бош=ариш кириш йыллари сони.}$$

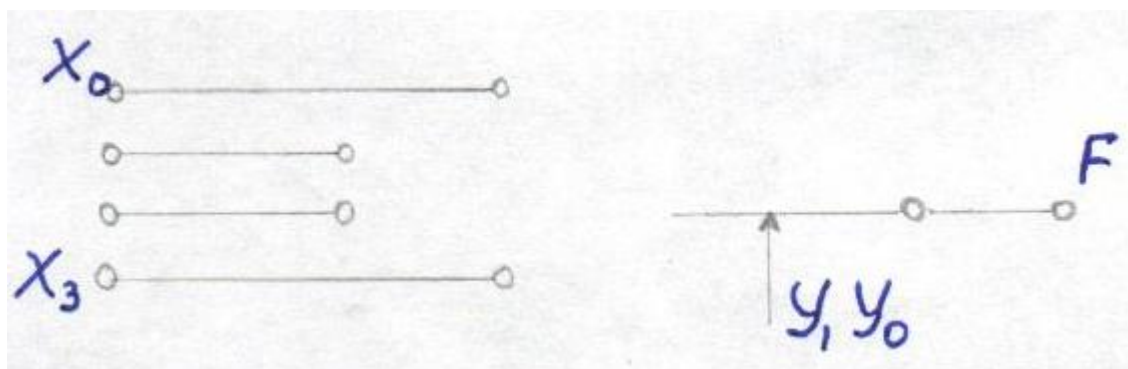
$$n - \text{ахборот кириш йыллари сони}$$

+айси ахборот кириш йылларидаги хабар F чи=иш йилига уланишини (узатилишини) бош=арув кириш йылларидаги код ани=лаб беради.

Мультиплексорнинг ишини акс эттирувчи жадвал =уйидагича:

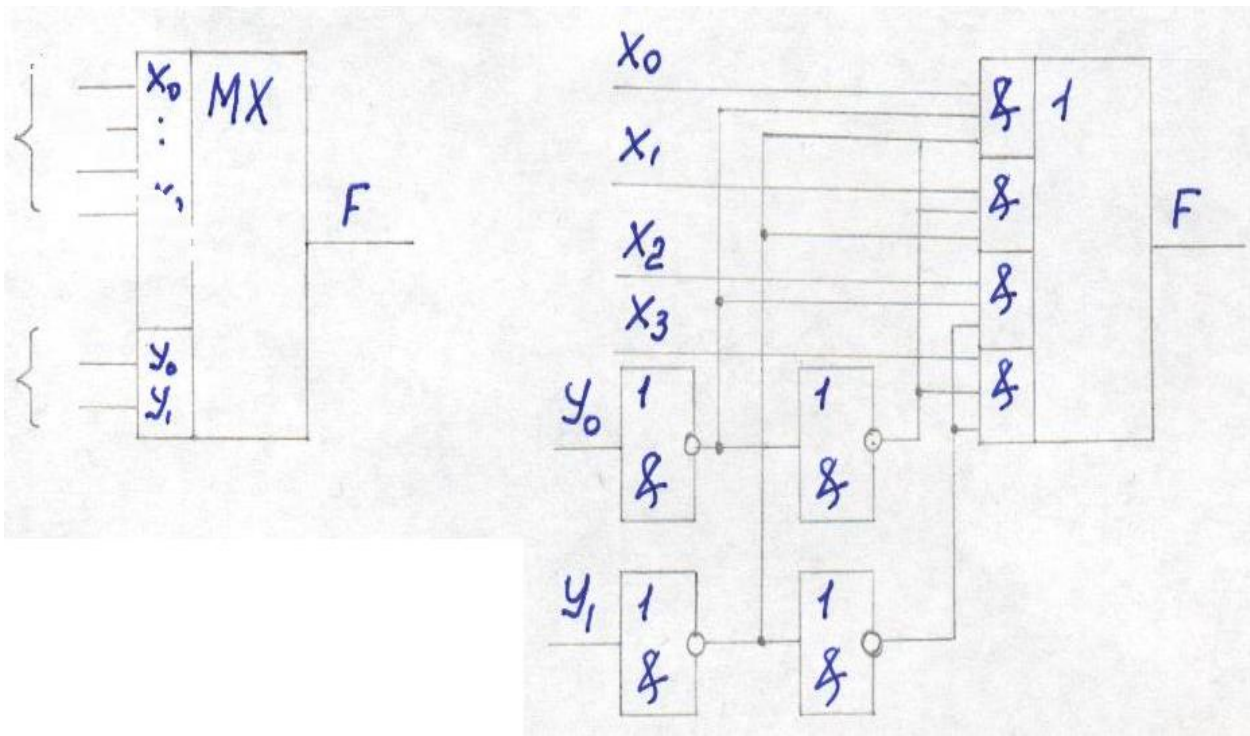
Кириш йыллари						/ чи=иш йили
Бош=арувчи		Ахборот				
Y_1	Y_0	X3	X2	X1	X0	/
0	0	x	x	X	0	0
0	0	x	x	X	1	1
0	1	x	x	0	X	0
0	1	X	x	1	x	1
1	0	X	0	X	X	0
1	0	x	1	X	X	1
1	1	0	X	X	X	0
1	1	1	x	x	X	1

X – шу кириш йилининг хабари / чи=иш йилига таъсир этмайди.

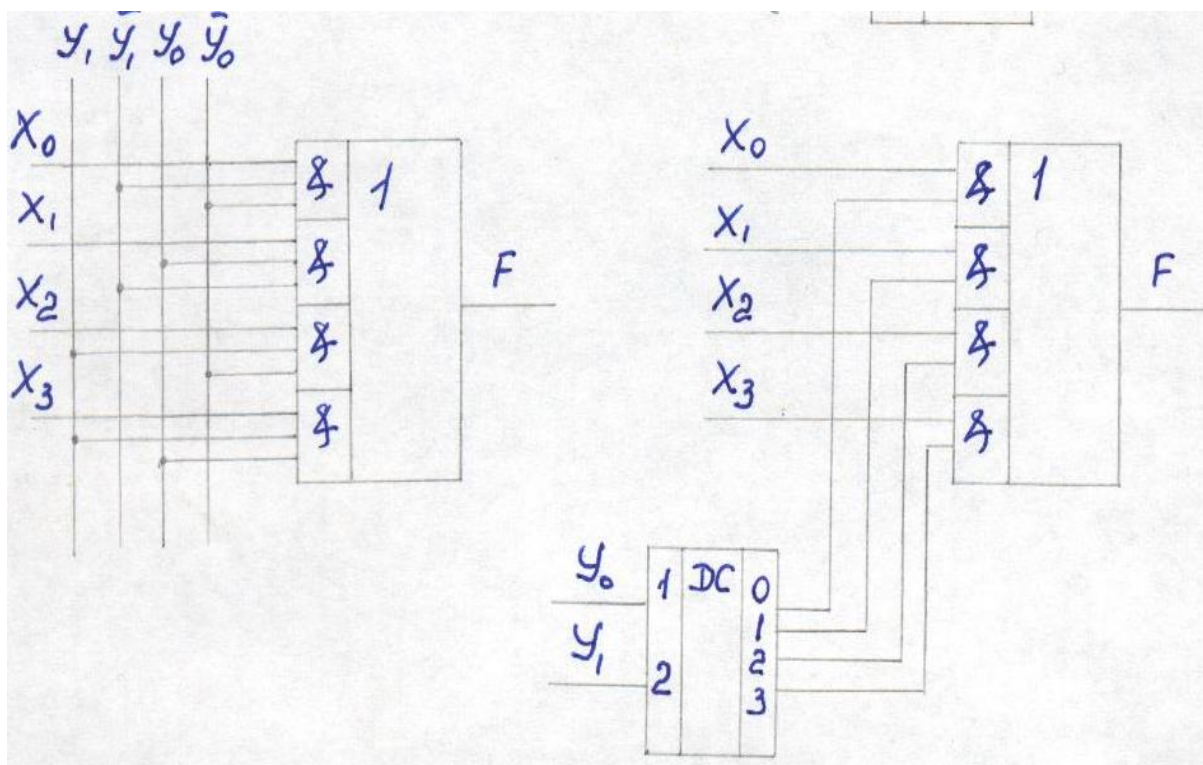


176-расм. Мультиплексорнинг схемаси

Мультиплексорнинг ишлаш функцияси $F = \sum y_i 2^{i-1} + 1 = i$



177-расм. Мультиплексорнинг оддий схемаси



178-расм. 4 та кириш ва битта чиқишга эга бўлган мультиплексор

Мультиплексорнинг ишини ақс эттирувчи яна бир функция:

$$F = x_0 y_{k-1} y_0 \vee x_1 y_{k-1} \dots y_0 \vee \dots x_{n-1} y_{k-1} \dots y_0$$

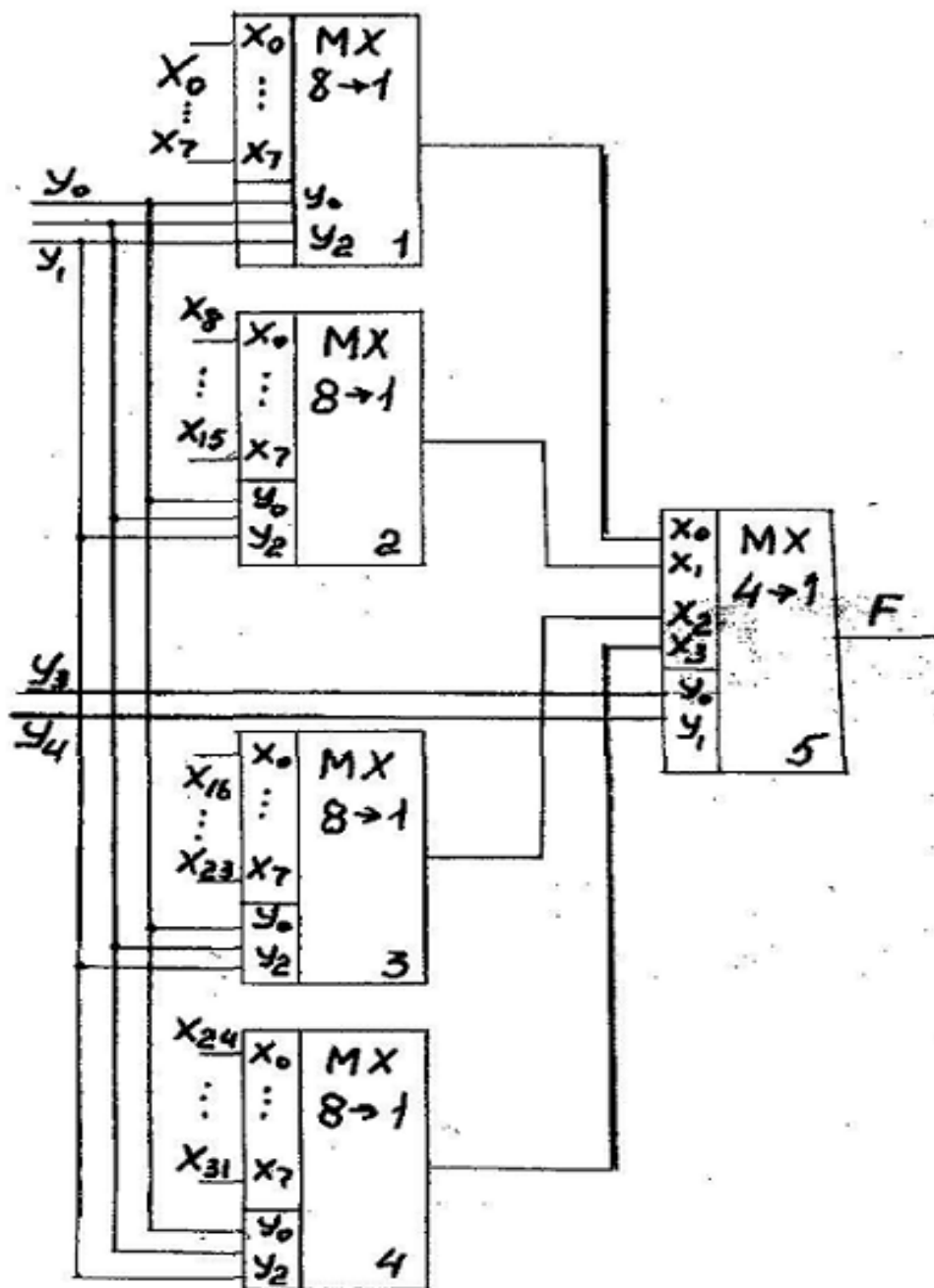
Шу функцияни амалга ошириш натижасида ю=ордаги схемалар

тузилади

Одатда мультиплексорларни коммутатор-селектор ырнида, кодни кетма-кет кодга айлантириш учун та==ослаш схемаларда кенг ишлатилади.

Ундан таш=ари мультиплексорларни манти=ий функцияларни амалга оширишда ҳам ишлатиш мумкин.

ИМС серияларида «4→1», «8→1», «16→1» мультиплексорларни учратиш мумкин. Агар мультиплексорнинг кириш йыллари сонини кыпайтириш керак былса, у холда стандарт MUX асосида =уйидаги схема асосида кириш йылларини кыпайтириш мумкин.

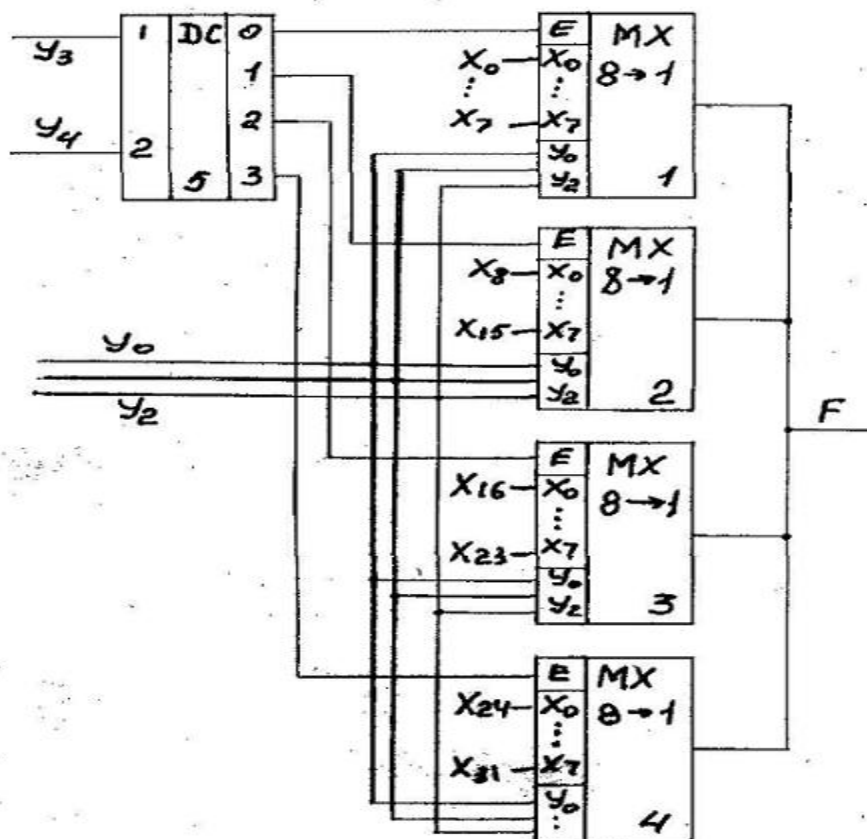


179-расм. Мультиплексор кириш йылларини кыпайтириш схемаси

Схемадаги мультиплексорни бош=арувчи кириш йылларига 11100 коди

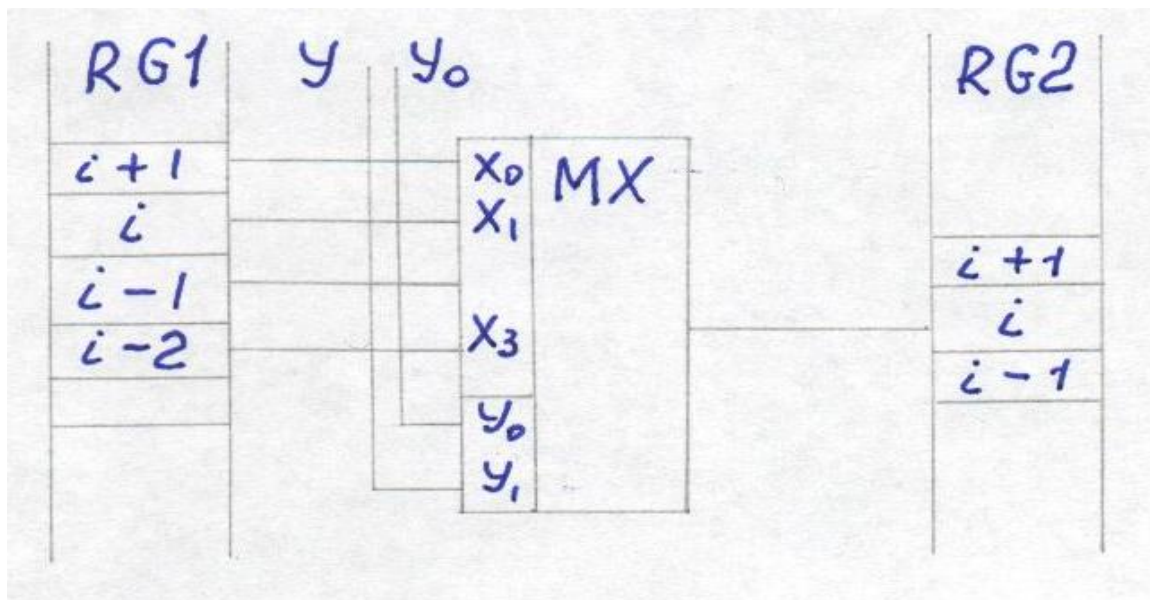
берилсин, у ҳолда 1-по\онадаги мультимплексорларга 100 бош=ариш хабарлари уланиб уларнинг чи=иш йылларида ($x_4, x_{12}, x_{20}, x_{28}$) кириш йылларидаги хабарлар пайдо былади. 2- по\онадаги мультимплексорга 11 бош=ариш хабарлари уланади ва натижада унинг чи=иш йылида x_{28} кириш йылидаги хабар пайдо былади.

Агар мультимплексорда рухсат берувчи кириш йыли былса, у холда мультимплексорнинг кириш йылларини яна бир усулда купайтириш мумкин.



180-расм. Мультимплексор кириш йылларини кыпайтириш схемасининг Яна бир кўриниши

Мультимплексорни бош=а функцичларни бажариш учун хам ишлатиш мумкин, Масалан: 1-хонали комбинация силжитиш схемасида.



181-расм. Мультиплексорни 1-хонали комбинация силжитиш схемасида ишлатилиши

Комбинацион силжитиш тыли= схемасида 2-регистрнинг (RG2) ва бир хонасига худди шундай мультиплексор уланган бўлади. Мультиплексорнинг кириш йыллари эса 1-регистрнинг (RG1) бир неча хонасига уланган бўлиб, бош=арувчи кириш йылларига битта код уланади. Масалан: бош=арувчи чи=иш йыллари $y_1y_0=00$ уланган бўлса, y ҳолда RG2 i -хонасига RG1-хонасидаги ахборот ёзилади. Агар $y_1y_0=01$ бўлса, RG2 i -хонадаги ахборот ёзилади, яъни сурилмасдан, $y_1y_0=10 \leftarrow RG2_i \leftarrow RG_{i-1}$
 $y_1y_0=11 \leftarrow RG2_i \leftarrow RG_{i-2}$

12.2. Демультимплексорлар

Мультиплексор бажарадиган функциянинг тескари функциясини амалга оширувчи =урилма демультимплексор деб юритилади. Демультимплексорнинг ишлаш =онуни =уйидаги ифода билан акс эттирилади:

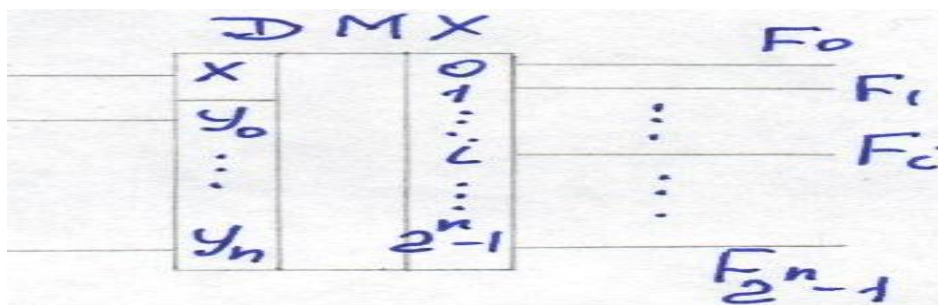
$$F = x m_i; i=0, 2^n-1$$

бу ерда m_i - n -та манти=ий ызгарувчиларнинг минтерми.

Демультимплексорда битта информация кириш йыли n -бош=арувчи йыли ва 2^n - чи=иш йыли бўлиб, информация кириш йылидаги хабарни бош=арувчи кириш йылларидаги код =ийматига =араб, y ёки бу чи=иш йылига узатади.

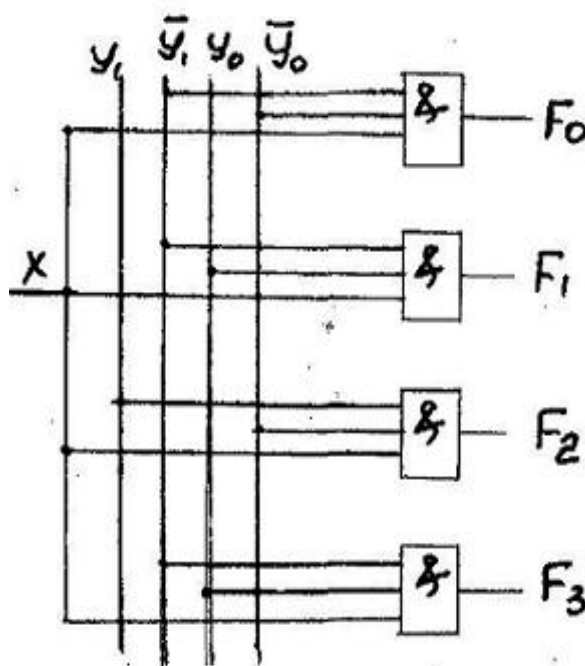


182-расм. Демультимплексорнинг шартли белгиланиши



183-расм. Демультимплексорнинг кириш ва чиқишларини белгиланиши

Энг оддий схемасининг кыриниши эса - бу иккита бош=арувчи кириш демультимплексорнинг схемесидир (184-расм).



184-расм. Иккита бош=арувчи киришли демультимплексорнинг схемаси

12.3. Компараторлар

Компараторлар (кодларни та==ослаш =урилмалари) иккита кып хонали сызларни та==ослаш микрооперациясини бажарувчи =урилмалар. Иккита сон кодларини та==ослаганда асосан уларнинг тенглиги ($F_A=B$) ёки катталиги ($F_A>B$) ани=ланади.

Агар иккита сон A ва B тенгмас былса, уни \Rightarrow уйидагича ифодалаш мумкин:

$$F_{A=B} = F_{A=B}$$

A сони B сонидан катта былса:

$$F_{A>B} = F_{B<A}; F_{A\geq B} = F_{A=B} \vee F_{A>B} = F_{A>B};$$

$$F_{A<B} = F_{A=B} \vee F_{A<B} = F_{A>B};$$

Шунинг учун схемалар икки гурухга былинади: сон кодларининг тенглигини ани=ловчи схемалар ва та==осланаётган сонлардан каттасини ани=ловчи схемалар.

12.3.1. Тенглик схемалари

Сон кодларининг тенглигини ани=ловчи схеманинг чи=иш йылида фа=ат кодлар бир хил бўлгандагина «1» хабари пайдо былади. Масалан иккита соннинг кодлари та==ослансин:

$$A=(a_1, a_2, \dots, a_n) \quad B=(b_1, b_2, \dots, b_n)$$

Агар хамма хоналарда кодлар тенг былса, яъни $a_1=b_1; a_2=b_2; \dots; a_n=b_n$, иккала соннинг кодлари тенг былади, $F_{A=B} = 1$.

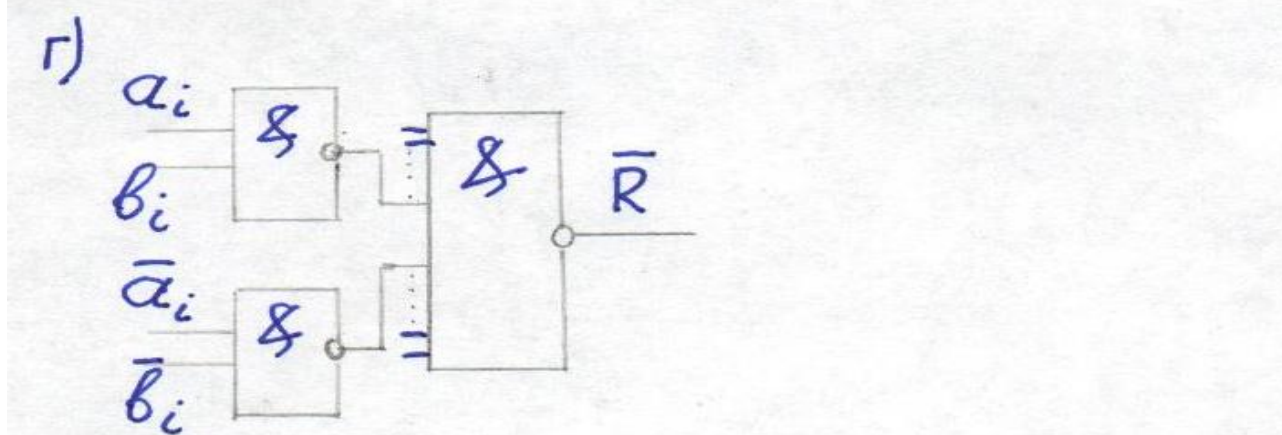
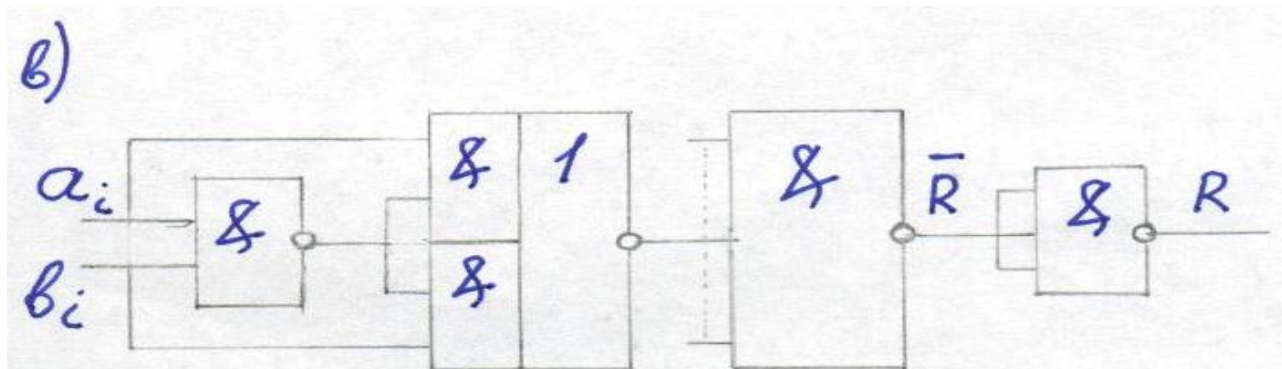
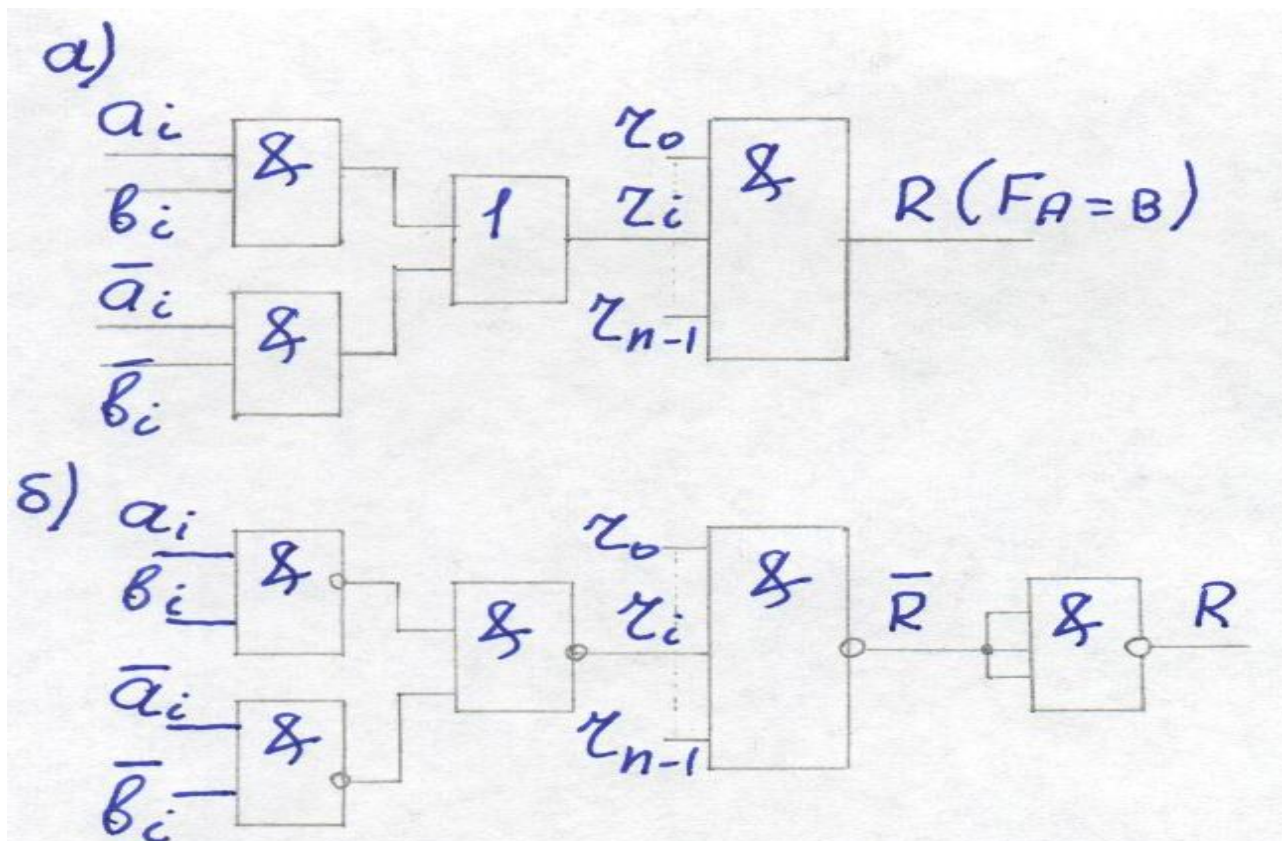
Иккита бир хонали сонлар учун тенглик аломати r_i

A	b	R
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

$$r_i = a_i b_i \vee a_i \bar{b}_i = a_i b_i \vee a_i \bar{b}_i = a_i \oplus b_i$$

Бу холда тенгсизлик аломати

$$r_i = a_i \bar{b}_i \vee a_i b_i = a_i \bar{b}_i \vee a_i b_i = a_i \oplus b_i$$

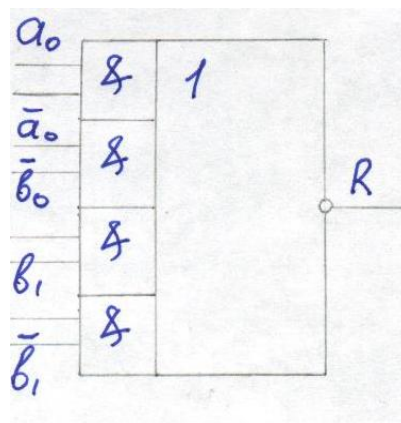


185-расм.Тенглик схемалари

Агар сонлар ҳамма хоналарда тенг былса, унда иккита кып хонали кодлари тенг былади

$$R = r_{n-1} r_{n-2} \dots r_1 r_0$$

$$r_i = a_i b_i \vee \bar{a}_i \bar{b}_i = a_i (a_i \vee \bar{b}_i) \vee \bar{a}_i (\bar{a}_i \vee b_i) = a_i a_i b_i \vee b_i a_i \bar{b}_i$$



12.3.2. Сонларнинг каттасини ани=ловчи схема.

Иккита бир хонали сонлар учун $F_{A>B}$ жадвал кыриниши =уйидагича

A	B	$F_{A>B}$
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	0

$$F_{A>B} = A \bar{B}$$

Икки хонали сонлар учун:

Агар катта хоналарда $a_1=1, b_1=0, A > B$, агар $a_1=b_1$ бўлса, бу ҳолда кичик хоналарни текшириш керак. Агар $a_0=1, b_0=0, F_{A>B}=1$.

Шундай =илиб икки хонали сонлар учун

$$F_{A>B} = a_1 \bar{b}_1 \vee a_0 \bar{b}_0 r_1; r_1 = a_1 b_1 \vee \bar{a}_1 \bar{b}_1$$

Шу тарзда кып хонали сонлар учун:

$$F_{A>B} = a_{n-1} \bar{b}_{n-1} \vee a_{n-2} \bar{b}_{n-2} r_{n-1} \vee \dots \vee a_1 \bar{b}_1 r_{n-1} \dots r_2 \vee a_0 \bar{b}_0 r_{n-1} \dots r_1$$

Одатда компараторда 2 сонни каттасини ани=ловчи схемадан таш=ари, уларнинг тенглигини ани=ловчи схема ҳам мавжуд. Шунинг учун r_i хабарини тайёр схеманинг чи=иш йылидан улаб олиш мумкин.

Икки 2 хонали сонлар учун

$$F_{A>B} = a_1 \bar{b}_1 \vee a_0 \bar{b}_1 b_0 \vee a_1 a_0 b_0 = a_1 \bar{b}_1 \vee a_0 b_0 (a_1 \vee b_1)$$

A		B		$F_{A>B}$
0	0	0	0	0
1	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	1
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0

A		B		$F_{A>B}$
1	0	0	0	1
1	0	0	1	1
1	0	1	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1

	$a_1 a_0$	00	01	11	10
$b_1 b_0$	00	0	1	1	1
	01	0	0	1	1
	11	0	0	0	0
	10	0	0	1	0

186-расм.

$$r_1 = a_1 \vee b_1$$

+уйидаги шартли белгиларни киритамиз:

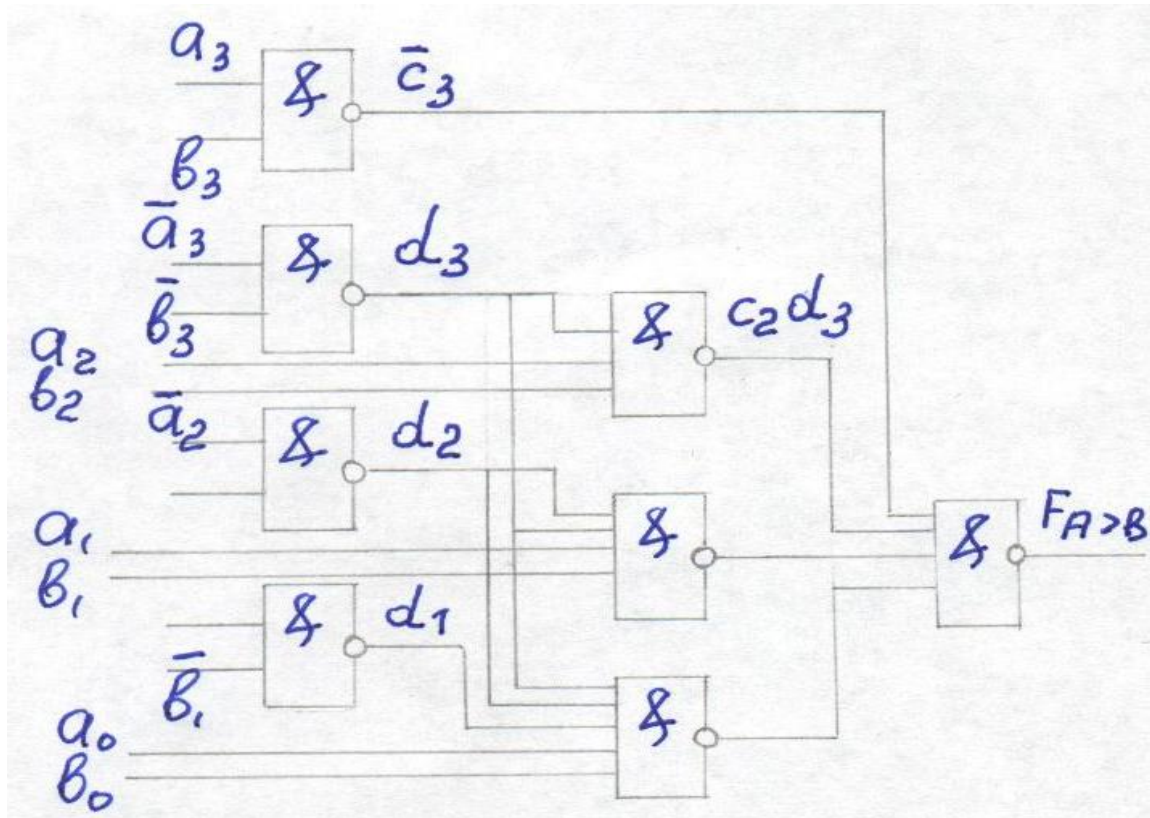
$$c_1 = a_1 b_1, \quad d_1 = a_1 \bar{b}_1, \quad e_1 = \bar{a}_1 b_1$$

Кып хонали сонлар учун

$$F_{A>B} = c_{n-1} \vee c_{n-2} d_{n-1} \vee \dots \vee c_0 d_{n-1} \dots d_1$$

Шу формулага асосланиб 4-хонали сонлар учун

$$F_{A>B} = c_3 c_2 d_3 \vee c_1 d_2 d_3 \vee c_0 d_1 d_2 d_4$$

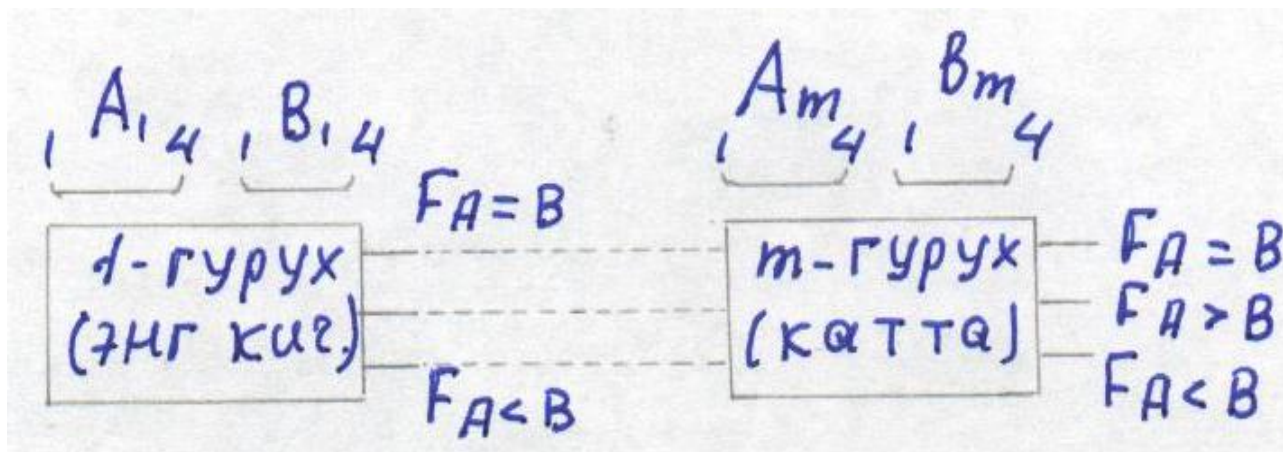


187-расм. 4 хонали сонларни каттасини аниқловчи схема

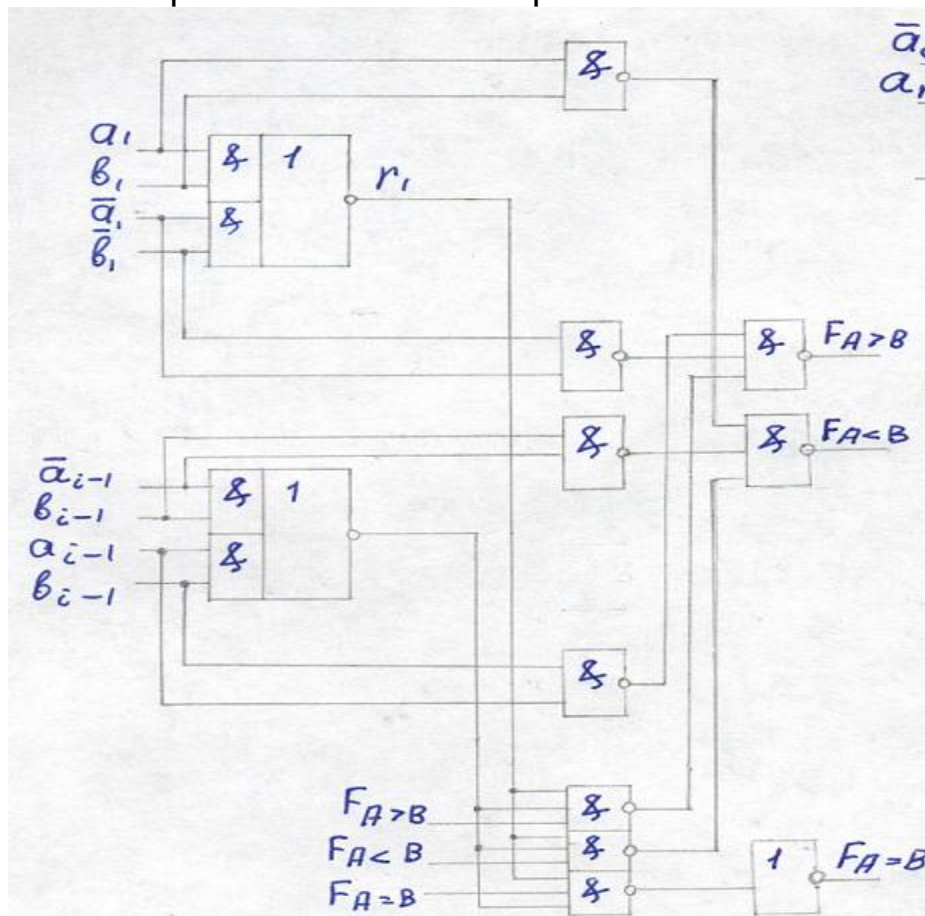
Агар хоналарнинг сони кып былса, унда $F_{A>B}$ схемени тузиш учун кып

кириш йилли элементлар керак бўлади, лекин ундай элементлар серияларда кам учрайди. Шунинг учун кып хонали сонларни та==ослашда сон кодлари гуруҳларга былиниб, ҳар бир хоналар гуруҳи ызини кам хонали та==ослаш схемасида текширилади. Гуруҳлар ызаро кетма-кет бо\ланган былиши мумкин, кетма-кет ва параллел бо\ланган былиши мумкин.

Кетма-кет бо\ланган гуруҳлар схемаси.



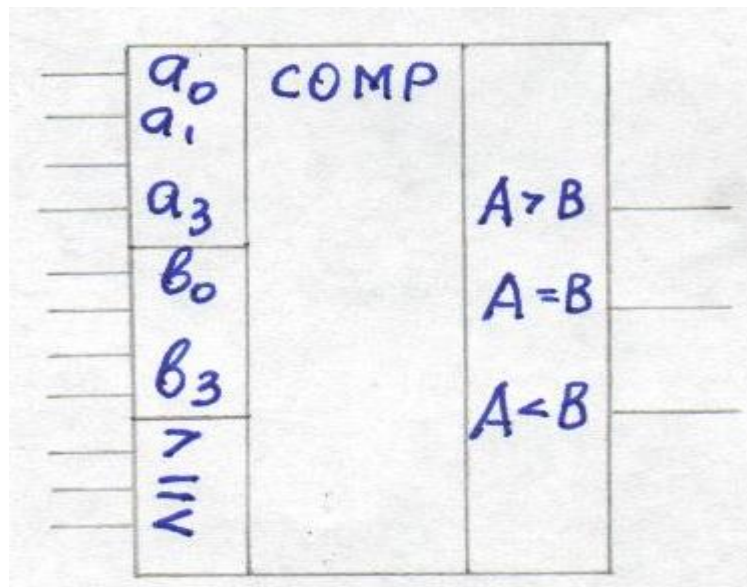
188-расм. 2 хонали сонларни та==ослаш схемаси



189-расм.

$$F_{A>B} = a_i b_i \bar{a}_{i-1} b_{i-1} r_i \quad F_{A=B} = r_{i-1} r_i$$

Бу ерда $F'_{A>B}$ - кичик гурухдан келган хабар.



190-расм. Компараторнинг шартли белгиланиши

Қисқача хулосалар

Шахсий компьютерда ахборотни =абул =илиш ва ызгартириш учун турли =урилмалар ишлатилади, шулар =аторига мультимплексорлар ва демультимплексорлар, компараторлар киради.

Мультимплексор - кып кириш ва битта чи=иш йылли комбинацион =урилма, бу бобда ахборотли ва бош=арувчи кириш йыллари орасида бо\ли=лик, унинг ишлаш жадвали ва функцияси. =андай ма=садларда ишлатилиши ёритиб берилган.

Демультимплекслар =урилмаси мультимплексор бош=арадиган функциясининг тескарасини бош=аради, унинг ишлаш =онуни, шартли белгиланиши, энг оддий схемасининг кыриниши мисол билан тушунтириб берилган.

Бу бобда схемотехниканинг мушжим =урилмаларидан бири былган компараторлар – кодларни та==ослаш =урилмалари - ты\рисида асосий маълумотлар келтирилган. Компаратор схемалари икки гуруҳга былиниб, ырганиб чи=илган: сон кодларининг тенглигини ани=ловчи схемалар, та==осланаётган сонлардан каттасини ани=ловчи схемалар.

Таянч сўзлар:

Мультимплексор, ахборотли кириш йыли, бош=арувчи кириш йыли, коммутатор–селектор, демультимплексорлар, компараторлар, тенглик

схемалари, кодларининг кетма-кет ва параллел боʻланган сон гурухлари.

Назорат учун саволлар

1. Мультиплексор =андай =урилма?
2. Мультиплексорнинг ахборотли ва бош=арувчи кириш йўллари орасида =андай боʻланиш бор?
3. Мультиплексорнинг шартли белгиланиши ва ишлаш жадвалини тушунтириб беринг.
4. Мультиплексорнинг ишлаш функциясининг мохияти нимада?
5. Мультиплексорнинг ишлашини схемаларда тушунтириб беринг.
6. Демумльтиплексор =андай =урилма ?
7. Демумultiплексорнинг шартли белгиланиши ва энг оддий схемасини ишлашини тушунтиринг.
8. Компаратор =андай =урилма ?
9. Сон кодларининг тенглигини ани=ловчи схемаларнинг тузилишини ва ишлашини тушунтириб беринг.
10. Та==осланаётган сонлардан каттасини ани=ловчи схемаларнинг тузилишини ва ишлашини тушунтириб беринг.

Фойдаланилган адабиётлар:

29. Схемотехника ЭВМ: Учебник для вузов. /Под ред. Г.Н. Соловьёва.- М.: Высшая школа, 1985г.
30. Угрюмов Е.П. Проектирование элементов и узлов ЭВМ. - М. Высшая школа, 1987.
31. Преснухин Л.Н., Воробьёв Н.В., Шишкевич А.А. Расчёты элементов цифровых устройств. - М. Высшая школа, 1981 г.
32. Микропроцессоры: в 3-х томах. Учебник для вузов. /Под.ред. Преснухина А.А. -М. Высшая школа, 1986.
33. /аниев С.К. ЭХМ ва системалари.-Т.: **Ў**Ўқитувчи, 1990.
34. Алексеенко А.Г. Основы микросхемотехники. / 3-е издание. М.: ЮНИМЕДИАСТАЙЛ, 2002, 448 стр.
- 22.** Гутников С.М. Интегральные схемы в измерительной технике, Л., 1988
23. Угрюмов Е.П. Проектирование элементов и узлов ЭВМ. М.: Высшая школа, 1987
24. Мостицкий Ш. Л. Англо-русский словарь по современной электротехнике и программированию: Компьютеры, интернет, телекоммуникации, аудио, видео, теле и радиотехника и пр.: Около 19000 терминов (более 12700 слов). М.: 2004, - 784 стр.

13-боб. Регистрлар, санагичлар, жамлагичлар

13.1. Регистрлар

13.2. Санагичлар ва

13.3. Иккили сано= системасида ишлайдиган асинхрон санагичлар

13.4. Ихтиёрий санаш модулли санагичлар

13.5. Жамлагичлар

13.5.1. Иккилик-ынлик жамлагичлар

13.1. Регистрлар

Иккилик сано= тизимида ифодаланган n хонали сонни хотирлашга ва унинг устида =атор манти=ий ызгаришларга бажаришга мылжалланган махсус схема **регистр** деб аталади. Регистрга ёзилган соннинг ҳар бир хонасига регистрнинг триггерлардан иборат хонаси ты\ри келади.

Функционал вазифаси бййича регистрлар жам\арувчи (хотира) ва силжитувчи регистрларга былинади.

Жам\арувчи регистрлар умумий холда =уйидаги амалларни бажаришини таъминлайди:

- регистр триггерларини ноль холатига ытказиш;
- бош=а узеллардан ахборот =абул =илиш ва уни исталган ва=т мобайнида са=лаб туриш;
- бош=а регистрга ахборотни узатиш;
- ты\ри кодда ифодаланган ахборотни тескари кодга айлантириш ва аксинча.

Силжитувчи регистрлар жам\арувчи регистрлар бажара оладиган амаллар билан бир =аторда =уйидагиларни хам бажаради:

- ахборотни ынга ва чапга исталган хоналар сонига силжитиш;
- кетма-кет кодда берилган ахборотни параллел кодга айлантриш;
- хоналар быйича мантий амалларни бажариш.

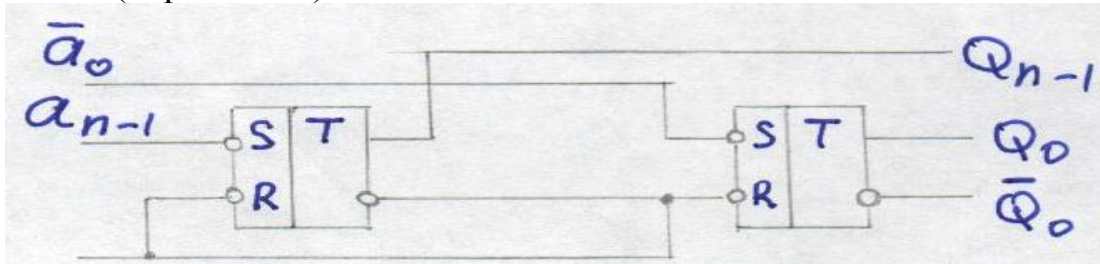
Жам\арувчи регистрларда ахборот унинг ҳамма хоналарига бир ва=тда =абул =илинади, яъни параллел холда, силжитувчи регистрларда эса ахборот кетма-кет катта хонадан ёки кичик хонадан =абул =илинади. Силжитувчи регистрлар бир тарафга силжитувчи (нореверсив) ва икки тарафга силжитувчи (реверсив) регистрларга ажратилади. Баъзан, мураккаб регистрларда (параллел - кетма -кет) жам\арувчи ва силжитувчи регистрларнинг вазифалари бирлаштирилади.

Ахборотни =абул =илиш (киритиш) усули быйича регистрлар бир ___ ёки икки фазали регистрларга былинади. Бир фазали регистрларда ахборот хар бир хонада фа=ат битта занжир ор=али =абул =илинади (ёки a_i , ёки \bar{a}_i) икки фазали схемаларда эса - икки занжир ор=али бир ва=тда ҳам a_i , ҳам \bar{a}_i .

Тактлаш усули быйича регистрлар бир тактли ва кып тактлиларга ажратилади.

Параллел (жам\арувчи) регистрлар ызаро бо\ланмаган n схемалардан иборат былиб, хар бир схемада албатта триггер ҳамда бир неча мантий элементлар былиши мумкин.

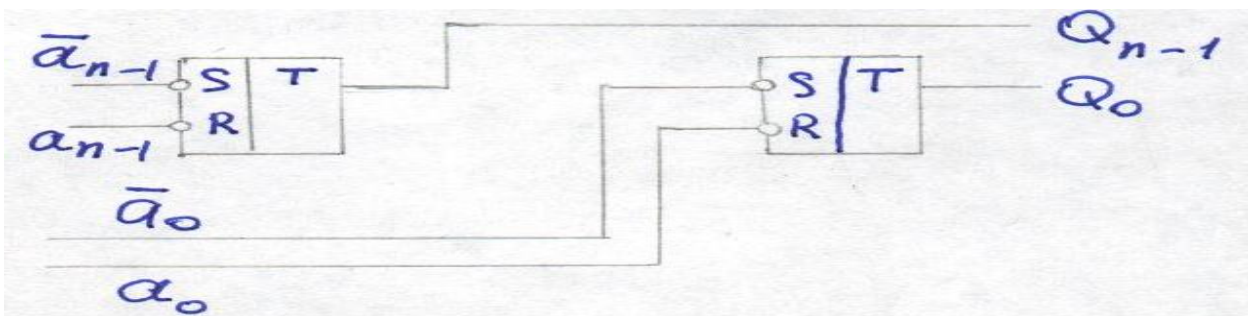
Бир фазали жам\арувчи регистрга ахборот икки такт мобайнида =абул =илинади (киритилади).



191-расм. Бир фазали жам\арувчи регистрга

Биринчи тактда ҳамма триггерлар «0» ҳолатга ытказилади, иккинчи тактда эса S, кириш йылларига ноль хабари берилган триггерлар «1» ҳолатига ытказилади.

Икки фазали узатиш схемали регистрларда кириш занжирлари икки марта оши=, лекин ахборот тезкор =абул =илинади, чунки триггерларни «0» ҳолатига ытказишнинг ҳожати йы= былади.

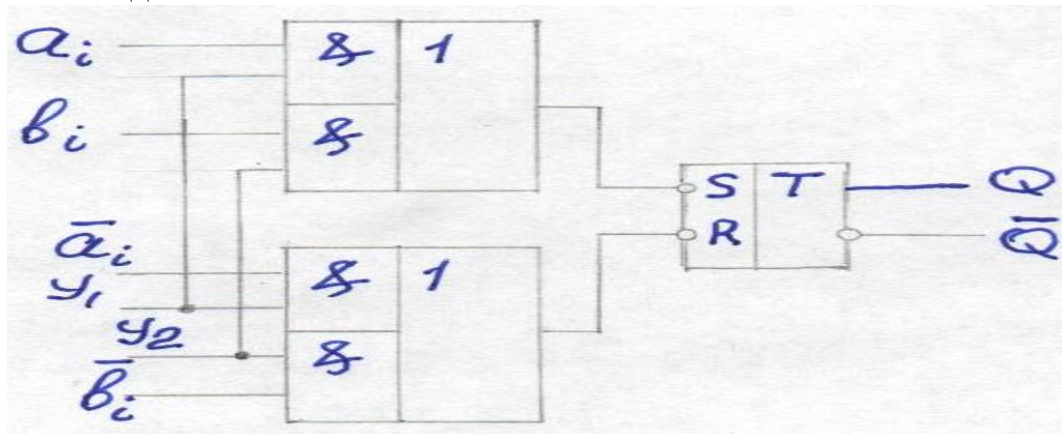


192-расм. Икки фазали узатиш схемали регистрлар

Агар RS-триггерни ырнига D-триггер ишлатилса, бир тактли ва бир фазали жам\арувчи регистр хосил былади, чунки бундай регистрда триггерларни «0» холатига ытказишнинг хожати йы=.

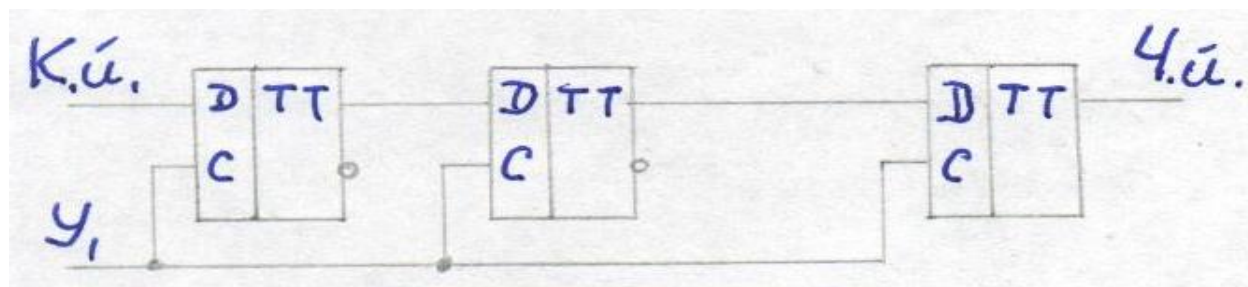
Икки фазали ва икки тактли бир хонали регистрнинг схемасининг кыриниши =уйидагича (193-расм).

Бу схемада y_1 такт хабари быйича a_i ахборот, y_2 такти быйича - b_i ахборот =абул =илинади.



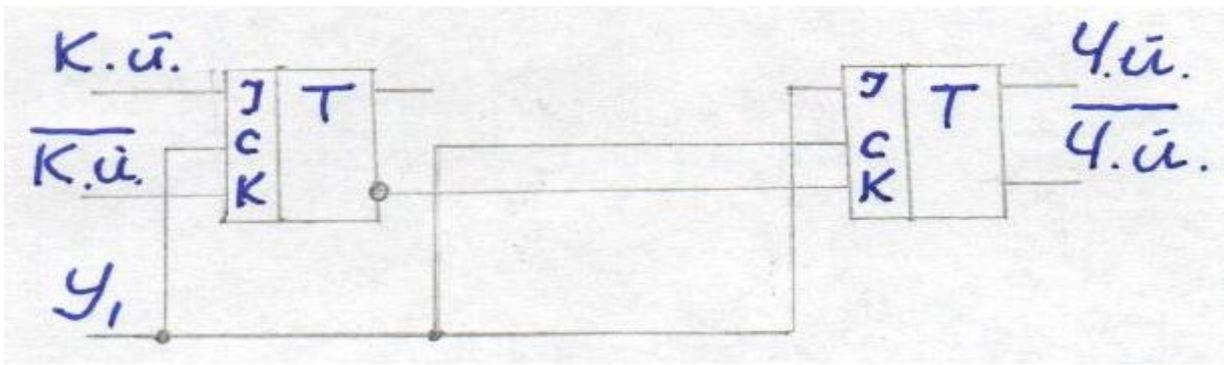
193-расм. Икки фазали ва икки тактли бир хонали регистрнинг схемаси

Силжитувчи регистр бир неча ызаро бо\ли= бир хонали схемалардан иборат былади. Силжитиш йыналиши быйича ынг тарафли (ахборотни кичик хоналар тарафига силжитувчи), чап тарафли (ахборотни катта хоналар тарафига силжитувчи) ва реверсив (бош=ариш хабарларига =араб у ёки бу тарафга силжитувчи) регистрларга былинади.



194-расм.

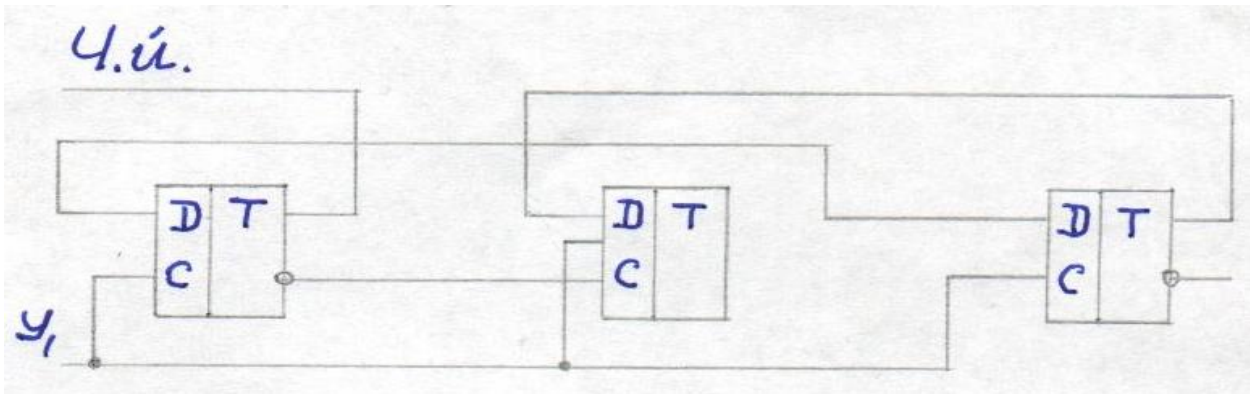
Бир тактли ынга силжитувчи регистр схемаларни DC-триггер асосида RS(JK)-триггер асосида куриш мумкин.



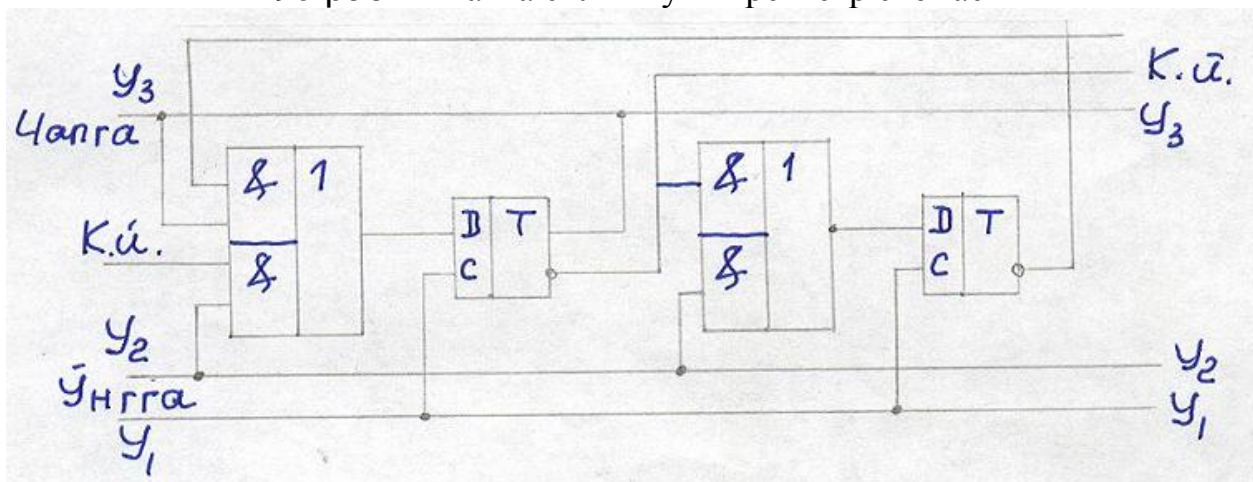
195-расм. RS(JK)-триггер асосида қурилган бир тактли ынгга силжитувчи регистр схемаси

Синхрон D-триггерда тузилган силжитувчи регистр боʻланишлар бййича соддаро= ва у асосда арзонро= былса, икки фазали RS- ёки JK-триггерларда тузилган схеманинг бардошлиги ю=ориро=. Агар силжитувчи регистрнинг кириш ййлида инвертор ишлатилса, унда таш=и боʻланишлар бййича бир фазали регистр ички боʻланишлари бййича икки фазали былиши мумкин.

Регистрларнинг тезкорлиги схемаларда ишлатиладиган триггерларнинг тезкорлигига боʻли=.



196-расм. Чапга силжитувчи регистр схемаси

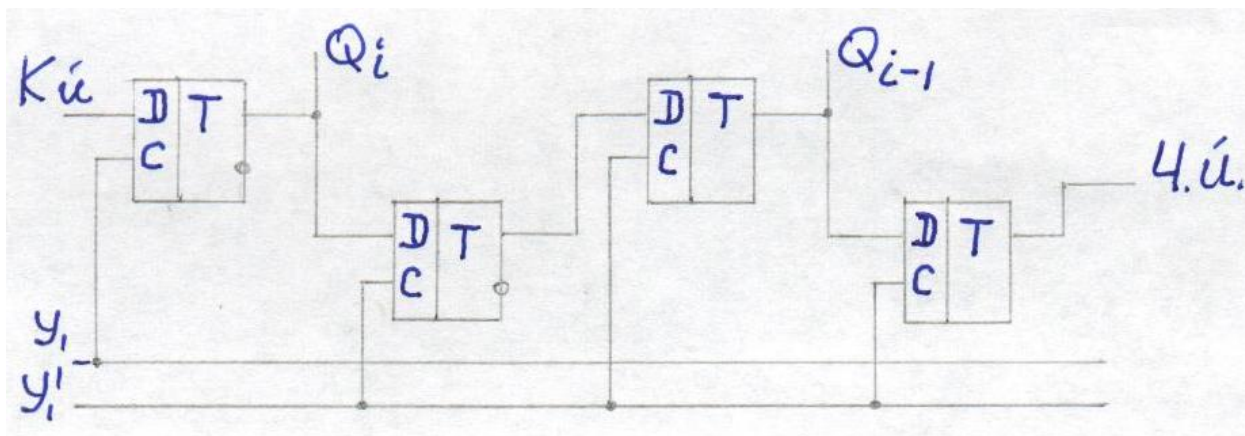


197-расм. Реверсив регистр схемасининг бир =исми

Силжитувчи регистрларда синхроимпульс сатси ор=али бош=арилувчи синхрон триггерларни ишлатиш мумкин эмас, чунки бундай схемаларда ахборотни бир хонадан иккинчи хонага силжитиш бир марта булиш ырнига бир неча марта бажарилиши мумкин, чунки триггер бир неча бор холатдан холатга утиш мумкин. Синхроимпульс fronti ор=али бошқарилувчи триггерлар ишлатилганда хабарлар ра=обати масаласи пайдо былиши мумкин. Шунга =арамасдан, силжитувчи регистрларда шу турдаги триггерлар ишлатилади.

Баъзан силжитувчи регистрда ахборот бир хонага эмас, балки бир неча хонага силжитилиши керак. Бу шолда силжитувчи регистрдан ахборот бир неча бор сурилади.

Кып тактли силжитувчи регистрларда бир неча тактловчи импульслар ишлатилади. Кенг тар=алгани икки тактли асосий ва =ышимча регистрли схемалар щисобланади. Бу схемаларда оддий бир по\онали, синхрон D-триггерлар ишлатилган былиб, биринчи такт импульси y_1 быйича асосий регистрдан ахборот =ышимча регистрга кычирилади, иккинчи такт импульси y_1' быйича асосий регистрга ынгга бир хонага силжиган шолга =айтарилади.



198-расм. Икки тактли асосий ва =ышимча регистрли схемаси

13.2. Санагичлар

Кириш йылли импульсларни санашга мылжалланган ЭХМ узели счетчик (санагич) деб аталади. Уларни сано= системаси асосига, =андай ма=садда ишлатилшига, санаш амалини ташкил =илиш усулига, хоналар бо\ланишини кыриш усулига хамда уларни кыришда ишлатиладиган элементлар турига =араб фар=лаш мумкин.

Сано= системаси асоси быйича санагичлар иккилик сано= системасида ишловчи санагичларга (санаш модули 2^n га тенг, n - хоналар сони) ва ихтиёрий асосли (санаш модули ёки санаш коэффициенти $K_{си} = 2^n$) санагичларга былинади.

+андай ма=садда ишлатилишига =араб жамловчи, айирувчи ва реверсив санагичларга ажратилади.

Санаш амалини ташкил =илиш быйича синхрон ва асинхрон санагичларга

былади.

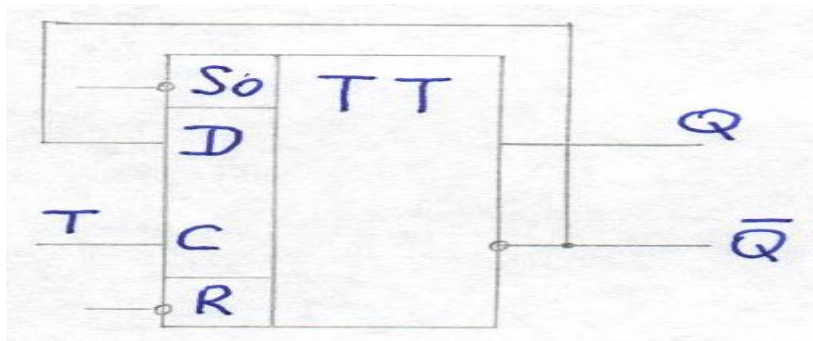
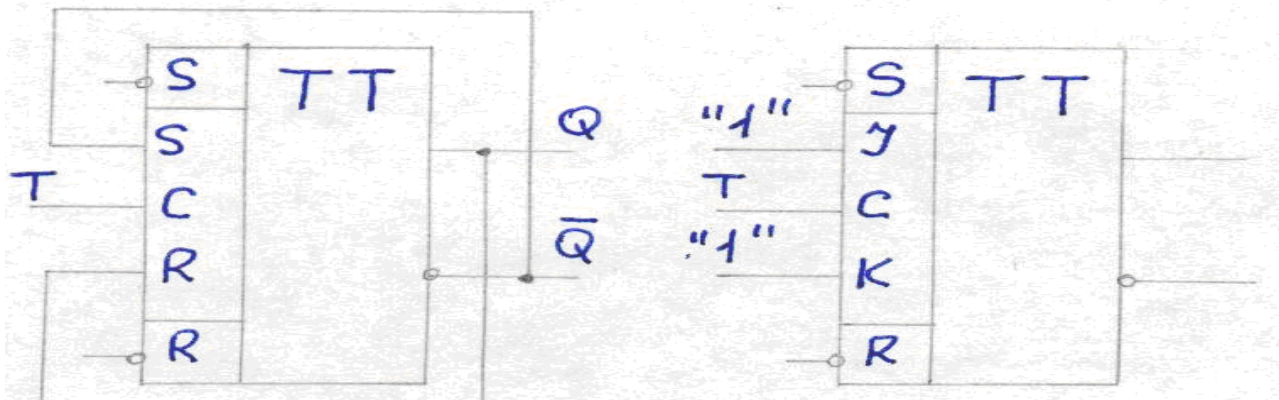
Хоналараро боʻланишни кыриш усулига араб кетма-кет, бошдан-оё (параллел) ва гуруҳли кычиришли санагичларни фарлаш мумкин.

Счетчиклар триггерлар асосида кырилсада, уларни мантий элементлар ёрдамида ҳам кыриш мумкин. Бундай санагичлар комбинацион санагичлар номини олган.

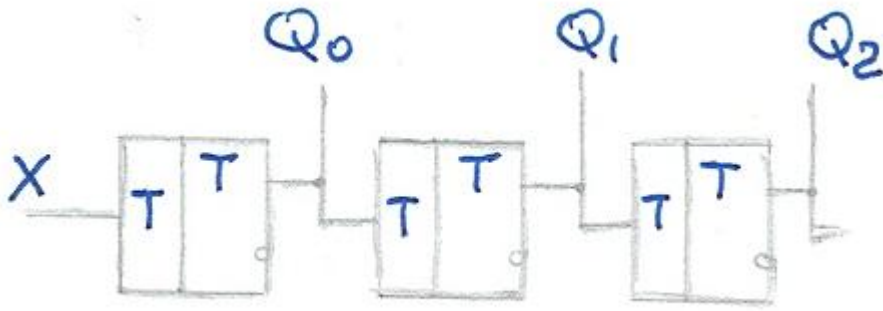
13.3. Иккили сана системасида ишлайдиган асинхрон санагичлар

Асинхрон санагичларда хар бир кейинги триггер олдинги триггер схемасида шаклланган хабарлар ортали бошарилади. Кириш йили хабарлари эса биринчи триггернинг сана кириш йилига берилади.

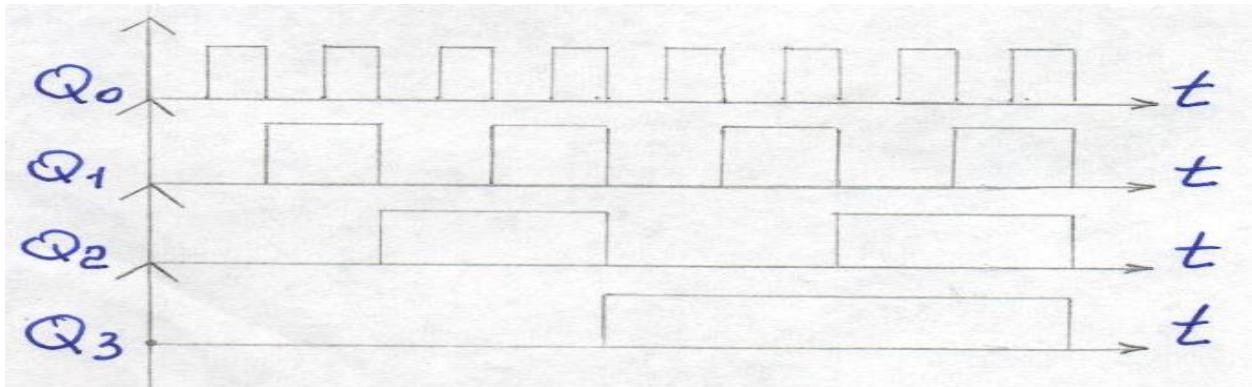
Асинхрон санагичлар RS, JK ва синхрон D триггерлар асосида амалга оширилган T - триггерлар асосида кырилади. RS - триггерни сана режимга ытказиш учун мос холда S ва R кириш йилларини Q ва \bar{Q} чиши йиллари билан улаш лозим. JK - триггерда сана триггерни хосил илиш учун J= K=1 шarti бажарилиши керак. Синхрон D-триггер асосида T триггерни хосил илиш учун D - кириш йилини Q чиши йили билан улаш лозим.



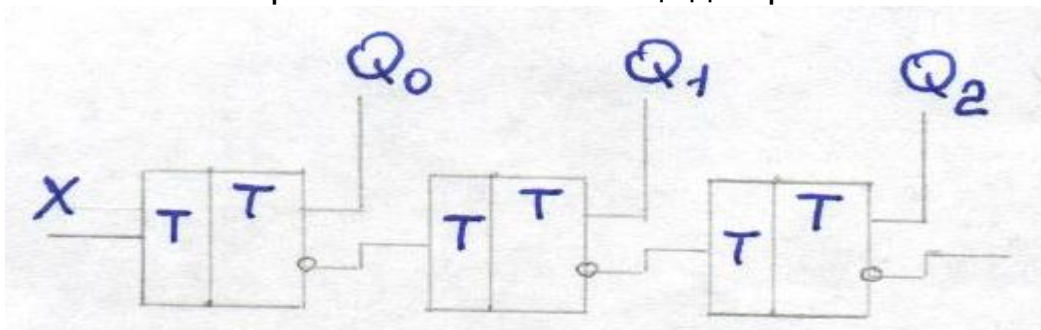
199-расм. Бевосита боʻланишли жамловчи санагичнинг схемалари



200-расм. Айирувчи санагичнинг схемаси



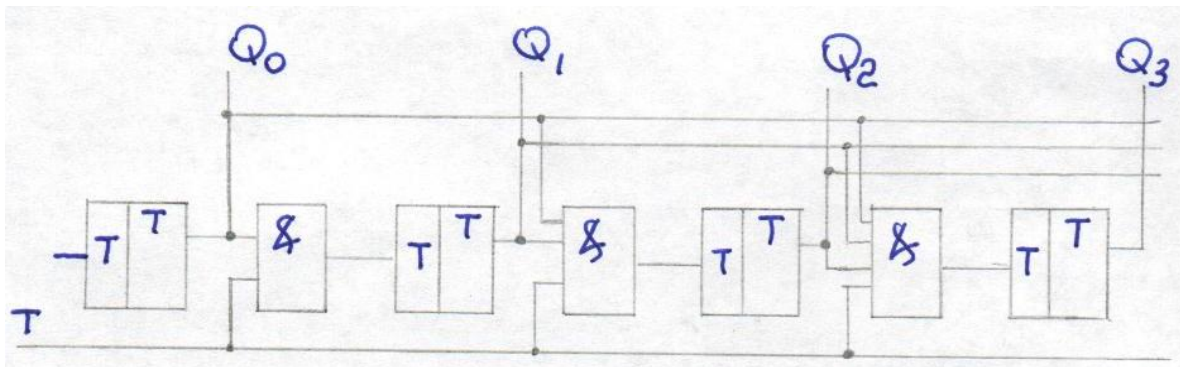
201-расм. Санагичнинг вақт диаграммаси



202-расм.

Бундай санагичларнинг тезкорлиги кам бўлиб, триггерларнинг кечикиш вақти ва хоналар сонига боғлиқ бўлади, чунки санагичлар кетма-кет қўчиришли схемада амалга оширилади.

Параллел қўчиришли схемаларнинг тезкорлиги жуда юқори.



203-расм. Параллел кычиришли санагич схемаси

Параллел кычиришли санагич схемасидан кыриниб турибдики, конъюнкторларнинг кириш йылларига триггер тартиб номерининг ысиши билан кыпаяди. Конъюнкторларнинг кириш йыллари сони чегараланганлиги туфайли санагичнинг хоналари сони катта былмайди. Хоналари сони катта былган санагичларда улар гуруҳларга былинади ва хар бир гуруҳ ичида параллел кычириш занжирлари кырилади. Гуруҳлар ыртасидаги кычириш бошдан -оё= (параллел) кычириш усулида ёки кетма-кет кычириш усулида амалга оширилади. Кычириш хабарларини бундай ташкил =илиш усули гуруҳли кычириш_деб аталади.

13.4. Ихтиёрий санаш модулли санагичлар

Ра=амли щисоблаш машиналарининг кыпгина =урилмалари учун санаш модули иккининг даражасига каррали былмаган санагичлар керак былади. Буларда санагич каскадлари сони билан ани=лаш мумкин былган ххлатлар тыли= ишлатилмайди. Бош=ача айтганда, бундай =урилмалар санаш модули $M=2^{n-1}+1$ дан $M=2^n-1$ гача ($n>2$) былган санагичлардан иборат. Масалан $n=4$ да санаш модулли 9 дан 15 гача былган счетчикларни кыриш мумкин.

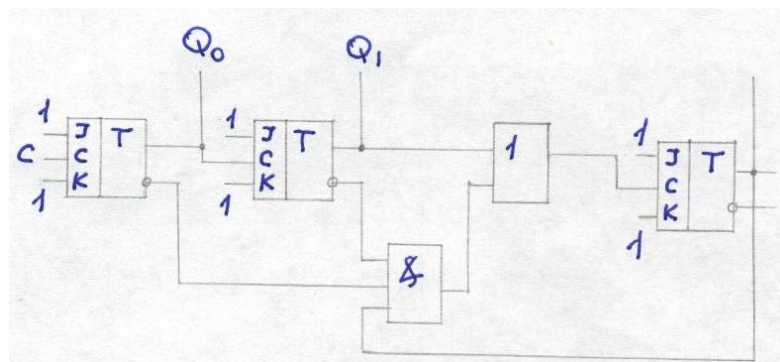
Бундай санагичларни =уриш учун санаш модули $M=2^n$ былган санагичдан «орти=ча» турган ҳолатларни чи=ариб ташлаш лозим. Таъ=и=ланган ҳолатларнинг сони $N_{таъ=и=}=2n-M$ муносабат ор=али ани=ланади.

Санагич ҳолатларининг =айсилари ишлатилишига =араб барча $M \neq 2^n$ санагичлар одатдаги ва ихтиёрий тартибда сановчи санагичларга былинади.

Биринчи турдаги санагичларда шундай тескари боғланиш занжирлари киритиладики, бундай санагич $M-1$ ҳолатдан 0 ҳолатига ытади.

Иккинчи турдаги санагичлар хар бир хонадаги триггернинг ҳолати синтез =илинади. Масалан, $M=5$ санагичда биринчи усулда тузилган триггер 0 дан 4 гача санаб, кейин 0 ҳолатга ытади. $n=3$.

Q_2	Q_1	Q_0
0	0	0
0	0	1
0	1	0



0	1	1
1	0	0
0	0	0

Шу усулда иккилик-ынлик санагич хам тузилиши мумкин.

13.5. Жамлагичлар

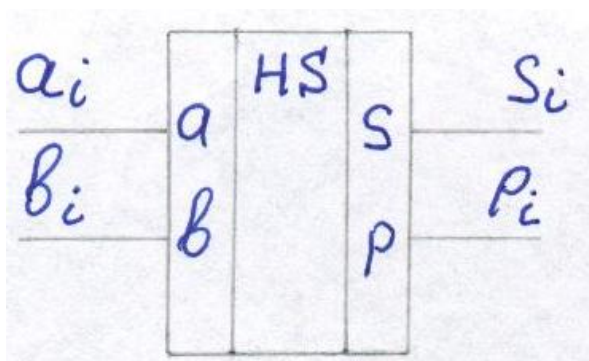
Икки сон хоналарини жамлаш амалини бажарувчи ЭХМ узели жамлагич деб аталади. У одатда бир хонали жамловчи схемалар

мажмуидан иборат былади. Жамлагичларни **уйидагича тасниф**лаш мумкин.

- Бир хонали сонларни жамлаш** усули быйича комбинацион ва тыпловчи жамлагичларга;
- Бир хонали сонларни жамлаш** схемасидаги **кириш йыллари** сони быйича икки кириш йыли бир хонали ярим жамлагич ва уч кириш йылли бир хонали жамлагичларга;
- Кып хонали сонларни жамлаш** усули быйича: кетма -кет, параллел жамлагичлар
- Сано= тизимининг асоси** ва **абул =илинган кодлаш** усули быйича: иккилик, иккилик-ынлик жамлагичларга
- Кычириш занжирини ташкил =илиш** усули быйича: кетма-кет, бошдан-оёе, гуруҳли, шартли кычиришли ва кычириш **=ийматини хотирада са=ловчи** жамлагичларга.

Комбинацион жамлагич - кириш йылларига **=ышилувчиларнинг** кодлари бир ва=тда берилиши билан **чи=иш йылларида йи\инди** ва кейинги (катта) хонага **кычириш =иймати хабарини** **ҳосил =илувчи манти=ий =урилмадир.** **+ышилувчиларнинг хабарларидан бири олиб ташланиши билан комбинацион жамлагичнинг чи=иш йылидаги йи\инди йы=олади.**

Ярим жамлагичлар - икки кириш йылига ва икки **чи=иш йылига эга** былган манти=ий схема. Унинг шартли белгиланиши ва ишлаш жадвали **=уйидагича:**



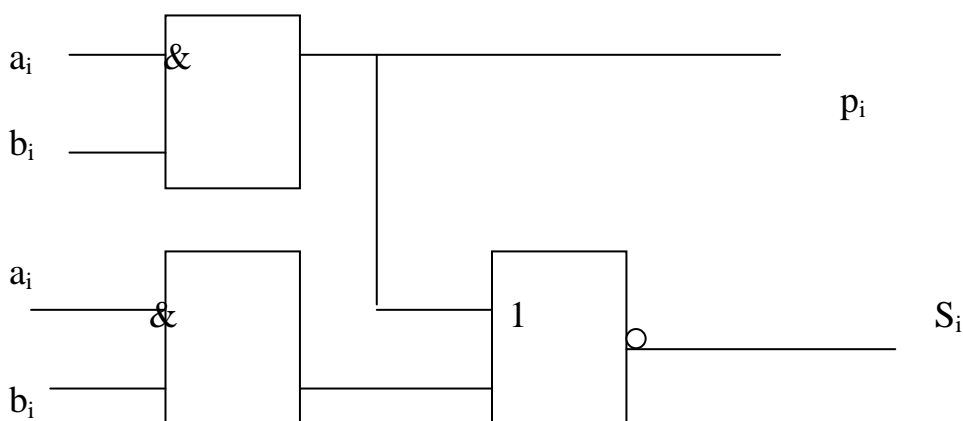
204-расм. Ярим жамлагичнинг белгиланиши:

a_i, b_i – берилган хонадаги **=ышилувчилар** сони
 s_i – **йи\индининг ра=ами**

p_i – кейинги (катта) хонага
 2 **кучириш хабарининг қиймати**

a_i	b_i	s_i	p_i
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

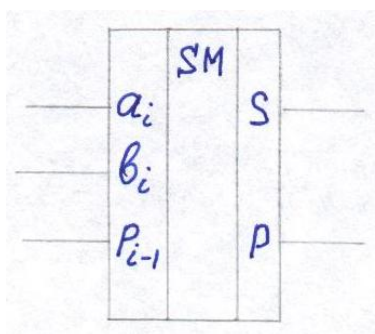
Бу схемада ш хабари щисобга олинмагани учун, номи Ҳам ярим жамлагич.



205-расм. Ярим жамлагичнинг структурали схемаси

Учта кириш йбли **бир хонали жамлагичда** олдиндаги (кичик) хонадан келаётган кычириш хабари щисобига олинган холда чи=иш йылларидан ва кейинги хонага кычириш хабарлари =иймати ани=ланади.

Бундай жамлагичнинг шартли белгиланиши ва ишлаш жадвали:



a_i	b_i	P_{i-1}	s_i	p_i
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

$$s_i = a_i b_i p_{i-1} \vee a_i b_i \bar{p}_{i-1} \vee a_i \bar{b}_i p_{i-1} \vee a_i \bar{b}_i \bar{p}_{i-1}$$

$$p_i = a_i b_i p_{i-1} \vee a_i b_i \bar{p}_{i-1} \vee a_i \bar{b}_i p_{i-1} \vee a_i \bar{b}_i \bar{p}_{i-1}$$

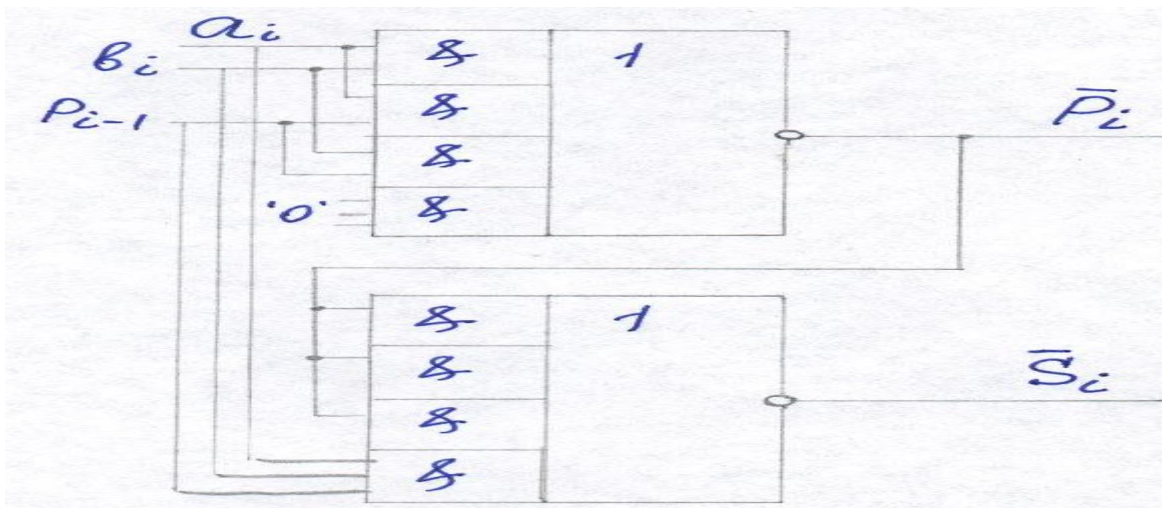
Бир хонали жамлагичнинг схемасини шу формулалар асосида тузиш мумкин. Яна бир усули =уйидагича:

a_i	b_i	P_{i-1}	s_i	p_i
0	0	0	0	0
0	0	0	1	X
0	0	1	0	1
0	0	1	1	x
0	1	0	0	1

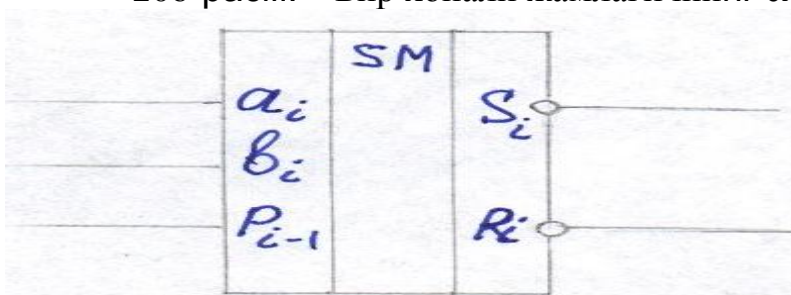
a_i	b_i	P_{i-1}	s_i	p_i
	0	0	0	1
1	0	0	1	X
1	0	1	0	X
1	0	1	1	0
1	1	0	0	Y

		$a_i b_i$			
		00	01	11	10
P_{i-1}	00	0	1	X	1
	01	X	X	0	X
	11	X	0	1	0
	10	1	X	X	X

		$a_i b_i$			
		00	01	11	10
P_{i-1}	0	0	1	0	
	1	0	1	1	



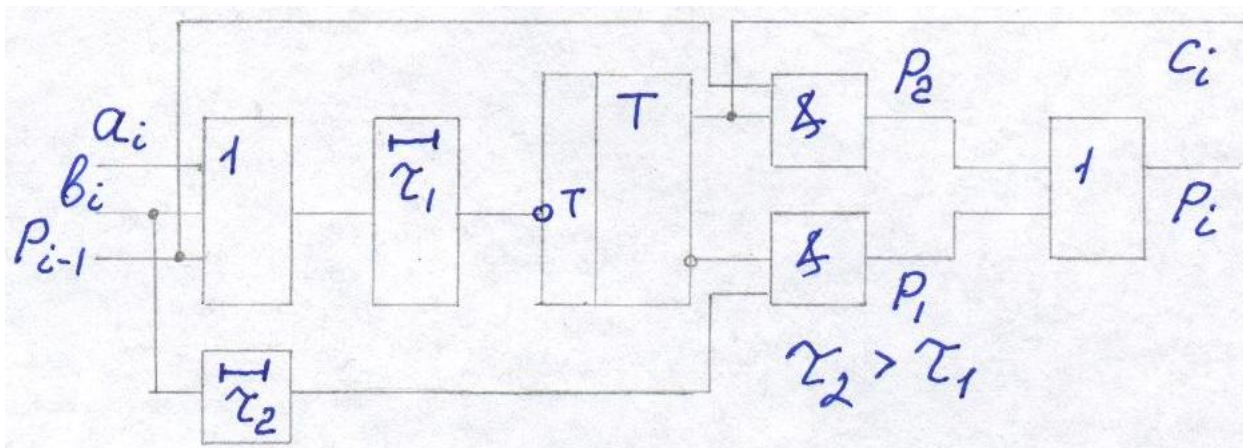
206-расм. Бир хонали жамлагичнинг схемаси



207-расм. К155ЛР3 интеграл схемасида тузилган бир хонали жамлагич

Тыпловчи жамлагич хотиралаш элементлари (триггерлар) асосида урилади. Кириш йилига кетма-кет берилган ёшилувчиларнинг кодлари жамлагичда йилинди кыринишда тыпланеди ва хабарлар берилиши тыхтатилса ҳам унда саланеди.

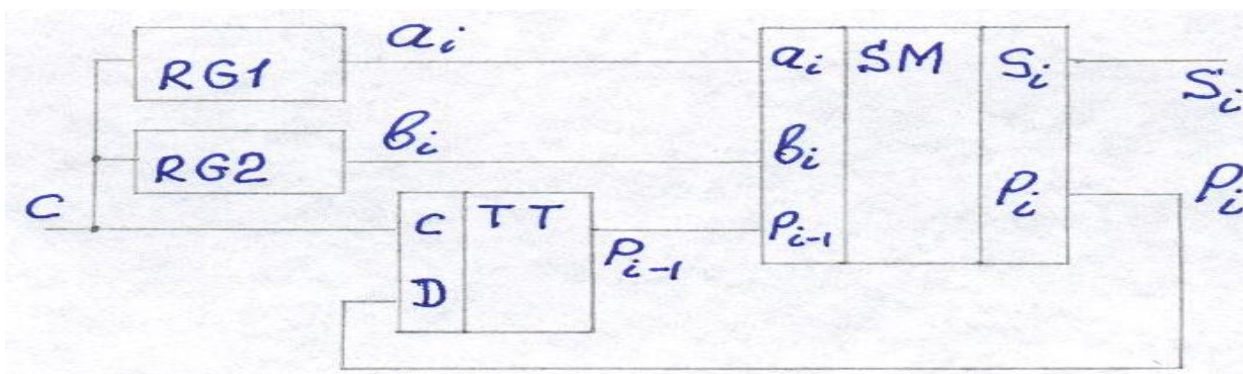
Бир хонали тыпловчи жамлагичлар mod2 быйича ёшиш амалини бажарувчи сано кириш йилли триггер асосида урилади.



208-расм. Бир хонали тыпловчи жамлагич схемаси

Тыпловчи жамлагичларда ёшиш амалини бажаришда ёшилувчиларнинг бири олдиндан жамлагичга киритилган былади.

Кып хонали жамлагичлар икки турда кетма-кет ва параллел былади. Кетма-кет кып жамлагич ёшилувчиларнинг кетма-кет кодини улар йилиндисини кетма-кет кодга айлантиради.



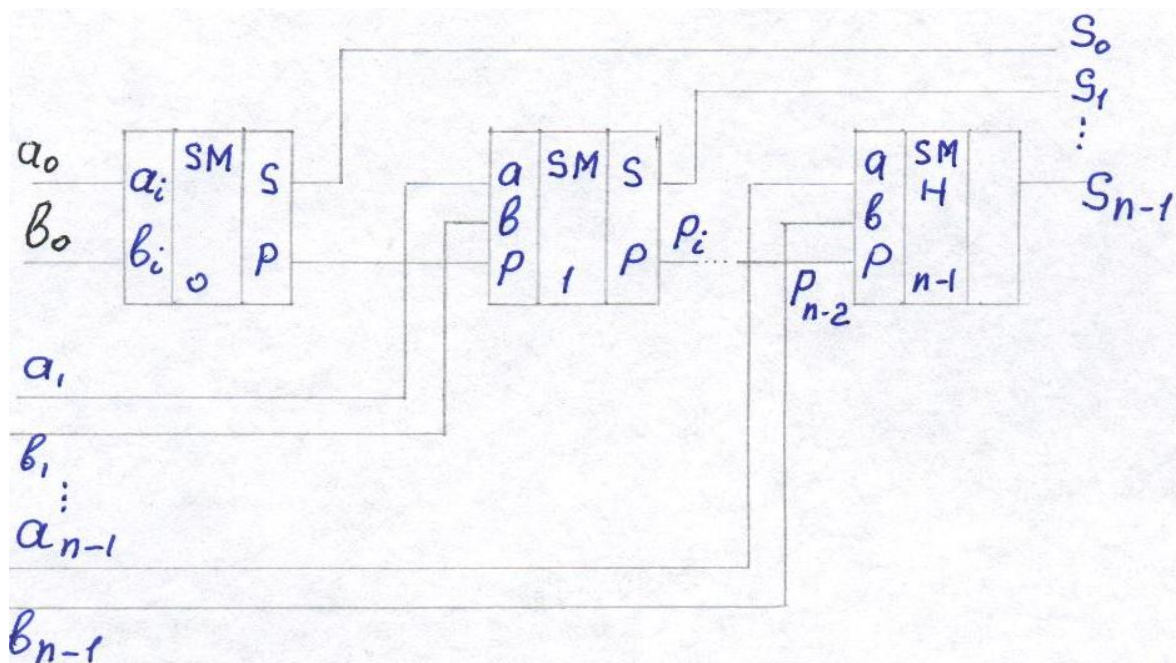
209-расм. Кетма-кет кып хонали жамлагич схемаси

Иккита n хонали сони ёшиш учун талаб илинадиган ва $t_c = nT$ бу ерда T- тактловчи хабарлар берилиш даври. Ускуна соннинг камлиги кып хонали кетма-кет жамлагичларнинг асосий фазилатидир. Камчилиги сифатида

тезкорлигининг пастлигини кырсатиш мумкин.

Параллел жамлагичлар сони ∞ ышилувчилар хоналарнинг сонига тенг былган бир хонали жамлагичлар асосида кырилиб, унда ∞ ышилувчилар кодининг хамма хоналари бир ва ∞ тда ишланади.

Хоналар орасидаги кычиришлар кетма -кет, параллел, гурухли былиши мумкин.



210-расм. Кетма-кет кўчиришли параллел жамлагич схемаси

$$S_0 = f_0(a_0, b_0); \quad p_0 = \varphi_0(a_0, b_0);$$

$$S_1 = f_1(a_1, b_1, p_0) = f_1^1(a_1, b_1, a_0, b_0); \quad p_1 = \varphi_1(a_1, b_1, p_0) = \varphi_1^1(a_1, b_1, a_0, b_0);$$

.....

$$S_i = f_i^1(a_i, b_i, a_{i-1}, b_{i-1}, \dots, a_0, b_0); \quad p_i = \varphi_i^1(a_i, b_i, \dots, a_0, b_0);$$

$$p_i = a_i b_i \vee a_i p_{i-1} \vee b_i p_{i-1} = a_i b_i \vee p_{i-1} (a_i \vee b_i);$$

Агар ифодада $g_i = a_i b_i$, $k_i = a_i \vee b_i = a_i \vee b_i$ деб белгиласак, унда

$$P_i = g_i \vee p_{i-1} h_i;$$

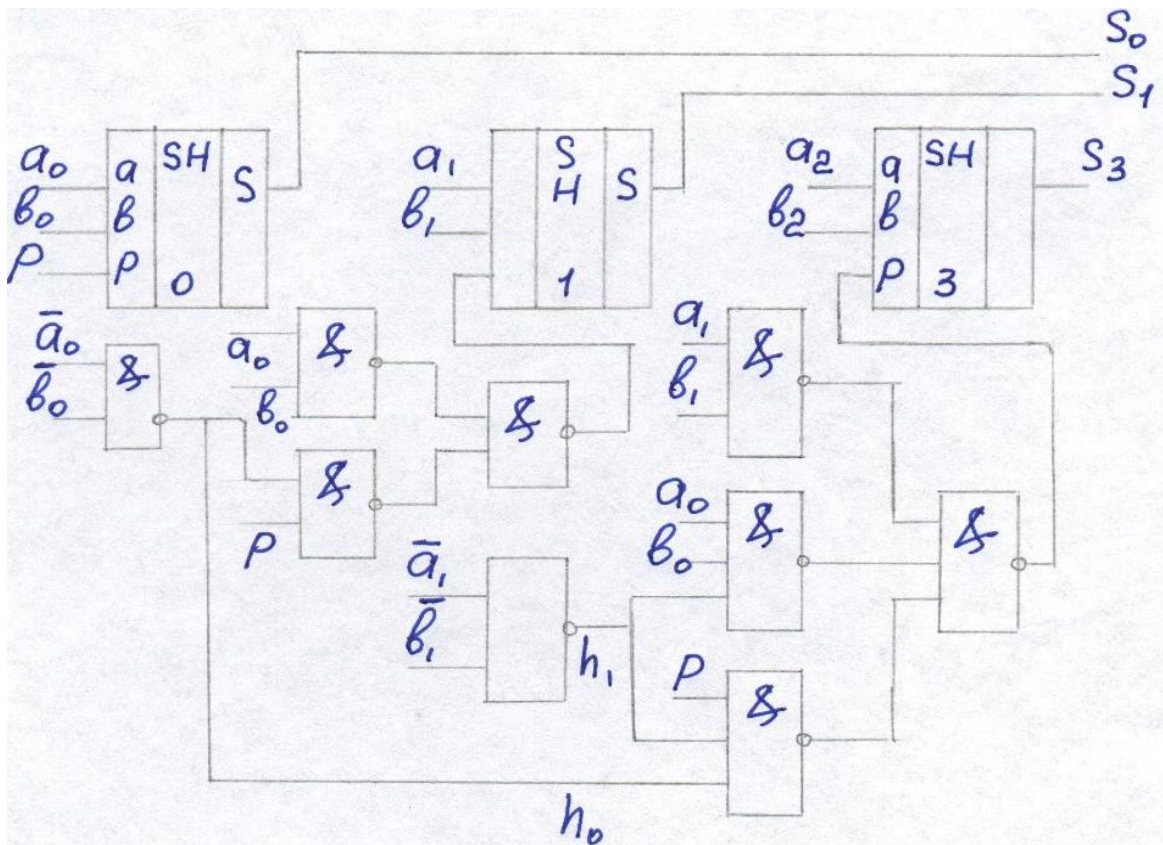
$$P_0 = g_0 \vee p h_0 \quad (p\text{-таш=и кычириш хабари})$$

$$P_1 = g_1 \vee p_0 h_1 \quad (g_0 \vee p h_0) = g_1 \vee g_0 h_1 \vee p h_0 h_1;$$

$$P_i = g_i \vee g_{i-1} h_i \vee g_{i-2} h_{i-1} h_i \vee \dots \vee p h_0 h_1 h_2 \dots h_i$$

Шу ифодани Шеффер элементларида амалга оширадиган былсак,

$$P_i = g_i \vee g_{i-1} g_{i-2} h_{i-1} h_i \vee \dots \vee p h_0 h_1 h_2 \dots h_i = a_i b_i a_{i-1} b_{i-1} h_i a_{i-2} b_{i-2} h_i \dots p h_0 h_1 h_2 \dots h_i$$



211-расм. 3-хонали параллел кычиришли параллел жамлагич схемаси

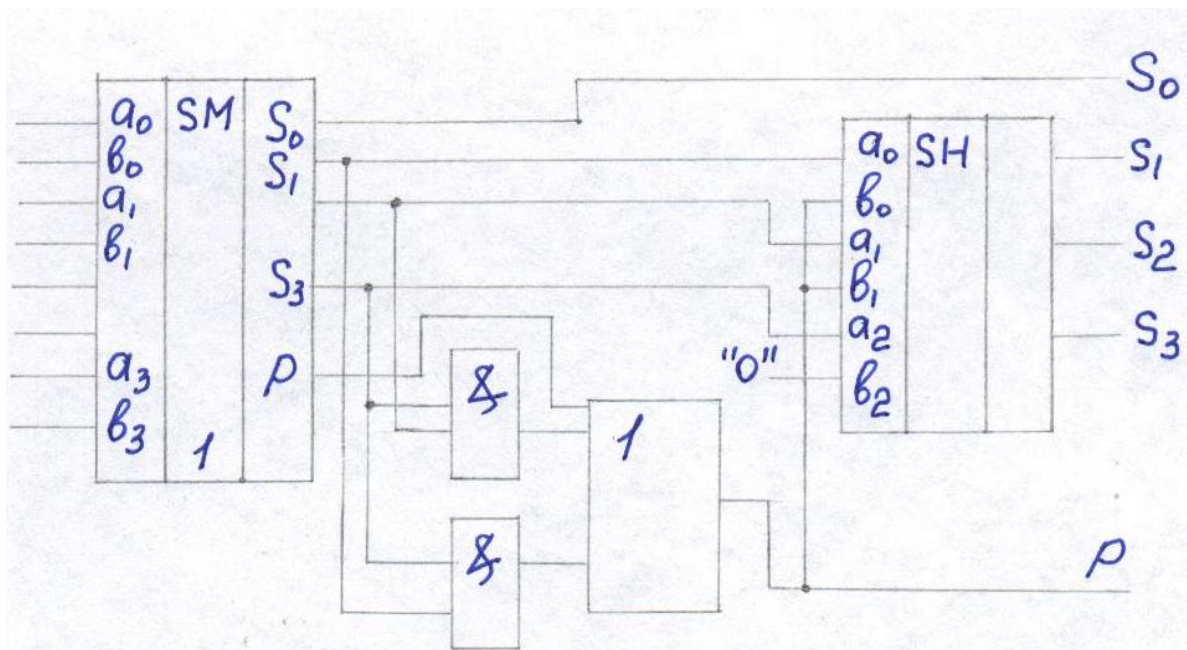
Келтирилган схемалардан кыриниб турибдики, хоналар сони =анча ошса, схема ҳам шунча мураккаблашади. Шунинг учун бундай схемалар энг тезкор схемалар былишига =арамай фа=ат кам хонали параллел жамлагичлар тузилади ва улар гуруҳли жамлагичларда ишлатилади.

n- хонали жамлагичлар гуруҳга былиниб, хар бир гуруҳда m-хонали =ышилувчилар ишлатилади. Группалар орасидаги кычириш =иймати хабарлари кетма-кет ёки параллел узатилиши мумкин.

Турли кып хонали жамлагичларни иш ва=ти быйича та==ослаш =уйидаги натжаларга олиб келади: энг ю=ори тезкорликка параллел жамлагичлар эга, энг паст тезкорлиги кетма -кет кып хонали жамлагичларда, кетма-кет кычиришли параллел жамлагичларда эса ыртача тезкорлик.

13.5.1. Иккилик-ынлик жамлагичлар

Бундай жамлагичларда иккилик сано= системасида ифодаланган ынлик ра=амлар устида =ышиш амали бажарилади. Хар бир ынлик рақамни тетра кыринишда ифодаланиб, олдин бу тетраэдалардаги иккилик сонлар =ышилади ва натижада коррекция киритилади.



212-расм. Иккилик-ынлик жамлагичл схемаси

Агар тетраэдаларни \approx ишиш натижаси 9 дан ошмаса коррекция керак эмас. Агар натижа 9 дан катта бўлиб 15 дан кичик бўлса, унда кейинги хонага кычириш хабари пайдо бўлиб, натижада 10 ни айириш керак, бу эса 0110 (6) \approx ишиш билан тенг. Агар натижа 15 дан ошса, у ҳолда кейинги хонага кычириш хабарини узатиш билан бир вақтда натижага 0110 \approx ишиш керак бўлади.

Юқорида келтирилган схемада 1-жамлагичда тетраэдаларни \approx ишиш натижаси аниқланса, 2-жамлагич ҳаминдай натижани аниқлайди.

Қисқача хулосалар

Маълумки, регистрлар шахсий компьютерларда ахборотларни эслаб қолиш ва улар устида турли амалларни бажаришга мўлжалланган. Бу мавзуда регистрларнинг функционал вазифаси бўйича, ахборотни қабул қилиш (кириштириш) усули, тактлаш усули бўйича таснифланиши келтирилган. Мисол тариқасида бир ва икки фазали жамлашувчи регистр схемаси ва ишлаши ёритиб берилган.

Санагичлар ҳам ШК узели шисобланади, у кириш каналидаги импульсларни санаш учун мўлжалланган. Бу мавзуда санагичларнинг саноқ тизими асоси бўйича, қандай мақсадда ишлатилишига қараб, санаш амалини ташкил қилиш бўйича, хоналараро боғланишни кыриш усулига қараб таснифланиши келтирилган. Шу билан бирга иккилик саноқ тизимида ишлайдиган асинхрон санагичлар, ихтиёрий санаш модули санагичларнинг схемаси ва ишлаш принципи кырсатилган.

ШК да иккита сон хоналарини жамлаш амалини бажариш учун жамлагичлар ишлатилади. Бу мавзуда жамлагичларнинг бир хонали сонларни жамлаш усули бўйича, бир хонали сонларни жамлаш схемасидаги кириш йўллари сони, кып хонали сонларни жамлаш усули, саноқ тизимининг асоси ва қабул қилинган кодлаш усули, кычириш занжирини ташкил қилиш усули

бўйича таснифланиши келтирилган. Қўриб чи=илган жамлагичлардан комбинацион ва ярим жамлагичлар, тыпловчи жамлагич, кетма-кет қўчиришли параллел жамлагич, щамда иккилик-ынлик жамлагичларнинг схемалари ва ишлаш принциплари мисоллар билан тушунтириб берилган.

Таянч сўзлар

Регистр, хотира регистри, силжитувчи регистр, бир ёки икки фазали регистр, бир тактли ва қўп тактли регистр, санагич, жамловчи санагич, реверсив санагич, асинхрон санагич, синхрон санагич, кетма-кет ва параллел санагич, кечикиш ва=ти, параллел қўчиришли санагич, жамлагич, комбинацион ва тыпловчи жамлагич, кетма-кет ва параллел жамлагич, иккилик ва иккилик-ынлик жамлагич, ярим жамлагич, тыпловчи жамлагич, кетма-кет қўчиришли параллел жамлагич, иккилик-ынлик жамлагич.

Назорат учун саволлар:

1. Регистр =андай =урилма ?
2. Функционал вазифаси бўйича =андай регистрлар бўлади ?
3. Ахборотни =абул =илиш (киритиш) усули бўйича регистрлар неча турга бўлинади ?
4. Тактлаш усули бўйича регистрлар неча хил бўлади ?
5. Бир фазали жам\арувчи регистр схемаси =андай ишлайди ?
6. Санагич =андай =урилма ?
7. Сано= тизими асоси бўйича санагичлар неча хил бўлади ?
8. Санаш амалини ташкил =илиш бўйича =андай регистрлар бўлади ?
9. Иккилик сано= тизимида ишлайдиган асинхрон санагичлар схемасини ва ишлаш принципини тушунтириб беринг.
10. Ихтиёрий санаш модули санагичларнинг схемасини ва ишлаш принципини тушунтириб беринг.
11. Жамлагичлар =андай =урилма ?
12. Бир хонали ва қўп хонали сонларни жамлаш усули бўйича жамлагичлар неча хил бўлади ?
13. Қўчириш занжирини ташкил =илиш усули бўйича =андай жамлагичлар бўлади ?
14. Ярим жамлагичларнинг шартли белгиланишини ва ишлаш жадвалини тушунтиринг.
15. Бир хонали тыпловчи жамлагичнинг ишлаш принципи нимага асосланган ?
16. Кетма-кет қўчиришли параллел жамлагич схемаси =андай ишлайди ?
17. Иккилик-ынлик жамлагичнинг схемасини ва ишлаш принципини тушунтириб беринг.

Фойдаланилган адабиётлар:

35. Схемотехника ЭВМ: Учебник для вузов. /Под ред. Г.Н. Соловьёва.- М.: Высшая школа, 1985г.
36. Угрюмов Е.П. Проектирование элементов и узлов ЭВМ. - М. Высшая школа, 1987.
37. Преснухин Л.Н., Воробьёв Н.В., Шишкевич А.А. Расчёты элементов цифровых устройств. - М. Высшая школа, 1981 г.
38. Микропроцессоры: в 3-х томах. Учебник для вузов. /Под ред. Преснухина А.А. - М. Высшая школа, 1986.
39. Ғаниев С.К. ЭХМ ва системалари.-Т.: Ёқитувчи, 1990.
40. Алексеенко А.Г. Основы микросхемотехники. / 3-е издание. М.: ЮНИМЕДИАСТАЙЛ, 2002, 448 стр.
- 25.** Гутников С.М. Интегральные схемы в измерительной технике, Л., 1988
26. Угрюмов Е.П. Проектирование элементов и узлов ЭВМ. М.: Высшая школа, 1987
27. Мостицкий Ш. Л. Англо-русский словарь по современной электротехнике и программированию: Компьютеры, интернет, телекоммуникации, аудио, видео, теле и радиотехника и пр.: Около 19000 терминов (более 12700 слов). М.: 2004, - 784 стр.

14-боб. Интеграл хотира қурилмасининг схематехникаси.

- 14.1. Хотира ИМС намуналари ва уларнинг характеристикаси. Асосий таърифлар ва туркимлаш
- 14.2. Мультиплексор асосида комбинацион схемалар тузиш (синтез қилиш)
- 14.3. Дастурланувчи доимий хотира ва дастурланувчи мантиқий матрицалар асосида схемаларни тузиш

14.1. Хотира ИМС намуналари ва уларнинг характеристикаси. Асосий таърифлар ва туркимлаш

Хотира =урилмаси (X+) ракам кодига ифодаланган ахборотни кабул =илиш, са=лаш ва талаб =илинганда узатишга мылжалланган техник воситалар мажмуидир.

Ахборотни са=лаш учун хар хил физик муҳитлардан фойдаланилади. Ахборот бирлигини са=лашга мылжалланган Физик мухит элементи хотира элементи (ХЭ) деб юритилади. Хотира элементлари маълум узунликдаги машина сызини са=ловчи хотира катаги (X+) га бирлаштирилади. Хотира катагига жойлаштириш мумкин былган иккилик хоналар сони хотира хоналигини белгилайди.

Хотира катаклари хотира блоки (ХБ) га бирлаштирилади. Ҳар бир пайтда ХБ нинг факат бир катагига мурожаат амалга оширилади.

Хотира =урилмасининг сифати ва унинг бирор ЭХМ да ишлатилишининг ма=садга мувофи=лиги унинг хажми, тезкорлиги, ишончлигига бо\ли=. X+ Ҳажми унда бир ва=тда са=ланиши мумкин былган ахборот бирликларининг энг катта сони ор=али ани=ланади, хамда бит (байт), килобайт (Кбайт) ва мегобайт (Мбайт) ифодаланади. X+ тезкорлиги мурожаат ва=ти ва тыла цикл ва=ти билан фойдаланади, ишончлиги эса конструктив ва ахборот ишончликлари билан белгиланади.

Хотира =урилмаларини турлича туркумлаш мумкин.

1) Ахборотни са=лаш физик мухит тури_быйича X+ лар =уйидаги турларга былинади.

- магнитли X+ лар. Уларнинг ХЭ лари феррит хал=аро феррит пластикалар юп=а магнит пленка асосида яратилади;
- электрон X+ лар (биполяри ва униполяр транзисторларда =урилган триггерлар);
- оптик X+ лар (голография принципидаги X+ лар);
- криоген X+ лар;
- механик X+ лар (перфолента, перфокарта ва х.).

2) Мурожаат усуллари быйича =уйидаги хотира =урилмалари фар=ланади:

- ихтиёрий фойдаланувчи;
- циклик фойдаланувчи;
- кетма-кет фойдаланувчи.

3) Ахборотни жойлаштириш ва =идириш усули быйича X+лари адресли ва адрессиз X+ ларга ажратилади. Ҳозирги замон X+ларининг аксарияти адресли былиб, уларда мурожаат жойи катак адреси ор=али ани=ланади.

4) ЭХМ да бажарадиган вазифалари быйича =уйидаги хотира =урилмалари фар=ланади:

- ыта оператив X+лар (ыта оператив хотира);
- оператив X+лари (оператив, асосий хотира);

- буфер X+лар (буфер хотира);
- таш=и X+лар (ташқи хотира);
- ызгармас X+лар (ызгармас ёки бир томонлама хотира).

Таш=и хотира =урилмалари маълумотларнинг катта массивини са=лашга мылжалланган былиб хотирловчи мухит сифатида магнит дисклар ишлатилади. Таш=и X+ лардаги маълумотлардан фойдаланиш учун уларни асосий оператив X+сига ытказиш лозим. Таш=и X+ларда кыпичча мурожаат усули ишлатилгани сабабли, мурожаат ва=ти ахборот са=ланадиган хотира катаги =аерда жойлашганлигига бо\ли=. Бундай X+ SAM (Serial Access Memory) харифлари билан ифодалаш мумкин ва мисол тари=асида магнит лентали магнит дискли X+ларни кырсаиш мумкин.

Буфер хотира =урилмалари ҳар хил тезкорликка эга былган =урилмалар (оператив ва таш=и хотира) ыртасида ахборот айирбошлашда восита вазифасини бажаради. Ҳажми ва тезкорлиги быйича буфер X+лари оператив ва таш=и X+лар ыртасида орали= ыринни эгаллайди.

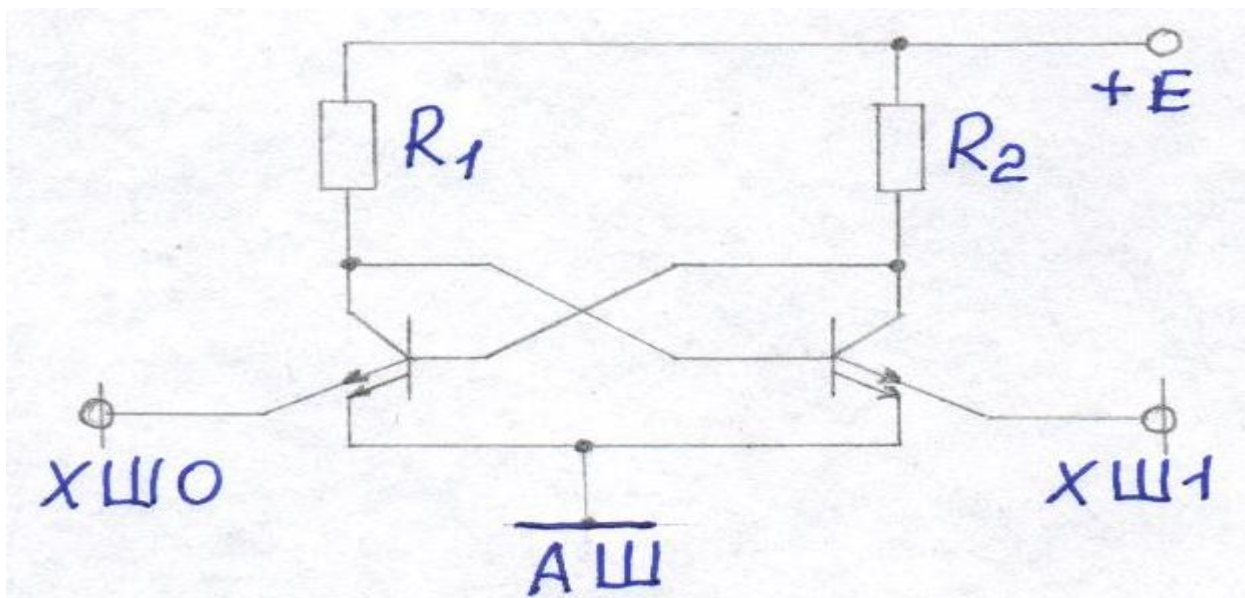
Ыта оператив X+лар (ыта оператив хотира). Бу X+ лар тез-тез ишлатиладиган маълумотларни ва доимийларни ёки тез-тез =айтарилувчи программаларни ва=тинча са=лаш учун ишлатилади. Бу хотира =урилмаларининг ҳажми бир неча ёки минглаб сыздан иборат былиб, мурожаат даври микросекунднинг ундан ёки юздан бирини ташкил этади. Хотира элементи яримытказгич элементлар, юп=а плёнкалар ва бош=алар ишлатилади.

Оператив хотира =урилмада масалани ечувчи праграммани амалга оширишда бевосита ишлайдиган маълумотларни са=лашга мылжалланган. Ҳозирги замон оператив X+ ларда ихтиёрий мурожаат усули ишлатилиб, мурожаат ва=ти анча =ис=а ва тезкорлиги ю=ори. Бундай X+ни RAM (Random Access Memory) харифлар билан ифодаланади.

Замонавий оператив X+ ларда ярим ытказгичли XЭ лари ишлатилиб, улар биполяр (МОП) транзисторларда тузилган статик ёки динамик триггерлар былиши мумкин.

Биполяр транзисторларда =урилган X+ лар униполяр транзисторларда =урилган X+ларга нисбатан катта тезкорликка эга, аммо бу хил =урилмаларда ахборотни жойлаштириш зичлиги кам былиб, улар кып =увват истеъмол =илади. Ундан таш=ари, униполяр транзисторли XЭ нинг ясаш технологияси мураккабро=.

Биполяр транзисторларда =урилган XЭ ида иккита эмиттерли T1 ва T2 транзисторлар ҳамда R1 ва R2 резисторлар ишлатилади. Транзисторларнинг пастки эмиттерлари умумий адрес шинасида (АШ), ю=ори эмиттерлари эса мос ҳолда «0» ва «1» хонаси шиналарига (XШ0 ва XШ1)га уланган.



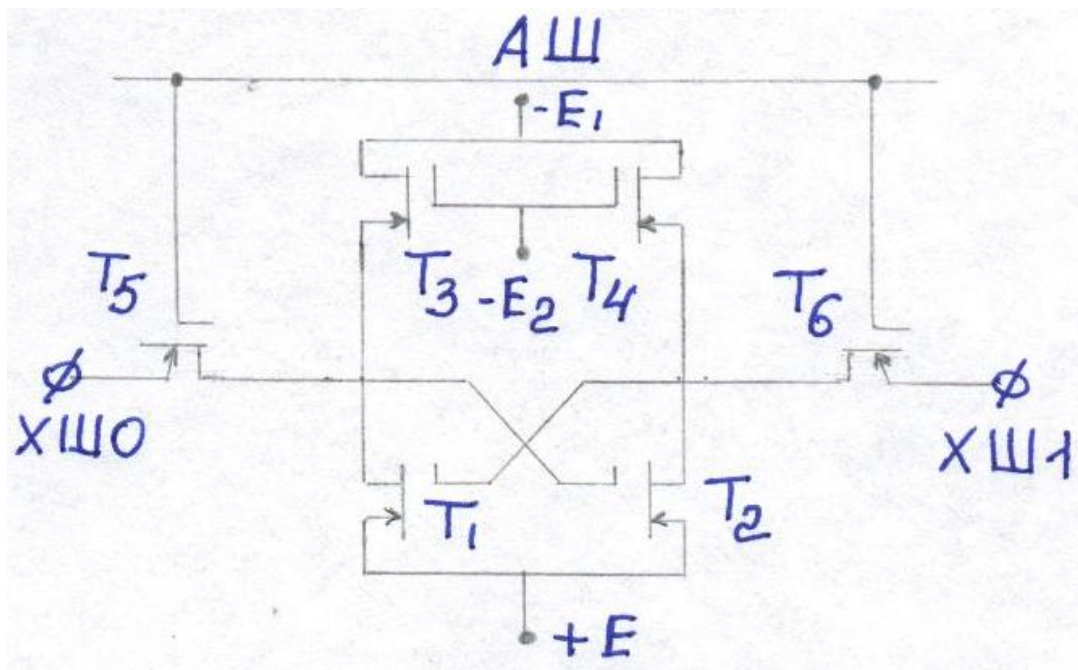
213-расм. Биполяр транзисторларда урилган хотира элементи схемаси

Ахборотни са=лаш режимида АШ га мусбат, ХШ0 ва ХШ1 хона шиналарига эса ёзиладиган ахборотга араб мос ҳолда мусбат ёки манфий хабарлар бир ва=тда бериш ор=али амалга оширилади. «0»ни ёзганда ХШ0 шинасига манфий, ХШ1 шинасига манфий, ХШ1 шинасига мусбат кучланиш импульси берилади. Бу ва=тда Т1 транзистор очилади ва ток Э1 эмиттер ор=али ХШ0 шинасига о=ади.

Ахборотни ы=иш режимида АШ га хона шиналаридаги потенциалдан катта былган мусбат хабар берилади. Бу ва=тда са=лаш режимида Э2 ёки Э4 эмиттерлар ор=али АШ га о=аётган токнинг хаммаси Э1 ёки Э2 эмиттерлар ёрдамида мос хона шиналарига уланади ва чи=иш йыли сигнали сифатида ишлатилади. Адрес шинасидаги импульс тугаши билано= транзистор яна АШ га уланади, яъни ы=ишдан сынг ахборот ычирилмайди.

Униполяр транзисторлар урилган статик ХЭ ҳам одатда триггер асосида урилади ва улар ахборотни регенерациялашни талаб =илмайди. Бу хотира элементи олтига униполяр (Т1 ва Т2) бевосита бо\ланишли триггерни ташкил этади. Т3 ва Т4 транзисторлар триггер юкининг чизи\ли былмаган =аршиликлари вазифасини бажаради. Т5 ва Т6 транзисторлар эса ХЭ га мурожаатни амалга оширишда вентиллар вазифасини ытайди.

Статик ҳолатда адрес шинаси ерга уланади. Т1 ва Т2 транзисторлар беради яъни триггер хона шиналаридан ажратилган былади. Ахборотни ы=ишда АШ сига берилган импульс таъсирида Т1 ва Т2 транзисторлар очилади ва триггердаги хабарлар ХШ0 ва ХШ1 хона шиналарига берилади. Ахборот ёзиш учун манфий мос хона шинасига (ХШ0 ва ХШ1) мусбат импульс бериш лозим.



214-расм. Униполяр транзисторлар =урилган статик хотира элементи схемаси

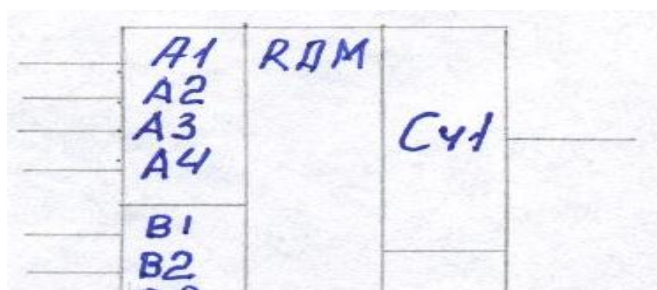
Статик хотира элементларининг камчилиги уларнинг доимо катта электр =уввати истеъмол =илишидир.

Униполяр транзисторлар асосида =урилган динамик хотира элементидир статик ХЭ га нисбатан ахборотни жойлаштириш зичлиги ва тезкорлиги катта. Динамик ХЭ нинг асосий заряд тыпловчи конденсатор ташкил этади. Бу хотирлаш конденсаторидаги заряднинг муттасил камайиши динамик хотира элементларида ахборотни регенерациялаш масаласини =ыяди.

Ярим ытказгичли хотира =урилмаларни тузишда алохида хотира элементларидан эмас, балки интеграл хотира микросхемалардан фойдаланилади.

Хотира микросхемаси (ХМ) маълум бир тарзда хотира матричасига бирлаштирилган бош=арилувчи электрон схемаларига эга былган хотира элементларидан ташкил топган конструктив бирликдир. Электрон схемалар одатда, хотира элементлари билан битта кристаллда жойлаштирилган былиб, дешифрация схемаларига, адрес ва хона занжирларига ёзиш, са=лаш ва ы=иш режимларини бош=арувчи манти=ий схемаларига эга.

Мисол тари=асида =уйидаги ИМС ни келтириш мумкин. Биполяр транзисторлари асосида =урилган Х+лардан бири К1 55РУ1. Бу ИМС нинг шартли белгиланиши =уйидагича (215-расм):



К155РУ1

Мурожаат ва=ти =<60 нс,
хажми (16x1) бит

К155РУ5

Мурожаат вакти =<60 нс.

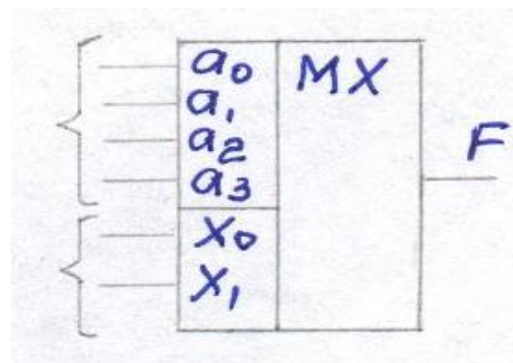
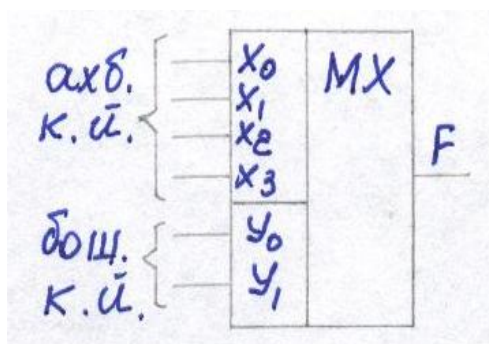
215-расм. Биполяр транзисторлари асосида тузилган X^+ лардан бири

- Униполяр транзисторлар асосида тузилган статик X^+ - КР188РУ2 (256x1) бит, муқофоти вақти =500 нс;
- Униполяр оператив X^+ - КР565РУ1 (4096x1) бит, муқофоти вақти =480 нс, регенерация вақти =2 мс.

14.2. Мультиплексор асосида комбинацион схемалар тузиш (синтез қилиш)

Мультиплексор асосида ҳар қандай $k+1$ мантиқий ўзгаришчиларга эга бўлган функцияни амалга оширадиган муқофоти тузиш мумкин. Бу ҳолда мультиплексор дастурлашган модуль (мантиқий модуль) режимида ишлайди.

Мультиплексор мантиқий модуль сифатида ишлатилганда унинг кириш йўллари вақти вазифаси ўзгаради: бошқарувчи кириш йўллари асосий кириш йўллари вақти вазифасини бажариб, уларга аргументлар уланади, асосий кириш йўллари эса асосий кириш йўли вақти вазифасини бажаради.

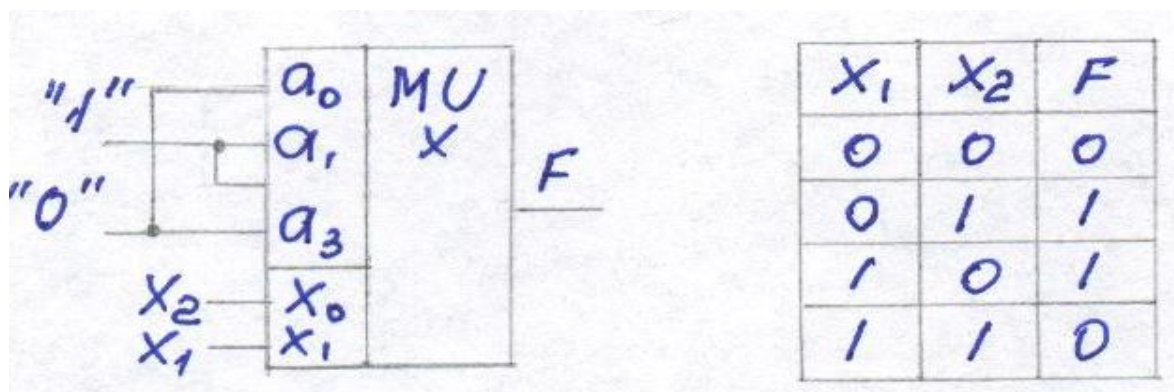


216-расм. Мультиплексор дастурлашган модуль (мантиқий модуль) режимида ишлайдиган схема ва унинг белгиланиши

1-мисол. Масалан, мультиплексор асосида қуйидаги берилган мантиқий

функцияни амалга оширувчи =урилма тузиш керак былсин:

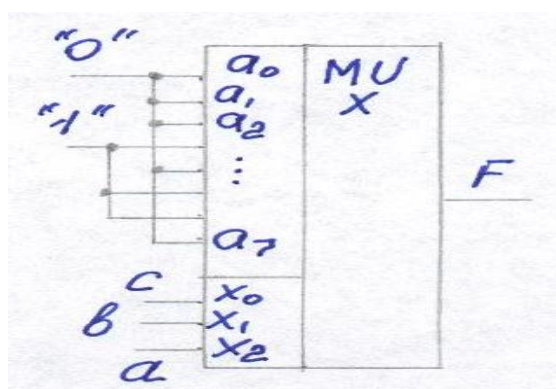
$$F = X_1 \oplus X_2 = X_1 X_2 \vee X_1 \bar{X}_2$$



217-расм. Манти=ий функцияни амалга оширувчи =урилма схемаси ва унинг белгиланиши

2-мисол. Манти=ий функция жадвал кыринишида былсин:

a	b	c	F
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0



218-расм. Учта киришли мультиплексорнинг холат жадвали ва схемаси

Агар манти=ий ызгарувчиларнинг сони информация кириш йллари сонидан кыпро= былса, у холда бир неча манти=ий ызгарувчилар информация кириш йлларига уланиб, созловчи кириш йлларининг =олди= функция уланади.

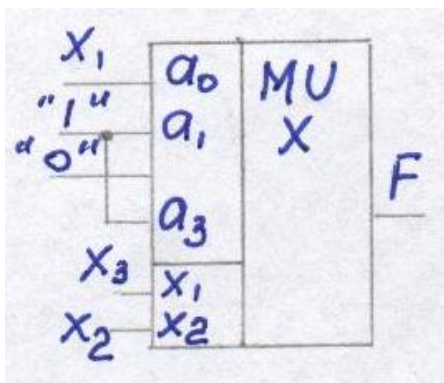
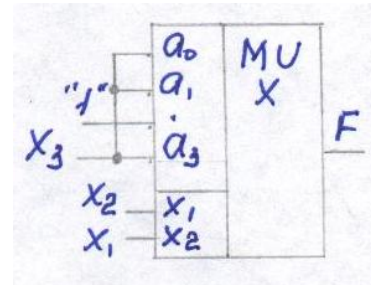
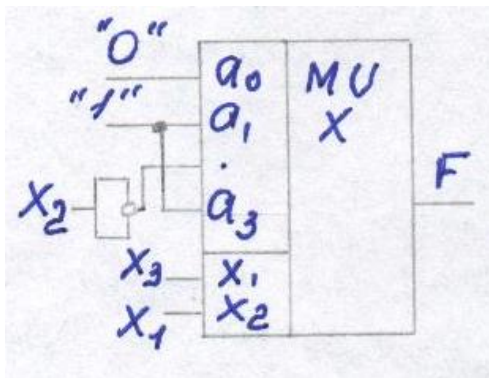
1) $F = X_1 X_2 \vee X_3$ МХ " «4 → 1»
 +олди= функцияни кыриниши

X_1	X_2	F_k
0	0	X_3
0	1	X_3
1	0	1
1	1	X_3

X_1	X_3	F_k
0	0	0
0	1	1
1	0	X_2
1	1	1

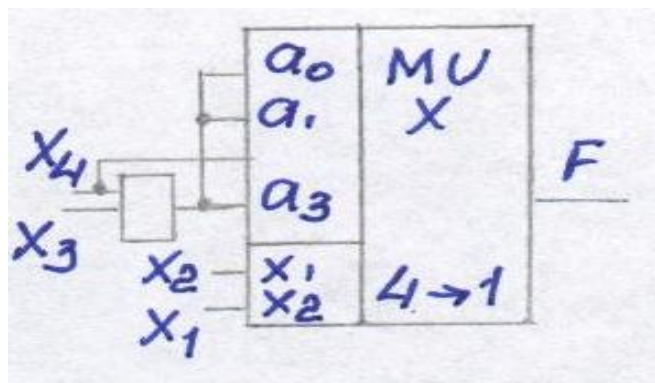
X_2	X_3	F_k
0	0	X_1
0	1	1
1	0	0
1	1	1

2-мисол. $F = X_1 X_2 \vee X_3$ МХ " «4 → 1»



Агар информацион кириш йылкарига X_1 ва X_2 ызгарувчилар уланса, у холда «олди» функциянинг кыриниши «уйидагича».

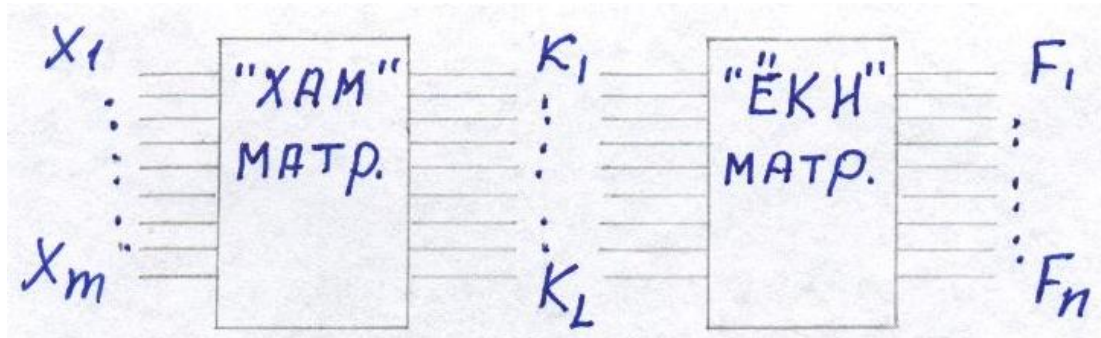
X_1	X_2	F_x
0	0	$X_3 X_4$
0	1	$X_3 X_4$
1	0	X_4
1	1	$X_3 X_4$



14.3. Дастурланувчи доимий хотира ва дастурланувчи мантиқий матрицалар асосида схемаларни тузиш

Дастурланувчи доимий хотира «урилмаси тузилиши быйича икки «исмдан иборат былиб, биринчи «исмида дешифрация операцияси бажарилади. Яъни кириш адрес кодига «араб бир неча чи«иш йылларидан фа«ат биттасида актив хабар пайдо былади. Бу «исм конъюнкторлардан тузилгани сабабли, у «ХАМ» («И») - матрицаси номини олган. Иккинчи «исмда дизъюнкторлардан тузилганлиги сабабли, уни «ЁКИ» («ИЛИ») матрицаси деб номлашади.

Доимий хотира =урилмаси ахборотнинг ёзилиши «ЁКИ» матричасида у ёки бу бо\ланишларни (бо\ловчи элементларини) йы= =илиш ёки аксинча са=лаб =олиш билан бо\ли=. Доимий хотира =урилмасининг структура схемаси:



219-расм. Доимий хотира =урилмасининг структура схемаси

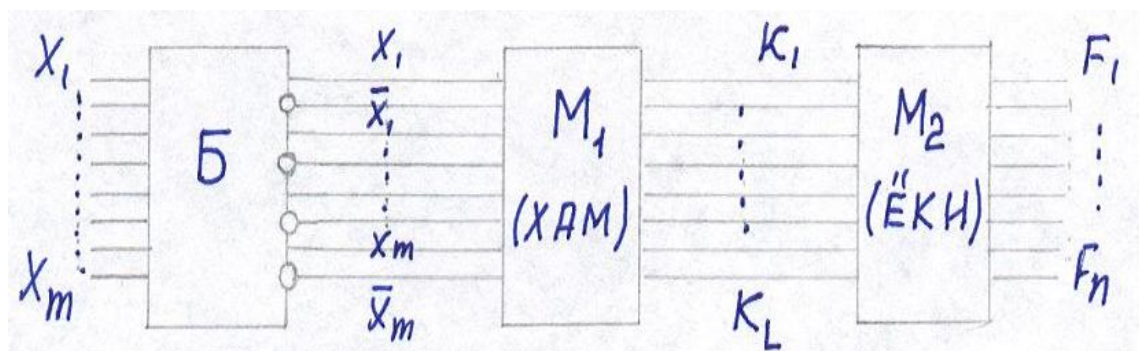
Дастурловчи икки по\онали матрица (ХАМ-матрица ЁКИ) =урилмалар уч турда былиши мумкин:

- 1) ызгармас ХАМ матрица ва программаланувчи ЁКИ матрицали =урилма;
- 2) программаланувчи ХАМ матрица ва ызгармас ЁКИ матрицали =урилма;
- 3) программаланувчи ХАМ матрица ва программаланувчи ЁКИ матрицали =урилма.

Биринчи турда =урилма программаловчи доимий хотира =урилмалар мос, учинчи тур - программаланувчи манти=ий матрицага, иккинчи турдаги =урилмалар кам тар=алган былиб, ишлаб чи=арилмайди.

Шундай =илиб, программаланувчи манти=ий матрица уч =исмдан иборат былиб, биринчи =исмда кириш йыли ызгарувчининг параметр =ийматлари шакллантирилади (Б), иккинчи =исми кириш ызгарувчиларнинг конъюнкциясини шакллантирувчи ХАМ - матрица (М1) ва учинчи =исм-конъюнкцияларининг дизъюнкцияси шакллантирувчи «ЁКИ» матричаси (М2)

ДММ асосий параметрлари - кириш йыллари сони m , орали= функциялар - термлар сони l ва чи=иш йыллари сони n .

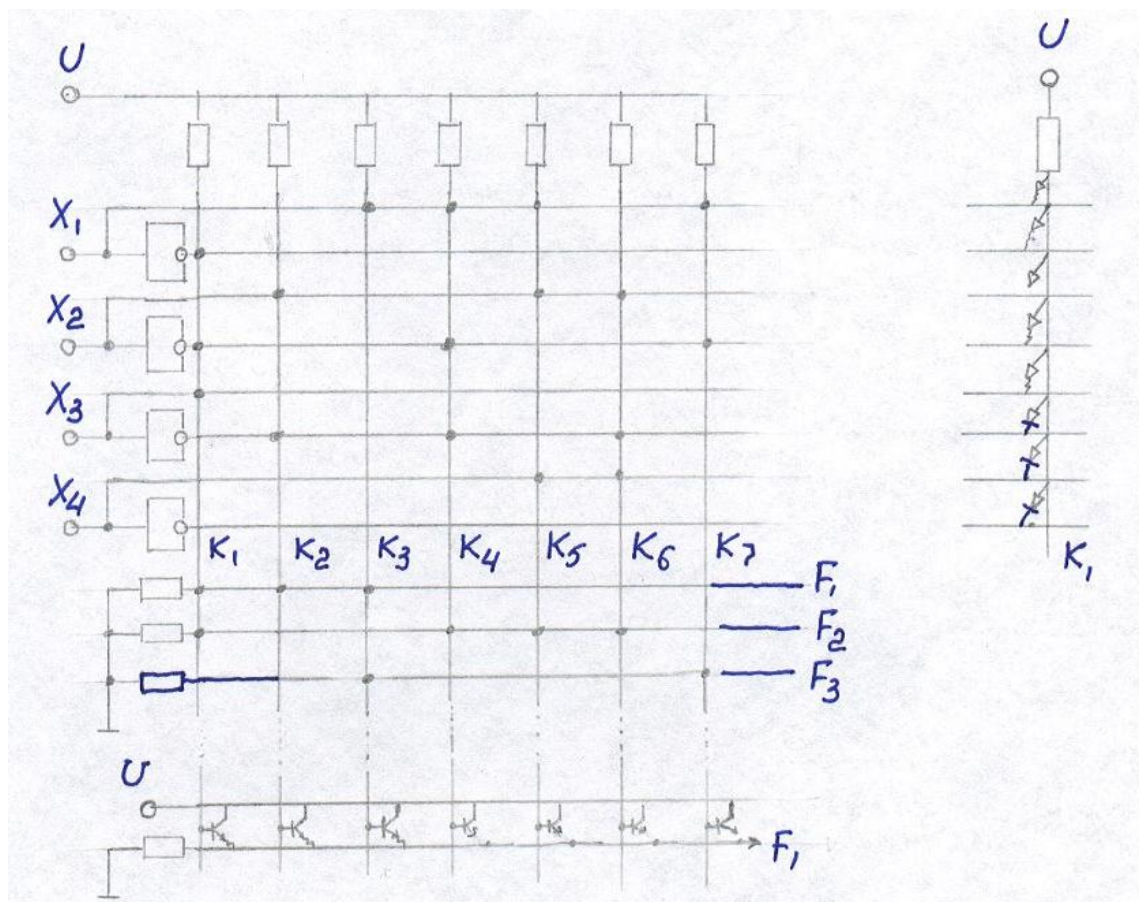


220-расм. Дастурланувчи манти=ий матрица схемаси

Дастурланувчи матрица m -аргументли n - функцияни амалга ошириш мумкин, ҳар бир функция 1-конъюнкциялар дезъюнкциясидан иборат былиши мумкин. Яъни хар бир функциядан конъюнкциялар сони олиши мумкин эмас.

Дастурланувчи манти=ий матрицаларни схемасини турли элементларда

тузиш мумкин. Шулардан бирининг кыриниши =уйидагича:



221-расм. Дастурланувчи мантий матрицаларни схемасини турли элементларда тузиш схемаси

Учта функция берилган бысин:

$$F_1 = x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot x_4 = k_1 \vee k_2 \vee k_3$$

$$F_2 = x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot x_4 \cdot x_2 \cdot x_3 \vee x_1 \cdot x_2 \cdot x_4 \vee x_2 \cdot x_3 \cdot x_4 = k_1 \vee k_4 \vee k_5 \vee k_6$$

$$F_3 = x_4 \cdot x_4 \vee x_1 \cdot x_2 = k_3 \vee k_7$$

Бу схемада матрица ХАМ диодлар асосида тузилган былиб, матрица ЁКИ транзисторларда тузилган, яъни болаш элементлари вазифасини диод ва транзисторлар бажаради. Ни- термлар, яъни ызгарувчиларни (диод калитларида тузилган конъюнктор).

Дастурлашдан олдин матрицада ҳам болашишлар мавжуд. Сынг амалга ошириладиган функцияга араб, керак былмаган боловчи элементлар йыилинади, яъни вагинча тыси эритилади катта ток билан. Шу функцияни п-каналли майдон транзисторларида тузилган матрицалар ҳам ошириши мумкин. Бу схемада иккала матрица ҳам «ЁКИ-ЭМАС» элементларидан тузилганлиги сабабли. Бундай схемаларда боловчи элементлар былмаса, транзисторни затвори бажарилмайди, (связь полевого транзистора не завершена). Чишиш йылида функцияни инкори аниланади.

$$x_1 \cdot x_2 \cdot \dots \cdot x_m = x_1 \vee x_2 \vee \dots \vee x_m$$

ДММ асосида хотирловчи автомат тузиш керак былса, унга =ышимча транзистор уланади.

Қисқача хулосалар

Маълумки, хотира =урилмаси ШК ларнинг энг асосий таркибий =исми щисобланади, унинг асосий вазифаси ахборотни =абул =илиш, са=лаш ва сыров быйича узатиш щисобланади.

Бу бобдахотира =урилмасининг ахборотни са=лашнинг физик муштити тури быйича, мурожаат этиш усуллари быйича, ахборотни жойлаштириш ва =идириш усули быйича, ШК да бажарадиган вазифалари быйича таснифланиши келтирилган. Биполяр транзисторларда =урилган хотира элементларини схемаси ва ишлаш принципи тушунтириб берилган, уларнинг униполяр транзисторлар асосида =урилган динамик хотира элементидан фар=лари щам ёритиб берилган. Бундан таш=ари, хотира микросхемаси ты\рисида маълумотлар берилган, мисоллар билан тушунтирилган.

Бу мавзуда мультиплексор асосида комбинацион схемаларни тузиш ва уларни синтезлаш масаласи щам кыриб чи=илган.

Программаланувчи доимий хотира =урилмасининг структурали схемаси ва турлари щам бу мавзуда кыриб чи=илган. Программаланувчи манти=ий матрицалар асосида турли манти=ий схемалар (И, ИЛИ,НЕ, И-НЕ, ИЛИ-НЕ) тузиш ва уларни ишлатиш масаласи щам ёритилган.

Таянч сўзлар

Хотира =урилмаси, хотира элементи, хотира блоки, хотира катаги, бит (байт), килобайт, мегабайт; магнитли, электрон, оптик, криоген, механик хотира =урилмалари; адресли ва адрессиз хотира =урилмалари; оператив, буферли, таш=и, ызгармас хотира =урилмалари; биполяр (МОП) транзисторлар, адрес щинаси, униполяр транзисторлар, хотира микросхемаси, дастурлашган (манти=ий) модуль, дастурланадиган доимий хотира, дастурланадиган манти=ий матрица.

Назорат учун саволлар:

1. Хотира =урилмасининг вазифаси нимадан иборат ?
2. Хотира элементи, хотира катаги, хотира блоки атамаларини тушунтириб Беринг.
3. Ахборотнинг =андай ылчов бирликлари мавжуд ?
4. Ахборотни са=лашнинг физик муштити тури быйича =андай хотира =урилмалари былади ?
5. Мурожаат усуллари быйича неча турдаги хотира =урилмалари былади ?
6. ШК да бажарадиган вазифалари быйича =ана=а хотира =урилмаларини биласиз ?

7. Таш=и, буферли, оператив хотира =урилмаларининг ишлаш принципини тушунтиринг.
8. Биполяр ва униполяр хотира =урилмаларининг схемаси ва ишлаш принципини тушунтиринг.
9. Хотира микросхемасининг ишлаши нимага асосланган ?
10. Мультиплексор асосида комбинацион схема тузиш =андай амалга оширилади ?
11. Дастурланадиган доимий хотира схемасини тушунтиринг.
12. Дастурланадиган манти=ий матрицалар асосида схемалар =андай тузилади ?

Фойдаланилган адабиётлар:

41. Схемотехника ЭВМ: Учебник для вузов. /Под ред. Г.Н. Соловьёва.- М.: Высшая школа, 1985г.
42. Угрюмов Е.П. Проектирование элементов и узлов ЭВМ. - М. Высшая школа, 1987.
43. Преснухин Л.Н., Воробьёв Н.В., Шишкевич А.А. Расчёты элементов цифровых устройств. - М. Высшая школа, 1981 г.
44. Микропроцессоры: в 3-х томах. Учебник для вузов. /Под.ред. Преснухина А.А. -М. Высшая школа, 1986.
45. /аниев С.К. ЭХМ ва системалари.-Т.: **Ў**ЎҚитувчи, 1990.
46. Алексеенко А.Г. Основы микросхемотехники. / 3-е издание. М.: ЮНИМЕДИАСТАЙЛ, 2002, 448 стр.
- 28.** Гутников С.М. Интегральные схемы в измерительной технике, Л., 1988
29. Угрюмов Е.П. Проектирование элементов и узлов ЭВМ. М.: Высшая школа, 1987
30. Мостицкий Ш. Л. Англо-русский словарь по современной электротехнике и программированию: Компьютеры, интернет, телекоммуникации, аудио, видео, теле и радиотехника и пр.: Около 19000 терминов (более 12700 слов). М.: 2004, - 784 стр.

15-боб. Микропроцессорлар схематехникаси

15.1. Микропроцессорлар схематехникаси асослари

15.2. ЭХМ схемотехникасининг ривожланиш истикболлари

15.1. Микропроцессорлар схематехникаси асослари

Микропроцессор - битта ёки бир неча катта интеграл схемаларига (КИС) тузилган ва ахборотни =айта ишлаш учун мылжалланган дастурланувчи =урилма. Микропроцессор (МП) **микропроцессор тизимининг** (МТ) асоси процессор элементи былиб, МП дан таш=ари МТ га хотира ва таш=и =урилмалар хам киради.

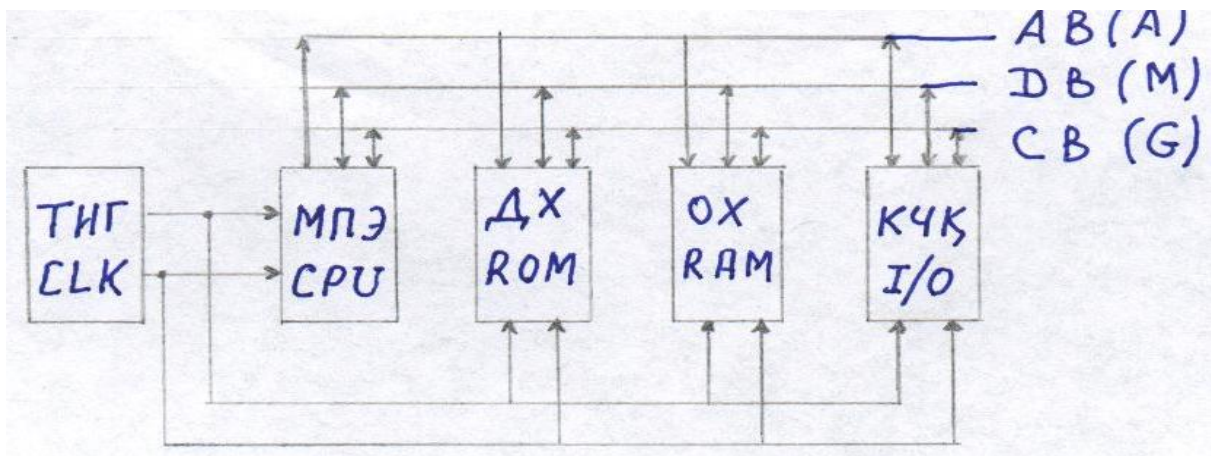
Архитектураси, электр параметрлари ва конструктив тузилиши быйича ызаро мослашган микропроцессор ва бош=а ИМС мажмуи **микропроцессор комплектининг** КИС (МПК КИС) номини олган.

Микропроцессор комплекти туркумида ызаро мос былган турли сериялар ва турли схемотехник потенциал элементларига хос ИМС лар былиши мумкин.

Микропроцессор тизимида берилган дастурнинг бажарилиши жараёни ташкил этилган ва бу турли масалалар ечилишининг имконини беради.

КИС да чи=иш йыллари сони чекланган былгани сабабли, бу ыз навбатида МПТ нинг блоклари орасида ахборотни узатиш масаласида баъзи кийинчиликларга олиб келади. МПТ да ахбаротларни узатишда ишлатиладиган шиналар (магистраллар) хар хил ва=т мобайнида хар хил блоклар орасидаги ахборотни узатишга мылжалланган. Кенг тар=алган МПТнинг структура тузулиши - учта шинали (магистралли) структурадир. Биринчи шина ёки магистрал - бу маълумотлар магистрالي (data bus-DB), иккинчиси -адреслар магистрالي (address bus-AB) ва учинчиси- бош=ариш магистрالي (control bus - CB).

Дастурни бажариш жараёнида марказий процессор элементи (МПЭ) (CPU- central processing unit) командаларни кетма-кет =айта ишлайди. Команда бажариладиган операция, унда иштирок этадиган операндлар ва кейинги команда ҳа=идаги маълумотларга эга былиб, унинг бажарилиши бир неча этапга былинади: аввал команда =абул =илинади, дешифрация =илинади ва ниҳоят, бажарилади. Бажариш жараёнида МПЭ га керакли маълумотлар DB ор=али узатилади. Хотира =урилмалари (DX-ROM ва OX-ROM) ва киритиш-чи=ариш =урилмалари (КЧК-И/О, input-output) дастурда кырситилаган ыз адресларига эга. Адрес магистрالي (AB) быйича блоклар орасида маълумотлар алмашуви, бош=ариши магистрالي быйича эса бош=ариш хабарлари узатилади.

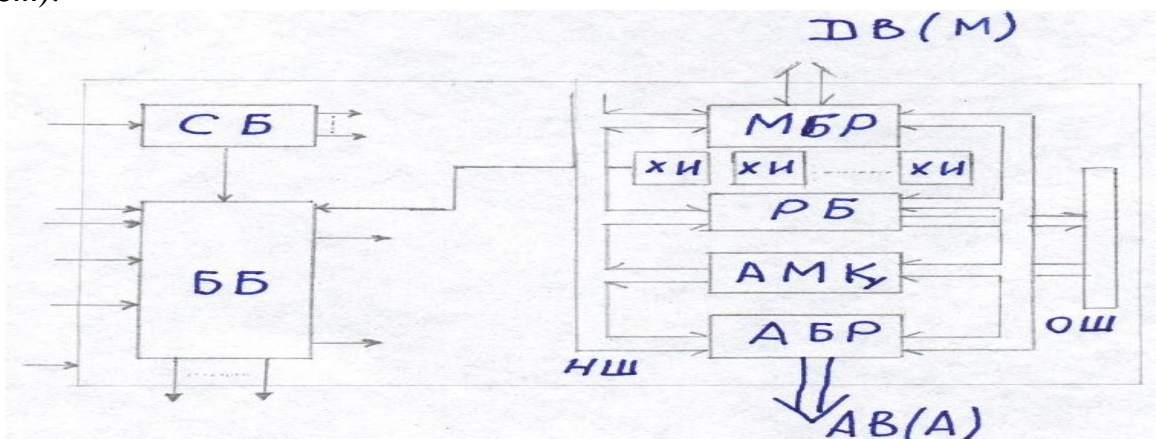


222-расм. Микропроцессор тизимининг тузилиши

Такт импульслар генератори ТИГ (CLK-clock) тизимининг ҳамма блокларининг ишини синхронизация қилади. КЧК лар МП ни тишириш билан портлар ортаси боғлайдилар. Команданинг бажарилиши микродастурларнинг бажарилиши билан боғлиқ бўлиб, бу микродастурлар доимий хотирада (ROM) сақланади. Маълумотлар ва натижалар оператив хотирада (RAM, random access memory) сақланади. Магистраллар параллел занжирлар мажмуидан иборат бўлиб. Занжирлар сони магистрал хоначилигини аниқлайди.

Марказий процессор элементи - МП- икки турда бўлиши мумкин: бир кристалли ва кўп кристалли (секцион). Бир кристалли МПда буйруқлар мажмуи берилган бўлиб, улар масалаларнинг маълум бир гуруҳини ечишда самарадор ҳисобланади. Кўп кристалли МПлари бир нечта кам хонали секциялардан (bit-slice) тузилади ва улардан хоначиликни ва мослашиш имкониятлари кўпроқ, лекин уларнинг тузилиши ҳам мураккаброқ.

Бир кристалли МПнинг умумлаштирилган схемаси қуйидагича (223-расм):



223-расм. Бир кристалли МПнинг умумлаштирилган схемаси

- СБ - синхронизация блоқи;
- ББ - бошқарув блоқи;
- МБР- маълумотлар буфер регистри;

ХИ - ҳолатнинг индикатори;
 РБ -регистрлар блоки;
 АМК - арифметик -манти=ий =урилма;
 АРБ - адреслар буфер регистри;
 ДВ (М)- маълумотлар магистрали;
 АВ (А)- адреслар магистрали.

МП асосий =исмлари - арифметик манти=ий =урилма (АМК), бош=ариш блоки (ББ) ва регистрлар блоки (РБ).

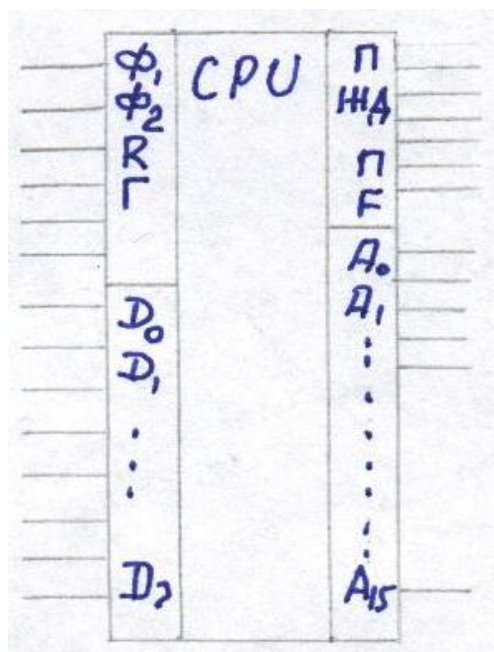
АМК комбинацион курилма былиб, оддий арифметик мантикий ва узатиш операциялари бажаришга мылжалланган ва сериялардаги АМК дан фарк =илмайди. Мураккаб арифметик , операциялар, масалан, кыпайтириш, бўлиш ва х. Микродастурлар быйича бажариладиган, ёки уларни бажариш учун махсус МП тузилади.

Регистрлар блокига умумий регистрлар, махсус регистрлар киради. Умумий регистрлар МП нинг ички хотираси вазифасини бажарадилар.

Бош=ариш блоки хар бир тактда элеаментлар амалларини (микрооперацияларни) бажариш учун хабарлар ишлаб чи=иб, уларни МП ички шиналар быйича тар=атади.

Бош=ариш блоки икки усулда тузилиши мумкин: аппарат усулида ва микродастур усулида.

Микрооперациянинг шартли белгиланиши =уйидагича(224-расм):



КР580ИК80А
 n-МОП схемалар асосида тузил-ган 8-хонали параллел марка- зий процессор =урилмаси.

Тезкорлиги-500 оп/сек.
 Командалар сони-78
 Хотира ҳажми-64 Кбайт

Умумий регисторлар сони-6
 (8-хонали регистрлар)

224-расм. Марказий процессор элементининг шартли белгиланиши

15.2. ЭХМ схемотехикасининг ривожланиш истикболлари

ЭХМ схемотехикасининг ривожланиши турли йыналишлар быйича олиб борилади.

- 1) **ИМСлар интеграция даражасининг оширилиши** ЭХМ ва тизимларни кып тавсиф ва кырсагкычлари яхшиланишига олиб келади. Масалан, интеграция даражасининг оширилиши ИМСнинг **функционал мураккаблигини оширилишига** олиб келади. Албатта нархи ҳам бир мунча ошади, лекин нарх оширилиши «щисоблаш кувватидан» кўпайишдан орқада =олади ва **КИС кыпро= ишлаб чи=арилгани сари** нархлар камаяди. Ыз навбатида бу щисоблаш техникасини хал= хыжалигининг **турли тармо=ларида кенг тар=алишига** олиб келади. Интеграция даражаси оширилиши схемаларнинг **тезкорлиги, бардошлилигини оширилишига** ҳам олиб келади. Шу билан бир =аторда бу йыналиш лойиҳачилар олдига янги мураккаб масалаларни =ыяди. Кып чи=иш йыли ИМС ларни ишлаб чи=иш имкониятлари чегараланган, чунки бу кып контакт майдончаларни ташкил =илишни талаб этади. Кристалл тар=атаётган =увват хам чегараланган, акс ҳолда қышимча кристаллни совутиш мосламалари талаб =илинади. Яна бир мураккаб вазифа - катта ва ыта катта ИМС текшириш. Одатда, якуний текширув ИМС корпусига жойлаштирилгандан сынг махсус тестлар ёрдамида ташқи чи=иш йылларидаги хабарлар быйича бажарилади. ИМС мураккаблаган сари текширув ва=ти хам кыпаяди. Шунинг учун янги синов ва текшириш усулларини ишлаб чи=иш лозим былади.
- 2) Элемент базаси ривожланишининг иккинчи йыналиши - **ыта тезкор катта интеграл схемаларни** ишлаб чи=иш. Бу янги материалларни ишлатиш асосида амалга оширилиши мумкин, масалан Si ырнига галлий арсениди ишлатилиши. Албатта, яримытказгычли электроника асосида элемент базаси ривожланишига ҳам маълум имкониятлар бор, лекин улар ҳам физика =онунлари таъсири билан чегараланган. Имкониятлар, асосан, ИМС паст температураларда ишлаши билан бо\ли= былиб, ытказгычларнинг =аршилиги камайиши, схемалар кыпро= ва=т ишлашига имкон беради.
- 3) Янги **йыналишлар янги физик ходисалар** билан бо\ли= былиши мумкин. Шулар =аторида, оптоэлектроника хоссалари хабарларини узатишда ишлатилиши, хотира схемаларида магнит доменларни ва оптик =урилмаларни ишлатилиши, ра=амли ахборотларни индикация =илишда сую= кристалларнинг ишлатилиши, ахборотни са=лаш ва =айта ишлашда Джозефсон эффекти криоэлектроника ходисалари билан бо\ли= былиб, **мутлақ** нуль температурасига я=ин температураларда пайдо быладиган ыта ю=ори ытказувчанликка асосланган. Янги схемотехника ривожланиши йыналишлари кыпинча функционал электроника (функционал микроэлектроника) фанига киради.

Қисқача хулосалар

Микропроцессор =урилмаси ШҚларнинг энг мушим элементи щисобланиб, унда ШҚда бажариладиган асосий амаллар – ахборотни =абул =илиш, са=лаш, =айта ишлаш, чи=ариш бажарилади. Бу мавзуда ИМСларда =урилган микропроцессор комплектининг тузилиши, схемаси ва ишлаш принципи ты\рисида асосий маълумотлар келтирилган. Бундан таш=ари бир

кристалли микропроцессорнинг таркибига кирадиган блокларнинг вазифаси ҳам тушунтириб берилган.

Бу бобда ЭЦМ схемотехникаси ривожланишининг йыналишлари – ИМС ларнинг интеграция даражаси оширилиши, ыта тезкор катта интеграл схемаларни ишлаб чи=иш, Янги физик-химик ходисалар ва хоссалар билан бо\ли= элементларни ишлатиш ҳам кенг ёритиб берилган.

Таянч сўзлар

Микропроцессор, микропроцессор комплекти, маълумотлар магистрالي, адреслар магистрالي, бош=ариш магистрالي, марказий процессор элементи, киритиш-чи=ариш =урилмалари, тактли импульслар генератори, бир кристалли ва кып кристалли микропроцессор, ИМС ларнинг интеграция даражаси, ыта тезкор катта интеграл схемалар, Джозефсон эффекти, криоэлектроника, ходисалари, функционал электроника (микроэлектроника).

Назорат учун саволлар

1. Микропроцессор =андай =урилма ?
2. Микропроцессор комплектига нималар киради ?
3. Микропроцессор таркибига =андай магистраллар бор ?
4. Марказий процессор элементи =андай ишлайди ?
5. Бир кристалли микропроцессорнинг умумлаштирилган схемасини тушунтиринг.
6. Арифметик-мантис=ий =урилмани тушунтириб беринг.
7. ЭЦМ схемотехникаси ривожланишининг йыналишларини тушунтиринг.

Фойдаланилган адабиётлар:

37. Лоторейчук Е. А. Теоретические основы электротехники: Учебник. – М.: ФОРМУМ: ИНФРА-М, 2006. – 316 с.
38. Браммер Ю. А., Пащук И. Н. Импульсная техника: Учебник. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. - 208 с.
39. Гальперин М. В. Электронная техника: Учебник. - 2-е изд. Испр. И доп. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. - 352 с.
40. Каганов В. И. Радиотехнические цепи и сигналы. Компьютеризированный курс: Учебное пособие. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. - 432 с.
41. Лоторейчук Е. А. Расчет электрических и магнитных цепей и полей. Решение задач: Учебное пособие. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. - 272 с.
42. Пирогова Е.В. Проектирование и технология печатных плат.

- Учебник. – М.: ФОРУМ; ИНФРА – М, 2005. – 560 с.
43. Электрорадиоизмерения: Учебник. / Нефедов В. И., Сигов А. С., Битюков В. К. и др. / Под ред. профессора Сигова А. С. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. - 384 с.
 44. Шеховцов В.П. Электрическое и электромеханическое оборудование: Учебник. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2004. - 407 с.
 45. Щербакова Ю.В. Шпаргалка по общей электронике и электротехнике: Ответы на экзаменационные билеты. - М.: Аллель-2000, 2005. - 64с.
 46. Мостицкий Ш. Л. Англо-русский словарь по современной электротехнике и программированию: Компьютеры, интернет, телекоммуникации, аудио, видео, теле и радиотехника и пр.: Около 19000 терминов (более 12700 слов). М.: **2004**, 784 стр.
 47. Алексеенко А.Г. Основы микросхемотехники. 3-е издание. М.: ЮНИМЕДИАСТАЙЛ, **2002**, 448 стр.
 48. Схемотехника ЭВМ: Учебник для вузов. Под ред. Г.Н. Соловьёва.- М.: Высшая школа, 1985.
 49. Угрюмов Е.П. Проектирование элементов и узлов ЭВМ. - М.: Высшая школа, 1987.
 50. Преснухин Л.Н., Воробьёв Н.В., Шишкевич А.А. Расчёты элементов цифровых устройств. - М.: Высшая школа, 1981.
 51. Микропроцессоры: в 3-х томах. Учебник для вузов. Под.ред. Преснухина А.А. -М.: Высшая школа, 1986.
 52. /аниев С.К. ЭХМ ва тизимлари.-Т. :Ўқитувчи,1990.
 53. Гутников С.М. Интегральные схемы в измерительной технике, Л., 1988.
 54. Угрюмов Е.П. Проектирование элементов и узлов ЭВМ. М.: Высшая школа, 1987

ГЛОССАРИЙ

1. **Электротехника** – электромагнит ҳодисаларидан саноат ишлаб чиқариши ва турмуш эҳтиёжлари учун техник мақсадларда фойдаланишни ўргатадиган фанни айтилади.
2. **Ўзгармас ток занжири** – электр токининг йўналиши доимо бир хил ток манбаи ўзгармас ток занжири дейилади.
3. **Электр токи** – бу электронларнинг маълум йўналишдаги тартибли йўналишидир ва у Ампер (А), миллиампер (мА), микроампер (м А) билан ўлчанади.
4. **Кучланиш** – икки нуқта орасидаги потенциаллар айирмаси.
5. **Электр қуввати** – вақт бирлиги ичида бажарилган ишга қувват дейилади ва у $P = UI$ шаклида ифодаланади.
6. **Қаршилик** – электр токига ўтказгичнинг тескари таъсири қаршилик дейилади ва у Ом, Ком, Мом бирликларидан ифодаланади.

7. **Электр ўтказувчанлик** – ҳарқандай материалнинг ўзидан электр токини ўтказувчанлик хусуияти . Шунга кўра электр материаллар 3 хил турга бўлинади. 1. Диэлектриклар – ток ўтказмайди. 2. Ярим ўтказгичлар (кремний ва селен). 3. Яхши ўтказиладиган махсус қурилма.
8. **Кондежатор** – сифимидан техник мақсадлар учун фойдаланиладиган махсус қурилма.
9. **Электр сизим** – ўтказгичнинг заряд тўплаш хусусиятининг ўлчови. У Фарада (Ф), микрофарада (мФ), пикофарада (пФ) да ўлчанади.
10. **Электромагнит** – электр токи таъсирида жисимларда магнит хоссасининг пайдо бўлиш хусусияти. Бу хусусият ток ўчирилиши билан йўқолади.
11. **Ўзгарувчан ток занжири** – унда токнинг йўналиши $\sin(\omega t + \varphi)$ ифодасига биноан ўзгаради, яъни дастлабки 180° да (+), кейинги 180° да (-) қийматидан (-) қийматига ўзгариши частота дейилади.
12. **Уч фазали система** – фазалари ўзаро бир- биридан 120° га фарқланувчи 3 та бир хил чулғамли симлар тўпламидан иборат ток генераторида ишлаб чиқаради. Генераторнинг айланиб ток хосил қилувчи ротор, айланмайдиган қисми статор дейилади. У 3 та электр энергия манбадан ва умумий нол симидан иборат бўлади.
13. **Фазаларни турли шакилда улаш** – саноатда 2 хил шакилда – бўлади учбурчак ва юлдуз симон уланиш вариантлари кўпроқ ишлатилади.
14. **Трансформатор** – бир хил кучланишли ўзгарувчан токни ва худди шундай пастатали бошқа кучланишли (кичик ёки каата) ўзгарувчан токка айлантириб берадиган статик электромагнит аппаратга айланади.
15. **Электр импулси** – давомийлиги жуда кичик даражадаги электрэнергия бирлиги (шу қисқа даврда ҳам фойдали ишни бажаришга улгиради) – ахборотнинг энг кичик бирлиги хисобланади. Ўлчов бирлиги – бир бит.
16. **Диод** – токнинг маълум йўналишда ўтказиб туришга мўлжалланган икки қутибли улагич – энг содда электрон қурилма.
17. **Триод (транзистор)** - 3 та қутибли кучланишни қиймати кучайтиришга мўлжалланган электрон қурилма.
18. **Электрон тўғирлагич**- ўзгарувчан электр токини ўзгармас токка айлантириб берувчи схема – қурилма.
19. **Кучайтиргичлар** – транзистор ва диодлардан ташкил топган ток ёки кучланиш қийматига бирмунча қисқартириб берувчи махсус электрон қурилма.
20. **Ток ёки имплус генератори** – махсус кўрсаткичларга эга бўлган имплуслар давомийлиги ёки токни ишлаб чиқарувчи қурилма.
21. **Реле** – битта кириши ва бир нечта клемаларига эга бўлган қайта ўлчовчи қурилма.
22. **Фотоэлемент** – ёруғлик (қуёш) нури таъсирида ишловчи электрон

- қурилма .
23. **Оптрон** – антик толалар ёрдамида ишловчи электрон қурилма.
 24. **Лазерлар** – Ёруғлик нури спекторининг ўта кичик (инфра қизил) тўлқинли қисмида ишловчи (ўзидан нур таратувчи) махсус кучайтирувчи электрон қурилма.
 25. **Схематехника** - ҳисоблаш техникаси воситалари қурилмаларининг элемент базасини ва асосларини ўрганувчи фан соҳаси.
 26. **Узел** - мантиқий тугалланган ҳисоблаш амалларини бошқарадиган қурилма.
 27. **Элемент базаси** - радиоэлементларни ҳамда улар асосида тузилган элементлар тўплами.
 28. **ШК элементлари** - оддий мантиқий функцияларни амалга оширувчи ва ёки қўшимча ҳисоблаш амалларини бажарувчи электрон схема.
 29. **Интеграл микросхема (ИМС)** - бирор мантиқий аниқ амални бажарадиган, элементларни юқори йиғиш зичлигига эга бўлган микроэлектрон мослама.
 30. **Ярим ўтказгичли ИМС** - схеманинг элементлари ва ўзаро алоқалари ярим ўтказгичнинг алоҳида ҳажмида ва сиртида жойлашган микроэлектрон мослама.
 31. **Қатламли ИМС** - элементлар ва ўзаро боғланишлар алоҳида қатламлар кўринишида бажарилган микроэлектрон схема.
 32. **Актив хотира элементлари** - мантиқий ўзгарувчининг иккита қийматига (“0” ва “1”) элементнинг иккита электрон ҳолати мос келадиган элемент.
 33. **Пассив хотира элементлари** - ахборотни ёзиш ва қайта ўқиш шу элементнинг магнит, феррит ва бошқа физик ҳолатини ўзгариши билан боғлиқ бўлган.
 34. **Конъюктор** - мантиқий кўпайтириш амалини бажарувчи мантиқий элемент.
 35. **Дизъюктор** - мантиқли қўшиш амалини бажарувчи мантиқий элемент.
 36. **Инвертор** - мантиқий инкорни аниқловчи, асосан транзисторларда амалга ошириладиган мантиқий элемент.
 37. **Диод** - киришига келаётган хабар билан бошқариладиган электрон калит.
 38. **Потенциал тизим** - кириш ва чиқиш йўллари орасидаги боғланиш ўзгармас ток ёрдамида бўладиган, асинхрон режимда ишлайдиган тизим.
 39. **Триггер** - иккита турғун мувозанат ҳолатига эга бўлган, иккилик саноқ тизимига ифодаланган ахборотни қайта ишлашга мўлжалланган қурилма.
 40. **Дешифратор** - бу иккилик кодни унитар кодга ўзгартирувчи ва кодлаштирувчи қурилма.

41. **Шифратор** - киришга берилган хабарни маълум қонун асосида бошқа хабарга ўзгартириб, чиқишга узатадиган қурилма.
42. **Код ўзгартиргичлари** - маълумотларни кодлаш усулини ўзгартириш учун мўлжалланган қурилма.
43. **Мультиплексор** - бу кўп бошқариладиган кириш йўлига ва битта чиқиш йўлига эга бўлган комбинацион қурилма.
44. **Демумльтиплексор** - битта ахборотли кириш йўлига, n -та бошқариш йўлига ва $2n$ -та чиқиш йўлига эга бўлган комбинацион қурилма.
45. **Компоратор** - иккита кўп хонали сонларни таққослаш микрооперациясини бажарувчи қурилма.
46. **Регистрлар** - иккилик саноқ тизимида ифодаланган n хонали сонни эслаб қолишга ва унинг устида мантиқий ўзгаришларни бажаришга мўлжалланган махсус схема.
47. **Санагич** - кириш йўлига берилган импульсларни санаш учун мўлжалланган ШК узели.
48. **Жамлагич** - иккита сон хоналарини жамлаш амалини бажариш учун мўлжалланган ШК узели.
49. **Комбинацион жамлагич** - кириш йўлларида қўшилувчиларнинг кодлари бир вақтда берилиши билан чиқиш йўлларида йиғинди ва кейинги (катта) хонага кўчириш қийматини хабарини хосил қилувчи мантиқий қурилма.
50. **Ярим жамлагич** - бу иккита кириш йўлига ва иккита чиқиш йўлига эга бўлган мантиқий схема.
51. **Хотира элементи** - ахборот бирлигини сақлашга мўлжалланган физик муҳитли элемент.
52. **Хотира катаги** - маълум узунликдаги машина сўзини сақловчи хотира элементи.
53. **Микропроцессор** - битта ёки бир нечта катта интеграл схемаларда тузилган ва ахборотни қайта ишлаш учун мўлжалланган дастурланувчи қурилма.
54. **“Авак”** - қадимги Мисрда санаш учун ишлатилган санаш тахтачаси.
55. **Шеффер элементи** - мантиқий кўпайтириш амалини натижасини инкорини аниқловчи схема.
56. **Пирс элементи** - мантиқий қўшиш амалини натижасини инкорини аниқловчи схема.
57. **Статик триггер** - турғун ҳолатларининг ҳар бири ток кучининг ва кучланиш сатҳларининг тавовути билан тавсифланувчи схема.
58. **Динамик триггер** - схема ҳолатлари маълум амплитудага, давомийликга эга бўлган чиқиш йўли импульслари борлиги ёки йўқлиги билан тавсифланувчи схема.
59. **Синхрон триггер** - ахборот фақат навбатдаги синхроимпульс берилиши билан киритилади, қўшимча кириш йўлига эга бўлиб, бу йўлдан синхронловчи (етақловчи) импульслар бериладиган схема.

- 60. Асинхрон триггер** - вақтнинг ҳар қандай оний қийматида кириш йўлидаги ахборотли хабарлар триггернинг тегишли (“1”ва “0”) ҳолатини бир хил маънода аниқлайдиган схема.
- 61. Тўлиқ дешифратор** - n та кириш йўлига, $m=2^n$ та чиқиш йўлига эга бўлган дешифратор (акс ҳолда тўлиқ бўлмаган дешифратор).
- 62. Ҳолат жадвали** - элементларнинг киришлари ва чиқишлари орасидаги мосликни (тўғри келишликни) акс эттирадиган жадвал.
- 63. Буферли хотира қурилмаси** - ҳар хил тезкорликка эга бўлган қурилмалар (тезкор ва ташқи хотира) ўртасида ахборот алмашишда восита вазифасини бажарувчи қурилма.
- 64. Тезкор хотира қурилма** - масалани ечишга мўлжалланган дастурни амалга оширишда бевосита ишлайдиган маълумотларни сақлашга мўлжалланган **хотира қурилмаси**.
Ташқи хотира қурилмаси – маълумотларнинг катта массивини сақлашга мўлжалланган, эслаб қолувчи мухит сифатида магний дисклар ишлатилади.

МУНДАРИЖА

Мавзу ва параграф номери	Мавзу ва параграф номи	Саҳифа номери
	Сўз боши	3

1-мавзу	Ўзгармас ток занжирлари	5
2- мавзу	Электр қурилмаларнинг сиғими ва изоляцияси	33
3- мавзу	Электромагнетизм ва электромагнит индукция	47
4- мавзу	Ўзгарувчан ток занжирлари	72
5- мавзу	Яримўтказгичли асбоблар	111
6- мавзу	Электр ўлчашлар ва электр ўлчаш асбоблари	137
7- мавзу	Схематехника йўналишига кириш	180
8- мавзу	Асосий мантиқий элементлар. Электрон калитлар ва кўп поғонали ток ўзгартиргичлари	193
9- мавзу	Элементларнинг потенциал тизимлари. Диод-транзисторли схемалар	203
10- мавзу	Триггерлар схематехникаси	215
11- мавзу	Дешифраторлар	226
12- мавзу	Мультиплексорлар, демюльтиплексорлар, компараторлар	237
13- мавзу	Регистрлар, санагичлар, жамлагичлар	251
14- мавзу	Интеграл хотира қурилмасининг схематехникаси	268
15- мавзу	Микропроцессорлар схематехникаси	280
	Фойдаланилган адабиётлар	285
	Глоссарий	286
	Мундарижа	290

ОГЛАВЛЕНИЕ

Номер темы и пара- графа	Наименование темы и параграфа	Номер стра
--------------------------------	-------------------------------	---------------

		НИЦЫ
	Аннотация	3
1-тема	Цепи постоянного тока	5
2- тема	Емкость и изоляция электрических устройств	33
3- тема	Электромагнетизм ва электромагнитная индукция	47
4- тема	Цепи переменного тока	72
5- тема	Полупроводниковые приборы	111
6- тема	Электрические измерения и приборы электрического измерения	137
7- тема	Введение в направление схематехника	180
8- тема	Основные логические элементы. Электронные ключи и многоступенчатые токовые преобразователи	193
9- тема	Потенциальные системы элементов. Диодно-транзисторные схемы	203
10- тема	Схематехника триггеров	215
11- тема	Дешифраторы	226
12- тема	Мультиплексоры, демультиплексоры, компараторы	237
13- тема	Регистры, счетчики, сумматоры	251
14- тема	Схематехника интегрального устройства памяти	268
15- тема	Схематехника микропроцессоров	280
	Использованные литературы	285
	Глоссарий	286
	Оглавление	290

TABLE OF CONTENTS

Number of a theme and pair-column	The name of a theme and the paragraph	Number of page
-----------------------------------	---------------------------------------	----------------

	The summary	4
1-bean	Of the Circuit of a direct current	5
2-bean	Capacity and isolation of electric devices	33
3-bean	Electromagnetism and an electromagnetic induction	47
4-bean	Of the Circuit of an alternating current	72
5-bean	Semi-conductor devices	111
6-bean	Electric measurements and devices of electric measurement	137
7-bean	Introduction in a direction shemotechnika	180
8-bean	The Basic logic elements. Electronic keys and multistage токовые converters	193
9-bean	Potential systems of elements. Diod-transistor schemes	203
10-bean	Of shemotechnika triggers	215
11-bean	Decoders	226
12-bean	Multiplexers, demultiplexers, comparators	237
13-bean	Registers, counters, adders	251
14-bean	Of shemotechnika integrated devices of memory	268
15-bean	Of shemotechnika of microprocessors	280
	The used literatures	285
	Glossary	286
	Table of contents	290