

621.31
с 31

621.311.4(001)

ЎЗБЕКИСТОН АЛОҚА ВА АХБОРОТЛАШТИРИШ
АГЕНТЛИГИ

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ
УНИВЕРСИТЕТИ

М.С. САПАЕВ, У.Т. АЛИЕВ, Ф.М. ҚОДИРОВ

АЛОҚА ҚУРИЛМАЛАРИНИНГ ЭЛЕКТР ТАЪМИНОТИ

(Ўқув қўлланма)

11
27
11

1035628

1 O'QUV ZALI
TATU
KUTUBXONASI

ТОШКЕНТ - 2011

УДК: 621.39 (075)
ББК 32.88-4я7
С31

С31 М.Сапаев, У.Алиев, Ф.Қодиров. Алоқа қурилмаларининг электр таъминоти. (Ўқув қўлланма). –Т.: «Fan va texnologiya», 2011, 248 бет.

ISBN 978–9943–10–539–3

Қисқа шаклда, лекин ўрганиш учун етарли ҳажмда замонавий телекоммуникация қурилмаларининг электр таъминоти асослари ва улар таркибига кирувчи асосий элементларнинг иш принциплари ва схемалари баён этилган. Ноанъанавий энергия манбалари ҳамда электр таъминоти манбалари ривожланиши истиқболлари ҳақида маълумотлар берилган. Масалаларни тулиқроқ ёритиш мақсадида амалий машқлар, ҳисоблашнинг дастурий воситалари, изоҳли атамалар ҳам келтирилган.

Тақризчилар:

Техника фанлари доктори, профессор **А.ХАЛИКОВ** – Тошкент темир йўллар муҳандислик институти «Электр алоқа ва радио» кафедраси мудири;

Техника фанлари номзоди, доцент **А.НАЗАРОВ** –Тошкент давлат техника университети «Радиотехника» кафедраси мудири;

Б.К.АБИДОВ – Республика радио-телевидение узатиш маркази Давлат унитар корхонаси техник директори

ISBN 978–9943–10–539–3

© «Fan va texnologiya» нашриёти, 2011.

СЎЗ БОШИ

Хозирги кунда Ўзбекистонда телекоммуникация соҳаси жадал суръатлар билан ривожланмоқда, янгидан-янги замонавий тизимлар яратилмоқда. Телекоммуникация тизимларининг замонавий электрон қурилмалари электр таъминоти манбаларига қатъий талабларни қўймоқда. Бунда электр энергияси сифатига ўрнатилган меъёрлар стационар режимлардан ташқари, ўтиш режимларида, шунингдек, авария режимларида ҳам бажарилиши керак. Куч электроникаси ўзгартириш техникаси билан биргаликда замонавий алоқа қурилмаларининг электр таъминоти таркибини аниқлайди. Кўп ҳолларда ишлаб чиқариш электр тармоғи, аккумулятор, электр генератори ва бошқалар каби бирламчи электр энергияси манбалари телекоммуникация аппаратураларининг ишлаши учун қўйилган талабларга жавоб бермайди. Натижада, турли телекоммуникация аппаратураларини тўғридан-тўғри таъминлаш учун бирламчи электр таъминоти манбалари энергиясини талаб қилинадиган қўринишда ва сифатда ўзгартириб берадиган иккиламчи электр таъминоти манбалари қўлланилади.

Электр энергиясини ишлаб чиқариш қўламининг кенгайиши, электр тармоқларининг умумий анъаналарига қарамасдан, жойлардаги истеъмол қилинадиган электр энергиясининг сифатига таъсир кўрсатиб, айрим ҳолларда кучланишларнинг кескин ўзгаришига олиб келмоқда. Шу сабабли, замонавий иккиламчи электр таъминоти манбалари электр тармоғининг кучланишларининг катта ўзгаришларида чиқиш кучланишларининг стабиллигини таъминлаши зарур бўлмоқда. Бунга, ўз навбатида фойдали иш коэффициентини камайтирмасдан, электр энергиясини ўзгартириш ва ростлашнинг импульсли услубларини қўлланилиши натижасида эришиш мумкин бўлади.

Кейинги йилларда иккиламчи электр таъминоти манбалари тузилиши ва хусусиятлари жихатидан сезиларли ўзгарди. Уларда электр энергиясини ўзгартириш, биринчи авлод трансформаторсиз киришли электр таъминоти манбалари частоталаридан фарқли ўлароқ, нисбатан юқори частоталарда амалга оширилмоқда. Энергияни юқори частоталарда ва катта кучланишларда ўзгартириш

фойдали иш коэффициентини ошириш ва электр таъминоти қурилмасининг ҳажм ва масса кўрсаткичларини яхшилаш имкониятларини яратмоқда.

Мазкур ўқув қўлланмада куч электроникаси асослари, турли мақсадларга мўлжалланган ўзгартириш қурилмалари асосидаги физик принциплари, кечаётган жараёнларнинг математик ифодалари, аппаратураларнинг электр таъминоти тизимлари ва қурилмалари соҳасидаги замонавий схемотехник ечимлари ҳамда турли қурилмаларни лойиҳалаштириш ва ҳисоблаш усуллари ёритилган.

Ўқув қўлланмада телекоммуникация қурилмалари электр таъминотига оид атамаларнинг изоҳли луғати, элементлар бўйича маълумотлар ҳам ёритилган.

Ўқув қўлланма муаллифлар томонидан Тошкент ахборот технологиялари университетида «Алоқа қурилмаларининг электр таъминоти» ва «Радиотехник қурилмаларининг электр таъминоти» фанлари бўйича кўп йиллик маъруза ўқишлари тажрибалари асосида фан дастурига мувофиқ ёзилган.

Муаллифлар профессор А.Халиков, доцент А.Назаров ҳамда Б.К.Абидовларга ўқув қўлланмани ёзиш давомида беришган қимматли маслаҳатлари учун ўз миннатдорчилигини билдиришади.

Ўқув қўлланма «Телекоммуникация», «Телевидение, радиоалоқа ва радиоэшиттириш», «Радиотехника», «Мобил алоқа тизимлари» йўналишлари ҳамда ушбу фан умумқасбий фанлар блокига кирувчи турдош йўналишлар талабалари учун мўлжалланган.

КИРИШ

Кейинги йилларда телекоммуникация воситалари кескин ривожланмоқда. Ҳозирги вақтга келиб янги рақамли автомат телефон станциялари, мобил алоқа тизимлари, кўп каналли зичлаштириш тизимлари, маълумотларни узатиш тизимлари ва бошқалар жорий этилган, ахборотларни узатиш эса ернинг сунъий йўлдошлари орқали ҳам амалга оширилмоқда.

Электр таъминоти манбалари алоқа аппаратураларини сифатли ва ишончли электр энергияси билан таъминлайдиган электр энергияси ўзгартиргичларининг турли қурилмаларини ўзига бирлаштиради. Компьютер тизимлари, ўлчов асбоблари, телекоммуникация қурилмалари ва тизимларнинг таркибий қисми ҳисобланган электр таъминоти манбалари (ЭТМ) уларнинг ишлаш ишончилигини, материаллар сарфини ва бошқа қатор техник-иқтисодий кўрсаткичларини белгилайди. Йирик телекоммуникация тизимлари электр таъминоти қурилмаларининг ҳаражатлари улуши умумий ҳаражатларнинг 40 фоизларига етади, бундан ташқари, телекоммуникация қурилмаларининг ҳажми ва массаси ҳам ЭТМлар кўрсаткичлари орқали аниқланади. Телекоммуникация қурилмалари томонидан ЭТМларга қўйиладиган талаблар узлуксиз ортиб бормоқда.

Телекоммуникация қурилмалари ўзгарувчан ток энергияси билан бир қаторда ўзгармас ток энергиясини ҳам истеъмол қилади. Радиотехник қурилмаларнинг кўп қисми эса асосан ўзгармас ток энергиясини истеъмол қилади. Турли қийматлардаги (номиналлардаги) ўзгармас ток кучланишини олиш учун ўзгарувчан ток асосан тўғрилаш қурилмалари ёрдамида тўғриланади. ЭТМлар кенг қувватлар диапазонларида имкони борича юқори фойдали иш коэффициентига ва тўғриланган кучланишнинг кичик пульсациясига эга бўлиши, турли иш режимларида кучланишнинг юқори стабиллигини таъминлаши керак. Шунинг учун ЭТМлар таркибига асосан, тўғрилагичлар билан бирга, силлиқловчи филтрлар, маълум даражадаги аниқликдаги чиқиш кучланишлари ва тоқларини стабиллигини таъминлайдиган стабилизаторлар ва зарур чегараларда чиқиш кучланишлари ва тоқларини ўзгартиришни таъминлайдиган ўзгартиргичлар қиради.

Телекоммуникация қурилмаларини узлуксиз электр энергияси билан таъминлашда (асосий тармоқдан захира тармоққа ўтишда) электр аккумуляторлар кенг қўлланилади. Бу ҳолда турли номиналлардаги кучланишлар юқори ўзгартириш частотали ўзгартиргичлар ёрдамида олинади. Телекоммуникация соҳасига интеграл микросхемаларнинг жорий этилиши эса электр таъминоти манбаларининг истеъмол қуввати, ҳажми ва массасининг кескин камайишиги олиб келмоқда.

Телекоммуникация қурилмаларининг электр таъминоти мураккаблиги куч электроникаси элементлари базаси ва компонентларининг тараққиёти билан белгиланади. Бундан ташқари, замонавий элементлар базасини қўлланилишининг ўзига хос хусусиятлари янги схемотехник ечимлар асосида янада сифатли қурилмаларнинг яратилиши имкониятини бермоқда.

Юқорида келтирилганлардан қуришиб турибдики, электр таъминотининг турли қўринишлардаги масалалари мутахассислардан куч электроникаси асослари ва замонавий ЭТМлар тузилиши ҳақида чуқур билимга ҳамда қўйилган талаблар асосида таъминот қурилмасини танлаш малакасига эга бўлишликни талаб қилади.

Ўқув қўлланма «Алоқа қурилмаларининг электр таъминоти» фанини ўрганадиган талабаларга мўлжалланган, шунингдек, аспирантлар, магистрантлар ва электр таъминоти манбалари ва ўзгартириш техникаси соҳасидаги мутахассислар учун ҳам фойдали бўлиши мумкин.

I. АЛОҚА ҚУРИЛМАЛАРИНИНГ ЭЛЕКТР ТАЪМИНОТИ ҲАҚИДА УМУМИЙ МАЪЛУМОТЛАР

1.1. Электр энергияси манбалари

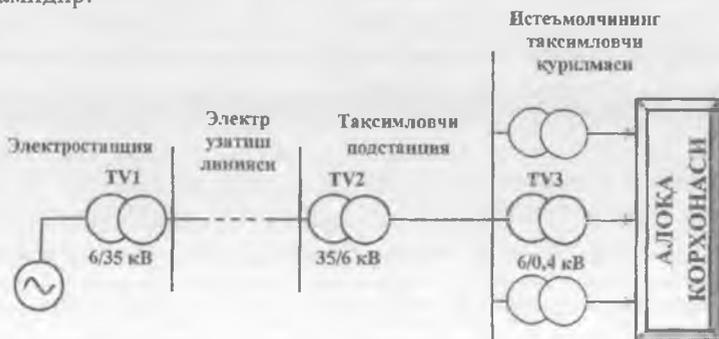
Электр энергия манбалари бирламчи (БТЭМ) ва иккиламчи электр таъминоти манбаларига (ИЭТМ) бўлинади.

БТЭМларга ҳар хил турдаги энергияларни (механик, иссиқлик, кимёвий, қуёш ва ҳ.к.) бевосита электр энергиясига айлантирувчи ўзгартиргичлар киради, яъни электромашина генераторлари, гальваник элементлар, қуёш батареялари ва ҳ.к.

ИЭТМларга бир турдаги электр энергияни иккинчи турдаги электр энергиясига айлантириб берувчи ўзгартиргичлар (трансформаторлар, тўғрилагичлар, стабилизаторлар, ИЭТМлар ва ҳ.к.) киради.

Алоқа корхоналарининг электр таъминоти асосан энергия тизими ёки маҳаллий электростанция орқали амалга оширилади [1]. Алоқа корхоналари аппаратураларининг электр таъминоти турли электр таъминотини амалга оширувчи иншоотлар мажмуаси бўлган электр қурилма орқали амалга оширилади. Корхона электр қурилмаси таркибига трансформатор подстанцияси ва электр таъминот тизими киради.

Электр энергияси таъминоти тизими бу ўзаро электр тармок линиялари орқали бир-бирлари билан боғланган, электростанциялар, подстанциялар ва электр энергия қабуллагичлари мажмуалари тўпламидир.



1.1-расм. Электр энергияси тизимининг тузилиш схемаси.

Электр энергияси тизимининг тузилиш схемасидан кўриниб турибдики, электростанцияда генератор ишлаб чиқараётган электр энергияси TV1 трансформатор ёрдамида 6 кВли кучланишдан 35 кВли кучланишгача ортирилади ва электр узатиш линияси орқали TV2 тақсимловчи подстанцияга берилади. Бу трансформатор орқали 35 кВли кучланиш 6 кВли кучланишгача пасайтирилади ва истеъмолчининг (алоқа корхонасининг) TV3 трансформаторларига узатилади. TV3 трансформатор ёрдамида 6 кВли кучланиш истеъмолчи учун зарур бўлган 380/220, 220/127 Вли кучланишларга айлантдирилади. Кўриниб турибдики, электр энергияси истеъмолчига етиб келгунча уч маротаба ўзгартирилмоқда. Амалиётда ўзгартиришлар сони бундан ҳам кўп бўлиши мумкин.

1.2. Электр таъминоти манбаларининг телекоммуникация соҳасининг ривожланишидаги тугган ўрни

Телекоммуникация кўп энергия талаб қилувчи соҳа бўлиб, телекоммуникация тизимининг ишлашига кетадиган энергия учун кўп сарф талаб қилинади. Бунда, истеъмол қилинадиган энергиянинг катта қисми телекоммуникация соҳасининг технологик жараёнлари (сигналларни кучайтириш ва узатиш, тебранишларни генерациялаш, сигналларни қайта ишлаш, абонентлар орасидаги алоқани ўрнатиш ва х.к.) учун сарф бўлади. Телекоммуникация қурилмаларининг иш сифати кўп жиҳатдан электр энергияси манбаларининг ишончлилиги орқали аниқланади. Электр таъминот манбаи таъминот тармоғидаги авария ҳолатида ҳам алоқа қурилмаларининг узлуксиз ишлашини таъминлаши талаб қилинади. Бу икки омиллар (энергия сарфи ва энергия сифати) ҳам йирик алоқа тугушлари (телемарказлар, телефон станциялари ва х.к.), ҳам алоҳида электрон қурилмалар электр таъминоти манбалари, тизимлари элементлари ва тузилмасини аниқлайди [12].

ЭТМ электрон қурилмалар, асбоблар, тизимларнинг таркибий қисми сифатида кўп жиҳатдан уларнинг техник тавсифларини аниқлайди. Ҳозирда замонавий компьютерлар, электрон ва оптик толали автомат телефон станциялари (АТС) ҳажмининг 20...30 фоизини ЭТМлар ташкил қилади, шунинг учун уларнинг келажақда такомиллаштирилиши ЭТМларнинг такомиллаштирилишига боғлиқ. ЭТМлар тавсифларини кейинги яхшилаш янги физик самаралардан ва электрон техниканинг янги элементларидан фойда-

ланишни талаб қилади.

Йирик электр таъминоти тизимлари соҳасида уларнинг такомиллаштиришнинг энг илғор йўналиши металлларнинг ишлатилишини камайтириш (айниқса кимматбаҳо рангли металлларни) ва энергияни ўзгартиришда қувват исрофларини камайтириш (фойдали иш коэффициентини ошириш) ҳисобланади. Афсуски, бунда маълум чеклашлар мавжуд. Хусусан, АТСлар электр таъминоти учун 200...400 А токли замонавий тўғрилагичлар ФИК и 90 фоизларга етади.

Фанни ривожланиши электрон техника ютуқларига боғлиқ. Бинобарин, ярим ўтказгичли техниканинг таракқиёти ярим ўтказгичли асбоблардаги нисбатан юқори тоқларда ўзгарувчан токни ўзгармас токка ўзгартириш муаммосини самарали ечишга имкон берди. Алоқа соҳасида ишлаб чиқаришда тўлиқ кремнийли диодлар асосидаги тўғрилаш қурилмаларини ишлаб чиқаришга ўтилди. Катта қувватли тиристорли қалитларнинг пайдо бўлиши тўғрилагичларни такомиллаштириш, қурилманинг чегаравий қувватларини ошириш, фойдали иш коэффициенти ва уларни автоматлаштириш даражасини оширишга имкон берди.

Тўғрилаш техникасининг такомиллашиши билан бир қаторда ўзгармас кучланишни ўзгарувчан кучланишга ва бошқа қийматдаги ўзгармас кучланишга ўзгартириш ҳам ривожланди. Бу йўналиш бошқариладиган ярим ўтказгичли қалитлар бўлган транзисторларларга тўлиқ асосланди. Бугунги кунда транзисторлар тиристорлар билан коммутацияланадиган тоқлар қийматлари бўйича рақобат қилади, уларнинг ишлаш тезлиги эса тиристорларга нисбатан икки марта юқори. Қўп вақт транзисторларнинг имкониятлари ток бўйича кичик кучайтириш коэффициенти қиймати ва уларнинг кучсиз юкланиш қобилияти билан чегараланди. Майдоний транзисторларнинг пайдо бўлиши ва янги технологияларнинг ўзлаштирилиши бошқариш элементли қувватли транзисторлар, кучланиш ва ток бўйича юкланишлардан ҳимояни ўз ичига олган «мақсадли» қалитлар ва бутун модулларни яратиш имкониятини берди.

Бу технология бўйича электр таъминоти тизимини модулли лойihalаштиришни таъминлайдиган ўзгартириш қурилмаларининг функционал жиҳатдан тугалланган қатор қўплаб бошқариш ва назорат қилиш қурилмалари ишлаб чиқилди.

1.3. Электр таъминоти манбаларининг ривожланиш истиқболлари

Маълумки, ҳозирги вақтда электрон аппаратури миниатюризациялаш унинг тараққиётининг асосий йўналиши ҳисобланади. Лекин, бу ЭТМларга кам таъсир этмокда. Сунгги йилларда шундай ҳолат юзага келдики, ЭТМларнинг ҳажми ва массаси бошқа функционал қисмларга (блокларга) таққосланганда анча катта бўлди ва 20...30 фоизни ташкил қилди, айрим ҳолларда эса, электрон аппаратури бутун ҳажми ва массасидан катта бўлди. Бунинг асосий сабаблари қуйидагилар ҳисобланади:

- таъминот манбалари қувватли ярим ўтказгичли асбобларда, катта ҳажмли трансформаторларда, конденсаторларда, дросселларда ва бошқа элементлардан йиғилган куч қурилмаси ҳисобланади. Бундай элементлар базаси ЭТМларни миниатюризациялашни амалга оширишга имкон бермайди [5].

- ЭТМлардаги қувват исрофи сабабли унча юқори бўлмаган фойдали иш коэффиценти транзисторлар, тиристорлар ва диодлардан иссиқликни йўқотиш учун катта ўлчамлардаги совуткичларни (радиаторларни) қўлланилишини талаб қилади. Бунда ЭТМларни миниатюризациялаш элементларнинг ҳажми камайтирилганда улардан ажралиб чиқадиган иссиқликнинг рухсат этилмайдиган қийматларга ортишига сабаб бўлади.

ЭТМларнинг ҳажми ва массасини трансформаторсиз тўғрилаш схемаларига ўтиш, силлиқловчи филтрларни эса транзисторларда йиғиш орқали осон камайтириш мумкин. Бироқ, бу муаммонинг ярим ечими ҳисобланади.

Бундай муаммонинг асосий ечими бутун ЭТМни миниатюризациялашдан иборат. Мутахассисларнинг фикрича ЭТМ таркибига кирадиган барча элементларни ҳажми ва массасини камайтириш керак. Буни қуйидагича амалга ошириш мумкин:

- тўғриланадиган ўзгарувчан кучланиш частотасини сезиларли ошириш керак, бу трансформаторлар, дросселлар ва конденсаторлар ҳажми ва массасини кескин камайтиришга олиб келади;

- кобиксиз (корпуссиз) қувватли ярим ўтказгичли асбоблар, куч интеграл микросхемалари, тўпламларини ва бошқаларни ишлаб чиқиш ва кенг қўллаш орқали кичик ҳажмли куч қисмларига бирлаштириш имконини яратиш;

- иссиқликни узатувчи катта ўлчамлардаги совуткичлардан воз кечиб, иссиқликни узатишнинг янги самарали усуллари яратиш ва жорий этиш;

- узлуксиз ростловчи чизиқли ИЭТМларни импульсли ИЭТМларга алмаштириш (бир вақтда импульслар частотасини орттирган ҳолда).

ЭТМларни миниатюризациялаш муаммосини ечиш электрон курилмалар чиқиш параметрлари кўрсаткичларини кескин яхшилашга ва уларнинг ишончилигини оширишга имкон беради.

Назорат саволлари

1. Электр энергия манбалари қандай турларга бўлинади?
2. Бирламчи электр таъминоти манбалари қандай вазифани бажаради?
3. Иккиламчи электр таъминоти манбалари қандай вазифани бажаради?
4. Бирламчи электр таъминоти манбаларига қанақа курилмалар киради?
5. Иккиламчи электр таъминоти манбаларига қанақа курилмалар киради?
6. Нима учун электр энергияси узок масофаларга юкори кучланишларда узатилади?
7. Алоқа корхоналарининг электр таъминоти қандай амалга оширилади?
8. ЭТМларнинг ҳажми ва массасини камайтиришнинг қандай усуллари бор?
9. Электр энергияси таъминоти тизими нима?
10. Алоқа корхонаси электр курилмаси таркибига қандай курилмалар киради?

И. ЭЛЕКТР ТАЪМИНОТИ МАНБАЛАРИНИНГ УМУМИЙ ТАВСИФЛАРИ

2.1. Иккиламчи электр таъминоти манбаларига қўйиладиган талаблар

Телекоммуникация қурилмаларининг электр таъминоти бирламчи электр таъминоти тармоғига уланган ва унинг ўзгарувчан кучланишини телекоммуникация қурилмаларининг берилган режимида нормал ишлашини таъминлайдиган турли номиналлардаги ўзгарувчан ёки ўзгармас ток кучланишларига ўзгартириб берадиган иккиламчи электр таъминоти манбалари орқали амалга оширилади. Бу вазифаларни бажариш учун иккиламчи электр таъминоти манбалари таркибига таъминот манбаи билан бирга уларнинг ишлашини таъминлайдиган қатор қўшимча қурилмалар қиради.

ИЭТМни ҳисоблашда ва лойиҳалаштиришда кириш электр энергиясининг қуйидаги асосий тавсифлари эътиборга олинади:

- ўзгарувчан ток тармоғи номинал кучланиши U_T (В);
- ўзгарувчан ток тармоғи номинал кучланишининг чегаравий оғиш қийматлари $U_{T,max}$ ва $U_{T,min}$, ёки тармоқ кучланишининг нисбий ўзгариши:

оширилган томонга

$$\alpha_m = \frac{U_{T,max} - U_m}{U_T} \quad (2.1)$$

камайтирилган томонга

$$\beta_m = \frac{U_m - U_{T,min}}{U_T} \quad (2.2)$$

- кириш кучланишининг амплитудаси U_m (В) ва давомийлиги (с);
- таъминот тармоғининг частотаси f_T (Гц) ва унинг ўзгариши $f_{T,max}$ ва $f_{T,min}$;

- ўзгарувчан ток тармоғи фазалари сони;
- кириш синусоидал кучланиши эгрилик шаклининг бузилиши. Бу истеъмол токи эгрилигида юқори гармоникалар мавжудлигини билдиради ва шаклининг бузилиш коэффициенти $k_{\phi}(\%)$ орқали характерланади. k_{ϕ} коэффициент тармоқ токи биринчи ($I_{\Gamma 1}$) гармоникасининг таъминот манбаи тармоқдан истеъмол токининг таъсир этувчи ($I_{\Gamma \Sigma}$) қийматиغا нисбати орқали аниқланади:

$$k_{\phi} = \frac{I_{\Gamma 1}}{I_{\Gamma \Sigma}} \cdot 100\%, \quad (2.3)$$

Синусоидал кучланиш ва токда $k_{\phi}=1$ бўлади. Ҳисоблашларда агар эгрилик шаклининг бузилишлари 6–7 фоиздан ошмаса, тармоқ кириш кучланишини синусоидал ҳисоблаш мумкин.

- тармоқ таъминот кучланиши сатҳи ва модуляция частотаси. Бу параметрни оширилган частоталарда ишлайдиган ИЭТМларда силлиқловчи филтрларни ҳисоблашда эътиборга олиш зарур. Паст частотали модуляциянинг сатҳи 0,5–1 фоизларга, частота эса $n/60$ тенг. Бунда n –генераторнинг айланиш частотаси.

- кириш таъминот шиналари бўйича ҳалақитлар қиймати. Синусоидал ҳалақитлар тармоқ кучланишининг 1–3 фоизини ташкил қилади, ҳалақитлар частоталари эса 50 Гцдан 150 кГцларгача бўлиши мумкин. Импульсли ҳалақитлар тармоқ кучланишининг 5–10 фоизини ташкил қилади, импульслар узунликлари 1–10 мксдан 100 мсгача, такрорланиш частоталари эса 1 кГцдан 10 кГцларгача бўлиши мумкин. Бу ҳалақитлар кириш ва чиқиш филтрларини танлашда ва ҳисоблашда эътиборга олинishi зарур.

ИЭТМни ҳисоблашда ва лойиҳалаштиришда қуйидаги электр талаблар қўйилади:

- Ўзгармас ток чиқиш номинал кучланишининг қийматлари ва уларнинг вольтлардаги ўрнатиш аниқлиги қуйидаги қатордан танланади: 0,25; 0,4; 0,6; 1,2; 2,4; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0 (6,3); 9,0 (10); 12,0 (12,6); 15; 20; 24; 27; 30; 40; 48; 60; 80; 100 (125); 150; 200; 250 (300); 400 (500); 600; 800; 1000; 1250; 1500; 2000; 2500; 3000; 4000; 5000; 6000; 8000; 10000; 12000; 15000; 20000; 25000.

Ўзгарувчан ток чиқиш номинал кучланишининг қийматларининг таъсир этувчи вольтлардаги қийматлари қуйидаги қатордан танланади: 1,2; 2,4; 3,15; 5,0; 6,0 (6,3); 12,0 (12,6); 15; 24; 27; 36; 40; 48; 60; 80; 100 (115); 127; 200; 220; 380.

Қавслар ичида кўрсатилган кучланишлар қўлланилишга тавсия этилмайди. Зарурат бўлганида уларнинг қўлланилиши ўрнатилган тартиб билан мувофиқлаштирилади.

Чиқиш кучланишининг номинал қиймати лойиҳалаш-тириладиган аппаратура элементлар базаси орқали аниқланади ва кам сонли номинал кучланишлар билан чекланади. Масалан, интеграл микросхемалардаги (аналог ва рақамли микросхемалардаги) аппаратуралар учун 5, 6, 9, 12, 15 Вли кучланишлар ишлатилади. Компьютерлар чиқиш ва қўшимча қурилмалари, шунингдек, транзисторлардаги аппаратураларнинг баъзи турлари учун бу қатор 20, 27, 40 Вли кучланишлар билан тўлдирилади.

Номинал кучланишни ўрнатиш аниқлигига рухсат этиш элементлар базаси ва аппаратура чиқиш параметрларига талаблар орқали аниқланади.

• Таъминот кучланишининг ҳар бир чиқиш занжири бўйича юклама токнинг қиймати ва унинг иш жараёнида ўзгариши. Ток импульсли истеъмол қилинаётганда унинг қуйидаги параметрлари кўрсатилади: импульс давомийлигининг амплитудаси, фронтнинг давомийлиги, импульснинг тақрорланиш частотаси. Кенг қўлланишдаги унификацияланган ИЭТМлар учун номинал ток қийматлари стандарт бўйича ўрнатилган қатордан танланади. Хусусий қўлланишлардаги ИЭТМлар учун ҳар бир занжир бўйича юклама токнинг қиймати техник топширик орқали аниқланади.

• Ўзгармас ток чиқиш кучланишларининг ўзгарувчан ташкил этувчиси (пульсацияси) номинал кучланишнинг фазларида ёки абсолют қийматларда берилади. Бунда пульсация таъсир этувчи, амплитудавий ёки иккиланган (юқори нуктадан юқори нуктагача) амплитуда бўйича қандай қийматларда ўлчанаётгани кўрсатилиши керак. Бу талаб юқори частотали импульсли энергияни ўзгартиришли, импульсли бошқаришли ёки тиристорли бошқариладиган тўғрилагичли замонавий ИЭТМлар учун қўйилади. Бунда пульсация кўриниши остида унинг қуйидаги учта ташкил этувчиси яширинади: асосий частотага қаррали бўлган тўғриланган кучланишнинг пульсацияси, кенг частоталар спектрли шовқинлар, шунингдек, қисқа чўққисимон ўзгаришлар.

Ўзгармас ток чиқиш кучланишларининг пульсация коэффициентлари аппаратура талаблари орқали аниқланади ва қуйидаги қатор орқали берилади: 0,01; 0,02; 0,03; 0,05; 0,1; 0,2; 0,3; 0,5; 1; 2; 3; 5 %.

Барча ностабилловчи омиллар таъсир қилганида чиқиш кучланишининг йиғинди ностабиллиги номинал кучланишининг фоизларида берилади: 0,1; 0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 5,0; 10,0 %. ИЭТМ параметрларини назорат қилиш учун уларни тайёрлаш ва синаш жараёнларида чиқиш кучланишларининг хусусий ностабилликлари берилади:

- Кучланиш бўйича ностабиллик – ўзгармайдиган токда тармоқ кириш таъминот кучланишининг берилган ўзгариши чегараларида чиқиш кучланишининг рухсат этиладиган ўзгариши. Бунда тармоқ кучланишининг ўзгариш характери (аста-секин ёки сакрашсимон) кўрсатилади.

- Ток бўйича ностабиллик – тармоқ кириш таъминот кучланиши ўзгармаганида ва юклама токининг берилган ўзгариш чегараларида чиқиш кучланишининг рухсат этиладиган ўзгариши. Бу параметр ток секин ўзгарганида ИЭТМнинг ички қаршилигини аниқлайди. Импульсга истеъмол токида рухсат этиладиган динамик ички қаршилиқ ёки частотавий тавсиф кўрсатилади.

- Ҳарорат бўйича ностабиллик – атроф-муҳит ҳароратининг берилган берилган ўзгариш чегараларида чиқиш кучланишининг рухсат этиладиган ўзгариши. Одатда, ҳарорат бўйича ностабиллик кучланиш ва ток бўйича ностабилликлар билан биргаликда берилади.

Чиқиш ўзгармас кучланишларининг ностабилликлари ва пульсациялари ИЭТМнинг ҳажм ва масса тавсифларига сезиларли таъсир кўрсатадиган муҳим параметрлар ҳисобланади. Бинобарин, уларни амалга ошириш учун кўп сонли элементлар ва мураккаб схемотехник ечимлар талаб қилинади. Мисол сифатида 2.1 – жадвалда баъзи турдаги электр қурилмалар учун истеъмол қилинадиган энергия сифатига намунавий талаблар келтирилган.

- ИЭТМнинг фойдали иш коэффициентлари ёки турли иш режимларида (узлуксиз ёки импульсли) бирламчи энергия манбаидан истеъмол қилинадиган қувват. ФИКнинг қиймати чиқиш кучланиши ва қувватининг сатҳи, ростлаш услуби ва талаб қилинадиган аниқлик, кириш таъминот манбаидан гальваник ажратиш ва бошқалар каби қатор омилларга боғлиқ.

- Чиқиш таъминот занжирларини кириш электр энергияси манбалари шиналаридан гальваник ажратиш.

Таъминот кучланишларига қуйиладиган талаблар

Курилма тури	Кучланиш, В	Истьемол токи тури	Ностабиллик	Пульсация, % (амплитудавий қиймаг)
Телекоммуникация қурилмалари	24	Ўзгармас	1-3	0,1-1
	48	Ўзгармас	1-3	0,1-1
	60	Ўзгармас	1-3	0,1-1
Радио қабул қилиш қурилма- лари.	5; 6	Ўзгармас	3-5	0,01-0,1
Кириш каскадлари	6	Ўзгармас	3-5	0,5-1,0
Оралиқ частота кучайтиргичи	12;	Ўзгармас	5-10	0,5-1,0
Чиқиш каскадлари	15			
Компьютер қурилмалари.				
Доимий хотира қурилмаси	5; 9	Импульсли	5-7	1,0-2,0
Маълумотларни акслантириш қурилмалари	5; 12	Импульсли	7-10	1,0-2,0
	20;	Импульсли	10	1,0-2,0
Қўшимча қурилмалар	27			
Автоматика ва телемеханика қурилмалари	5,6; ±15	Ўзгармас	5-10	1,0-2,0
Операцион кучайтиргичлар	±15	Ўзгармас	10	0,5-1,0

• Ўзгартириш частотаси, унинг танланиши бўйича чеклаш, берилган чегараларда ўзгартириш частотасини ростлаш зарурати ва унинг ташқи такт генератори ёки қўшни таъминот манбаи (статик ўзгартиргичли ИЭТМлар учун) орқали синхронизациялаш имконияти.

• Чиқиш кучланишининг ортишидан истьемолчини электр ҳимоялаш, таъминот кучланишининг руҳсат этиладиган ортиш сатҳи.

• Таъминот манбаини ўта юкланишлардан ва юкламадаги қисқа туташувлардан электр ҳимоялаш, ўта юкланишлар ва юкламадаги қисқа туташувлар олиб ташланганда таъминот манбаи иш тезлигининг автоматик қайта тикланиши.

Ўзгарувчан чиқиш токли таъминот манбалари учун уларнинг ишини белгиловчи қўшимча талаблар кўрсатилади:

– чиқиш кучланишининг стабилланиш хусусияти характери ўзгарувчан кучланишнинг қайси қиймати (таъсир этувчи, ўртача ва амплитудавий) бўйича ростлаш амалга оширилиши кераклиги;

– чиқиш кучланиши эгрилик шаклининг рухсат этиладиган бузилиши;

– юклама характери ва унинг қувват коэффициенти.

2.2. Иккиламчи электр таъминоти манбаларининг синфларга бўлиниши

Телекоммуникацион қурилмаларнинг электр таъминоти манбалари вазифасига кўра кириш кучланиши сатҳини ўзгартириш, тўғрилаш, инверторлаш, стабиллаш, филтрлаш, ҳимоялаш ёки бу функцияларнинг биргаликда ишлатилишини таъминлайди. Вазифаларнинг турлилиги, ишлатилиш шароитлари ва телекоммуникацион қурилмаларнинг кенг диапазонли параметрли эканлиги учун ИЭТМлар ўз параметрларини кенг диапазонларда таъминлаши керак [6]. Шунинг учун ИЭТМларни қуйидаги асосий хусусиятлари бўйича синфларга бўлиш мақсадга мувофиқ:

- Кириш электр энергиясининг тури бўйича: ўзгарувчан ток тармоғидан ишлайдиган; ўзгармас ток тармоғидан ишлайдиган; ўзгарувчан ва ўзгармас ток тармоқларидан ишлайдиган.

- Чиқиш қуввати бўйича: микро қувватли ($P_{\text{чик}} \leq 1$ Вт); кичик қувватли ($P_{\text{чик}}=1-10$ Вт); ўртача қувватли ($P_{\text{чик}}=10-100$ Вт); оширилган қувватли ($P_{\text{чик}}=100-1000$ Вт); катта қувватли ($P_{\text{чик}} \geq 1000$ Вт). Қабул қилиш ва узатиш, оптика қурилмалари, технологик қурилмалар учун 1 кВтдан 1000 кВтгача чиқиш қувватли таъминот манбалари алоҳида гуруҳни ташкил этади.

- Чиқиш электр энергиясининг тури бўйича: ўзгарувчан чиқиш кучланишли; ўзгармас чиқиш кучланишли; аралаш ўзгарувчан чиқиш ва ўзгармас кучланишли.

- Чиқиш кучланишининг номинал қиймати бўйича: кичик ($U_{\text{чик}} < 100$ В); оширилган ($U_{\text{чик}}=100-1000$ В); юқори ($U_{\text{чик}} > 100$ В). Чиқиш кучланиши 1000 Вдан катта бўлган электр таъминоти манбаларини юқори вольтли электр таъминоти манбалари деб аташ қабул қилинган. Бундай таъминот манбалари одатда, радиоузатиш қурилмаларида қўлланилади.

- Чиқиш кучланишининг ўзгармаслиги даражаси бўйича: стабилламайдиган ва стабиллайдиган. Стабиллайдиган ИЭТМлар таъсир этувчи омиллар (кириш кучланишининг, юклама токининг, атроф-муҳит ҳароратининг ўзгариши ва х.к.) таъсир этганида чиқиш кучланишини берилган аниқликда ўзгармаслигини таъминлайди. Улар ўз таркибда функционал қисм сифатида йиғилган бўлиши мумкин бўлган кучланиш ИЭТМига эга бўлади.

- Номинал чиқиш кучланишининг рухсат этиладиган оғиши бўйича: паст аниқликдаги ($> 5\%$); ўртача аниқликдаги ($1-5\%$); юқори аниқликдаги ($0,1-1\%$); ($1-5\%$); ўта аниқликдаги ($< 0,1\%$).

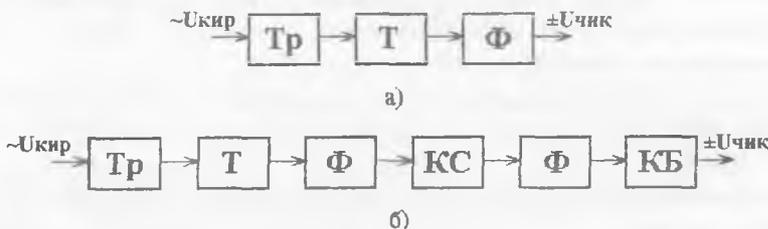
- Ўзгармас ток чиқиш кучланиши пульсациясининг (ўзгарувчан ташкил этувчисининг) сатҳи бўйича: паст сатҳ ($< 0,1\%$); ўртача сатҳ ($0,1-1\%$); юқори сатҳ ($> 5\%$).

- Чиқишлар сони бўйича: бир каналли (битта чиқиш); кўп каналли (икки ва ундан ортиқ чиқишлар).

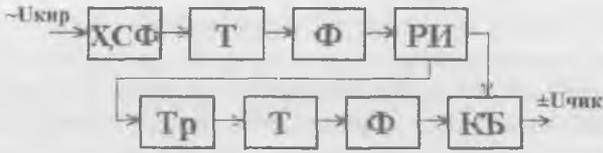
- Кучланишни стабиллаш услуби бўйича: узлуксиз (чизикли) ва импульсли.

ИЭТМнинг тузилиш схемаси кириш ва чиқиш параметрлари орқали аниқланади. ИЭТМнинг тузилиш схемаси трансформатор (Тр), тўғрилагич (Т), силлиқловчи фильтр (Ф), кучланиш стабилизаторлари (КС), чиқиш кучланиши бўлгичи (КБ), ҳалакитларни сўндириш фильтри (ХСФ), инвертор (И) ва ростловчи инверторлардан (РИ) ташкил топади.

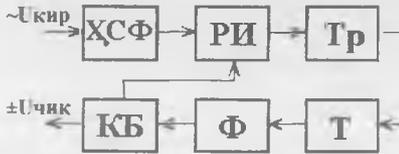
ИЭТМ киришидаги трансформатор (2.1а,б-расмлар) электр таъминоти тизими токи частотасига мувофиқ ҳисобланади. Бундай схемалар кичик чиқиш қувватларида қўлланилади, чунки трансформатор тармоқ токи частотасида нишлаганида катта ҳажмга ва массага эга бўлади.



2.1-расм. Трансформаторли киришли ИЭТМнинг тузилиш схемаси.



2.2-расм. Трансформаторсиз киришли ростловчи инверторли ИЭТМнинг тузилиш схемаси.

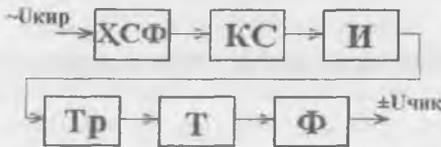


2.3-расм. Узгармас ток тармоғи ростловчи инверторли ИЭТМнинг тузилиш схемаси.

2.2–2.4-расмларда тасвирланган схемаларда тармоқдан ИЭТМ-га ва ИЭТМдан тармоққа ўтишда кириш занжирларидаги юқори частотали ҳалақитларни сўндирадиган ХСФлар ишлатилади.

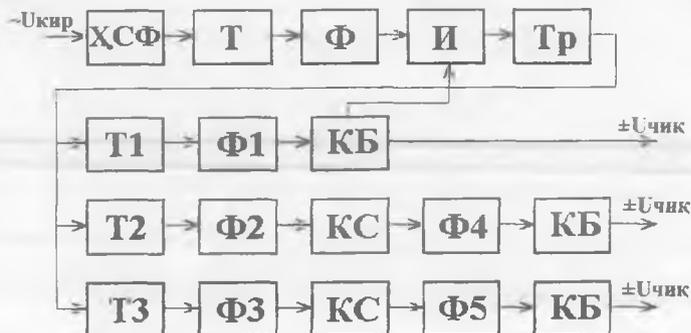
2.2- ва 2.3-расмлардаги схемаларда кучланиш бўлгичидаги тескари алоқа сигнали бўйича ИЭТМ чиқиш кучланишини ростловчи инвертор (РИ) қўлланилади.

2.4-расмдаги схемада И инвертор фақат ўзгармас токни ўзгарувчан токка ўзгартириш вазифасини бажаради, чиқиш кучланишини стабиллаш эса, трансформатордаги тескари алоқа сигнали бўйича (қўшимча чўлғамдан) КС ИЭТМ орқали амалга оширилади.



2.4-расм. Ўзгармас ток тармоғи ростламайдиган инверторли ИЭТМнинг тузилиш схемаси.

2.5-расмда кўп каналли ИЭТМнинг тузилиш схемаси келтирилган. Ростловчи инверторга тескари алоқа сигнали фақат битта чиқишдан берилиши мумкин, шунинг учун қолган каналлар чиқиш кучланишларини стабиллаш зарурати бўлганида КС1 ва КС2 кучланиш стабилизаторлари схемага киритилади. Инверторга тескари алоқа сигнали одатда, катта токка ҳисобланган чиқиш каналидан берилади.



2.5-расм. Трансформаторсиз киришли кўп каналли ИЭТМнинг тузилиш схемаси.

2.3. Иккиламчи электр таъминоти манбаларининг параметрлари

ИЭТМлар бир қатор электр, ишлатиш, ҳажм ва масса параметрлари орқали характерланади. Улар телекоммуникация қурилмаси таркибида ИЭТМларнинг иш тезлигини таъминлайди. Электр параметрлар статик ва динамик параметрларга бўлинади. Статик параметрлар таъсир этувчи омиллар вақт бўйича секин ўзгарганида (кириш таъминот кучланиши, юклама токи, ҳарорат ва ҳ.к.) ўлчанади. Динамик параметрлар таъсир этувчи омиллар вақт бўйича кескин ўзгарганида (кириш таъминот кучланишининг сакрашсимон уланишида, юклама токнинг импульсли ўзгаришида ва ҳ.к.) ўлчанади [4]. ИЭТМнинг асосий параметрлари қўйда-гилардан иборат:

- Тўғрилагичнинг номинал чиқиш кучланиши U_0 ва унинг ўзгариш чегаралари: юкори ўзгариш чегараси $U_{0,max}$ ва қуйи ўзгариш чегараси $U_{0,min}$, В. Тўғрилагич кучланишининг максимал ўзгариш чегараси қуйидагича аниқланади:

$$\Delta U_0 = U_{0, \max} - U_{0, \min} = (a_0 + b_0) \cdot U_0, \quad (2.4)$$

бу ерда

$$a_0 = \frac{U_{0, \max} - U_0}{U_0}, \quad b_0 = \frac{U_0 - U_{0, \min}}{U_0}, \quad (2.5)$$

• ИЭТМнинг номинал чиқиш кучланиши U_0 ва унинг ўзгариш чегаралари: юқори ўзгариш чегараси $U_{0, \max}$ ва қуйи ўзгариш чегараси $U_{0, \min}$, В. ИЭТМ кучланишининг максимал ўзгариш чегараси қуйидагича аниқланади:

$$\Delta U_0 = U_{0, \max} - U_{0, \min}, \quad (2.6)$$

• ИЭТМ чиқиш кучланишининг ростлаш чегаралари: юқори ростлаш чегараси $U_{0, \text{рост, макс}}$ ва қуйи ростлаш чегараси $U_{0, \text{рост, мин}}$, В.

• Тўғрилагич юклама токининг номинал қиймати I_0 , А, ва унинг ўзгариш чегаралари: максимал ўзгариш чегараси $I_{0, \max}$ ва минимал ўзгариш чегараси $I_{0, \min}$, А.

• ИЭТМ юклама токининг номинал қиймати I_0 , А, ва унинг ўзгариш чегаралари: максимал ўзгариш чегараси $I_{0, \max}$ ва минимал ўзгариш чегараси $I_{0, \min}$, А.

• Чиқиш кучланишининг ностабиллиги. У кириш кучланиши ёки юклама токининг берилган ўзгаришларида чиқиш кучланиши ΔU_0 ўзгаришининг ИЭТМнинг номинал U_0 чиқиш кучланишига нисбати орқали аниқланади.

Кучланиш бўйича ностабиллик коэффициенти (ёки ностабиллик) $\delta U_{0, \text{кв}}$, %, берилган таъминот кучланиши ўзгаришида (ва $I_0 = \text{const}$ бўлганида) $\Delta U_{\text{кв}}$ қийматга аниқланади:

$$\delta U_{0, \text{кв}} = \frac{(\Delta U_0)_0}{U_0} 100\%, \quad (2.7)$$

Ток бўйича ностабиллик коэффициенти $U_{0, \text{ток}}$, %, берилган юклама токи ўзгаришида (ва $U_0 = \text{const}$ бўлганида) $\Delta I_0 = I_{0, \max} - I_{0, \min}$ қийматга аниқланади:

$$\delta U_{0, \text{ток}} = \frac{(\Delta U_0)_I}{U_0} 100\%, \quad (2.8)$$

• Ностабиллик коэффициентлари билан бир қаторда ИЭТМларнинг стабиллаш хусусиятларини тавсифлаш учун кучланиш бўйича стабиллаш коэффициентидан фойдаланилади. У юклама токи ўзгармас бўлганида кириш кучланишининг нисбий ўзгариши чиқиш кучланишининг нисбий ўзгаришидан қанча мартабага катталигини кўрсатади:

$$K_{\sigma} = \frac{\Delta U_o / U_o}{\Delta U_{\text{ю}} / U_{\text{ю}}}, \quad (2.9)$$

Кучланишнинг ўзгарувчан ташкил этувчисининг амплитудаси (пульсацияси): фильтр киришида U_o ; фильтр чиқишида U_o' ; ИЭТМ чиқишида $U_{\text{ю}}$.

Пульсация қиймати $k_{\text{п}}$ пульсация коэффициенти орқали берилди. У нисбий бирликларда белгиланади, масалан тўғрилагич киришида қуйидагича аниқланади:

$$k_{\text{п}} = \frac{U_o'}{U_o}$$

ёки фоизларда

$$k_{\text{п}} = \frac{U_o'}{U_o} \cdot 100\%$$

Тўғрилагич чиқишидаги пульсацияни камайтириш учун силлиқловчи фильтр қўйилади. Фильтрнинг силлиқлаш хусусияти $k_{\text{ф}}$ филтрлаш коэффициенти орқали характерланиши мумкин. У фильтр киришидаги ва чиқишидаги пульсация қийматларининг нисбати орқали аниқланади:

$$k_{\text{ф}} = \frac{U_o'}{U_o}$$

Филтрлаш коэффициенти филтрлаш зеносининг актив қаршилигида кучланишнинг тушишни ҳисобга олмайди. Аниқроқ айтганда, филтрнинг силлиқлаш хусусияти пульсацияларни силлиқлаш коэффициенти q орқали баҳоланади. У тўғрилагич кириши ва чиқишидаги пульсация коэффициентларининг нисбати орқали аниқланади:

$$q_{\phi} = \frac{k'_{\text{м}}}{k_{\text{ю}}} \quad (2.10)$$

бу ерда, $k_{\text{м}} = U_{\text{а}} / U_0$ — тўғрилагич чиқишидаги пульсация коэффициенти.

Паст вольтли тўғрилагичларнинг силлиқловчи LC-фильтрлари учун дросселнинг актив қаршилигини ҳисобга олмаса ҳам бўлади, у ҳолда қуйидагига эга бўламиз:

$$k_{\phi} \approx q_{\phi} \quad (2.11)$$

• Тўғрилагич ва ИЭТМнинг динамик ички қаршилиги юклама токи (ΔI_0 ёки $\Delta I_{\text{ю}}$ га) секин ўзгарганида тўғрилагичнинг ΔU_0 ёки ИЭТМнинг $\Delta U_{\text{ю}}$ чиқиш кучланишининг ўзгаришини аниқлайди ва у мос равишда қуйидагига тенг бўлади:

$$\Gamma_0 = \frac{\Delta U_0}{\Delta I_0} \quad (2.12)$$

$$\Gamma_{\text{ю}} = \frac{\Delta U_{\text{ю}}}{\Delta I_{\text{ю}}} \quad (2.13)$$

• Тўғрилагич ва ИЭТМнинг динамик ички қаршилиги юклама токи ($\Delta I_{0,\text{ИМП}}$ ёки $\Delta I_{\text{ю,ИМП}}$ га) секин ўзгарганида тўғрилагичнинг $\Delta U_{0,\text{ИМП}}$ ёки ИЭТМнинг $\Delta U_{\text{ю,ИМП}}$ чиқиш кучланишининг ўзгаришини аниқлайди ва у мос равишда қуйидагига тенг бўлади:

$$\Gamma_{0,\text{ИМП}} = \frac{\Delta U_{0,\text{ИМП}}}{\Delta I_{0,\text{ИМП}}} \quad (2.14)$$

$$\Gamma_{\text{ю,ИМП}} = \frac{\Delta U_{\text{ю,ИМП}}}{\Delta I_{\text{ю,ИМП}}} \quad (2.15)$$

• Кучланишнинг ҳарорат бўйича коэффициенти (КҚБК) $\alpha_{\text{ю}}$, % / °C, атроф-муҳит ҳарорати $T_c = 1^{\circ}\text{C}$ га ўзгарганида ИЭТМ чиқиш кучланишини қандай ўзгаришини кўрсатади:

$$\alpha_{\text{ю}} = \frac{\Delta U_{\text{ю}} / U_{\text{ю}}}{\Delta T_c} 100\% \quad (2.16)$$

ёки $\gamma_{ю}, \text{ мВ} / ^\circ\text{С}$:

$$\gamma_{ю} = \frac{\Delta U_{ю}}{\Delta T_{ю}}, \quad (2.17)$$

$\Delta T_{ю}$ қиймат атроф-мухит ҳароратларининг берилган $T_{ю, \text{max}}$ ва $T_{ю, \text{min}}$ қийматларида аниқланади:

$$\Delta T_{ю} = T_{ю, \text{max}} - T_{ю, \text{min}}, \quad (2.18)$$

• ИЭТМ чиқиш кучланишининг натижавий ностабиллиги барча таъсир этувчи омиллар бир вақтда таъсир этганида уларнинг ностабиллик коэффицентлари йиғиндиси орқали аниқланади:

$$\delta U_{ю} = \delta U_{ю(1)} + \delta U_{ю(2)} + \alpha_{ю} \Delta T_{ю}, \quad (2.19)$$

• Тўғрилагичнинг, ўзгартиргичнинг ва ИЭТМнинг фойдали иш коэффиценти юкламага узатиладиган фойдали қувватнинг кириш электр энергия манбаидан истеъмол қилинадиган қувватга нисбати орқали аниқланади:

$$\eta_{\text{инв}} = \frac{P_{ю}}{P_{\text{инв}}}; \quad \eta_{\text{ос}} = \frac{P_{ю}}{P_0}; \quad \eta_{\text{ис}} = \frac{P_{ю}}{P_{\text{ис}}}, \quad (2.20)$$

2.4. Электр таъминоти манбаларининг энергия тизими билан электромагнит мослашувчанлиги

Электр энергиясининг сифати телекоммуникацион воситаларнинг ишончли ишлаш кўрсаткичларини аниқловчи муҳим омиллардан бири ҳисобланади. Телекоммуникацион аппаратуралар таркибида электр таъминоти манбалари юклама ва электр таъминоти тизими ўртасида мослаштирувчи қисм бўлиб хизмат қилади. Электр таъминот манбалари кўрсаткичларига қўйиладиган техник талаблар мазкур телекоммуникацион аппаратура учун ҳам умумийдир. Электр таъминоти манбалари тузилиш таркиби, асос элементлари ва тайёрлаш технологияси бўйича сезиларли фарқларга эга. Бу фарқлар унинг таркибига кирадиган телекоммуникацион қурилма афзалликлари орқали аниқланади. Ўз навбатида телекоммуникацион қурилмалар функционал вазифаларига ва ишлатиш шароитларига кўра фарқланади.

Электр энергияси тизимлари томонидан ИЭТМларга қўйил-
диган талаблар қувватлар нисбати, ток тури (ўзгарувчан ёки
ўзгармас), кучланишлар қийматлари, ток ва кучланишлар қиймат-
ларининг иш ва ўтиш режимларидаги рухсат этилган оғишлари
орқали аниқланади.

Ўзгармас ток электр таъминот тизимлари талаб қилинадиган
қувват 1,5 кВтдан ошмаган ҳолларда қўлланилади. Бундай тизим-
ларнинг афзаллиги аккумуляторлар ёрдамида резервлашнинг од-
дийлигидир. Уларнинг камчиликларига эса аналог юкламани
электр таъминотида электр энергияни икки марта ўзгартириш (им-
пульсли ва узлуксиз) зарурлигини киритиш мумкин. Ҳозирги пайт-
да 270 В чиқиш кучланишли ўзгармас ток электр таъминоти тизим-
ларини яратиш устида иш олиб борилмоқда.

ИЭТМларнинг ўзгарувчан ток электр энергияси тизими билан
мослашуви тармоқда генерацияланувчи юқори частотали ҳалақит-
лар даражасини камайтириш ва ИЭТМ истеъмол токининг эгри-
лигини яхшилаш талабларининг бажарилиши орқали таъминлана-
ди. Электр энергияси тизимларига юқори гармоникаларнинг таъси-
ри кетма-кет ва параллел резонанслар натижасида тоқлар ва куч-
ланишлар гармоникаларининг ортиши, шунингдек, электр энер-
гиясини генерациялаш, узатиш ва ундан фойдаланиш процесслари
самараларининг камайтиши, аппаратура изоляциясининг эскириши,
бунинг натижасида хизмат муддатининг камайтиши ва аппаратура-
нинг хато ишлаши тарзида намоён бўлади.

Кучланиш гармоникалари трансформаторларда гисторезисдаги
йўқотишларни ва магнит ўтказгичлардаги уюрмавий тоқларни,
шунингдек чўлғамлардаги йўқотишларни келтириб чиқаради.

Гармоникаларнинг конденсаторларда ҳосил қиладиган қўшим-
ча йўқотишлари қуйидаги ифода орқали аниқланади:

$$\delta P = \sum_{n=2}^{\infty} \Delta P_0 \cdot \omega \cdot C \cdot n \cdot U_n^2, \quad (2.21)$$

бу ерда, ΔP_0 - асосий частотадаги ҳажмий йўқотишлар, Вт/В·Ар;
С- конденсатор сигими;

U_n - n- гармониканинг кучланиши;

n- гармониканинг номери.

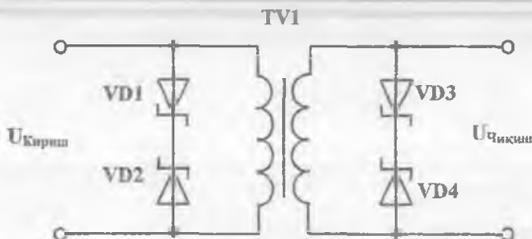
Қўшимча йўқотишлар конденсаторларнинг қўшимча қизишига
олиб келади. Шунинг учун конденсаторларни лойиҳалаш, ток
бўйича рухсат этилган ортиқча юкланишни ҳисобга олган ҳолда
амалга оширилади.

Электромагнит мослашувни яхшилаш мақсадида кучланишларнинг носимметриклигини камайтириш ва истеъмол токи шаклининг эгрилигини яхшилаш учун реактив қувватни туплашни таъминловчи коррекциялаш қурилмалари ишлатилади.

Электр энергияси тизимларида ўтиш жараёнлари вақтида ИЭТМлар кириш занжирларида рухсат этиладиган қийматлардан сезиларли катта бўлган кучланишнинг кескин сакрашсимон ортиши ҳоллари бўлиши мумкин. Кучланишнинг кескин сакрашсимон ортишини одатда индуктив характерли юклагачли ток занжирлари коммутациялари келтириб чиқаради. Хорижий маълумотларга кўра 240 В кучланишли электр таъминот тармоғига эга бўлган ишлаб чиқариш корхоналарида кучланиш буйича ортиқча юкланиш 500 В гача (1 кунда 1 марта) ва 300 гача (500 марта кунига) сакрашсимон ортиб кетиши мумкин. Кучланишнинг сакрашсимон тарзда кескин ортиб кетишини шунингдек, табиий ёки сунъий электромагнит импульс ва статик электр майдон таъсирлари ҳам келтириб чиқариши мумкин.

ИЭТМлар кириш занжирларини ортиқча юкланишлардан ҳимоялаш учун кучланиш чеклагичлари, зарядсизловчи қурилмалар, биполяр транзисторлар, варисторлар, диодлар ва стабилитронлар қўлланилади. Кучланиш импульслари энергияси катта даражада бўлганда турли хил физик принципларда йиғилган бир неча кучланиш бўлгичларидан ташкил топган комбинацион ҳимоялаш схемалари қўлланилади.

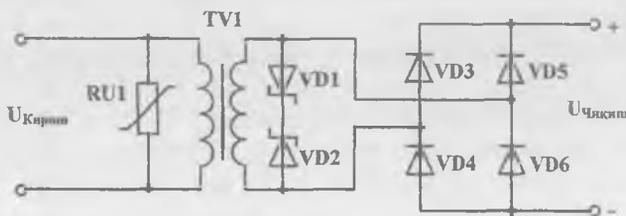
Ўзгарувчан ток тармоқларида ҳимоялаш носимметрик кучланиш чеклагичларини қарама-қарши улаш орқали амалга ошириш мумкин. Масалан, 2.6-расмдаги VD1-VD4 ва 2.7-расмдаги RU1, VD1, VD2.



2.6-расм. Носимметрик кучланиш бўлгичларининг уланиши.

Ўзгармас ток занжирларини ортиқча юкланишлардан ҳимоялаш, носимметрик кучланиш чеклагичлари ёки стабилитронлар ёр-

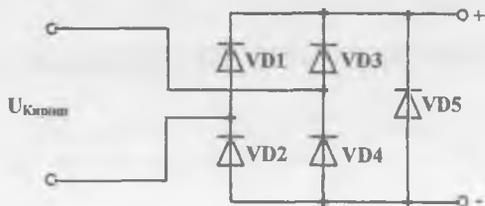
дамида амалга оширилади. Бу асбоблар шундай бўсағавий кучланиш қийматига танланадики, бунда ортиқча юкланиш импульсидан кейин уларнинг ўзгармас ток занжиридан автоматик узилиши лозим.



2.7-расм. Варисторнинг ва носимметрик кучланиш бўлгичларининг уланиши.

Ўзгарувчан ток занжирида кўприксимон тўғрилаш схемаси бўлганида тўғрилагич диодларни ҳимоялаш носимметрик кучланиш чеклагичини кўприк диагоналига улаш орқали амалга ошириш мумкин, масалан 2.8-расмдаги VD5 диод. Бу ҳолда схеманинг тезкорлигини тўғрилаш диодларининг уланиш вақтини ҳисобга олган ҳолда аниқлаш зарур.

Телекоммуникацион воситалар киришида бир неча ҳимоялаш функцияларини бажарувчи қурилма ишлатилиши мумкин. Бундай қурилмалардан бирининг тузилиш схемаси 2.9-расмда келтирилган. Бу қурилма радиоҳалақитларни сўндириш, импульсли ортиқча кучланишларни чеклаш ва тармоқ кучланиши ўзгарганда юкламани ҳимоялашни таъминлашга мўлжалланган.

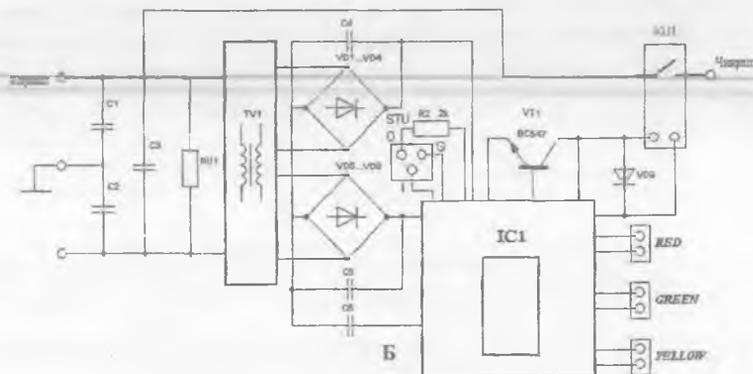


2.8-расм. Тўғрилагич диодларини носимметрик кучланиш чеклагичи ёрдамида ҳимоялаш.

TV1 трансформатор иккиламчи чўлғамидаги кучланишлар VD1 - VD4 ва VD5 - VD8 қўприксимон тўғрилаш схемалари орқали тўғриланади. VD5 - VD8 тўғрилаш схемаси чиқишидаги тўғриланган кучланиш интеграл кучланиш стабилизатори STU (SM 781.12.ACZ) орқали стабилланади. Тўғриланган кучланиш C4, C6 конденсаторлар ёрдамида филтрланиб БС бошқариш схемасига ва КУ1 (125MB) реле чўлғамига берилади. Бошқариш схемаси IC1 (LM393N, 1401CA3) микросхема базасида йиғилган. Микросхема икки каналли кучланиш компаратори бўлиб, тармоқ кучланишининг ортишини ёки камайишини назорат қилишга мўлжалланган. Агар тармоқ кучланиши 190В гача камайса ёки 250В гача ортса, бошқариш схемаси кучайтирувчи VT1 транзистори орқали КУ1 релени узади. Бу реленинг контактлари юкламани тармоқдан узади.

Ҳимоялаш қурилмасининг ҳолатларининг индукциялари светодиодлар («RED», «GREEN», «YELLOW») орқали амалга оширилади. Қурилма киришидаги C1...C3 конденсаторлар радиоҳалақитлар филтрини ташкил қилади (C1, C2 конденсаторлар носимметрик радиоҳалақитларни, C3 конденсатор эса симметрик радиоҳалақитларни сўндиришга хизмат қилади). Қисқа вақтли кучланишни сакрашсимон кескин ортиши RU1 варистор орқали чекланади. VD9 диод КУ1 реле чўлғами узилганда ортиқча кучланишни камайтириш учун мазкур чўлғамни шунтлайди.

2.9-расмда келтирилган схема қуйидаги тартибда ишлайди.



2.9-расм. Ҳимоялаш қурилмасининг тузилиш схемаси.

Назорат саволлари

1. Телекоммуникация қурилмаларининг электр таъминоти қандай амалга оширилади?
2. Интеграл микросхемалардаги (аналог ва рақамли микросхемалардаги) аппаратуралар учун қандай номиналлардаги кучланишлар ишлатилади?
3. Транзисторлардаги аппаратуралар учун кучланишлар қандай номиналлардаги кучланишлар ишлатилади?
4. Кучланиш бўйича ностабиллик нима?
5. Ҳарорат бўйича ностабиллик нима?
6. Трансформатор киришли ИЭТМнинг тузилиш схемасини чизинг ва уни тушунтириб беринг.
7. Трансформаторсиз киришли ИЭТМнинг тузилиш схемасини чизинг ва уни тушунтириб беринг.
8. ИЭТМ статик параметрларига қандай параметрлар кирди ва улар қандай ҳолларда ўлчанади?
9. ИЭТМ динамик параметрларига қандай параметрлар кирди ва улар қандай ҳолларда ўлчанади?

III. ЎЗГАРУВЧАН ТОК ЭНЕРГИЯСИНИ ЎЗГАРТИРИШ

3.1. Бир фазали трансформаторлар. Тузилиши ва ишлаш принципи. Иш режимлари

Телекоммуникация воситалари ва қурилмаларини ишлатишда турли номиналлардаги ўзгарувчан ток кучланишларидан фойдаланишга тўғри келади. Ҳатто бир қурилманинг ўзида турли номиналлардаги кучланишлар керак бўлиб қолади. Шу сабабли ўзгарувчан ток кучланишини ўзгартиришга тўғри келади. Айтиб ўтиш керакки, бир частотанинг ўзида ўзгарувчан ток кучланиши билан ток кучини бир вақтда ўзгартириш ўзгарувчан ток энергиясини трансформациялаш (ўзгартириш) дейилади. Бу вазифани трансформаторлар бажаради [1,5,12].

Трансформатор деб, бир параметрдаги ўзгарувчан ток энергиясини бошқа параметрдаги ўзгарувчан ток энергиясига ўзгартириб берувчи статик электромагнит қурилмага айтилади. Ўзгардирилган параметрлар ток, кучланиш, фазалар сони, частота (махсус трансформаторларда) бўлиши мумкин.

Иккиламчи электр таъминоти қурилмаларида трансформаторлар кўпинча бир қийматдаги ўзгарувчан кучланишнинг бошқа қийматдаги ўзгарувчан кучланишга ўзгартириш учун қўлланилади. Қувват бўйича трансформаторлар куч трансформаторлари (бир кВА дан юзлаб кВА ларгача), кичик қувватли трансформаторларга (ВА бирликларида кВА бирликларигача) бўлинади. Кичик қувватли трансформаторлар телекоммуникация ва радиоаппаратураларида кучланиш ёки токни ўзгартириш учун мослаштирувчи ёки ажратувчи трансформаторлар сифатида қўлланилади.

Куч трансформаторлари радиокорхоналар ва симли алоқа корхоналари таъминот занжирларида қўлланилади.

Трансформатор ўзгарувчан ток аппарати бўлиб, ўзгармас токда ишламайди.

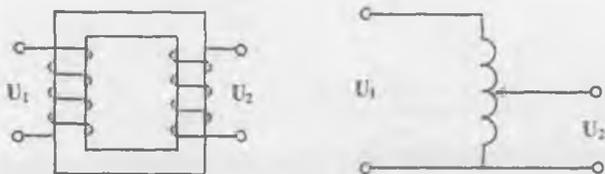
Ҳар қандай трансформатор икки асосий қисм, яъни берк пўлат ўзак ва мис сим ўралган чўлғамлардан иборат. Трансформатор ўзак махсус электротехник пўлат пластиналардан йиғилади. Бу пластиналар қалинлиги трансформатор ишчи частотасига боғлиқ,

частота қанча юкори бўлса, пластина шунча юпка бўлади. Ҳақ шакли ва унда чўлғамларнинг жойлашиши бўйича трансформаторлар стерженли, бронли (ш-симон), торреодал ва лентасимон кесимли бўлиши мумкин. Бажарилиш схемаси бўйича трансформаторлар (яъни чўлғамлар сони бўйича) бир, икки ва кўп чўлғамли бўлиши мумкин. Электр энергияси манбасига уланадиган чўлғам бирламчи, истеъмолчига уланадиган чўлғам эса иккиламчи чўлғам дейилади.

Трансформаторнинг бирламчи чўлғами битта, иккиламчи чўлғамлари эса бир нечта бўлиши мумкин. Бир чўлғамли трансформатор автотрансформатор дейилади (ТВ стабилизаторидаги маиший трансформатор). Унда иккиламчи чўлғам бирламчи чўлғамнинг бир қисми ҳисобланади. Унда бирламчи ва иккиламчи томонлар орасида ҳам магнит, ҳам электр алоқа мавжуд. Икки чўлғамли трансформатор битта бирламчи ва битта иккиламчи чўлғамларга эга бўлади. Улар бир-бирдан электр жиҳатидан изоляцияланади. Кўп чўлғамли трансформатор битта бирламчи ва бир неча иккиламчи чўлғамларга эга бўлиб, улар бир-бирлари билан электр жиҳатдан боғланмайди.

Ишчи частотаси бўйича трансформаторлар шартли равишда куйидагиларга ажратилади;

- камайтирилган частотали (50 Гцдан кичик).
- саноат частотали (50 Гц)
- оширилган частотали (100 Гц-10 кГц)
- юкори частотали (10 кГцдан юкори).



3.1-расм. Бир фазали трансформаторнинг схемаси.

Фазалар сони бўйича трансформаторлар бир фазали (3.1-расм) ва кўп фазали (уч фазали, олти фазали ва х.к.) бўлиши мумкин. Бирламчи чўлғам фазалари сони электр энергия манбаи фазалари сони орқали, иккиламчи чўлғам фазалари сони эса трансформаторнинг схемадаги вазифаси орқали аниқланади.

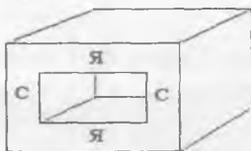
Кучланиш бўйича трансформаторлар кичик кучланишли (унинг ҳар қандай чўлғамининг кучланиши 1000В дан кичик бўлади) ва юқори кучланишли (унинг чўлғамларидан камида бирининг кучланиши 1000В дан катта бўлади) трансформаторларга бўлинади.

Трансформаторнинг асосий қисмлари берк пўлат ўзак (магнит ўтказгич) ва унга ўраладиган чўлғамлар ҳисобланади. Ўзақлар стерженли, бронли, торреодал, тасмасимон кесимли бўлиши мумкин (3.2-расм).

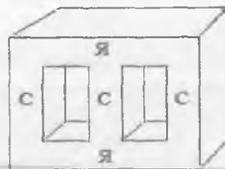
Ўзакнинг чўлғам ўраладиган қисми стержен, чўлғам ўралмайдиган ва магнит занжирни туташтириш учун хизмат қиладиган қисми эса ярмо дейилади.

Стерженли бир фазали трансформаторларда чўлғамлар ҳар иккала стерженларга (ҳар бир чўлғамнинг ярми биринчи стерженга ва бошқасига эса иккинчи ярми) ўралади. Бронли (Ш-симон) бир фазали трансформаторлари ҳар иккала чўлғамлар ўртадаги стерженга ўралади, уч фазали трансформаторларда эса ҳар бир фаза бирламчи ва иккиламчи чўлғамлар ўз стерженларига ўралади. Торреодал трансформаторлар бир фазали ва кичик қувватли тарзда ясалади. Ўзақлар материали Э-41, 42 ва бошқа маркалардаги махсус электротехник пўлат пластиналардан ташкил топади.

Стерженли



Бронли



Торреодал



Тасмасимон кесимли

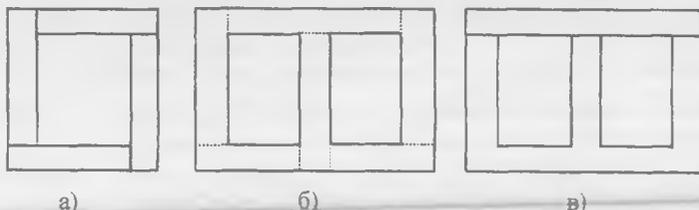


3.2-расм. Трансформаторнинг тузилиши.

Пластиналар қалинлиги трансформатор частотасига боғлиқ. $f=50$ Гц частотада ишлайдиган трансформаторлар учун 0,5 мм ёки 0,35 мм қалинликдаги пўлат пластиналардан, юқорироқ частоталарда ишлайдиган трансформаторлар учун эса 0,2 дан 0,08 мм

калинликдаги пўлат пластиналардан фойдаланилади.

Трансформаторлар ўзгарувчан токда ишлаганлиги учун пўлат ўзақларда уярма тоқлар (Фуко тоқлари) пайдо бўлади, улар трансформатор пўлат ўзагидаги қувват йўқотишларига сабаб бўлади. Бу йўқотишларни камайтириш учун ўзақлар юпқа пластиналардан йиғилади ва бу пластиналар бир томонидан бир-бирларидан изоляциялаш учун лак қоплами билан қопланади (ёки юпқа қоғоз ёпиштирилади). Стерженли ўзақлар тўғри бурчакли шаклдаги алоҳида пластиналардан йиғилади (3.3-расм).

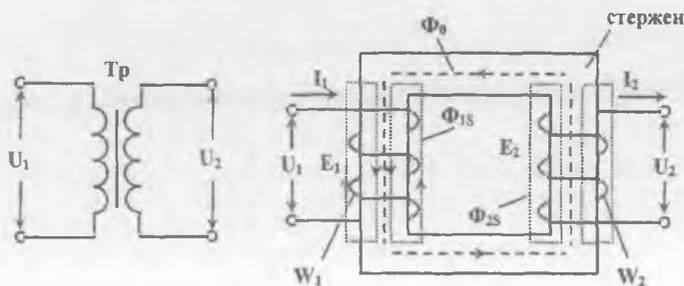


3.3-расм. Ўзақлар, а,б-стерженли, в-бронли.

Бронли ўзақлар штампланган Ш-симон пластиналардан йиғилади. Торреодал ўзақлар оширилган частотали кичик қувватли (Унлаб Втлар) трансформаторлар учун ясалади.

Кучланишни трансформациялаш коэффициенти бўйича трансформаторлар камайтирувчи ва орттирувчи трансформаторларга бўлинади.

Трансформаторнинг ишлаш принципини икки чўлғамли стерженли трансформатор ёрдамида кўриб чиқамиз (3.4-расм).



3.4-расм. Трансформаторнинг ишлаш принципи.

Трансформаторнинг ишлаш принципи бир-бири билан электр жиҳатдан боғланмаган ва қўзғалмас икки ёки бир неча чўлғамларнинг ўзаро электромагнит таъсирланишига асослангандир. Чўлғамлар W_1 ва W_2 ўрамлар сони орқали характерланади.

Трансформаторнинг учта: салт ишлаш, қисқа туташув ва юклама иш режимлари мавжуд.

Бу режимларни кетма-кет кўриб чиқамиз.

Трансформаторнинг салт ишлаш режими. Салт ишлаш режимида трансформаторнинг бирламчи чўлғами ўзгарувчан ток манбаига уланади, иккиламчи чўлғамининг учлари эса очик қолади, яъни иккиламчи чўлғам токи нолга тенг бўлади. U_1 кучланиш синусоидал қонун бўйича ўзгаради деб олайлик. Унинг таъсирида бирламчи чўлғамдан салт ишлаш токига тенг бўлган $I_1=I_0$ синусоидал ток оқиб ўтади. I_0 токнинг қиймати трансформатор кувватига боғлиқ; кичик кувватли трансформаторларда I_1 ток номинал қийматининг 25-30 фоизига, катта кувватли трансформаторларда эса I_1 ток номинал қийматининг 3-10 фоизига етади. I_1 ток таъсирида $F_0=I_0 \cdot W_1$ магнитловчи куч вужудга келади ва бу куч трансформатор ўзагида Φ_0 магнит оқимини ҳосил қилади. Унинг катта қисми трансформатор магнит ўзагида туташади ва бирламчи (ўрамлари сони W_1 бўлган) ва иккиламчи (ўрамлар сони W_2 бўлган) чўлғамларнинг барча ўрамларини кесиб ўтадиган Φ_0 асосий магнит оқимини ҳосил қилади. Φ_0 магнит оқимининг унга катта бўлмаган қисми бирламчи чўлғам атрофида ҳавода туташади ва фақат бирламчи чўлғамга боғланган Φ_{1s} тарқалиш оқимини ташкил қилади.

Φ_{1s} оқим бирламчи чўлғамда тарқалиш ЭЮКини индукциялайди:

$$e_{1s} = -W_1 \frac{d\Phi_{1s}}{dt} = \omega W_1 \Phi_{1s} \sin(\omega t - 90^\circ), \quad (3.1)$$

Асосий магнит оқими Φ_0 эса бирламчи ва иккиламчи чўлғамларда мос ЭЮКларни индукциялайди.

$$e_1 = -W_1 \frac{d\Phi_0}{dt} = \omega W_1 \Phi_0 \sin(\omega t - 90^\circ), \quad (3.2)$$

$$e_2 = -W_2 \frac{d\Phi_0}{dt} = \omega W_2 \Phi_0 \sin(\omega t - 90^\circ), \quad (3.3)$$

Агар Φ_0 оқимни синусоидал деб ҳисобласак, яъни $\Phi_0 = \Phi_{0m} \sin \omega t$ бўлса, у ҳолда индукцияланган ЭЮКлар (3.2) ва (3.3) ларга мувофиқ қуйидаги тарзда ёзилади:

$$e_1 = -W_1 \cdot \omega \cdot \Phi_{0m} \cdot \cos \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right) = \omega \cdot W_1 \cdot \Phi_{0m} \cdot \sin \left(\omega t - \pi \right), \quad (3.4)$$

$$e_2 = -W_2 \cdot \omega \cdot \Phi_{0m} \cdot \cos \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right) = \omega \cdot W_2 \cdot \Phi_{0m} \cdot \sin \left(\omega t - \pi \right), \quad (3.5)$$

бу ерда, $\omega W_1 \Phi_{0m} = E_{1m}$, $\omega W_2 \Phi_{0m} = E_{2m}$, яъни e_1 ва e_2 ҳам синусоидал қонун бўйича ўзгаради, лекин фаза бўйича $\pi/2$ бурчакка орқада қолади. Амалда ЭЮКларнинг оний қийматларига эмас, таъсир этувчи қийматларига таяниб, улар қуйидаги ифодалар орқали аниқланади:

бирламчи чўлғам ЭЮКининг таъсир этувчи қиймати

$$E_1 = \frac{E_{1m}}{\sqrt{2}} = \frac{2\pi}{\sqrt{2}} W_1 f \Phi_{0m} = 4,44 \cdot f \cdot W_1 \cdot \Phi_{0m}, \quad (3.6)$$

иккиламчи чўлғам ЭЮКининг таъсир этувчи қиймати

$$E_2 = 4,44 \cdot f \cdot W_2 \cdot \Phi_{0m}, \quad (3.7)$$

(3.2) ва (3.3) ифодалардан кўринадики, бирламчи ва иккиламчи чўлғамлар ЭЮКлари бу чўлғамлар ўрамлири сонига тўғри пропорционал, яъни ўрамлар сони қанча катта бўлса, чўлғам ЭЮКи шунча катта бўлади.

Трансформаторларни $W_1/W_2 = E_1/E_2 = n$ нисбати билан характерлаш қабул қилинган. Бу нисбат трансформация коэффициентидеялилади. У бирламчи ва иккиламчи чўлғамлари ЭЮКлари ўзаро неча марта фарк қилишини кўрсатади. Кўп сонли ўрамларга эга бўлган чўлғам юкори кучланишли чўлғам, кам сонли ўрамга эга бўлган чўлғам эса паст кучланишли чўлғам дейилади.

Агар $W_1 > W_2$ бўлса, трансформатор *камайтирувчи*, $W_1 < W_2$ бўлса, трансформатор *орртирувчи трансформатор* дейилади. Транс-форматор тармоқдан $S_1 = U_1 \cdot I_1$ қувватни истеъмол қилади, у икки-ламчи томондаги $S_2 = U_2 \cdot I_2$ қувватдан катта ёки унга тенг бўлади, яъни $S_2 < S_1$. Шунинг учун трансформатор чўлғамидаги кучланиш қанча катта бўлса, ундаги ток шунча кичик бўлади, яъни

$$n = \frac{E_1}{E_2} \approx \frac{I_2}{I_1}, \quad (3.8)$$

Агар трансформатор бирламчи чўлгамидаги ва ўзакдаги энергия исрофи ҳисобга олинмаса ва бутун Φ_0 магнит оқим бўйича туташади, деб ҳисобласак, E_1 ЭЮК Ленц қонуни бўйича U_1 берилган кучланишга қиймат бўйича тенг, ишора бўйича эса қарама-қарши бўлади, яъни $-\dot{E}_1 = U_1$ бўлади. Лекин амалда ўзакдаги ва магнит оқими тарқалиши исрофларини ҳисобга олмаса бўлмайди. Шунинг учун реал трансформаторларда \dot{I}_0 салт юриш токи \dot{I}_{0a} актив ва \dot{I}_{0p} реактив ташкил этувчиларга эга бўлади, яъни

$$\dot{I}_0 = \dot{I}_{0a} + \dot{I}_{0p}, \quad (3.9)$$

\dot{I}_{0a} актив ташкил этувчи трансформатор магнит ўтказгичларидаги кувват йўқотиш учун сарф бўлади (гистерезис ва уюрма тоқларга), \dot{I}_{0p} реактив ташкил этувчи магнит ўзакда Φ_0 асосий магнит оқимини ҳосил қилишга сарф бўлади.

Бундан ташқари реал трансформаторнинг бирламчи чўлгами r_1 актив қаршилиқка эга, бу қаршилиқда \dot{I}_0 ток таъсирида $\bar{U}_{0a} = \dot{I}_{0a} r_1$ кучланиш камаяди. Бундан ташқари Φ_{1s} тарқалиш оқимининг мавжудлиги учун бирламчи чўлғамда $\dot{E}_{1s} = -j x_1 \dot{I}_0$ тарқалиш ЭЮКи вужудга келади, бу ерда x_1 -бирламчи чўлғам тарқалиш индуктив қаршилиги. Киргхофнинг иккинчи қонунига биноан берилган \bar{U}_1 кучланиш трансформатор бирламчи занжиридаги барча кучланишлар пасайишига тенг бўлиши керак, яъни

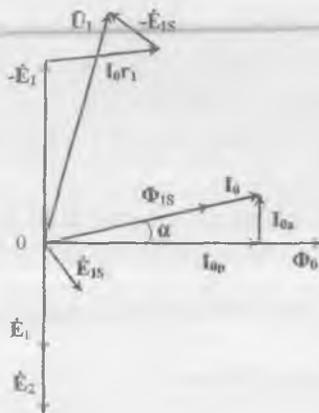
$$\bar{U}_1 = -\dot{E}_1 - \dot{E}_{1s} + \dot{I}_0 r_1 = -\dot{E}_1 + \dot{I}_0 r_1 + j x_1 \dot{I}_0 \quad \text{ва} \quad \bar{U}_2 = \dot{E}_2, \quad (3.10)$$

Ушбу муносабатларга асосланиб салт ишлаш режимида трансформаторнинг вектор диаграммасини қуриш мумкин (3.5-расм) вектор диаграммани қуришни горизонтал йўналишда Φ_0 магнит оқимининг векторини қўйишдан бошлаймиз. Биз синусоидал идеал оқим ҳолатини қўриб чиқаётганлигимиз учун улар индукциялайдиган \dot{E}_1 ва \dot{E}_2 ЭЮКлар оқимдан фаза бўйича 90° га орқада қолади (\cos ишораси алмашгани учун). Мусбат айланиш йўналиши сифатида соат мили йўналишига қарама-қарши йўналиш қабул қилинади.

Токнинг реактив ташкил этувчиси $\dot{I}_0 \Phi_0$ оқимнинг йўналишига мос тушади, актив ташкил этувчиси \dot{I}_{0a} эса, Φ_0 оқимни 90° га орқада қолдиради. \dot{I}_0 ток геометрик ($\dot{I}_{0a} + \dot{I}_{0p}$) йиғинди каби аниқланади. Φ_0 ва \dot{I}_0 орасидаги бурчак магнит кечкиши бурчаги ёки магнит йўқотишлар бурчаги дейилади ва пўлат ўзакдаги қувват йўқотилиши қийматига боғлиқ бўлади. Тарқалиш оқимининг вектори Φ_s , \dot{I}_0 токнинг йўналишига мос тушади, \dot{E}_{1s} вектор эса ундан 90° фоизга ортда қолади. Кейин (3.10) тенгламадан фойдаланамиз.

0 нуқтадан $-\dot{U}_1$ векторни қўямиз ва унинг охирига $\dot{I}_0 r_1$ векторни \dot{I}_0 векторга параллел қўямиз.

Вектор диаграммадан кўриниб турибдики, салт ишлаш режимида \dot{E}_1 ва \dot{E}_2 векторлар \dot{U}_1 векторга нисбатан 180° фоизга яқин бурчакка сурилган.



3.5-расм. Трансформаторнинг салт ишлаш режимидаги вектор диаграммаси.

(3.10) ифодада $r_1 + j x_1 z_1 = z_1$ ни белгилаш мумкин, у ҳолда

$$\dot{U}_1 = -\dot{E}_1 + z_1 \cdot \dot{I}_0, \quad (3.11)$$

Бу комплекс қаршиликнинг модули $z_1 = \sqrt{r_1^2 + x_1^2}$ бирламчи чўлгамнинг тўлиқ қаршилиги ҳисобланади. (3.10) ифодада $-\dot{E}_1 = \dot{I}_0 z_0$ алмаштириш мумкин, бу ерда z_1 – пўлат ўзак киритадиган тўлиқ

қаршилик. \dot{I}_0 ток $-\dot{E}_1$ вектордан фаза бўйича ортда қолаётганлиги учун z_0 қаршилик фақат актив (r_0) ташкил этувчига эмас, индуктив (x_0) ташкил этувчига ҳам эга бўлади, яъни $z_0 = r_0 + jx_0$ бўлади.

x_0 ва r_0 ларда ажраладиган энергия ўзақда асосий магнит оқимини ҳосил қилиш ва унда вужудга келадиган йўқотишларни қоплаш учун сарфланади. Буни ҳисобга олиб (3.11) ифода $\bar{U}_1 = \dot{I}_0 z_1 + \dot{I}_0 z_0 = \dot{I}_0 (z_1 + z_0)$ тенглик кўринишига ўзгартирилади. Бу тенгламага асосланиб салт ишлаш режимидаги трансформаторнинг эквивалент схемаси чизилади (3.6-расм).

Трансформаторнинг параметрларини аниқлаш учун салт ишлаш тажрибаси ўтказилади. Кўп трансформаторларда салт ишлаш режимида бирламчи чўлғамдаги қувват йўқотишлари кам, иккиламчи чўлғамдаги қувват йўқотишлари эса 0 га тенг бўлганлиги учун $\dot{E}_1 \approx \bar{U}_1$, $\dot{E}_2 = \bar{U}_2$ деб ҳисоблаш мумкин. Шундай қилиб, салт ишлаш режимида $n \approx U_1/U_2$ трансформациялаш коэффициенти, ўзақдаги қувват исрофи (бошқача қилиб айтганда салт ишлаш йўқотишлари ёки доимий йўқотишлар) ва салт ишлашдаги z_1 ва z_0 кириш қаршиликлари аниқланади.

$$\bar{U}_1 = -\dot{E}_1 + \dot{E}_{1s} + \dot{E}_1 + \dot{I}_0 r_1 = -\dot{E}_1 + \dot{I}_0 r_0 + j x_0 \dot{I}_0$$

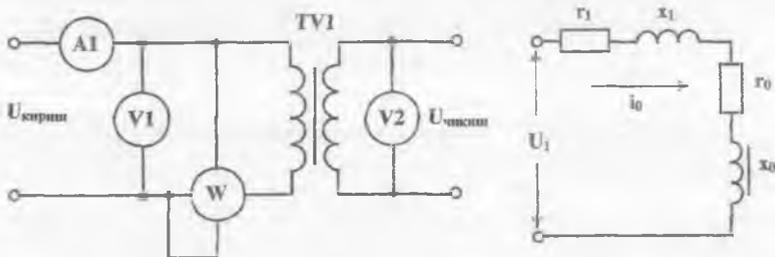
$$\bar{U}_0 = \dot{E}_2$$

$$r_1 \neq j x_1 = z_1$$

$$\bar{U}_1 = -\dot{E}_1 + \dot{E}_{1s}$$

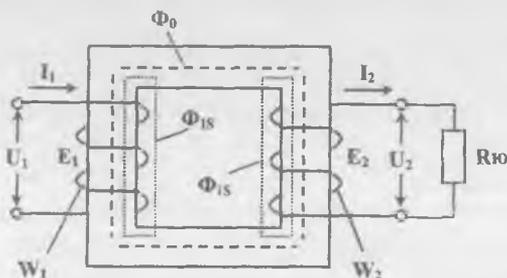
$$\bar{U}_1 = -\dot{E}_1 + \dot{I}_0 z_1$$

$$z_1 = \sqrt{r_1^2 + x_1^2} \quad \text{тўлиқ қаршилик}$$



3.6-расм. Салт ишлаш тажрибасини ўтказиш ва унинг эквивалент схемалари.

Трансформаторнинг юклама режими. Агар трансформаторнинг иккиламчи чўлғамига юклама уланса, у ҳолда трансформатор ишчи режимда ишлайди (3.7-расм). Бу режимда трансформатордаги физик жараёнлар юклама хусусиятига боғлиқ бўлади. Икки асосий актив-индуктив ва актив-сиғимли юклагани ҳолларни кўриб чиқамиз.



3.7-расм. Юкланган режимдаги бир фазали трансформатор.

Агар бирламчи чўлғамга U_1 кучланиш берилса, иккиламчи чўлғам эса юклагамга уланса, у ҳолда ҳар иккала чўлғамлардан мос равишда I_1 ва I_2 тоқлар оқиб ўтади. Улар трансформаторда Φ_{1s} ва Φ_{2s} магнит оқимларини ҳосил қилади. Уларнинг кўп қисми трансформатор ўзагида туташади, қолган кам қисми эса чўлғамлар атрофида Φ_{1s} ва Φ_{2s} тарқалиш оқимларини ҳосил қилиб, ҳавода туташади. Бу оқимлар трансформатор чўлғамларида \dot{E}_{1s} ва \dot{E}_{2s} тарқалиш ЭЮКларини ҳосил қилади, улар бирламчи ва иккиламчи чўлғамлар x_1 ва x_2 индуктив тарқалиш қаршилиқларига сарфланади, яъни

$$\dot{E}_{1s} = -j I_1 x_1, \quad (3.12)$$

$$\dot{E}_{2s} = -j I_2 x_2, \quad (3.13)$$

Бу ҳолда юкланган трансформатор учун мувозанат тенгламаси куйидаги кўринишга эга бўлади:

$$\bar{U}_1 = -\dot{E}_1 - \dot{E}_{1s} + \dot{I}_1 \cdot r_1 = -\dot{E}_1 + j \cdot \dot{I}_1 \cdot x_1 + \dot{I}_1 \cdot r_1, \quad (3.14)$$

$$\bar{U}_2 = -\dot{E}_2 - \dot{E}_{2s} + \dot{I}_2 \cdot r_2 = -\dot{E}_2 + j \cdot \dot{I}_2 \cdot x_2 + \dot{I}_2 \cdot r_2, \quad (3.15)$$

Φ_{2S} оқимнинг ҳосил бўлиши учун Φ_{1S} оқим хизмат қилганлиги учун Ленц қонуни бўйича улар карама-қарши йўналади, яъни трансформатор ўзагида натижавий йиғинди оқим вужудга келади. Бу оқим E_1 ва E_2 ЭЮКлар манбаи ҳисобланади. Агар I_2 юклама токи ортса, Φ_{2S} оқим ортади, у ҳолда Φ_0 камайди, демак, E_1 ва E_2 ЭЮКлар ҳам камайди. (3.15) тенгламадан кўришиб турибдики E_1 камайганда тенгликни сақлаш учун I_1 ортиши керак, бу эса Φ_{1S} оқимни ва Φ_0 йиғинди оқимни орттиради. I_1 ток Φ_{2S} оқимни магнитсизловчи таъсирини компенсациялаунча ортади, яъни Φ оқим қиймати тикланади. Агар I_2 камаё бошласа (0 гача), Φ_0 оқим ва унга мос равишда E_1 ва E_2 ЭЮКлар ортади. Лекин E_1 ортганда (3.13) I_1 ток, яъни Φ_{1S} оқим камаё бошлайди ва мос равишда Φ оқим Φ_0 оқимга тенг бўлиб қолади. Шундай қилиб, трансформаторда йиғинди магнит оқими юклама ўзгаришининг кенг чегараларида деярли ўзгаришсиз қолади ва салт ишлаш оқимига тенг бўлади, яъни

$$\Phi_{си} = \Phi_1 - \Phi_2 = \Phi_0, \quad (3.16)$$

Демак, магнитловчи кучни ҳосил қиладиган бу оқим ҳам ўзгаришсиз қолади, магнитловчи куч қуйидаги ифода орқали аниқланади: $F_0 = I_0 \cdot W_1$, F_0 – трансформатор салт ишлаганидаги магнитловчи куч.

Трансформатор юкламада ишлаганида унинг магнит ўтказгичида $F_1 = I_1 \cdot W_1$ ва $F_2 = I_2 \cdot W_2$ магнитловчи кучлар мос равишда Φ_1 ва Φ_2 магнит оқимларини ҳосил қилади. У ҳолда натижавий магнитловчи куч $F_H = F_1 + F_2 = I_1 \cdot W_1 + I_2 \cdot W_2$ бўлади.

Йиғинди магнитловчи куч $F_H = F_0$, бўлганлиги учун қуйидагини ёзиш мумкин:

$$I_0 \cdot W_1 = I_1 \cdot W_1 + I_2 \cdot W_2, \quad (3.17)$$

Бу тенглама магнитловчи кучлар мувозанат тенгламаси дейлади. Шундай қилиб, трансформатор юклама режимида ишлаганида (3.14) ва (3.15) тенгламалар орқали тавсифланадиган бири-бирдан электр жиҳатдан мустақил бўлган иккита бирламчи ва иккиламчи тармоқлар контурлари кўриб чиқилади. Улар асосида

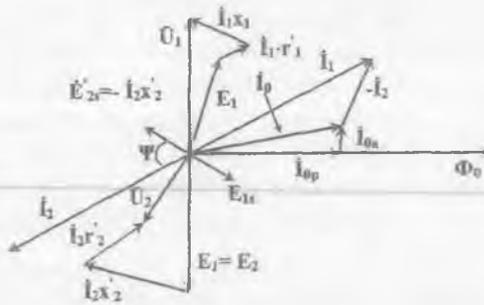
трансформаторнинг вектор диаграммаси ва эквивалент схемасини кўриш мумкин. Лекин бунда бирламчи ва иккиламчи занжирларга тааллуқли бўлган катталикларни таққослаш зарур бўлади. Агар трансформациялаш коэффициентини $n \neq 1$ бўлса, у ҳолда бу катталиклар турлича бўлади. Вектор диаграммалар ва эквивалент схемаларни куришда қулайлик учун трансформатор иккиламчи чўлғамини бирламчи чўлғамга келтириш қабул қилинган, яъни бирламчи чўлғам ўрамлари сонига тенг бўлган ўрамлар сонли чўлғам бор деб шартли ҳисоблаш мумкин, у ҳолда $E_2 = E_1 = n \cdot E_2 = E_2 (W_2/W_1)$ бўлади.

(3.17) тенгламани W_1 га бўлиш мумкин, у ҳолда $u I_0 = I_1 + I_2 \cdot W_1/W_2$ кўринишга, бирламчи чўлғамга келтирилгани эса, $I_2 = W_2/W_1 = 1/n \cdot I_2 = I_2$ кўринишга эга бўлади. Бу ҳолда, чўлғамлар орасидаги электромагнит алоқани фақат электр алоқага алмаштириш мумкин. У ҳолда трансформаторнинг актив, индуктив ва тўлик қаршилиқларини аниқлаш мумкин. Трансформаторнинг юклама режимидаги вектор диаграммасини куришни Φ_0 вектордан бошлаймиз. Трансформаторнинг вектор диаграммасини актив-индуктив юклама ҳолати учун кураимиз. Кейин \dot{I}_0 ва $\dot{E}_1 = \dot{E}_2$ векторларни кўямиз. Сўнгра (3.17) тенгламага мувофиқ $\dot{I}_1 = \dot{I}_0 - \dot{I}_2$ га тенг бўлган \dot{I}_1 векторни қидирамиз. Актив-индуктив юкламада \dot{I}_2 вектор \dot{E}_2 вектордан маълум бурчакка ортда қолади, бирламчи чўлғамга келтирилган \dot{E}_2 тарқалиш ЭЮКи вектори \dot{I}_1 вектордан 90° га ортда қолади. Иккиламчи занжир параметрларини бирламчи занжирга келтирилишида барча қувват йўқотишлари ва электр катталиклар орасидаги фазавий бурчаклар келтиришдан кейин ўзгаришсиз қолиши шarti бажарилади. Иккиламчи чўлғамнинг келтирилган актив қаршилиги $I_2^2 \cdot r_2 = (I_2')^2 \cdot r_2 = (I_2/n)^2 \cdot r$ шартдан аниқланади. Бундан $r_2 = n^2 \cdot r$ бўлади. Чўлғамнинг индуктив қаршилиги ўрамлар сонининг квадратига пропорционал, бундан $x_2' = W_1/W_2 \cdot x_2 = n^2 \cdot x_2$ бўлади.

Бирламчи чўлғам учун мувозанат тенгламаси қуйидаги кўринишда ёзилади:

$$\bar{U}_k = -\dot{E}_1 + j \cdot x_1 \cdot \dot{I}_1 + n \dot{I}_2 \quad (3.18)$$

яъни $I_1 = -I_2$ деб оламиз ва диаграммани кураимиз (3.8-расм).



3.8-расм. Трансформаторнинг юкланган режимидаги вектор диаграммаси.

\dot{I}_1 вектор йўналишини билган ҳолда, (3.15) га мувофиқ \dot{E}_1 векторни $\dot{I}_1 \cdot r_1$ векторга қўшамиз, кейин \dot{E}_{1S} векторни айириб \dot{U}_1 векторни ҳосил қиламиз. Вектор диаграммасидан кўришиб турибдики, иккиламчи чўлғам кучланишининг \dot{U}_2 қиймати \dot{I}_2 юклама токига ва юклама характериға (яъни Ψ га) боғлиқ бўлади. Актив-индуктив юкламада \dot{U}_2 абсолют қиймати бўйича \dot{E}_2 ЭЮКдан кичик ($|\dot{U}_2| < |\dot{E}_2|$), актив-сиғим юкламада эса катта ($|\dot{U}_2| > |\dot{E}_2|$) бўлади.

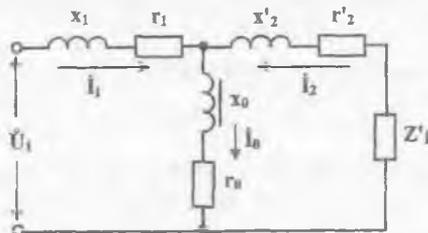
Юкланган трансформаторнинг эквивалент схемасини асосий мувозанат тенгламаларини таҳлил қилган ҳолда куриш мумкин (3.9-расм).

Уларни куйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$\bar{U}_1 = -\dot{E}_1 + \dot{I}_1 \cdot z_1, \quad (3.19)$$

$$\bar{U}_2 = \dot{E}_2 - \dot{I}_2 \cdot z_2, \quad (3.20)$$

бу ерда, z_1 ва z_2 -бирламчи чўлғамнинг тўла қаршилиги ва иккиламчи чўлғамнинг келтирилган тўла қаршилиги.



3.9-расм. Трансформаторнинг юкланган режимидаги эквивалент схемаси.

$\vec{E}_1 = \vec{E}_2 = -\vec{I}_0 \cdot z_0$ деб белгилаймиз, бу ерда \vec{I}_0 —салт ишлаш токининг вектори, z_0 —магнитловчи контурнинг тўла қаршилиги. Трансформатор иккиламчи чўлғамининг кучланиши юклама бўлганида $\vec{U}_2 = \vec{I}_2 \cdot Z_{\text{ю}}$ бўлади, бу ерда $Z_{\text{ю}} = n^2 \cdot Z_{\text{ю}}$ —ташқи юкламанинг келтирилган тўла қаршилиги.

Мувозанат тенгламасидан $\vec{I}_2 = \vec{I}_0 - \vec{I}_1$ га эгамиз. У ҳолда трансформаторнинг иккиламчи чўлғами учун ЭЮКлар мувозанат тенгламаси қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$(\vec{I}_0 - \vec{I}_1) \cdot Z_{\text{ю}} = -\vec{I}_0 \cdot z_0 + (\vec{I}_1 - \vec{I}_0) \cdot Z_2, \quad (3.21)$$

у ҳолда, салт ишлаш токи қуйидагига тенг бўлади:

$$(Z_2 + Z_{\text{ю}}) / (Z_0 + Z_2 + Z_{\text{ю}}) \cdot I_0 = I_1, \quad (3.22)$$

Унинг кийматини (3.19) ифодага қўйиб қуйидаги кўринишдаги ифодани оламиз:

$$\vec{U}_1 = \vec{I}_0 \cdot z_0 + \vec{I}_1 \cdot z_1 = \vec{I}_1 \cdot z_1 + z_0 (Z_0 + Z_2 + Z_{\text{ю}}) / (Z_2 + Z_{\text{ю}}), \quad (3.23)$$

у ҳолда, юклама бўлганда трансформаторнинг эквивалент қаршилиги қуйидагича бўлади:

$$Z_{\text{э}} = Z_1 + Z_0 \cdot (Z_2 + Z_{\text{ю}}) / (Z_0 + Z_2 + Z_{\text{ю}}), \quad (3.24)$$

яъни у икки кетма-кет уланган қаршилиқлардан ташкил топади, бу ерда, Z_1 —бирламчи чўлғамнинг тўла қаршилиги, иккинчи қўшилувчи эса Z_0 , (контурнинг магнитланиши) иккиламчи занжир тўла қаршилиги (яъни иккиламчи чўлғам ва трансформатор юкламаси тўла қаршилиқларининг кетма-кет уланиши) параллел уланишидир.

Трансформаторнинг қисқа туташув иш режими. Қисқа туташув режимида бирламчи чўлғам тармоққа уланади, иккиламчи чўлғам эса қисқа туташтирилади. Ишлатиш шароитларида қисқа туташув авария режими ҳисобланади ва чўлғамлар тоқдаги катта кийматларга ортиб кетади. Бунда чўлғамлар кучли қизийди ва уларни деформациялайдиган катта механик кучлар таъсир қилади.

Лекин, ҳар қандай юкламада трансформатор параметрларини аниқлаш учун қисқа туташув тажрибаси ўтказилади. Бу тажрибада

иккиламчи чўлғам қисқа туташтирилади, бирламчи чўлғамга эса пасайтирилган U_k кучланиш берилади. Бу кучланиш қисқа туташув кучланиши дейилади ва номиналдан фоизларда ўлчанади, яъни

$$U_k = \frac{U_k}{U_1} \cdot 100\% \quad (3.25)$$

Стандарт бўйича қисқа туташув кучланиши номинал кучланишнинг 5,5–10,5 фоизини ташкил қилади. U_k қиймат жуда кичик бўлганлиги сабабли I_0 магнитловчи ток ва мос равишда Φ_0 магнит оқими сезиларсиз бўлади, яъни $I_{0k} \approx 0$ бўлади, бунда бирламчи чўлғамнинг магнитловчи кучи иккиламчи чўлғамнинг магнитловчи кучини компенсациялаш учун сарф бўлади. Магнитловчи токни ҳисобга олинмаса (яъни $I_{0k} = 0$), у ҳолда магнит мувозанат тенгламаси $I_1 \cdot W_1 + I_2 \cdot W_2 = 0$ кўринишга эга бўлади ва агар трансформаторни келтирилган деб ҳисобланса, у ҳолда $I_1 = -I_2$ бўлади. Иккиламчи чўлғамнинг мувозанат тенгламаси куйидаги кўринишга эга бўлади:

$$U_2 = E_2 - I_2 \cdot z_2 = 0, \quad (3.26)$$

яъни

$$E_2 = I_2 \cdot (r_2 + j \cdot x_2), \quad (3.27)$$

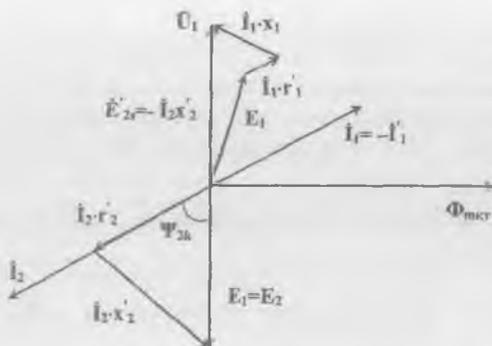
Иккиламчи чўлғамдан оқиб ўтадиган I_2 , ток E_2 вектордан ψ_{2k} бурчакка орта қолади, у куйидаги шартдан аниқланади:

$$-\frac{x_2}{r_2} \cdot \operatorname{tg} \psi_2 = \frac{\pi}{2}, \quad (3.28)$$

Трансформаторнинг қисқа туташув режимидаги вектор диаграммасини куриш мумкин (3.10-расм).

Абсиссалар ўқиға $\Phi_{\text{макт}}$ қўямиз, ундан $E_1 = E_2$ векторлар 90° га орта қолади, E_2 вектордан эса I_2 вектор ψ_{2k} бурчакка орта қолади, бинобарин

$$E_2 = I_2 \cdot r_2 + j \cdot x_2 \cdot I_2, \quad (3.29)$$



3.10-расм. Трансформаторнинг қисқа туташув режимидаги вектор диаграммаси.

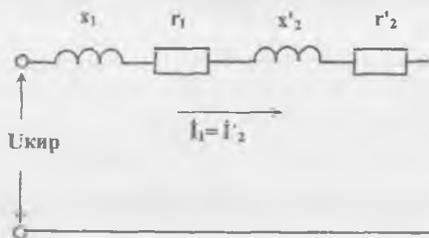
Қисқа туташув режимида ишлаётган трансформаторнинг эквивалент схемасини куриш учун (3.29) ифодадан фойдаланилади.

$$E_1 = -E_2 = -(I_1 \cdot r_2 + j \cdot x_2 \cdot I_2) \quad (3.30)$$

у ҳолда,

$$\bar{U}_k = I_1 r_1 + j x_1 I_1 - I_1 r_2 - j x_2 I_2 = I_1 \cdot (r_1 + j x_1 + r_2 + j x_2) \quad (3.31)$$

$I_0=0$ бўлганлиги сабабли, $z_0=\infty$, $z_H=0$, у ҳолда эквивалент схемаси 3.11-расмда кўрсатилган кўринишда бўлади.



3.11-расм. Трансформаторнинг қисқа туташув режимидаги эквивалент схемаси.

Трансформаторнинг қисқа туташув қаршилиги $z_k = r_1 + j \cdot x_1 + r_2 + j \cdot x_2$, бундан қисқа туташувда трансформатор қаршилигининг актив ва реактив қаршиликлари аниқланади:

$$r_k = r_1 + r_2, \quad x_k = x_1 + x_2, \quad z_k = \sqrt{r_k^2 + x_k^2}.$$

Бу қаршилиқлар трансформатор чўлғамларидаги йўқотишларни аниқлайди ва трансформатор мис чўлғамларидаги P_m йўқотишлар дейилади, чунки қиска туташувда I_1 ва I_2 номинал тоқлар оқиб ўтади, трансформаторнинг бутун қуввати чўлғамларнинг қизишига сарф бўлади, $I_0=0$, $\Phi_0=0$ бўлади, яъни пўлат ўзақдаги йўқотишлар нолга тенг бўлади.

3.2. Трансформаторнинг фойдали иш коэффициенти

Трансформаторнинг тармоқдан оладиган актив истеъмол P_1 қуввати, унинг юкламага узатадиган P_2 қувватига тенг бўлмайди, чунки P_1 қувватнинг бир қисми магнит оқимини ҳосил қилиш учун, яъни пўлат ўзақдаги (P_Π) ва чўлғамларнинг қизиши учун, яъни симлардаги йўқотишлар (P_m) учун сарф бўлади, қувватнинг қолган қисми эса юкламага узатилади.

Пўлат ўзақдаги қувват йўқотишлар салт ишлашдаги йўқотишларга тенг ва ўзгармас ҳисобланади, симлардаги йўқотишлар эса юклама токига боғлиқ ва I_{12}^2 га пропорционал, яъни ўзгарувчан йўқотишлар ҳисобланади (3.12-расм). Трансформаторнинг ФИКи юкламага узатиладиган қувватнинг истеъмол қувватига нисбатидир, яъни

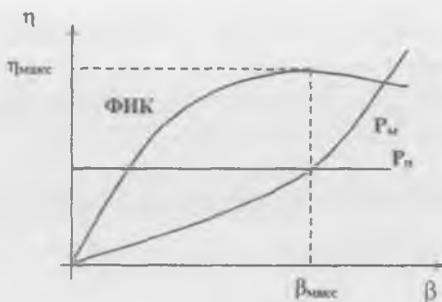
$$\eta = \frac{P_2}{P_1}, \quad (3.32)$$

ФИК кўпинча фоизларда аниқланади:

$$\eta (\%) = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\%, \quad (3.33)$$

ёки йўқотишлар ҳисобга олинса:

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + P_\Pi + P_m}, \quad (3.34)$$



3.12-расм. ФИКнинг максимал кийматини аниқлаш чизмаси.

Симдаги қувват йўқотишлари юклама токининг қийматига боғлиқ.

$$\beta = \frac{I_1}{I_{20}}$$

Муносабат трансформаторнинг юклама коэффициенти дейилади, у номинал юкламага нисбатан трансформатор канча юкланганлигини кўрсатади. $\eta = f(\beta)$ боғлиқликни кўриб чиқамиз. Ундан кўриниб турибдики трансформаторнинг ФИКи ўзгармас ва ўзгарувчан қувват йўқотишлар ўзаро тенг бўлганида максимал бўлади.

3.3 Автотрансформаторлар

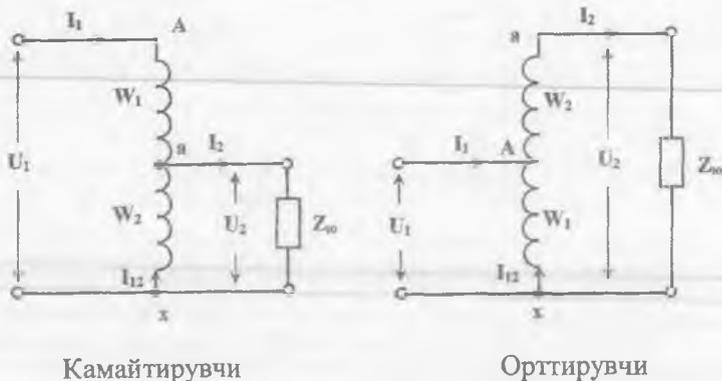
Трансформаторда фақат электромагнит алоқага эга бўлган камида икки чўлғам мавжуд. Автотрансформатор эса битта чўлғамдан иборат бўлиб, у бир вақтнинг ўзида ҳам бирламчи, ҳам иккиламчи тармоққа тегишли бўлади [5,12].

Автотрансформаторлар орттирувчи ва камайтирувчи бўлиши мумкин. (3.13-расм).

Автотрансформаторнинг бирламчи ва иккиламчи чўлғамлари электромагнит алоқадан ташқари, электр алоқага ҳам эга бўлади.

Камайтирувчи автотрансформаторларда W_1 ўрамлар сонли бутун чўлғам (А-х) бирламчи чўлғам, W_2 ($W_1 > W_2$) ўрамлар сонли бирламчи чўлғамнинг бир қисми (а...х) эса, иккиламчи чўлғам ҳисобланади. Орттирувчи автотрансформаторларда, аксинча

бирламчи чўлғам W_1 ўрамлар сонли бутун чўлғамнинг бир қисми (а-х), иккиламчи чўлғам эса W_2 ($W_1 < W_2$) ўрам сонли бутун чўлғам (А-х) ҳисобланади



3.13-расм. Автотрансформаторларнинг электр схемалари.

Чўлғамлар бошини А, охирини эса х билан белгилаймиз.

Камайтирувчи автотрансформаторларнинг ишлаш принципини кўриб чиқамиз. U_1 бирламчи кучланиш бирламчи чўлғамнинг А-х учларига берилади. Салт ишлашда ($I_2=0$, $Z_{ю}=\infty$) бўлади. Бирламчи чўлғамдаги қувват йўқотишларни эътиборга олинмаса, ЭЮКлар мувозанат тенгламасини қўйидагича ёзиш мумкин.

Бирламчи чўлғам учун:

$$U_1 = E_1 = 4.44 \cdot W_1 \cdot f \cdot \Phi_m, \quad (3.35)$$

Иккиламчи чўлғам учун

$$U_2 = E_2 = 4.44 \cdot W_2 \cdot f \cdot \Phi_m, \quad (3.36)$$

Салт ишлаш режимидаги бирламчи ва иккиламчи чўлғамлар ЭЮКлари нисбати *автотрансформаторнинг трансформациялаш коэффициенти* дейилади:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{W_1}{W_2} = n, \quad (3.37)$$

Агар иккиламчи чўлғам $Z_{ю}$ юкламага уланса, иккиламчи чўлғамдан I_2 ток оқиб ўтади (I_1 ва I_2 тоқлар доимо қарама-қарши йўналади). Автотрансформатордаги қувват йўқотишлари трансформатордагидан кам, шунинг учун бу йўқотишлар эътиборга олинмаса, $U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2$ деб қабул қилиш мумкин:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{1}{n}, \quad (3.38)$$

яъни автотрансформатор учун трансформатордаги барча асосий муносабатлар сақланиб қолади

Тармоқ кучланиши ўзгармаганида магнит оқими ўзгармайди, у ҳолда автотрансформаторнинг магнит мувозанат тенгламаси қўйидаги кўринишда бўлади:

$$\dot{I}_1 \cdot W_1 + \dot{I}_2 \cdot W_2 = \dot{I}_0 \cdot W_0, \quad (3.39)$$

Чўлғамнинг А-х қисмидан бирламчи ва иккиламчи занжирлар тоқлари геометрик фарқига тенг бўладиган I_{12} ток, яъни $\dot{I}_{12} = \dot{I}_1 - \dot{I}_2$ тоқоқиб ўтади.

Агар салт ишлаш тоқи эътиборга олинмаса ($I_0 = 0$) ва I_1 ҳамда I_2 лар қарама-қарши фазалиги ҳисобга олинса, уларнинг геометрик йиғиндиси арифметик фарққа тенг бўлади, яъни

$$\dot{I}_{12} = \dot{I}_2 - \dot{I}_1 = \dot{I}_2 \cdot \left(1 - \frac{1}{n}\right), \quad (3.40)$$

Қамайтирувчи автотрансформаторларда $I_2 > I_1$ ва I_{12} ток йўналиши билан I_2 ток йўналиши мос тушади. Қучайтирувчи автотрансформаторлар қатор афзалликлар ва камчиликларга эга.

Автотрансформаторнинг трансформаторга қараганда афзалликлари бир хил фойдали қувватда ишлаши ва ўраладиган сим кам сарфланади (чунки А-х қисмдан доимо тоқлар фарқи оқиб ўтганлиги учун бу қисмни ингичка симдан ўраш мумкин), кичик қувват йўқотишлари, юқори ФИК, юклама ўзгарганда кучланишнинг кам ўзгариши ҳисобланади. Бу афзалликлар трансформация коэффициенти бирга яқин бўлганда юқори бўлади, шунинг учун автотрансформаторлар иккидан қатта бўлмаган трансформация

коэффициентларида қўлланилади.

Автотрансформаторда қувват бирламчи чўлғамдан иккиламчи чўлғамга қувват фақат электромагнит йўл билан эмас, балки электр йўл билан чўлғамлар орасидаги тўғридан-тўғри электр алоқа орқали узатилади. Бу автотрансформаторнинг қуйидаги камчиликларини юзага келтиради :

1) юқори кучланишдан кичик кучланишли тармоққа ўтишнинг эҳтимоли, чунки чўлғамлар орасида тўғридан-тўғри электр алоқа бор. Шунинг учун агар энергия истеъмолчиси ерга уланган қутбга эга бўлса автотрансформаторни ишлатиб бўлмайди;

2) автотрансформатор кичик қисқа туташув қаршиликка эга, яъни қисқа туташув тоқлари трансформатордагига қараганда анча катта бўлади.

3.4. Ўлчов трансформаторлари. Кучланиш ва ток трансформаторлари

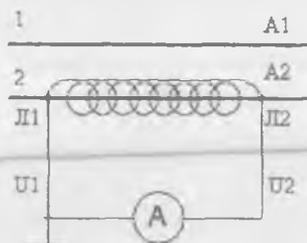
Кўпинча катта ток ва кучланишларнинг ўлчаш ноқулай бўлади, чунки бунда ўлчаш асбобларини ясаш ва ишлатиш мураккаб бўлади. Ўзгарувчан тоқлар ва кучланишлар ўлчаш чегараларини кенгайтириш ва юқори кучланишдан ўлчаш асбобларини изоляциялаш учун ток ва кучланиш трансформаторлари мавжуд [1,5,12].

Ток трансформаторлари. Ток трансформаторлари катта қийматли (40Агача) токни кичик қийматли тоқга ўзгартириб беради ва бирламчи чўлғамдаги ҳар қандай ток қийматида иккиламчи чўлғамдаги ток қиймати 5Адан ошмайди.

Бирламчи чўлғамдаги токнинг қийматига кўра, улар 1 Адан 40 кАгача бўлган 40 градацияга эга. Иккиламчи чўлғам номинал тоқи 1А, 2А, 2,5А ва 5А бўлиши мумкин. Иккиламчи чўлғамлар бир нечта бўлиши мумкин. Схепада ток трансформатори 3.14-расмда кўрсатилган тарзда белгиланади.

Бирламчи чўлғам (J_1 - J_2) бир ёки бир неча жуда катта кесимли симли ўрамлардан ташкил топади ва юклама занжирига кетма-кет уланади. Ток ўлчанадиган (U_1 - U_2) иккиламчи чўлғам кичик кесимли симлардан кўп сонли ўрамли тарзда бажарилади ва кичик қаршиликка эга бўлган амперметр ёки бошқа асбоб ғалтагига кетма-кет уланади (ҳисоблагич, ваттметр ва ҳ.к), яъни ток трансформатори қисқа туташувга яқин бўлган режимда ишлайди. Унинг магнит тизими мувозанатга эга эмас. Агар бирламчи чўлғамдаги ток

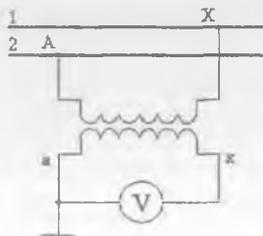
Ўзгарганида, иккиламчи чўлғам занжири узилса, яъни $I_2=0$ бўлса, I_1 камаймайди, у ҳолда магнит занжирида жуда катта магнит оқими ҳосил бўлади, бу узакни рухсат этилмайдиган кизишини келтириб чиқаради, ҳаёт учун хавфли ва иккиламчи чўлғам изоляциясини бузилишига олиб келади. Хавфсизликни таъминлаш учун ток трансформатори иккиламчи чўлғами ерга уланади. Ишлаётган ток трансформаторининг иккиламчи чўлғамларини ажратиб булмайди. U_1-U_2 занжирга асбоблар шундай уланадики, асбобдаги токнинг мусбат йўналиши назорат қилинадиган занжирдаги ток йўналиши билан мос тушиши керак.



3.14-расм. Ток трансформаторининг схемаси.

Кучланиш трансформаторлари. Улар кичик қувватли трансформаторлар бўлиб кўп сонли ўрамли (А-Х) бирламчи чўлғамлари ўлчанадиган тармоқнинг чизиқли симларига уланади, (а-х) иккиламчи чўлғам эса вольтметрга ёки катта қаршиликка эга бўлган бошқа асбобга уланади (3.15-расм).

Трансформациялаш коэффициенти шундай танланадики, тармоқ номинал кучланишида иккиламчи чўлғам кучланиши 100 В ёки 200 В дан ошмасин.



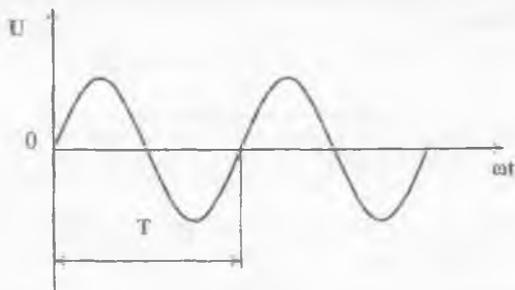
3.15-расм. Кучланиш трансформаторининг схемаси.

Кучланиш трансформаторлари шундай уланиши керакки, асбобга бирламчи кучланишга фаза бўйича мос тушадиган иккиламчи кучланиш бериш керак бўлади. Чунки иккиламчи чўлғам қаршилиги етарлича катта бўлганлиги учун кучланиш трансформаторини салт ишлашга яқин режимда ишлайди деб ҳисоблаш мумкин, яъни иккиламчи чўлғамдаги ток 0 га яқин бўлади. Шундай қилиб, бирламчи ва иккиламчи чўлғам кучланишлари бу чўлғамлар ЭЮКларига тенг бўлган сон жиҳатдан n мартага трансформациялаш коэффициентига фарқ қилади.

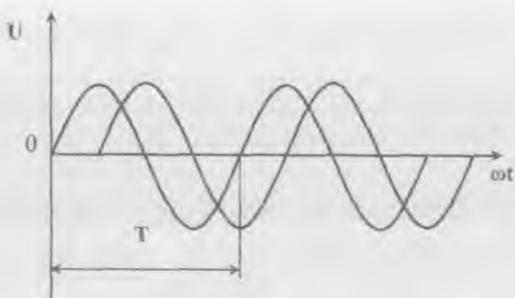
Трансформация коэффициентини билган ҳолда вольтметр кўрсатишлари бўйича U_1 кучланишни аниқлаш мумкин. Агар иккиламчи занжирдаги ток ортса, U_2 кучланиш ўзгаради ва ўлчаш аниқлиги иккиламчи чўлғамдаги кучланишнинг пасайиши ҳисобига камаяди. Чунки бу трансформаторнинг бирламчи чўлғами юқори кучланишли тармоққа уланган ва паст кучланишли тармоққа ўтиши юз бериши мумкин, у ҳолда ишлатишда иккиламчи чўлғам ерга уланади.

3.5. Уч фазали занжирлар

Юқорида f частотали синусоидал ЭЮКка эга бўлган электр занжирлар ҳақида айтган эдик. Унинг графиги 3.16-расмда келтирилган. Лекин, умумий электр энергия манбаи ҳосил қиладиган, фаза бўйича ўзаро қандайдир бурчакка сурилган, бир хил частотали синусоидал ЭЮКлар электр занжирлар бирлигини яратиши мумкин. Электр занжирларнинг бундай бирлиги *кўп фазали тизим* дейилади [5,12].



3.16-расм. Бир фазали синусоидал ЭЮК графиги.



3.17-расм. Икки фазали синусоидал ЭЮК графиги.

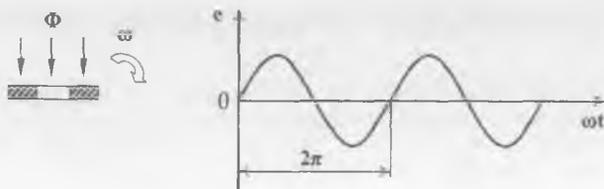
Кўп фазали тизим тоқларидан бири оқиб ўтадиган электр занжирлар тизимининг қисми *фаза* дейилади (3.17-расм).

Алоқа қурилмаларининг электр таъминоти тизимларида кўп фазали, яъни 2 фазали, 3 фазали, 6 фазали тизимлар кенг қулланилади. Бу тизимларни кўпроқ тарқалган 3 фазали тизим мисолида кўриб чиқамиз (3.18-расм).

Кўп фазали тизим алоҳида фазалари орасидаги сурилиш бурчаги қуйидагича аниқланади.

$$\alpha = \frac{2\pi}{m}, \quad (3.41)$$

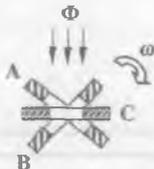
бу ерда, 2π -таъминот кучланишининг даври (360°), m -тизимдаги фазалар сони. Агар ғалтакни доимий магнит майдонига жойлаштириб уни айлантира бошласа унда $e = E_m \cdot \sin \omega t$ ЭЮК индукцияланади, бу ерда ω -бурчакли тезлик.



3.18-расм. Доимий магнит майдонига ғалтак жойлаштирилганда бир фазали ЭЮКнинг олинishi.

Энди ана шу магнит майдонига ўқлари фазода бир-бирдан 120° га сурилган 3 та бир хил ғалтакли тизимни жойлаштирамиз (3.19-расм).

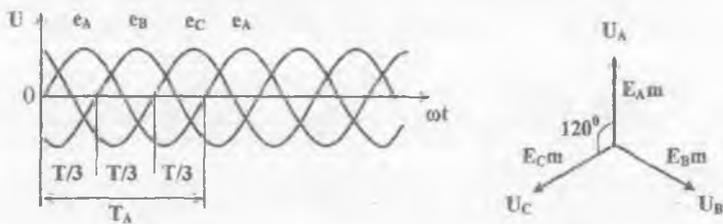
Агар ғалтаклардан ташкил топган тизимни ω бурчакли тезлик билан айланишига мажбурланса, уларда уч фазали ЭЮК тизими вужудга келади. Агар А ғалтак алоҳида олинса, у ҳолда унда бир фазали тизимдагидек $e_A = E_m \cdot \sin \omega t$ ЭЮК вужудга келади.



3.19-расм. Доимий магнит майдонида 3 та ғалтак жойлаштирилганда уч фазали ЭЮКнинг олиниши.

В ғалтак А ғалтақдан фазода унга нисбатан 120° га сурилгани билан фаркланади. Демак, унда ҳам А ғалтақдаги ЭЮК индукцияланади, лекин ундаги барча жараёнлар В ғалтак А ғалтақни ўрнини эгаллашга вақтинча кечикади. Ғалтақнинг бир марта тўлик айланишига синусоидал ЭЮКнинг битта Т даври мос келгани учун 120° бурилишга $T/3$ вақт мос келади, у ҳолда $e_B = E_m \cdot \sin(\omega t - 120^\circ)$ бўлади. А ва С ғалтақлар орасидаги бурчак 240° га тенг, у ҳолда $e_C = E_m \cdot \sin(\omega t + 120^\circ)$. Бу ЭЮКлар график жиҳатдан 3.20-расмда тасвирланган.

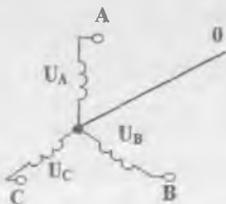
Кўп фазали тизимнинг алоҳида чулғамлари уланишининг бир неча схемалари мавжуд. 3 фазали тизим учун асосий уланиш схемалари юлдуз ва учбурчак уланиш схемалари ҳисобланади.



3.20-расм. Уч фазали ЭЮКнинг график орқали тасвирланиши.

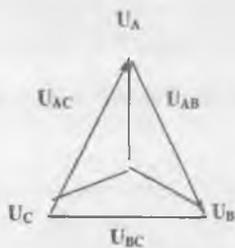
«Y» юлдуз уланишда барча фазалар охирилари бир нуқтага, учлари эса юкламага уланади. Унинг график кўриниши 3.21-расмда кўрсатилган кўринишда бўлади.

Бу схемада фаза боши ва нолинчи нуқта орасидаги кучланиш фазавий кучланиш (U_{ϕ}), иккита фазалар бошланишлари орасидаги кучланиш эса чизикли кучланиш ($U_{\text{чиз}}$) дейилади. Улар одатда фақат ўзаро симметрик, яъни $U_A=U_B=U_C=U_{\phi}$; $U_{AB}=U_{BC}=U_{AC}=U_{\text{чиз}}$ бўлади



3.21-расм. Уч фазали чўлғамнинг «Y» схемада уланиши.

Уч фазали чўлғам «Y» схемада улангандаги кучланишлар вектор диаграммаси 3.22-расмда келтирилган. Бинобарин $U_{\text{чиз}} = \sqrt{3} \cdot U_{\phi}$, юлдуз схема учун $I_{\text{чиз}} = I_{\phi}$ бўлади.



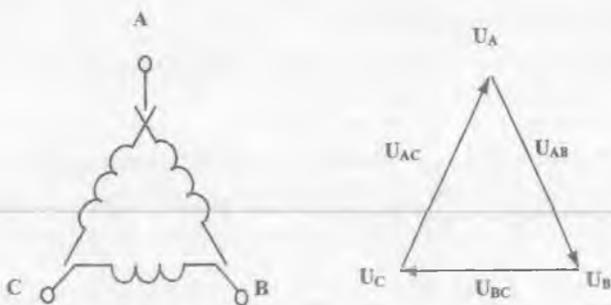
$$U_{AB} = U_A - U_B$$

$$U_{BC} = U_B - U_C$$

$$U_{CA} = U_C - U_A$$

3.22-расм. Уч фазали чўлғамнинг «Y» схемада улангандаги вектор диаграммалари.

Уч фазали чўлғам «Δ» схемада уланганда ҳар бир фазанинг охири, кейинги фазанинг боши билан уланади. Учбурчакнинг учларига юклама уланади. Уч фазали чўлғамнинг «Δ» схемада улангандаги вектор диаграммалари 3.23-расмда келтирилган.



3.23-расм. Уч фазали чўлғамнинг «Δ» схемада улангандаги вектор диаграммалари.

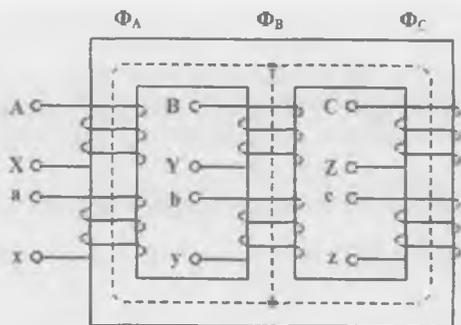
Бундай уланишда $U_A=U_B=U_C=U_{AB}=U_{BC}=U_{AC}$, яъни $U_{\text{чиз}} = U_{\phi}$, юклама симметрик бўлганида эса $I_{\text{чиз}} = \sqrt{3} \cdot I_{\phi}$ бўлади.

3.6. Уч фазали трансформаторлар

Кўпинча уч фазали ток энергиясини юкламага узатиш керак бўлади. Бундай узатишни учта бир хил бир фазали трансформатор ёки битта уч фазали трансформатор орқали амалга ошириш мумкин. Одатда уч фазали трансформаторлар стерженли тарзда, яъни ярмо орқали боғланган учта стерженлардан иборат бўлади (3.24-расм).

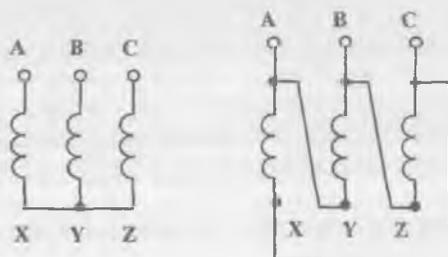
Ҳар бир стерженга бир фазанинг ҳар иккала бирламчи ва иккиламчи чўлғамлар ўралади. Бирламчи чўлғамларни А-Х, В-У, С-З, иккиламчи чўлғамларни эса мос равишда а-х, в-у, с-з белгилаш қабул қилинган [1,5,12].

Бирламчи ва иккиламчи чўлғамлар кўпинча юлдуз ёки уч-бурчак схемада уланади. Юлдуз схемада уланишда ҳар бир фазанинг бошланиши уч фазали тармоқ манбаига ёки юкламага, охирлари (х, у, з) эса нолинчи ўтказгич чиқариладиган умумий нуқтага уланади.



3.24-расм. Уч фазали трансформаторнинг схемаси.

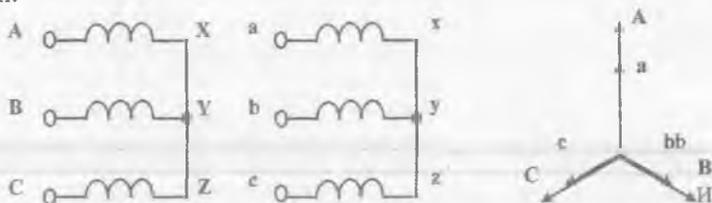
Учбурчак схемада уланишда биринчи фазанинг охири, иккинчи фазанинг бошланиши билан, иккинчи фазанинг охири учинчи фазанинг бошланиши билан, учинчи фазанинг охири эса биринчи фазанинг боши билан уланади (3.25-расм).



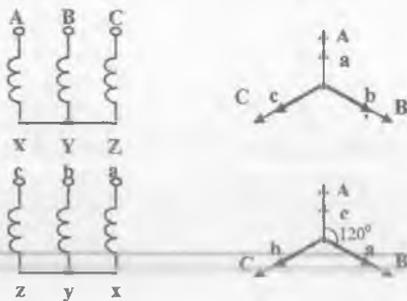
3.25-расм. Чўлғамларни юлдуз ва учбурчак схемаларида уланиш чизмаси.

Биринчи фазанинг бошланиши ва иккинчи фазанинг охирининг уланиш нуктасига уч фазали тармоққа уланади. Уч фазали икки чўлғамли трансформаторлар учун чўлғамларнинг Y/Y-, Y-/Δ, Y/Δ, Δ/Y-гуруҳли уланишлари қабул қилинган. Суръатдаги белги бирламчи чўлғамга, маҳраждаги белги эса иккиламчи чўлғамга тегишли бўлади. Агар чўлғам чиқарилган нолинчи нуктага эга бўлса белгилашларда Y- каби кўрсатилади. Параллел ишлашга уланиш учун трансформаторлар 0 дан 11 гача бўлган гуруҳларга бирлаштирилади, уларни Y/Y-0 (12), Y/Δ-11 (3 ёки 7) тарзда белгиланади.

Уч фазали трансформаторнинг гуруҳи бирламчи ва иккиламчи чўлғамлар уланиш схемаларига, уларнинг ўралиш йўналишларига ва учларининг белгиланишига боғлиқ бўлади. Бирламчи ва иккиламчи чўлғамлар чизикли ЭЮКлари векторлари орасида бирлиги 30° га тенг бўлган бурчак силжиши бор. Бу силжиш ўралиш йўналишига ва чўлғамларнинг уланиш схемасига боғлиқ бўлади.



3.26-расм. Y/Y уланишда трансформатор гуруҳини аниқлаш чизмаси.



3.27-расм. Иккиламчи чўлғам фазалари алмаштирилганда Y/Y уланишдаги трансформатор гуруҳини аниқлаш чизмаси.

Бурчак силжишини аниқлаш учун соат милидан фойдаланилади, бунда ҳар бир сон бошқасига нисбатан 30° га сурилган. Агар трансформатор Y/Y бўлса бунда бир хил номдаги бирламчи ва иккиламчи чўлғамлар стерженда жойлашади ва бир хил йўналишда ўралади, бирламчи ва иккиламчи чўлғамлар кучланишлари

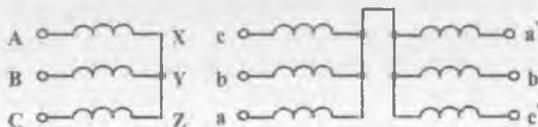
векторлари йўналиш бўйича мос тушади, яъни уларнинг сурилиши 0 га ёки 12 га тенг бўлади, у ҳолда $Y/Y-0$ гуруҳни оламиз. Агар иккиламчи чўлғамда фазалар ўрнини алмаштирсак, бир хил номдаги чизиқли кучланишлар векторлари орасида ($A-X$, $a-x$) 120° бурчакка сурилиш вужудга келади (соат мили 4 ни кўрсатади), яъни $Y/Y-4$ гуруҳдаги трансформаторни оламиз (3.26 ва 3.27-расмлар).

Трансформаторнинг 3 фазали чўлғамлари Y/Y схемада уланганида исталган жуфт гуруҳни олиш мумкин. Трансформаторнинг чўлғамлари Y/Δ , Δ/Y схемаларда уланганида эса исталган ток гуруҳларни, яъни 1,3,...,11 гуруҳларни олиш мумкин. $Y/Y-0$, $Y/\Delta-11$, $Y/\Delta-11$ гуруҳлар стандарт гуруҳлар ҳисобланади, А фаза сарик, В фаза яшил ва С фаза қизил рангга бўйлади.

3.7. Фазалар сонини ўзгартирадиган трансформаторлар

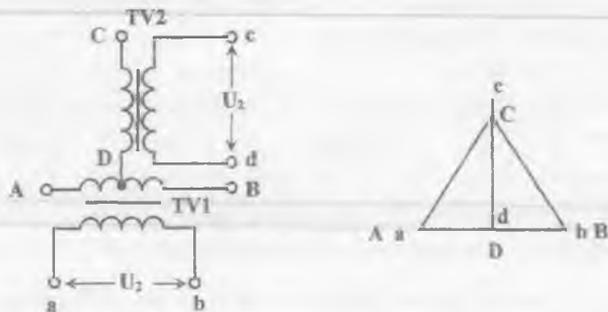
Баъзи бир ҳолларда (МТ схемаларида, кабель магистралларида, тўғрилагичларда ва бошқаларда) уч фазали ўзгарувчан ток тармоғини бошқа сонли фазалар тармоққа ўзгартириш керак бўлади [11,12].

Уч фазали тармоқни олти фазали симметрик тармоққа ўзгартирувчи трансформаторни кўриб чиқамиз (3.28-расм). Бунинг учун оддий уч фазали трансформаторда иккита иккиталик (a, b, c ва a', b', c') ўрамли, лекин ўралиш йўналишлари қарама-қарши бўлган чўлғамлар қилинади. Барча чўлғамлар « Y » схемада уланади. Иккиламчи a, b, c чўлғамларда бирламчи чўлғамлар ЭЮКлари фазасига мос тушадиган, a', b', c' чўлғамларда эса, бирламчи чўлғамлар ЭЮКлари фазасига қарама-қарши бўлган ЭЮКлар индукцияланади. Агар иккиламчи чўлғамлар нолинчи нуқталарини бирлаштирсак, иккиламчи занжирда симметрик фазали схема ҳосил бўлади.



3.28-расм. Уч фазали тармоқни олти фазали тармоққа айлантирувчи схема.

Скотт схемаси. Уч фазали ток тармоғини икки фазали ток тармоғига ўзгартириш учун иккита TV1 ва TV2 бир фазали трансформаторлардан фойдаланилади. A, B, C, учлар $U_{\text{чиз}}$ чизиқли кучланишли уч фазали тармоққа уланади (3.29-расм).

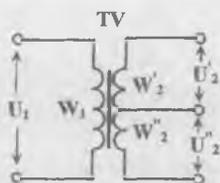


3.29-расм. Скотт схемаси.

TV1 трансформаторнинг бирламчи A-B чўлғами W_1 ўрамлар сонига эга ва $U_{\text{чиз}}=U_{AB}$ тўлиқ чизиқли кучланиш таъсирида бўлади. Шундай қилиб, бу чўлғамнинг ҳар бир ўрамига $U_{\text{чиз}}/W_1$ кучланиш тўғри келади. Tr2 трансформаторнинг бирламчи C-D чўлғами D учи орқали A-B чўлғам ўрта нуқтасига уланган бўлиб, $0,707 \cdot W_1$ ўрамлар сонига эга ва $U_{CD}=U_{\text{чиз}} \cdot \sin 60^\circ = 0,707 \cdot U_2$ кучланиш таъсири остида бўлади. У ҳолда бу чўлғамнинг ҳар бир ўрамига $0,707 \cdot U_{\text{чиз}} / 0,707 \cdot W_1 = U_{\text{чиз}} / W_1$, яъни Tr1 трансформатордаги каби кучланиш тўғри келади.

Демак, ҳар иккала трансформаторларнинг иккиламчи чўлғамларидаги кучланишлар қийматлари бўйича $U_{AB}=U_{CD}=(W_2/W_1) \cdot U_{\text{чиз}}$ га тенг ва фаза бўйича 90° га сурилган. Диаграммадаги ab ва cd кесмалар орқали симметрик икки фазали занжирни ташкил қиладиган иккиламчи чўлғамлар келтирилган U'_{AB} , U'_{CD} кучланишлари кўрсатилган (3.29-расм).

Бир фазали схемани икки фазали схемага 180° га фаза суриш орқали ўзгартириш мумкин. Бунинг учун бир фазали трансформатор иккиламчи чўлғамдан ўрта нуқта чиқарилади. Шундай қилиб, ўрамлар сони W_2 , W_2'' ($W_2'=W_2''$) бир хил бўлган иккита ярим чўлғамлар, яъни қарама қарши фазадаги бир хил икки фазали кучланишлар олинади (3.30-расм).



3.30-расм. Бир фазали токни икки фазали токка ўзгартириш схемаси.

Амалий машк

1-мисол. Қуйидаги берилганлар бўйича кучланиш инверторининг юкори частотали куч трансформаторини ҳисоблаш: Тармоқ минимал ва максимал $U_{T\text{ мин}}=174$ В, $U_{T\text{ макс}}=265$ В кучланишлари, юкламадаги ток $I_{\text{ю}}=3$ А, юкламадаги кучланиш $U_{\text{ю}}=12$ В, ўзгартириш частотаси $f_{\text{ўзг}}=20$ кГц, тўлдириш коэффиценти (импульс давомийлигининг унинг даврига нисбати) $\gamma=0,1-0,9$, ўзгартиргичнинг фойдали иш коэффиценти $\eta=0,75-0,9$, инвертор калит элементида кучланишнинг исрофи $U_{\text{си}}=5$ В.

Магнит ўтказгич тури ва параметрлари; бирламчи ва иккиламчи чўлғамлар тоқларининг таъсир этувчи қийматлари; бирламчи, иккиламчи ва бошқариш чўлғамлари ўрамлари сони; трансформаторнинг ва бошқариш занжирининг трансформациялаш коэффицентлари; чўлғамлар симларини ва параметрлари; чўлғамлардаги ва магнит ўтказгичдаги қувват исрофларини аниқлаш талаб қилинади.

Ҳисоблаш услуби.

1. Бирламчи чўлғамнинг максимал токи қуйидагича аниқланади:

$$I_{\text{и}} = 2,1 \cdot I_{\text{ю}} \cdot U_{\text{ю}} / (U_{T\text{ мин}} \cdot \gamma_{\text{мин}} \cdot \eta) = 2,1 \cdot 3 \cdot 12 / (174 \cdot 0,9 \cdot 0,75) = 75,6 / 117,45 = 0,64 \text{ А}$$

бу ерда, $\gamma_{\text{макс}}$ — тўлдириш коэффиценти, яъни импульс узунлигини даврга нисбати ($\gamma_{\text{макс}}=0,1-0,9$);

η —ўзгартиргичнинг фойдали иш коэффиценти ($\eta=0,7-0,9$).

2. Бирламчи чўлғам тоқининг таъсир этувчи қиймати қуйидагича аниқланади:

$$I_1 = I_{\text{и}} \cdot \sqrt{\frac{\gamma_{\text{макс}}}{3}} = 0,64 \cdot \sqrt{\frac{0,9}{3}} = 0,64 \cdot 0,547 = 0,35 \text{ А}$$

3. Трансформациялаш коэффициенти куйидагича аникланади:

$$n = \frac{W_1}{W_2} = \frac{(U_{\text{ю}} + U_{\text{чек. туғр.}}) \cdot (1 - \gamma_{\text{макс}})}{(U_{\text{т. мин}} - U_{\text{СИ}}) \cdot \gamma_{\text{макс}}} = \frac{(12+1) \cdot (1-0,9)}{(174-5) \cdot 0,9} = 0,0085$$

бу ерда, $U_{\text{чикс. туғр.}}$ — чиқиш тўғрилагичида кучланишнинг пасайиши ($U_{\text{чикс. туғр.}} = 0,6-1 \text{ В}$);

$U_{\text{СИ}}$ — куч транзисторида кучланишнинг пасайиши.

4. Иккиламчи чўлғам токининг таъсир этувчи қиймати куйидагича аникланади:

$$I_2 = I_1 / n \cdot \sqrt{\frac{\gamma_{\text{макс}}}{3}} = 41,18 \cdot 0,547 = 22,53 \text{ А}$$

5. Бирламчи чўлғам индуктивлиги куйидагича аникланади:

$$L_1 = \gamma_{\text{макс}} \cdot U_{\text{т. мин}} / (I_{\text{ин}} \cdot f_{\text{уз}}) = 0,9 \cdot 174 / (0,64 \cdot 20) = 12,23 \text{ Гн}$$

6. Бирламчи чўлғам ўрамлари сонини аниқлаш. Магнит ўтказгич тури танланади ва унинг λ_c , S_c , μ_r параметрлари ёзиб олинади.

$$W_1 = 10^4 \cdot \sqrt{L_1 \lambda_c / (1,26 \mu_r S_c)}$$

7. Импульс вақтида индукциянинг камайиши куйидагича аникланади:

$$\Delta B = 10^4 \cdot U_{\text{т. мин}} \cdot \gamma_{\text{макс}} / (W_1 \cdot S_c \cdot f_{\text{уз}})$$

8. Бошқариш чўлғамининг трансформациялаш коэффициенти куйидагича аникланади:

$$n_B = W_y / W_2 = (U_B + U_{\text{чек. туғр.}}) \cdot (1 - \gamma_{\text{макс}}) / [(U_{\text{т. мин}} - U_{\text{СИ}}) \cdot \gamma_{\text{макс}}] = 1,3 / 152,1 = 0,0085$$

бу ерда, U_B — бошқариш занжири таъминоти кучланиши ($U_B = 12-15 \text{ В}$).

9. Қолган чўлғамларнинг ўрамлари сони куйидагича аникланади:

$$W_2 = n \cdot W_1$$

$$W_y = n_y \cdot W_1$$

10. Чўлғам симларининг диаметри қуйидагича аниқланади:

$$d_{1\text{спм.вз}} = \pi \cdot d_{\text{нчкн.м}} / W_1$$

$$d_{2\text{сим.вз}} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{I_2}{j}} = 1,13 \cdot 1,5 = 1,696 \text{ мм}$$

бу ерда, j —токнинг зичлиги ($j = 4 \dots 10 \text{ А/мм}^2$).

11. Бирламчи чўлғам симидаги қувват йўқотилиши қуйидагича аниқланади:

$$P_{w1} = I_1^2 \cdot \rho_{w1} \cdot b_1 = 0,35^2 \cdot 0,142 \cdot 15200 = 264,4 \text{ Вт}$$

бу ерда, ρ_{w1} —бирламчи чўлғам сими 1 метрининг солиштирма қаршилиги ($\rho_{w1} = 0,142 \text{ Ом/м}$);

b_1 —бирламчи чўлғам симининг узунлиги ($b_1 = 10 j W_1$).

12. Бирламчи чўлғам симидаги қувват йўқотилиши қуйидагича аниқланади:

$$P_{w2} = I_2^2 \cdot \rho_{w2} \cdot b_2 = 22,53^2 \cdot 0,015 \cdot 9500 = 72333 \text{ Вт}$$

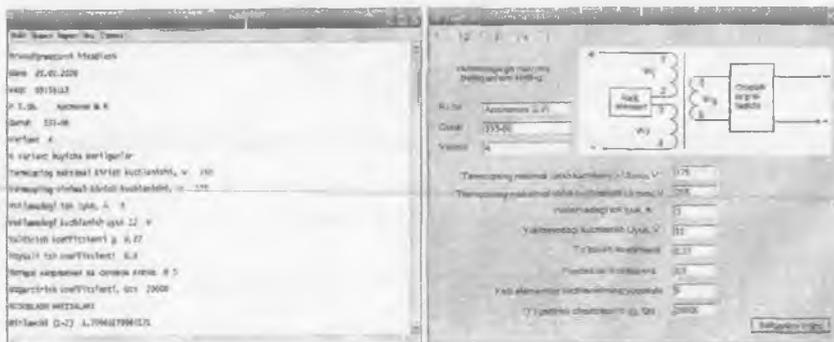
бу ерда, ρ_{w2} —иккиламчи чўлғам сими 1 метрининг солиштирма қаршилиги ($\rho_{w2} = 0,015 \text{ Ом/м}$);

b_2 —иккиламчи чўлғам симининг узунлиги ($b_2 = 10 j W_2$).

13. Магнит ўтказгичдаги қувват йўқотилиши симлардаги қувват йўқотилишларига эквивалентдир. Бундан келиб чиқиб трансформатордаги умумий қувват йўқотилишлари қуйидагича аниқланади:

$$P_{\text{тп}} = 2 \cdot (P_{w1} + P_{w2}) = 2 \cdot (264,4 + 72333) = 145194,8 \text{ Вт}$$

Компьютерда дастурий таъминот ёрдамида ҳам амалга ошириш мумкин (3.37-расм).



3.31-расм. Юқори частотали трансформаторни ҳисоблаш.

Компьютерда дастурий таъминот ёрдамида юқори частотали трансформаторни ҳисоблашда дастлабки маълумотлар, яъни тармоқнинг минимал ва максимал кириш кучланиши, юкламадаги ток ва кучланиш, тўлдириш коэффиценти, фойдали иш коэффиценти, калит элементида кучланишнинг йўқотиши ва ўзгартириш коэффиценти параметрлари киритиб, натижада магнит ўтказгич тури ва параметрлари, бирламчи ва иккиламчи чўлғам тоқларининг таъсир этувчи қийматлари, бирламчи, иккиламчи ва бошқариш чўлғам ўрамлари сони, трансформаторнинг ва бошқариш занжирининг трансформациялаш коэффицентлари, чўлғам симларини ва параметрлари, чўлғамлардаги ва магнит ўтказгичдаги кувват исрофларини аниқлаб олиш мумкин.

Назорат саволлари

1. Трансформаторнинг тузилиши ва ишлаш принципини тушунтириб беринг.
2. Трансформаторнинг иш режимларини тушунтиринг.
3. Трансформаторнинг фойдали иш коэффиценти қандай аниқланади?
4. Автотрансформаторларининг тузилиши, афзалликлари ва камчиликлари нималардан иборат?
5. Кучланиш трансформаторлари қайси режимда ишлайди? Нима учун?

6. Ток трансформаторлари қайси режимда ишлайди? Нима учун?

7. Уч фазали кучланишни олинишини тушунтиринг.

8. Уч фазали чулғамларнинг уланиш схемаларини айтинг.

9. Уч фазали трансформаторларнинг гурухланишини тушунтириб беринг.

10. Уч фазали трансформаторларнинг параллел уланиш шартлари нималардан иборат?

IV. ЎЗГАРУВЧАН ТОКНИ ТЎҒРИЛАШ ЗАНЖИРЛАРИ

4.1. Тўғрилагичнинг тузилиш схемаси Ярим ўтказгичли диодлар

Республикамизда электр энергияси 50 Гц частотали ўзгарувчан токда тарқатилади, бу билан бирга телекоммуникация аппаратураларининг кўп қисми турли номиналлардаги ўзгармас ток билан таъминланиши сабабли ўзгарувчан токни ўзгармас токка ўзгартириш зарурати туғилади. Бунинг учун электр машиналарини ишлатиш мумкин, лекин уларнинг айланувчан қисмлари шовқин ҳосил қилади, махсус фундаментларни талаб қилади ва қатор камчиликларга эга. Қуввати кучли вентиляр яратилгандан сўнг электр машиналардан статик тўғрилаш қурилмаларига, яъни тўғрилагичларга ўтилди [5,12].

Тўғрилагич деб ўзгарувчан токни ўзгармас токга айлантирувчи қурилмага айтилади. Ишлатиш жараёнида тўғрилагичлар қуйидаги қатор техник талабларга жавоб бериши керак:

- 1) талаб қилинадиган кучланиш ва қувват;
- 2) тўғриланган кучланиш пульсациясининг руҳсат этиладиган даражаси;
- 3) хавфсиз хизмат кўрсатиш;
- 4) қулайлик ва бошқариш ишончилиги;
- 5) юқори ФИК;
- 6) тўғриланган кучланишнинг стабиллиги;
- 7) юқори қувват коэффиценти;
- 8) ўта юқори тоқлардан ва ортиқча кучланишлардан ишончли ва тезкор ҳимоя;
- 9) техник ишлатишнинг паст нархи;
- 10) қурилманинг кичик ҳажмга ва массага эга бўлиши.

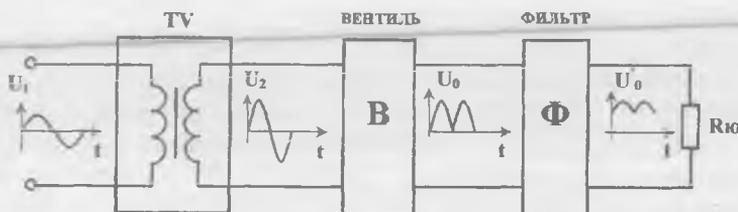
Умумий кўринишда тўғрилагич 4 та асосий қисмлардан иборат бўлади (4.1-расм).

Трансформатор қуйидаги вазифаларни бажаради:

1. Ўзгарувчан ток тармоғи кучланишини тўғриловчи элемент киришида талаб қилинадиган қийматга ўзгартиради.

2. Тўғрилагич ишчи занжирларини ва юкламани таъминлаш тармоғидан ва бошқа истеъмолчилардан галваник (электр) ажра-тади, яъни уларни мустақил қилади.

3. Кўпинча телекоммуникация аппаратуралари талаб қиладиган тўғрилагич бир кутбини ерга улаш имкониятини беради. Баъзан тўғрилагич трансформатори фазалар сонини ошириш учун ишлатилади. Бунинг учун иккиламчи чўлғамлар сони бирламчи чўлғамлар сонига нисбатан икки мартага оширилади. Бу тўғри-ланган кучланиш пульсацияси частотасини ошириш ва пульса-цияни камайтириш мақсадида қилинади. Бундан ташқари транс-форматорнинг иккиламчи томонидаги юлдуз схемада улангандаги фаза чўлғамларининг умумий нуқтаси кўпинча тўғрилагичнинг юклама уланадиган чиқиш кутби бўлиб хизмат қилади.



4.1-расм. Бир каналли тўғрилагичнинг тузилиш схемаси.

Вентиллар бир томонлама ўтказувчанликка эга ва ўзгарувчан токни ўзгармас токка ўзгартиришни амалга оширади. Тўғрилагичда уларнинг сони тўғрилаш схемасига боғлиқ бўлади. Тўғрилагичнинг ҳар бир фазаси камида битта вентиль звеносига эга бўлади. Лекин кўп ҳолларда талаб қилинадиган ток ва кучланиш қийматини олиш учун ҳар бир вентиль звеносида бир неча вентиллар бўлиши мумкин. Вентиллар кетма-кет, параллел ва мураккаб гуруҳларда уланиши мумкин.

Тўғрилагичдан кейин кучланиш ёки ток пульсланувчан бўлади. Уни ўзгармас ва ўзгарувчан ташкил этувчилардан иборат деб тасав-вур қилиш мумкин. Телекоммуникация аппаратуралари пульсла-нувчан ўзгармас ток билан таъминланганда алоқа сигналларини узатишда жиддий ҳалақитлар юзага келиши мумкинлиги сабабли пульсацияни камайтириш чоралари кўрилади. Бунинг учун вентил-лар ва таъминланадиган аппаратуралар орасига силлиқловчи

фильтр қўйилади. Тўғрилагичнинг чиқиш кучланиши 10...15 фоизга ўзгариши мумкин бўлган таъминот ўзгарувчан кучланиш кийматига боғлиқ. Телекоммуникация қурилмаларида кўпинча бундай сезиларли тебранишга рухсат берилмайди. Шунинг учун замонавий тўғрилагичларда филтрдан кейин ток ва кучланиш стабилизаторлари қўйилади. Бу звенодан ташқари тўғрилаш қурилмасида коммутациялаш аппаратураси, ҳимоялаш занжири ва бошқалар бўлиши мумкин.

Тўғрилагичлар бошқариладиган ва бошқарилмайдиган бўлади. Бошқарилмайдиган тўғрилагич чиқиш кучланишини бошқариш имкониятини бермайди. У ҳамиша $U_0 = K \cdot U_2$ муносабат орқали аниқланади (бу ерда U_0 — чиқишдаги ўзгармас ток кучланиши, U_2 — тўғрилагич киришидаги ўзгарувчан ток кучланиши, K — тўғрилаш схемасининг доимий коэффициенти).

Агар бундай тўғрилагичда чиқиш кучланишини ўзгартириш керак бўлса, киришдаги кучланишни ўзгартиришга тўғри келади.

Бошқариладиган тўғрилагичларда юкламадаги ўзгармас ток кучланишини тўғрилагич ишлаши жараёнида тўғрилагич иш режимига таъсир қилган ҳолда ўзгартириш мумкин.

Тўғрилаш қурилмаларини қуйидагича синфларга ажратиш мумкин:

1) тўғрилаш схемаси бўйича — бир фазали ва кўп фазали, битта ярим даврли (бир тактли) ва иккита ярим даврли (икки тактли);

2) қувват бўйича — кичик қувватли (100 Вт гача), ўрта қувватли (5 кВт гача), катта қувватли (5 кВт дан юқори);

3) тўғриланган ток частотаси бўйича — саноат частотаси (50 Гц), оширилган частотали (400 ёки 1000 Гц), юқори частотали (1000 Гц дан юқори);

4) кучланиш бўйича — кичик кучланишли (250 В гача), ўрта кучланишли (1000 В гача), юқори кучланишли (1000 В дан юқори);

5) иш юкламасининг режими бўйича — узоқ вақтли, импульсли, қисқа вақтли;

6) тўғрилагичга юкламанинг реакцияси бўйича — актив, индуктив ва сиғим реакцияли.

Ўзгарувчан токни ўзгармас токка ўзгартириш ночизикли элемент вентиль ёрдамида амалга оширилади.

Вентиль бир томонлама ўтказишга, яъни бир йўналишдаги токка катта ўтказувчанликка (кичик қаршиликка) ва бошқа йўналишдаги токка кичик ўтказувчанликка (катта қаршиликка) эга

булади. Вентиль кичик қаршиликка эга бўлган йўналиш тўғри йўналиш дейилади ва $R_{тўғ}$, $I_{тўғ}$, $U_{тўғ}$ катталиклар билан характерланади. Вентиль катта қаршиликка эга бўлган йўналиш эса тескари йўналиш дейилади ва $R_{тес}$, $I_{тес}$, $U_{тес}$ катталиклар билан характерланади. Схемада вентилнинг белгиланиши 4.2-расмда келтирилган.

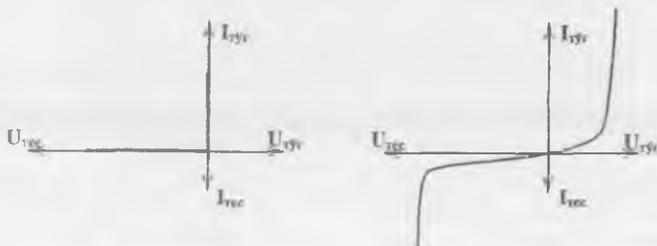
Аноддан катодга йўналишдаги кучланиш тўғри, катоддан анодга йўналишдаги кучланиш эса тескари кучланиш дейилади. Вентилдан оқиб ўтадиган ток ва вентилнинг асосий электр хусусиятлари унинг вольт-ампер тафсифи (ВАХ) $I=f(U)$ орқали характерланади.

Вентиллар *реал* ва *идеал* вентилларга ажратилади. Идеал вентилда $R_{тўғ}=0$, мос равишда $U_{тўғ}=0$, $I_{тўғ}$ ток эса ҳеч нарса билан чекланмайди, $R_{тес}=\infty$, яъни $U_{тес}$ кучланишнинг ҳар қандай қийматида $I_{тес}=0$ булади.



4.2- расм. Схемада вентилнинг белгиланиши.

Реал вентиль қандайдир $R_{тўғ}$ қаршиликка эга бўлади, шунинг учун талаб қилинадиган $I_{тўғ}$ тўғри токни олиш учун вентилга маълум қийматдаги $U_{тўғ}$ кучланишни бериш керак бўлади. Реал вентиль тескари йўналишда $R_{тес}$ юқори қаршиликка эга бўлганлиги сабабли қандайдир $I_{тес}$ тескари токни ўтказиши (4.3-расм).



Идеал вентилнинг ВАХи

Реал вентилнинг ВАХи

4.3 -расм. Ярим ўтказгичли диоднинг вольт-ампер тафсифлари.

Вентиллар бошқариладиган ва бошқарилмайдиган бўлиши мумкин. Ҳозирги вақтда асосан ярим ўтказгичли вентиллар селенли ва кремнийли диодлар, кремнийли бошқариладиган тиристорлар қўлланилади.

Германийли вентиллар, асосан кўпроқ кичик кучланишли тўғрилагичларда қўлланилади, чунки уларнинг $U_{тўғ}$ кучланиши кремнийли вентилларга қараганда 2-3 марта кичик.

Кремнийли вентиллар германийли вентилларга қараганда катта $U_{тес.рух}$ кучланишга ва 2-3 марта кичик $I_{тес}$ токка эга ва қувватли тиристорли тўғрилаш қурилмаларида юқори температураларда қўлланилади. Бошқарилмайдиган кремнийли вентиллар 1000 А гача $I_{тўғ}$ тоқлар ва 1000 В гача тескари кучланишларга ишлаб чиқарилади.

4.2. Бир тактли тўғрилаш схемалари

Бир фазаги бир тактли тўғрилаш схемаси. Бир фазаги ярим даврли тўғрилаш схемаси 4,4-расмда келтирилган. VD1 диод анодида мусбат потенциал бўлганида ток VD1 диод, $R_{ю}$ юклама орқали оқиб ўтиб трансформатор иккиламчи чўлғамига туташади. Агар $U_{кир} = U_{1m} \sin \omega t$ бўлса, юкламадаги ток ярим синусоидал шаклда бўлади, юкламадаги кучланиш шакли ҳам шундай шаклда бўлади.

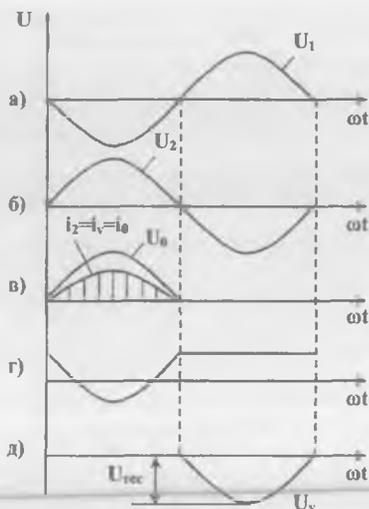
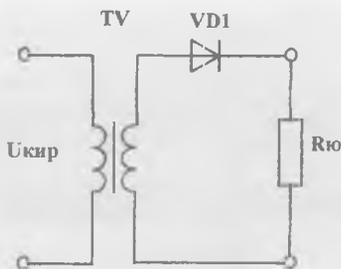
Бу тўғриланган ток битта даврда юкламадан оқиб ўтадиган тўғриланган токнинг ўртача қиймати бўлган ўзгармас ташкил этувчига эга бўлади. Бир тактли тўғрилаш схемасида қуйидаги муносабатлар ўринли ҳисобланади.

$$U_0 = \frac{\sqrt{2}}{\pi} \cdot U_2 = 0,45 \cdot U_2, \quad (4.1)$$

$$I_0 = \frac{2}{\pi} \cdot I_2 = \frac{I_2}{1,57} = 0,637 \cdot I_2, \quad (4.2)$$

Ёпиқ вентилга қўйиладиган тескари кучланиш трансформатор иккиламчи чўлғамига қўйиладиган кучланишга прапорционал бўлади:

$$U_{мес} = U_m = \pi \cdot U_0 = 3,14 \cdot U_0 = \sqrt{2} \cdot U_2, \quad (4.3)$$



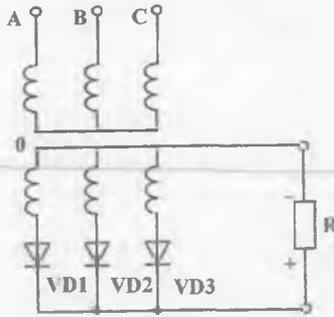
4.4-расм. Бир фазали бир тактли тўғрилаш схемаси ва вақт диаграммалари.

яъни тўғриланган кучланишда π мартага катта бўлади. Тўғриланган кучланиш ва ток пульсациясининг частотаси $f_{\text{тўғ}} = f_{\text{тар}}$ бўлади (яъни $m=1$).

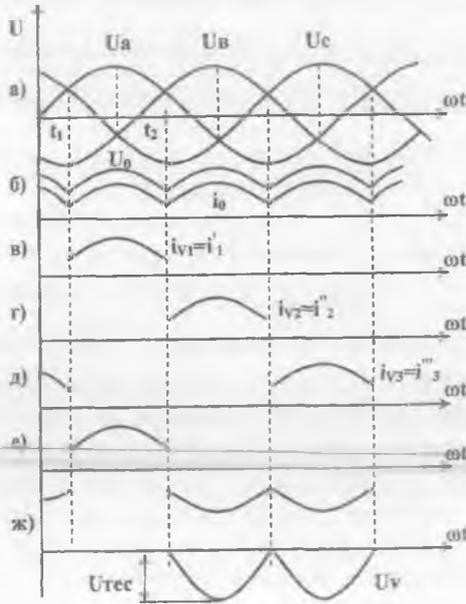
Уч фазали бир тактли тўғрилаш схемаси. У иккиламчи чўлғами юлдуз схемада уланган уч фазали трансформатор ва трансформатор иккиламчи чўлғамлари фазаларига биттада уланган учта диодлардан иборат. Трансформатор иккиламчи чўлғамлари охириги учлари нолинчи нуқтага, бош учлари эса диодлар анодларга уланади. Барча вентиляр катодлари умумий нуқтага уланади ва тўғрилагич чиқишида мусбат кутбни ташкил қилади (4.5-расм).

Трансформаторнинг нолинчи нуқтаси манфий кутб ҳисобланади. Иккиламчи чўлғам фаза кучланишлари бир-биридан $2\pi/3$ бурчакка сурилган бўлади.

Исталган вақт momentiда анодида бошқа фазаларга қараганда энг катта мусбат потенциал бўлган фаза диоди очилади (4.6-расм).



4.5-расм. Уч фазали бир тактли тўғрилаш схемаси.



4.6-расм. Уч фазали бир тактли тўғрилаш схемаси вақт диаграммалари.

t_0 ихтиёрий вақт моментида VD1 диод анодиди энг катта мусбат потенциал бўлади ва у очик бўлади. U_{21} кучланиш таъсирида ток биринчи фаза, VD1 диод, R_{ω} юклама орқали нолинчи нуқтага оқиб ўтади.

Юкламадаги кучланиш U_{21} оний қийматга тенг бўлади. t_1 вақт моментигача иккинчи фазадаги кучланиш ҳам мусбат, лекин биринчи фазадаги кучланишдан кичик бўлади, шунинг учун VD2 диод анодидаги потенциал унинг католидаги потенциалдан кичик бўлади ва VD2 диод ёпик бўлади. t_2 моментдан бошлаб учинчи фаза ишлай бошлайди ва жараёнлар даврий такрорланади. Ҳар бир фаза даврининг $2\pi/3$ қисми давомида ишлайди. Тўғрилагич чиқишидаги U_0 кучланиш исталган вақтда иккиламчи чўлғам (фаза диоди очик бўлганда) фаза кучланишининг оний қийматига тенг бўлади, яъни U_0 тўғриланган кучланиш U_2 кучланишнинг оғдирувчиси ҳисобланади, $I_0=U_0/R_0$ бўлганлиги учун мана шу эгриликнинг ўзи бошқа масштабда ток эгрилиги бўлади. Бинобарин, ток ҳар бир фаза бўйича даврининг учдан бир қисмида оқиб ўтади.

Вақтнинг бошланиши деб қўш чўлғамлар фазаларидаги U_2 кучланиш U_m кучланишига тенг бўлган моментни оламиз ва $\omega t = \pi/m$ (бу ерда $m=3$) вақт интервалини кўриб чиқамиз. У ҳолда тўғриланган кучланишнинг ўзгармас ташкил этувчиси қуйидаги ифодада орқали аниқланади.

$$U_0 = \left(\frac{m}{2\pi}\right) \int U_m \cdot \cos \omega t d\omega t = \left(\frac{m}{\pi}\right) \cdot U_m \cdot \sin \frac{\pi}{m} = \frac{3}{2} \cdot U_m \cdot \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right), \quad (4.4)$$

ёки U_2 таъсир этувчи қийматга ўтиб қуйидагига эга бўламиз:

$$U_0 = (3 \cdot \sqrt{3} \cdot \sqrt{2} \cdot U_2) / 2 \cdot \pi = 1,17 \cdot U_2, \quad (4.5)$$

Тўғриланган токнинг ўзгармас ташкил этувчиси қуйидагича аниқланади:

$$I_0 = \left(\frac{m}{\pi}\right) \int (I_m)^2 \cdot \cos^2 \omega t d\omega t = \left(\frac{3}{\pi}\right) \cdot I_m \cdot \sin \frac{\pi}{3}, \quad (4.6)$$

Диод ва трансформатор қўш чўлғамларидаги токнинг таъсир этувчи қиймати қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$I_2 = \left(\frac{1}{\pi}\right) \int (I_m \cdot \cos \omega t)^2 d\omega t = I_m \cdot \sqrt{\frac{1}{2m} + \left(\frac{1}{4\pi}\right) \cdot \sin \frac{2\pi}{m}}, \quad (4.7)$$

Агар I_0 ва I_2 тоқларни мос равишдаги ўзгартиришларни қилиб, ўзаро таққосласак, $I_0=I_2/0,58=1,752 \cdot I_2$ га эга бўламиз. Дюдга қўйиладиган тескари кучланиш бу схемада икки синусоидал кучланишлар фарқи орқали аниқланадиган эгрилик орқали тавсифланади. Бу икки фаза кучланишларининг фарқи чизиқли кучланишга тенг бўлганлиги учун тескари кучланишнинг максимал амплитудаси трансформатор иккиламчи чўлғами чизиқли кучланиши амплитудасига тенг бўлади, яъни $U_{\text{тес}}=\sqrt{3} \cdot U_m=U_{\text{Л}}=\sqrt{3} \cdot \sqrt{2} \cdot U_2$ тўғриланган кучланиш пульсациясининг частотаси $f_n=m \cdot f_c=3 \cdot f_c$ бўлади.

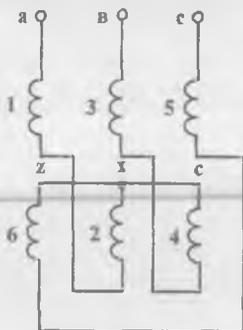
Бир тактли схемаларда трансформатор иккиламчи чўлғами ҳар бир фазаси токи $(Im) \cdot I_0$ га тенг бўлган ўзгармас ташкил этувчига эга бўлади ва бу ташкил этувчи бирламчи чўлғам токи билан компенсацияланмайдиган Φ_0 магнит оқимининг ўзгармас ташкил этувчисини вужудга келтиради. Натижада бундай схемаларда трансформатор магнит ўтказгичида мажбурий магнитланиш бўлади. I_0 ток $F_0=(I_0/m) \cdot W_0$ магнитлаш кучини ҳосил қилади, магнит оқими эса $\Phi_0=F_0/R_m$, бу ерда R_m магнит оқими йўлидаги магнит қаршиликдир. Бу оқим трансформатор ўзаги бўйлаб туташолмайди, чунки унинг куч чизиқлари ўзаро карама-қарши йўналади ва стерженлар атрофида ҳавода туташади. Ҳавонинг R_m магнит қаршилиги катта бўлганлиги учун Φ_0 магнит оқим кам бўлади. Лекин, одатда трансформатор магнит ўтказувчан қолип билан ўралади ёки унинг яқинида металл (магнит ўтказувчан) бўлса, у ҳолда Φ_0 магнит оқими сезиларли бўлиши мумкин ва трансформатор нормал иш режимини бузиши мумкин.

Бундан ташқари, тўғрилагич юқламаси ўзгарганда иккиламчи чўлғамлардаги ток ўзгаради ва бунга мос равишда мажбурий магнитланиш интенсивлиги ўзгаради. Бу бир фазали бир тактли тўғрилаш схемаларида кўпроқ сезиларли бўлади, бунда ток паст частотада пульсланади ва пульсланувчан Φ_0 магнит оқимини вужудга келтиради. Бу оқимлар магнит ўтказгичларни қўшимча юқлаб уларда қўшимча йўқотишларни келтириб чиқаришидан ташқари, пульсланувчан тарқалиш магнит майдонини ҳосил қилади ва бу майдон яқинда ишлаётган бошқа қурилмалар ишига ҳам ҳалақит беради. Бу ўрта ва катта қувватли тўғрилагичлар ишида муҳим ҳисобланади.

Мажбурий магнитланиш билан қурашишда магнит ўтказгич стерженларида чўлғамларни рационал жойлаштирилади, яъни

чўлғамлар «зиг-заг» схемада уланади (4.7-расм).

Бунинг учун ҳар бир фазанинг иккиламчи чўлғамлари иккита ғалтаклардан иборат бўлади, бу ғалтаклар турли стерженларга жойлаштирилади ва кетма-кет қарама-қарши йўналишда уланади. Бунда чўлғамнинг ҳар бир ярим қарама-қарши йўналган ва бир-бирини компенциялайдиган магнит оқимларини ҳосил бўлади, шунинг учун трансформаторнинг мажбурий магнитланиши кескин қамаяди ёки умуман бўлмайди. Тўғрилаш схемасини тўғри танлаш орқали ҳам мажбурий магнитланишни йўқотиш мумкин.



4.7-расм. Чўлғамларни «зиг-заг» схемада уланиши.

4.3 Икки тактли тўғрилаш схемалари

Куприксимон тўғрилаш схемаси. Схемада ярим давр мобайнида тўғриланган ток VD1 диод, $R_{ю}$ юклама, VD3 диод орқали трансформаторнинг иккиламчи чўлғамига оқиб ўтади (4.8-расм). Тесқари қутбда ток VD2 диод, $R_{ю}$ юклама, VD4 диод орқали трансформаторнинг иккиламчи чўлғамига оқиб ўтади. Яъни, ток юклама ва трансформатор иккиламчи чўлғами орқали бутун давр мобайнида оқиб ўтади.

$R_{ю}$ юкламадан оқиб ўтадиган $I_{ю}$ юклама токининг ўзгармас ташкил этувчиси ($I_m = U_m / R_{ю}$ бўлганида) қўйидагига тенг бўлади:

$$I_o = \left(\frac{m}{\pi}\right) I_m \cdot \sin \frac{\pi}{m} = \frac{I_m}{m} = \frac{2\sqrt{2} U_2}{R_{ю} \cdot \pi} = 0,9 \frac{U_2}{R_{ю}}; \quad (4.8)$$

$$U_0 = 2\sqrt{2} \frac{U_2}{\pi}, \quad (4.9)$$

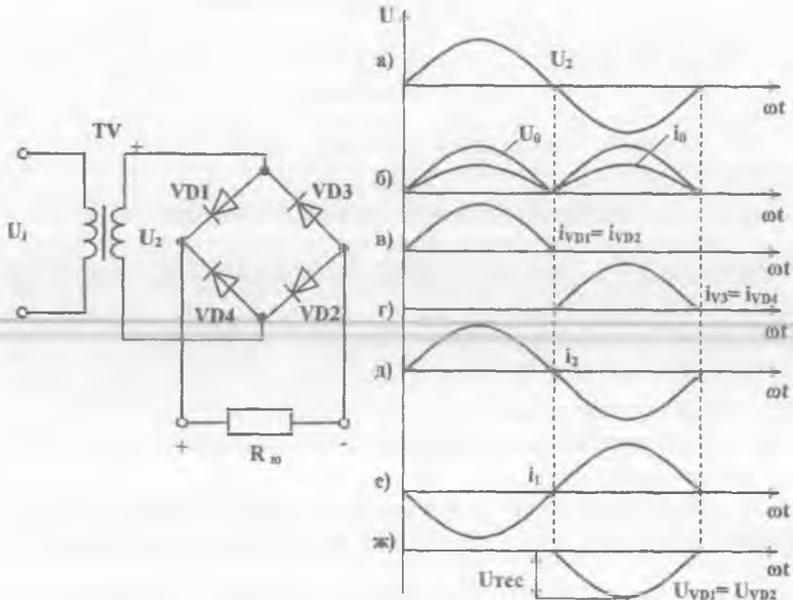
яъни, бир фазали бир тактли схемадагидан 2 марта катта бўлади.

Трансформаторнинг иккиламчи чўлғамидан ток бутун давр мобайнида оқиб ўтади, у холда унинг таъсир этувчи қиймати қуйидагича аниқланади:

$$I_2 = \left(\frac{1}{2\pi}\right) \int (I_m)^2 \sin^2 \omega t \, d\omega t = I_m \frac{1}{\sqrt{2}}, \quad (4.10)$$

у холда, I_0 ва I_2 тоқларни таққослаб, қуйидагини оламиз:

$$I_0 = \left(\frac{2}{\pi}\right) \sqrt{2} \cdot I_2 = 0,9 \cdot I_2, \quad (4.11)$$

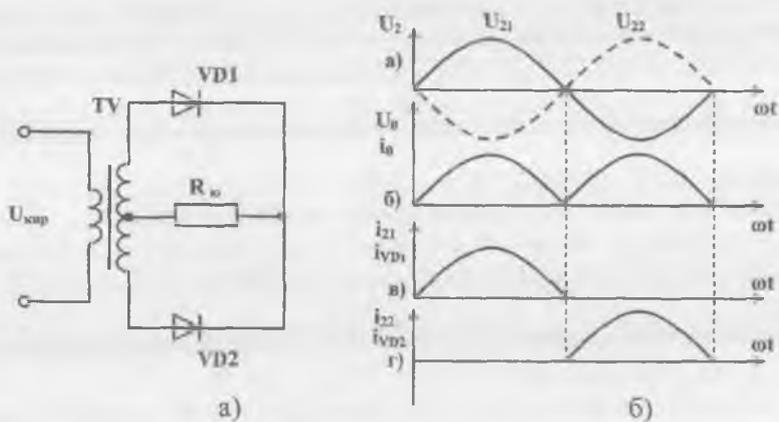


4.8-расм. Кўприксимон тўғрилаш схемаси ва унинг вақт диаграммалари.

Ҳар бир ярим даврда иккита диод ишлагани учун ҳар бир кетма-кет уланган диодлардан оқиб ўтадиган токнинг таъсир этувчи қиймати $I_{vd} = I_2/2$ бўлади. Бу схема учун $m=2$, $f_{т.к} = 2f_T$ бўлади, диодлар иккиламчи чулғамга параллел улангани учун ёпик диодлардаги тескари кучланиш эса $U_{тес} = U_m = \sqrt{2} U_2$ бўлади.

Трансформатор иккиламчи занжиридан нолинчи чиқиш чиқарилган икки тактли тўғрилаш схемаси. Бу схемани бошқача қилиб икки фазали бир тактли схема дейилади, чунки тўғриланган токнинг бир даври мобайнида трансформаторнинг иккиламчи ҳар бир ярим чулғамларидан битта ток импульси оқиб ўтади, лекин, одатда ўзгарувчан ток техникасида икки фазали ток, унинг генерациялашнинг қийинлиги ва икки фазали ток тармоғининг йўқлиги учун биринчи ном қўлланилади (4.9-расм).

Бу схемада иккиламчи чулғамнинг ҳар иккала яримлари тўғрилагич ишида навбатма-навбат иштирок этади. Биринчи ярим даврда ток VD1 диод, $R_{ю}$ юклама ва трансформатор ярим чулғами, иккинчи ярим даврда эса VD2 диод, $R_{ю}$ юклама ва трансформатор бошқа ярим чулғами орқали оқиб ўтади. Юкламадан бутун давр мобайнида бир қутбли ток оқиб ўтади (4.9-расм).



4.9-расм. Трансформатор иккиламчи занжиридан нолинчи чиқиш чиқарилган икки тактли тўғрилаш схемаси ва унинг вақт диаграммалари.

Бу схемада юкламадаги кучланишнинг ўзгармас ташкил этувчиси қуйидагига тенг бўлади:

$$U_0 = \frac{m}{\pi} U_m \sin\left(\frac{\pi}{m}\right) = 2\sqrt{2} \frac{U_2}{\pi}, \quad (4.12)$$

$m=2$, $U_2=U'_2=U''_2$, у ҳолда

$$I_0 = U_0 / R_{\text{Ю}} = 0,9 U_2 / R_{\text{Ю}}, \quad (4.13)$$

Трансформаторнинг иккиламчи ҳар бир ярим чўлғами токнинг таъсир этувчи қиймати қуйидагига тенг бўлади:

$$I_2 = \frac{I_m}{2} \frac{2}{m} + \sin\left(\frac{2\pi}{m}\right) = \frac{I_m}{2} = 1,28 \cdot I_0, \quad (4.14)$$

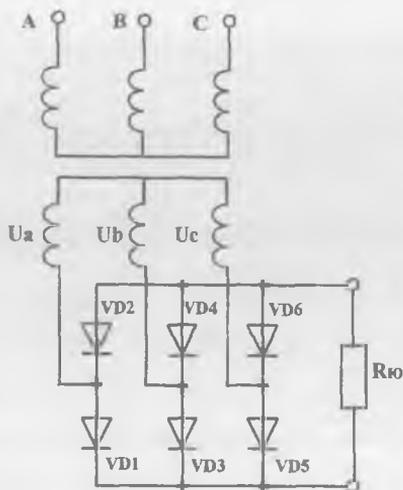
Юкламадаги пульсациялар частотаси $f_{\text{т.к.п}} = 2f_{\text{тар}}$. Ёпиқ диод трансформатор иккиламчи чўлғамлари учлари орасидаги потенциаллар фарқига тенг бўлган тескари кучланиш таъсири остида бўлади. Потенциаллар фарқининг максимал қиймати битта иккиламчи ярим чўлғамдаги кучланишнинг иккиланган амплитудавий қийматига тенг бўлади:

$$U_{\text{ТЕС}} = 2U_m = 2\sqrt{2} U_2, \quad (4.15)$$

Демак, бу схемада ёпиқ вентилдаги тескари кучланиш кўприксимон схемадагига нисбатан икки марта катта бўлади.

Уч фазали икки тактли схема (Ларионов схемаси). Бунда трансформаторнинг иккиламчи чўлғамини юлдуз ёки учбурчак схемада улаш мумкин, лекин у кўпинча юлдуз схемада уланади, чунки бунда тўғриланган кучланишнинг ярмини олиш учун нолинчи нуқтадан фойдаланиш имконияти бор (4.10-расм).

Трансформатор чўлғамларининг ҳар бир фазаси бир диоднинг анодига ва иккинчи диоднинг катодига уланади. Учта диодлар (1, 3, 5) анодлари билан ўзаро умумий нуқтага уланади ва чиқишда (-) кутб бўладиган анод гуруҳини ташкил қилади, бошқа учта диодлар эса, чиқишда (+) кутб бўладиган катод гуруҳини ташкил қилади.

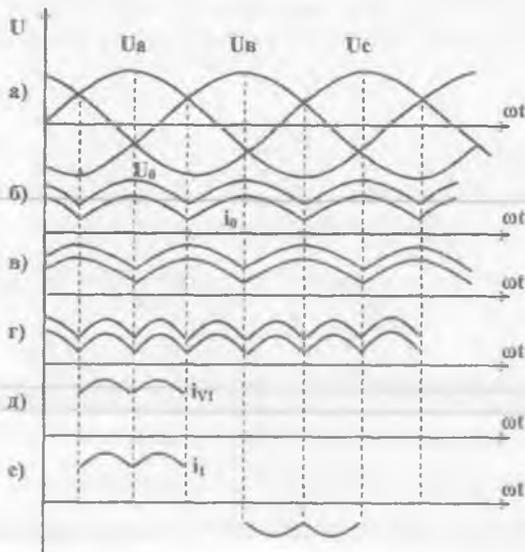


4.10-расм. Уч фазали икки тактли схема (Ларионов схемаси).

Анод гуруҳи катодида энг катта манфий потенциал бўлган диод, катод гуруҳи эса анодида энг катта мусбат потенциал бўлган диод очик бўлади. Исталган вақт momentiда ток икки кетма-кет уланган диод, юклама қаршилиги ва икки фазалар чўлғамларидан оқиб ўтади.

Ҳар бир диодлар жуфтлиги даврнинг $1/6$ қисмида ишлайди. Фазаларни коплаш тартиби қайси венти́лллар жуфтлигидан ток оқиб ўтишини аниқлайди. Агар бу тартибни ўзгартирилса, у ҳолда кетма-кет уланган венти́лллар тартиби ўзгаради. Тўғриланган токнинг ҳар бир даврида трансформаторнинг ҳар бир фазаси орқали $1/3T$ мобайнида мусбат кутбли иккита ток импульси (ҳар бир импульс $T/6$ узунликда) ва ўша узунликдаги манфий кутбли иккита ток импульси оқиб ўтади (4.11-расм).

Шундай қилиб, трансформаторнинг ҳар бир фазаси даврнинг $2T/3$ қисми мобайнида, ҳар бир диод эса даврнинг $T/3$ қисми мобайнида ишлайди. Тўғрилагич чиқишидаги кучланиш (бу схема учун $m=6$) кучланишлар олтига тактларини тўғрилашда олинган оғмага, унинг қиймати эса бу фазалардаги диодларнинг очилиш даврларидаги икки фазалар орасидаги чизикли кучланишнинг оний қийматига тенг бўлади.



4.11-расм. Уч фазали икки тактли схеманинг вақт диаграммалари.

Туғриланган кучланишнинг ўзгармас ташкил этувчисининг қиймати қуйидагича аниқланади:

$$U_0 = (m/\pi) \cdot \sqrt{2} U_2 \cdot \sin(\pi/m) = (6/\pi) \cdot U_2 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\pi/6) = 2,34 \cdot U_2, \quad (4.16)$$

Туғриланган токнинг ўзгармас ташкил этувчисининг қиймати қуйидагича аниқланади:

$$I_0 = 1,22 \cdot I_2, \quad (4.17)$$

бу ерда, I_2 – трансформатор ҳар бир фазаси токининг таъсир этувчи қиймати.

Туғриланган кучланиш ва ток пульсациясининг частотаси $f_{\text{п.к.ч.}} = 6f_{\text{тар}}$.

Ҳар бир диоддаги тескари кучланиш қуйидагича бўлади:

$$U_{\text{ТЭС}} = 2,457 \cdot U_2, \quad (4.18)$$

4.4. Тўғрилаш қурилмаларининг чиқиш параметрлари

Тўғрилагичнинг чиқиш параметрларига қуйидагилар кирази:

- 1) тўғриланган кучланишнинг ўртача қиймати U_0 ;
- 2) тўғриланган токнинг ўртача қиймати I_0 ;
- 3) тўғриланган кучланиш асосий гармоникаси пульсациясининг частотаси $f_{\text{ткл}}$;

- 4) тўғриланган кучланишнинг пульсация коэффициентини K_n ;
- 5) тўғрилагич кириш кучланиши битта қийматда бўлганида U_0 чиқиш кучланишининг I_0 юклама токига боғлиқлиги бўлган тўғрилагичнинг ташқи тафсифи;

- 6) диодларни танлаш учун $U_{\text{тес}}$ тескари кучланиш.

Тўғрилаш схемаларидаги трансформаторлар учун қуйидаги параметрлар аниқланади:

- 1) иккиламчи чўлғам кучланиши U_2 ва токи I_2 , чунки уларни тўғриланган кучланиш ва токнинг уртача қиймати (ўзгармас ташкил этувчи) билан таққослаш қабул қилинган;

- 2) бирламчи чўлғам кучланишнинг U_1 ва токининг I_1 таъсир этувчи қийматлари;

- 3) иккиламчи чўлғамнинг тўла қуввати S_2 ;

- 4) бирламчи чўлғамнинг тўла қуввати S_1 ;

- 5) трансформаторнинг тўла (габарит) қуввати $S_{\text{тр}} = (S_1 + S_2)2$;

- 6) трансформатор иккиламчи чўлғамидан фойдаланиш коэффициентини $K_2 = P_0 S_2$, бу ерда P_0 тўғрилагичнинг қуввати;

- 7) трансформатор бирламчи чўлғамидан фойдаланиш коэффициентини $K_1 = P_0 S_1$;

- 8) трансформатордан фойдаланиш коэффициентини $K_{\text{тр}} = P_0 S_{\text{тр}}$.

Бу коэффициентлар тўғрилаш схемасига боғлиқ, чунки бир тактли тўғрилашда трансформаторда мажбурий магнитлаш ҳодисаси мавжуд бўлиб, у трансформатордан фойдаланиш коэффициентини кескин камайтиради.

Бу чиқиш параметрларини кўриб чиқамиз. Тўғрилаш схемаси бўйича тўғрилагичлар бир фазали ва кўп фазали, битта ярим даврли (бир тактли) ва иккита ярим даврли (икки тактли) бўлади. Шунинг учун тўғрилаш фазалари сони m трансформатор иккиламчи чўлғам фазалари сонига мос келмаслиги мумкин. Бу сон $m = rp$ муносабатдан аниқланади (бу ерда $n = 1, 2, 3, 4, \dots, 6$ ва χ к-трансформаторнинг иккиламчи чўлғамлари сони, $p = 1$ ёки 2 тўғриланадиган ярим даврлар сони). Бир тактли ёки икки тактли схемаларни аниқлаш

шундан келиб чиқадики, таъминот кучланишни бир даврида трансформатор иккиламчи занжири фаза чўлғамидан нечта ток импульслар оқиб ўтади. Бир тактли тўғрилагичда бир даврда бир фазали чўлғам орқали битта ток импульси, икки тактли тўғрилагичда эса икки фазали чўлғам орқали иккита ток импульси оқиб ўтади. Шундай қилиб, тўғриланган ток пульсацияси частотаси таъминот тармоғи частотасига мос тушмайди ва у $f_{т.к.п} = mf_{тар}$ бўлади.

4.5. Тўғрилаш схемаларини нисбий баҳолаш

Тўғрилагичлар учун юкламада сарф бўладиган $P_0 = U_0 I_0$ ўзгармас ток қуввати қийматини билиш муҳим. Лекин, тўғрилагич тармоқдан истеъмол қиладиган ўша P_0 қувват, тўғрилагич схемасига боғлиқ бўлади. Шунинг учун биз трансформатордан фойдаланиш коэффициентини $K_{ТР}$, трансформатор бирламчи ва иккиламчи чўлғамларидан фойдаланиш коэффициентлари K_1 и K_2 ҳақида гапирармиз, чунки улар тўғрилагичнинг иқтисодий ва энергетик кўрсаткичларини аниқлайди.

$$K_{ТР} = P_0 / S_{ТР}, \quad S_{ТР} = S_1 + S_2, \quad (4.19)$$

$$K_1 = P_0 / S_1, \quad S_1 = n_1 U_1 I_1, \quad (4.20)$$

$$K_2 = P_0 / S_2, \quad S_2 = n_2 U_2 I_2, \quad (4.21)$$

n_1 n_2 га тенг эмас, у ҳолда бу коэффициентлар кучли фарк қилади. Таққослаш учун бу коэффициентларни турли тўғрилаш схемалари учун кўриб чиқамиз (4.1-жадвал).

4.1-жадвал

Тўғрилаш схемаси	K_1	K_2	$K_{ТР}$
1-тактли:			
1- фазали	0,37	0,29	0,33
3- фазали	0,83	0,67	0,75
2- фазали	0,83	0,57	0,68
2- тактли:			
1-фазали (урта нуқтали)	0,83	0,57	0,68
1-фазали кўприксимон	0,83	0,83	0,83
3-фазали кўприксимон (Ларионов)	0,95	0,95	0,95

Таққослашлардан кўриниб турибдики, бир тактли тўғрилагичларда трансформаторнинг иккиламчи чўлғами бирламчи чўлғамга қараганда ёмон ишлатилади, чунки бу трансформаторларда узакнинг мажбурий магнитланиши мавжуд. Бундан ташқари, агар $n_2 > n_1$ бўлса, бу ҳам иккиламчи чўлғамлардан фойдаланишни ёмонлаштиради. Кўприксимон схемаларда узакнинг мажбурий магнитланиши йўқ, шунинг учун трансформатордан ва унинг чўлғамларидан фойдаланиш коэффициентлари бир хил. Бундан ташқари, кўприксимон икки тактли схемаларда вентилга қўйиладиган тескари кучланиш икки марта кичик бўлади. Лекин, уларнинг камчилиги кўп вентиллар сонидан фойдаланишдир.

Тўғрилаш қурилмаси схемасини танлашда унинг эксплуатацион хусусиятлари ва унга характерли бўлган тоқлар, кучланишлар, қувватлар миқдорий муносабатлари ҳисобга олинади, чунки улар бутун қурилманинг нарҳини, ҳажмини ва оғирлигини белгилайди.

Турли схемаларни нисбий баҳолаш барча схемалар учун бир хил шароитларда олиб борилади. Шунгача биз тўғрилагични йўқотишларсиз ва актив юкламада кўриб чиқдик, тўғрилаш схемаларида юкламанинг бошқа турларида ток ва кучланишлар муносабати ўзгаради.

Тўғрилаш схемаларининг қўлланилиш соҳалари руҳсат этиладиган пульсациялар коэффициенти, вентиллар сони ва трансформатордан канчалик яхши фойдаланиш орқали аниқланади.

Бир фазали бир тактли схема соддарок, юкламада катта пульсация коэффициенти руҳсат этилса 15 Вт гача чиқиш қувватларида қўлланилади. Унинг афзаллиги оддийлиги, элементларнинг камлиги ва трансформаторсиз ишлаш имконияти ҳисобланади. Камчиликлари эса $f_{т.к.ч}$ пульсация частотасининг кичиклиги ва $K_{П}$ пульсация коэффициентининг катталиги ҳисобланади.

Бир фазали кўприксимон схема тўғриланадиган кучланиш нисбатан катта бўлмаган ва юклама токи эса катта бўлган ҳолларда 300 Втгача қувватларда қўлланилади. Унинг афзалликларига пульсацияларнинг оширилган частотаси, трансформатордан яхши фойдаланиш, трансформаторсиз ишлаш имконияти, камчиликларга эса диодлар сонининг кўплиги (чунки бунда кетма-кет уланган диодларда кучланишнинг пасайиши ортади) киради.

Бир фазали икки тактли ўрта нуқтали схема кичик юклама тоқларида ва юқори тўғриланадиган кучланишларда (кўприксимон

схемага қараганда U_2 кучланишининг бир хил қийматларида у 2 марта катта бўлади), лекин кичик қувватларда (50Вт гача) қўлланилади. Бу тўғрилаш схемасининг афзалликларига диодлар сонининг камлиги, пульсацияларнинг оширилган частотаси, юқори тўғрилаш кучланиши киради. Схеманинг камчиликларига трансформатордан ёмон фойдаланиш, унинг тузилишининг мураккаблиги, диоддаги юқори тескари кучланиш киради.

Ўзгармас токнинг етарлича катта қийматларида кўп фазали тўғрилаш схемалардан фойдаланиш мақсадга мувофиқ бўлади. Ўртача қувватли тўғрилагичларда асосан уч фазали бир тактли Миткевич схемаси қўлланилади. Унинг афзаллиги пульсацияларнинг кичик қиймати ва катта частотаси, очик диодда кучланишни пасайишининг кичиклиги киради, шунинг учун бу схема кичик кучланишларни тўғрилашда қўлланилади. Камчиликларига эса трансформатордан ёмон фойдаланиш, трансформатор ўзагида мажбурий магнитланиш мавжудлиги, диоддаги катта тескари кучланиш киради. Ўзгармас токнинг катта қувватларда уч фазали икки тактли Ларионов схемаси қўлланилади. Унинг афзалликларига трансформатордан яхши фойдаланиш, трансформаторда мажбурий магнитланиш йўқлиги ва трансформатор чўлғамларини исталган схемада улаш имкониятининг борлиги киради. Камчиликларига эса диодлар сони кўплигини киритиш мумкин.

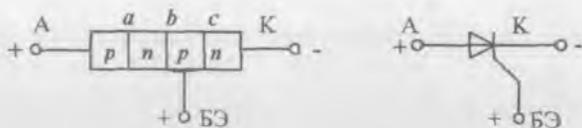
Мураккаброқ тўғрилаш схемалари жуда кам қўлланилади, чунки бунда уларнинг чиқиш параметрлари сезиларли яхшиланмайди, ҳаражат эса кўп талаб қилинади.

4.6. Тиристорли бошқариладиган тўғрилаш схемалари

Тиристорлар кенг қўлланилиб келинаётган элемент бўлиб, замонавий ўзгартириш техникасининг истиқболли элементи ҳисобланади.

Тиристорлар ёрдамида бир қурилмада катта қийматдаги қувватлардан ўзгартиришдан ташқари, бир неча функцияларни, яъни тўғрилаш ҳамда ростлаш, тўғрилаш ҳамда стабиллаш, ўзгартириш ва стабиллаш ва ҳоказолар амалга оширилади.

Тиристор 4 катламдаги структурали ярим ўтказгичли асбоб бўлиб, кетма-кет уланган учта p-n ўтиш (a,в,с) ни ташкил қилади (4.12-расм).

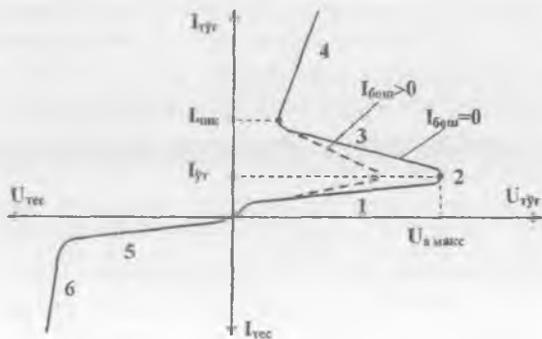


4.12-расм. Тиристорнинг тузилиши ва схемада белгиланиши.

Тиристорнинг вольт-ампер тавсифи (ВАХ) 4.13-расмда келтирилган бўлиб, уни қуйидаги соҳаларга ажратиш мумкин: 1-тўғри йўналишдаги ўтказмаслик ҳолати соҳаси; 2-тешилиш соҳаси; 3-манфий қаршилиқ соҳаси; 4-юқори ўтказувчанлик соҳаси; 5-тескари ўтишдаги ўтказмаслик ҳолати соҳаси; 6- қайтмас лавин тешилиш соҳаси.

Агар бошқарувчи элемент электродга (БЭ) кучланиш қўйилмаган бўлиб, анод (А) ва катод (К) орасидаги кучланиш $U_{тўғ.рух}$ дан ошмаса, у ҳолда тиристор ёпик ва ундан ток ўтмайди. Анод кучланиши етарлича юқори, яъни $U_{тўғ.рух}$ га тенг бўлса, ўрта p-n ўтишда эркин заряд ташувчилар кўчкисимон равишда ортади ва бу тиристордан оқиб ўтувчи анод токининг кескин ортиб кетишига сабаб бўлади. Бунинг натижасида кучланишнинг тушуви оний (15-20 мкс) равишда камаяди.

Тиристорнинг кичик қаршилиқ ҳолатига (яъни юқори ўтказувчанлик ҳолати) ўтиши *тиристорнинг очилиши* дейилади. Бунда тиристордан тўғри йўналишда оқиб ўтувчи ток (4-соҳа) амалда юклама қаршилиги билан чегараланади.



4.13-расм. Тиристорнинг вольт-ампер тавсифи.

Кичик қаршилик ҳолатигача (3-соҳа) тиристорнинг ишчи нуқтаси манфий қаршилик соҳасидан (яъни тиристордаги кучланишнинг тушиши билан анод токининг ортиши) ўтади. Тиристорнинг ишчи нуқтаси ВАХнинг юқори ўтказувчанлик соҳасида тиристордан оқиб ўтувчи анод токининг қиймати I_{UT} ушлаб турувчи ток қийматидан кичик бўлгунча жойлашади.

Тиристорга манфий кучланиш қўйилганда кетма-кет уланган ҳар икки четдаги р-п ўтишлар тескари ўтишда аралаш, ўртадаги р-п ўтиш эса тўғри йўналишда бўлиб қолади. Бу ҳолда тиристорнинг ишлаши ўтказмаслик йўналишидаги р-п ўтиш ишига ўхшайди ва демак, тиристорнинг тескари тавсифи (5-соҳа) кремнийли диоднинг тескари тавсифига ўхшаш бўлади. Ўтказмаслик ҳолатида тиристорнинг қаршилиги бир неча мегаомларгача етиши мумкин. Тиристорнинг ўтказмаслик ҳолатига қайтиши тиристорнинг ёпилиши дейилади. 6- соҳа тиристорнинг қайтмас тешилишини кўрсатади.

Бошқарувчи электродга бошқариш сигнали берилганда тиристорнинг тўғри очилиш кучланиши U_{OT} камаяди ($I_{BOH} > 0$). Демак, бу ҳолда тиристорнинг ёпилиши учун кичикрок анод кучланиши талаб қилинади.

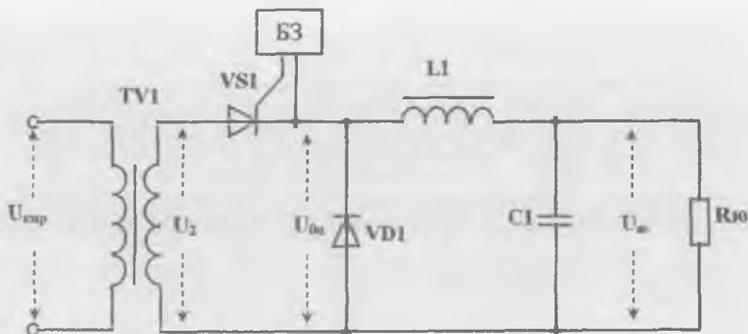
Бошқариш сигналининг қийматини ўзгартириб, тиристорнинг очилиш кучланиши қийматини ростлаш мумкин.

Агар бошқариш сигнали тиристорнинг очилишини таъминлаган бўлса, у ҳолда бундан кейин тиристор бошқарилмайди. Тиристорнинг ёпилиши учун анод токини шундай камайтириш керакки, токи у I_{UT} дан кичик бўлсин.

Маълумки, тиристор очилгандан кейин бошқариш занжири унинг ҳолатига таъсир қилмайди., шунинг учун тиристори бошқариш узунлиги унча катта бўлмаган ва фронти етарлича тик бўлган импульслар орқали амалга оширилади.

Тиристорларни бошқаришнинг бир неча усуллари мавжуд бўлиб, улардан амплитудавий, фазавий ва фаза-импульсли усуллари ажратиб кўрсатиш мумкин.

Амплитудавий усулда бошқарувчи электродга қиймат жиҳатдан ўзгарувчи мусбат кучланиш берилади. Шу билан бирга тиристорнинг очилиш моментининг ўзгариши таъминланади.



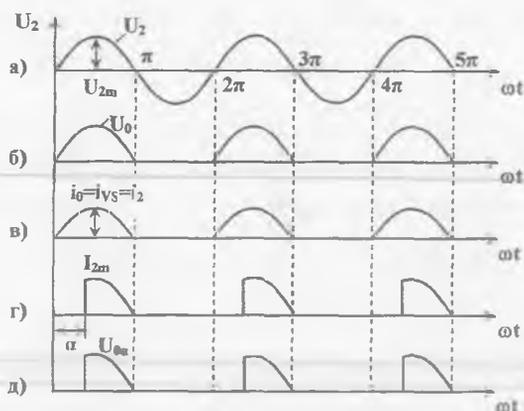
4.14-расм. Бир ярим даврли тиристорли тўғрилагичнинг схемаси.

Тиристорларни бошқаришнинг фазавий усулида фаза айлан-тиргич кўприк ёрдамида тиристорнинг анод кучланишига нисбатан бошқариш кучланишининг фазаси ўзгартирилади. Бошқариш сигнали частотаси бундай схемаларда таъминот тармоғи частотаси билан синхронлаштирилган бўлиши керак. Бошқариш занжири схемалари содда тузилган бўлиб, улар резистор ва конденсаторлардан иборат. Фазавий усулнинг камчилиги бошқарувчи кучланиш эгрилигининг кичиклиги натижасида тиристорнинг очилиш моментининг унча юқори бўлмаган стабиллигидир.

Фаза-импульсли усулнинг фазавий усулдан фарқи шундаки, бунда тиристорнинг очилиш momentiда аниқлик ва стабилликни ошириш мақсадида бошқарувчи электродга тик фронтли импульли кучланиш берилди. Бу усул ҳозирги вақтда кенг қўлланилмоқда. Фаза-импульсли усулдаги бошқариш занжири схемалари турлича бўлиб, фазавий усулдаги бошқариш занжири схемаларига қараганда мураккаб тузилишга эга.

4.14-расмда бир фазали, бир ярим даврли тўғрилагичнинг актив юкламадаги иш жараёни схемаси, унинг кучланишлари ва тоқлари осциллограммалари эса 4.15-расмда тасвирланган.

Агар тиристорга мусбат кучланиш бошқарувчи импульс билан бир вақтда берилса, ишчи занжирдан бир давр мобайнида ток оқиб ўтади. Бундай режим (4.15-расмдаги б, в-осциллограммалар) бошқарилмайдиган режим дейилади.



4.15-расм. Бир ярим даврли тиристорли тўғрилагичнинг кучланишлари ва тоқлари осциллограммалари.

Агар бошқарувчи импульс тиристорга тўғри кучланишга нисбатан бирор вақтга кечикиб берилса, у ҳолда тиристордан бир давр мобайнида оқиб ўтувчи ток камаяди ва тўғриланган токнинг ўртача қиймати $I_{0\alpha}$ тўғрилагичнинг бошқарилмайдиган режимидаги I_0 қийматдан кичик бўлади. α - бурчак бошқариш бурчаги дейилади.

Бошқариладиган режимда ток ва кучланиш α бурчакка боғлиқ ва бир фазали бир ярим даврли схема учун қуйидагига тенг бўлади:

$$I_{0\alpha} = I_0(1 + \cos\alpha)/2. \quad (4.22)$$

$$U_{0\alpha} = U_0(1 + \cos\alpha)/2, \quad (4.23)$$

Бир фазали икки ярим даврли тўғрилаш схемасида $m=2$ бўлганлиги учун ток ва кучланиш қуйидагига тенг бўлади:

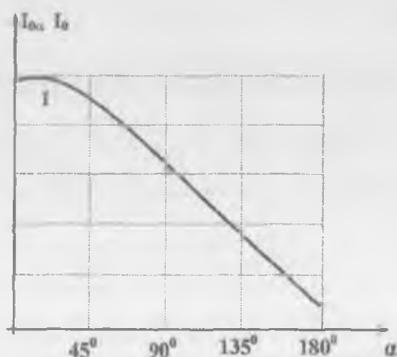
$$I_{0\alpha} = I_0(1 + \cos\alpha), \quad (4.24)$$

$$U_{0\alpha} = U_0(1 + \cos\alpha), \quad (4.25)$$

$(I_{0\alpha}/I_0) = \varphi(\alpha)$ ва $(U_{0\alpha}/U_0) = \varphi(\alpha)$ боғлиқликлар ростлаш тавсифлари дейилади. 4.16-расмда икки ярим даврли тўғрилагичнинг

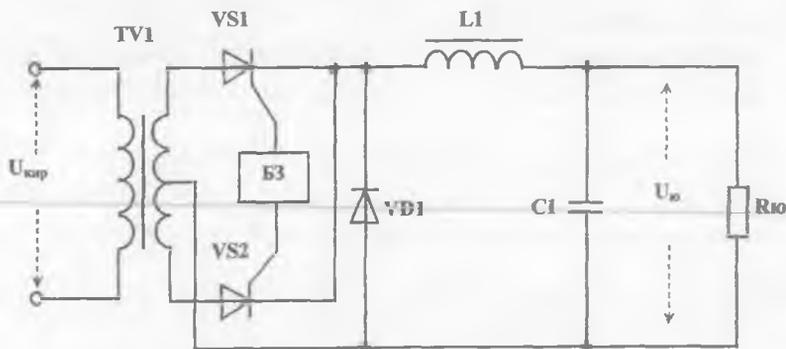
ростлаш тавсифи келтирилган.

Икки ярим даврли тўғрилаш схемасининг иш жараёнини икки фазага ўрта нуқтали схема мисолида кўриб чиқамиз (4.17-расм).



4.16-расм. Икки ярим даврли тўғрилагичнинг ростлаш тавсифи.

Агар $\alpha > 0$ бўлса, яъни $I_{\text{бошк}}$ ток импульси бошқарувчи электрод занжиридаги бошқарилмайдиган тиристор кучланишидан кечикиб оқиб ўтса, $\omega t = 0$ дан $\omega t = \alpha$ гача VS1 тиристордан ток оқиб ўтмайди, ундаги тўғри йўналишдаги кучланиш ортади, юкламадаги кучланиш эса нолга тенг бўлади, $t_1 = \alpha/\omega$ моментда VS1 тиристор $I_{\text{бошк}}$ ток импульси таъсирида очилади ва юкламадаги кучланиш сакрашсимон равишда t_1 вақт моментидagi $U_{21}(t)$ фаза кучланиши қийма-тигача ортади (4.15-расм). $t_2 = \pi/\omega$ моментда $U_{21}(t)$ фаза кучланиши ишораси ўзгаради ва тескари ток таъсирида VS1 тиристор ёпилади. $t_2 = (\pi + \alpha)/\omega$ моментда VS2 тиристор бошқарувчи электродига мусбат потенциал берилади ва $I_{\text{бошк}}$ ток импульси таъсирида VS2 тиристор очилади, ундаги кучланиш U_{V2} кескин камаяди, юкламадаги кучланиш U_0 эса сакрашсимон тарзда $U_{22}(t)$ фаза кучланиши қийма-тигача ортади. ωt_2 дан ωt_3 гача бўлган интервалда юкламадаги кучланиш нолга тенг бўлади, чунки VS1 ва VS2 тиристорлар ёпик бўлади. Кейин жараён такрорланади.



4.17-расм. Икки ярим даврли тиристорли тўғрилаш схемаси.

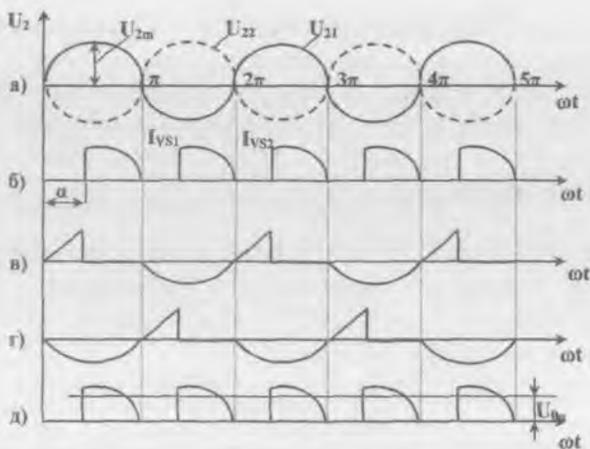
Шуни таъкидлаб ўтиш керакки, бошқарилувчи тўғрилагичларда бошқариш бурчагининг ортиши билан кучланиш ва ток орасидаги фазалар фарқи ортади, яъни тармоқдан реактив ток истеъмоли ортади ва тўғрилагичнинг кувват коэффиценти камаяди.

4.15 ва 4.18-расмларда келтирилган актив характердаги юклама учун олинган осциллограммалардан кўринадики, улардаги кучланиш (ток) лар импульсланувчи кўринишга эга, яъни силикловчи фўльтр кўйилиши зарур.

Маълумки фўльтр индуктив элементдан бошланганлиги учун тўғрилагич узлуксиз ток режимидан ташқари индуктив элементда йиғилган энергия юкламадаги токни тўғрилагичнинг иккинчи фазаси очилгунча ушлаб туришга етарли бўлмаганда узлукли ток режимида ҳам ишлаши мумкин. Узлуксиз ток режими асосий режим ҳисобланади. Бунда индуктив элементда йиғилган энергия юкламадаги токни тўғрилагичнинг иккинчи фазаси очилгунча ушлаб туришга етарли юкламадаги ток узлуксиз бўлади.

$$L > L_{\text{кп}} = (R_{\text{ю}} / \omega) \operatorname{tg} \alpha, \quad (4.26)$$

Бу шарт юклама катта қаршиликка эга бўлганида ва тўғрилагич салт ишлаганида бажарилиши қийин.



5.18-расм. Икки ярим даврли тиристорли тўғрилагичнинг кучланиши ва токи осциллограммалари.

4.7. Силлиқловчи филтрлар

Турли ўзгарувчан токни тўғрилаш схемаларини ўрганишда маълум бўлдики, тўғриланган кучланишнинг оний қиймати ўзгармас эмас, балки Фурье қатори оркали аниқланади [5,10,12]. У ўзгармас ташкил этувчидан ва ўзгарувчан гармоникалар йиғиндисидан иборат бўлади. Ўзгарувчан гармоникаларнинг $f_n = m f_T$ частотали биринчи гармоникаси энг катта қийматига эга бўлади. У ҳолда биз тўғриланган кучланишнинг пульсация коэффициентини аниқлаймиз:

$$K_{\text{инк}} = \frac{2}{(km)^2 - 1} = \frac{U}{U_0} \quad (4.27)$$

бу ерда, k -гармоника номери.

Пульсация коэффициентини ток учун ҳам аниқлаш мумкин: $K_{\text{пн}} = L/L_0$. Актив юкламада $K_{\text{пн}} = K_{\text{пв}}$, комплекс юкламада эса $K_{\text{пн}} \neq K_{\text{пв}}$ бўлади. Қўпинча юклама таъминот кучланиши пульсация коэффициентини тўғрилагич чиқишидаги пульсация коэффициентидан кичик бўлишини талаб қилади. Бунда пульсацияни камайтириш учун тўғрилагич чиқишига силлиқловчи филтр қўйилади.

Лекин шундай занжирлар борки, уларда ҳалакитлар факат амплитуда орқали эмас, кучланиш ички гармоникалари орқали ҳам пайдо бўлиши мумкин, турли частотали тебранишларга турлича сезгирликка эга бўлади. Инсон 20 Гц...20 кГц частоталар диапазонидаги товушларни эшита олади, сигналлар қувватлари бир хил бўлганида 600 дан 2000 Гц ўрта частоталардаги товушлар қаттиқроқ эшитилади.

Шунинг учун, микротелефон занжирлари ва инсон қулоғини ҳисобга олганда турли частотали гармоникалар таъсирини аниқлайдиган α_k ҳалакитлар параметрик коэффиценти тушунчаси киритилади (4.19-расм). У тажрибада аниқланади ва 800 Гц частотали гармоникада 1 га тенг бўлади.

Бошқа частотали гармоникаларнинг нисбий таъсири α_k коэффицент қийматлари орқали характерланади.

Силлиқловчи филтрнинг пульсацияни камайтириш қобилияти филтър киришидаги (тўғрилагич чиқишидаги) пульсацияни, унинг чиқишидаги (юкламадаги) пульсация коэффицентига нисбатига тенг бўлган силлиқлаш коэффиценти орқали баҳоланади.

$$K_c = \frac{K_{\text{п кир}}}{K_{\text{п чик}}} = \frac{U_{01m}/U_0}{U_{\text{ю1m}}/U_{\text{ю}}} \quad (4.28)$$

бу ерда, U_{01m} ; $U_{\text{ю1m}}$ —ўзгарувчан ташкил этувчининг асосий (биринчи) гармоникасининг филтър кириши ва чиқишидаги амплитудалари; U_0 ; $U_{\text{ю}}$ — филтър кириши ва чиқишидаги кучланишнинг ўзгармас ташкил этувчилари.

Филтърларга зарур силлиқлаш коэффицентини таъминлашдан ташқари, яна бир қатор талаблар қўйилади. Филтър орқали бутун юклама токи оқиб ўтади, унда кучланиш ва токни ўзгармас ташкил этувчиларининг бир қисми тушади. Бу тушувни камайтириш учун филтър одатда кичик актив йўқотишларга эга бўлган L ва C реактив элементлар турли комбинацияларидан ташкил топади. Фақат юкланишнинг жуда кичик қувватларда филтърда L дроссельнинг ўрнига R резистор қўйилади.

Филтърларга қуйидаги талаблар қўйилади:

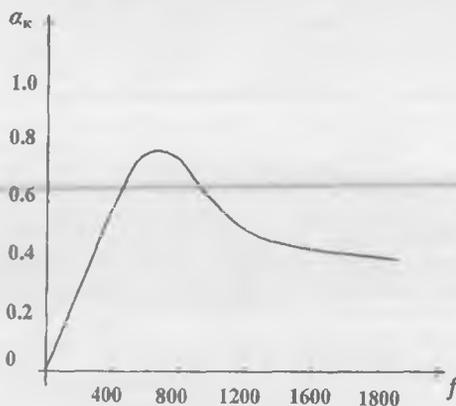
1) кучланишнинг ўзгармас ташкил этувчиси минимал бўлиши керак;

2) $R_{ю}$ юклама қаршилиги кескин ўзгарганида юкламадаги ток-шаклининг ўзгармаслиги (филтрнинг реактив элементлари кучланиш ва токнинг кескин ўзгаришига тўсқинлик қилиши ҳисобига);

3) ўтиш жараёнларида токнинг кескин ўзгариши ва ортиқча кучланиш бўлмаслиги;

4) юқори ишончлилиқ;

5) филтрнинг ўз тебранишларининг частотаси тўғриланган кучланиш ва ток ўзгарувчан ташкил этувчилари частотасидан кичик бўлиши.



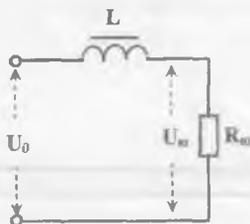
4.19-рasm. α_k халақитлар параметрик коэффиценти, α_k нинг частотага боғлиқлиги.

Филтрларнинг C, L, LC (Г-симон), CLC (П-симон), кўп звеноли LC ва RC, резонансли, транзисторли ва микросхемали турдаги схемалари мавжуд.

Реактив элементларда силлиқловчи филтрларни қуриш услублари куйидагича: юклама занжирга кетма-кет равишда токнинг ўзгаришларига катта қаршилиқка, токнинг ўзгармас ташкил этувчисига кичик қаршилиқка эга бўлган элемент уланади (масалан, ўзгарувчан реактив ғалтак, паралелл резонанс контур), юкламага паралелл равишда эса токнинг ўзгаришларига кичик қаршилиқка, токнинг ўзгармас ташкил этувчисига катта қаршилиқка эга бўлган элемент қўйилади (масалан, конденсатор, кетма-кет резонансли контур). Бу филтрларнинг ишлаш принциплари реактив

элементларнинг электр энергиясини йиғиш ва ўзгариш қобилиятларига мослангандир.

Индуктивли фильтр юклагама кетма-кет уланган L дросселдан иборат (4.20-расм). Дросселнинг силлиқлаш хусусияти тўғриланган кучланишнинг ўзгарувчан ташкил этувчисининг ўзгаришларига тўсқинлик қилувчи ундаги ўзиндукция ЭЮКларини вужудга келишига асослангандир.



4.20-расм. Индуктивли фильтр.

Дросселнинг $X_L = \omega_n L$ қаршилиги токнинг ўзгармас ташкил этувчиси учун нолга тенг (бу ерда $\omega_n = 2 f_n = 2 m f_c = m \omega_n$), токнинг ўзгарувчан ташкил этувчиси учун эса нолга тенг эмас ва дроссель қаршилигида кучланишни ўзгарувчан ташкил этувчисининг пасайишига эга бўламыз. Пульсацияларни яхши силлиқлаш учун дросселнинг индуктив қаршилиги $R_{ю}$ юклагама қаршилигидан кўп марта катта бўлиши керак (яъни, $X_L = m \omega_n L \gg R_{ю}$), у ҳолда бундай филтрнинг силлиқлаш коэффициенти қуйидагига тенг бўлади:

$$K_c = \frac{K_{п.кир}}{K_{п.чик}} \approx \frac{\sqrt{R_{ю}^2 + (m \omega_n L)^2}}{R_{ю}}, \quad (4.29)$$

Бунда филтрнинг актив қаршилигини эътиборга олмаймиз ($R_{др} = 0$). Одатда, тўғрилаш схемасини ва юклагама рухсат этиладиган пульсация коэффициенти билган ҳолда K_c силлиқлаш коэффициенти осон аниқлаш мумкин. Фильтр дросселнинг зарур индуктивлиги қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$L = \frac{R_{ю}}{m \omega_n} \sqrt{K_c^2 - 1}, \quad (4.30)$$

Индуктивли фильтрларни катта қуввати кўп фазали тўғрилагичларда ва унча катта бўлмаган $R_{ю}$ юклама қаршиликларида қўллаш мумкин, бунда фильтр индуктивлиги кичик габаритга эга бўлади ва ундаги актив йўқотишларни эътиборга олмаслик мумкин.

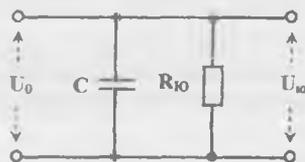
Индуктивли фильтрлар қуйидаги камчиликларга эга:

1) юклама токи кескин ўзгарганида дроссельда катта ўзиндукция ЭЮКи вужудга келади, бу дроссель чўлғамларида изоляциялангани учун хавфли бўлган ортикча кучланишни келтириб чиқаради.

2) юклама токи ўзгарганида бундай филтARNING силлиқлаш принципи ўзгаради, чунки (4.30) ифодага мувофиқ дроссель индуктивлиги $R_{ю}$ юклама қаршилигига боғлиқ.

Афзалликлари эса, оддийлиги, кичик қувват йўқотишлари ва кучланишнинг чиқишида кам ўзгаришидан иборат.

Сигимли филтARNING ишлаш принципи қуйидагича. Тўғрилагичда кучланиш ортиганида конденсатор электр энергияни йиғади, тўғрилагичдаги кучланиш камайганда эса конденсаторда йиғилган энергия юклама орқали зарядланади (4.21-расм).



4.21-расм. Сигимли фильтр.

Пульсацияни силлиқланишини таъминлаш учун конденсаторнинг сигим қаршилиги юклама қаршилигидан сезиларли кичик бўлиши керак.

$$X_C = 1 / (\omega C) \ll R_{ю}, \quad (4.31)$$

у ҳолда, конденсатор юкломани шунтлагандек бўлади, шунинг учун токнинг ўзгарувчан ташкил этувчисининг катта қисми конденсатордан оқиб ўтади, бунда ўзгармас ташкил этувчи учун конденсаторнинг қаршилиги $X_C = \infty$ бўлади ва ўзгармас ташкил этувчи юклама орқали оқиб ўтади. Тўғрилагич сигим филтРГА ишлаганда кучланишни ўзгарувчан ташкил этувчисининг ампли-

тудаси θ кесиш бурчагига боғлиқ бўлади, у ҳолда

$$U_{01m} = \frac{U_0 \cdot H}{r_0 C}, \quad (4.32)$$

бу ерда, H - маълум қийматда $H=f(A)$ график боғлиқликдан аниқланадиган ва θ кесиш бурчагига боғлиқ бўлган параметр. У ҳолда C -фильтр чиқишидаги пульсация коэффиценти куйидагича кўринишда бўлади:

$$K_{\text{п.чик}} = \frac{U_{01m}}{U_0} = \frac{H}{r_0 C}, \quad (4.33)$$

Сигим бўлмаганида тўғрилагич чиқишида пульсация коэффиценти куйидагига тенг бўлади:

$$K_{\text{п.чик}} = 2 / (m^2 - 1), \quad (4.34)$$

у ҳолда, сигим филтърнинг силликлаш коэффиценти куйидагига тенг бўлади:

$$K_c = \frac{2/(m^2 - 1)}{H/(r_{\phi} \cdot C)}, \quad (4.35)$$

Одатда, юкламадаги пульсация коэффиценти аниқ бўлади, бунда сигим филтър зарур сигими куйидаги ифодадан аниқланади:

$$C = H / (r_{\phi} \cdot K_{\text{п.чик}}), \quad (4.36)$$

(4.29) ва (4.35) ифодалардан кўринадики, m нинг ортиши билан индуктив филтърнинг силликлаш коэффиценти ортади, сигим филтърнинг силликлаш коэффиценти эса камаяди, шунинг учун сигим филтърлар бир фазали тоқларни тўғрилашда ва катта юклама қаршиликларда қўлланилади, чунки R юклама қаршилиги ортганда филтърнинг силликлаш хусусияти ортади.

Сигимли филтърнинг афзалликлари оддийлиги ва кичик қувват йўқотишлари ҳисобланади.

Сигимли филтър куйидаги камчиликларга эга:

1) сигимли филтър тўғрилагич диодларига қўйиладиган тескари қучланишнинг ортишига олиб келади;

2) юклама токи катта бўлганида филтрга катта сиғим керак бўлади, акс ҳолда юкламадаги кучланиш конденсаторнинг тез зарядсизланишидан келиб чиқадиган юклама токининг ортиши билан кескин камайиб кетади:

3) кўп фазали тўғрилаш схемаларида бундай филтър кўйилса, кесиш бурчаги кескин камайиб кетади ва фазани ўтказиб юбориши мумкин, яъни тўғрилагич диодларидан бири токни ўтказмайди;

4) конденсаторнинг зарядланиш токи катта ва тўғрилагич орқали оқиб ўтади, бунда диод токи кесиш бурчаги кучли камаяди;

5) тўғрилагич диодлари орқали факат тўғрилагич кичик ички қаршилиги орқали чегараланадиган катта ток амплитудаси ўтади.

Бир звеноли Г-симон LC филтърлар. У дроссель ҳамда конденсатордан иборат бўлади. Бундай филтър сезиларли катта силлиқлаш коэффициентини таъминлайди (4.22-расм). Бунда бирламчи гармоника учун қуйидаги шарт бажарилиши керак:

$$X_{C1} = 1/(m \cdot \omega_C \cdot C) \ll R_{\text{ю}} \ll m \omega_C \cdot L = x_L, \quad (4.37)$$

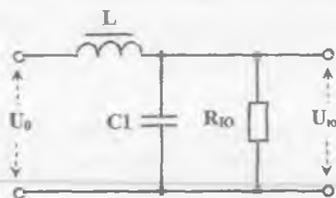
у ҳолда, ҳар бир элемент алоҳида қўлланилгандан кўра биргаликда қўлланилса яхшироқ бўлади.

Бу шартнинг бажарилишида тўғриланган кучланиш ўзгарувчан ташкил этувчиси учун занжирнинг умумий қаршилиги кучли камаяди, шунинг учун дроссель орқали оқиб ўтадиган тўғриланган токнинг ўзгарувчан ташкил этувчиси ортади, ундаги кучланишнинг пасайиши ортади, демак, юкламада кучланишнинг ўзгарувчан ташкил этувчиси сезиларли камаяди (L ва C элементлар алоҳида қўлланилгандагига нисбатан таққосланганда). Бу ҳолда дроссель актив қаршилигини эътиборга олмаганда, $U_0 = U_{\text{ю}}$ деб ҳисоблаш мумкин. У ҳолда, Г-симон филтърнинг силлиқлаш коэффициенти қуйидагига тенг бўлади.

$$K_C = U_{01m}/U_{\text{Н1m}} = m^2 \cdot \omega_C^2 \cdot L \cdot C - 1, \quad (4.38)$$

Агар $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ эканлигини ҳисобга олсак, у ҳолда қуйидагига эга бўламиз.

$$K_C = (m \cdot \omega_C / \omega_0)^2 - 1, \quad (4.39)$$



4.22-расм. Бир звеноли Г-симон LC-фильтр.

Агар силлиқлаш коэффициенти маълум бўлса, қуйидагига эга бўламиз:

$$LC1 = (K_C + 1) / (m^2 \cdot \omega_c^2), \quad (4.40)$$

Кўпинча филтрга тўғрилагичга индуктив реакция қилиш талаби қўйилади, шунинг учун у индуктивликдан бошланади. Индуктивликнинг қиймати қуйидаги шартни қаноатлантириши керак бўлади:

$$L \geq \frac{2R_{ю}}{(m^2 - 1)m\omega_c} = \frac{2U_{ю}}{(m^2 - 1)m\omega_c I_0}, \quad (4.41)$$

L ни аниқлаб C ни топиш мумкин. Умумий ҳолда L ва C нинг қийматларини юклама характерига боғлиқ равишда турли услубларда аниқлаш мумкин. Амалда L ва C ларни танлашнинг тежамкорлик шартлари резонанс жараёнларнинг йўқлиги ва ўтиш жараёнларини тўғрилагич нормал иш режимига камроқ таъсири орқали чегараланади. Индуктивликдан бошланадиган LC филтрлар кўпинча кувватли диодларда ишлаш учун қўлланилади.

Бир звеноли П-симон LC-филтрлар. П-симон LC филтрни C0 сизгим филтрдан ва L, C1 элементлардан иборат Г-симон филтрлардан ташкил топган икки звеноли филтр кўринишда тасвирлаш мумкин (4.23-расм). Бундай филтрларнинг силлиқлаш принципи ҳар иккала звеноларнинг биргалиқдаги ишлаш тарзида тушунтириш мумкин ва унинг силлиқлаш коэффициенти ҳар иккала звеноларнинг силлиқлаш коэффициентларининг кўпайтмасига тенг, яъни

$$K_{стп} = K_{ссо} \cdot K_{сг}, \quad (4.42)$$

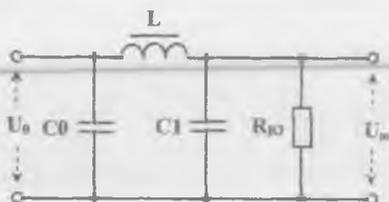
ёки

$$K_{\text{сн}} = \frac{2r_0 C_0}{H(m^2 - 1)} \cdot (LC1m^2\omega_c^2 - 1), \quad (4.43)$$

Одатда, П-симон филтрларни ҳисоблашда C_0 конденсаторни m , r_0 , H ва $K_{\text{п.чик}}$ параметрларни билган ҳолда ҳисоблаш мумкин. Кейинги K_{C_0} ва K_{C_1} лар маълум бўлгани учун (4.43) ифодадан $LC1$ параметрларни аниқлашга қаратилади:

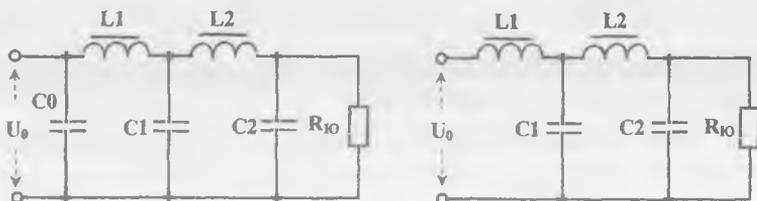
$$LC1 = \frac{K_{\text{сн}}(m^2 - 1)H}{2r_0 C_0(m\omega_c)^2} + \frac{1}{m^2\omega_c^2}, \quad (4.44)$$

П-симон филтрнинг энг катта силлиқлаш коэффициентини $C_0=C_1$ бўлганда олинади.



4.23-расм. Бир звеноли П-симон LC-филтр.

Кўп звеноли LC-филтрлар. Пульсацияларни яхши силлиқлаш талаб қилинганида кўп звеноли LC филтрлар қўлланилади. Улар бир нечта кетма-кет уланган Г-симон звенолардан иборат бўлиб, Г-симон каби индуктивликдан, П-симон филтр каби сиғимдан бошланиш мумкин (4.24-расм).



4.24-расм. Кўп звеноли филтрлар.

Бундай филтр силлиқлаш коэффициентини алоҳида звенолар силлиқлаш коэффициентлари кўпайтмасига тенг, яъни

$$K_C = K_{C1} \cdot K_{C2} \cdot \dots \cdot K_{Cn}, \quad (4.45)$$

бу ерда, n -филтър звеноларнинг сони.

$C0$ сигимни тўғрилагични хисоблашдан топиш мумкин, у ҳолда алоҳида звенолар силлиқлаш коэффициентлари қуйидагича аниқланади:

$$K_{C1} = (m\omega_c)^2 L1C1, \quad K_{C2} = (m\omega_c)^2 L2C2, \quad (4.46)$$

Алоҳида кўп звеноли филтърларда звенолар бир хил силлиқлаш коэффициентларига эга бўлиш қулай, яъни $K_{C1} = K_{C2} = \dots = K_{Cn}$, у ҳолда, бутун филтърнинг силлиқлаш коэффициенти қуйидагига тенг бўлади $K_{C1} = K_{Cn}$ барча звенолар бир хил L ва C элементлардан ташкил топгани учун (яъни $L1 = L2 = \dots = Ln$ ва $C1 = C2 = \dots = Cn$) қуйидагини ёзиш мумкин:

$$K_C = (m\omega_c)^{2n} (L_{3B} C_{3B})^n = K_{C3B}^n, \quad (4.47)$$

бу ерда, K_{C3B} – биринчи звенонинг силлиқлаш коэффициенти. Бундан қуйидагига эга бўламиз:

$$L_{3B} C_{3B} = \sqrt[n]{\frac{K_C}{(m \cdot \omega_c)^{2n}}}, \quad (4.48)$$

$L_{3B} C_{3B}$ кўпайтма аниқлангандан сўнг филтърнинг ω_0 ўз частотасини тўғриланган кучланиш асосий гармоникаси ω частотаси билан таққослаш керак. Резонанс бўлмаслиги учун филтърнинг ўз частотаси $\omega_0 \leq 0,5m \cdot \omega_c$ шартга риоя қилиши керак, $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ бўлганлиги учун $LC \geq 4/(m \cdot \omega_c)^2$ га эга бўламиз, бу (4.40) ифодага мувофиқ $K_C \geq 3$ бўлса бажарилади.

Юклама ўзгармас бўлганида $\omega = \omega_c$, импульсли юкламада $\omega = \omega_n$ бўлади, бу ерда ω_n – юклама импульслари частотаси. У ҳолда қуйидаги муносабат

$$K = \omega_n / \omega_c, \quad (4.49)$$

Кўриб чиқилади ва резонансинг бўлмаслиги шарти куйидагича ёзилади:

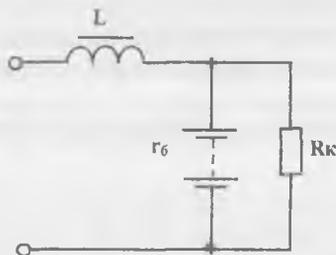
$$\omega_0 \leq 0,5 \cdot \omega_H = 0,5 \cdot K \omega_C, \quad (4.50)$$

Ушбу шарт $K_C \geq (2m/K)^2 - 1$ бўлса бажарилади, акс ҳолда LC кўпайтмани ошириш керак бўлади.

Бундай филтрлар учун $L_{зв}$ индуктивлик ва $C_{зв}$ сиғим қийматлари филтрни индуктив реакциясини таъминлаш шартидан аниқланади, яъни $L_{зв}$ (4.41) шартдан аниқланади. кейин эса $C_{зв}$ аниқланади.

Аккумуляторли Г-симон филтрлар. Симли алоқа тизимлари электр таъминоти тизимларида ўзгарувчан ток тармоғи узилса, узлуксиз таъминотни таъминлаш учун тўғрилагичларга параллел равишда аккумулятор батареялари қўйилади (4.25-расм).

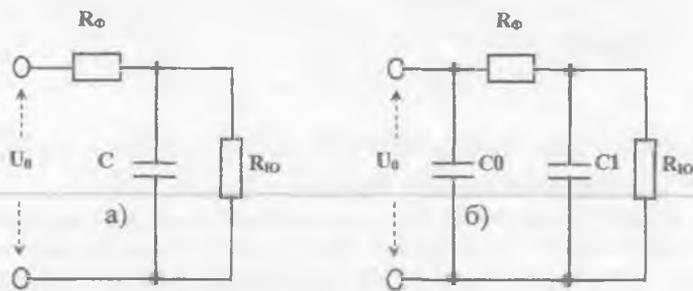
Бу батареялар юклама таъминоти учун зарур бўлган кучланиш-гача зарядланади, шунинг учун тўғрилагич чиқишидаги кучланишнинг ўзгаришларида у ҳам юкламага параллел уланган сиғим сифатида филтр элементи ҳисобланади. Батареянинг қаршилиги $r_6 \ll R_{ю}$ бўлганлиги учун токнинг ўзгарувчан ташкил этувчиси дросселдан ва аккумулятор батареясидан оқиб ўтади.



4.25-расм. Аккумуляторли Г-симон филтр.

RC-филтрлар. RC-филтрлар кичик қувватли тўғрилагичларда кичик юклама тоқларда ($I_0 \leq 10\text{mA}$) ва унча катта бўлмаган K_C силлиқлаш коэффициентларида қўлланилади (4.26-расм).

Уларда L индуктивлик R_{ϕ} актив қаршиликли резистор билан алмаштирилади. Бунда филтрнинг оғирлиги, габаритлари ва таннархи кескин камаяди, лекин унда кучланишнинг пасайиши LC-филтрга қараганда ортади.



4.26-расм. RC-филтрлар: а) Г-симон, б) П-симон.

Бундай филтрнинг силликлаш коэффициенти қуйдагига тенг бўлади:

$$K_c = \frac{K_{\text{П.КНР}}}{K_{\text{Д.ЧМК}}} \approx m \cdot \omega_c \cdot CR_\phi \cdot \frac{R_{\text{Ю}}}{R_{\text{Ю}} + R_\phi}, \quad (4.51)$$

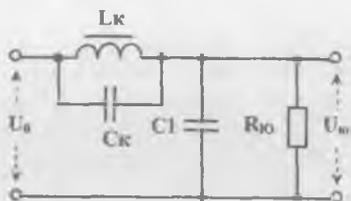
Бундай филтр параметрларининг қийматлари маълум K_c да, оптимал ФИКни таъминлаш шартидан келиб чиқиб аниқланади.

Г-симон RC-филтрлар силликлашдан ташқари бир вақтда юклама алоҳида занжирлари орасида ажратувчи занжир сифатида хизмат қилади ва бу транзисторлар орасидаги алокани умумий таъминот манбаи орқали тузатади. Улар қўп каскадли транзисторли ва интеграл микросхемали кучайтириш каскадларида кенг қўлланилади.

Резонансли филтрлар. Резонансли филтрлар тўғриланган кучланиш пульсациясининг асосий гармоникасига резонансга созланган $L_K C_K$ контурдан иборат. Тебраниш контури кетма-кет, параллел бўлиши мумкин, унинг параметрлари шундай танланадики, асосий гармоника учун контурнинг эквивалент қаршилиги жуда катта ва тўғриланган кучланишнинг ўзгарувчан ташкил этувчиси деярли тўлиқ ҳолда контурда тушади. Параллел контурли филтр схемаси 4.27-расмда келтирилган.

Бунда контур пульсацияларининг асосий f_n частотаси резонансга созланади, яъни

$$2\pi f_n = \omega_k = \frac{1}{\sqrt{L_K C_K}}, \quad (4.52)$$



4.27-расм. Параллел контурли резонансли филтнинг принципиал схемаси.

ва бу частотада кучланишнинг ўзгарувчан ташкил этувчисига актив эквивалент қаршилик кўрсатади.

$$R_{\text{эқв}} = L_k / (C_k \cdot R_k), \quad (4.53)$$

бу ерда, R_k – контурнинг (дрессель чўлғамининг) актив қаршилиги.

Бундай филтнинг силлиқлаш коэффиценти қуйидагига тенг бўлади:

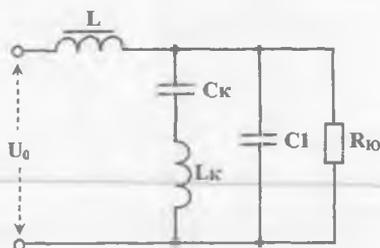
$$K_C \approx m \cdot \omega \cdot C / R_{\text{эқв}} = m \omega_c C_1 L / r_{\text{др}} C_k, \quad (4.54)$$

Бу филтр резонанс частота пульсацияларини яхши силлиқлайди, қолганларини эса (асосан паст частотали) юкламага ўтказиб юборади. Бундай филтр юқори частотали занжирларда резонанс частотада ҳалакитларни сундириш учун ишлатилади.

Кетма-кет резонанс контурли филтр (4.28-расм) ҳам асосий гармоника пульсация гармоникасига резонансга соланади. У учун резонанс шarti $L_k = 1 / (m \cdot \omega_c)^2 \cdot C_k$ бўлади. Унинг силлиқлаш коэффиценти қуйидагига тенг бўлади:

$$K_C \approx m \cdot \omega_c \cdot L_k / R_k, \quad (4.55)$$

Бунда R_k резонанс частота токнинг ташкил этувчилари учун R_k қаршилик C_1 конденсатор қаршилигидан анча кичик бўлади.



4.28-расм. Кетма-кет резонанс контурли фильтрнинг принципиал схемаси.

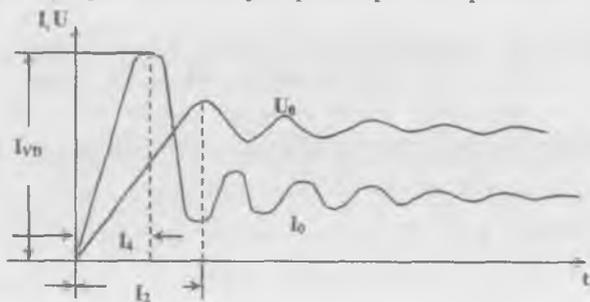
Бундай фильтр резонанс частотали ва C_1 конденсаторнинг қаршилиги кичик бўладиган юкорирок частотали пульсацияларни яхши силлиқлайди. Резонанс фильтрларнинг камчиликлари шундан иборатки, улар фақат резонанс частотали ташкил этувчини яхши силлиқлайди, бошқа частоталардаги қолган ташкил этувчилар ёмон силлиқланади. Бундан ташқари уларнинг силлиқлаш коэффициентлари юклама токига боғлиқ бўлади.

LC-фильтрлардаги ўтиш жараёнлари. Дросселдаги ток ва конденсатордаги кучланиш оний равишда ўзгара олмайди (бу элементлар реактив бўлиб электромагнит энергия захирасига эга бўлади), бунда тўғрилагич тармоққа уланганда LC-силлиқловчи фильтрларда ўтиш жараёнлари вужудга келади. Тўғрилагич диоди орқали қисқа вақтли катта тоқлар (индуктивлик сабабли), конденсаторларда эса катта ортиқча юкланишлар вужудга келади. Ушбу ўтиш жараёнлари жуда қисқа вақтли бўлиб, шу билан бирга тўғрилагичга зарарли таъсир кўрсатади ва тўғрилагични ёки фильтрни ишдан чиқариши мумкин. Агар юкламадан оқиб ўтадиган токни узлуксиз, яъни фильтр юклама билан $U_{оси}$ кучланишли ўзгармас ток занжирига уланади ёки узилади, деб ҳисобласак, у ҳолда тўғрилагич уланганида қуйидаги ифода орқали ифоланадиган ўтиш жараёнлари вужудга келади:

$$U_{осс} = (r_{\phi} + r_{др}) \cdot i_B + L \frac{di_B}{dt} + \frac{1}{C} \int i_c dt, \quad (4.56)$$

бу ерда, i_d — диод орқали оқиб ўтадиган ток ($i_d = i_c + I_0$); $r_{др}$ — фильтр дроссели қаршилиги; i_c — конденсатордаги ток.

Диоддан оқиб ўтувчи ток ва юкламадаги кучланишнинг тўғрилагич тармоққа улангандаги ўзгаришлари 4.29-расмда келтирилган.

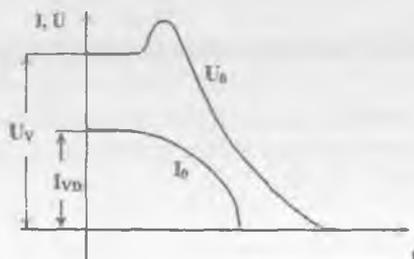


4.29-расм. Тўғрилагич тармоққа уланганда диоддан оқиб ўтувчи ток ва юкламада токнинг ўзгаришлари.

Диоддан оқиб ўтувчи токнинг ўзгарувчан ташкил этувчиси синусоида қонуни бўйича ўзгаради. Диоддан оқиб ўтувчи токнинг максимал қиймати тўғрилагич тармоққа улангандан сўнг даврнинг чорағида кузатилади ва филтърнинг L ва C элементларига боғлиқ бўлади. Конденсатордаги кучланиш икки ташкил этувчига эга бўлади:

$$U_C = U_{C,\text{турғ}} + U_{C,\text{ўткр}}, \quad (4.57)$$

бу ерда, $U_{C,\text{турғ}} = U_0$, $U_{C,\text{ўткр}}$ эса косинусоида қонуни бўйича ўзгаради ва L ва C параметрлар муносабатларига ва филтърнинг ўз частотасига боғлиқ бўлади. Конденсаторда максимал кучланиш тўғрилагич тармоққа улангандан сўнг ярим даврдан кейин вужудга келади.



4.30-расм. Тўғрилагич тармоқдан узилганда кучланиш ва токнинг камайиши.

Тўғрилагич тармоқдан узилса, диод токи L ва C параметрларга ва юклама қийматига боғлиқ бўлган вақт доимийси билан камаяди (4.30-расм).

Кучланишнинг қиймати эса i_d токка боғлиқ бўлиб, дастлаб кескин ортади, кейин эса вақт доимийси бўйича камаяди.

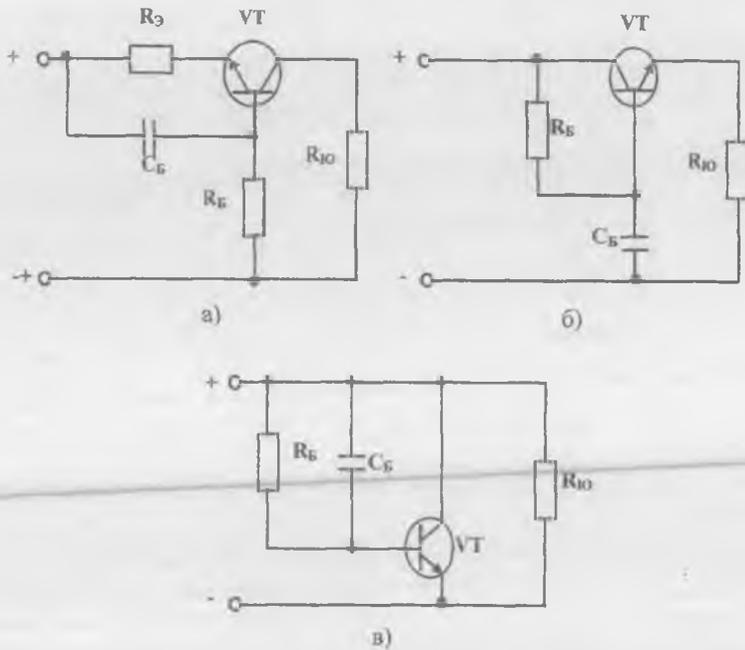
Актив филтрлар. Силлиқловчи LC ва RC филтрлар қатор камчиликларга эга, уларнинг асосийлари қуйидагилар:

- 1) филтр дросселининг катталиги ва қимматлиги;
- 2) силлиқлаш коэффициентининг юклама токига боғлиқлиги;
- 3) дросселнинг электромагнит халакитларни вужудга келтириши;
- 4) филтрларда ўтиш жараёнларининг вужудга келиши;
- 5) секин тебранишлар ва кучланишни ўзгариши тўсқинликсиз юкламага узатилиши;
- 6) RC -филтрларда кучланишни пасайишининг катталиги, кичик силлиқлаш қобилияти ва бошқалар.

Бу камчиликлардан қутилиш учун актив филтрлардан фойдаланилади. Улар транзисторларда ва интеграл микросхемаларда йиғилади. Актив филтрлар шунингдек транзисторли филтрлар деб ҳам аталади, чунки филтрлаш элементларидан бири актив элемент-транзистор ҳисобланади [10,12].

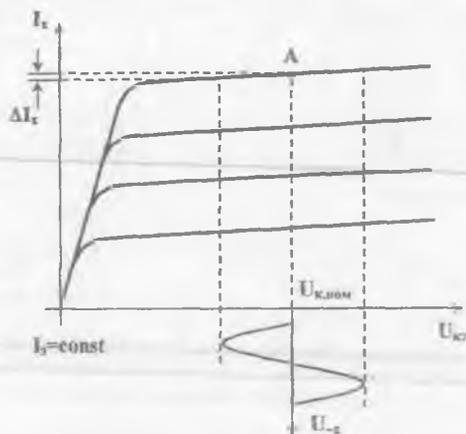
Уларнинг ишлаш принциплари транзистор маълум иш режимларида ўзгармас ва ўзгарувчан тоқлар учун турли қаршилиқларни ҳосил қилишга асослангандир.

Агар юклама транзисторнинг коллекторига кетма-кет уланса, бундай филтрлар ΦK (4.31a-расм), агар юклама транзисторнинг эмиттер занжирига кетма-кет уланса (4.31б-расм) $\Phi Э$ ва агар юклама эмиттер-коллектор ўтишга паралел уланса (4.31в-расм) $\Phi Ш$ филтр дейилади. Транзисторли филтрнинг ишлаш принципи I_K коллектор тоқининг (ϵ ки I_E эмиттер тоқининг) I_B база тоқи ўзгармас бўлганида коллектор-эмиттер кучланишига кам боғлиқлигига асослангандир (4.31-расм).



4.31-расм. Актив филтрларнинг схемалари: а) юклама транзисторнинг коллекторига кетма-кет уланган ФК филтр; б) юклама транзисторнинг эмиттер занжирига кетма-кет уланган ФЭ филтр; в) юклама эмиттер-коллектор ўтишга параллел уланган ФШ филтр.

4.32-расмдан кўришиб турибдики, транзисторнинг А нуктадаги коллектор токининг ўзгарувчан ташкил этувчисига қаршилиги $R_c = \Delta U_{KЭ} / \Delta I_K$ унинг ўзгармас ташкил этувчисига қаршилиги $R_0 = U_{KЭ} / I_K$ дан анча катта, яъни $R_0 \gg R_c$. Шунинг учун филтр киришидаги $U_{КЭП}$ тўғриланган кучланишнинг ўзгарувчан ташкил этувчиси коллектор токининг унча катта бўлмаган ўзгаришини вужудга келтиради. Юкламадаги кучланишнинг ўзгарувчан ташкил этувчисининг пасайиши $\Delta U_{ЧИК} = \Delta I_K R_{Ю}$, $U_{КЭП}$ кучланишга қараганда сезиларли камайтиради.



4.32-расм. Биполяр транзисторнинг чиқиш тавсифи.

Тўғриланган кучланишнинг ўзгарувчан ташкил этувчисининг асосий қисми транзисторнинг коллектор-эмиттер ўтишининг ўзгарувчан ток бўйича юқори бўлган қаршилигида йўқолади, яъни транзистор дроссель вазифасининг бажаради. Транзисторнинг база токининг ўзгармас бўлиши учун база занжирига C_B конденсатор ва R_B резистор қўйилади. Бунда занжирнинг доимий вақти $\tau_B = R_B C_B$ тўғриланган кучланиш даврининг T_{Π} пульсациясидан кўп мартага катта бўлиши керак, яъни $R_B C_B \gg T_{\Pi}$. Кўп ҳолларда ФЭ филтрлар кенг қўлланилади. Эмиттер занжирининг кичик r_3 дифференциал қаршилиги ҳисобига кичик $r_{чик}$ чиқиш қаршилигига эга. ФЭ филтрнинг ФИКи ФК филтрнинг ФИКидан катта, чунки R_3 резисторнинг йўқлиги қувват исрофини камайтиради.

Актив филтрлар пасив филтрларга қараганда қуйидаги афзалликларга эга:

- юқори сифат кўрсаткичлари;
- кучли магнит майдонининг йўқлиги;
- кенг частота диапазони;
- силлиқлаш коэффициентининг юклама ўзгаришига кам боғлиқлиги;
- ўтиш жараёнида кучланишнинг кескин ортиб кетиши эҳтимолининг камлиги.

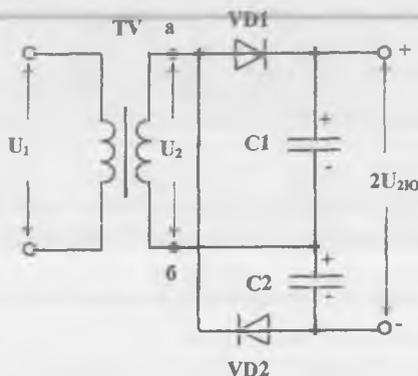
Актив филтрларнинг асосий камчилиги ФИКнинг пассив филтр ФИКидан кичиклигидир, чунки актив режимда ишлаётган транзисторда сезиларли қувват исроф бўлади.

Транзисторли филтрлар сифат кўрсаткичларини ошириш таркибий транзисторларнинг, база занжирларида қўп занжирли RC занжирларни шунингдек, токли стабилловчи икки қўтблиларнинг қўлланилиши орқали амалга оширилади.

4.8. Кучланиш кўпайтиргичлари

Кучланиш кўпайтиргичлари ўз чиқишида киришидагига нисбатан исталган марта катта кучланиш олиш имконини беради.

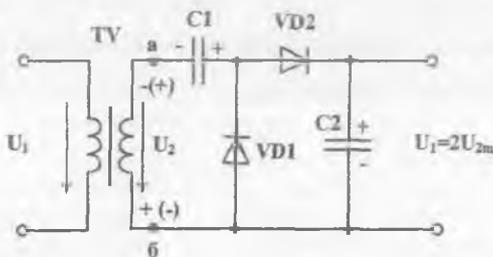
Бу қурилма кейинги вақтда юқори кучланишли трансформаторлар ўрнида ишлатилгани сабабли қўп қўлланилмоқда. Бунда ҳажмда ва массада сезиларли ютуққа эришилмоқда.



4.33-расм. Кучланишни икки марта кўпайтиргичнинг параллел принципиал схемаси.

4.33-расмда кучланишни икки марта кўпайтиргичнинг параллел принципиал схемаси келтирилган. У трансформаторнинг иккиламчи чўлғамига уланган иккита битта ярим даврли тўғрилагичларда иборат. Кириш кучланишининг биринчи ярим даврида VD1 диод очик, VD2 диод эса ёпиқ. Вақтнинг бу momentiда C1 конденсатор очик бўлган VD1 диод орқали кучланишнинг U_{2m} амплитуда қиймати гача зарядланади.

Кириш кучланишининг кейинги ярим даврида в нуктанинг потенциал мусбат, а нуктанинг потенциали эса манфий VD2 диод эса очик бўлади. Бу ярим даврда очик бўлган VD2 диод орқали C2 конденсатор кучланишнинг U_{2m} қийматигача зарядланади. C1 ва C2 конденсаторлар чиқиш клеммаларига нисбатан кетма-кет улангани сабабли конденсаторлар кутбларидаги кучланишларнинг қиймати шундайки, қурилманинг чиқиш кучланиши агар зарядсизланишининг доимий вақти $CR_{Ю} \gg T/2$ бўлса, трансформатор иккиламчи чўлғамининг иккиланган кучланиши қийматига тенг бўлади ($C=C1=C2$, T Кириш кучланишининг даври). Акс ҳолда конденсаторларнинг зарядланиши уларнинг зарядланиш ярим даврига ўтиб кетади ва чиқиш кучланиш $2U_{2m}$ қийматдан кичик бўлади.

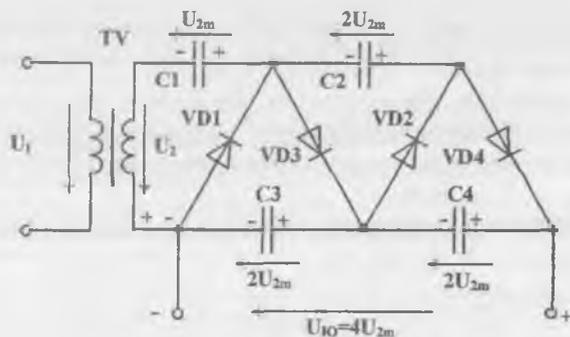


4.34-расм. Кучланишни икки марта кўпайтиргичнинг кетма-кет схемаси.

4.34-расмда кучланишни икки марта кўпайтиргичнинг кетма-кет схемаси келтирилган. Кириш кучланишининг биринчи ярим даврида в нуктанинг потенциал мусбат, а нуктанинг потенциали эса манфий бўлганда VD1 диод очик, VD2 диод эса ёпиқ бўлади. Бу вақт моментида C1 конденсатор VD1 диод орқали кучланишнинг U_2 қийматигача зарядланади. Кейинги ярим даврида а нуктанинг потенциал мусбат, в нуктанинг потенциали манфий бўлади, бунда VD1 диод ёпилади, VD2 диод эса очилади. C2 конденсатор VD2 диод орқали трансформатор иккиламчи чўлғами U_2 кучланиши ва аввал зарядланган C1 конденсатор кучланишлар йиғиндисига тенг булган кучланишдан бошлаб зарядлана бошлайди. Демак, $R_{ю}$ резистордаги кучланиш U_{2m} кучланишнинг иккиланган қийматига тенг бўлади.

Кучланишни икки марта кўпайтиргичнинг кетма-кет схемаси параллел схемага қараганда қатор афзалликларга эга: чиқиш кучланишнинг пульсацияси кичик, ишлаш стабиллиги эса юқори. Бундан ташқари бир неча кучланишни икки марта кўпайтиргичнинг кетма-кет схемаларидан кучланишни тўрт марта кўпайтиргичларини йиғиш қийин эмас (4.35-расм). Иккита кучланишни тўрт марта кўпайтиргичининг схемасини кетма-кет улаб эса, кучланишни саккиз марта кўпайтиргичнинг схемасини олиш мумкин. Шунинг учун кучланишни икки марта кўпайтиргичларни кетма-кет схемалари параллел схемаларга қараганда кўпроқ қўлланилади.

Кучланишни кўпайтиргичлари ёрдамида қурилма чиқишида бир неча ўнлаб киловольт кучланишни кичик ҳажмли ва арзон асбоблардан (конденсаторлар ва диодлар) фойдаланган ҳолда олиш мумкин. Барча кучланишни кўпайтиргичларининг умумий камчилиги уларнинг юқори бўлмаган қуввати ва кичик ФИКи ҳисобланади.



4.35-расм. Кучланишни тўрт марта кўпайтиргичнинг кетма-кет схемаси.

Ҳозирги пайтда микроэлектроника технологиясининг ривожланиши орқали 2000-2400 В чиқиш кучланишни олиш имконини берувчи К299 сериядаги интеграл микросхемалар ишлаб чиқарилмоқда ва қўлланилмоқда. Масалан, К299ЕВ1 микросхема кучланишни тўрт марта кўпайтиргич ҳисобланади.

Амалий машк

1-мисол. Қуйидаги берилганлар бўйича тўғрилаш қурилмасини ҳисоблаш: $U_{\text{чик}}=28$ В чиқиш кучланиши, $I_0=1,35$ А юклама токи, филтранинг умумий сиғими $C_{\phi}=300$ мкФ ва пульсация коэффициенти $K_{\pi}\leq 0,04$.

Тўғрилаш схемасини асослаш ва диодлар (диодлар кўприги) турини танлаш, трансформатор параметрларини, силлиқловчи филтрни ва унинг чиқишидаги пульсация коэффицентининг ҳисоблаш талаб қилинади.

1. Юклама қаршилиги қуйидаги ифода бўйича аниқланади:

$$R_{\text{ю}} = \frac{U_{\text{чик}}}{I_0} = 28 / 1,35 = 20,7 \Omega$$

2. Тўғриладиган қувват қуйидагича аниқланади:

$$P_0 = U_{\text{чик}} \cdot I_0 = 28 \cdot 1,35 = 37,8 \text{ Вт}$$

3. Ҳозирги вақтларда импульсли электр таъминоти манбаларида кўприксимон тўғрилаш схемалари кенг қўлланилмоқда. Уларнинг афзалликлари ўрта нуқтали схемага қараганда тармоққа тўғридан-тўғри улаш мумкинлиги, битта ярим даврли схемага қараганда эса тўғриладиган кучланиш пульсациясининг кичиклиги ва диодларга қўйиладиган тесқари кучланишнинг 2 маротаба камлигидир. Диодлар сифатида маълумотномадан тўғри йўналишда рухсат этиладиган ўртача $I_{\text{тўғр.ўр}}$ ток $0,5 I_0$ токдан кичик бўлмаган диод танланади:

$$I_{\text{тўғр.ўр}} \geq 0,5 I_0$$

Бундан ташқари диодлардаги рухсат этиладиган максимал $U_{\text{тес}}$ тесқари кучланиш тўғрилаш схемасида диодларга қўйиладиган тесқари кучланишдан катта бўлиши керак:

$$U_{\text{тес}} \geq \frac{\pi}{2} \cdot U_{\text{чик}} \cdot 1,2$$

4. Юклама характерини аниқлаш учун сиғимнинг берилган қийматини юкламаси сиғимдан бошланадиган тўғрилагич учун минимал рухсат этиладиган сиғим билан таққосланади:

$$C_{\min} = 10^6 / (f \cdot R_{\text{Ю}}) = 10^6 / (50 \cdot 20) = 1000 \text{ мкФ}$$

Агар $C_{\min} > C_{\text{бер}}$ булса, юкламаси индуктив элементдан бошланадиган тўғрилаш схемаси танланади.

5. Диоднинг қаршилиги қуйидагича аниқланади:

$$r_d = \frac{(U_{\text{тўғри}} - E_{\text{бўйс}}) / I_{\text{тўғри}}}{I_{\text{тўғри}}} = (1 - 0,7) / 1,5 = 0,2 \text{ Ом}$$

бу ерда, $U_{\text{тўғри}}$ - диодда тўғри йўналишда кучланишнинг пасайиши;

$E_{\text{бўйс}}$ - тўғрилаш бўсағаси ($E_{\text{бўйс}} = 0,7 \text{ В}$).

6. Трансформатор чўлғамларининг актив ва индуктив қаршиликлари, дросселнинг актив қаршилиги қуйидагича аниқланади:

$$r_{\text{тўғри}} = 3,5 \frac{U_{\text{чик}}}{I_0 f B_m} \cdot \frac{\sqrt{f B_m}}{U_{\text{чик}} \cdot I_0} = 1,51 \text{ Ом}$$

$$L_{\text{тўғри}} = 5 \cdot 10^{-3} \frac{U_{\text{чик}}}{I_0 f B_m} \cdot \frac{\sqrt{f B_m}}{U_{\text{чик}} \cdot I_0} = 1,85 \cdot 10^{-3} \text{ Гн.}$$

7. Тўғрилагичнинг чиқиш қаршилиги ва салт ишлаш электр юритувчи кучи қуйидагича аниқланади:

$$R_{\text{чик}} = r_{\text{тўғри}} + 2r_d + m \cdot f \cdot L_{\text{тўғри}} + r_{\text{др}} = 1,51 + 2 \cdot 0,2 + 2 \cdot 50 \cdot 1,85 \cdot 10^{-3} + 1,5 = 3,5 \text{ Ом}$$

$$E_{\text{СИ}} = U_{\text{чик}} + 2E_{\text{бўйс}} + I_0 R_{\text{чик}} = 28 + 2 \cdot 0,7 + 3,5 \cdot 1,35 = 34,1 \text{ В.}$$

8. Трансформаторнинг иккиламчи чўлғамидаги кучланиш қуйидагича аниқланади:

$$U_2 = 1,2 U_{\text{чик}} = 1,2 \cdot 28 = 33,6 \text{ В}$$

9. Дроссель индуктивлигининг критик қиймати қуйидагича аниқланади:

$$L_{\text{тўғри}} = R_{\text{Ю}} \cdot X_m / \omega = 20 \cdot 0,332 / (6,28 \cdot 50) = 0,0212 \text{ Гн.}$$

бу ерда, ω – фазалар сонига боғлиқ бўлган коэффициент 5.21-расмдаги схема учун $\omega = 0,5$, $\omega = 2\pi f$.

10. Пульсацияни берилган қийматидан кам олинисини таъминлайдиган дросселнинг индуктивлиги қуйидагича аниқланади:

$$L = \frac{\Delta_m}{\omega^2 C \cdot K_n} = 0,169 / (6,28 \cdot 50 \cdot 300 \cdot 10^{-6} \cdot 0,04) = 0,143 \text{ Гн}$$

бу ерда, Δ_m – фазалар сонига боғлиқ бўлган коэффициент 5.21-расмдаги схема учун $\Delta_m = 0,376$.

Фильтр дроссели стандартга мувофиқ танланади.

11. Дросселнинг танланган индуктивлиги учун критик юклама токи қуйидагича аниқланади:

$$I_{0,к} = \frac{E_{сш}}{\left(\frac{\omega L}{X_m} + R_{ам} \right)} = 0,22 \text{ А}$$

12. Диод токининг таъсир этувчи қиймати қуйидагича аниқланади:

$$I_x = 0,707 I_0 = 0,953 \text{ А}$$

13. Иккиламчи чўлғам токининг таъсир этувчи қиймати қуйидагича аниқланади:

$$I_2 = \sqrt{2} I_x = 1,35 \text{ А}$$

14. Иккиламчи чўлғам ишчи токининг таъсир этувчи қиймати қуйидагича аниқланади:

$$I_{2р} = \frac{U_2 \cdot I_2}{U_{хрп}} = 33,6 \cdot 1,35 / 220 = 0,206 \text{ А}$$

15. Трансформаторнинг габарит қуввати қуйидагича аниқланади:

$$S_{тр} = U_2 \cdot I_2 = 33,6 \cdot 1,35 = 45,36 \text{ В} \cdot \text{А}$$

16. Салт ишлашда юкламадаги кучланиш куйидагича аниқланади:

$$U_{0\max} = \sqrt{2} \cdot U_2 = \sqrt{2} \cdot 33,6 = 47,52 \text{ В}$$

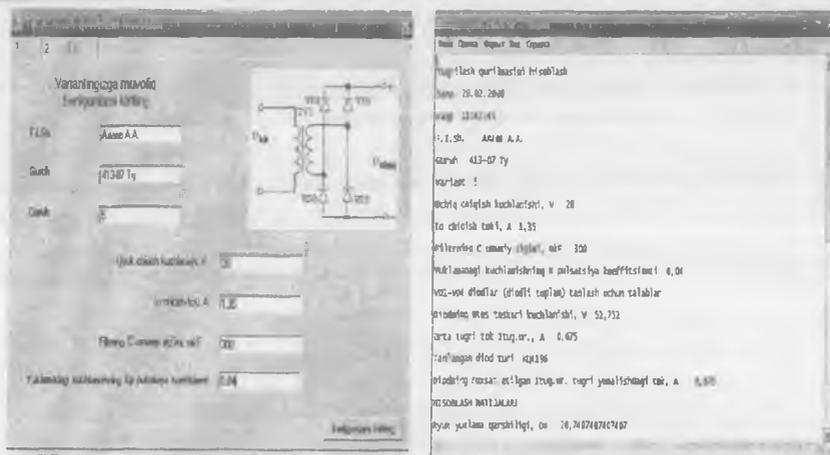
17. Чиқиш кучланиши учун биринчи гармоника буйича пульсация коэффиценти ҳисобланади. Филтрнинг пульсацияни силлиқлаш коэффиценти куйидагича аниқланади:

$$q = 2\omega^2 LC - 1 = (2 \cdot 6,28 \cdot 50)^2 \cdot 0,16 \cdot 300 \cdot 10^{-6} - 1 = 18,2$$

бундан

$$K_{\text{ст.фи}} = \frac{2}{3q} = 0,666/18,2 = 0,0367 \approx k_{\text{ст}}$$

Ҳисоблаш компьютерда дастурий таъминот ёрдамида ҳам амалга оширилади (4.34-расм).



4.34-расм. Тўғрилаш қурилмасини ҳисоблаш.

Компьютерда дастурий таъминот ёрдамида тўғрилаш схемаларини ҳисоблашда даслабки маълумотлар, яъни чиқиш кучланиши ва токи, филтрнинг умумий сифими ва юкламадаги кучланишнинг пульсация коэффиценти киритилиб, тўғрилаш схемасини асослаш ва диодлар (диодлар кўприги) турини танлаш, трансформатор параметрларини, силлиқловчи филтрни ва унинг чиқишидаги пульсация коэффиценти ҳисоблаш мумкин.

Назорат саволлари

1. Бир каналли тўғрилаш схемасининг тузилиш схемаси қандай қисмлардан ташкил топган ва уларнинг вазифаларини айтинг?
2. Ярим ўтказгичли диоднинг вольт-ампер тавсифини чизинг ва унинг бир томонлама ўтказиш хусусиятини тушунтиринг.
3. Тўғрилаш қурилмаларига талаблар нималардан иборат?
4. Тўғрилаш қурилмалари қандай синфларга ажратилади?
5. Бир тактли бир фазали тўғрилагич схемаси қандай элементлардан ташкил топган ва унинг ишлаш принципини тушунтиринг.
6. Бир тактли уч фазали тўғрилагич схемаси қандай элементлардан ташкил топган ва унинг ишлаш принципини тушунтиринг.
7. Икки тактли бир фазали ўрта нуктали тўғрилагич схемаси қандай элементлардан ташкил топган ва унинг ишлаш принципини тушунтиринг.
8. Икки тактли бир фазали кўприксимон тўғрилагич схемаси қандай элементлардан ташкил топган ва унинг ишлаш принципини тушунтиринг.
9. Икки тактли уч фазали кўприксимон тўғрилагич схемаси қандай элементлардан ташкил топган ва унинг ишлаш принципини тушунтиринг.
10. Бир фазали бир ва икки тактли тўғрилаш схемаларини таққосланг.
11. Уч фазали бир ва икки тактли тўғрилаш схемаларини таққосланг.
12. Тиристорнинг ўзига хос хусусиятларини тушунтиринг.
13. Тиристорнинг вольт-ампер тавсифини чизинг ва ундаги ишчи нуктанинг асосий соҳаларини ва ҳаракат йулини курсатинг.
14. Коммутацион диод нима учун хизмат қилади?
15. Ростлаш бурчаги ўзгарганида бошқариладиган тўғрилагич чиқишидаги кучланиш қандай ўзгаради?
16. Силлиқловчи фильтрларга қандай талаблар қўйилади?
17. Пассив L, C, LC фильтрларни таққосланг.
18. Актив фильтрларнинг афзалликлари ва камчиликларини тушунтиринг.
19. Кучланиш кўпайтиргичларининг ўзига хос хусусиятларини тушунтиринг.
20. Параллел ва кетма-кет кучланишни кўпайтириш схемаларини ишлаш принципини тушунтиринг ва уларни таққосланг.

V. КУЧЛАНИШ ВА ТОК СТАБИЛИЗАТОРЛАРИ

5.1. Стабиллаш параметрлари

Кучланиш ёки ток стабилизаторлари деб таъминот кучланиши, тармоқ частотаси, атроф-мухит температураси ва бошқалар ўзгарганда юкламадаги ток ва кучланишни киймат бўйича ўзгармас ушлаб турувчи қурилмага айтилади [12].

Ишлаш принципага кўра, стабилизаторлар параметрик, узлуксиз ростловчи компенсацион ва импульсли стабилизаторларга ажратилади.

Параметрик стабилизаторларда стабиллаш ночизикли элементлар хусусиятларидан фойдаланиб амалга оширилади. Уларда кўпинча тескари алоқа мавжуд бўлади.

Узлуксиз ростловчи компенсацион стабилизаторларда стабиллаш тескари алоқа занжири орқали чиқиш кучланиши ёки токи ўзгаришининг ростловчи элементга таъсири ҳисобига амалга оширилади.

Узлуксиз ростловчи компенсацион стабилизаторлар берк автоматик ростлаш тизими бўлиб, уларда ток ростловчи элементдан узлуксиз ёки узлукли бўлиб оқиб ўтади.

Ростлаш услуби бўйича узлуксиз ростловчи компенсацион стабилизаторлар кетма-кет ва паралелл турларга бўлинади.

Стабиллаш аниклиги бўйича стабилизаторлар 4 синфга бўлинади:

1. Кичик стабиллаш. Кучланиш ва токнинг рухсат этиладиган ўзгариши 5 % дан юқори.
2. Ўрта стабиллаш. Кучланиш ва токнинг рухсат этиладиган ўзгариши 1-5 % гача.
3. Юқори стабиллаш. Кучланиш ва токнинг рухсат этиладиган ўзгариши 0,1-1 % гача.
4. Ўта юқори (прецизион) стабиллаш. Кучланиш ва токнинг рухсат этиладиган ўзгариши 0,1 % дан кичик.

Стабилизаторлар чиқиш кучланишининг ностабиллиги бўйича, стабиллаш принципи бўйича, стабиллаш диапазони бўйича, ҳарорат бўйича коэффициент орқали баҳоланади.

Киришдаги ностабиллик қуйидагича аниқланади:

$$N_{1(\text{кир})} = \Delta U_{\text{кир}} / U_{\text{кир}} , \quad (5.1)$$

Чиқишдаги ностабиллик қуйидагича аниқланади:

$$N_{2(\text{чик})} = \Delta U_{\text{чик}} / U_{\text{чик}} , \quad (5.2)$$

Юкламадаги токнинг ностабиллиги қуйидагича аниқланади:

$$N_{I_{\text{ю}}} = \Delta I_{\text{ю}} / I_{\text{ю}} , \quad (5.3)$$

$\Delta U_{\text{кир}}$ – стабилизатор киришидаги кучланишнинг ўзгариши;

$\Delta U_{\text{чик}}$ – стабилизатор чиқишидаги кучланиш ўзгариши;

$\Delta I_{\text{ю}}$ – юклама токининг ўзгариши.

Кучланиш стабилизаторининг стабиллаш коэффициенти қуйидагича аниқланади ($I_{\text{ю}} = \text{const}$ бўлганида):

$$K_{\text{ст.к}} = K_{\text{ст.у}} = N_{1(\text{кир})} / N_{2(\text{чик})} = (\Delta U_{\text{кир}} / U_{\text{кир}}) / (\Delta U_{\text{чик}} / U_{\text{чик}}) , \quad (5.4)$$

Стабиллаш коэффициенти қанча катта бўлса, кучланишни стабиллаш сифати шунча яхши бўлади.

Агар кириш кучланиши ўзгармас катталиқ ҳисобланса, у ҳолда юклама бўйича кучланишни стабиллаш коэффициентидан фойдаланиш мумкин ($U_{\text{кир}} = \text{const}$ бўлганида):

$$K_{\text{ст.к}} = K_{\text{ст.у}} = \frac{N_2}{N_1} \cdot \frac{\Delta U_{\text{ю}}}{U_{\text{ю}}} \cdot \frac{I_{\text{ю}}}{I_{\text{ю}}} , \quad (5.5)$$

Юклама бўйича стабиллаш коэффициенти қанча кичик бўлса, стабилизатор шунча сифатлироқ бўлади.

Кириш кучланиши ўзгаришига боғлиқ бўлмаган ҳолда юкламадаги токнинг ўзгармасдан ушлаб турилиши токни стабиллаш ҳисобланади.

Ток стабилизаторларининг стабиллаш коэффициенти қуйидагича аниқланади ($R_{\text{кир}} = \text{const}$ бўлганида):

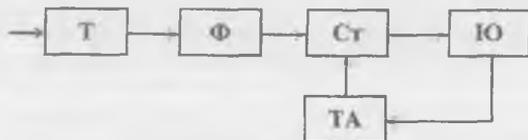
$$K_{\text{ст.к.}} = K_{\text{ст.У}} = \frac{N_1}{N_2} \frac{\Delta U_{\text{ю}}}{U_{\text{ю}}} \cdot \frac{\Delta I_{\text{ю}}}{I_{\text{ю}}}, \quad (5.6)$$

Агар кириш кучланиши ўзгармас бўлса, у ҳолда юклама бўйича токни стабиллаш коэффициенти киритилади ($U_{\text{кир}} = \text{const}$ бўлганда):

$$\gamma_{\text{ст.т}} = \gamma_{\text{ст.и}} = \frac{\Delta I_{\text{ю}}}{I_{\text{ю}}} \cdot \frac{\Delta R_{\text{ю}}}{R_{\text{ю}}}, \quad (5.7)$$

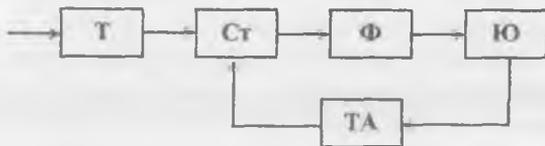
Стабилизаторлар кучланиш ёки токни ростлаш учун қўлланилади ва уҳта усулда уланиши мумкин [11,12].

Агар стабилизатор транзисторлардан йиғилган бўлса, у филтрдан кейин, юкламадан олдинга қўйилади (5.1-расм). Бу ерда Т-тўғрилагич, Ф-фильтр, Ст-стабилизатор, Ю-юклама ва ТА-тескари алоқа.



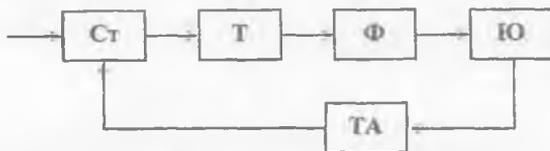
5.1-расм. Стабилизаторларнинг филтрдан кейин қўйилиши.

Агар стабилизатор тиристорларда йиғилган бўлса, филтрдан олдин қўйилади (5.2-расм).



5.2-расм. Стабилизаторларни филтрдан олдинга қўйилиши.

Агар стабиллаш ўзгарувчан ток томонида бўлса, у ҳолда стабилизаторлар тўғрилагичдан олдинга қўйилади (5.3-расм).



5.3-расм. Стабилизаторларнинг туғрилагичдан олдинга қўйилиши.

Стабилизаторларни тулик тавсифлаш учун кучланиш стабилизаторининг «стабиллаш диапазони» тушунчаси киритилади:

$$D_u = \frac{U_{\text{ст.маx}} - U_{\text{ст.мин}}}{U_{\text{ст.ном}}} \quad (5.8)$$

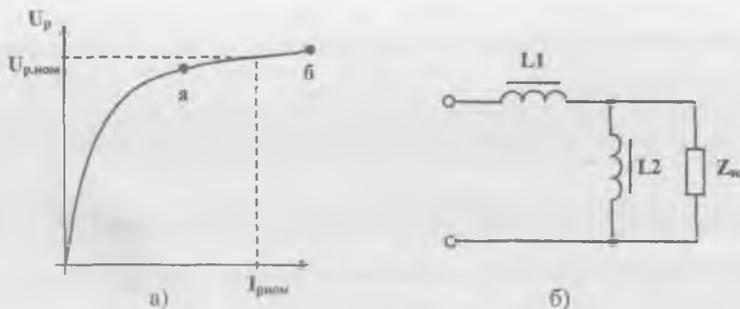
Ток стабилизаторининг стабиллаш диапазони қуйидагига тенг бўлади:

$$D_i = \frac{I_{\text{ст.маx}} - I_{\text{ст.мин}}}{I_{\text{ст.ном}}} \quad (5.9)$$

5.2. Параметрик стабилизаторлар

Ночизикли элементларнинг хоссаларидан фойдаланиб кучланишни (токни) стабиллашни амалга оширадиган стабилизаторлар параметрик стабилизаторлар дейилади [10,12].

Параметрик стабилизаторларда кириш кучланишининг ёки юклама токининг ўзгариши бевосита ночизикли элементга таъсир қилади. Чиқиш кучланишининг (ёки юклама токининг) талаб қилинган қийматдан ўзгариши ночизикли элемент ВАХининг ночизиклилиги даражаси орқали аниқланади. Ночизикли элементлар сифатида ўзгарувчан кучланиш (ток) стабилизаторларида дросселлар (5.4-расм), ўзгармас кучланиш (ток) стабилизаторларида эса стабилитрон, стабистор ва майдоний транзисторлар қўлланилади (5.5-расм).



5.4-расм. Дросселнинг ВАХи (а) ва ўзгарувчан кучланиш параметрик стабилизаторнинг схемаси (б).

Ўзгарувчан кучланишни параметрик стабиллаш ўзгарувчан ток учун ночизикли ВАХга эга бўлган ночизикли элементлар ёрдамида амалга оширилади. Бундай тавсифга магнит ўтказгичи тўйиниш режимида ишловчи дроссель эга бўлиб (5.4а-расм), бунда магнит ўтказгичнинг тўйинишига мос келувчи а-б оралиқ дросселнинг иш оралиғи ҳисобланади.

Схемада тўйинган $L2$ дроссель $Z_{ю}$ юкламага параллел уланади. Балласт қаршилик сифатида ВАХи чизикли бўлган $L1$ дроссель қўлланилади. Схеманинг ишлаш принципи қуйидагича: $U_{кир}$ кириш кучланиши ўзгарганда $U_{чик}$ чиқиш кучланиши ва $L1$ чизикли дросселдаги кучланиш ортади. $L2$ тўйинган дросселдаги ток кескин ортади. Лекин бунда $L1$ дросселдаги кучланишнинг пасайиши кучаяди, $L2$ дросселдаги ва $Z_{ю}$ юкламадаги кучланиш сезиларсиз ортади.

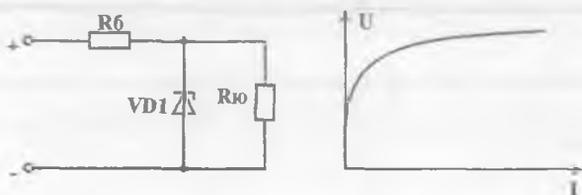
Энг оддий ўзгарувчан кучланиш параметрик стабилизаторининг афзаллиги оддийлиги бўлса, унинг камчиликлари ФИКнинг кичиклиги (0,4–0,6), стабиллаш коэффициентининг камлиги ($K_{СТ} < 10$), шунингдек, оғирлиги ҳисобланади.

Ўзгармас кучланиш параметрик стабилизаторларида ночизикли элементлари сифатида стабилитронлар, стабисторлар ва майдоний транзисторлар қўлланилади [5,12]. VD стабилитронда йиғилган параметрик стабилизаторнинг принципиал схемаси 5.5-расмда келтирилган бўлиб, R_6 балласт резисторнинг қаршилиги шундай танланадики, ундаги кучланишнинг пасайиши (0,5–3) $U_{ю}$ ни ташқил қилиши керак. Кириш кучланиши ортганда $U_{чик}$ кучланиш ортади. Лекин VD стабилитрондаги унча катта бўлмаган $\Delta U_{СТ}$ кучланиш-

нинг ўзгариши ундаги токнинг кескин ортишига олиб келади. Бунда R_6 резистордаги кучланишнинг пасайиши ортади, $R_{Ю}$ юкламадаги кучланиш эса сезиларсиз ўзгаради. Стабилизатор киришидаги $U_{КПР}$ кучланишнинг ўзгариши R_6 балласт резистордаги кучланишнинг ва стабилитрондаги кучланишнинг ўзгариши йиғиндисига тенг:

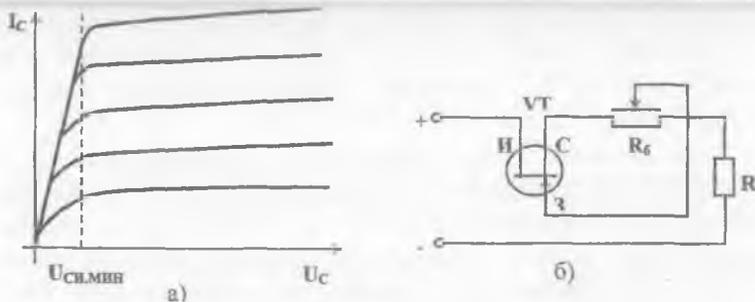
$$\Delta U_K = \Delta U_{R6} + \Delta U_{СТ}, \quad (5.9)$$

Балласт резисторининг қаршилиги стабилизатор қаршилигидан анча катта ($R_6 \gg R_{СТ}$) эканлигини эътиборга олсак, у ҳолда кириш кучланишининг ҳар қандай ўзгариши стабилитроннинг $R_{СТ}$ қаршилигида ажралади ва юкламадаги кучланиш ўзгаришсиз қолади.



5.5-расм. Стабилитронда йиғилган параметрик стабилизатор схемаси ва стабилитроннинг ВАХи.

Бу схеманинг камчиликларига ФИКнинг кичиклиги (0,3) стабилизаторнинг катта ички қаршилиги (5–20 Ом) ва чиқиш кучланишининг кичик диапазонга эғалигини киритиш мумкин. Стабилизаторнинг афзалликлари эса оддийлиги, ишончлиги, ҳажмининг ва массасининг кичиклигидир.



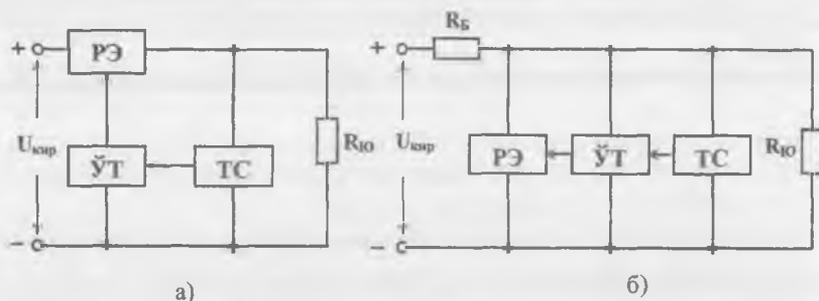
5.6-расм. Майдон транзистори ВАХи (а) ва майдон транзисторида йиғилган параметрик стабилизатор схемаси (б).

Ўзгармас ток параметрик стабилизаторлари токи унга қўйилган кучланишга сезиларли боғлиқ бўлмаган ночизиқли элементларда йиғилади. Бундай элемент сифатида майдоний транзисторлар қўлланилади (5.6-расм). Майдоний транзисторларда $U_{зи} = \text{const}$ бўлганда I_c сезиларли ўзгармайди.

5.3. Узлуксиз ростловчи компенсацион стабилизаторлар

Ўзгармас кучланишни узлуксиз ростловчи компенсацион стабилизаторлар тармоқ кучланиши ёки юклама токи, шунингдек, бошқа параметрлар (таъминот манбаи токининг частотаси, ҳарорат, намлик ва бошқалар) ўзгарганда чиқиш кучланишининг маълум аниқлик даражасида ўзгармаслигини таъминловчи автоматик ростловчи тизимдир. Компенсацион стабилизаторлар транзисторларда ва интеграл микросхемаларда йиғилади [12].

Ростловчи элементларининг уланиши буйича стабилизаторлар ростловчи элементи кетма-кет ва параллел уланган стабилизаторларга бўлинади. Биринчи турдаги стабилизаторларда ростловчи элемент юкламага кетма-кет, иккинчи турида эса параллел уланади. 5.7-расмда ўзгармас кучланиш компенсацион стабилизаторларнинг тузилиш схемалари келтирилган.



5.7-расм. Ўзгармас кучланишни узлуксиз ростловчи компенсацион стабилизаторларнинг тузилиш схемалари: а) PЭ юкламага кетма-кет уланган стабилизатор; б) PЭ юкламага параллел уланган стабилизатор.

5.7а-расмда келтирилган схемада стабилизатор юкламага кетма-кет уланган ростловчи элемент (PЭ), таққословчи схема (ТС)

ва ўзгармас ток кучайтиргичидан (ЎТКдан) ташкил топган. Стабилизаторнинг таққослаш схемаси таркибига таянч кучланиши манбаи ва таққословчи бўлгич киради. Таққослаш схемасида чиқиш кучланиши ва таянч кучланиши таққосланади. Бу икки кучланишнинг фарқи ЎТК ўзгармас ток кучайтиргичининг киришига берилади. Чиқиш кучланиши ўзгарганда ТС чиқишида фарқ сигнали вужудга келади ва бу сигнал ЎТК да кучайтирилиб РЭ нинг киришига берилади.

РЭ киришидаги сигналнинг ўзгариши ундаги кучланиш пасаювининг ўзгаришига олиб келади, натижада чиқишдаги кучланиш стабилизатор схемасига белгиланган аниқликдаги дастлабки қийматига қайтади.

5.7 б-расмда келтирилган схемада юкламага РЭ паралел, R_6 балласт қаршилик эса кетма-кет уланади. Чиқиш кучланиши ўзгарганда ТС чиқишида фарқ сигнали вужудга келади ва ЎТК да кучайтирилиб РЭ га берилади. Бунинг натижасида РЭ нинг токи ўзгаради. РЭ токнинг ўзгариши эса R_6 балласт қаршилик орқали оқиб ўтувчи токнинг ўзгариши натижасида ундаги кучланиш тушувининг ўзгаришига олиб келади ва натижада чиқиш кучланишининг ўзгариши маълум даражадаги аниқликда компенсацияланади. Қўриб чиқилган схемаларнинг сифат кўрсаткичлари деярли бир хил. РЭ кетма-кет уланган схема юқори фойдали иш коэффициентига эга.

РЭ параллел уланган схеманинг афзаллиги ўзгармас кириш кучланишидаги стабилизатор тўғрилагичдан истеъмол киладиган токнинг юклама токига боғлиқ эмаслигидир. Параллел стабилизаторнинг бу хусусияти юклама токи импульс характерга эга бўлганда муҳим аҳамиятга эга.

Узлуксиз ростловчи стабилизаторлар учун, уларнинг кенг қўлланилишини белгилловчи қуйидаги асосий хусусиятлар характерлидир:

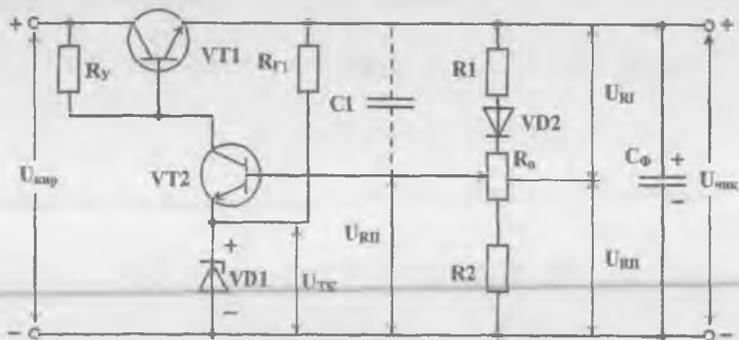
1. Чиқиш кучланишининг юқори аниқликда стабилланиши, бунда стабилизатор кириш кучланишининг ўзгаришини стабиллайди ва ўзгарувчан ташкил этувчини (пульсацияни) камайтиради.

2. Кичик динамик ички қаршилик.

Бундай стабилизаторларнинг камчилиги ростловчи элементдаги ва балласт қаршиликдаги қувват исрофи туфайли нисбатан кичик фойдали иш коэффициенти, шунингдек масса-ҳажм кўрсаткичларнинг катталигидир. Кўрсатилган камчиликларга қарамасдан

бугунги кунда бундай стабилизаторлар радиоэлектрон аппарату-
ралар электр таъминотида кенг қўлланилмоқда.

РЭ юкламага кетма-кет уланган стабилизаторларнинг ишлаш
принципини кўриб чиқамиз (5.8-расм). Стабилизатор VT1 ростлов-
чи транзистор, R_y , VT2 ўзгармас ток кучайтиригичи, $R_{\Gamma 1}$, VD1 таянч
кучланиши манбаи ва R1, R_{Π} , R2 резистив кучланиш бўлгичи-
лардан ташкил топган.



5.8-расм. РЭ юкламага кетма-кет уланган стабилизаторнинг
принципиал схемаси.

$U_{квp}$ кириш кучланиши ўзгарганда, масалан ортганда дастлаб
 $U_{чик}$ чиқиш кучланиши ортади ва бу резистив бўлгичнинг пастки
елкасидаги $U_{РП}$ кучланишнинг ортишига олиб келади. VT2
транзисторнинг коллектор ва база тоқлари ортади ва VT1
транзистор базасининг манфий потенциали унинг коллекторига
нисбатан камаяди. Натижада VT1 транзисторнинг коллектор-
эмиттер ўтишидаги кучланишнинг ортишига олиб келади.
Стабилизатор чиқишидаги кучланиш маълум даражадаги
аниқликдаги дастлабки кийматига қайтади.

Юклама токи ўзгарганда, масалан ортганда дастлаб VT1 тран-
зистор коллектор-эмиттер ўтиши кучланиши пасаювининг ортиши
ҳисобига чиқиш кучланиши камаяди.

Чиқиш кучланишини ростлаш схемада R_{Π} потенциометр
орқали амалга оширилади. Потенциометрнинг ҳаракатланувчи қис-
мини стабилизаторнинг манфий кутби томонга сурилса, $U_{РП}$ кучла-
ниш ортади ва бу VT2 транзистор база ва коллектор тоқларининг
ортишига олиб келади. VT1 транзисторнинг база токи камаяди, $U_{кз1}$

кучланиш ортади ва чиқишдаги кучланиш камаяди. R_{Π} потенциометрнинг ҳаракатланувчи қисмини мусбат кутб томонга сурилса стабилизатор чиқишидаги кучланиш ортади.

Схеманинг асосий параметрларини аниқлаш мақсадида чиқиш кучланишининг ўзгаришини топамиз:

$$\Delta U_{\text{чик}} = \Delta U_{\text{кир}} - \Delta I_{K1} r_{K1} + K_1 \Delta U_{BЭ1}, \quad (5.10)$$

$\Delta I_{K1} \approx \Delta I_{Ю}$ деб ҳисобласак қуйидагига эга бўламиз:

$$\Delta U_{\text{чик}} = \Delta U_{\text{кир}} - \Delta I_{Ю} r_{K1} + K_1 \Delta U_{BЭ1}, \quad (5.11)$$

бу ерда, r_{K1} -умумий эмиттер схемасида уланган VT1 транзистор коллекторининг қаршилиги;

K_1 -VT1 транзисторнинг кучланиши бўйича кучайтириш коэффициенти;

$\Delta U_{BЭ1}$ -VT1 транзисторнинг база-эмиттер кучланишининг ўзгариши.

$\Delta U_{BЭ1}$ кучланишининг ўзгариши VT2 транзистор коллекторидаги кучланиш ўзгаришининг ва стабилизатор чиқишидаги кучланиш ўзгаришининг айирмасига тенг, яъни

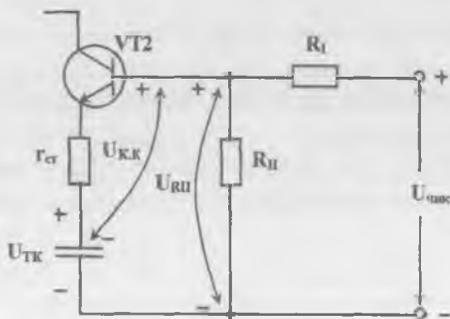
$$\Delta U_{BЭ1} = \Delta U_{KЭ1} - \Delta U_{\text{чик}}, \quad (5.12)$$

Ўзгармас ток кучайтиргичи кириш кучланишига тенг бўлган ўзгарувчи $U_{KT} = U_{\text{кир}}$ кучланишидан таъминланаётганлиги учун VT2 транзистори коллекторидаги кучланиш ҳам таъминот кучланиши ҳисобига, ҳам унинг базасидаги кучланишнинг ўзгариши ҳисобига ўзгаради:

$$\Delta U_{KЭ2} = ((\Delta U_{TK} r_{k2}) / (R1 + r_{k2})) - K_{VT2} \Delta U_{KK}, \quad (5.13)$$

бу ерда, r_{k2} , K_{VT2} – умумий эмиттер схемасида уланган VT2 транзисторнинг коллектор қаршилиги ва кучланиш бўйича кучайтириш коэффициенти; ΔU_{KK} – ўзгармас ток кучайтиргичининг киришидаги кучланишнинг ўзгариши; ΔU_{TK} – ўзгармас ток кучайтиргичи таъминот кучланишининг ўзгариши.

Кучайтиргич киришидаги $\Delta U_{К.К}$ кучланишнинг ўзгаришини 5.9-расмда тасвирланган стабилизаторнинг таққослаш схемаси ва ўзгармас ток кучайтиргичи схемасидан аниқлаш мумкин.



5.9-расм. Ўзгармас ток кучайтиргичининг ишлаш принципини тушунтирувчи схема.

Схемада VD1 стабилитрон эквивалент кучланиш манбаи $U_{ТК}$ ва стабилитроннинг динамик қаршилигига тенг бўлган ички қаршилик билан алмаштирилган.

$$U_{К.К} = U_{Р.И} - U_{ТК} = U_{чикс} \left\{ R_{II} R_{К.К} / ((R_I + R_{II})(R_{К.К} + (R_I R_{II} / (R_I + R_{II}))) \right\} - U_{ТК} \left\{ R_{К.К} / (R_{К.К} + (R_I R_{II} / (R_I + R_{II}))) \right\} \quad (5.14)$$

$$\text{у ҳолда,} \quad \Delta U_{К.К} = \Delta U_{чикс} \alpha \alpha' - U_{ТК} \alpha' \quad (5.15)$$

бу ерда, $R_{К.К}$ —ўзгармас ток кучайтиргичининг кириш қаршилиги; $\alpha = R_I R_{II} / (R_I + R_{II})$ —бўлгичнинг узатиш коэффициенти; $\alpha' = R_{К.К} / (R_{К.К} + (R_I R_{II} / (R_I + R_{II})))$ —кучайтиргич кириш қаршилиги бўлгичнинг узатиш коэффициентига таъсирини ифодаловчи коэффицент.

(5.11)–(5.14) ифодалардан чиқиш кучланишининг ўзгаришининг якуний ифодасини топамиз:

$$\Delta U_{чикс} = (U_{01} / (1 + K_1 \cdot K_{VT2} \alpha \cdot \alpha' + K_1)) + (\Delta U_{ТК} r_{K1} K_1 / (r_{K1} + R_1)) (1 + K_1 \cdot K_{VT2} \alpha \alpha') + (\Delta U_{ТК} \alpha K_1 \cdot K_{VT2} / (1 + K_1 K_{VT2} \alpha \alpha' + K_1)) + (\Delta I_{Ю} r_{K1} / (1 + K_1 K_{VT2} \alpha \alpha' + K_1))$$

$$K_1 K_{VT2} \alpha \gg (1 + K_1) \text{ эканлигини хисобга олсак, у ҳолда} \\ \Delta U_{ЧИК} = (\Delta U_{O1} / K_1 K_{VT2} \alpha) + (r_{K2} \Delta U_{Т,К} / (r_2 + R_1) K_{VT} \alpha) + \\ + (\Delta U_{Т,К} / \alpha) - \Delta I_{Ю} r_{K1} / K_1 K_{VT2} \alpha \quad (5.16)$$

(5.16) ифодадан кўришиб турибдики, чиқиш кучланишининг ўзгариши кириш кучланишининг, кучайтиргич таъминот кучланишининг, таянч кучланишининг ва юклама токининг ўзгаришларига боғлиқ. (5.16) ифодадан схеманинг сифат кўрсаткичларини аниқлаш мумкин. $\Delta I_{Ю} = 0$, $\Delta U_{Т,К} = 0$ ва $\Delta U_{Т,К} = U_{КИР}$ деб хисоблаб, схеманинг стабилизациялаш коэффициенти ифодасини топамиз:

$$K_{CT} = \Delta U_{КИР} U_{ЧИК} / \Delta U_{ЧИК} U_{КИР} = K_1 K_{VT2} \alpha (r_{K2} + R_1) U_{ЧИК} / (r_{K2} + R_1 + r_{K2} K_1) \\ U_{КИР} \approx \\ \approx K_{VT2} \alpha (r_{K2} + R_1) U_{ЧИК} / I_{K2} U_{O1}, \quad (5.17)$$

Ростловчи транзисторнинг кучланиш бўйича кучайтириш коэффициенти қуйидагига тенг бўлади:

$$K_1 = \Delta U_{КЭVT1} / \Delta U_{БЭVT1} = \eta_{21ЭVT} r_{K1} / R_{К.VT1}, \quad (5.18)$$

бу ерда, $\eta_{21ЭVT-VT1}$ транзисторнинг ток бўйича статик узатиш коэффициенти; r_{K1-VT1} транзисторнинг коллектор қаршилиги; $R_{К.VT1-VT1}$ ростловчи транзисторнинг кириш қаршилиги.

(5.17) ифодадаги $\Delta U_{КИР}$, $\Delta U_{Т,К}$ ва $\Delta U_{Т,К}$ ларни нолга тенг деб олиб стабилизаторнинг ички қаршилигини топамиз:

$$r_i = \Delta U_{ЧИК} / \Delta I_{Ю} = r_{K1} / K_{VT1} K_{VT2} \alpha = \\ R_{К.VT1} / \eta_{21ЭVT1} K_{VT2} \alpha = -1 / S_1 K_{VT2} \alpha, \quad (5.19)$$

бу ерда, S_1-VT1 транзистор тавсифининг қиялиги.

Кучланишни узлуксиз ростловчи стабилизатор кириш кучланишининг ўзгаришини камайтиришдан ташқари филтрлаш хусусиятига ҳам эга, яъни кириш кучланишининг ўзгарувчан ташкил этувчисини камайтиради.

Стабилизаторнинг силликлаш коэффициенти тахминан стабилизация коэффициентиغا тенг ($K_{CT} \approx K_C$). Стабилизаторнинг силликлаш коэффициетини ошириш учун бўлгичнинг юқори елкасига параллел равишда конденсатор уланади. Ўзгарувчан ташкил этувчининг асосий гармоникасининг частотаси бўйича C_1 конденса-

торнинг қаршилиги бўлгич юқори елкасининг қаршилигидан кўп мартага кичик бўлиши керак. Бу ҳолда бўлгичнинг ўзгарувчан ташкил этувчи бўйича узатиш коэффиценти бирга яқин бўлади ва стабилизаторнинг силлиқлаш коэффиценти ортади. (5.19) ифодада $\alpha=1$ деб олиб стабилизаторнинг силлиқлаш коэффицентини топиш мумкин.

$C_{\text{Ю}}$ сифимнинг қиймати чиқиш кучланиши пульсациясига кам таъсир қилади, чунки ўзгарувчан ташкил этувчи учун стабилизаторнинг ички қаршилиги конденсаторнинг ички қаршилигидан сезиларли кичик.

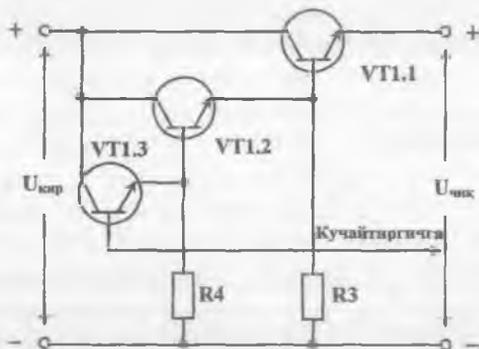
$C_{\text{Ю}}$ сифим юклама токи импульс характерда ўзгарганда стабилизаторнинг чиқиш кучланишининг кескин ўзгаришини камайтиради.

Таянч кучланишининг стабиллиги чиқиш кучланишининг ўзгармас сақланишига сезиларли даражада таъсир кўрсатади. (5.19) ифодадан кўришиб турибдики, $\Delta U_{\text{ЧИК}}=0$, $\Delta U_{\text{ТК}}=0$ ва $\Delta I_{\text{Ю}}=0$ да $\Delta U_{\text{ЧИК}}=\Delta U_{\text{ТК}}$ бўлади. Бўлгичнинг узатиш коэффиценти ҳар доим бирдан кичик бўлганлиги учун чиқиш кучланишининг ўзгариши таянч кучланишининг ўзгаришидан катта бўлади. Шунинг учун параметрик стабилизатор ҳисобланган таянч кучланиши манбаи ($R_{\text{Г1}}$, $VD1$) стабил чиқиш кучланишидан таъминланади.

Атроф-муҳит температурасининг ўзгариши стабилизаторнинг ҳарорат бўйича коэффицентига боғлиқ бўлган таянч кучланишининг ўзгаришига олиб келади. Агар коэффицент мусбат бўлса, атроф-муҳит ҳарорати ортганда таянч кучланиши ортади ва бу $VT2$ транзистор базасидаги мусбат потенциалнинг камайишига олиб келади. Бунинг натижасида $VT2$ транзисторининг база ва коллектор, $VT1$ транзисторнинг база токи камаяди ва бу стабилизаторнинг чиқиш кучланишининг ортишига олиб келади. Чиқиш кучланишининг атроф-муҳит ҳароратига боғлиқ бўлган ўзгаришларини камайтириш учун стабилизаторлар схемаларида ҳарорат компенсация қўлланилади. 5.8-расмда тасвирланган стабилизатор схемасида термокомпенсацион элемент сифатида тўғри йўналишда бўлгичнинг юқори елкасига қўйилган $VD2$ диод ёки стабилитрон қўлланилади. Тўғри йўналишда қўйилган диод ёки стабилитрон манфий температуравий коэффицентга эга бўлади. Атроф-муҳит ҳароратининг ортиши $VD2$ диоддаги ёки стабилитрондаги кучланишнинг тушувига олиб келади. $U_{\text{РН}}$ кучланиш эса ортади ва бу чиқиш кучланишининг камайишига олиб келади, яъни $VD1$ стабилитрондаги кучланишнинг ўзгаришига боғлиқ бўлган чиқиш кучланишининг

Ўзгариши VD2 компенсацияловчи диод ёки стабилитрондаги кучланишнинг ўзгаришига боғлиқ бўлган чиқиш кучланишининг ўзгаришига қарама-қарши ишорага эга бўлади. Бундай ҳарорат бўйича компенсация агар VD1 стабилитрон ҳарорат бўйича коэффициент мусбат бўлганда қўлланилиши мумкин, агар у манфий бўлса бўлгичнинг бирор елкасига термик қаршилиқ қўйилади. Шуниндек, кучайтиргичнинг таъминот кучланиши ҳам чиқиш кучланишининг стабиллигига таъсир ўтказади, шунинг учун кўриб чиқилган схема нисбатан кичик стабилизация коэффициентига эга, чунки кучайтиргич ностабил кириш кучланиши орқали таъминланади.

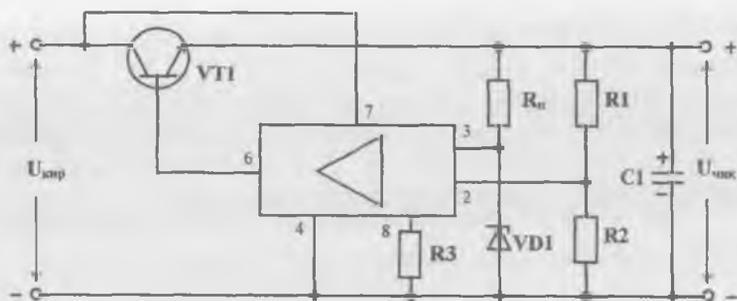
Кўриб чиқилган схемаларнинг нормал ишлаши учун ростловчи транзисторнинг ўзгармас ток кучайтиргичи билан ток бўйича мослаштириш зарур. Кўп ҳолларда ростловчи элемент таркибий транзисторлар схемасида (Дарлингтон схемаси) йиғилади (5.10-расм).



5.10-расм. Таркибий транзисторларда йиғилган ростловчи элемент схемаси.

Бу схемада ростловчи элемент учта VT1.1, VT1.2, VT1.3 транзисторлардан ташкил топган. R3, R4 резисторлар VT1.2 ва VT1.3 транзисторлар ишчи нуқталарини актив соҳадан чиқиб кетмаслигини, яъни ток бўйича иш режимини таъминлайди.

Стабилизаторнинг чиқиш кучланишини кенг доирада ростлаш талаб қилинганда R3, R4, резисторларни ток стабилизаторларига алмаштириш мақсадга мувофиқдир. Ўзгармас ток кучайтиргичи дискрет элементларда ёки операцион кучайтиргичларда йиғилиши мумкин. Операцион кучайтиргичда йиғилган стабилизатор схемаси 5.11-расмда келтирилган.



5.11-расм. Операцион кучайтиргичда йиғилган компенсацион стабилизатор схемаси.

Ҳозирги вақтда алоқа аппаратураларида интеграл микросхемаларда йиғилган узлуксиз ростловчи стабилизаторлар кенг қўлла-нилмоқда.

K142ЕН1,2 турдаги интеграл стабилизаторлар 3 дан 30 В гача чиқиш кучланишини таъминлаши мумкин. Бунда интеграл микросхемага қатор дискрет элементлар уланади (5.12-расм).

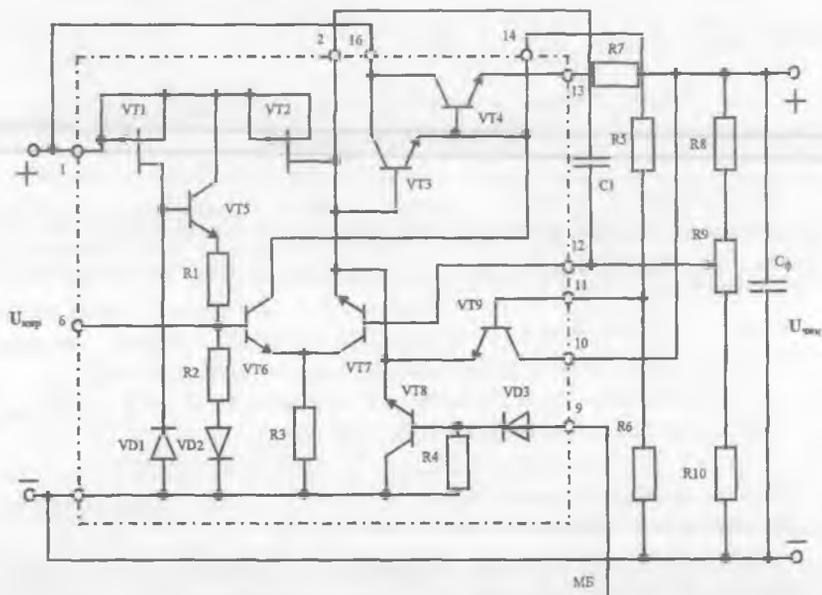
Микросхемаларнинг ростловчи элементи VT4, VT3 транзисторларда Дарлингтон схемаси бўйича йиғилган.

Таянч кучланиши манбаи VT1, VD1, VT5, R1, R2 ва VD2 элементлардан тузилган. Таянч кучланиши микросхеманинг 6 ва 8 чиқишлардан олинади. VT1 майдоний транзистор ва VD1 стабилитрон параметрик кучланиш стабилизаторини ташкил қилади. VT5 транзистор ва R1, R2 резисторлар талаб қилган таянч кучланишини ($U_{TK}=2,4$ В) бўлишини таъминлайди. VD2 диод таянч кучланишини ҳарорат бўйича стабилланишини амалга оширади. Ўзгармас ток кучайтиргичи VT6, VT7 транзисторларда носимметрик дифференциал схемада йиғилган. VT7 транзисторининг коллектор юкламаси VT2 майдон транзистори ҳисобланади. R3 резистордаги кучланиш U_{TK} кучланишга тенг.

Стабилизаторни қисқа туташувдан ва ортиқча кучланишлардан ҳимоялаш учун схемага VT9 транзистор қўйилган, стабилизаторни ташқи сигнал орқали узиш ёки улаш учун VT8 транзистор қўйилган.

Интеграл стабилизаторни ишлаши учун схемага R8, R9, R10 кучланиш бўлгичи, чиқиш сифими C_{ϕ} ва ҳимоялаш занжири резисторлари R5-R7 уланган. Схеманинг ишлаш принципи қуйидаги

тартибда амалга ошади. Кириш кучланиши ўзгарганда масалан, ортганда дастлаб чиқиш кучланиши, пастки елка резисторидаги U_{R10} кучланиш ортади. Бунинг натижасида VT7 транзистор база-сидаги мусбат потенциал ва унинг база, коллектор тоқлари ортади, натижада VT3, VT4 транзистор база тоқлари камаяди ва VT4 транзистор коллектор-эмиттер кучланиши ортади.

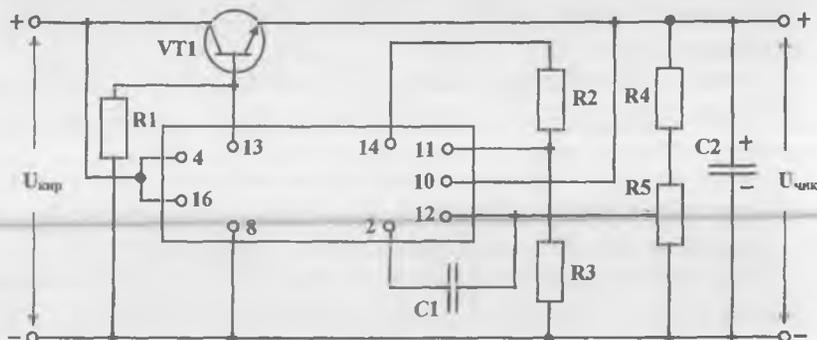


5.12-расм. K142 EN1(2) микросхема асосида йигилган стабилизатор схемаси.

VT4 транзистор коллектор-эмиттер кучланишининг ортиши чиқиш кучланишининг дастлабки қийматига қайтишига олиб келади. Чиқиш кучланишини ростлаш схемада R10 ўзгарувчан резистор орқали амалга оширилади.

Стабилизаторни қисқа туташув ва ортиқча юкланишидан химоялаш схемасининг ишлаш принципи таркибий транзисторларнинг ёпилишига асосланган. Нормал режимда R7 резистордаги (ток хабарчиси) кучланиш R5 резистордаги кучланишдан кичик, VT9 транзистор базаси эмиттерига нисбатан манфий потенциалга эга бўлади ва VT9 транзистор ёпик бўлади. Қисқа туташув ёки ортиқча

юкланишларда R7 резистордаги кучланиши ортади. R7 резисторидаги кучланиш R5 резистордаги кучланишдан ортиши билан VT9 транзистор базасининг потенциали коллекторига нисбатан мусбат бўлиб қолади ва VT9 транзистор очилади. VT9 транзисторнинг очилиши билан унинг база ва коллектор токлари ортади. VT9 транзистор коллектор токининг ортиши VT3, VT4 транзасторлар база тоklarини камайтиради ва бу билан ростловчи транзисторлар ёпилади.



5.13-расм. К142ЕН1 интеграл микросхема базасида йиғилган кўшимча транзисторли стабилизатор схемаси.

K142EN3 ва K142EN4 турдаги интеграл стабилизаторлар чиқиш кучланишининг 3–30 В диапазонини олишни таъминлайди. Бунда рухсат этилган максимал ток 1 А ни, максимал қувват эса 1,4 Вт ни (радиаторсиз) ташкил қилади. K142EN5A ва K142EN5Б турдаги интеграл микросхемалар бир номиналдаги 5 В ва 6 В кучланишларни олинишини таъминлайди. Бунда рухсат этилган максимал ток 3 А ни, максимал қувват эса 1, 2 Вт ни (радиаторсиз) ташкил қилади. KP142EN6 турдаги интеграл стабилизаторлар $\pm 5 \dots \pm 25$ диапазондаги икки қутбли чиқиш кучланишини олиш имкони беради. Бунда юклама токи 0,2 А ни ташкил қилади. KP142EN8 ва KP142EN9 турдаги интеграл стабилизаторлар 1,5 А юклама токида 9, 12, 15, 20, 24, 27 В номиналлардаги чиқиш кучланишларини олишни таъминлайди. Кейинги вақтларда чиқиш кучланиши ростланадиган KP142EN12, KP142EN14, KP142EN18 KP1151EN1 ва бир номинал чиқиш кучланишини берувчи KP142EN15 сериялардаги интеграл стабилизаторлар яратилди. Уларнинг параметрлари иловаларда кел-

тирилган. Агар интеграл микросхемалар талаб қилинган юклама токини таъминлай олмаса, уларга ташқи ростловчи транзистор уланиши мумкин. Қўшимча транзисторли К142ЕН1 интеграл микросхема базасида йиғилган стабилизатор схемаси 5.13-расмда келтирилган.

5.4. Импульсли стабилизаторлар

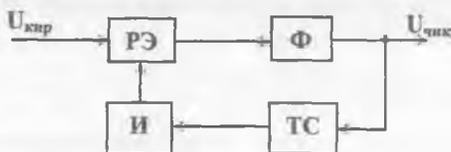
Ўзгармас кучланишли импульс стабилизаторлари ростловчи элементнинг калит режимида ишлаши билан чизикли стабилизаторлардан фарқланади [10,12].

Транзисторнинг калит режимида ишлаши ишчи нуктанинг кешиш соҳасидан тўйиниш соҳасига тез ўтиши орқали характерланади. Бунда ростловчи транзистордаги кувват ажралиши чизикли стабилизаторларга қараганда анча кичик. Шунинг учун транзисторнинг калит режимида ишлатилиши стабилизаторнинг ФИКини оширишга ва ҳажмини камайтиришга имкон беради.

Импульсли стабилизаторлар кенглик-импульс модуляцияли (КИМ) ва релели (икки позицияли ростлашли) стабилизаторларга бўлинади.

КИМли стабилизаторларда импульс элемент сифатида генератор ишлатилади. Бу генератор импульсининг кенглиги ва паузаси импульс элементнинг киришига, таққослаш схемасининг чиқишидан бериладиган доимий сигналга боғлиқ равишда ўзгаради.

Ўзгармас кучланиш тўғрилагичдан ёки аккумулятордан ростловчи элементга берилади, кейин эса силлиқловчи филтр орқали стабилизаторнинг чиқишига берилади (5.14-расм).



5.14-расм. Импульсли стабилизаторнинг тузилиш схемаси.

Стабилизаторнинг чиқиш кучланиши таққослаш схемасида таянч кучланиши билан таққосланади ва фарқ сигнали ўзгармас ток сигнаlinesи маълум кенгликдаги импульсларга айлантирадиган қу-

рилма киришига берилади. Импульслар кенглиги таянч ва ўлчанган кучланишлар фаркига пропорционал равишда ўзгаради.

Ўзгармас токни импульсларга ўзгартирувчи курилма чиқишидаги сигнал ростловчи транзисторга берилади.

Ростловчи транзистор даврий равишда қайта уланади ва филтър чиқишидаги кучланишнинг ўртача қиймати транзисторнинг очиклиги ва ёпиқлиги орасидаги интервалларга боғлиқ бўлади. Стабилизатор чиқишидаги кучланиш ўзгарса, ўзгармас ток сигнали ўзгаради, демак пауза ва импульс орасидаги муносабат ўзгаради ва чиқиш кучланишининг ўртача қиймати дастлабки қийматга қайтади.

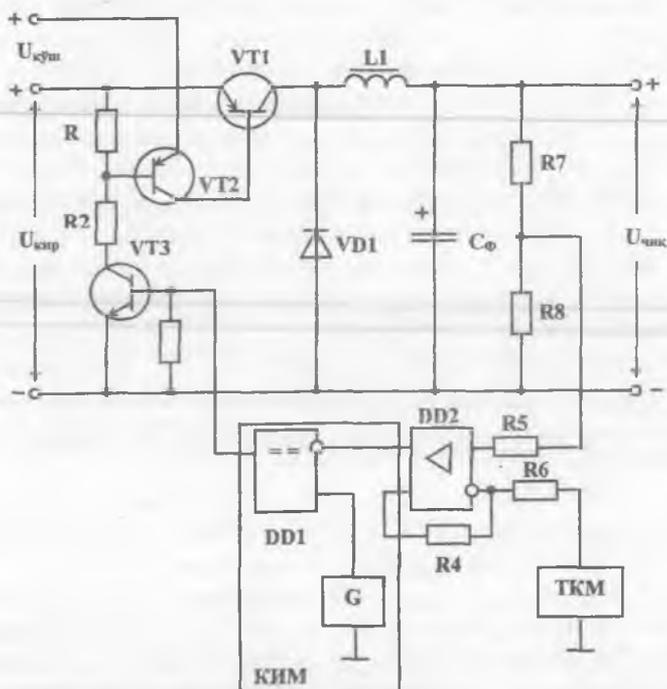
Кенглик-импульсли модуляцияли импульс стабилизаторининг принципаал схемаси 5.15-расмда келтирилган. Стабилизаторнинг куч занжири куч калити VT1 транзистор ва LCD филтърдан ташкил топган. Бошқариш схемаси куч калитини бошқариш импульсларини шакллантиради ва уларнинг кенглигини бошқаради. Ёрдамчи транзисторлар VT2 ва VT3, VT1 транзисторнинг база-эмиттер ўтишига бошқариш схемасидан келадиган бошқариш сигнални ўтказишни таъминлайди (VT1 транзисторнинг база-эмиттер ўтиши бошқариш схемаси билан умумий нуқтага эга эмас).

VT3 транзисторни U_T сигнал орқали очилиши VT2 транзистор коллектор занжирида токни вужудга келтиради ва VT2 транзистор очилади. Ўз навбатида VT2 транзистор очилиши ростловчи транзистор базасини $U_{кыр}$ манбанинг мусбат қутби билан туташтиради ва база токининг ортиши билан VT1 транзистор очилади U_T сигналнинг 0 сатҳида VT3, VT2 транзистор ёпилади, кейин эса VT1 транзистор ҳам ёпилади.

Стабилизаторнинг бошқариш схемаси R1, R2 кучланиш бўлгичи, таянч кучланиш манбаи, фарқ сигналининг кучайтиргичи ва кенглик-импульс модуляторидан иборат. Фарқ сигнални кучайтиргичнинг кучайтириш коэффициенти $K_y = R_{TA}R_{кыр}$ га тенг. КИМ кучайтиргич чиқишидаги аналог U_y сигнални куч калитини бошқарувчи дискрет сигналга айлантиради.

Кенглик-импульсли модуляция DA2 кучланиш компаратори ва G аррасимон кучланиш генераторидан иборат. DA2 компараторнинг инверс киришига U_y бошқарувчи сигнал, тўғри киришига эса аррасимон сигнал берилади. Компараторнинг чиқишида бирлик сатҳли U_T сигнал, аррасимон U_G сигналнинг сатҳи бошқарувчи U_y сигналнинг сатҳидан катта бўлган вақт интервалларида (t_1-t_2 , t_3-t_4) шаклланади. Диаграммалардан кўриниб турибдики, U_y сигнал

сатҳининг камайиши КИМ сигналининг ТИ кенглигини оширишни келтириб чиқаради.



5.15-расм. Кенглик-импульс модуляцияли импульсли стабилизаторнинг принципиал схемаси.

КИМнинг узатиш коэффиценти қуйдагига тенг:

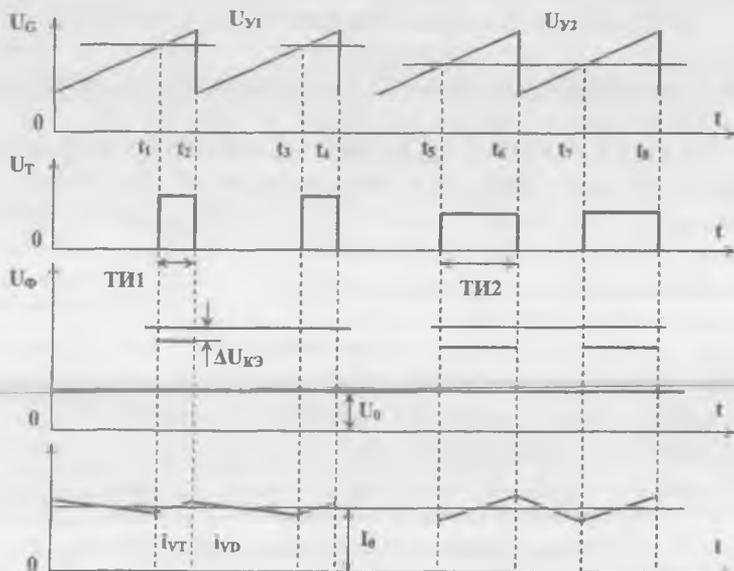
$$K_{КИМ} = T_{И} / U_{У} = -T / U_{ПМ} \quad (5.20)$$

бу ерда, T - ўзгартириш частотасининг даври (аррасимон сигнал частотасининг даври); $U_{ПМ}$ - аррасимон сигналнинг қадами.

$VT1$ ростловчи транзисторнинг даврий равишда қайта уланиши филтер киришидаги кенглиги $T_{И}$ ва баландлиги $A = U_{кнр} - U_{кэVT1} \approx U_{кнр}$ бўлган кучланиш импульсларини вужудга келтиради. Бу кучланишнинг ўзгармас ташкил этувчиси қуйдагига тенг бўлади:

$$U_{01} = (U_{кнр} - U_{кэVT1}) T_{И} / T \approx U_{кнр} K_3, \quad (5.21)$$

бу ерда, $K_3 = T_{II} / T$ – бошқариш импульсларининг тўлдириш коэффициентидир.



5.16-расм. Кенглик-импульс модуляцияли импульс стабилизаторининг вақт диаграммалари.

Куч занжирини импульс қисмининг статик узатиш коэффициенти $K_{II} = U_{01} / T_{II}$ тушунчасини эътиборга олган ҳолда куйидагига эга бўламиз:

$$K_{II} = \frac{(U_{кпр} - \Delta U_{КЭ}) \Delta T_{II} / T}{\Delta T_{II}} \cdot \frac{U_{кпр} - \Delta U_{КЭ}}{T} \quad (5.22)$$

(5.21) ва (5.22) ларни ҳисобга олган ҳолда стабилизаторнинг статик ўтказиш коэффициентини аниқлаймиз:

$$K_{\text{ХАЛКА}} = K_d K_u K_{\text{КИМ}} K_{II} \eta_{\Phi} = [R_2 / (R_2 + R_1)] [R_{TA} / R_{КПР}] [(U_{кпр} - U_{КЭ\text{VT}1})^2 \eta_{\Phi} / U_{\text{ПМ}T}], \quad (5.23)$$

бу ерда, $K_d = R_2 / (R_1 + R_2)$ – тескари алоқа занжиридаги резистив бўлгичнинг бўлиш коэффициенти; η_ϕ -силликловчи филтрининг ФИКи; $U_{кэвТ1}$ - VT1 очик транзистордаги қувват исрофи. Манфий ишора тескари алоқанинг манфийлигини кўрсатади.

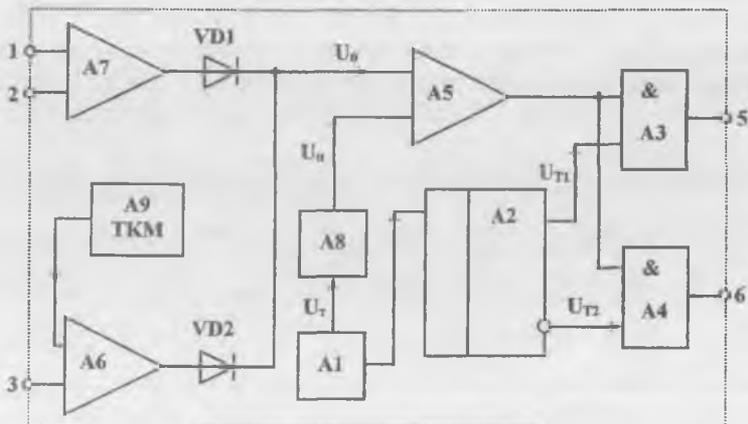
Стабилизаторнинг ишлаш жараёнини унга таъсирнинг ўзгариши орқали осон кузатиш мумкин. Масалан, таъсирнинг ўзгаришигача $U_{квр}$ кириш кучланишда (5.16-расм) бошқариш занжири кенглиги $T_{и1}$ бўлган $U_{Т1}$ импульсларни шакллантиради.

Кириш кучланиши $U_{квр}$ қийматга камайганда (ҳозирча ТА занжири бу таъсир ўзгаришидан четда бўлади) дастлаб филтър киришидаги куч транзистори ҳосил қиладиган импульслар юзаси мос равишда камаяди. Бунинг натижасида чиқиш кучланишининг ўзгармас ташкил этувчиси U_0 , тескари алоқа сигнали $U_{ТА}$, фарқ сигнали U_ϕ ва кучайтиргич чиқиш сигнали U_y камаяди. Кучайтиргичнинг чиқиш сигнали U_y компараторнинг инверс чиқишига таъсир қилади ва U_T импульслар кенглигини $T_{и2}$ қийматгача оширади. Бунга мос равишда калит чиқишидаги импульслар юзаси ва уларнинг ўзгармас ташкил этувчиси ортади.

5.5. Импульсли стабилизаторларнинг кенглик-импульс модуляцияли бошқариш занжирлари

Хатолик сигналени КИМ импульсли кучланишга ўзгартиришда турли хил курилмалар ишлатилади. Бундай курилмалар рақамли техника элементларида йиғилиши мумкин. Шунга кўра модуляцияловчи аналог хатолик сигналени импульс кенглигини модуляциялашли импульс кучланишга ўзгартириш услуги кенг қўлланилади. Бу услуб модуляцияловчи сигналени аррасимон кучланиш билан таққослашга асосланган. Аналог сигнал аррасимон кучланишдан ортганда КИМли импульс шаклланади. Шундай қилиб, импульсларнинг тақорланиш даври аррасимон кучланиш орқали, уларнинг узунлиги эса хатолик сигналенинг сатҳи орқали аниқланади [4].

Ҳозирги пайтда деярли бутун бошқариш занжири битта кристаллда катта микросхема тарзида йиғилиши мумкин. Бундай микросхемалар таркибига КИМ модуляторидан ташқари таянч кучланиши манбаи, транзисторлар учун импульсларни шакллантириш куч занжирлари ва химоялаш занжирлари киради. К142ЕП1 микросхема беш функционал қисмдан: таянч кучланиши манбаи, тескари алоқа кучайтиргичи, КИМ занжири, бошқариш импульслари кучайтиргичи ва кичик қувватли транзисторлардан иборат.



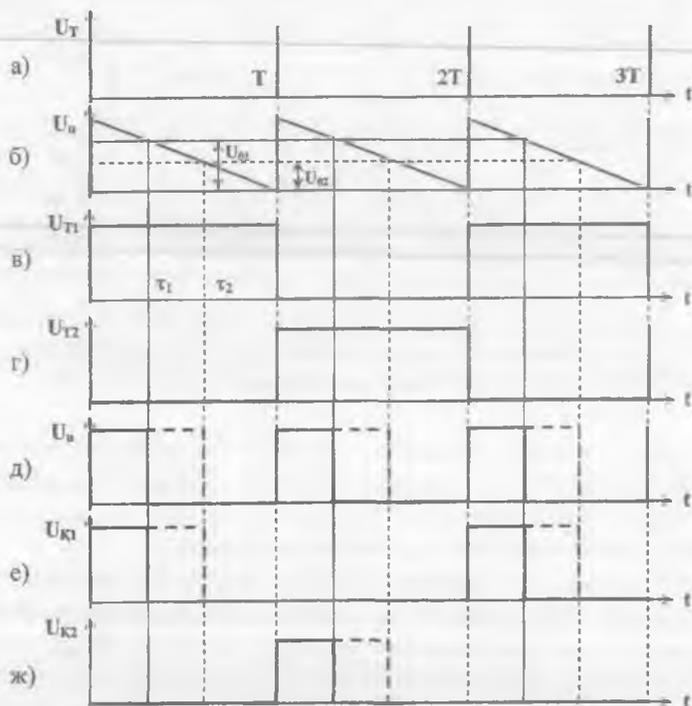
5.16-расм. Битта кристаллда катта микросхема тарзида йиғилган бошқариш занжири.

Кичик юклама тоқларида (50 мА гача) микросхемани тугалланган стабилизатор сифатида, катта юклама тоқларида эса импульсли стабилизаторлар катта қувватли куч транзисторларини бошқариш схемаси сифатида ишлатиш мумкин.

5.16-расмда тасвирланган катта интеграл микросхема таркибига А1 такт импульслари генератори, А8 аррасимон кучланиш генератори, А6 тескари алоқа кучайтиргичи, А9 таянч кучланиш манбаи, аналог хатолик сигналининг аррасимон кучланиш билан фарқ кучайтиргичи, яъни А5 КИМ занжири, А3 ва А4 мослаштириш схемаларида йиғилган чиқиш кучайтиргичлари ва А2 ҳисоблаш триггери киради. Чиқиш кучланишига пропорционал бўлган аналог сигнал кучланиш бўлгичидан 3 киришга берилади ва А6 операцион кучайтиргичда А12 дан олинган таянч кучланиши билан таққосланади. Хатолик сигнали кучайтиргичи чиқишидаги аналог сигнал А9 КИМ компаратори киришларидан бирига берилади.

Бу компараторнинг иккинчи киришига аррасимон кучланиш берилади. Бу кучланиш А8 звенода шакллантирилиб, А1 такт импульслар генераторида синхронлаштирилади (5.17а, б-расмлар). U_{01} хатолик сигнаliga τ_1 узунликдаги импульс, U_{02} хатолик сигнаliga эса τ_2 узунликдаги импульс мос келади. Такт генератори импульслари аррасимон кучланиш генераторидан ташқари ҳисоблаш триггерига ҳам берилади. Триггернинг ноинверсловчи чиқишида Т

узунликка ва 2Т такрорланиш даврига эга булган U_{T1} тўғри бурчакли импульслар шаклланади. Триггернинг инверсловчи чиқишида эса U_{T1} га нисбатан ярим даврга, яъни Т га сурилган U_{T2} импульслар кетма-кетлиги шаклланади (5.17в,г-расмлар).



5.17-расм. Бошқариш занжирининг вақт диаграммалари.

Хатолик сигналининг сатҳи канчалик юқори бўлса компаратор чиқишидан кенглиги шунчалик катта булган КИМли импульслар олинади (5.17д-расм). U_{T1} импульслар кетма-кетлиги А3 мослаштириш схемаси киришига, U_{T2} импульслар кетма-кетлиги эса А4 мослаштириш схемаси киришига берилади. Мослаштириш схемалари чиқишларидан U_{K1} ва U_{K2} импульслар кетма-кетлиги олинади (5.17е,ж-расмлар). 4 ва 5 чиқишлардаги импульслар кетма-кетлигининг кенглигини даврига нисбати 0 дан 0,5 гача ўзгаради. А7 кучайтиргичнинг 1 ва 2 киришларига юклама токига пропорционал булган фарқ сигнали берилади. Бу фарқ сигнали ортганда А7 кучай-

тиргичнинг чиқишида А6 тескари алоқа кучайтиргичи кучланишига нисбатан каттароқ мусбат кучланиш шаклланади. VD2 диод ёпилади ва VD1 диод очилади КИМ схемаси киришига ток бўйича ҳимоя занжиридан кучланиш берилади. Бу кучланишнинг таъсирида КИМ импульслари узунлиги камаяди ва бунинг натижасида чиқиш кучланиши ҳам камаяди. Шундай қилиб ток бўйича ортиқча юкланишларда кучланиш бўйича тескари алоқа занжири узилади ва ток бўйича тескари алоқа занжири уланади.

Амалий машқ

1-мисол. Қуйидаги берилганлар бўйича параметрик стабилизаторни ҳисоблаш: чиқиш кучланиши $U_{\text{чик}}=U_{\text{СТ}}=9,1$ В, чиқиш токи $I_{\text{чик}}=I_{\text{СТ}}=0,01$ А, ва кириш кучланишининг ностабиллиги $\Delta U_{\text{КИР}}=5\%$ (6.5-расмдаги схема).

Юклама қаршилиги, стабилитрон тури, чеклаш резистори ва терморезисторнинг номиналлари, $K_{\text{СТ}}$ стабилизациялаш коэффициенти, $\Delta U_{\text{КИР}}$ чиқиш кучланишининг ностабиллиги ва η стабилизаторнинг фойдали иш коэффициенти аниқлаш талаб қилинади. $R_{\text{СТ}}=18$ Ом.

1. Стабилизациялаш кучланиши бўйича маълумотномадан $r_{\text{СТ}}$ қаршиликка эга бўлган стабилитрон қуйидаги шартдан келиб чиқиб танланади:

$$U_{\text{чик}} = U_{\text{СТ}} = 9,1 \text{ В.}$$

2. Стабилизаторнинг мақбул қийматини ҳисобга олиб, R_0 чеклаш резисторининг тахминий қиймати танланади ва унинг қиймати стандартга мувофиқ олинади.

3. Кириш токи ва зарур кириш кучланиши қуйидагича аниқланади:

$$I_{\text{КИР}} = I_{\text{СТ}} + I_{\text{чик}} = 10 + 10 = 20 \text{ мА,}$$

$$U_{\text{КИР}} = U_{\text{чик}} + I_{\text{КИР}} R_0 = 9,1 + 330 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 15,7 \text{ В.}$$

4. Стабилизациялаш коэффициенти қуйидагича аниқланади:

$$K_{\text{СТ}} = \left[1 - \frac{I_{\text{КИР}} R_0}{U_{\text{чик}}} \right] \cdot \frac{R_0 + r_{\text{СТ}}}{r_{\text{СТ}}} = 11,2.$$

5. Чиқиш кучланишининг ностабиллиги қуйдагича аниқланади:

$$U_{\text{чик}} = \frac{U_{\text{CT2}} - U_{\text{CT1}}}{U_{\text{чик}}} = \frac{U_{\text{КСТ2}} - U_{\text{КСТ1}}}{K_{\text{CT}} U_{\text{КСТ}}} = \pm \frac{5}{K_{\text{CT}}} = +0,45 \%$$

6. Стабилизаторнинг фойдали иш коэффициенти қуйдагича аниқланади:

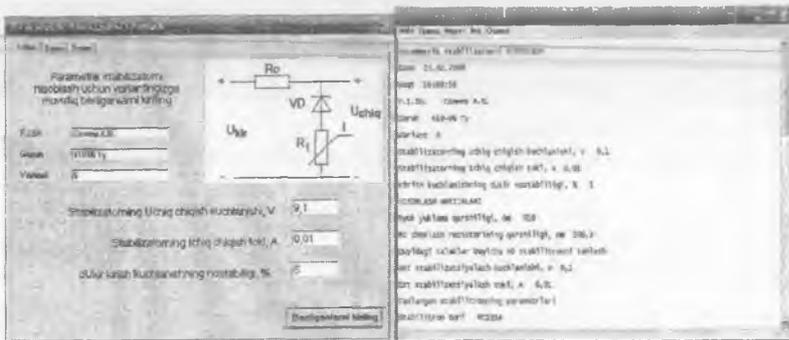
$$\eta = \frac{I_{\text{CT}} U_{\text{CT}}}{(I_{\text{CT}} + I_{\text{чик}}) U_{\text{КСТ}}} = \frac{10 \cdot 9,1}{(10 + 10) \cdot 15,7} = 0,29$$

7. R_T терморезистор қаршилиги ҳисобланади ва унинг қиймати стандартга мувофиқ танланади.

$$R_T = R_{T0} - R_0 - r_{\text{CT}} = 910 - 330 - 18 = 562 \text{ Ом.}$$

Ҳисоблаш компьютерда дастурий таъминот ёрдамида ҳам амалга оширилади (5.18-расм).

Параметрик стабилизаторни компьютерда дастурий таъминот ёрдамида ҳисоблашда дастлабки маълумотлар киритилиб, юклама қаршилиги, стабилитрон тури, чеклаш резистори ва терморезисторнинг номиналлари, K_{CT} стабилизациялаш коэффициенти, ΔU_K чиқиш кучланишининг ностабиллиги ва η стабилизаторнинг фойдали иш коэффициенти ҳисоблаш мумкин.



5.18-расм. Параметрик стабилизаторни ҳисоблаш.

2-мисол. Қуйидаги берилганлар бўйича ИМС асосидаги чиқкичи стабилизаторни ҳисоблаш: $U_{\text{ЧИК}}=5$ В чиқиш кучланиши, $I_{\text{ЧИК}}=1$ А чиқиш токи, $U_{\text{КИР}}=15$ В кириш кучланиши.

Интеграл стабилизатор турини, транзисторлар турлари ва уларнинг иш режимларини ва чеклаш резисторларининг номиналлари аниқлаш талаб қилинади.

1. 142ЕН туркумдаги микросхемалар фойдаланиладиган 6.28-расмдаги схема $U_{\text{КИР}}$ кириш кучланиши, $U_{\text{ЧИК}}$ чиқиш кучланиши ва $I_{\text{ЧИК}}$ чиқиш токи учун ҳисобланади. Схема юкламада қисқа туташув бўлганида токни берилган сатҳда чеклашни таъминлаши керак. Дастлаб интеграл микросхема тури танланади. Кейин юкламада қисқа туташув режимида транзисторда ажраладиган қувват шартидан келиб чиқиб, VT2 транзистор тури танланади. Токни чеклаш занжири максимал $I_{\text{ЧИК}}=I_{\text{Кмаx}}$ юклама токни ҳисобга олиб ҳисобланади.

2. Юкламада қисқа туташувда VT2 транзисторда қуйидаги ифода орқали аниқланадиган қувват ажралади:

$$P_{\text{VT2}} = U_{\text{ЧИК}} \cdot I_{\text{ЧИК}} = 5 \cdot 1 = 5 \text{ Вт.}$$

Чеклаш занжири компонентлари параметрлари ўзгаришлари (VT1 транзистор эмиттер-база ўтишидаги кучланиш ва R1 резисторнинг қаршилиги)ни ҳисобга олиб бу қувватни 30 фоизга ошириш ва қуйидагига тенг деб олиш тавсия қилинади:

$$P_{\text{VT2}} = 1,3 \cdot P_{\text{VT2}} = 1,3 \cdot 5 = 6,5 \text{ Вт.}$$

3. VT2 транзистор сифатида $I_{\text{К}}$ коллектор токида β статистик кучайтириш коэффициентига эга бўлган транзистор танланади. Бунда база токи қуйидагича аниқланади:

$$I_{\text{БVT2}} = I_{\text{Кмаx}} / (1 + \beta) = 1 / (1 + 10) = 0,09 \text{ А.}$$

VT2 транзисторнинг $U_{\text{БЭ}}$ кучланишини ва R2 резисторнинг қаршилиги ўзгаришини ҳисобга олиб, VT2 транзистор база токи 30 фоизга оширилади:

$$I_{\text{БVT2.УВ}} = 1,3 \cdot I_{\text{БVT2}} = 1,3 \cdot 0,09 = 0,113 \text{ А.}$$

4. VT1 транзистор тури танланади. Унинг очилиши учун R1 резистордаги кучланишнинг пасайиши 0,65 В дан кам бўлмаслиги керак. Шундан келиб чиқиб, R1 резисторнинг қаршилиги қуйидагича аниқланади:

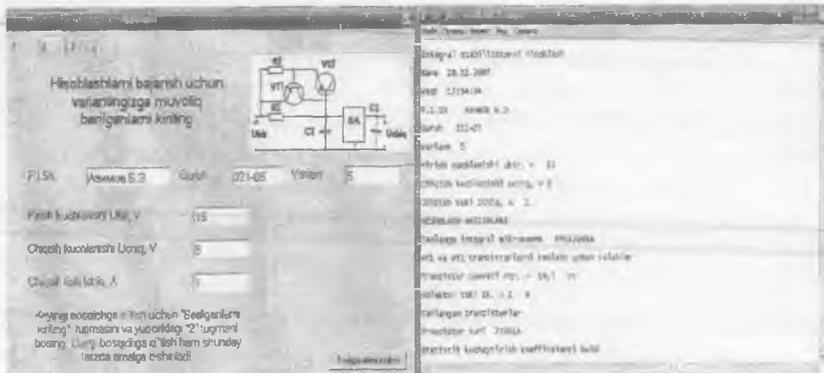
$$R1 = U_{\text{ЭБVT2}} / I_{\text{Кмаx}} = 0,113 / 1 = 0,113 \text{ Ом.}$$

VT1 транзисторни очилишига олиб келадиган юклама минимал токнинг ортиши $mI_{\text{Б}}$ га тенг бўлади, бу ерда m коэффициент 0,1..0,9 чегараларда олинади. У ҳолда R2 резисторнинг қаршилиги

куйдагига тенг бўлади:

$$R2 = U_{ЭБVT2} / mI_{Б, VT2.OPT} = 0,113 / (0,2 \cdot 0,09) = 6,27 \text{ Ом.}$$

Ҳисоблаш компьютерда дастурий таъминот ёрдамида ҳам амалга оширилади (5.19-расм).



5.19-расм. ИМС асосидаги чизикли стабилизаторни ҳисоблаш.

Интеграл стабилизатор турини, транзистор турлари ва уларнинг иш режимларини ва чеклаш резисторларининг номиналларини аниқлаш талаб қилинганда компьютерда дастури таъминот ёрдамида ҳисоблашимиз мумкин. Унда бошланғич параметрлар яъни кириш кучланиши, чиқиш кучланиши чиқиш токи киритиш билан ИМС асосидаги чизикли стабилизаторни ҳисоблашимиз мумкин.

3-мисол. Куйидаги берилганлар бўйича транзисторли компенсацион стабилизаторни ҳимоялаш қурилмасини ҳисоблаш: $U_{ЧИК} = 10$ В чиқиш кучланиши, $U_{КИР} = 15 \pm 1,5$ В кириш кучланиши, $\Delta U_{Ю} = 0,5$ В ўрнатиш аниқлиги, $\Delta T_C = 30^0$ С атроф-муҳит ҳароратининг ўзгариши ва $U_{Ю,МАХ} = 11$ В ҳимоянинг ишлаб кетиш кучланиши.

Реле, стабилитрон ва диод тури, транзистор тури ва унинг иш режими, R1, R2, R3, RP резистор турлари ва ҳимояни ишлаб кетишининг ҳарорат бўйича ҳатолигини аниқлаш талаб қилинади.

1. Реле тури куйидаги шартдан келиб чиқиб танланади:

$$U_{P,МАКС} = 13 \text{ В} < U_{КИР} - \Delta U_{Ю} = 15 - 1,5 = 13,5 \text{ В.}$$

ва танланган реленинг куйидаги параметрлари ёзиб олинади: чўлғамнинг $U_{P,МАКС}$ ишчи кучланиши, чўлғамнинг $I_{ЧИК}$ қаршилиги, контактлардаги $U_{Ю}$ кучланиш ва $I_{КИР}$ ток, чўлғамдан оқиб ўтиши мумкин бўлган $I_{ЧЎЛМАКС} = U_{P,МАКС} / I_{ЧИК}$ ток.

2. Куйидаги параметрларга эга бўлган стабилитрон танланади:

$$U_{СТ.МИН} = 4,2 \text{ В} > (U_{КИР} + \Delta U_{Ю} - U_{Р.МАКС}) = 15 + 1,5 - 13 = 3,5 \text{ В.}$$

$$U_{СТ.МАКС} = 5,2 \text{ В} > (U_{КИР} - \Delta U_{Ю} - U_{Р.МИН}) = 15 - 1,5 - 8,3 = 5,2 \text{ В.}$$

$$R_{ДИФ} = 56 \text{ Ом}, \alpha_n = 4,2 \text{ мВ}^\circ\text{С}, I_{СТ.МИН} = 3 \text{ МА.}$$

$$I_{СТ.МАКС} = 58 \text{ МА} > (I_{СТ.МИН} + I_{Ч.МАКС}) = 3 + 1,36 = 4,36 \text{ МА.}$$

Бу ерда, α_n – ҳарорат бўйича коэффициент.

Куйидаги параметрларга эга бўлган транзистор танланади:

$$U_{КЭ.МАКС} = 60 \text{ В} > (U_{КИР} + \Delta U_{Ю} - U_{СТ.МИН}) = 15 + 1,5 - 4,2 = 12,3 \text{ В.}$$

$$I_{К.МАКС} = 400 \text{ МА} > I_{Ч.МАКС} = 1,36 \text{ МА.}$$

$$h_{21Э.МИН} = 40, U_{БЭ} = 0,88, \alpha_T = 2 \text{ мВ}^\circ\text{С.}$$

$$U_{БЭ.МАКС} = 4 \text{ В} > (U_{Ю.МАКС} - U_{Ю} - \Delta U_{Ю}) = 11 - 10 - 0,5 = 1,5 \text{ В.}$$

Бу ерда, α_n – ҳарорат бўйича коэффициент;

$$h_{21Э.МИН} - \text{ток бўйича узатиш коэффициенти}; U_{БЭ} = 0,88 \text{ В.}$$

3. Транзисторнинг база токи куйидагича ҳисобланади:

$$I_B = I_{ОБ.МАКС} / h_{21Э.МИН} = 1,36 / 40 = 34 \text{ мкА.}$$

4. Резисторларнинг қаршиликлари куйидагича аниқланади:

$$R1 < (U_{Ю} - \Delta U_{Ю} - U_{СТ.МАКС}) / I_{СТ.МИН} = 1,4 \text{ кОм.}$$

$$R3 < (U_{СТ.МИН} + U_{БЭ}) / 20 I_B = 7,2 \text{ кОм.}$$

$$R2 < [(U_{Ю.МАКС} (U_{СТ.МАКС} + U_{БЭ})) - 1] R3 = 5,6 \text{ кОм.}$$

$$R_P < [(U_{Ю.МАКС} U_{СТ.МИН}) R3] - R2 - R3 = 5,3 \text{ кОм.}$$

$R1, R2, R3$ ва R_P резисторлар стандартга мувофиқ танланади.

5. Ҳимояни ишлаб кетишини ҳарорат бўйича хатолиги кучланиши куйидагича ҳисобланади:

$$\Delta U_{Н.МАКС} = (\alpha_n + \alpha_T) \Delta T_C / (U_{СТ.МИН} + U_{БЭ}) 100\% = 3,72\%.$$

6. Куйидаги параметрларга эга бўлган стабилитрон танланади:

$$I_{ТУФ} = 200 \text{ МА} > I_{ТЕС} = 1,36 \text{ МА.}$$

$$U_{ТЕС} = 50 \text{ В} > (U_{КИР} + \Delta U_{КИР}) = 16,5 \text{ В.}$$

Ҳисоблаш компьютерда дастурий таъминот ёрдамида ҳам амалга оширилади (5.20-расм).

6. Майдон транзисторидаги ўзгармас ток параметрик стабилизаторининг схемасини чизинг ва унинг ишлаш принципини тушунтиринг.

7. Қандай стабилизаторлар узлуксиз ростловчи компенсацион стабилизаторлар дейилади?

8. Узлуксиз ростловчи компенсацион стабилизаторларнинг тузилиш схемасидаги асосий элементларини айтинг ва уларнинг вазифаларини тушунтиринг?

9. Ростловчи элементи кетма-кет уланган узлуксиз ростловчи компенсацион стабилизатор схемасини чизинг ва унинг ишлаш принципини тушунтиринг.

10. Таркибий транзисторлардаги узлуксиз ростловчи компенсацион стабилизатор схемасини чизинг ва унинг ишлаш принципини тушунтиринг.

11. Интеграл микросхемалардаги узлуксиз ростловчи компенсацион стабилизаторларнинг ўзига хос хусусиятларини айтинг, схемасини чизинг ва унинг ишлаш принципини тушунтиринг.

12. Қандай стабилизаторлар импульсли стабилизаторлар дейилади ва уларнинг турларини айтинг.

13. Импульсли стабилизаторнинг тузилиш схемасини чизинг ва унинг ишлаш принципини тушунтиринг.

14. Кенглик-импульсли модуляцияли импульсли стабилизатор схемасини чизинг ва ишлаш принципини тушунтиринг.

VI. ЎЗГАРТИРГИЧЛАР

6.1. Ўзгартиргичлар турлари

Кўчма телекоммуникация аппаратураларини электр энергияси билан таъминлашда бирламчи электр энергияси сифатида кичик кучланишли ўзгармас ток манбалари (гальваник элементлар, аккумуляторлар, термогенераторлар, куёш ва атом батереялари) ишлатилади. Турли хилдаги телекоммуникация аппаратураларининг электр таъминоти учун эса турли номиналдаги ўзгармас ва ўзгарувчан кучланишлар зарур бўлади. Шунинг учун бир номиналдаги ўзгарувчан ёки ўзгармас кучланишни иккинчи номиналдаги ўзгарувчан ёки ўзгармас кучланишга ўзгартириш талаб қилинади. Бу вазифани ўзгартиргичлар бажаради. Ўзгартиргичлар электр таъминот манбаи кучланишини аппаратуралар алоҳида қисмларини электр таъминоти учун талаб қилинган турдаги ва номиналдаги кучланишларга ўзгартириб бериш учун хизмат қилади [12].

Ўзгартиргичлар икки турга бўлинади. Ўзгармас ток энергиясини ўзгарувчан ток энергиясига ўзгартириб берувчи ўзгартиргичлар *инверторлар* дейилади ва ўзгартириш жараёни инверторлашдан иборат бўлади.

Агар ўзгартиргич чиқишида ўзгармас кучланиш олиними талаб қилинса, у ҳолда инвертордан кейин тўғрилагич ва филтёр қўйилади. Бундай бир кучланишли ўзгармас ток энергиясини бошқа кучланишли ўзгармас ток энергиясига ўзгартирувчи ўзгартиргич *конвертор* дейилади ва ўзгартириш жараёни конверторлашдан иборат бўлади.

Инвертор ҳар қандай ўзгартиргичнинг асосий қисми ҳисобланади. Инверторлар куйидаги белгиларига қараб синфларга бўлинади:

- ўзгартирилувчи катталиқ турига қараб: ток инверторлари ва кучланиш инверторлари;
- иш тактига қараб: бир тактли ва икки тактли инверторлар;
- қалит элементлари турига қараб: транзисторли ва тиристорли инверторлар;

– кўзгатиш усулига қараб: мустақил ва ўз-ўзидан кўзгатишли инверторлар;

Транзисторли инверторлар қуйидаги туркумларга бўлинади:

– транзисторларнинг уланиш схемаларига қараб: умумий эмитерли ва умумий коллекторли инверторлар;

– тескари алоқа турига қараб: кучланиш бўйича тескари алоқали, ток бўйича тескари алоқали, ток ва кучланиш бўйича тескари алоқали инверторлар;

Тиристорли инверторлар қуйидагича турланади:

– тиристорлар коммутациясига қараб: тармоқ орқали ва автоном;

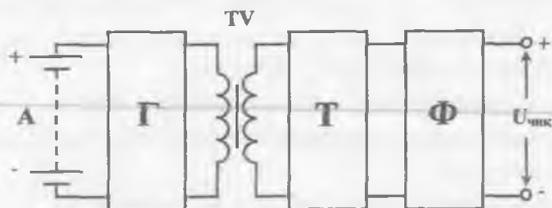
– юкламага нисбатан коммутацияловчи сифимнинг уланишига қараб: кетма-кет, кетма-кет параллел ва параллел. Ярим ўтказгичли ўзгартиргичларнинг афзалликлари ишончлилиқ, юқори ФИК, кичик ҳажм ва ишлатиш муддатининг узоклигидир.

6.2. Бир тактли ўзгартиргичлар

Транзисторли ўз-ўзидан кўзгатишли ўзгартиргичларнинг (автогенераторлар) ўзгармас кучланишни ўзгартириш жараёнини 7.1-расмда келтирилган тузилиш схемасидан фойдаланган ҳолда тушунтириш мумкин. Ўзгармас ток манбаи Аккумулятор батареяси (АБ) ҳисобланиб, ундан унча катта бўлмаган $U_{кпр}$ кучланиш ТҮ трансформаторга берилади. Тр трансформатор ўзгарувчан кучланишнинг шаклланиши ва унинг қийматини ўзгартириш учун хизмат қилади. Аккумулятор кучланиши ўзгармас бўлганлиги учун аккумулятор ва трансформатор орасига ўзгармас ток занжирини даврий равишда узиш ва улаш мақсадида 350–400 Гцли ток узгичи қўйиш зарур. Ўзгармас ток узгичи сифатида транзисторли Г генератор хизмат қилади [10,12].

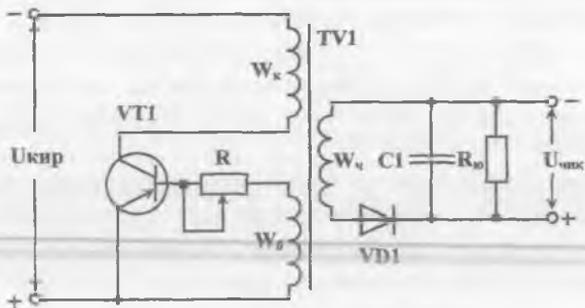
Трансформатор бирламчи чўлғамидаги токнинг узилиши магнит ўтказгичда вақт бўйича ўзгарувчан $\Phi(t)$ магнит оқимини вужудга келтиради. Натижада чўлғамларда магнит оқими ўзгариш тезлигига ва чўлғам ўрамлар сонига пропорционал бўлган ЭЮК индукцияланади. Шундай қилиб ўзгармас кучланишдан тўғри бурчакли импульслар шаклидаги ўзгарувчан кучланиш олинади, яъни инверторлаш амалга оширилади. Тўғри бурчакли импульслар трансформатор ёрдамида амплитуда бўйича ўзгартирилади ва кейин Φ силиқловчи филтёрли Т тўғрилагичга берилади. Тўғрилагич

чиқишидан кириш кучланишидан талаб қилинган қийматга фарқланувчи ўзгармас кучланиш олинади.



6.1-расм. Ўз-ўзидан қўзғатишли бир тактли ўзгартиргич (автогенератор)нинг тузилиш схемаси.

Ўз-ўзидан қўзғатишли транзисторли бир тактли ўзгартиргичнинг (6.2-расм) принципиал схемаси $U_{кпр}$ ўзгармас кучланиш манбаи, автогенератор схемаси бўйича калит режимда ишловчи VT транзисторда йиғилган ток узгичи, магнит ўтказгичи тўғри бурчакли гистерезис ҳалқали импульсли TV1 трансформатор, T бир ярим даврли тўғрилагич, Ф филътр ва юкламадан ташкил топган.



6.2-расм. Ўз-ўзидан қўзғатишли транзисторли бир тактли ўзгартиргичнинг принципиал схемаси.

Ўзгартиргичнинг ишлаш принципи импульс трансформатори бирламчи чўлғамида калит равишда ишловчи VT1 транзистор ёрдамида ўзгармас токни узишга асосланган. Коллектор занжирига $U_{кпр}$ ўзгармас кучланиш қўйилганда трансформаторнинг W_k бирламчи чўлғамидан ток оқиб ўта бошлайди. Уланиш моментидан бошлаб ток оний равишда эмас, маълум қонун бўйича ортади. Шу-

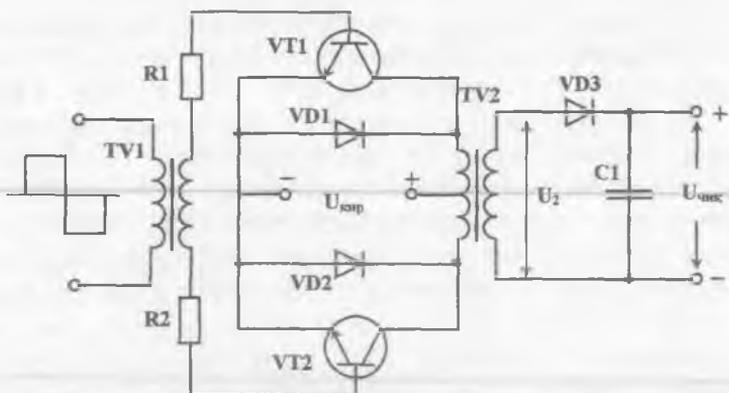
нинг учун ток импульс трансформатори магнит ўтказгичида ўсувчи магнит оқимини вужудга келтиради. Бу ўзгарувчан магнит оқими W_6 тескари алоқа чўлғамида ўзиндукцион ЭЮКни вужудга келтиради. W_6 тескари алоқа чўлғамининг учлари база-эмиттер оралikka шундай уланганки, коллектор токи ортганда базага очувчи потенциал келади. Транзистор очила бориб, бундан кейинги кол-лектор тоқининг ортишига имконият яратади, яъни схемада мусбат тескари алоқа амалга оширилади. Коллектор ва база тоқларининг бундай кўчкисимон равишда тез ортиши магнит оқими тўйингунча давом этади. Кейин бу тоқларнинг ортиши тўхтади ва ўзгармас тоқда трансформатор чўлғамларида ЭЮК индукцияланмайди. Натижада транзистор базасига очувчи потенциал келмайди ва у ёпила бошлайди.

Транзистор ёпилишидаги коллектор тоқининг камайиши қарама-қарши йўналишдаги ЭЮКни ҳосил қилади ва базага транзисторни ёпувчи кучланиш берилади. Бирламчи чўлғам тоқи узилади. Шундай қилиб транзистор, импульс трансформатори ва таъминот манбаи кучланиш бўйича трансформаторли тескари алоқали релакцион генераторни ташкил қилади. У ўзгармас тоқнинг узилишини таъминлайди. Трансформаторнинг иккинчи чўлғамидан ўша частота ва кутбадаги, лекин амплитудаси ортган шаклдаги импульслар олинади. Бу импульслар V_{D1} диодда йиғилган тўғрилагичга берилади. Тўғрилагичдан кейин R_{Σ} юкламада талаб қилинган қийматдаги ўзгармас кучланиш шаклланади.

Бир тактли ўзгартиргичнинг афзаллиги уни схемасининг соддалиги ва ишончилигидир. Камчилиги эса магнит ўтказгичнинг доимий магнитланиш натижасида коллектор чўлғамидан ток фақат бир йўналишда оқиб ўтади.

6.3. Икки тактли ўзгартиргичлар

Энг содда тузилган икки тактли ўзгартиргич схемасида $TV1$ куч трансформаторининг икки бирламчи чўлғами $VT1$ ва $VT2$ транзисторларнинг базалари билан уланган, бирламчи таъминот манбаи $U_{\text{кв}}$ эса транзисторлар эмиттерлари ва $TV2$ трансформатор бирламчи ярим чўлғамлари ўрта нуқтаси орасига қўйилган (6.3-расм).



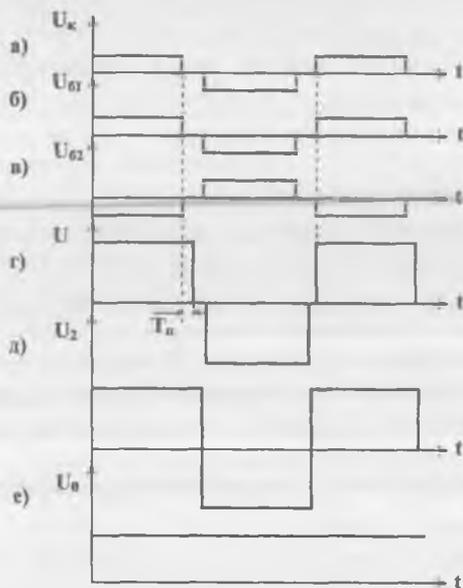
6.3-расм. Мустақил қўзғатишли икки тактли ўзгартиргичнинг принципиал схемаси.

Агар куч транзисторларини нолили узилишсиз тўғри бурчакли кучланиш импульслари билан қўзғатилса (6.4д-расм), у ҳолда базадаги асосий булмаган ташувчиларнинг заряд сўриш вақтига тенг бўлган вақтда ҳар иккала транзистор очик бўлади, бу эса куч трансформатори бирламчи чўлғамининг қисқа вақтли туташувиغا тенгдир. Бундай ҳар бир ярим давр охиридаги қисқа вақтли туташувларнинг салбий оқибатларини бартараф қилиш учун инвертор схемасига қўшимча элементлар киритиш лозим бўлади [4].

Инвертор актив-индуктив характеридаги юкламада ишлаганида юклама токи кутбларининг ўзгариши моментлари чиқиш кучланиш кутблари ўзгариш моментларига, шунингдек, куч транзисторларини қайта уланиш моментларига нисбатан кечга қолади. Бу ҳар бир ярим даврнинг бошланғич қисмида куч транзистори орқали тескари йўналишда ток ўтишига, яъни тескари токни вужудга келишига олиб келади.

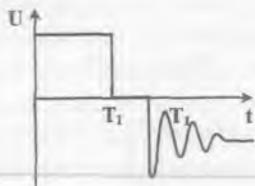
Транзистор орқали оқиб ўтадиган тескари ток импульси ўз йўналишини ўзгартирмаган юклама токи трансформаторнинг бошқа бирламчи чўлғамига ва куч транзисторига трансформацияланади. Инверс режимда ишлаётган транзисторнинг ток бўйича кучайтириш коэффиценти кичик бўлади. Бундай коллектор токида транзистор тўйиниш режимдан чиқиб кетиши куч занжиридаги қўшимча қувват исрофларига ва транзисторнинг куйишига олиб келиши мумкин.

Куч транзистори орқали оқиб ўтадиган тескари токни камай-тириш учун инвертор схемасида куч транзисторларига параллел равишда шунтловчи VD1 ва VD2 диодлар уланади. Бундай диодлар агар инвертор салт ишлаганида ишлай олса ҳам, юклама равишда қўйилиши мумкин. Бунда индуктив ток ҳисобланган TV1 трансформаторнинг магнитлаш токи ярим даврининг бир қисми давомида тескари йўналишда оқиб ўтади. Баъзида шунтловчи диодларнинг йўқлигида бундай магнитловчи ток куч транзисторларнинг ишдан чиқишига олиб келиши мумкин.



6.4-расм. Мустақил қўзғатувчи икки тактли ўзгартиргичнинг вақт диаграммалари.

Транзисторларнинг коммутацияланишини осонлаштириш мақсадида тўғрилагич таркибига қўшимча зарядсизлаш диоди кири-тилади (6.3-расм). Аввал очиқ бўлган диоднинг ёпилишидан сўнг чиқишдаги кучланиш сакраш орқали ўз кутбини ўзгартиради ва бу кутб ўзгаришига сўнувчи юқори частотали тебранишлар сабаб бўлади (6.5-расм).



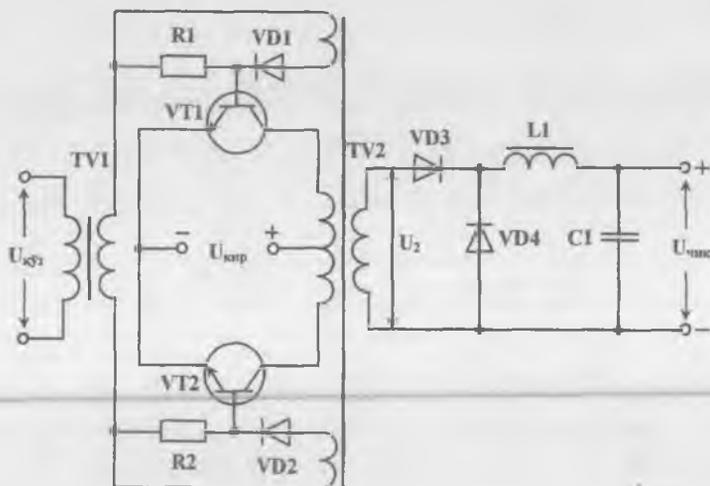
6.5-расм. Сунувчи юқори частотали тебранишларнинг пайдо бўлиши.

Бу тебранишлар трансформатор индуктив тарқалишининг қайта зарядланиши, ўраamlаро сиғим ва монтаж сиғимлари оқибатида вужудга келади. Катта қувватли ўзгартиргичларда улар радиоҳалақитларнинг интенсив манбаи ҳисобланади. Шунинг учун баъзида юкламаси индуктив элементдан бошланувчи ўзгартиргичлардан фойдаланмасликка мажбур қилади.

Мустақил қўзғатишли инверторлар транзисторларининг коллектор токининг кескин ортиб кетиши ҳам юқори частотали ҳалақитларни келтириб чиқаради. Бундан ташқари улар транзисторларнинг ортиқча юкланишига сабаб бўлади. Бундай камчиликлардан қутилишнинг фақат ягона усули, биринчи транзистор очилишини иккинчи транзисторнинг ёпилишигача кечиктириш усулидир. Бу шарт инвертор транзисторларини носимметрик импульслар ёки нолли узилиш импульслар билан бошқарилганда бажарилади. Бу ҳар иккала усул қўзғаткич схемасини қуришда ўзаро боғлиқ бўлган қийинчиликларга эга ва тўғрилагич юкламаси ўзгарувчан бўлганда яхши натижаларни бермайди. Транзисторнинг узилиш вақти коллектор токига боғлиқ, шунинг учун уланишни кечиктириш инвертор юкламасининг ўзгаришига мос алмашиши керак.

Қайтар токлардан тузатиш схемаси билан боғланган инвертор схемаси бу камчиликлардан ҳолидир (6.6-расм). Ундаги инвертор трансформаторининг қўшимча W_2 чўлғамларидан олинадиган кучланиш транзисторлар очилишини кечиктириш учун хизмат қилади. У чиқиш кучланишини кутби ўзгармагунча ёпиқ бўлган транзисторни очилишини ушлаб туришга имкон беради. Шунинг учун фақат бир елка транзистори ёпилгандан кейингина, иккинчи елка транзистори базасига очувчи кучланиш келади. Транзистор узилганда база занжиридаги диод ёпилади ва W_2 қўшимча чўлғамлардан олинадиган ёпувчи кучланиш базага келмайди. Бундай инвертор

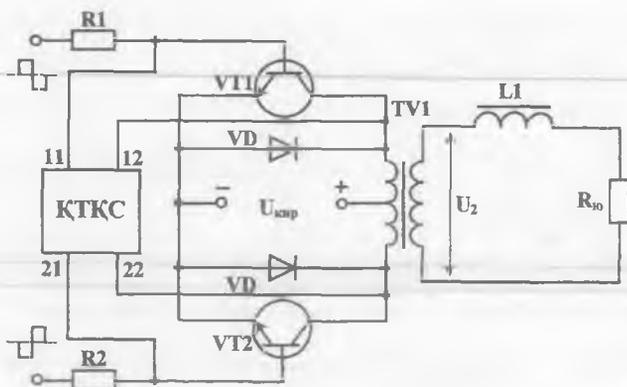
схемасида коллектор токи импульсларида кескин ортиш бўлмайди, чиқиш кучлиниши эса нолли узилишларсиз бўлади. Коммутацион жараёнлар уларда деярли бўлмайди.



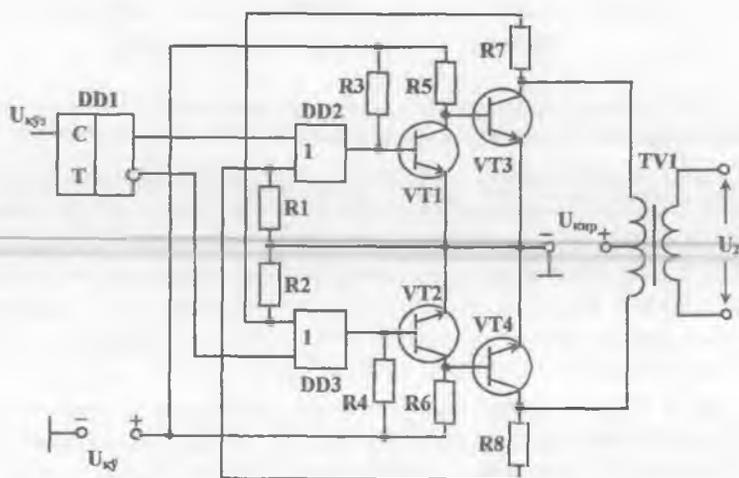
6.6-расм. Қайтар токлардан тузатиш схемаси билан боғланган инверторли ўзгартиргичнинг схемаси.

6.6-расмда келтирилган инвертор куч занжири TV1 трансформатордан VT1 ва VT2 транзисторлардан, VD1 ва VD2 диодлардан иборат. Инверторнинг юкламаси трансформаторнинг иккиламчи чўлғамидаги L1 индуктив элемент ва R_Ю резистор ҳисобланади. Транзисторлар бири паузаларсиз тўғри бурчакли импульслар орқали коммутацияланади. Бу импульслар кўзгатгичдан транзистор базаларига R1 ва R2 резисторлар орқали берилади. Шунингдек, бу резисторлар тўйинган транзисторлар база тоқларини чеклайди. Аввал айтиб ўтилганидек, бундай кўзғатиш куч занжирида қисқа вақтгли қисқа туташувларни вужудга келтиради. Бу вақтларда ҳар иккала транзисторлар очик бўлади ва уларда трансформаторнинг бирламчи чўлғамларида коммутацион тоқлар кескин ортади. VT1 ва VT2 транзисторлар коммутацион тоқлари трансформаторнинг бирламчи чўлғамлари ўрта нуқтасидан U_{квp} таъминот манбаининг минус қутбига оқиб ўтади, яъни трансформаторнинг иккиламчи чўлғамига трансформацияланмайди ва шунинг учун бу тоқлар қайтар тоқлар дейилади.

Коммутация жараёнини яхшилаш мақсадида инвертор схема-сига қўшимча равишда қайтар тоқлардан қутилиш схемаси (КТҚС) киритилади (6.7-расм).



6.7-расм. Коммутацион хусусиятлари яхшиланган инверторли ўзгартиргич схемаси.



6.8-расм. Бошқариш схемасида мантикий элементлардан фойдаланилган коммутацион хусусиятлари яхшиланган инверторли ўзгартиргич схемаси.

У иккита киришга (11 ва 21) ва иккита чиқишга (12 ва 22) эга. VT1 транзисторнинг ёпиқ ҳолатига мос келадиган инверс чиқиш кучланишининг кутбига схеманинг 12 очиқ ва VT1 транзисторнинг эмиттер-база ўтишини шунтлайди ва кўзгатиш занжирини VT1 транзисторни очишига VT2 транзистор ёпилмагунча ва чиқиш кучланишининг кутби ўзгармагунча, яъни схеманинг 21 киришида мусбат потенциал бўлмагунча йўл қўйилмайди.

6.8-расмда тасвирланган ўзгартиргич инверторининг қайтар тоқлардан қутилиш схемасида учта DD1, DD2 ва DD3 мантиқий элементлардан фойдаланилган.

DD1 микросхема триггер бўлиб, чиқишда (1 ва 2 чиқишлар) ўзаро фаза бўйича 180° га сурилган мусбат импульслар кетма-кетлигини шакллантиради. Бу импульслар кетма-кетлиги VT1 ва VT2 транзисторларни очилиши учун зарур бўладиган импульсларни шакллантириш учун хизмат қилади. Бунда DD2 ва DD3 микросхемалар (мослаштириш схемаси) ҳам иштирок этади. Уларнинг биринчи киришларига берилган импульслар, иккинчи киришларида мусбат потенциал бўлмагунча, уларнинг чиқишларига ўтмайди (мусбат потенциал аввал очик бўлган транзистор ёпилгандан кейингина пайдо бўлади). Шу тарзда R7 ва R8 резисторлар орқали карама-қарши елканинг куч транзистори коллектори билан иккинчи киришларнинг алоқаси таъминланади.

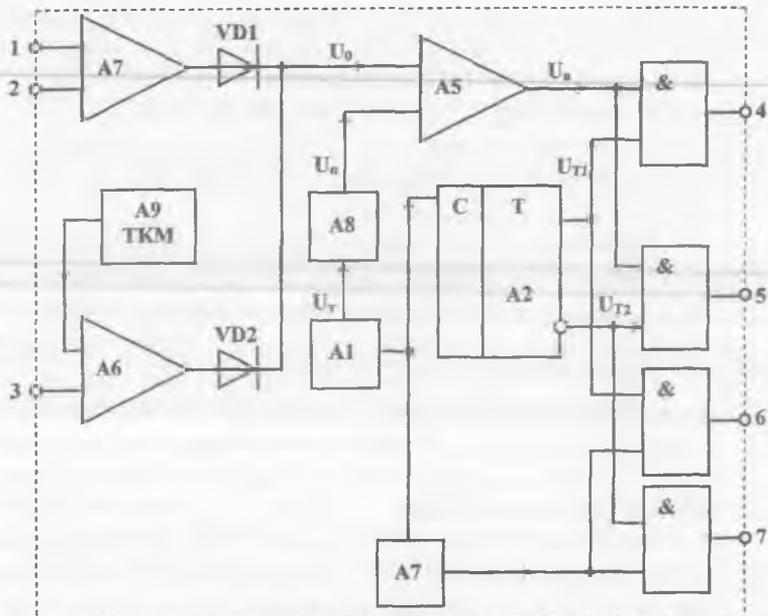
6.4. Ўзгартиргич инверторларининг бошқариш занжирлари схемалари

Инверторларни бошқаришда катта даражали интеграцияли микросхемалар амалда кенг қўлланилмоқда. Бундай микросхемалар таркибига аналог сигнални КИМли импульслар кетма-кетлигига ўзгартиришдан ташқари қатор ёрдамчи қисмлар киради [4,8].

Инверторли бошқаришда 5.5 да келтирилган (5.16-расм) катта интеграл микросхема қўлланилиши мумкин. Бу интеграл микросхеманинг 1 ва 2 чиқишлари КИМли катта тактли ўзгартиргич куч транзисторларини бошқариш учун, 3 ва 4 чиқишлари эса инвертор транзисторларини коммутациялаш учун хизмат қилади (6.9-расм).

1 ва 2 чиқишларда КИМ-сигналнинг шаклланиши аввал кўриб чиқилган. Шунинг учун 3 ва 4 чиқишларда ўзгартиргич транзисторларини бошқариш сигналларини шакллантиришни кўриб чиқамиз.

A2 триггер киришига бериладиган такт даври $2T$, ҳажми $0,5$ бўлган импульслари унинг чиқишларида U_{T1} ва U_{T2} импульслар кетма-кетлигини вужудга келишига олиб келади (6.10а,б-расмлар).



6.9-расм. Битта кристаллда катта микросхема тарзида йиғилган бошқариш занжири.

Бундан ташқари такт импульслари A7 ҳимоя импульслари генераторига ҳам берилади. Унинг чиқишида импульслар орасидаги узунлиги T_3 га тенг бўлган паузали U_3 кучланиш олинади. Бу пауза ўзгартиргич инвертори куч қисмида қайтар тоқларни пайдо бўли-шини йўқотиш учун зарур бўлади. Ҳимоя импульслари A5 ва A6 мослаштириш схемаларининг биринчи киришига берилади. Уларнинг иккинчи киришига U_{T1} ва U_{T2} импульслар кетма-кетлиги берилади.

Мослаштириш схемалари чиқишларида 6.10 д,е-расмларда кўрсатилган узунлиги $T-T_3$ ва такрорланиш даври $2T$ бўлган импульслар кетма-кетлиги шаклланади.

Бошқариш қурилмаларида K1114EY1 интеграл микросхемани қўлланилиши ўзгартиргичнинг кўрсаткичларини яхшиланишини таъминлайди (6.11-расм).

Бу микросхема таркибида ўзгартиргични бошқариш, химоялаш ва ёкиш учун зарур бўлган барча қисмлар бор. А1 звено таянч кучланиши ва ёрдамчи стабил +15В кучланиш манбаи ҳисобланади. Хатолик сигнали кучайтиргичи (А2 звено), компаратор (А3 звено) ва аррассимон кучланиш генератори А4 КИМ занжирини ташкил қилади. Ўзгартиргичнинг химоя тизимига кириш кучланишини камайишини назорат қилиш учун А8 звено, кириш кучланиши ортишини назорат қилиш учун эса А9 звено қиради, шунингдек А10 звено ток бўйича химоя қисми ҳисобланади. Юқорида айтиб ўтилганлардан ташқари микросхема таркибига VT1 ва VT2 транзисторларни коммутацияловчи чиқиш бошқариш импульсларини шакллантирувчи қисмлари ҳам қиради. Бу транзисторлар эса кичик қувватли ўзгартиргичларда куч транзисторлари сифатида ўрта ва юқори қувватли ўзгартиргичларда эса дастлабки қувват кучайтиргичи сифатида ишлатилади [2,3,6].

Таққослаш занжири бўлгичидан тескари алоқа сигнали А2 кучайтиргич киришидан бирига берилади. Кучайтиргичнинг бошқа иккинчи киришига А1 звено чиқишидан таянч кучланиши берилади. Тескари алоқа кучайтиргичи чиқишидан кучайтирилган хатолик сигнали олинади ва КИМ компаратори (А3 звено) киришига берилади. Аррассимон кучланиш генератори (А4 звено) кучланиши КИМ компараторининг иккинчи киришига берилади. Компаратор чиқишидан КИМли импульс кучланиш А6 ва А7 импульс селекторларига берилади. Бу микросхемалари киришига яна А5 триггер чиқишидан импульслар берилади, бунда А6 звено киришига триггернинг ноинверсловчи чиқиш импульслари (6.10б-расмга ўхшаш), А7 звено киришига эса триггернинг инверсловчи чиқиш импульслари берилади (6.10в-расмга ўхшаш). Шунга қара А5-А7 звено фазалар аралаштиргичи сифатида ишлайди. А7 звено чиқишидаги импульслар А6 звено чиқишидаги импульсларга нисбатан фаза бўйича 180° га сурилган бўлади.

VT1 ва VT2 кичик қувватли транзисторлар кучайтиргичлар ҳисобланади ва КИМли импульсларни икки тактли ўзгартиргичнинг куч транзистор-калитларига узатиш имконини беради. Ташки С1 конденсатор ва R1 резистор импульсларнинг такрорланиш частотасини ўрнатиш ва ростлаш учун хизмат қилади. R2 резисторининг қаршилиги импульслар орасидаги химоя паузасининг узунлигини аниқлайди.

6.5. Кучланиш ўзгартиргичлари асосидаги импульсли электр таъминоти манбалари

Телекоммуникацион аппаратуралар электр таъминоти манбаларининг ҳажми ва массаси тармоқ трансформатори, паст частотали филтър параметрлари ва чизикли стабилизаторнинг ростловчи элементидаги иссиқлик ажралишлари орқали аниқланади. Оши-рилган частотада ишлайдиган ва импульсли режимли ўзгармас кучланишни ростлагичли электр таъминоти манбаларининг ҳажми ва массаси сезиларли кичик. Лекин, телекоммуникацион аппарату-ралар учун кичик ҳажмли электр таъминоти манбаларини интеграл микросхемаларда йиғиш учун бу манбаларнинг параметрлари талабларни қониқтирмайди [10].

Трансформаторсиз киришли электр таъминоти манбалари яхши кўрсаткичлага эга. Уларда тармоқ кучланиши дастлаб кириш тўғрилагичида тўғриланади, кейин тўғриланган кучланишнинг пульсацияси сиғим филтър орқали силлиқланади, ундан кейин ўзгармас кучланиш инверторда юқори частотали тўғри бурчакли шаклдаги ўзгарувчан кучланишга ўзгартирилади. Бу кучланиш куч трансформаторининг иккиламчи чўлғамига талаб қилинадиган қийматга трансформацияланади, яна тўғриланади, силлиқланади ва юкламага узатилади.

Трансформаторсиз киришли электр таъминоти манбаларининг тузилиш схемалари 6.12 ва 6.13-расмларда келтирилган. Бундай схемаларда электр таъминоти манбаи чиқиш занжирини кириш таъминот тармоғидан ажратиш инвертор трансформатори орқали амалга оширилади.



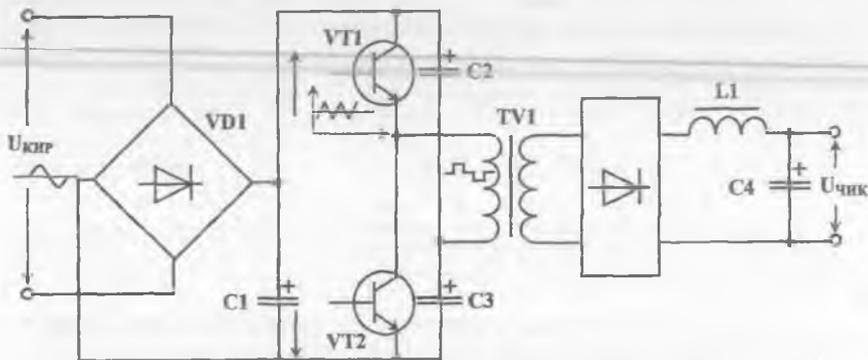
6.12-расм. Инвертордан олдин стабилизатор қўйилиши билан стабиллаш амалга ошириладиган трансформаторсиз киришли электр таъминоти манбаининг тузилиш схемаси.

Чикиш кучланишини стабиллаш инверторда кенглик–импульсли модуляция услуги билан, шунингдек, инвертордан олдин ёки ундан кейин стабилизатор қўйиш орқали амалга оширилади.



6.13-расм. Инверторда кенглик–импульсли модуляция услуги билан стабиллаш амалга ошириладиган трансформаторсиз киришли электр таъминоти манбаининг тузилиш схемаси.

Ярим кўприксимон ростланадиган инвертор асосидаги трансформаторсиз киришли электр таъминоти манбаининг принципиал схемаси 6.14-расмда келтирилган. Тармоқ кучланиши бевосита кўприксимон тўғрилагичга берилади ва унинг чиқишидаги ўзгармас кучланиш инверторга берилади. Инверторнинг транзисторлари кенглик–импульсли модуляцияланган сигнал таъсирида навбатма-навбат очилади. Инвертор чиқишида оширилган частотали (20 кГц атрофида) икки қутбли кенглик–импульсли модуляцияланган кучланиш олинади. Кейин бу кучланиш тўғриланади ва LC-фильтр ёрдамида силлиқланади.



6.14-расм. Ярим кўприксимон ростланадиган инвертор асосидаги трансформаторсиз киришли электр таъминоти манбаининг принципиал схемаси.

Кичик ҳажмли электр таъминоти манбаларини куриш учун куч транзисторлари юқори вольтли бўлиши ($U_{КЭ, макс. рух} > 350-400 В$), $I_{К} = 5-10 А$ коллектор токларини ўтказиши, кичик $U_{КЭ, тўй} = 1-2 В$ тўйиниш кучланишларига эга бўлиши, инверторнинг $50-100 кГц$ ва ундан юқори частоталарда ишлай олишини таъминлаши керак. Тўғрилаш диодлари юқори частотали ($f > 50-100 кГц$) ва кичик вақтли қайта уланишга эга бўлиши керак.

Радиоэлектрон аппаратураларнинг нормал ишлаши учун стабил тоқлар ва кучланишлар зарур. Электр таъминоти манбалари ўзгартиргичлари чиқишидаги кучланиш эса кириш таъминот кучланиши ўзгарганида ўзгаради [10].

Бу билан электр таъминоти манбалари ўзгартиргичларида стабиллизаторларнинг қўлланилиши зарурати юзага келади.



6.15-расм. Стабилловчи кучланиш ўзгартиргичларининг тузилиш схемалари.

Стабилловчи ўзгартиргичлар деб кириш таъминот кучланиши ва чиқиш занжири юклама токи ўзгарганида чиқишида берилган аникликдаги $U_{\text{чик}}$ ўзгармас кучланишни таъминлайдиган қурилмага айтилади.

Ўзгартиргичларда кучланишни стабиллаш турли услубларда амалга оширилади. Стабилловчи кучланиш ўзгартиргичларининг тузилиш схемалари 6.15-расмда келтирилган.

Одатда, битта ўзгартиргич ўз чиқишида бир неча кучланишларни, яъни бир неча таъминот каналларини шакллантиради (6.15,а-расм).

Марказлаштирилган вольт қўшишли стабилизаторли ўзгартиргичлар (6.15,а-расм) чиқишида 100 Вт атрофидаги қувватни таъминлайди.

Ростланадиган ўзгартиргич ёрдамида бир неча чиқиш каналларини марказлаштирилган стабиллашли ўзгартиргичлар тежамлироқ ҳисобланади (6.15,в-расм). Бу ўзгартиргичда ўзгартириш ва стабиллаш умумлаштирилган бўлиб, бунинг ҳисобига фойдали иш коэффициенти ортади. У кенглик-импульсли модуляция режимида ишлайди.

Марказлаштирилмаган стабиллаш услубида кириш кучланиши туғридан-туғри ўзгартиргичга берилади, чиқишда эса ҳар бир каналга алоҳида чизиқли ёки импульсли стабилизатор қўйилади (6.15,в-расм). Чиқиш кучланиши бу схемада юқори стабилликка, фойдали иш коэффициенти паст қийматга эга бўлади.

Стабилланган ўзгармас кучланиш ўзгартиргичга берилади ва унинг чиқишидаги кучланиш стабил ушлаб турилади.

Стабиллашнинг бу услуби кўп каналли электр таъминоти манбаларида ўзгартиргичдан бир неча бир стабилланган (3–5 %) чиқиш кучланишларини олиш зарурати бўлганида қўлланилади. Бу схемада стабиллаш узлуксиз ва импульсли режимларда амалга оширилиши мумкин

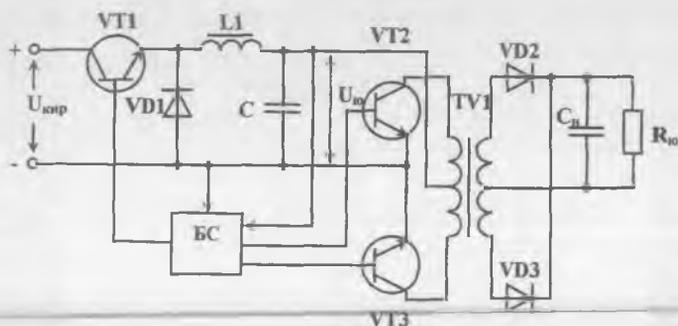
Биринчи услуб бўйича қурилган схемалар кичик фойдали иш коэффициентига эга бўлгани учун 2 Втгача қувватдаги электр таъминоти манбаларида қўлланилади.

Марказлаштирилган импульсли ўзгартиргичлар тежамлироқ ҳисобланади. Бундай ўзгартиргичлар ушлаб ваттларгача чиқиш қувватли кўп каналли электр таъминоти манбаларида қўлланилади.

Чиқиш кучланишини импульсли услубда стабилланадиган ўзгартиргичлар энг тежамли ҳисобланади. Бунда куч транзис-

торларининг импульсли ишлаш режими фойдали иш коэффициентини оширади, частотанинг 300 кГцгача оширилиши эса унинг ҳажмини ва массасини камайтиради.

Импульсли стабилизаторли киришли ўзгартиргичнинг принциал схемаси 6.16-расмда келтирилган.



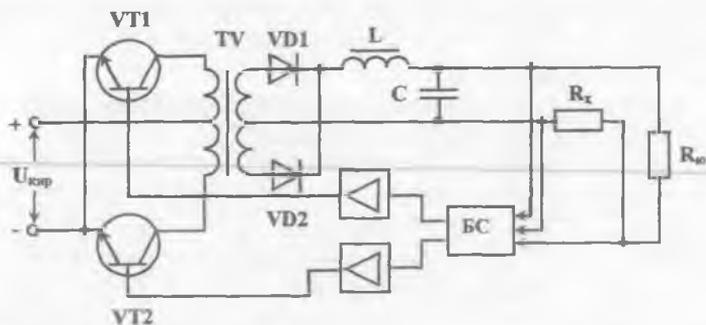
6.16-расм. Импульсли стабилизаторли кириш ўзгартиргичининг принциал схемаси.

У 6.15а-расмда келтирилган тузилиш схемаси бўйича йиғил-ган ва VT1 транзистордаги импульсли стабилизатордан, VD диод, L дроссел ва C конденсатордан иборат демодуляцияловчи филтрдан, VT1 ростловчи транзистор ва VT2 ҳамда VT3 транзисторлардаги икки тактли кучайтиргични қайта уланиш режимларини бошқарадиган БС бошқариш схемасидан ташкил топган.

Схеманинг ишлаш принципи қуйидагича. Ўзгармас $U_{квp}$ кириш кучланиши VT1 транзистордаги импульсли стабилизатор киришига берилади ва унинг чиқишидан LC килтвр орқали мустақил қўзғатишли кучланиш ўзгартиргичи вазифасини бажарадиган VT2 ва VT3 транзисторлардаги қувват кучайтиргичи киришига берилади.

Унда ўзгармас кучланиш нолли паузасиз тўғри бурчакли ўзгарувчан кучланишга ўзгартирилади. TV1 трансформаторнинг иккиламчи чўлғамидаги трансформацияланган кучланиш VD2 ва VD3 диодлардаги икки тактли тўғрилагичга берилади, тўғриланади ва C_n сиғим филтрда силлликланади.

Ростланадиган икки тактли ўзгартиргичнинг принциал схемаси 6.17-расмда келтирилган. У 6.15в-расмда келтирилган тузилиш схемаси бўйича йиғилган. Ўзгармас $U_{квp}$ кириш кучланиши дастлаб VT1 ва VT2 транзисторлардаги ўзгартиргичга берилади.



6.17-расм. Ростланадиган икки тактли ўзгартиргичнинг принцинал схемаси.

Ўзгартиргич ишини бошқариш бошқариш схемасидан кенглик бўйича модуляцияланган импульсларнинг берилиши орқали амалга оширилади. Бу импульслар $R_{Ю}$ юкламадаги чиқиш кучланишини назорат қилади ва импульслар кенглигини шундай ўзгартириладики, $U_{КИР}$ кириш кучланиши ёки юклама токи ўзгарганида чиқиш кучланишининг ўртача қиймати берилган аниқликда ўзгармас ушлаб турилади.

Интеграл микросхемалар ростланадиган ўзгартиричда бошқариш схемалари сифатида қўлланилиши мумкин. Лекин, интеграл микросхемаларнинг чиқиш тоқлари қувватли куч транзисторларини бошқариш учун етарли бўлмайди. Шунинг учун, бошқариш схемасидан кейин сигнал қўшимча кучайтиригичда кучайтирилади ва кучайтирилган фарқ сигнали қувватли куч транзисторларинини киришига берилади. Ўзгартиргичда қувватли куч транзисторларини ток бўйича ортиқча юкланишдан ёки қисқа туташувдан ҳимоялаш бошқариш схемасидан $R_{ХИМ}$ ҳимоя резисторидан ортиқча юкланиш ҳақида сигнал олиниши орқали амалга оширилади.

Амалий машк

1-миisol. Қуйидаги берилганлар бўйича ўз-ўзидан кўзгатишли (автогенераторли) икки тактли кучланиш ўзгартиргичини ҳисоблаш: кириш кучланиши $U_{КИР}=12$ В, чиқиш кучланиши $U_{ЧИК}=20$ В, юклама токи $I_{Ю}=1$ А ва тўғриланган кучланиш пульсацияси

$$U_{(V)}=0,2В.$$

Диодли кўприк турини, калит транзистор турлари ва уларнинг иш режимларини, базавий ва силжитиш резисторларининг номиналларини, фильтр сиғими ва турини аниқлаш талаб қилинади.

1. Берилган юклама токи ва тўғриланган кучланиш бўйича тўғрилагич учун диод куйидаги шартдан келиб чикиб танланади:

$$I_{T\text{Ғ.ҮР}} \geq 0,5 \cdot I_{\text{Ю}}.$$

Бундан ташқари, диодлардаги рухсат этиладиган максимал тескари кучланиш $U_{\text{ТЕС}}$ тўғрилаш схемасида диодларга қўйиладиган тескари кучланишдан катта бўлиши керак:

$$U_{\text{ТЕС}} \geq (\pi/2) \cdot U_{\text{Ю}} \cdot 1,2.$$

2. Транзисторларни коммутациялайдиган ток тахминан куйидаги ифода орқали аниқланади:

$$I_{\text{К.ТҮЙ}} = (U_0 \cdot I_0 + 2 \cdot U_{\text{VD}}) / U_0 \cdot \eta_{\text{Тр}} = 22 / (0,92 \cdot 12) = 2 \text{ А},$$

бу ерда, U_{VD} —тўғрилаш диодидаги кучланишнинг пасайиши ($U_{\text{VD}} = 0,6-1 \text{ В}$);

$\eta_{\text{Тр}}$ —трансформаторнинг фойдали иш коэффициенти ($\eta_{\text{Тр}} = 0,85-0,95$)

3. Транзистор коллекторидаги кучланишнинг амплитудаси куйидагича аниқланади:

$$U_{\text{КЭ.макс}} = 2,4 \cdot U_{\text{Т}} = 2,4 \cdot 12 = 29,3 \text{ В}.$$

4. Олинган $I_{\text{К.ТҮЙ}}$ и $U_{\text{КЭ.макс}}$ қийматлар бўйича транзистор тури танланади ва унинг $I_{\text{К.макс}}$, $U_{\text{КЭ.макс}}$, $U_{\text{КЭ.нас}}$, $U_{\text{БЭ.ТҮЙ}}$, $I_{\text{КБ0}}$, $h_{21Э}$ параметрлари ёзиб олинади. Танланган транзистор турини ҳисобга олиб коллектор токи куйидаги ифода орқали аниқлаштирилади:

$$I_{\text{К.ТҮЙ}} = (U_0 \cdot I_0 + 2 \cdot U_{\text{VD}}) / (U_0 - U_{\text{БЭ.ТҮЙ}}) \cdot \eta_{\text{Тр}} = 22 / (0,92 \cdot (12 - 0,9)) = 2,16 \text{ А}.$$

5. Транзисторнинг силжитиш занжири ҳисобланади. Транзисторнинг база токи куйидаги ифода орқали аниқланади:

$$I_{Б.ТҮЙ} = 2 \cdot I_{К.ТҮЙ} / h_{21Э.МНН} = 2 \cdot 1,6/50 = 0,086 \text{ А.}$$

6. Базавий резистор куйидаги ифода орқали аниқланади:

$$R_B = (U_B - U_{БЭ.ТҮЙ}) / I_{Б.ТҮЙ} = (3-0,9)/0,086 = 24,4 \text{ Ом,}$$

бу ерда, U_B —база кучланиши ($U_B = 3 \dots 5$ В).

R_B резистор стандартга мувофиқ танланади.

Транзисторнинг база токи аниқлаштирилади:

$$I_{Б.ТҮЙ} = (U_B - U_{БЭ.ТҮЙ}) / R_B = (3-0,9)/27 = 0,078 \text{ Ом.}$$

7. Базавий резисторларда ажраладиган қувват куйидаги ифода орқали аниқланади:

$$P_{RБ} = I_{Б.ТҮЙ}^2 \cdot R_B = 0,078^2 \cdot 27 = 0,164 \text{ Вт.}$$

8. Силжитиш резисторининг қаршилиги куйидаги ифода орқали аниқланади:

$$R_{СИЛ} = U_0 \cdot R_B / U_{RБ} = 0,078 \cdot 27 = 2,1 \text{ В,}$$

бу ерда, U_R —базавий резисторда кучланишнинг пасайиши ($U_{RБ} = I_{Б.ТҮЙ} \cdot R_B$).

$R_{СИЛ}$ резистор стандартга мувофиқ танланади.

9. $R_{СИЛ}$ резистор орқали оқиб ўтадиган ток куйидаги ифода орқали аниқланади:

$$I_{СИЛ} = U_T / (R_B + R_{СИЛ}) = 12/(27+150) = 0,068 \text{ А.}$$

10. Силжитиш резисторида ажраладиган қувват куйидаги ифода орқали аниқланади:

$$P_{RСИЛ} = I_{СИЛ}^2 \cdot R_{СИЛ} = 0,7 \text{ Вт.}$$

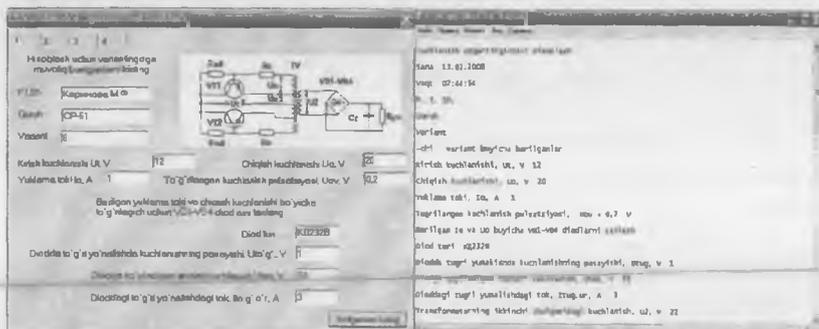
11. Силлиқловчи филтрнинг талаб қилинадиган сифими куйидаги ифода орқали аниқланади:

$$C_\Phi = 1,22 \cdot (U_0 \cdot I_0 + 2 U_{VD}) \cdot 0,2 \cdot 10^{-6} / U_0 = 67 \text{ мкФ,}$$

бу ерда, τ —ўзгартиргич импульси фронтининг узунлиги ($\tau = (1 \dots 10) \cdot 10^{-6}$).

C_{ϕ} конденсатор стандартга мувофиқ танланади.

Ҳисоблаш компьютерда дастурий таъминот ёрдамида ҳам амалга ошириш мумкин (6.18-расм).



6.18-расм. Кучланиш ўзгартиргичини ҳисоблаш.

Ўз-ўзидан кўзгатишли (автогенераторли) икки тактли кучланиш ўзгартиргичини ҳисоблашда компьютер дастурий таъминотидан фойдаланган ҳолда дастлабки маълумотларни яъни кириш кучланиши, чиқиш кучланиши, юклама токи ва тўғрилانган кучланиш пульсациясини киритиб, диодли кўприк турини, калит транзистор турлари ва уларнинг иш режимларини, базавий ва силжитиш резисторларининг номиналларини, филтър сиғими ва турини аниқлаб олишимиз мумкин.

2-мисол. Қуйидаги берилганлар бўйича инвертор бошқариш қурилмасини ҳисоблаш: Куч транзисторлари коллектор тоқларини $I_{K_{\min}} \dots I_{K_{\max}} = 0.1-0.5 \text{ A}$ ростлаш чегаралари,

$R1=240 \text{ Ом}$, $R5=100 \text{ Ом}$, $R7=2 \text{ кОм}$, $R11=24 \text{ Ом}$, $R13=24 \text{ Ом}$, $R17=100 \text{ Ом}$ резисторлар.

Дастлабки кучайтиргич транзисторлари тури, инвертор транзисторлари база тоқларининг ўзгариш чегаралари, чеклаш резисторлари орқали оқиб ўтадиган максимал ва минимал тоқлар ва кучайтирувчи транзисторлар иш режимларини аниқлаш талаб қилинади.

Ҳисоблаш.

1. Ҳисобланадиган бошқариш қурилмасининг схемаси 7.21-расмда келтирилган. Вариантда берилганлардан келиб чиқиб, дастлабки кучайтиргич учун $h_{21Э.мин}$ ва $h_{21Э.макс}$ параметрларга эга бўлган транзистор тури танланади. Шундай қилиб, бошқариш қурилмаси қуйидаги чегараларда инвертор транзисторларининг база тоқларининг бошқарилишини таъминлаши керак:

$$I_{Б.макс} = I_{К.макс} / h_{21Э.мин} = 0,5/5 = 0,1 \text{ А.}$$
$$I_{Б.мин} = I_{К.мин} / h_{21Э.макс} = 0,2/10 = 0,02 \text{ А.}$$

2. Чеклаш резисторлари орқали оқиб ўтадиган максимал ток қуйидагича аниқланади:

$$I_{чек.макс} = I_{Б.макс} + U_{ЭБ.макс} / R_{17} = 0,1 + 0,8/100 = 0,108 \text{ А,}$$

бу ерда, $U_{ЭБ.макс} = 0,8 \text{ В.}$

3. DA1.3 ва DA1.4 транзисторлари максимал база тоқлари қуйидагича тенг бўлади:

$$I_{Б. DA1.3} = I_{чек.макс} / h_{21Э. DA1.3. мин} = 0,108/5 = 0,0216 \text{ А.}$$

4. Дастлабки кучайтиргич коллекторидаги зарур максимал кучланиш қуйидагича аниқланади:

$$U_{КЭ.П.макс} = I_{Б. DA1.3} \cdot R_5 + U_{DA1.3} + I_{чек.макс} \cdot (R_{11} + R_{13}) + U_{DA2.3} + U_{Б1Э} =$$
$$= 0,0216 \cdot 100 + 0,7 + 0,108 \cdot (24 + 24) + 0,7 + 0,2 = 8,944 \text{ В,}$$

бу ерда, $U_{DA1.3} = U_{DA2.3} = U_{Б1Э} = 0,7 \text{ В.}$

5. DA1.1 транзистор ёпиқ бўлгандаги коллектор тоқи қуйидагича аниқланади:

$$I_{К. DA1.1} = I_{Б. DA1.3} + U_{КЭ.П.макс} / R_7 = 0,0216 + 8,944/2000 = 0,026 \text{ А.}$$

6. Тесқари алоқа манбаи максимал тоқи қуйидагича аниқланади:

$$U_{ОС.макс} = U_{КЭ.П.макс} + I_{К. DA1.1} \cdot R_1 = 8,944 + 0,026 \cdot 240 = 15,184 \text{ В.}$$

7. Чеклаш резисторлари орқали оқиб ўтадиган минимал ток куйидагича аниқланади:

$$I_{\text{чек.мин}} = I_{\text{Б.мин}} + U_{\text{ЭБ.мин}} / R_{17} = 0,02 + 0,2/100 = 0,022 \text{ А.}$$

8. DA1.3 ва DA1.4 транзисторлари минимал база токлари куйидагига тенг бўлади:

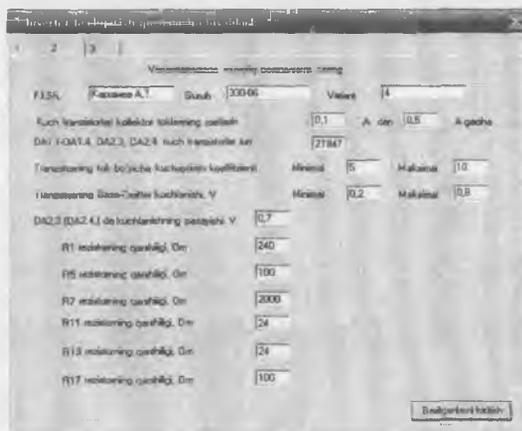
$$I_{\text{Б. DA1.3.мин}} = I_{\text{чек.мин}} / h_{21Э. DA1.3.мин} = 0,108/5 = 0,0216 \text{ А.}$$

9. Дастлабки кучайтиргич коллекторидаги зарур минимал кучланиш куйидагича аниқланади:

$$U_{\text{КЭ.П.мин}} = I_{\text{Б. DA1.3}} \cdot R_5 + U_{\text{DA1.3}} + I_{\text{чек.мин}} \cdot (R_{11} + R_{13}) + U_{\text{DA2.3}} + U_{\text{Б1Э}} = 0,0216 \cdot 100 + 0,5 + 0,022 \cdot (24 + 24) + 0,5 + 0,5 = 4,716 \text{ В,}$$

бу ерда, $U_{\text{DA1.3}} = U_{\text{DA2.3}} = U_{\text{Б1Э}} = 0,5 \text{ В.}$

Ҳисоблаш компьютерда дастурий таъминот ёрдамида ҳам амалга оширилиши мумкин. (6.19-расм).



6.19-расм. Кучланиш ўзгартиргичини ҳисоблаш.

Инвертор бошқариш қурилмасини ҳисоблашда компьютерда дастурий таъминот ёрдамида дастлабки кучайтиргич транзис-

торлари тури, инвертор транзисторлари база тоқларининг ўзгариш чегаралари, чеклаш резисторлари орқали оқиб ўтадиган максимал ва минимал тоқлар ва кучайтирувчи транзисторлар иш режимларини аниқлашда дастлабки маълумотларни киритиш орқали амалга ошириш мумкин.

Назорат саволлари

1. Инвертор деб қандай қурилмага айтилади?
2. Конвертор деб қандай қурилмага айтилади?
3. Инверторларда қандай жараён амалга оширилади?
4. Инверторларда калит элементи сифатида қандай элементлар ишлатилади?
5. Ўзгартиргич трансформатори қайси частоталарда ишлайди?
6. Бир тактли ўзгартиргичнинг ишлаш принципини тушунтиринг.
7. Икки тактли ўзгартиргичнинг ишлаш принципини тушунтиринг.
8. Икки тактли ўзгартиргичларда тескари уланган диодлар қандай вазифани бажаради?
9. Инверторлар бошқариш занжирлари интеграл микросхемаларда йиғилганида нималарга эришилади?

VII. НОАНЪАНАВИЙ ВА КИМЎВИЙ ЭНЕРГИЯ МАНБАЛАРИ

7.1. Узлуксиз электр таъминоти манбалари

Электрон воситалари зарур ҳолатларда маълум вақтда электр энергияси билан узлуксиз таъминланиши керак. Ушбу мақсадда турли хил узлуксиз электр таъминоти манбалари (УЭТМ) қўлланилади. Хорижда УЭТМларни белгилаши учун UPS аббревиатурасидан фойдаланилади (Uninterruptable Power Supply). Чикиш токининг турига қараб УЭТМлар ўзгарувчан ва ўзгармас ток УЭТМларига бўлинади [2].

УЭТМнинг юклама билан мослаштириш талаби УЭТМ чиқишидаги электр энергиясининг сифат кўрсаткичлар билан белгиланган. Бундай талабларга чиқиш кучланишининг ностабиллиги ва пульсациясининг қийматлари, чиқиш токининг ўзгариш диапазони, чиқиш токининг қиймати ва частотасининг ностабиллиги қиради. УЭТМ қурилмасининг юкламаси телекоммуникацион восита ҳисобланади ва бу восита киришига таъминот манбаи қўйилади. Ўзгарувчан ток тармоқларида кўпинча таъминот манбаи гириш занжирларида сўғим филтрли ростланмайдиган тўғрилагич бўлади, шунинг учун улар истеъмол қиладиган ток шакли синусоидал шаклдан фарқ қиладди. Юклама томонидан чизиқли ва ночизиқли юкламалар учун чиқиш кучланиши гармоника коэффициентларининг берилган қийматларини сақлаш талаби УЭТМ қурилмасига қўйилади.

УЭТМ қурилмасининг тармоққа нисбатан таъсири унинг киришидаги электр энергиясининг сифатига талаби орқали аниқланади. Бу талаблар УЭТМлар киришидаги қувват коэффициенти билан боғлиқ ва улар истеъмол қилувчи токнинг гармоника коэффициенти билдиради. Қабул қилинган атама бўйича УЭТМ қурилмалари икки синфга ажратилади: off line ва on line. Off line синфидаги қурилмада тармоқнинг электр энергияси тўғридан-тўғри истеъмолчига нормал режимда берилади, авария режимда эса синусоидал кучланиш генератори уланади (2–10 мс). On line синфидаги қурилмада тармоқнинг ҳар қандай режимда юкламага частота, кучланиш ва синусоидал шакл бўйича стабил электр энергияси бе-

рилади. Ҳар иккала турдаги УЭТМларда тармоқ тўғри-ланган кучланишини синусоидал чиқиш кучланишига айлантис-рувчи инверторлар бор. Тармоқ тўғрилагичига аккумулятор бата-реяси уланади. Off line синфидаги УЭТМларда инвертор фақат тар-моқ кучланиши талаб қилинган қийматдан кичик бўлганда уланади. On line турдаги УЭТМларда эса инвертор доимо ишлайди. Шу сабабли бунда тармоқ билан гальваник боғланиш ортқча юклама-лардан ва тармоқ кучланишининг кескин ўзгаришидан ҳимоялаш таъминланади.

7.1 ва 7.2-расмларда ўзгарувчан ва ўзгармас ток УЭТМлари қурилмаларининг тузилиш схемалари келтирилган.

7.2а-расмдаги схемада захира занжирини аккумулятор батареяси (АБ) ва инвертор (И) ташкил қилади. Агар тармоқ кучланиши ўрнатилган чегараларда бўлса, у ҳолда юклама электр энергиясини коммутатор (К) орқали ўзгарувчан ток тармоғидан олади. Бу ҳолда инвертор аккумуляторларини зарядлаш орқали тўғрилагич режимида ишлайди.

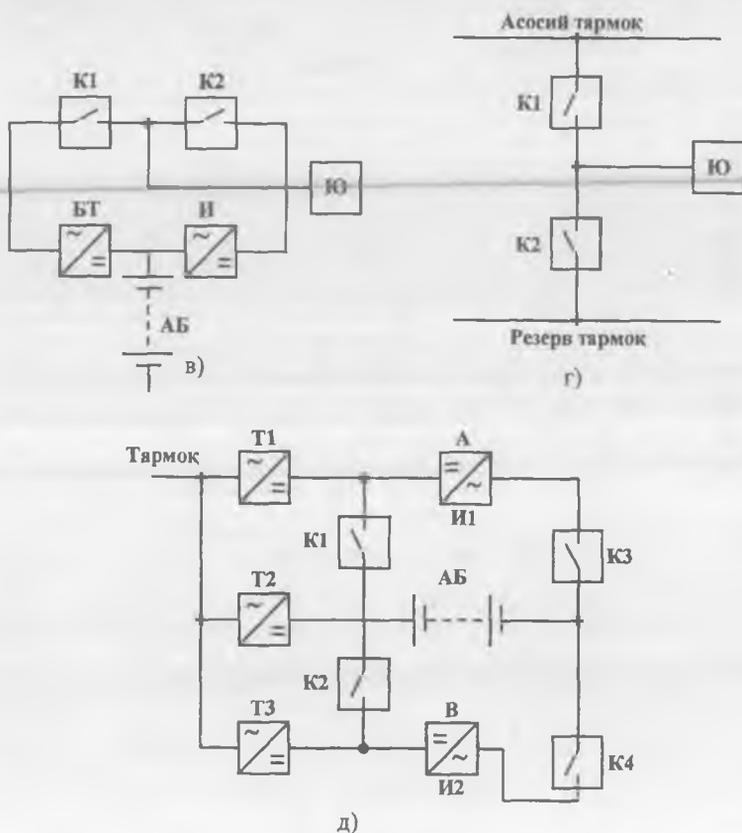
Тармоқ кучланиши белгиланган қийматидан камайса, коммутатор тармоқни юкламадан узади. Юкламага электр энергияси инвертор орқали аккумулятор батареясидан берилади.

7.1б-расмда тасвирланган қурилмада нормал электр таъминотида юкламага электр энергияси тармоқдан кетма-кет уланган бошқарилувчи тўғрилагич (БТ) ва инвертор (И) орқали берилади. Бунда коммутатор узилган ҳолатда ва аккумулятор батареяси тармоқдан (Т) тўғрилагич орқали зарядланади. Тармоқ кучланиши талаб қилинган қийматдан камайганда коммутатор аккумулятор батареясини инверторга улайди.

7.1в-расмда тасвирланган схемада аккумулятор батареясини зарядлаш бошқарилувчи тўғрилагич (БТ) орқали амалга оширилади. Юкламага тармоқдан электр энергияси берилганда К1 коммутатор уланган, К2 коммутатор эса узилган бўлади. Электр таъминоти аккумулятор батареясига ўтганда К1 коммутатор узилади, К2 коммутатор уланади.

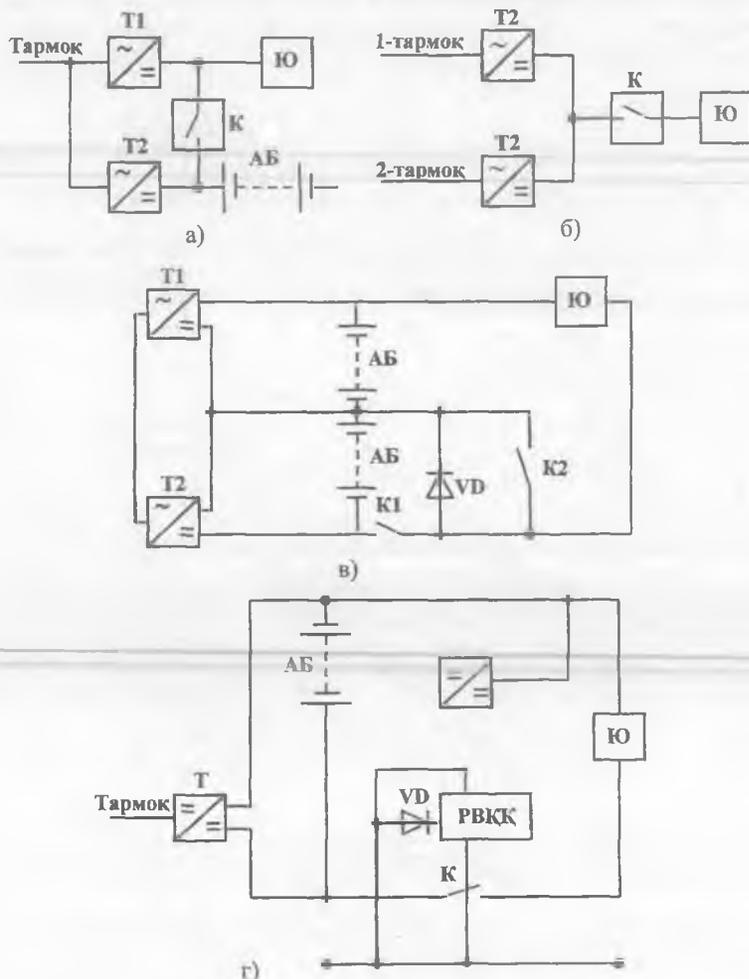
7.1в-расмда тасвирланган схемада аккумулятор батареясини зарядлаш БТ бошқарилувчи тўғрилагич орқали амалга оширилади. Юкламага тармоқдан электр энергияси берилганда К1 коммутатор уланган, К2 коммутатор эса узилган бўлади. Электр таъминоти аккумулятор батареясига ўтганда К1 коммутатор узилади, К2 коммутатор уланади.

7.1г-расмда иккита асосий ва захира тармоққа эга бўлган УЭТМ схемаси келтирилган. Нормал электр таъминотида К1 коммутатор уланган, К2 коммутатор узилган бўлиб, юклага кучланиш асосий тармоқдан берилади. Асосий тармоқ кучланиши талаб қилинган қийматдан камайганда коммутаторлар қайта уланади ва юклага резерв тармоққа уланади. 7.1д-расмда тасвирланган УЭТМ схемаси катта юклага қувватларида қўлланилади. И1 ва И2 инверторлар чиқиш синфаз кучланишларини бир хил параметрларига эга бўлиб, улар К3 ва К4 коммутаторларнинг параллел ишлашига мос уланади.



7.1-расм. Ўзгарувчан ток УЭТМларининг тузилиш схемалари.

Нормал электр таминостида K1 ва K2 коммутаторлар узилган ҳолатда бўлади, аккумулятор батареяси T2 тўғрилагичдан зарядланади. Ю юклагама эса электр энергияси T1 ва T3 тўғрилагичлардан И1 ва И2 инверторлар орқали берилади. Тармоқ кучланиши ўрнатилган қийматдан камайганда K1 ва K2 коммутаторлар уланади ва электр таъминоти И1 ва И2 инверторлар киришига уланган АБ аккумуляторлар батареяси орқали амалга оширилади.



7.2-расм. Ўзгармас ток УЭТМларининг тузилиш схемалари.

Агар инверторлардан бири ишдан чиқса, масалан, И1 инвертор ишдан чиқса, у холда К3 коммутатор авария занжирини узади ва кучланиш юкламага иккинчи инвертордан берилади. 7.2а-расмда тасвирланган ўзгармас ток УЭТМи схемасида нормал электр таъминотида Ю юклама АБ аккумулятор батареясида узилган (К коммутатор узилган) ва у электр энергиясини тармоқдан Т1 тўғрилагич орқали олади. Тармоқда авария режими бўлганда К коммутатор юклamani АБ аккумулятор батареясига улайди.

Икки ўзаро боғлиқ бўлмаган ўзгарувчан ток тармоғи бўлганида (7.2б-расм) УЭТМ Т1,Т2 тўғрилагичлардан ва К коммутатордан иборат бўлади. Бунда К коммутатор авария режимида химоя функцияларини бажаради.

УЭТМ таркибидаги АБ аккумулятор батареяси секцияли тарзда бажарилиши мумкин, яъни у АЭ асосий элементлардан ва ҚЭ қўшимча элементлардан ташкил топади (7.2в-расм). Нормал иш режимида АЭ асосий элементлар тармоқдан Т1 тўғрилагич орқали, ҚЭ қўшимча элементлар эса Т2 тўғрилагич орқали зарядланади. Бунда К1 коммутатор уланган, К2 коммутатор эса узилган ҳолатда бўлади. Юкламага электр энергияси тармоқдан Т1 тўғрилагич орқали берилади. Тармоқ кучланиши талаб қилинган қийматдан камайганда К2 коммутатор узилади, К1 коммутатор уланади ва юкламага кучланиш кетма-кет уланган асосий ва қўшимча элементлардан берилади.

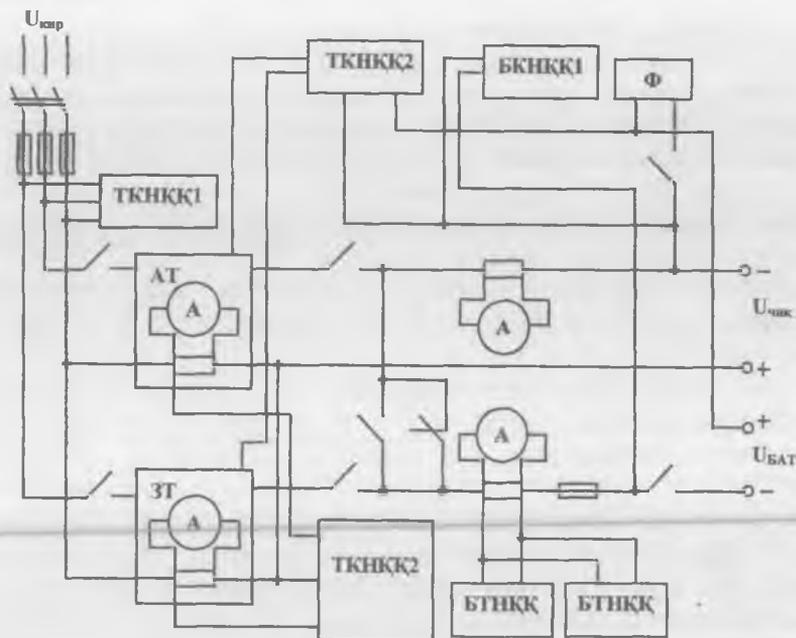
УЭТМнинг ўтиш режимларида чиқиш кучланишини стабиллаш учун ростловчи вольт қўшувчи қурилмалар ишлатилади (7.7г-расм). Ростловчи вольт қўшувчи РВВҚ қурилма аккумулятор батареяси кучланишни ростланувчи ўзгармас кучланишига айлантиради. Нормал режимда Т тўғрилагич К коммутатор орқали электр энергиясини юкламага узатади ва бир вақтнинг ўзида АБ аккумулятор батареясини зарядлайди. Ташқи электр таъминоти узилганда К коммутатор узилади ва бир вақтнинг ўзида РВҚҚ уланади. РВҚҚ аккумулятор батареяси зарядсизланишидаги юкламадаги кучланишнинг камайишини стабиллашни таъминлайди. Узлуксиз коммутацияланишга хизмат қилувчи VD2 диод РВҚҚнинг кучланиши орқали ёпилади. Ташқи электр таъминоти ишга тушганда Т тўғрилагич токни стабиллаш режимида уланади ва юклamani, шунингдек, АБ аккумулятор батареясини зарядлаш учун электр энергияси билан таъминлайди. АБ аккумулятор батареясини зарядлаш тугагандан сўнг Т тўғрилагич кучланишни стабиллаш режимига

ўтади ва УЭТМ дастлабки ҳолатига қайтади. РВҚҚнинг қўлланилиши аккумулятор чиқиш кучланишининг ўзгаришини компенсациялаш имкониятини беради. УЭТМнинг тармоқдан АБ аккумулятор батареясига ўтгандаги иш вақти унинг юкланишига сезиларли боғлиқ. 7.1-жадвалда АРС фирмасининг турли УЭТМ моделлари иш вақтининг юклама қувватига боғлиқлиги келтирилган.

7.1-жадвал. АРС фирмаси УЭТМ ларининг тармоқ кучланиши узилгандан кейин ишлаш вақти

Юклама қуввати, В·А	Иш вақти, минут											
	Back-UPS						Smart-URS					
	250	400	600	900	250	400	600	900	250	400	600	900
200	8	19	41	65	8	22	38	58	8	22	38	58
250	5	13	31	47	6	15	26	44	—	—	—	—
300	—	9	22	40	—	11	20	36	—	—	—	—
400	—	5	13	29	—	5	14	24	—	—	—	—
500	—	—	7	20	—	—	9	18	—	—	—	—
600	—	—	5	15	—	—	6	13	—	—	—	—
700	—	—	—	13	—	—	—	11	—	—	—	—
800	—	—	—	11	—	—	—	9	—	—	—	—
900	—	—	—	10	—	—	—	7	—	—	—	—

УГПИ 66/18 қурилмасининг электр тузилиш схемаси 7.3-расмда келтирилган.



7.3-расм. УГПИ 66/18 қурилмасининг электр тузилиш схемаси.

Қурилма қуйидаги тартибда ишлайди. Кириш кучланиши талаб қилинган қийматда бўлганда 66 В чиқиш кучланиши бир вақтнинг ўзида юклагага ва аккумуляторлар батареясини зарядлашга берилади. Зарядлаш токи 0,5–2 А оралиқда $\pm 0,5$ А аниқликда ростланади. УГПИ 66/18 турдаги УЭТМнинг ишлаш принципини кўриб чиқамиз. Бу турдаги УЭТМ аналог–рақамли қурилмаларни электр энергияси билан таъминлаш учун мўлжалланган. Қурилма буфери 30 та кислотали аккумулятордан иборат бўлган аккумулятор батареяси билан ишлайди.

Қурилма 50 Гц частотали бир фазали 220 В кучланишга ёки 50 Гц частотали икки фазали 380/220 В кучланишга мўлжалланган бўлиб, қуйидаги чиқиш параметрларига эга:

- номинал чиқиш кучланиши 66 В;
- максимал юклага токи:
 - батареяни зарядлаш режимида 37 А;
 - батареяда таъминот режимида 18,5 А;

–чиқиш кучланишининг пульсацияси 2мВ дан кўп эмас.

У куйидаги қисмлардан ташкил топган: АТ-асосий тўғрилагич; РТ-захира тўғрилагичи; ТКНҚҚ1-тармоқ кучланишини назорат қилиш қурилмаси; ТКНҚҚ2-тўғрилагич кучланишини назорат қилиш қурилмаси; БКНҚҚ-батарея кучланишини назорат қилиш қурилмаси; БТНҚҚ-батарея токини назорат қилиш қурилмаси; Ф-сигим филтр. Зарядлаш токи берилган қийматгача камайганда аккумуляторлар батареясини зарядлаш тўхтатилади ва қурилма юкламани 66 В кучланиш билан таъминлайди. Аккумуляторлар батареяси узилганда АТ ва ЗТ тўғрилагичлардан 60 В кучланиш юкламага берилади.

АТ асосий тўғрилагич ишдан чиқса ЗТ захира тўғрилагич автоматик равишда ишчи тўғрилагич бўлиб қолади. Аккумуляторлар батареяси узилганда чиқиш кучланиши 0,4 с дан кўп бўлмаган вақтгача 48 В гача камаяди. Кириш кучланишининг 176 Вга камайиши АТ ва РТ тўғрилагичларнинг узилишига олиб келади. Кириш кучланиши бўлмаганида юклама электр энергияси билан аккумуляторлар батареяси орқали таъминланади. Кириш кучланиши узоқ вақтгача бўлмаганида ва чиқиш кучланиши 53...58 Вгача камайганида аккумуляторлар батареяси юкламадан узилади. Кириш кучланиши қайта тикланганда агрегат нормал иш режимига ўтади.

Профилактик ишларни ўтказиш учун коммутация, химоя, назорат қилиш ва сигнализация қурилмалари тўғрилагичларни агрегат схемасидан қўл орқали узиш имкониятини таъминлайди. Шунингдек, агрегат таркибида чиқиш кучланиши ортишидан химоялаш, тўғрилагичлағичлар ҳолатларининг маҳаллий ва дистанцион сигнализацияси мавжуд.

7.2. Куёш элементлари асосидаги электр таъминоти манбалари

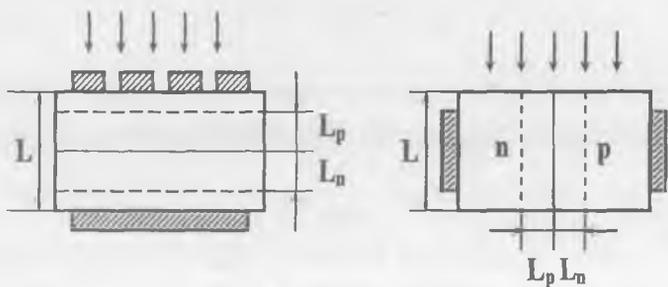
Куёш батареялари барча телекоммуникация аппаратураларда кенг қўлланилади. Атроф-муҳит таъсирига барқарорлиги учун улар очик коинотда ҳарорат $+80^{\circ}\text{C}$ дан -150°C гача бўлган шароитларда ишлаши мумкин. Ярим ўтказгичли куёш элементларининг ташқи сирти радиация таъсиридан ва иссиқликдан химояловчи радиацияга барқарор ва иссиқликни қайтарувчи оптик қатлам билан қопланади [2,5,12].

Куёш нурланишини тўғридан-тўғри ўзгартириш учун ярим ўтказгичли материаллардан фойдаланилади.

Куёш элементлари тайёрланадиган ярим ўтказгичли элементлар 10^{-2} – 10^2 Ом см солиштирма қаршиликка эга. Ярим ўтказгичлар р-турли ва n-турли бўлади. Куёш энегиясини электр энергиясига ўзгартириш жараёни фотоэлектрик эффект орқали амалга ошрилади. У ярим ўтказгич сирт қатламларида 2-3 мкм қалинликдаги эркин электронлар кўринишида вужудга келади. Ярим ўтказгич сиртида эркин электронларнинг пайдо бўлиши ва электр потенциаллар фарқи юзага келганида унда электр токи вужудга келади. Потенциаллар фарқи ярим ўтказгичнинг нурланадиган сирти ва соя томони орасида унинг сирт қатламларига махсус қўшимчаларни киритиш ҳисобига юзага келади (7.9-расм). Қўшимчалардан бири (n-турли) қўшимча электронларни ва сиртнинг манфий зарядини ҳосил қилади, иккинчиси эса (p-турли) электронларнинг етишмаслигини, яъни мусбат зарядни ҳосил қилади.

Чегарада электронларнинг диффузияси туфайли контакт потенциаллар фарқи вужудга келади. Агар тешикли ўтишли (р-турли) ярим ўтказгич ёритилса, у ҳолда унинг электронлари ёруғлик квантларини ютиб электрон ўтишли (n-турли) ярим ўтказгичга ўтади. Бунда ёпиқ занжирда электр токи ҳосил бўлади.

Кўпинча кремнийли куёш элементларидан фойдаланилади. Кремний ерда энг кўп тарқалган элементдир. Элементлар кремнийни эритиш ва кейин 5-10 см диаметрли стержен шаклидаги кристал кремнийни ўстириш йўли билан олинади. Бевосита ярим ўтказгичларни олиш учун бу стерженлар 300 мкм атрофидаги қалинликдаги юпқа пластинкаларга бўлинади. Улар фотоэлектрик элементларнинг асосий қисми ҳисобланади.



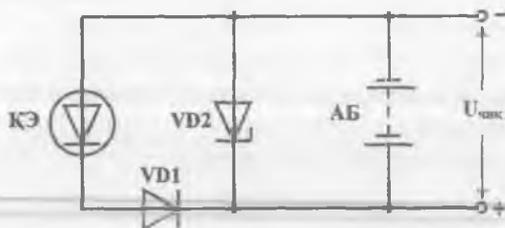
7.5-расм. p-n ўтишнинг схемаси.

Фотоэлемент ёритилганда 0,5 В қийматли кучланишни ҳосил қилади. Чиқиш токи эса ёруғлик интенсивлигига ва элементнинг

ишчи сиртига боғлиқ. Шунингдек ток кучи ёруғликнинг тўлқин узунлигига ва унинг интенсивлигига боғлиқ бўлиб, ёруғликнинг нурланиш интенсивлигига тўғри пропорционалдир. Ёруғлик қанчалик ёрқин бўлса, шунчалик катта ток ҳосил бўлади. Ёруғлик интенсивлиги 1 кВтм^2 ли ер шароитларида бу элементларнинг фойдали иш коэффициенти 22-26 фоизга, ишлаб чиқариш намуналарида эса 10-14 фоизга етиши мумкин.

Истикболли қуёш элементларига фойдали иш коэффициенти 10 фоиздан юқори бўлган кадмий сульфид асосидаги гетероструктурани киритиш мумкин. Яна бир истикболли ярим ўтказгичли материал галлий арсениди ҳисобланади. У нур энергиясини электр энергиясига ўзгартиришда юқори самарадорликка эга бўлиб, фойдали иш коэффициенти 27 фоизгача етиши мумкин. Бу қуёш фотоэлектрик ўзгартиргичларининг энг юқори фойдали иш коэффициенти. Бундан ташқари 100°C дан юқори ҳароратларда барқарорликка эга.

Одатда қуёш батареялари узлуксиз электр таъминоти манбаларида аккумулятор батареялар билан биргаликда ишлатилади. 7.6-расмда қуёш элементининг ва аккумулятор батареясининг ўзаро уланиш схемаси кўрсатилган.



7.6-расм. Қуёш элементи ва аккумулятор батареясининг ўзаро уланиш схемаси.

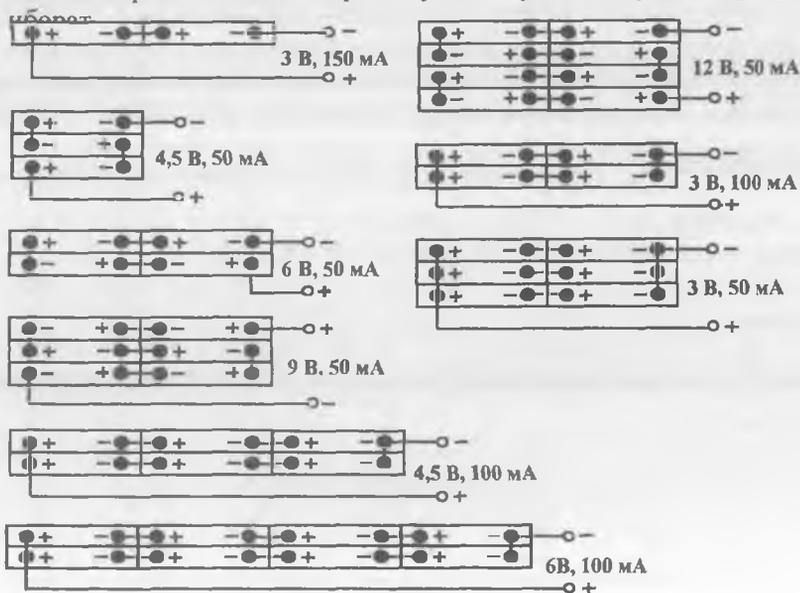
Схемада аккумулятор батареясини қуёш элементидан зарядлашни олдини олиш учун VD1 диод қўйилган.

Электр энергиясини тўплагич сифатида қўш электр қатлами конденсаторлар қўлланилиши мумкин. Бундай турдаги конденсаторлар аккумуляторлардан қиммат, лекин аппаратуранинг хизмат муддати даврида алмаштирилишни талаб қилмайди.

Куёш элементлари зарур бўлган кучланишни ёки токни олиш учун параллел ёки кетма-кет уланади. Куёш батареяларининг солиштирма характеристикалари куёш элементлари орқали аниқланади ва тахминан $100\text{--}1200 \text{ В/м}^2$ ни ташкил қилади. 8.2-жадвалда «Электроника М» сериядаги куёш-аккумулятор батареяларининг асосий характеристикалари келтирилган.

«Электроника М1» модели кетма-кет уланган 30 та куёш элементидан ташкил топган. Аккумулятор батареяси кетма-кет уланган еттига Д-0,26 дисксимон батареялардан иборат. Ажратувчи диод сифатида КД106А диод қўлланилади. «Электроника М1» модели кириш кучланиш 9В бўлган ва олиб юришга мўлжалланган аппаратуралар учун ишлатилади.

«Электроника МН» модели портатив магнитофонларни, плейерларни ва бошқа (2,5–3 В кириш кучланишга мўлжалланган) радиоэлектрон аппаратураларни электр энергияси билан таъминлаш учун ишлатилади. Куёш батареяси кетма-кет ва параллел уланган 27 та элементдан иборат. Аккумулятор батареяси эса НКГЦ-0,5 турдаги иккита кетма-кет уланган ва А316 гальваник элементлар билан алмаштириш мумкин бўлган аккумуляторлардан



7.7-расм. СБ-9М турдаги бирлик модуларнинг улаиш схемалари.

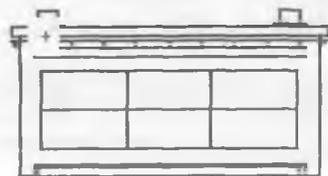
«Электроника М5» модели 5,5–6В кириш кучланишга мўлжалланган радиоқабулқилгичларда ва бошқа радиоаппаратураларда ишлатилади. Қуёш батареяси 20 та кетма-кет уланган қуёш элементларидан иборат. 5 та Д-0,26 турдаги аккумуляторлардан ташкил топган [2].

Турли номиналдаги чиқиш кучланишларни олиш учун СБ-9М турдаги бирлик модулдан фойдаланиш кулай. Номинал кучланиши 1,5 В бўлган модул кетма-кет уланган 4 та қуёш элементидан иборат. Бирлик модулларнинг бир неча хил уланиш схемалари 7.7-расмда келтирилган.

7.3. Кимёвий электр энергияси манбалари

Аккумуляторлар, уларнинг турлари ва ишлаш принциплари. Электр энергиясини йиғишга ва керак бўлганда бу энергиядан фойдаланишга имкон берадиган асбоблар *аккумуляторлар* дейилади [10]. Аккумуляторлар кўп марта қўлланадиган электр энергиянинг кимёвий манбаи ҳисобланади. Ҳар қандай тескари гальваник элемент аккумулятор вазифасини бажара олади. Электролиз ёрдамида электр энергияси кимёвий энергияга айлантирилгандан кейин асбобдан гальваник элемент сифатида фойдаланилса, шу энергияни қайтадан электр энергияга айлантириш мумкин. Аккумуляторлар пластмасса, эбонит ёки шишадан тайёрланган идиш-банкадан иборат бўлади. Одатда уч ёки олти банкали аккумуляторлар ишлатилади. Идишнинг ҳар қайси ажратилган қисмига электролит, яъни сульфат кислота (H_2SO_4)нинг дистилланган сувдаги 20-30%ли эритмаси қуйилиб (зичлиги $1.2 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$), унга иккита электрод туширилади. Электродлар сурьма аралаш кўрғошин пластинадан тайёрланади.

Мусбат ва манфий пластиналарнинг блоклари аккумуляторлар катакларига жойлаштирилиб, усти коққоқ билан ёпиб қўйилади (7.8-расм).



7.8-расм. Аккумуляторнинг кўриниши.

Қисқа туташувга йўл қўймаслик учун қарама-қарши ишорали ҳар қайси жуфт пластина орасига изоляция қатламлари ўрнатилади. Устки копқоқнинг ўртасида электролит қўйиш учун битта, ток ўтказадиган чиқариш симлари учун иккита тешик қолдирилади. Электролит қўйиладиган тешикка тикин тикиб қўйилади. Аккумуляторларни бир-бирига улаб батарея ҳосил қилинади. Катта миқдордаги кучланиш ёки заряд олиш учун алоҳида аккумуляторлар ўзаро кема-кет ёки параллел уланади. Аккумуляторларни кетма-кет улашда ва уларни жамлашда керак бўладиган аккумуляторлар сонини аниқлашда қўйидаги ифода ёрдамида аниқланади:

$$N = \frac{U_{\text{н}}}{U_{\text{к}}}$$

бу ерда,

N - аккумулятор батареялари сони,

$U_{\text{н}}$ - истеъмолчининг кучланиш энергияси,

$U_{\text{к}}$ - тўлиқ зарядланган битта аккумуляторнинг кучланиши.

Аккумуляторларни қўйидаги параметрлари орқали танланади:

- узатиш коэффициенти,
- фойдали иш коэффициенти.

Фойдали иш коэффициенти қиймати ҳар доим узатиш коэффициенти қийматидан кичик бўлади.

Аккумуляторни характерловчи физик катталиклардан бири унинг электр сизимидир. Аккумуляторнинг сизими деб унинг маълум кучланишигача зарядсизланганда берадиган ҳамма электр миқдорига айтилади. Аккумуляторлар сизими қўйидагича аниқланади:

$$I = \frac{q}{t}$$

бу ерда,

I - зарядсизланиш токи,

t - зарядсизланиш вақти.

Заряд миқдори эса

$$q = I \cdot t$$

Аккумуляторларнинг сизими унинг пластиналарига жойлашган актив масса миқдорига боғлиқ. Аккумуляторни зарядлаш вақтида

кучланиш маълум миқдорга етгандан кейин ток беришни давом эттирсак ҳам кучланиш ошмайди, чунки қўрғошин сульфатли манфий электродга водород келиб қўрғошин сульфат билан реакцияга киришиб сульфат кислота ҳосил қилади.

Бу реакция қўрғошин сульфат электрод тоза қўрғошинга айлангунча давом этади. Шундан сўнг қўрғошин сиртидаги сульфат тугаса ҳам водород келишда давом этаверади, электрод сирти водород пуфакчалари билан қопланиб, пуфакчаларга таъсир этган Архимед кучи ортса, аккумуляторнинг эритма қуйиладиган тешиқдан водород пуфакчалар (газ) чиқаверади. Бу ҳодиса аккумуляторнинг қайнаши деб юритилади ва зарядланиш жараёни охирига етди деб ҳисобланади.

Аккумуляторларни ишлатиш вақтида нормал катталикдан ортиқ ток билан зарядсизланишга йўл қўймаслик керак.

Аккумулятор батареялари учун умумий қабул қилинган бир қатор кучланишлар мавжуд: 2; 4; 6; 12; 24 В.

Амалда кислотали (қўрғошинли) ва ишқорий (темир-никелли, кадмий-никелли, кумуш-рухли, кадмий-кумушли ва литийли) аккумуляторлар кўп қўлланилади. 7.2-жадвалда энг кўп тарқалган аккумулятор турларининг характеристикалари келтирилган.

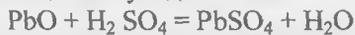
Энг кўп тарқалган аккумуляторлар турларининг характеристикалари

7.2 -жадвал

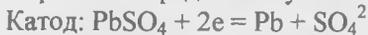
Кўп тарқалган аккумулятор турларининг характеристикалари								
Элемент турлари	Анод (+)	Катод (-)	Максимал кучланиш, В	Максимал сийғими, А*соат/кг	Ишчи кучланиш, В	Энергия зичлиги, Вт*соат/кг	Захираланган энергия, Вт*соат/дм ³	Саклаш муддати, йил
АККУМУЛЯТОРЛАР								
Қўрғошин-кислотали	Pb	PbO ₂	2,1	55	2	37	70	3
Темир-никелли	Fe	NiO _x	1,5	195	1,2	29	65	5

Кадмий-никелли	Cd	NiO _x	1,35	165	1,2	33	60	5
Кадмий кумушли	Cd	AgO	1,4	230	1,05	55	120	6
Кумуш-рухли	Zn	AgO	1,85	285	1,5	100	170	-
Рух-NiO _x	Zn	NiO _x	1,75	185	1,6	55	110	-
Литийли	Li	SO ₂	2,9	100	2,8...2,2	100	250	4
Литийли	Li	SOO ₂	3,6	120	3,5...3,0	140	300	6
Литийли	Li	MoO ₃	3,2	80	3-2,7	250	120	4
Литийли	Li	MoS ₂	2,4	190	1,8	50	140	10

Кўрғошинли аккумуляторлар. Бундай аккумуляторлар кўрғошин (II)-оксид PbO қоришмаси тўлдирилган панжара шаклидаги кўрғошин пластиналардан иборат. Пластиналар сульфат кислота-нинг зичлиги 1,18 – 1,22 г/см³ бўлган 25-30 % ли эритмасига ботирилган бўлади. Кўрғошин (II) – оксиднинг сульфат кислота билан ўзаро таъсири натижасида пластина сиртида қийин эрийдиган кўрғошин сульфат қатлами ҳосил бўлади:

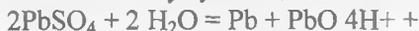


Аккумуляторда кимёвий энергияни тўплаш учун уни зарядлаш керак. Бунинг учун кўрғошин пластинанинг бири ўзгармас электр токининг манфий кутбига, иккинчиси эса мусбат кутбига уланади. Электролиз натижасида электр энергияси кимёвий энергияга айланади. Электродларда содир бўладиган жараёнларни қуйидаги тенгламалар билан ифодалаш мумкин:



Тенгламадан кўриниб турибдики, манфий электродда Pb²⁻ ионлар иккитадан электрон бириктириб олиб, кўрғошин атомига айланади. Мусбат электродда кўрғошин сульфат PbO₂ га айланади. PbO₂ ҳосил бўлишига сабаб шуки, Pb²⁻ ионлари иккитадан электрон йўқотиб, Pb⁴⁺ ионларига айланади. Аккумуляторни зарядлаш жара-

ёнини куйидаги тенглама билан умумий ҳолда ёзиш мумкин:



Аккумуляторни зарядлаш натижасида битта электродда ғовак кўрғошин, иккинчи электродда оксидлаш хоссасига эга бўлган кўрғошин (IV)-оксид ҳосил бўлади ва улар орасида потенциаллар айирмаси вужудга келади, яъни кўрғошин манфий электрод, кўрғошин (IV) – оксид мусбат электрод вазифасини ўтайди:



Зарядланган аккумуляторларнинг электродлари ўтказгич орқали туташтирилганда, электронлар манфий электроддан мусбат электродга томон ҳаракатланади, яъни электр токи пайдо бўлади ва кимёвий энергия электр энергияга айланади. Аккумуляторни зарядсизлашда уни зарядлашдагига тескари жараён боришини назарда тутиб, уни умумий ҳолда куйидагича ёзиш мумкин:

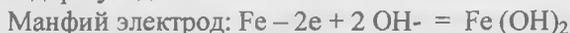


Демак, аккумулятор зарядланиш вақтида икки валентли кўрғошин бир атомли тоза кўрғошинга, яна бир атомли тўрт валентли ҳолатига ўтади, зарядсизланиш вақтида эса кўрғошин оксидланиб икки валентли ҳолатига ўтади, демак, тўрт валентли кўрғошин эса қайтарилиб, у ҳам икки валентли ҳолатга ўтади.

Кўпинча кўрғошинли аккумуляторлар сиғими 5 ампер-соатдан 1000 ампер соатгача бўлади. Зарядланиш вақтида аккумуляторнинг кучланиши ўзгаради. Кучланиш аккумуляторнинг зарядланиши охирида 2,7 В гача эришади, зарядсизланишда эса тезда 2,2 В бўлиб, узоқ вақт сақланади. Зарядсизланишда кучланиш аста-секин камайиб боради. Аккумуляторни 1,85В дан паст кучланишгача зарядсизлаш маън этилади. Агар бунда паст кучланишгача зарядсизланса, электрод сирти водород молекулалари пуфакчалари билан қопланиб уни қайта зарядлаб бўлмайди. Аккумулятор ишдан чиқади.

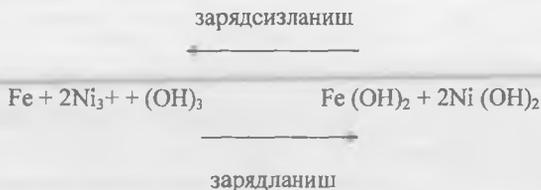
Ишқорий аккумуляторлар. Темир-никелли аккумуляторларда манфий электрод вазифасини махсус кўшимча қўшиб зичлаштирилган кукун ҳолидаги темир, мусбат электрод вазифасини эса электр ўтказувчанлигини кучайтириш учун тоза графит қўшилган никель гидроксид ўтайди. Электролит сифатида ўювчи калийнинг

зичлиги $1,21 \text{ г/см}^3$ бўлган 23 % ли эритмаси ишлатилади. Темир-никелли аккумуляторни зарядсизлашда қуйидаги кимёвий жараёнлар содир бўлади:



Темир атомлари иккитадан электрон йўқотиб, Fe^{2+} ионларга айланади ва Fe^{2+} ионлар OH^- ионлар билан бирикиб, гидроксид $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ҳосил қилади. $\text{Ni}(\text{OH})_3$ нинг Ni_3^{+} ионлари биттадан электрон бириктириб олиб Ni_2^{+} ионларга айланади, бу ионлар эса никель гидроксид таркибига киради, бу реакцияда OH^- ионларининг бир қисми эркин ҳолда қолади.

Аккумуляторни зарядлашда тескари жараён боради. Зарядланиш ва зарядсизланиш реакцияларини қуйидаги тенгламалар билан ифодалаш мумкин:



Темир-никелли аккумуляторларда токнинг кучланиши 1,35В бўлади. Кейинги вақтларда қумуш-рухли аккумуляторлар кенг қўлланилмоқда. Унинг кучланиши 1,85В. Аккумуляторлардан телефон, телеграф станциялари, радиоқурилмалар, тепловоз, сув ости кемалари, трактор, электрокарлар ва автомобилларда ҳамда поездларни ёритишда фойдаланилади.

Аккумуляторларни зарядлаш қурилмаси. Аккумуляторга унинг кучланишидан юқори бўлган потенциал берилса зарядланиш содир бўлади. Аккумулятор заряд токи қўшилган кучланиш ва салт ишидаги кучланиш фарқига пропорционалдир. Аккумулятор зарядланиш тезлиги сиғим ўлчовида аниқланади. Агар аккумулятор сиғими (С) t вақда зарядланса унда зарядланиш тезлиги C/t га тенг бўлади. 100 А*соат сиғимли аккумулятор 5 соат ичида, $C/5$ тезликда тўлиқ зарядсизланса, зарядсизланиш токи $100/5$ ёки 20 А ни ташкил этади. Агар аккумулятор $C/10$ тезликда ўлик зарядсизланса, зарядсизланиш токи $100/10$ ёки 10 А ни ташкил этади. Заряд тезлигини зарядланиш жараёни давомийлиги билан баҳолаш мумкин. Шундай қилиб, агар аккумулятор 5 соат ичида зарядланса

унинг зарядланиш жараёнини 5 соатга тенг дейиш мумкин.

Аккумуляторларни қўлланиш соҳаларига караб, уни хар хил усулларда зарядлаш мумкин: а) тезкор зарядлаш; б) даврий зарядлаш.

Тезкор зарядлашда 4-6 соат вақтни талаб қилади. Даврий зарядлашда доимий кучланиш ёки доимий ток заряди керак бўлади. Амалиётда кўпинча тезкор зарядлаш ишлатилади.

Кам қувватли аккумуляторлар ва ўзгармас кучланишлар заряди учун 8.9-расмдаги курилма ишлатилади.

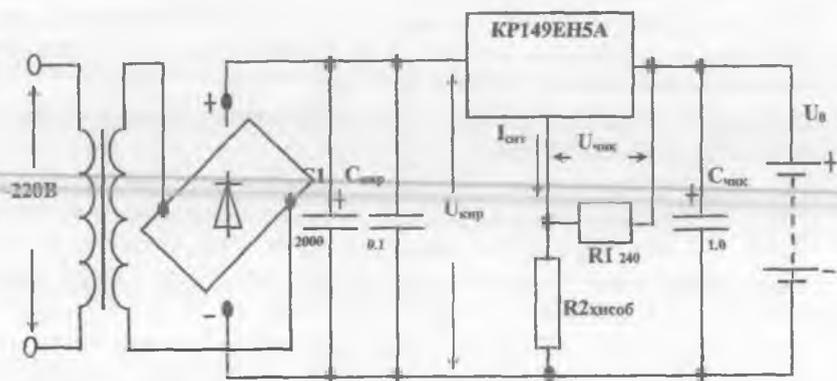
Курилмадаги R2 резистор орқали чиқишдаги доимий кучланишни ушлаб турилади. Бу курилмада интеграл кучланиш стабилизатори КР142ЕН5А қўлланилган. Схемани ҳисоблашда қўйидаги формуладан фойдаланамиз:

$$U_0 = U_{\text{н}}(1 + R1/R2) + I_{\text{н}}R2,$$

бу ерда, U_0 - зарядланган аккумулятордаги максимал кучланишга тенг кучланиш;

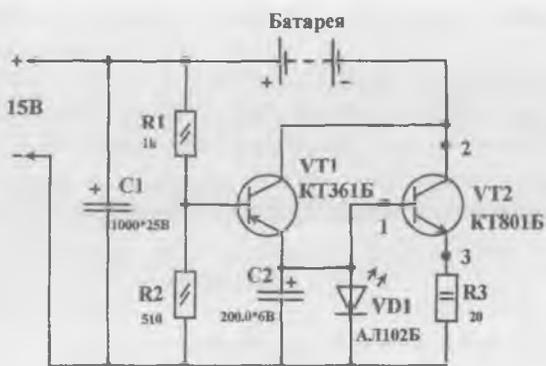
$U_{\text{н}}$ - интеграл кучланиш стабилизаторининг чиқиш кучланиши;

$I_{\text{н}}$ - интеграл стабилизаторининг ички токи.



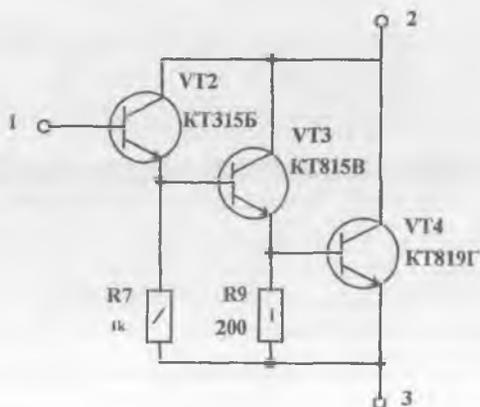
7.9-расм. Зарядлаш курилмаси схемаси.

Ток манбаи ва кучланишни автоматик тарзда чекловчи зарядлаш курилмаси 7.10-расмда келтирилган.



7.10-расм. Ток манбаи ва кучланишни автоматик тарзда чекловчи зарядлаш қурилмаси.

Ушбу қурилма доимий ток зарядини ушлаб туради ва белгиланган кучланишга етгандан кийин аккумуляторни зарядлаш қурилмасидан узиб қўяди. Бу ерда VT2 транзистор ва VD1 ёруғлик диодлари ток манбаида бажарилган. VD1 индикатор вазифасини бажаради. VT1 транзистори VD1 ёруғлик диоди орқали ўтаётган токни ёпган ҳолда юкламадаги кучланишни чеклайди. Схемада зарядланиш кучланиши 12 В, максимал токи 100 мА. Ёруғлик диоди аккумулятор заряди даражасини кўрсатади ва аккумулятор тўлиқ зарядланиб бўлгандан сўнг у учиб қолади.



7.11-расм. Таркибий транзисторнинг схемаси.

Бундай зарядлаш курилмалари ток ва кучланишни ўлчаш ускуналарини, зарядланиш тугаганлигини назорат қилишни талаб қилмайди. Аккумулятор максимал зарядлангандан сўнг ушбу курилма автоматик тарзда токни камайтиради. Катта сиғимдаги аккумуляторларни зарядлаш зарур бўлганда, ток зарядини 5А гача ошириш мумкин. Бунинг учун VT2 транзисторининг ўрнига таркибий транзисторларни қўллашимиз мумкин (7.11-расм.).

Амалий машқ

1-мисол. Аккумулятор батареясини ҳисоблаш.

$U_0=48$ В, $T_{\text{зарядсизланиш}}=8$ соат, $I_{\text{зарядсизланиш}}=36,5$ А, $t=-9$ °С шартларда номинал сиғимни (C_N) топинг.

Ҳисоблаш услуби.

1. Аккумулятор батареясидаги элементлар сони қуйидагича аниқланади:

$$N_{эл} = U_{\text{Батом}} / U_{эл.ном}, \text{ бу ерда}$$

$U_{эл.ном}$ - элементнинг номинал кучланиши.

$$N_{эл} = 48 / 2,0 = 27 \text{ та.}$$

2. Аккумулятор батареясининг сиғими A^* соатларда ўлчанадиган электр миқдорини аниқлаймиз:

$$C = I * T$$

3. Номинал сиғим- $C_N = I_{\text{зарядсизланиш}} * 0,1$

Ишчи сиғим- $C_{иш} = I_{\text{зарядсизланиш}} * T_{\text{зарядсизланиш}}$

$$C_N = \frac{I_{\text{зарядсизланиш}} * T_{\text{зарядсизланиш}}}{K_t (1 + 0,006 * (t - 20))}, \text{ A}^* \text{соат}$$

бу ерда, K_t - зарядланиш токига боғлиқлик коэффициенти,

t - элементнинг ўртача температураси.

$$C_N = \frac{36,05 * 8}{0,92 (1 + 0,006 * (-9 - 20))} = \frac{288,4}{0,76} = 379,47 \text{ A}^* \text{соат}$$

4. Аккумуляторни 10 йил мобайнида ўзининг 20% сиғимини йўқотишини ҳисобга олиб, танланадиган аккумулятор сиғимини ҳисоблаймиз:

$$C_{\text{тов}} = 1,2 * C_N = 1,2 * 379,47 = 455,37 \text{ A}^* \text{соат}$$

Сиғими 490А*соат ли аккумулятор керак бўлади.

5. Разрядланиш токини ҳисоблаймиз

$$I_{0,эп} = \frac{C_{\text{тов}}}{10} = 490 / 10 = 49 \text{ А}$$

Назорат саволлари

1. ИЭТМлар характеристикаларига қандай омиллар таъсир этади?
2. ИЭТМлар ку элементларининг қандай совутиш услублари бор?
3. Ўзгармас ток занжирларида ортиқча юкланишлардан ҳимоялаш қандай асбоблар ёрдамида ва қандай амалга оширилади?
4. Ўзгарувчан ток тармоқларида ҳимоялаш қандай амалга оширилади?
5. Ўзгарувчан ток занжирида кўприксимон тўғрилаш схемаси бўлганида тўғрилаш диодларини ҳимоялаш қандай амалга оширилади?
6. off– line синфидаги УЭТМ қандай тартибда ишлайди?
7. on– line синфидаги УЭТМ қандай тартибда ишлайди?
8. Қуёш энергиясини ўзгартиришнинг қандай усуллари мавжуд?
9. Қуёш батареяларининг узлуксиз электр таъминоти манбаларида аккумулятор батареялар билан биргаликда ишлаш схемасини тушунтиринг.
10. Зарур кучланиш қийматини олиш учун қуёш батареялари қандай уланиши керак?
11. Аккумулятор деганда нимани тушунасиз?
12. Қандай аккумуляторларни биласиз?
13. Аккумуляторни зарядлаш қандай амалга оширилади?
14. Аккумуляторлардан қандай мақсадлар учун фойдаланилади?
15. Аккумуляторларнинг физик катталикларини тушунтиринг.

VIII. КОМПЬЮТЕРЛАР – ЭЛЕКТР ТАЪМИНОТИ МАНБАЛАРИ

Компьютерлар – иккиламчи электр таъминоти манбалари 220В/110В ли ўзгарувчан кучланишдан таъминланади. Чиқиш кучланишлари эса $\pm 5В$ ва $\pm 12 В$ кучланишли каналларга булинади. Иккиламчи электр таъминоти манбалари барча каналлари кувватлари йиғиндиси 65 Втдан то 350 Втгача бўлиш мумкин [2,6].

Компьютерлар электр таъминоти манбаининг тузилиш схема-сини кўриб чиқамиз (8.1-расм). У қуйидаги асосий қисмлардан таш-кил топади:

- кириш занжири;
- ўзгартиргич;
- ўзгартиргичнинг бошқариш схемаси;
- чиқиш занжири;
- ҳимоялаш схемаси;
- қўшимча таъминот манбаи;
- вентилятор схемаси.

8.1. Кириш занжири

Кириш занжири таркибига қуйидаги компонентлар ки-ради:

- кириш уч тешикли разъеми;
- тармоқ қайта улагичи;
- чиқиш уч уяли разъеми (дисплей электр таъминоти кабел-ини улаш учун);
- сақлагич;
- чекловчи терморезистор;
- ҳалакитларни сундирувчи фильтр;
- тармоқ кучланиши тўғрилагичи;
- силлиқловчи фильтр;
- зарядсизлаш резистори.

Иккиламчи электр таъминоти манбаи кириш занжирининг схе-маси 8.2-расмда келтирилган. Сақлагич FU1 кириш занжирида носозликлар (кисқа туташув ёки ортиқча юкланиш) бўлганида таъминот манбаини тармоқдан узади.

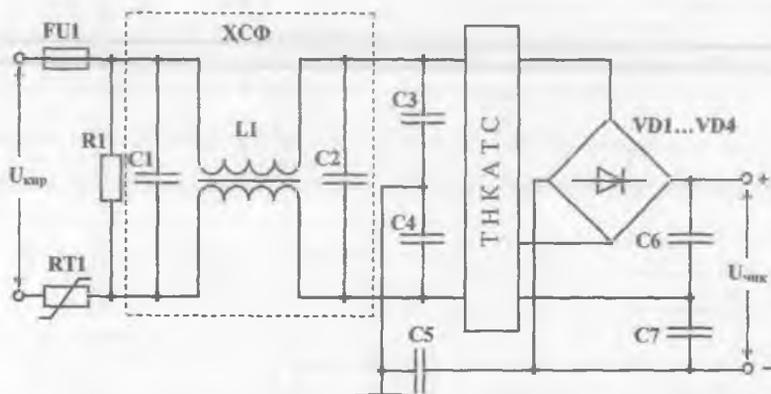


8-1-расм. Компьютер электр таъминоти манбаининг тузилиш схемаси.

Чекловчи терморезистор $RT1$ конденсаторлар орқали оқиб ўтадиган токнинг кескин ортиб кетишини чеклайди.

Ҳалақитларни сундирувчи филтр (ХСФ) юқори частотали ҳалақитларни ИЭТМдан тармоққа ва тармоқдан ИЭТМга ўтишини камайтиради.

Тармоқ кучланиши тўғрилагичи (ТКТ) ўзгарувчан тармоқ кучланишини тўғрилаш учун хизмат қилади. Тўғрилагич чиқишига тўғрилланган кучланишнинг пульсациясини камайтириш учун паст частотали силлиқловчи филтр қўйилади.



8.2-расм. Кириш занжирининг схемаси.

ИЭТМлар 110/220 В кучланишларга ишлаб чиқарилади, чунки тармоқ кучланишлари турли давлатларда турли номиналларга ва частоталарга эга, масалан, АҚШда 120 В, 60 Гц, Ҳамдўстлик ва кўплаб Европа мамлакатларида эса 220 В, 50 Гц. Бунда ИЭТМни турли тармоқ кучланишларига мослаштириш учун кириш занжирда ХСФ ва ТКТ орасига тармоқнинг номинал кучланишини автоматик таниш схемаси (ТНКАТС) киритилади. У автоматик равишда ИЭТМни у ёки бу тармоқ кучланишига мослаштиради. Тармоқ кучланиши 220 В бўлганида тўғрилаш кўприксимон тўғрилагич орқали амалга оширилади, филтрнинг $C6$ ва $C7$ конденсаторлари бир вақтда зарядланади. Тармоқ кучланиши 110 В бўлганида тўғрилаш кучланишни икки марта кўпайтириш схемаси бўйича амалга оширилади ва филтрнинг $C6$ ва $C7$ конден-

саторлари тармок кучланишининг турли кутбларида зарядланади.

8.2. Кучланиш ўзгартиргичи

Кучланиш ўзгартиргичи қуйидаги қисмлардан ташкил топган (8.3-расм).

- қувват кучайтиргичи;
- инвертор;
- юқори частотали трансформатор.

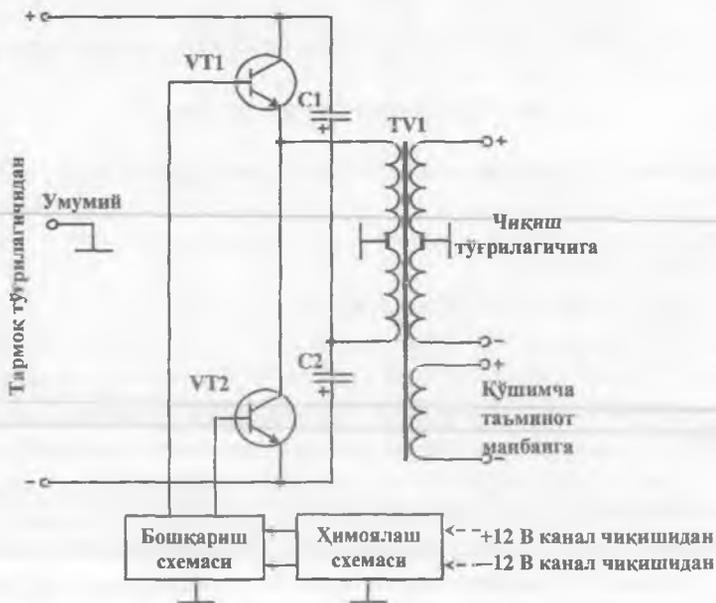
У ТКТ тўғрилагичи чиқишидаги ± 310 В кучланишли ўзгармас ток энергиясини бошқариш схемасидан (БС) келадиган сигналларга боғлиқ равишда ўз чиқишида 12–15 В ва 5–7 В кучланишли тўғри бурчакли импульслар шаклидаги ўзгарувчан ток энергиясига ўзгартириб беради. Ўзгартиргичнинг ишлаши вақтнинг исталган моментида бошқариш схемасидан келадиган сигналга боғлиқ бўлади.

Қувват кучайтиргичи инвертор куч транзисторларини коммутацияланишини бошқарилишини, яъни транзисторларни очадиган ва ёпадиган база тоқларини шакллантиришни, шунингдек, инвертор транзисторларининг база–эмиттер ва база–коллектор занжирларини бошқариш схемасидан ажратишни таъминлайди. Ўзгартиргич инвертори асосан икки тактли ёки ярим кўприксимон схемаларда йиғилади. Схема транзисторлари навбатма-навбат очилади ва ёпилади. Юқори частотали трансформаторнинг иккиламчи чўлғамларидан тўғри бурчакли пасайтирилган кучланиш импульслари чиқиш тўғрилагичларига берилади.

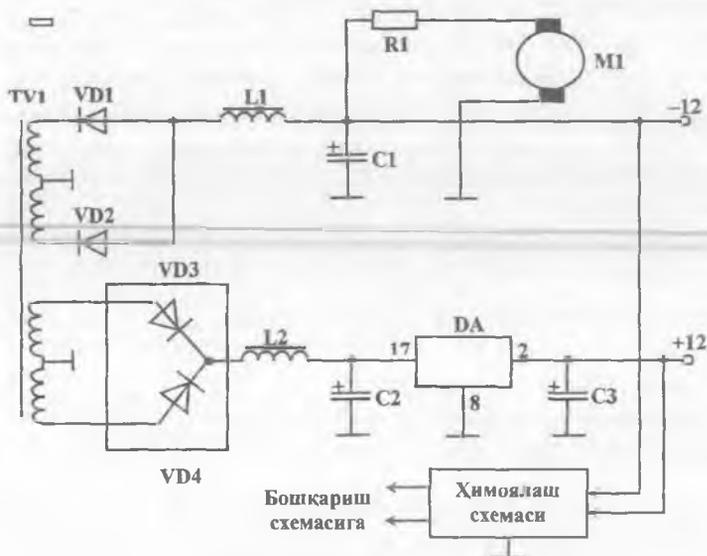
8.3. Чиқиш занжири

Чиқиш занжири қуйидаги қисмлардан ташкил топган (8.4-расм).

- чиқиш кучланиши тўғрилагичлари;
- чиқиш канали филтрлари;
- интеграл стабилизаторлар.



8.3-расм. Кучланиш ўзгартиргичининг схемаси.



8.4-расм. Чикиш занжири схемаси.

Чиқиш занжири тўртта каналга эга бўлиб, юқори аниқ каналлар -12В ва -5В кучланишли, кам аниқ каналлар эса +12В ва +5В кучланишли каналлар ҳисобланади. Юқори аниқ каналларда чиқиш кучланишини стабиллаш учун кенглик-импульсли модуляциядан ташқари кучланишни чизиқли стабиллаш қўлланилади. Бунда бу каналлар чиқишларига чизиқли интеграл стабилизаторлар қўйилади (LM7912, LM7905 ёки КР142ЕН8Б, КР142ЕН5В). Коммутациялаш жараёнидаги динамик исрофларни камайтириш учун юқори аниқ 12 ва 5В каналларда қайта тикланиш вақти кам бўлган Шоттки диодлари қўлланилади.

8.4. Бошқариш ва ҳимоялаш схемалари

Компьютер ИЭТМи одатда, бир неча ҳимоялаш вазифаларини бажаради, яъни бир неча ҳимоялаш схемаларига эга бўлади. Бу ҳимоялаш схемаларининг исталган бирини ишлаб кетиши бошқариш схемасига таъсир қилиши орқали барча каналларни узилишини вужудга келтиради. Масалан, ортиқча юкланишларда қувват кучайтиргичларига бериладиган импульс кенглиги кескин торайиб нолга (паузага) айланади ва трансформаторнинг иккиламчи чўлғамидаги кучланиш нолга тенг бўлади.

Бошқариш схемаси кириш кучланиши, юклама токи ва ИЭТМ компонентлари параметрларининг ҳарорат бўйича стабилликлари ўзгарганида чиқиш кучланишининг стабилланишини ва ростланишини таъминлайди. Тесқари алоқа кучланиши ИЭТМ чиқишидан БСга берилади.

Компьютер ИЭТМи таркибига ИЭТМни ўзини ва тизим блоки электрон воситаларини мажбурий совутиш учун вентилятор киради. Қўпинча двигателни таъминлаш учун +12В кучланиш ишлатилади, баъзи ҳолларда эса двигателга кучланиш -12В шинадан берилади (8.4-расм). Вентиляторнинг истеъмол токи тахминан 0,12 А га тенг бўлади.

Қўшимча таъминот манбаи бошқариш схемасини ва қувват кучайтиргичининг ёрдамчи кучланиш билан таъминлайди.

Назорат саволлари

1. Компьютерлар электр таъминоти манбаи киришида ва чиқишида ҳалақитларни сўндириш филтрлари нима учун қўйилади?

2. Компьютер ИЭТМнинг номинал чиқиш кучланишларининг номиналлари айтинг?
3. Компьютер ИЭТМ чиқиш туғрилагичларида Шоттки диодлари нима учун қўлланилади?
4. Компьютерлар электр таъминоти манбаининг тузилиш схемасини тушунтиринг.
5. Кириш занжири таркибига қандай компонентлар киради ва уларнинг вазифасини айтинг?
6. Кучланиш ўзгартиргичи қандай қисмлар ташкил топган ва уларнинг вазифасини айтинг?
7. Чиқиш занжири таркибига қандай қисм киради ва уларнинг вазифасини айтинг?
8. Қўшимча электр таъминоти манбаи нима учун ишлатилади?
9. Нима учун компьютер ИЭТМ икки хил 220В/110В ли ўзгарувчан кучланишдан таъминланади?
10. Компьютер электрон воситаларини мажбурий совутиш учун вентиляторга қандай номиналдаги кучланиш берилади?

IX. АЛОҶА КОРХОНАЛАРИНИ ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСИ БИЛАН ТАЪМИНЛАШ

9.1. Телекоммуникация тизимлари электр таъминоти манбаларининг тузилиш схемалари

Алоҷа корхоналарини электр энергия билан таъминлашда, аввал унинг электр таъминоти қурилмаси ишлаб чиқилади. Электр таъминоти қурилмасини ишлаб чиқишда асосий техник кўрсаткичлар талаб қилинади [3].

Электр таъминоти тизимларини ҳисоблашда, техник кўрсаткичлари билан биргаликда қўйидаги маълумотлар ҳам кўрсатилади:

1. Лойиҳалаштирилаётган қурилманинг вазифаси.
2. Электр тармоғининг номинал кучланиши ва ток частотаси.
3. Тўғриланган кучланиш ва токнинг номинал қийматлари.
4. Ўзгармас кучланишнинг тўғрилаш орилиғи.
5. Юкламадаги ток ва тармоқ кучланишининг ўзгариш чегаралари.
6. Чиқиш кучланишининг рухсат этилган ўзгариш чегаралари (тўғрилагичлар ва стабилизаторлар).
7. Номинал юкламадаги тўғрилагич ва стабилизаторлар чиқишидаги рухсат этиладиган пульсация коэффициенти.
8. Конструктив ва эксплуатацион талаблар.
9. Иқлимий шартлар (максимал ва минимал ҳарорат, намлик ва ўраб турган атроф муҳит).
10. Механик шартлар (вибрация, силкиниш).

Электр таъминоти қурилмаларини лойиҳалаштиришда рационал схемалар танланади, унинг кўрсаткичлари аниқланади, эксплуатацион характеристикаси, ишлаб чиқиш конструкцияси танланади, массаси, ҳажм ўлчамлари ва қурилманинг таннархи аниқланади.

Ўзгармас кучланиш манбаларини ишлаб чиқаришда қўйидаги лойиҳалаштириш кетма-кетлиги тавсия этилади:

1. Қурилманинг тузилиш схемаларини қуриш (ёки блок схемалар), қурилманинг таркибини аниқлаш.
2. Тузилиш схемаларини ҳисоблаш.

3. Тўғрилагич қурилмасининг бошланғич ҳисоби (трансформатор, фильтр).
4. Тўғрилагич ва фильтр схемаларини танлаш.
5. Тўғрилагични ҳисоблаш.
6. Фильтрни ҳисоблаш.
7. Трансформаторни ҳисоблаш.
8. Ишга тушириш ва ростлаш қурилмасини ҳисоблаш.
9. Тўғрилагич қурилмасининг охириги ҳисоби.
10. Стабиллаш схемасининг ҳисоблаш.
11. Иқтисодий арзон электр таъминоти манбаи схемасини ҳисоблаш.
12. Бошқариш схемасини ҳисоблаш.
13. Ташқи қурилмалар билан мослашиш схемасини ҳисоблаш.
14. Таъминот манбаининг самарадор характеристикаси ва техник параметрларини аниқлаш.
15. Таъминот манбаининг иқтисодий кўрсаткичларини баҳолаш.

Барча ҳисоблар килингандан сўнг электр таъминот тизимининг тулиқ принципиал электр схемасини элементлар рўйхати билан тузиш ва конструкторлик ҳужжатларини ва техник шартларини ишлаб чиқиш керак бўлади.

Телекоммуникация тизимлари электр таъминоти манбаларининг тузилиш схемалари функционал электрли, эксплуатациявий ва конструктив-технологияли талаблар асосида қурилади.

Телекоммуникация тизимларидаги электрон қурилмалар ва иккиламчи таъминот манбаи истеъмолчилари қўп ҳолларда бир неча қурилма ва блоклардан ташкил топади. Бу қурилма ва блоklar ҳар хил номиналлардаги ток ва кучланишларни талаб қилади. Шундан маълумки, таъминот манбаини қуришнинг қўйидаги уч асосий ёндашуви мавжуд:

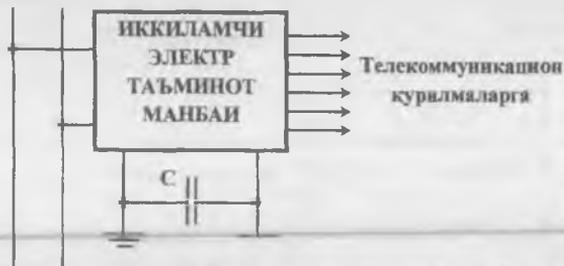
- марказлаштирилган электр таъминот манбаи схемаси;
- марказлаштирилмаган ёки тақсимланган электр таъминот манбаи схемаси;
- ҳар хил турдаги жамланган электр таъминот манбаи схемаси.

Марказлаштирилган электр таъминот манбаи схемасида (9.1-расм) ҳамма кучланишлар умумий битта блокда ишлаб чиқарилиб истеъмолчиларга узатилади. Бундай марказлаштирилган электр таъминот манбаи схемаси ихчамлаштирилган қурилмаларда кенг

қўлланилади. Марказлаштирилган таъминот манбаи схемаси бошқа таъминот манбаи схемаларига қараганда ихчам ва иқтисодий арзон ҳисобланади. Лекин, марказлаштирилган электр таъминотида ўтказгичлардаги йўқотишлар ошади ва умумий манба орқали қурилмалар ўртасида халақитли алоқа пайдо бўлади.

- Марказлаштирилмаган ёки тақсимланган электр таъминот манбаи схемасида (9.2-расм) алоҳида тугун ва блок қисмларини

Электр тармок
~220В



9.1-расм. Марказлаштирилган электр таъминот манбаи схемаси.



9.2-расм. Тақсимланган электр таъминот манбаи схемаси.

Хар хил турдаги, жамланган электр таъминот манбаи схема-сида (9.3-рaсм) ҳам юқорида айтиб ўтилган марказлаштирилган ва тақсимланган электр таъминот манбаи схемаларидаги жараёнлар бўлади. Бунда айрим блоклар марказлаштирилган электр таъминоти манбаидан электр энергияси билан таъминланса, қолган блоклар учун эса алоҳида қўшимча стабилизаторлар, ўзгартиргичлар ва бошқа элементлар ишлатилади.

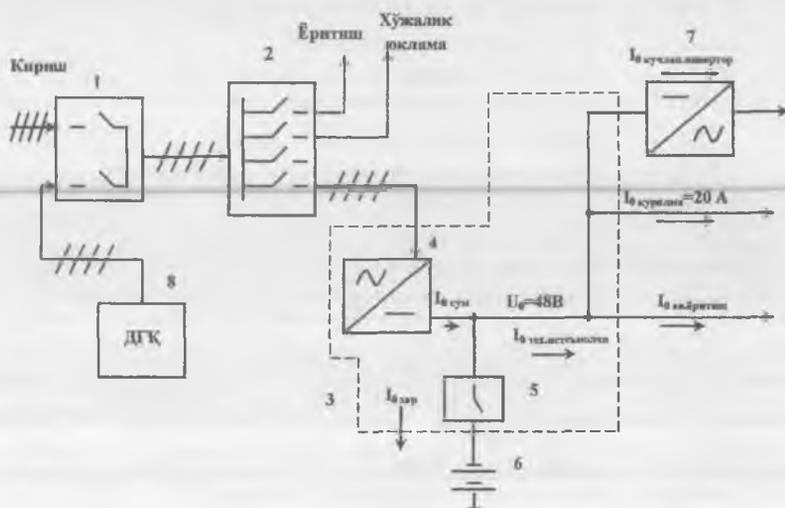


9.3-рaсм. Жамланган электр таъминот манбаи схемаси.

9.2. 48 В кучланишли автоматлаштирилган электр таъминоти манбалари

Телекоммуникацион қурилмалар ўзгарувчан ток энергияси билан биргаликда ўзгармас электр энергиясини ҳам истеъмол қилади. Телекоммуникацион қурилмалари томонидан электр таъминоти манбаларига қўйиладиган талаблар ортиб бормоқда. Ҳозирда телекоммуникацион қурилмалар 24, 48, 60 В кучланишларда ишлайди. 9.4-рaсмда 48 в кучланишли автоматлаштирилган электр таъминотининг функционал схемаси келтирилган. Бирламчи тармоқ кучланиши тўртта ўтказгичдан иборат бўлиб, у телефон станциясининг кириш-тақсимлаш қурилмасига (А,В,С уч фазали ўтказгич ва нейтрал ўтказгич N) уланган. Кириш-тақсимлаш қурилмасига (1) узлуксиз электр энергияси билан таъминлаб бериш учун захира двигател-генератор қурилмаси уланган. Тўғрилагич модули (4) бир

фазали тўғрилагичлар гуруҳини ташкил қилиб, кириш тармоғининг нейтрал ўтказгичлари ва фазаларидан бирига, чиқиши эса назорат ва химоя аккумулятор батарея блоки билан боғланган. Электр таъминоти қурилмаси чиқишлари истеъмолчиларнинг талабларига мос равишда тақсимланган. Электр энергияни тақсимлаш қурилмасида ўлчаш асбоблари (амперметр, вольтметр, ваттметр) ўрнатилган бўлиб, у тармоқдаги кучланишнинг пасайиши ёки ортishiни автоматик тарзда назорат қилиб туради. Тармоқда кучланиш бўлмаган вақтида аккумулятор батареяси (6) боғлаш қурилмаси (5) орқали ишга тушади.



9.4-расм. 48В кучланишли автоматлаштирилган электр таъминотининг функционал схемаси.

Назорат саволлари

1. Электр таъминоти қурилмасини ишлаб чиқишда асосий техник кўрсаткичлар нималардан иборат?
2. Ўзгармас кучланиш манбаларини ишлаб чиқаришда нималарга эътибор берилади?
3. Телекоммуникация тизимлари электр таъминоти манбаларининг тузилиш схемалари қандай талаблар асосида қурилади?

4. Тақсимланган электр таъминот манбаи схемаси афзаллик-лари нималардан иборат?

Қисқартмалар

АБ—	Аккумулятор батареяси
АТС—	Автомат телефон станциялари
БКНҚҚ—	Батарея кучланишини назорат қилиш қурилмаси
БС—	Бошқариш схемаси
БТ—	Бошқарилувчи тўғрилагич
БТНҚҚ—	Батарея токени назорат қилиш қурилмаси
БТЭМ—	Бирламчи электр таъминоти манбалари
ВАХ—	Вольт—ампер характеристика
ИЭТМ—	Иккиламчи электр таъминоти манбалари
КИМ—	Кенглик-импульс модуляция
ҚТҚС—	Қайтар тоқлардан қутилиш схемаси
КХБК—	Кучланишнинг ҳарорат буйича коэффициенти
РИ—	Ростловчи инвертор
РЭ—	Ростловчи элемент
СФ—	Силликловчи филтър
Та—	Атроф—муҳит ҳарорати
ТА—	Тескари алоқа
ТКМ—	Таянч кучланиш манбаи
ТКНҚҚ—	Тармоқ кучланишини назорат қилиш қурилмаси
Тр—	Трансформатор
ТС—	Таққословчи схема
УЭТМ—	Узлуксиз электр таъминоти манбаи
ЎК—	Ўлчовчи — кучайтирувчи
ЎТК—	Ўзгармас ток кучайтиргичи
ФИК—	Фойдали иш коэффициенти
ҲСФ—	Ҳалакитларни сўндириш филтри
ТКТ—	Тармоқ кучланиши тўғрилагичи
ЭТМ—	Электр таъминоти манбалари
ЭУЛ—	Электр узатиш линияси
ЭЮК—	Электр юритувчи куч
КБ—	Кучланиш бўлгич

ИЗОҲЛИ ЛУҒАТ

Автотрансформатор-uz Иккиламчи (чиқиш) ўрами бирламчи
Автотрасформатор-rus (кириш) ўрамининг бир қисми бўлган бир ўрамли трансформатор.

Аккумулятор-uz
Аккумулятор-rus Зарядсизлангандан сўнг яна қайта зарядлаш имкониятига эга бўлган ток манбаи. Кўрғошинли (кислотали), кадмий никелли, темир никелли ва кумуш-рухли (ишқорли) аккумуляторлар мавжуд.

Аккумулятор
батареяси-uz
Аккумуляторная
батарея-rus Электр жиҳатдан ўзаро боғланган, чиқиш учлари бўлган, одатда, бир корпусда жойлашган аккумуляторлар.

Аккумулятор сиғими-uz
Ёмкость
аккумулятора-rus Ампер соатларда ифодаланган электр миқдори, уни зарядланган аккумулятордан маълум чекланган кучланишгача зарядсизланиши орқали олиш мумкин.

Аккумуляторнинг ўз-ўзидан
зарядсизланиши-uz
Саморазряд
аккумулятора-rus Ҳамма истеъмолчилардан узиб қуйилган, ишлатилмай турган аккумуляторнинг зарядсизланиши. Сепараторлари мипор ёки мипластдан тайёрланган янги аккумулятор батареялари ишлатилмай сақланишининг биринчи 14 кунда 10% га зарядсизланади. Кейин зарядсизланиш жадаллиги пасаяди ва юқорида кўрсатилган давр 5% ни ташкил қилади. Бундай жараён *табiiй зарядсизланиш* дейилади. Агар аккумулятор батареяси суткасига 1% дан ортиқ зарядсизланса, ўз-ўзидан зарядсизланиш тезлашган ҳисобланади.

Актив қувват-uz
Активная мощность-rus Актив қаршилиқдан, у орқали ўзгармас ёки ўзгарувчан ток ўтганда вақт бирлиги ичида иссиқлик шаклида ажраладиган энергия.

Асинхрон машина-uz Роторнинг айланиш тезлиги айланти-
Асинхронная рувчи магнит майдон тезлиги билан
машина-rus синхрон бўлмаган, ўзгарувчан ток
индукцион электр машинаси.

Асинхрон генератор-uz Механик энергияни электр энергиясига
Асинхронный айлантирувчи асинхрон электр маши-
генератор-rus наси.

Асинхрон Ўзгарувчан ток электр энергиясини
электродвигатель-uz механик энергияга айлантирувчи
Асинхронный асинхрон электр машинаси. Ишлаши
электродвигатель-rus двигатель ўрамлари томонидан ҳосил
қилинадиган айланувчи магнит майдо-
нидан фойдаланиш асосида.

Балласт қаршилик-uz Занжирга ортиқча кучланишни ютиш
Балластное ҳамда занжир айрим тармоқларидаги
сопротивление-rus кучланиш ёки токни ростлаш учун ула-
надиган қаршилик.

Батарея-uz Бир манбанинг тегишли катталиклари-
Батарея-rus дан ошувчи кучланиш ва токнинг талаб
қилинадиган қийматини олиш учун бир
нечта гальваник ток манбаининг (гальва-
ник элементлари) ёки фотоэлементлар-
нинг уланиши. Батареяга уланадиган
элементлар бир хил ЭЮК ва ички
қаршиликка эга бўлиши керак.

Биполя Ўзаро таъсирлашувчи иккита тўғриловчи
транзистор-uz электр ўтишга ва кучайтириш хусу-
Биполярий сиятлари заряд ташувчилар инъекцияси ва
транзистор-rus экстракцияси ходисаси билан боғлиқ учта
(ёки ундан кўп) чиқиш учларига эга
яримўтказгичли асбоб. Асосий заряд
ташувчилар ҳам электронлар, ҳам коваклар
бўлгани сабабли бу транзистор биполя
транзистор деб аталади («би» —икки).

Бир ярим даврли
тўғрилагич-уз
Выпрямитель
однополупериодный-рус
Бошқариладиган
(бошқарилмайдиган)
вентиллар-уз
Вентили управляемые
(неуправляемые)-рус

Буфер батарея-уз
Буферная батарея-рус

Вентилли
фотоэффект-уз
Вентильный
фотоэффект-рус
Вентилли электр
юритма-уз
Вентильный
электропривод-рус
Вентиль
фотоэлемент-уз
Вентильный
фотоэлемент-рус

Вольт-ампер
характеристикаси-уз
Вольт-амперная
характеристика-рус
Гальваник элемент
сигими-уз
Емкость
гальванического
элемента-рус

Тўғрилаш учун ўзгарувчан кучланишнинг битта ярим даврдан фойдаланиладиган қурилма.

Вентиллар, улар орқали ўтадиган ток бошқарувчи электрод томонидан бошқарилади (йўналтирилади).

Бошқариладиган вентилларга бир ва икки операцияли тиристорлар, фототиристорлар, симисторлар, бошқарилмайдиган вентилларга турли мўлжалланишдаги диодлар, динисторлар, стабилитронлар киради.

Узлуксиз электр таъминоти учун ўзгармас ток генератори ёки тўғрилагич билан паралел уланадиган аккумулятор батареяси.

Таркибида яримўтказгич-металл ёки электрон-ковак ўтиш контакти бўлган занжирларда ёруғлик таъсирида ЭЮК юзага келиши.

Двигатель таъминоти ва айланиш частотасини ростлашда бошқариладиган электр вентиллар асосидаги ўзгартиргичлар қўлланиладиган электр юритма.

Тушаётган ёруғлик таъсирида ЭЮК генерациялайдиган, яъни ёруғлик энергиясини электр энергиясига айлантириб берадиган, беркитувчи қатлами бўлган яримўтказгич асбоб.

Электр занжири элементи қисқичларидаги кучланишнинг ундаги токка боғлиқлиги.

Зарядсизланишда гальваник элемент бера оладиган электр миқдори. Сигим миқдори йўл қўйилиши мумкин бўлган минимал кучланишгача зарядсизланиш вақтида элемент берадиган токнинг қўпайтмасига тенг.

Гальваник боғланиш-uz

Электр занжирларининг электр майдони орқали ўтказувчи мухитда боғланиши.

Гальваническая связь-gus

Гальваник элемент-uz

Электр токининг манбаи бўлиб, унда электрохимёвий реакция натижасида бевосита электр энергияси ажралади. Суюқ ёки хамирсимон электролит эритмасига туширилган мусбат ва манфий электролитлардан иборат. Барча гальваник элементларда электролитлар ва электродлар ва электролит моддалар кимёвий реакцияга сарфланади ва эмирилиш ишдан чиқади. Уни қайта зарядлаб бўлмади.

Гальванический элемент-gus

Гармоникалар коэффиценти-uz
Коэффициент гармоник-gus

Эгри ўзгарувчан кучланиш шаклининг синусоидалга яқинлашиш даражасининг кўрсатувчи катталиқ бўлиб, юқори гармоникалар бўйича кучланишларнинг эффектив (таъсири) кийматлари йиғиндиси биринчи гармониканинг эффектив киймати нисбатига тенг.

Двигателнинг максимал momenti-uz
Момент двигателя максимальный-gus

Сирпаниш $S=0,2$ га тенг бўлганда двигателни энг катта айлантирувчи momenti.

Двигателнинг номинал momenti-uz

Сирпаниш $S=0,2....0,06$ бўлганда двигателнинг айлантирувчи momenti.

Момент двигателя номинальный-gus

Двигателни ишга тушириш momenti-uz

Сирпаниш $S=1$ бўлганда двигателни айлантирувчи момент.

Момент двигателя пусковой-gus

Идеал (реал) вентиль-uz

Улаш, узиш ва унинг ички параметрлари вақти ҳисобга олинмайдиган вентиль идеал ҳисобланади. Реал вентиллар улаш, узишнинг охириги вақтига эга ва уларда маълум миқдорда энергия иссиқлик кўринишида ажралади.

Вентиль идеальный (реальный)-gus

Икки ярим даврли тўғрилагич-uz
Выпрямитель двух-полупериодный-rus
Иккиламчи электр таъминот блоки-uz
Блок вторичного электропитания-rus
Иккиламчи электр таъминот манбаи-uz
Вторичные источники электропитания -rus

Импульсли диодлар-uz
Импульсные диоды-rus

Импульсли трансформатор-uz
Импульсные трансформатор-rus
Инвертор-uz
Инвертор-rus

Инверторлаш-uz
Инвертирование-rus

Индуктив филтър-uz
Индуктивный филтър-rus

Токни тўғрилаш учун, ўзгарувчан кучланишнинг ҳар икки ярим даврдан фойдаланиладиган қурилма.

Яхлит конструкция кўринишида ясалган иккиламчи электр таъминот манбаи.

Алоҳида асбобларни ёки радиоаппаратура қисмларини иккиламчи электр таъминот билан таъминловчи қурилма. Иккиламчи электр таъминот манбаи манбанинг кириш энергиясини зарур тур ва сифатдаги электр энергиясига айлантиради.

Ўтиш жараёнларининг жуда кичик давомийлигига эга бўлган ва тезкор импульсли схемаларда ишлаш учун мўлжалланган яримўтказгичли диодларнинг бир тури.

Бир неча улушдан ўнлаб микросекундгача давомийликдаги импульсларни узатиш учун мўлжалланган ферромагнит ўзакли трансформатор.

1. Ўзгармас ток энергиясини ўзгарувчан ток энергиясига айлантирувчи ўзгартиргичлар.

2. Рақамли техникада «ЙЎҚ» инкор функциясини бажарувчи электрон қурилма.

1. Ўзгармас ток энергиясини ўзгарувчан ток энергиясига айлантириш жараёни.

2. Сигнал кучайтиргичларда кириш сигнали 180° га ўзгартириш жараёни.

Индуктив ғалтак ёки индуктив дроссел L_{ϕ} ҳамда R_{ϕ} актив қаршиликдан тузилган электр занжири. У юклама қаршилиги $R_{\phi 0}$ га кетма-кет уланади.

Интеграл кучланиш стабилизаторлари-uz
Интегральные стабилизаторы напряжения-gus
Ишқорли аккумулятор-uz
Аккумулятор щелочной-gus

Кадмий никелли аккумулятор-uz
Аккумулятор кадмиево-никелевый-gus
Кимёвий ток манбалари-uz
Химические источники тока-gus
Қисқа туташган ротор-uz
Короткозамкнутый ротор-gus
Қисқа туташув-uz
Короткое замыкание-gus

Кислотали аккумулятор-uz
Аккумулятор кислотный -gus

Конструктив жиҳатдан ягона корпуда жойлаштирилган стабилизаторларнинг яримўтказгичли микросхемалари

Электролит сифатида ўювчи калий ва ўювчи натрийнинг 20 фоизли эритмасидан иборат ишқор қўлланиладиган аккумулятор. Электродлар ичида прессланган актив масса бўлган ясси қутичалардан тузилган пластиналардан иборат бўлади.

Манфий пластиналарнинг актив массаси кадмий ва мусбат пластиналарнинг актив массаси никель оксидининг гидрати бўлган ишқорли аккумулятор.

Электр кимёвий реакциялар вақтида актив моддаларнинг энергияси электр энергиясига айланадиган қурилма.

Ўрамлари қисқа туташган ўзгарувчан ток электр машинасининг ҳаракатланувчи қисми (ротори).

Турли потенциал иккита симнинг жуда кичик қаршилиги орқали (кўпинча ўтказгич симларининг ўз қаршилиги орқали) уланиб қолиши. Қурилманинг номинал токидан бир неча ўнлаб ва юзлаб марта ортиқ бўлган қисқа туташув токи унинг айрим қисмларини механик ёки иссиқлик таъсирида ишдан чиқариши мумкин.

Сулфат кислотанинг сувли эритмаси бўлган идишга жойлаштирилган иккита (мусбат ва манфий) пластинадан иборат аккумулятор.

Конвертор-uz
Конвертор-rus

Куёш батареяси
(элементлари) –uz
Солнечная батарея
(элементы)-rus

Кумуш рухли
аккумулятор-uz
Аккумулятор сереб-
ряно-цинковый-rus

Кучланишни
тақсимлагич-uz
Делитель
напряжения-rus

Кўприк усулида
уланган тўғрилагич-
uz

Выпрямитель
мостовой-rus

Магнит майдон-uz
Магнитное поле-rus

Магнит оқими-uz
Магнитный поток-rus

Мустақил кўзғатиш
генератори-uz
Генератор независимо-
го возбуждения-rus

Лотинча *conversio* сўзидан олинган бўлиб, айлантириш деган маънони билдиради. Ўзгартиргичлар техникасида бу атама бир катталиқдаги доимий кучланиш (ток)ни бошқа катталиқдаги доимий кучланиш (ток)га ўзгартирувчи ўзгартиргичларга берилган.

Альтернатив ёки тикланадиган энергия генератори. Куёш нурини электрга (электр ёруғига) айлантиради.

Электродлари рух ва кумуш оксидидан, электролити эса зичлиги 1,4 бўлган ўювчи калий эритмасидан ташкил топган ишқорли аккумулятор.

Бир нечта қаршиликлардан ташкил топган, берилган кучланишни қисмларга бўлиш учун хизмат қиладиган занжир.

Икки яримдаврли тўғрилагичнинг бир тури. Трансформаторнинг иккиламчи ўрамидан фойдаланиладиган ва кетмакет уланадиган иккита икки яримдаврли тўғрилагични ўзида ифодалайди.

Доимий магнит ёки электромагнит кутблари орасидаги фазо бўлиб, ҳаракатланадиган электр зарядланган заррага унинг зарядли ва тезлигига пропорционал куч билан таъсир этиш орқали тавсифланади.

Берилган юзадан ўтувчи магнит индукцияси оқими. Бир жинсли майдон магнит индукциясининг, шу индукция векторига перпендикуляр бўлган майдон катталиги кўпайтмасига тенг, $\Phi = B S$.

Кўзғатиш ўрами ўзгармас ток манбаидан таъминланувчи генератор.

**Силлиқловчи
филтрнинг
фильлаш
коэффициенти-uz
Коэффициент филь-
рации сглаживающе-
го фильтра-gus
Стабилизаторни
стабиллаш
коэффициенти-uz
Коэффициент
стабилизации
стабилизатора-gus
Сув қуйиладиган
гальваник элемент-uz
Водоналивной
гальванический
элемент-gus**

**Таъсир этувчи
қиймат (токнинг,
кучланишининг) -uz
Действующее
значение (тока,
напряжения)-gus**

**Тикланадиган
энергия манбалари-uz
Возобновляемые
источники энергии-
gus
Тиристорнинг
уланиши ва узилиш
вақти-uz
Время включения и
выключения
тиристора-gus**

Филтрдан олдин ва филтрдан кейин бўлган кучланишлар ўзгарувчан ташкил этувчисининг биринчи гармоникаларига нисбатан тенг бўлган катталик.

Юклама токи ўзгармаган ҳолда, кириш кучланишининг нисбий ўзгариши чиқиш кучланишининг нисбатий ўзгаришидан неча марта катталигини кўрсатувчи коэффиценти.

Ишга тушириш учун тоза сув қуйилиши талаб этиладиган гальваник элемент. Унга сув қуйилганда электролит таркибига кирувчи моддалар эрийди ва гальваник элементнинг ишлаши учун зарур бўлган электролит ҳосил бўлади. Ўзгарувчан ток занжирларини ҳисоблашда ишлатиладиган атама. Ўзгарувчан токнинг таъсир этувчи қиймати бир хил қаршилиқ орқали ўтганда бир давр ичида ўзгармас токнинг эквивалент (тенг кучли) қийматига тенг миқдорда иссиқлик ажратади.

Қуёш, шамол, Ернинг иссиқлик, сув оқимлари табиий ҳаракатининг, шунингдек, табиатда мавжуд бўлган температураалар градиентларининг энергияси.

Тиристорнинг ёпиқ ҳолатдан очик ҳолатга ўтиш ва вақтини (уланиш вақти) ва беркитувчи хусусиятларини тиклаш вақтини (узилиш вақти) тавсифловчи динамик параметрлари. Уланиш ва узилиш вақтини тиристорнинг частота хусусиятларини белгилайди.

<p>Ток (кучланиш) стабилизатори-uz Стабилзатор тока (напряжения) –rus Транзисторли инверторлар-uz Инверторы транзиторные-rus</p>	<p>Юклама қаршилиги бутун схеманинг киришидаги кучланиш ўзгарганда юкламадаги ток (кучланиш)ни бир хил ушлаб турадиган қурилма. Асосий элементлар сифатида транзисторлардан бир фазали, уч фазали инверторлар.</p>
<p>Транзисторнинг кириш характеристикалари-uz Входные характеристики транзистора-rus</p>	<p>Транзисторнинг чиқиш занжиридаги турли хил қайд қилинган кучланишларда (ёки токларда) кириш токининг кириш кучланишига боғлиқлигини кўрсатувчи графиклар.</p>
<p>Транзисторнинг чиқиш характеристикалари-uz Выходные характеристики транзистора-rus Трансформатор-uz Трасформатор-rus</p>	<p>Транзистор кириш занжиридаги турли хил қайд қилинган кучланишлар (ёки токлар) чиқиш токининг чиқиш кучланишига боғлиқлигини кўрсатувчи графиклар.</p> <p>Кучланишнинг бир қийматли ўзгарувчан ток электр энергияси кучланишнинг бошқа қийматдаги электр энергиясига, ўзгарувчан токнинг ўзгармас частотасини сақлаган ҳолда, ўзгартириш учун хизмат қиладиган статик элетромагнит қурилма.</p>
<p>Трансформаторнинг қисқа туташуви-uz Короткое замыкание трасформатора-rus</p>	<p>Трансформаторнинг алоҳида режими ҳисобланиб, унинг иккиламчи ўрами қисқа туташади ва ундан қисқа туташув токи ўтади. Бу вазиятда бирламчи ўрамдаги кучланиш қисқа туташув кучланиши деб аталади.</p>
<p>Трансформаторнинг юкланиш режими-uz Режим нагрузки трасформатора-rus</p>	<p>Иккиламчи ўрами юклама қаршилигида беркитилган ва унда ток ўтаётганлигини билдирувчи трансформаторнинг юкланиш режими.</p>

<p>Трансформаторсиз таъминот-uz Бестрансформаторное питание-gus</p>	<p>Таркибида трансформатор бўлмаган радиоэлектроника, автоматика ва алоқа қурилмаларини электр энергияси билан таъминлаш.</p>
<p>Трансформация коэффиценти-uz Коэффициент трансформации-gus</p>	<p>Трансформатор иккиламчи ўрами (ток, кучланиш, қувват, ўрамлар сони) параметрларининг бирламчи ўрамнинг шу параметрга нисбати билан аниқланиладиган катталиқ.</p>
<p>Тўғрилагич-uz Выпрямитель-gus Тўғрилагичнинг ички қаршилиги-uz Внутреннее сопротивление выпрямителя-gus</p>	<p>Ўзгарувчан токни бир йўналишдаги токка айлантирувчи қурилма. Тўғрилагич схемасига тегишли вентиллар ва трансформатор ўрамлари қаршиликларининг йиғиндис.</p>
<p>Тўғрилагичнинг ташқи характеристикаси-uz Внешняя характеристика выпрямителя-gus</p>	<p>Тўғриланган кучланиш билан тўғриланган ток ўртача қийматларининг бирига боғлиқлиги.</p>
<p>Узлуксиз электр таъминот манбаи-uz Источник бесперебойного электропитания (ИБП)-gus</p>	<p>Тармоқ кучланиши йўқолганда ёки унинг параметрлари (кучланиш, частота) йўл қўйиладиган чегарадан ташқарига чиққанда, аккумулятор батареяларининг энергияси ҳисобига юклама таъминотини амалга оширадиган автоматик қурилма. Бундан ташқари, тузилиш схемасига боғлиқ равишда, узлуксиз электр таъминот манбаи электр таъминот параметрларини тўғрилайди. Резерв (off-line), интерактив (line-interactive) ва он-лайн (on-line) узлуксиз электр таъминот манбаи ажратилади.</p>
<p>Уч фазаги тўғрилагич-uz Выпрямитель трех-фазный-gus</p>	<p>Уч фазаги ўзгарувчан кучланишни тўғрилаш қурилмаси.</p>

Уч фазали ток-из
Трёхфазный ток-gus

Ўзаро индуктивлик-из
Взаимная
индуктивность-gus

Ўзгартиргичнинг
фойдали иш
коэффициенти-из
Коэффициент
полезного действия
преобразователя-gus

Ўлчаш
трансформатори-из
Измерительный
трасформатор-gus
Фильтрнинг кириши
(чиқиши) даги
пульсланиш коэф-
фициенти-из
Коэффициент
пульсации на входе
(выходе) фильтра-gus
Фильтрнинг
силлиқланиш
коэффициенти-из
Коэффициент сгла-
живания фильтра-gus
Фойдали иш
коэффициенти-из
Коэффициент
полезного действия-
gus

Амплитудалари ва частотаси бир хил бўлган, фақат бир-бирига нисбатан фаза бўйича 120° га силжиган ёки вақт бўйича $1/3$ даврга фарқ қилувчи учта ЭЮК дан вужудга келган учта бир фазали тоқлар тизими.

Электр занжирининг бир элементидаги ўзаро индукция оқим илашишининг бош-қа элементдаги шу оқим илашишига боғлиқ бўлган ток нисбатига тенг скаляр катталиқ.

Ўзгартиргичнинг юкламага берадиган қувватини тармоқдан олинган актив қувватга нисбати.

Ўзгарувчан ток электр занжирларида электр ўлчов асбобларининг ўлчаш чега-расини кенгайтириш учун хизмат қиладиган қурилма.

Фильтр кириши (чиқиши) даги ўзгарувчан ташкил этувчилар биринчи гармоникаси амплитудасининг кириш (чиқиш) даги кучланиш ўртача қийматининг нисбатига тенг катталиқ.

Фильтрдан олдин ва филтрдан кейин бўлган пульсланиш коэффициентларининг нисбатига тенг катталиқ.

Узлуксиз электр таъминот манбаи чиқиш қувватининг тармоқдан истеъмол қилинадиган қувватга бўлган нисбати.

ФЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР

1. А.С.Каримов ва бошқалар. Электротехника ва электроника асослари.-Т.: «Ўқитувчи», 1995.-462 б.
2. Березин О.К., Костиков В.Г., Шахнов В.А. Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры. -М.: «Три Л», 2000. -400 с.
3. Гейтенко Е.Н. Источники вторичного электропитания. Схемотехника и расчет. Учебное пособие. -М.:СОЛОН-ПРЕСС, 2008.-448 с.
4. Иванов-Цыганов А.И. Электропреобразовательные устройства РЭС: Учеб. для вузов по спец. «Радиотехника».-М.: Вышш.шк.,1991.-272 с.
5. Китаев В.Е. и др. Расчет источников электропитания устройств связи. Учебное пособие для высших учебных заведений.-М.: «Радио и связь», 1993.-230 с.
6. Костиков В.Г., Парфёнов Е.М., Шахнов В.А. Источники электропитания электронных средств. Схемотехника и конструирование: Учебник для вузов.-М.: «Радио и связь», 1998 г.
7. Mulder S.A. Loss formulas for power ferrites and their in transformer design. Philips Components. 1994.
8. Найвельт Г.С. и др. Справочник. Источники электропитания РЭА.-М.: «Радио и связь», 1986.-576 с.
9. Телекоммуникация усқуналари электр таъминотиға оид терминларнинг русча-ўзбекча изоҳли луғати. т.ф.д. М.Мухиддиновнинг таҳрири остида. «Фан» нашриёти, 2009 й.
10. Хиленко В.И., Хиленко А.В. Электропитание устройств связи. Учебное пособие. М.: «Радио и связь», 1998 г.
11. Электропитание устройств связи / под ред. Ю.Д.Козляева.-М.: «Радио и связь», 1998.-328 с.
12. Электропитание устройств связи: Учебник для вузов/А.А.Бокуняев, Б.В.Горбачев, В.Е.Китаев и др.; Под ред. В.Е.Китаева.-М.: «Радио и связь», 1988.-280 с.

ИЛОВАЛАР

1. Мавжуд майдоний транзисторлар ва уларнинг хорижий аналоглари

Мавжуд транзисторлар	Хорижий аналоглари	Мавжуд транзисторлар	Хорижий аналоглари	Мавжуд транзисторлар	Хорижий аналоглари
КП150	IRF150	КП724А	МТР6N60	КП745А	IRF530
КП240	IRF240	КП724Б	IRF842	КП745Б	IRF531
КП250	IRF250	КП725А	ТРР450	КП745В	IRF532
КП340	IRF340	КП726А	BUZ90А	КП745Г	IRL530
КП350	IRF350	КП727А	BUZ71	КП746А	IRF540
КП365А	BF410С	КП727Б	IRFZ34	КП746Б	IRF541
КП382А	BF960	КП727В	IRLZ34	КП746В	IRF542
КП440	IRF440	КП728А	BUZ80А	КП746Г	IRL540
КП450	IR450	КП730	IRF730	КП747А	IRFP150
КП501А	ZVN2120	КП730А	IRGPH50F	КП748А	IRF610
КП502	BSS124	КП731А	IRF710	КП748Б	IRF611
КП503	BSS129	КП731Б	IRF711	КП748В	IRF612
КП504	BSS88	КП731В	IRF712	КП749А	IRF620
КП505	BSS295	КП737А	IRF630	КП749Б	IRF621
КП510	IRF510	КП737Б	IRF634	КП749В	IRF622
КП520	IRF520	КП737В	IRF635	КП750А	IRF640
КП530	IRF530	КП739А	IRFZ14	КП750Б	IRF641
КП540	IRF540	КП739Б	IRFZ10	КП750В	IRF642
КП610	IRF610	КП740	IRF740	КП750Г	IRL640
КП620	IRF620	КП740А	IRFZ24	КП751А	IRF720
КП630	IRF630	КП740Б	IRFZ20	КП751Б	IRF721
КП640	IRF640	КП740В	IRFZ25	КП751В	IRF722
КП707Б1	BUZ90	КП741А	IRFZ48	КП752А	IRF730
КП710	IRF710	КП741Б	IRFZ46	КП752Б	IRF731
КП717Б	IRF350	КП742А	STH75N06	КП752В	IRF732
КП718А	BUZ45	КП742Б	STH75N05	КП753А	IRF830
КП718Е1	IRF453	КП743А	IRF510	КП753Б	IRF831
КП720	IRF720	КП743Б	IRF511	КП753В	IRF832
КП722А	BUZ36	КП743В	IRF512	КП771А	STP40N10
КП723А	IRFZ44	КП744А	IRF520	КП820	IRF820
КП723Б	IRFZ45	КП744Б	IRF521	КП830	IRF830
КП723В	IRFZ40	КП744В	IRF522	КП840	IRF840
КП723Г	IRLZ44	КП744Г	IRF520		

**2. КТ838А; 2Т839А; КТ840А; Б: 2Т841А; 2Т866А
транзисторларининг электр параметрлари**

Параметр	Номинал қиймат					
	КТ838 А	КТ839 А	КТ840 А	КТ 840Б	КТ841 А	КТ866 А
1	2	3	4	5	6	7
Коллектор тескари токи, мАдан катта эмас	1	1	3	3	3	2,5
1	2	3	4	5	6	7
Коллектор-эмиттер тўйиниш кучланиши, Вдан катта эмас	5	1,5	3	3	1,5	1,5
База-эмиттер тўйиниш кучланиши, Вдан катта эмас	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6
УЭ схемасидаги тогкни статик узатиш коэффиценти, β , дан кичик эмас	2,5	5	10	10	12	15
Чегаравий кучланиш, Вдан кичик эмас	700	700	400	350	400	100
Коллекторнинг рухсат этиладиган ўзгармас токи, Адан катта эмас	5	10	6	6	10	20
Базанинг рухсат этиладиган ўзгармас токи, Адан катта эмас	2	3	2	2	3	5
Эмиттер-базанинг рухсат этиладиган ўзгармас тескари кучланиши, Вдан катта эмас	5	5	5	5	5	4
Коллектор-эмиттер рухсат этиладиган ўзгармас кучланиши, Вдан катта эмас	400	350	400	350	600	160
Коллекторда тарқаладиган рухсат этиладиган қиймат	12, 5	50	60	60	50	30

3. Конденсаторлар
 Алуминийли оксид-электрolitik конденсаторлар

Номи- нал кучла- ниш, В	K50-20	K50-29
	Номинал сизим, мкФ	Номинал сизим, мкФ
6,3	10; 20; 50; 100; 500; 1000; 2000; 5000	47; 100; 220; 470; 1000; 2200;4700
16	2; 5; 10; 20; 50; 100; 200; 500; 1000; 2000	22; 47; 100; 220; 470; 1000; 2200; 4700
25	2; 5; 10; 20; 50; 100; 200; 500; 1000;2000	10; 22; 47; 100; 220; 470; 1000; 2200;
50	1; 2; 5; 10; 20; 50; 100; 200;2000	
63		4; 7; 10; 22; 47; 100;220; 470; 1000
100	1; 5; 10; 20;50; 100; 200	2,2; 4,7; 10; 22; 47; 100;
160	2; 5; 10; 20;50; 100; 200	1;2,2; 4,7; 10; 22; 47
250	20; 50	
300	6; 10; 20; 30; 50	4,7; 10; 22
350	2; 6; 10; 20	2,2; 4,7; 10; 22
400	2; 10; 20	2,2; 4,7; 10; 22

4. Стабилитронлар ва стабисторлар параметрлари

Тури	Номинал стабиллаш кучланиши, В	Максимал стабиллаш токи, мА	Минимал стабиллаш токи, мА	Стабиллаш кучланиши ҳарорат буйича коэффиценти, % · °С
1	2	3	4	5
Д818А	9	33	3	±0,02
Д818Ж	8,5	33	3	±0,02
2С101А	3,3	30	0,25	-0,1
1	2	3	4	5
2С101Б	3,9	26	1	-0,08
2С101В	4,7	21	1	-0,06
2С101Г	5,6	18	1	±0,04
2С101Д	6,8	15	1	±0,06
2С101А-1	3,3	15	1	-0,01
2С101Б-1	3,9	13	1	-0,008
2С101В-1	4,7	11	1	-0,06
2С101Г-1	5,6	9	1	±0,04
2С101Д-1	6,8	7	1	±0,06
2С107А	0,7	120	1	-0,34
2С111А	6,2	22	3	-0,06
2С111Б	6,8	20	3	±0,05
2С111В	7	20	3	±0,01
2С112А	7,5	18	3	±0,04
2С112Б	8,2	17	3	±0,04
2С112В	9,1	15	3	±0,06
2С113А	1,3	100	1	-0,42
2С119А	1,9	100	1	-0,42
2С117А	6,4	12	3	±0,002
2С117Б	6,4	12	3	±0,001
2С117В	6,4	12	3	±0,0005
2С133А	3,3	81	3	-0,11

2C139A	3,9	70	3	-0,1
2C147A	4,7	58	3	+0,01...-0,09
2C156A	5,6	55	3	±0,05
2C168A	6,8	45	3	±0,06
2C133B	3,3	37,5	1	±0,1
2C133Г	3,3	37	1	±0,1
2C147B	4,7	26,5	1	-0,07
2C156B	5,6	22,4	1	+0,05
2C175Ж	7,5	20	0,5	+0,07
2C182Ж	8,2	18	0,5	+0,07
2C191Ж	9,1	16	0,5	+0,8
2C210Ж	10	15	0,5	+0,09
2C211Ж	11	14	0,5	+0,09
2C212Ж	12	13	0,5	+0,092
2C213Ж	13	12	0,5	+0,095
2C215Ж	15	10	0,5	+0,095
2C216Ж	16	9,4	0,5	+0,1
2C218Ж	18	8,3	0,5	+0,1
2C220Ж	20	7,5	0,5	+0,1
2C222Ж	22	6,8	0,5	+0,1
2C224Ж	24	6,3	0,5	+0,1
Д816Б	27	180	10	+0,12
Д816В	32	150	10	+0,12
Д816Г	39	130	10	+0,12
Д816Д	47	110	10	+0,12
1	2	3	4	5
Д817А	56	96	5	+0,14
Д817Б	68	75	5	+0,14
Д817В	82	60	5	+0,14
Д817Г	100	50	5	+0,14

5. Электр таъминот манбаларида ишлатиладиган ИМСлар

Микросхе- ма турлари	Чиқиш кучлани- ши, $U_{ст}$, В	Кириш кучланиш диапазонлари		$I_{ст.макс}$ с, А	$P_{макс}$, Вт	Корпус тури
		$U_{кир.мин}$, В	$U_{кир.макс}$, В			
1	2	3	4	5	6	7
78L05	5	7.2	30	0.1	0.5	ТО-92
78L06	6	8.2	30			
78L08	8	10.2	30			
78L09	9	11.2	30			
78L12	12	14.2	30			
78L15	15	17.2	30			
78L18	18	20.2	30			
78L20	20	22.2	30			
78L24	24	26.2	30			
LM78LxxACZ, ML78LxxA, MC78LxxCP						
78M05	5	7.5	35	0.5	7.5	
78M06	6	8.5	35			
78M08	8	10.5	35			
78M09	9	11.5	35			
78M12	12	14.5	35			
78M15	15	17.5	35			
78M18	18	20.5	35			
78M20	20	22.5	40			
78M24	24	26.5	40			
LM78MxxACZ, ML78MxxA, MC78MxxCP						
7805	5	7.5	35	1-1.5	10-12	ТО-202, ТО-220, ТО-39
7806	6	8.5	35			
7808	8	10.5	35			
7809	9	11.5	35			
7812	12	14.5	35			
7815	15	17.5	35			
7818	18	20.5	35			
7820	20	22.5	40			

7824	24	26.5	40			
LM309K	5	7	35	1		TO-3
LM340-05	5	7	35	1.5	10	TO-3, TO-202, TO-220
LM340-06	6	8	35			
LM340-08	8	10.5	35			
LM340-12	12	15	35			
LM340-15	15	17.5	35			
LM340-18	18	21	40			
LM340-24	24	27	40			
TO-202 корпусларда L78xxCV, MC78xxCP, L200xxCV(2A), LM340Txx, STC28xxEC, TDB78xxT, mA78xxCK ишлаб чиқарилган. TO-3 корпусларда MC78xxCK, mA78xxCDA, mA78xxKC, LM340Kxx, SFC28xxRC, TDB78xx ишлаб чиқарилган						
78H05	5	7	20			TO-3
78H05K C	5	8	25			
78H12KC	12	15	25			
78H15KC	15	88	25			
LM323K	5	7	20			
TDB012 3KM	5	7	20			
78P05	5	8	35			
79L05	-5	-7.2	-30	0.1	0.5	TO-92 ёки КТ-26
79L06	-6	-8.2	-30			
79L08	-8	-10.2	-30			
79L09	-9	-11.2	-30			
79L12	-12	-14.2	-30			
79L15	-15	-17.2	-30			
79L18	-18	-20.2	-30			
79L20	-20	-22.2	-35			
79L24	-24	-26.2	-35			
LM79Lxx, ML79Lxx, MC79LxxCP, mA79LxxAWC						
79M05	-5	-7.5	-35	0.5	7.5	TO-202 ёки TO-220
79M06	-6	-8.5	-35			
79M08	-8	-10.5	-35			

79M09	-9	-11.5	-35			
79M12	-12	-14.5	-35			
79M15	-15	-17.5	-35			
79M18	-18	-20.5	-35			
79M20	-20	-22.5	-40			
79M24	-24	-26.5	-40			
LM79MxxACZ, ML79MxxA, MC79MxxCP, mA79LxxAWC						
7905	-5	-7.5	-35	1-1.5	10-12	TO-202, TO-220, TO-3
7906	-6	-8.5	-35			
7908	-8	-10.5	-35			
7909	-9	-11.5	-35			
7912	-12	-14.5	-35			
7915	-15	-17.5	-35			
7918	-18	-20.5	-35			
7920	-22.5	-40	-20			
7924	-24	-26.5	-40			

6. КР142ЕН турдаги чикиш кучланишлар ростланадиган интеграл стабилизаторлар параметрлари

Микросхемаларнинг шартли белгиланиши	Нормал iklim шароитларидаги классификацион параметрлар				Чикиш токи (А) Корпус температураси (°С) бўлганда		Кучланишнинг минимал пасайиши, В	Кириш кучланиши, В		
	Чикиш кучланиши, В		Ностабиллик		Минус 10 дан 70 гача	Минус 45 дан 85 гача				
	Минимал	Максимал	Кучла-ниш буйича, % В	Ток буйича, %А						
КР142ЕН1А	3	12	0,3	11,1	0,15	-	2,5 4,5	20 гача		
КР142ЕН1Б			0,1	4,4						
КР142ЕН1В			0,5	22,2						
КР142ЕН1Г			0,2	4,4						
КР142ЕН2А	12	30	0,3	11,1						
КР142ЕН2Б			0,1	4,4						
КР142ЕН2В			0,5	22,2						
КР142ЕН2Г			0,2	4,4						
КР142ЕН12А	12...1,3	37	0,01	0,2			1,5	-	3,5	5 дан 45 гача
КР142ЕН12Б			0,018	4,0			1,0	-		
КР142ЕН14	2	37	0,03	0,33			0,15	-	3	9,5 дан 40 гача
КР142ЕН18А	Минус 1,2	Минус 26,5	0,03	0,33			1,0	-	3,5	Минус 5 дан 30 гача
КР142ЕН18Б				-	1,5	-				
КР1151ЕН1А	1,24	17,5	0,04	-	-	10	-	Минус 3,75 дан 20 гача		
КР1151ЕН1Б				-	5	-				

7. КР142ЕН турдаги чиқиш кучланиши қайд этилган интеграл стабилизаторлар параметрлари

Микросхе- ма- нинг шарт- ли белгила- ниши	Нормал иқлим шароитларидаги классифика- цион параметрлар			Кириш токи, А		Кучланиш- нинг мини- мал пасай- иши, В	Кириш кучланиши В
	Кириш кучла- ниши, В	Кучланиш бўйича ностабиллик, % В	Ток бўйича ностабиллик, % А	Корпус температураси -45°...+70	Корпус температураси -10°...+70		
КР142ЕН5А	5±1	0,05	1,3	1,5	-	-	15
КР142ЕН5Б	6±0,12						
КР142ЕН5В	5±0,18						
КР142ЕН5Г	6±0,21						
КР142ЕН8А	9±0,27						
КР142ЕН8Б	12±0,36	0,05	0,67	-	-	35	
КР142ЕН8В	15±0,45						
КР142ЕН8Г	9±0,36						
КР142ЕН8Д	12±0,48	0,1	1,5	-	1,5	2,5	30
КР142ЕН8Е	15±0,6						
КР142ЕН9А	20±0,4	0,05	0,67	1,5	-	-	35
КР142ЕН9Б	24±0,48						
КР142ЕН9В	27±0,54						
КР142ЕН9Г	20±0,5	0,1	1,5	1,0	0,5	2,5	30
КР142ЕН9Д	24±0,72						
КР142ЕН9Е	27±0,81						
КР142ЕН15А	±15±0,5						
КР142ЕН15Б	±15±0,18	0,01	4,0	-	0,1	2,5	±30
					0,2		

8. Диодлар

Тўғри токи 10 Адан катта бўлмаган тўғрилаш диодларининг параметрлари

Диод тури	Рухсат этиладиган максимал тескари кучланиш, В	Рухсат этиладиган максимал ўртача тўғри ток, Адан катта эмас	Рухсат этиладиган максимал ўзгармас тўғри ток, А дан катта эмас	Ишчи частота, Гц дан катта эмас	Тескари тикланиш вақти, мкс дан катта эмас
2Д203А	420(600)	10	10(100)	1	--
2Д203В	560(800)	10	10(100)	1	--
2Д203Г	700(1000)	10	10(100)	1	--
2Д203Д	700(1000)	10	10(100)	1	--
2Д204А	400(400)	0,4	(0,8)	50	1,5
2Д204Б	200(200)	0,6	(1,2)	50	1,5
2Д204В	50(50)	1	(2)	50	1,5
2Д206А	400	5	(100)	(1)	10
2Д206Б	500	5	(100)	(1)	10
2Д206В	600	5	(100)	(1)	10
2Д210А	800	10	10(50)	(1)	--
2Д210Б	800	10	10(50)	(1)	--
2Д210В	1000	10	10(50)	(1)	--
2Д210Г	1000	10	10(50)	(1)	--
2Д212А	200(200)	--	1(50)	100	0,3
2Д212Б	100(100)	--	1(50)	100	0,3
2Д213А	200(200)	10	10(100)	100	0,3
2Д213Б	200(200)	10	10(100)	100	0,17
2Д213В	100(100)	10	10(100)	100	0,3
2Д213Г	100(100)	10	10(100)	100	0,17
2Д219А	15(15)	10	(250)	(200)	--
2Д219Б	20(20)	10	(250)	(200)	--
2Д220А	400(400)	3	(60)	(20)	1
2Д220Б	600(600)	3	(60)	(20)	1
2Д220В	800(800)	3	(60)	(20)	1
2Д220Г	1000(1000)	3	(60)	(20)	1

2Д220Д	400(400)	3	(60)	(20)	1
2Д220Е	600(600)	3	(60)	(20)	1
2Д220Ж	800(800)	3	(60)	(20)	1
2Д220И	1000(1000)	3	(60)	(20)	1
2Д222АС	20(20)	3	--	(200)	--
2Д222БС	30(30)	3	--	(200)	--
2Д222ВС	40(40)	3	--	(200)	--
2Д222ГС	20(20)	3	--	(200)	--
2Д222ДС	30(30)	3	--	(200)	--
2Д222ЕС	40(40)	3	--	(200)	--
2Д230А	400(400)	3	3(60)	(50)	0,5
2Д230Б	600(600)	3	3(60)	(50)	0,5
2Д230В	800(800)	3	3(60)	(50)	0,5
2Д230Г	1000(1000)	3	3(60)	(50)	0,5
2Д230Л	200(200)	3	3(60)	(50)	0,5

Тўғри токи 10 Адан катта бўлган тўғрилаш диодларининг параметрлари

Диод тури	Рухсат этиладиган максимал тескари кучланиш , В	Рухсат этиладиган максимал ўртача тўғри ток, А дан катта эмас	Рухсат этиладиган максимал ўзгармас тўғри ток, А дан катта эмас	Ишчи частота, Гц дан катта эмас	Тескари тикланиш вақти, мкс дан катта эмас
2Д239А	100(100)	15	20(80)	500	0,05
2Д239Б	150(150)	15	20(80)	500	0,05
2Д239В	200(200)	15	20(80)	500	0,05
2Д2990А	600(600)	20	20(100)	(200)	0,15
2Д2990Б	400(400)	20	20(100)	(200)	0,15
2Д2990В	200(200)	20	20(100)	(200)	0,15
2Д2997Б	100(200)	30	30(100)	(100)	0,2
2Д2997В	50(100)	30	30(100)	(100)	0,2

2Д2999А	80(80)	20	20(100)	(100)	0,2
2Д2999Б	100(100)	20	20(100)	(100)	0,2
2Д2999В	120(120)	20	20(100)	(100)	0,2
2Д252А	50(50)	30	(60)	(10...200)	---
2Д252Б	70(70)	30	(60)	(10...200)	---
2Д252В	100(100)	20	(40)	(10...200)	---
2Д2995А	150(150)	25		(20...200)	0,05
2Д2995Б	200(200)	25		(20...200)	0,05
2Д2995В	100(100)	25		(20...200)	0,05
2Д2995Г	150(150)	25		(20...200)	0,05
2Д2995Д	200(200)	25		(20...200)	0,05
2Д2995Е	15	25		(10...200)	0,1
2Д2995Ж	25	25		(10...200)	0,1
2Д2995И	35	25		(10...200)	0,1
2Д2998А	(20...150)	30	(600)	(200)	----
2Д2998Б	(20,30,40)	30	(600)	(200)	----

9. КЦ419 турдаги тўпламларнинг асосий параметрлари

Диодли тўплам тури	Нормал иқлим шароитларидаги классификацион параметрлар	
	Тескари импульсли кучланиш, Вдан катта эмас	Ўртача тўғри, Адан катта эмас
КЦ419А	50	2
КЦ419А1	50	5
КЦ419А2	50	10
КЦ419Б	100	2
КЦ419Б1	100	5
КЦ419Б2	100	10
КЦ419В	200	2
КЦ419В1	200	5
КЦ419В2	200	10
КЦ419Г	300	2

10. Силлиқловчи фильтрлар дросселларининг параметрлари

Дроссел тури	Чулғамларнинг паралелл улашиши		Чулғамларнинг кетма-кет улашиши	
	Индуктивлиги, Гн	Магнитлаш токи, А	Индуктивлиги, Гн	Магнитлаш токи, А
1	2	3	4	5
Д201	$0,15 \times 10^{-3}$	3,2	$0,6 \times 10^{-3}$	1,6
Д202	$0,3 \times 10^{-3}$	2,2	$1,2 \times 10^{-3}$	1,1
Д203	$2,5 \times 10^{-3}$	0,8	10×10^{-3}	0,4
Д204	5×10^{-3}	0,56	20×10^{-3}	0,28
Д205	40×10^{-3}	0,2	160×10^{-3}	0,1
Д206	80×10^{-3}	0,14	300×10^{-3}	0,07
Д207	$0,15 \times 10^{-3}$	4,5	$0,6 \times 10^{-3}$	2,2
Д208	$0,3 \times 10^{-3}$	3,2	$1,2 \times 10^{-3}$	1,6
Д209	$2,3 \times 10^{-3}$	1,1	10×10^{-3}	0,56
Д210	5×10^{-3}	0,8	20×10^{-3}	0,4
Д211	40×10^{-3}	0,28	160×10^{-3}	0,14
Д212	80×10^{-3}	0,2	200×10^{-3}	0,1
Д213	$0,15 \times 10^{-3}$	6,3	$0,6 \times 10^{-3}$	3,2
Д214	$0,3 \times 10^{-3}$	4,5	$1,2 \times 10^{-3}$	2,2
Д215	$2,5 \times 10^{-3}$	1,6	10×10^{-3}	0,8
Д216	5×10^{-3}	1,1	20×10^{-3}	0,56
Д217	40×10^{-3}	0,4	160×10^{-3}	0,2
Д218	80×10^{-3}	0,28	300×10^{-3}	0,14
Д219	0,6	0,1	2,5	0,05
Д220	$0,15 \times 10^{-3}$	9	$0,6 \times 10^{-3}$	4,5
Д221	$0,3 \times 10^{-3}$	6,3	$1,2 \times 10^{-3}$	3,2
Д222	$2,5 \times 10^{-3}$	2,2	10×10^{-3}	1,1
Д223	5×10^{-3}	1,6	20×10^{-3}	0,8
Д224	40×10^{-3}	0,56	160×10^{-3}	0,28
Д225	80×10^{-3}	0,4	300×10^{-3}	0,2
Д226	0,6	0,14	2,5	0,07
Д227	1,2	0,1	5	0,05
Д228	$0,15 \times 10^{-3}$	13,5	$0,6 \times 10^{-3}$	6,4
Д229	$0,3 \times 10^{-3}$	9	$1,2 \times 10^{-3}$	4,5

Д230	$2,5 \times 10^{-3}$	3,2	10×10^{-3}	1,6
Д231	5×10^{-3}	2,2	20×10^{-3}	1,1
Д232	40×10^{-3}	0,8	160×10^{-3}	0,4
Д233	$0,3 \times 10^{-3}$	0,56	300×10^{-3}	0,28
Д234	0,6	0,2	2,5	0,1
Д235	1,2	0,14	5	0,07
Д236	$0,15 \times 10^{-3}$	18	$0,6 \times 10^{-3}$	9
Д237	$0,3 \times 10^{-3}$	12,5	$1,2 \times 10^{-3}$	6,3
Д238	$2,5 \times 10^{-3}$	4,5	10×10^{-3}	2,2
Д239	5×10^{-3}	3,2	20×10^{-3}	1,6
Д240	40×10^{-3}	1,1	160×10^{-3}	0,56
Д241	80×10^{-3}	0,8	300×10^{-3}	0,4
Д242	0,6	0,28	2,5	0,14
1	2	3	4	5
Д243	1,2	0,2	5	0,1
Д244	$0,15 \times 10^{-3}$	25	$0,6 \times 10^{-3}$	12,5
Д245	$0,3 \times 10^{-3}$	18	$1,2 \times 10^{-3}$	9
Д246	$2,5 \times 10^{-3}$	6,3	10×10^{-3}	3,2
Д247	$4,5 \times 10^{-3}$	4,5	20×10^{-3}	2,2
Д248	40×10^{-3}	1,6	160×10^{-3}	0,8
Д249	80×10^{-3}	1,1	300×10^{-3}	0,56
Д250	0,6	0,4	2,5	0,2
Д251	1,2	0,28	5	0,14
Д252	$0,15 \times 10^{-3}$	35	$0,6 \times 10^{-3}$	18
Д253	$0,3 \times 10^{-3}$	25	$1,2 \times 10^{-3}$	12,5
Д254	$2,5 \times 10^{-3}$	9	10×10^{-3}	4,5
Д255	5×10^{-3}	6,3	20×10^{-3}	3,2
Д256	40×10^{-3}	2,2	160×10^{-3}	1,1
Д257	80×10^{-3}	1,6	300×10^{-3}	0,8
Д258	0,6	0,58	2,5	0,28
Д259	1,2	0,4	5	0,2
Д260	$0,15 \times 10^{-3}$	50	$0,6 \times 10^{-3}$	25
Д261	$0,3 \times 10^{-3}$	35	$1,2 \times 10^{-3}$	18
Д262	$2,5 \times 10^{-3}$	12,5	10×10^{-3}	6,3
Д263	5×10^{-3}	9	20×10^{-3}	4,5
Д264	40×10^{-3}	3,2	160×10^{-3}	1,6

Д265	80×10^{-3}	2,2	300×10^{-3}	1,1
Д266	0,6	0,8	2,5	0,4
Д267	1,2	0,56	5	0,28
Д268	$0,3 \times 10^{-3}$	50	$1,2 \times 10^{-3}$	25
Д269	$0,6 \times 10^{-3}$	35	$2,5 \times 10^{-3}$	18
Д270	5×10^{-3}	12,5	20×10^{-3}	6,3
Д271	10×10^{-3}	9	40×10^{-3}	4,5
Д272	80×10^{-3}	3,2	300×10^{-3}	1,6
Д273	160×10^{-3}	2,2	0,6	1,1
Д274	1,2	0,8	5	0,4

11. Магнит ўтказгичлар

ШЛ турдаги бронли тасмасимон магнит ўтказгичлар параметрлари

Магнит ўтказгич тури	Ўрта стер-жень кесим юзаси $S_{СТ}$, см ²	$S_{СХ} S_{O_4}$ см ⁴	Магнит ўтказгич ўлча-ми, мм	Магнит ўтказгич массаси $G_{СТ}$, кг	Трансформаторнинг тахминий қуввати, Р, ВА $f=50$ Гц	Магнит куч линияси-нинг ўртача узунлиги, L_0 , см
1	2	3	4	5	6	7
ШЛ12х12,5	1,44	5,4	12	0,105	3	10,2
ШЛ12х16	1,92	6,9		0,135	5	
ШЛ12х20	2,40	8,7		0,168	7	
ШЛ12х25	3,00	10,8		0,208	10	
ШЛ16х16	2,56	16,6	16	0,239	15	13,6
ШЛ16х20	3,20	20,5		0,295	22	
ШЛ16х25	4,00	25,6		0,375	32	
ШЛ16х32	5,12	32,6		0,478	40	
1	2	3	4	5	6	7
ШЛ20х20	4,00	40,0	20	0,469	45	17,1
ШЛ20х25	5,00	50,0		0,590	54	
ШЛ20х32	6,40	64,0		0,750	68	
ШЛ20х40	8,00	80,0		0,940	86	
ШЛ25х25	6,25	98	25	0,92	110	21,3
ШЛ25х32	8,00	125		1,16	135	
ШЛ25х40	10,00	156		1,17	170	

ШЛ25x50	12,50	195		1,84	210	
ШЛ32x32	10,20	261	32	1,92	260	27,3
ШЛ32x40	12,80	328		2,40	310	
ШЛ32x50	16,00	410		3,01	390	
ШЛ32x64	20,00	523		3,84	490	
ШЛ40x40	16,00	640	40	3,77	600	34,2
ШЛ40x50	20,00	800		4,70	690	
ШЛ40x64	25,60	1025		6,01	850	
ШЛ40x80	32,00	1280		7,54	1000	

ПЛ турдаги стерженли тасмасимон магнит ўтказгичлар параметрлари

Магнит ўтказгич тури	Ўрта стержень кесим юзаси $S_{СТ}$, см ²	$S_C \times S_{O^4}$ см ⁴	Магнит ўтказгич ўлчами, мм	Магнит ўтказгич массаси, $G_{СТ}$, кг	Трансформаторнинг тахминий куввати, Р, ВА $f=50$ Гц
ПЛ12,5x16-25	2,0	12,5	0,163	16	12,0
	2,0	12,5	0,182	20	13,2
ПЛ12,5x16-32	2,0	12,5	0,203	25	15,0
	2,0	12,5	0,230	30	17,0
ПЛ12,5x16-40					
ПЛ12,5x16-50					
ПЛ12,5x25-32	3,12	12,5	0,292	35	13,8
	3,12	12,5	0,334	45	15,8
ПЛ12,5x25-40	3,12	12,5	0,376	55	17,8
	3,12	12,5	0,418	65	19,8
ПЛ12,5x25-50					
ПЛ12,5x25-60					
ПЛ16x32-40	5,12	16	0,620	85	18,0
	5,12	16	0,690	110	20,0
ПЛ16x32-50	5,12	16	0,795	125	23,0
	5,12	16	0,900	145	26,0

ПЛ16x32-65					
ПЛ16x32-80					
ПЛ20x40-50	8,00	20	1,23	180	22,7
ПЛ20x40-60	8,00	20	1,35	200	24,7
ПЛ20x40-80	8,00	20	1,55	270	28,7
ПЛ20x40-100	8,00	20	1,77	315	32,7
ПЛ25x50-65	12,5	25	2,44	400	28,8
ПЛ25x50-80	12,5	25	2,7	470	31,8
ПЛ25x50-100	12,5	25	3,04	560	35,8
ПЛ25x50-120	12,5	25	3,40	660	39,8
ПЛ32x64-80	20,5	32	5,0	870	36,0
ПЛ32x64-100	20,5	32	5,6	1030	40,0
ПЛ32x64-130	20,5	32	6,48	1330	46,0
ПЛ32x64-160	20,5	32	7,25	1550	52,0
ПЛ40x80-100	32	40	9,9	1800	45,8
ПЛ40x80-120	32	40	10,7	2050	49,0
ПЛ40x80-160	32	40	12,5	2700	57,3
ПЛ40x80-200	32	40	14,3	3200	65,3

12. Думалоқ кесимли ўрам симларининг номинал параметрлари

Симнинг кесими, мм ²	Изоляциясиз симнинг диаметри, мм	Изоляцияли симнинг ташқи диаметри, мм				
		ПЭЛ-	ПЭВ-	ПЭВ-2	ПЭЛБО	ПБД
		1	1			
1	2	3	4	5	6	7
0,1134	0,38	0,42	0,42	0,44	0,56	0,61
0,1320	0,41	0,45	0,45	0,47	0,59	0,64
0,5121	0,44	0,49	0,48	0,50	0,62	0,67
0,1735	0,47	0,52	0,51	0,53	0,65	0,70
0,1886	0,49	0,54	0,53	0,55	0,67	0,72
0,2043	0,51	0,56	0,56	0,58	0,69	0,74
0,2206	0,53	0,58	0,58	0,60	0,71	0,76
0,2376	0,55	0,60	0,60	0,62	0,73	0,78
0,2552	0,57	0,62	0,62	0,64	0,75	0,80
0,2734	0,59	0,64	0,64	0,66	0,77	0,82
0,3019	0,62	0,67	0,67	0,69	0,80	0,85
0,3217	0,64	0,69	0,69	0,72	0,82	0,87
0,3256	0,67	0,72	0,72	0,75	0,85	0,90
0,3739	0,69	0,74	0,74	0,77	0,87	0,92
0,4072	0,72	0,78	0,77	0,80	0,92	0,96
0,4301	0,74	0,80	0,80	0,83	0,94	0,98
0,4657	0,77	0,83	0,83	0,86	0,97	1,01
0,5027	0,80	0,86	0,86	0,89	1,00	1,04
0,5411	0,83	0,89	0,89	0,92	1,03	1,07
0,5809	0,86	0,92	0,92	0,96	1,06	1,14
0,6362	0,90	0,96	0,96	0,99	1,10	1,16
0,6792	0,93	0,99	0,99	1,01	1,13	1,17
0,7238	0,96	1,02	1,03	1,05	1,16	1,20
0,7854	1,00	1,08	1,08	1,11	1,23	1,29
0,8495	1,04	1,12	1,12	1,15	1,27	1,33
0,9161	1,08	1,16	1,16	1,19	1,31	1,37
0,9852	1,12	1,20	1,20	1,23	1,35	1,41
1,0568	1,16	1,24	1,24	1,27	1,39	1,45

1,1310	1,20	1,28	1,28	1,31	1,43	1,49
1,2272	1,25	1,33	1,33	1,36	1,48	1,54
1,3270	1,30	1,38	1,38	1,41	1,53	1,59
1,4314	1,35	1,43	1,43	1,46	1,58	1,64
1,5394	1,40	1,48	1,48	1,51	1,63	1,69
1,6513	1,45	1,53	1,53	1,56	1,68	1,74
1,7672	1,50	1,58	1,58	1,61	1,73	1,79
1,9113	1,56	1,64	1,64	1,72	1,79	1,85
2,0612	1,62	1,71	1,70	1,73	1,85	1,91
1	2	3	4	5	6	7
2,2170	1,68	1,77	1,76	1,79	1,92	1,98
2,5730	1,81	1,90	1,90	1,93	2,05	2,11
2,7760	1,88	1,97	1,97	2,00	2,12	2,18
2,9870	1,95	2,04	2,04	2,07	2,19	2,25
3,2050	2,02	2,12	2,11	2,14	2,26	2,32
3,4600	2,10	2,20	2,20	2,23	2,34	2,40
4,012	2,26	2,36	2,36	2,39	--	2,62
4,676	2,44	2,54	2,54	2,57	--	2,80

13. Резисторлар қаршиликлари номинал қийматларининг E қаторлари

Қатор	Номинал қийматлар (10 га қаррали бўлган исталган сонга қўпайтирилади)						Номиналга рухсат, %
	1,0	1,5	2,2	3,3	4,7	6,8	
E6	1,0	1,5	2,2	3,3	4,7	6,8	±20
E12	1,0	1,5	2,2	3,3	4,7	6,8	±10
	1,2	1,8	2,7	3,9	5,6	8,2	
E34	1,0	1,5	2,2	3,3	4,7	6,8	±5
	1,1	1,6	2,4	3,6	5,1	7,5	
	1,2	1,8	2,7	3,9	5,6	8,2	
	1,3	2,0	3,0	4,2	6,2	9,1	

14. Ўзгармас резисторларнинг асосий параметрлари

Резистор тури	Номинал қувват, Вт (70° С ҳароратда)	Қийматлар чегаралари		Чегаравий ишчи кучланиш, В
		Ом	МОм	
МЛТ-0,125	0,125	8,2	3	200
МЛТ-0,25	0,25	8,2	5,1	250
МЛТ-0,5	0,5	1	5,1	350
МЛТ-1	1,0	1	10	500
МЛТ-2	2,0	1	10	750

МУНДАРИЖА

Суз боши.....	3
Кириш.....	5

1. АЛОҚА ҚУРИЛМАЛАРИНИНГ ЭЛЕКТР ТАЪМИНОТИ ҲАҚИДА УМУМИЙ МАЪЛУМОТЛАР

1.1. Электр энергияси манбалари.....	7
1.2. Электр таъминоти манбаларининг телекоммуникация соҳасининг ривожланишидаги тутган ўрни.....	8
1.3. Электр таъминоти манбаларининг ривожланиш истикболлари.....	10

2. ЭЛЕКТР ТАЪМИНОТИ МАНБАЛАРИНИНГ УМУМИЙ ТАВСИФЛАРИ

2.1. Иккиламчи электр таъминоти манбаларига қўйиладиган талаблар.....	12
2.2. Иккиламчи электр таъминоти манбаларининг синфларга бўлиниши.....	17
2.3. Иккиламчи электр таъминоти манбаларининг параметрлари.....	20
2.4. Электр таъминоти манбаларининг энергия тизими билан электромагнит мослашувчанлиги.....	24

3. ЎЗГАРУВЧАН ТОК ЭНЕРГИЯСИНИ

ЎЗГАРТИРИШ

3.1. Бир фазали трансформаторлар. Тузилиши ва ишлаш принципи. Иш режимлари.....	30
3.2. Трансформаторнинг фойдали иш коэффициенти.....	46
3.3. Автотрансформаторларлар.....	47
3.4. Ўлчов трансформаторлари. Кучланиш ва ток трансформаторлари.....	50
3.5. Уч фазали занжирлар.....	52
3.6. Уч фазали трансформаторлар.....	56
3.7. Фазалар сонини ўзгартирадиган трансформаторлар.....	59

4. ЎЗГАРУВЧАН ТОКНИ ТЎҒРИЛАШ

ЗАНЖИРЛАРИ

4.1. Тўғрилагичнинг тузилиш схемаси. Ярим ўтказгичли диодлар.....	66
4.2. Бир тактли тўғрилаш схемалари.....	70
4.3. Икки тактли тўғрилаш схемалари.....	75
4.4. Тўғрилаш қурилмаларининг чиқиш параметрлари.....	81
4.5. Тўғрилаш схемаларини нисбий баҳолаш.....	82
4.6. Тиристорли бошқариладиган тўғрилаш схемалари.....	84
4.7. Силлиқловчи фильтрлар.....	91
4.8. Кучланиш кўпайтиргичлари.....	109

100000 7111

8. КОМПЬЮТЕРЛАР ЭЛЕКТР ТАЪМИНОТИ МАНБАЛАРИ

8.1. Кириш занжири.....	194
8.2. Кучланиш ўзгартиргичи.....	197
8.3. Чикиш занжири.....	197
8.4. Бошқариш ва ҳимоялаш схемалари.....	199

9. АЛОҚА КОРХОНАЛАРИНИ ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСИ БИЛАН ТАЪМИНЛАШ

9.1. Телекоммуникация тизимлари электр таъминоти манба- ларининг тузилиш схемалари.....	201
9.2. 48 В кучланишли автоматлаштирилган электр таъминоти манбалари.....	204
Қисқартмалар	206
Изоҳли луғат.....	207
Фойдаланилган адабиётлар.....	221
Илова.....	222

М.С. САПАЕВ, У.Т. АЛИЕВ, Ф.М. ҚОДИРОВ

АЛОҚА ҚУРИЛМАЛАРИНИНГ ЭЛЕКТР ТАЪМИНОТИ

(Ўқув қўлланма)

Тошкент – «Fan va texnologiya» – 2011

Мухаррир: Ф.Исмоилова
Тех. муҳаррир: А.Мойдинов
Мусаввир: Ҳ.Ғуломов
Мусаҳҳиҳа: М.Ҳайитова
Компьютерда
саҳифаловчи: Н.Ҳасанова

UO'QUV ZALI

Нашр.лиц. АИ№149, 14.08.09. Босишга рухсат этилди 26.09.2011 йил.
Бичими 60x84 ¹/₁₆. «Times Uz» грнитураси. Офсет усулида босилди.
Шартли босма табағи 15,75. Нашр босма табағи 15,5.
Тиражи 200. Буюртма № 95.

1 O'QUV ZALI

**«Fan va texnologiyalar Markazining bosmaxonasi» da chop etildi.
100066, Toshkent shahri, Olmazor kўchasi, 171-uy.**