

60/1
182

О.О. ҲОШИМОВ А.Т. ИМОМНАЗАРОВ

**ЭЛЕКТРОМЕХАНИК
ҚУРИЛМАЛАР ВА
МАЖМУАЛАРНИНГ
ЭЛЕМЕНТЛАРИ**

6172.1
X 87

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА
ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

АБУ РАЙХОН БЕРУНИЙ НОМИДАГИ ТОШКЕНТ
ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

О.О.ҲОШИМОВ, А.Т.ИМОМНАЗАРОВ

**ЭЛЕКТРОМЕХАНИК
ҚУРИЛМАЛАР ВА
МАЖМУАЛАРНИНГ
ЭЛЕМЕНТЛАРИ**

Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим
вазирлиги томонидан «Электротехника, электромеханика
ва электротехнологиялар» бакалавриатура йўналиши
талаблари учун дарслик сифатида тавсия этилган.

Тошкент - 2003

электромеханика ва электротехнологиялар» мутахасислигининг ихтисос фанлари билан умумий техникавий асос фанлар оралигидаги боғловчи кўприк вазифасини ўтайди ва ихтисос фанларини ўзлаштиришда зарур назарий ва амалий манба бўлиб хизмат қилади.

Ушбу дарслик ҳозирги пайтда «Электротехника, Электромеханика ва Электротехнологиялар» йўналишида таълим олаётган талабаларга мўлжалланган бўлиб, тасдиқланган ўқув ва ишчи дастурларга мос келади.

ТАЯНЧ СЎЗ ВА СЎЗ БИРИКМАЛАР:

Электромеханик қурилмалар ва мажмуалар (ЭҚМ) — электр энергияни механик энергияга ўзгартирувчи техник қурилмалар ва мажмуалар;

ЭҚМнинг элементлар тизими - электромеханик қурилма ва мажмуаларнинг ишлаши давомида нормал иш режимни амалга оширишга хизмат қилувчи ЭҚМнинг ташкил этувчи элементлари;

Бошқарилувчи ўзгарткичлар — кириш кўрсаткичини ўзгартириш натижасида чиқиш кўрсаткичи бошқариладиган ярим ўтказкичли ва электромеханик ўзгарткичлар;

Бошқарилувчи ўзгармас ток ўзгарткичлари — ўзгармас ток моторининг чиқиш кўрсаткичлари: тезлиги, тезланиши, бурилиш бурчаги ва бошқа механик кўрсаткичларини бошқаришга хизмат қилувчи электр ва электромеханик ўзгарткичлар;

Бошқарилувчи ўзгармас ток электромеханик ўзгарткичлар мустақил қўзғатувчи чўлғамли ўзгармас ток генераторлари;

Бошқарилувчи ўзгармас ток электр ўзгарткичлар — бошқарилмайдиган ўзгарувчан ток кучланишини бошқарилувчи ўзгармас ток кучланишига ўзгартирувчи ярим ўзгарткичли тўғрилакичлар;

Бошқарилувчи ўзгарувчан ток электр ўзгарткичлар — бошқарилмайдиган ўзгарувчан ток кучланиши амплитуда ва частотасини бошқаришга хизмат қилувчи ярим ўтказкичли ўзгарткичлар;

Импульс-фазали бошқарув тизими — ўзгармас ва ўзгарувчан ток ярим ўтказкичли асбобларни бошқаришга хизмат қилувчи техник қурилма;

Бошқарилувчи ўзгарувчан ток электромеханик ўзгарткичлар — синхрон ва асинхрон генераторлар;

Бевосита частота ўзгарткич — амплитуда ва частотаси ўзгармас бўлган тармоқдаги кучланишни тўғридан-тўғри амплиту-

да ва частотаси бошқариладиган ўзгарувчан ток кучланишига ўзгартирадиган ярим ўтказкичли электр ўзгарткич;

Билвосита частота ўзгартгич — тармоқдан ўзатиладиган ўзгарувчан ток кучланишини аввал ўзгармас токка ўзгартириб, сўнгра амплитуда ва частотаси бошқариладиган ўзгарувчан ток кучланишига ўзгартирувчи ярим ўтказкичли электр ўзгарткич;

Автоном инвертор — ўзгармас ток кучланишининг частотаси бошқариладиган ўзгарувчан ток кучланишига ўзгартирувчи ярим ўтказкичли электр ўзгарткич;

Индуктив-сигим ўзгарткичлар — занжирдаги ток ва кучланиш резонанси ҳодисаси асосида ток ёки кучланиш қийматларини маълум бир ораликда стабил ушлаб турувчи ўзгарувчан ток ўзгарткичлар;

ЭҚМнинг асосий элементлари — бевосита электр энергия оқимнинг кўрсаткичларини ўзгартириб (бошқариб) моторга узатувчи техник қурилмалар — бошқарилувчи ўзгарткичлар;

ЭҚМнинг бошқарув элементлари — ўзгарувчан ва ўзгармас ток ўзгарткичларини бошқариш учун зарур бўлган ахборотларни қабул қилувчи, қайта ишловчи ва бошқарув сигналларини ишлаб чиқарувчи қурилмалар: импульс-фазали бошқарув тизими, ҳар хил ўлчов ўзгарткичлар, кучайтиркичлар, ростлакичлар, мослакичлар ва ҳ.к.;

Компенсацион қурилмалар — тармоқ ва асинхрон моторнинг қувват коэффициентини конденсатор батареялар ва синхрон компенсаторлар ёрдамида оширувчи қурилмалар;

Симметрияловчи қурилмалар — фазалардаги ток ва кучланишларнинг носимметриялигини камайтириш ва йўқотишни амалга оширувчи индуктив ва сигимли ёки фазат сизимлардан иборат бўлган техник қурилмалар.

1. ЭЛЕКТРОМЕХАНИК ҚУРИЛМА ВА МАЖМУА ЭЛЕМЕНТЛАРИНИНГ КўРСАТКИЧЛАРИ ҲАМДА ТАВСИФЛАРИ

1.1. ЭҚМ ЭЛЕМЕНТЛАРИ Тўғрисида тушунча

Бу бобда автоматлашган электр юритма элементларининг вазифавий хусусиятлари, уларнинг тавсифлари ва ишлаш асослари ҳамда тизимда тутган ўрни тўғрисида маълумот берилади. ЭҚМнинг ҳар бир элементининг ички тузилишини, номаълум деб қараб, аммо унинг ташқи хусусиятлари, яъни кириш ва чиқиш кўрсаткичлари маълум деб қаралади.

«ЭҚМнинг элементлари» атамасини қўллаганимизда, электромеханик мажмуа таркибига кирувчи бошқарув тизимлар ва маълум бошқарув вазифаларини бажарувчи конструктив ёки техник қурилмалар тушунилади. ЭҚМ ҳар бир элементи бу математик андоза ёки звено бўлмай, балки конструктив жиҳатдан тугал техник қурилмадир. Элементларининг ички тузилиши, ишлаш асослари, ички жараёнларнинг кечиши ва қурилмаларнинг техник жиҳатдан мураккаблик даражаси хилмахил бўлиши мумкин.

1.1-расмда ЭҚМнинг тизим схемаси тасвирланган. ЭҚМнинг таркибига кирувчи элементлар ўзининг бажарадиган вазифалари ва мажмуадаги тутган ўрнига қараб бир неча турга бўлинади.

ЭҚМнинг элементлари энергетик ҳолати нуқтаи назаридан қараганда ишчи ва бошқарув элементларга бўлинади.

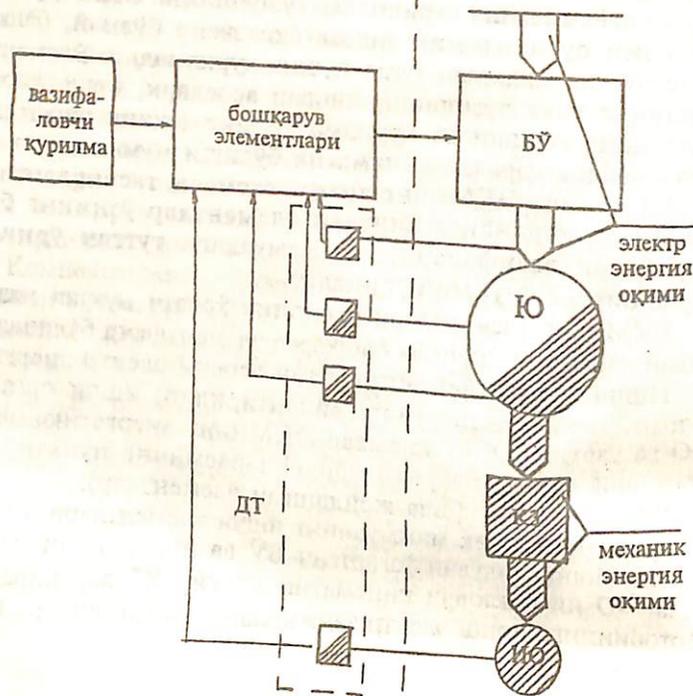
Ишчи элементлардан ўтаётган асосий электр энергия оқими, механик энергияга айлантирилиб, ишчи орган-ИО га узатилади, бу қисмлар ЭҚМнинг энергетика элементлари деб ҳам юритилади (1.1-расмнинг пунктирли чизиқдан ўнг тарафида жойлашган элементлар).

Электромеханик мажмуанинги ишчи элементларига-мотор М, бошқарилувчи ўзгартгич БЎ ва ишчи орган —ИО билан Ю ни боғловчи кинематик занжир КЗ лар киради. Моторининг кириш электр занжирлари кўрсаткичлари би-

лан чиқиш механик кўрсаткичлари орасидаги боғланишларни «Электр юритма асослари» курсида муфассал ўрганилади. Ушубу курсда эса ЭҚМ нинг ишчи элементларидан асосан бошқарилувчи ўзгартгичларгина ўрганилади. Бошқарилувчи ўзгартгичлар вазифавий хусусиятларига қараб учтоифага бўлинади: кучланиш ўзгартгичлари (кучланиш манбалари), ток ўзгартгичлари (ток манбалари) ва частота ўзгартгичлари. Энергияни ўзгартириш воситаларига қараб ўзгартгичлар электромеханик (ўзгармас ва ўзгарувчан ток генераторлари), электромагнит (магнит) кучайтиргичлар, индуктив-сигимли ток ўзгартгичлар ва электр (ярим ўтказ

кичи) ўзгартгичларга бўлинади.

Замонавий ўзгартгичларнинг асосий қисмини ярим ўтказгичли ўзгартгичлар, яъни тиристорли ва транзисторли ўзгартгичлар ташкил этиб, улар ўзгарувчан токни ўзгармасга, импульс кенглиги бошқариладиган ўзгармас ток ва



1.1-расм |

бевосита ҳамда билвосита частота ўзгартгичлар сифатида электромеханик мажмуаларида кенг қўлланилмоқда.

Бошқарув элементлар ЭҚМ таркибида эгаллаган ўрнига қараб икки гуруҳга бўлинади:

1. ЭҚМнинг динамик ва статик хусусиятларини ва ҳаракат вазифаларини шакллантирувчи қисмларга: булар ЭҚМ бошқарув тизимини ташкил этувчи ростлагичлар, датчиклар, ҳар хил ўзгартгичлар ва бошқа шунга ўхшаш вазифаларини бажарувчи элементлар.

2. Ишчи қисм таркибига ажралмас бўлак бўлиб кирувчи ва қисмнинг математик ифосида у билан яхлитликни акс эттирувчи элемент — булар масалан, тиристорларни бошқаришда қўлланиладиган коммутацион занжирлар.

Биринчи гуруҳга кирувчи бошқарув элементлари ушбу курснинг иккинчи қисмида муфассал ўрганилади ва бу гуруҳ ўз навбатида бир неча гуруҳчаларга бўлинади, булар:

Электр юритма мос кўрсаткичларини ростлашга хизмат қилувчи турли хилдаги созловчи ва ростловчи қурилмалар:

Тескари боғланиш занжирларидаги хабарларни ҳосил қилувчи-шакллантирувчи сифатида фойдаланиладиган ўлчов ўзгартгичлар-датчиклар:

Бошқарув элементларининг кириш ва чиқиш сигналларининг ўзаро ток тури, даражаси каби кўрсаткичларини мослаштирувчи қурилмалар.

Техник ижроси нуқтаи назардан ушбу гуруҳлаштириш ЭҚМ бошқарув элементларининг жуда хилма хил бўлиши мумкинлигини тақозо қилади. Мисол учун, вазифаловчи қурилма узлуксиз ва узлукли-рақамли тезлаткич узаткичлар асосида яратилиши ёки мантиқий элементлар асосида дастур блокларидан иборат бўлиши мумкин.

Ростлагич қурилмалар сифатида операцион кучайтиргичлар асосида яратилган типик блоклар қўлланилмоқда.

Ўзгарувчан ва ўзгармас ток тахогенераторлари, селсинлар, индуктивли ва оптик айланувчи ўлчов ўзгартгичлар-датчиклар, шунингдек ток, кучланиш, қувват ва бошқа электр катталиклар ўзгартгичлари ҳам датчиклар гуруҳини ташкил этади.

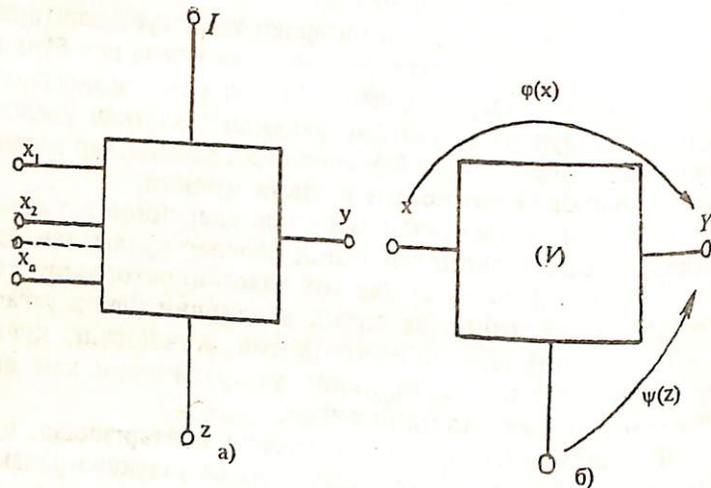
Фазавий детекторлар, эммиторли қайтаргичлар, қувват кучайтиргичлар, рақам-узлуксиз ва узлуксиз-рақамли ўзгартгичлар, мословчи қурилмаларни ташкил этади.

Шундай қилиб, ростлагичлар, датчиклар ва мослаштирувчи элементлар вазифасини фақат узлуксиз сигналларда ишловчи қурилмаларгина эмас, балки узлукли-рақамли қурилмалар ҳам бажариши мумкин. Узлуксиз сигналларда ишловчи вазифаловчи ва ростлагичлар сифатида мослаштирилган микро-ЭҚМнинг ҳисоблаш қурилмалари ҳам қўлланилиши мумкин.

1.2. ЭҚМ ЭЛЕМЕНТЛАРИНИНГ КЎРСАТКИЧЛАРИ ВА ТАВСИФЛАРИ

ЭҚМнинг ҳар қандай элементининг математик андозаси ушбу элементларнинг кўп қутбли «қора қутича» шартли тасвири орқали ифодаланади (1.2-расм). $X_1, X_2, X_3 \dots X_n$ — кириш бошқарув таъсири; Z — юкланишнинг ғалаёнли таъсири; I — энергия манбаининг ғалаёнли таъсири; Y — чиқиш катталиги.

ЭҚМ элементларининг кўрсаткичлари табиатига қараб узлуксиз ёки узлукли-дискрет бўлиши мумкин, бироқ уларни узатувчи катталиклар уларнинг физик хоссаларига мос келмаслиги ҳам мумкин, яъни назоратдаги ўлчанадиган ва олинадиган хабарлар ҳар хил физик табиатли бўлиши мумкин. Масалан, бошқарув таъсири сифатида **фаза қабул қилинган** бўлса, унинг физик узатувчиси бўлиб



1.2-расм

электр импульси бўлиши мумкин: чиқиш катталиги сифатида давр тезлиги (частота) ўлчаниши ёки назорат қилилиши керак бўлса унинг физик ифодаси кучланиш, ток, импульслар бўлиши мумкин.

Ҳар қандай элементда қандайдир бир v -ички координата бўлиши мумкинки, бу координата ташқи чиқиш катталигини шакллантиришда муҳим рол ўйнайди. Мисол учун, ташқи координатаси электр юритувчи куч — ЭЮК бўлган ўзгармас ток генераторининг ички координатаси қўзғатувчи чўлғамнинг магнит юритувчи кучи — МЮК бўлса, тиристорли ўзгармас ток ўзгартгичининг ички координатаси бошқарув бурчаги α бўлади.

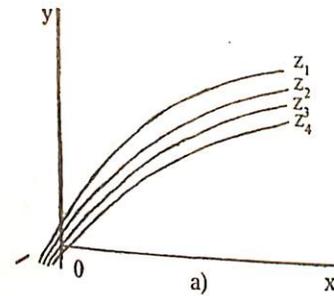
Мутлақо аксариат ЭҚМ элементларининг чиқиш катталиги ЭЮК ёки кучланиш бўлиб, бу қурилмаларнинг қуввати электр энергия манбаининг қувватига нисбатан жуда кичик бўлгани учун J -энергия манбаининг ғалаёнли таъсирини ҳисобга олмаслик мумкин, шунда соддалаштирилган элементнинг «қора қутича» тасвири 1.2-б расмда кўрсатилган ҳолда келади. Шундай қилиб, яъни X, Y, Z билан ифодаланиши мумкин.

Элементнинг ташқи кўрсаткичи $Y=f(x, z)$ икки ўзгарувчан катталикларнинг функциясидан иборатдир. Агар ғалаёнли таъсир Z ни ўзгармас катталиқ деб қабул қилсак, у ҳолда

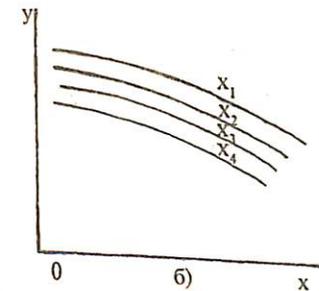
$$Y=f(x), Z=const \quad (1.1)$$

Тавсифлар тўпламига эга бўламиз ва бу тавсифлар қисмининг бошқарув тавсифлари, деб аталади (1.3-а расм). Чиқиш кўрсаткичининг бошқарув кўрсаткичига боғлиқлиги ЭҚМ элементининг бошқарув хусусиятларини баҳолайди.

$$Y=\Psi(z), X=const \quad (1.2)$$



1.3-расм



Функция асосида ҳосил бўладиган тавсифлар тўплами, элементнинг ташқи тавсифлари деб аталади (1.3-6 расм).

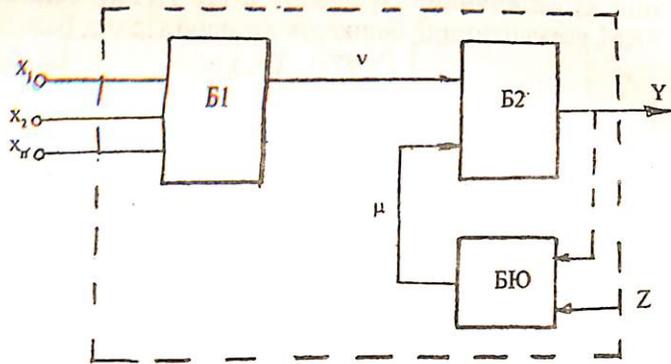
Бу тавсифлар элементнинг юкланишга нисбатан акс таъсирини билдиради. Юкланиш бўйича ғалаёнли таъсир элементнинг бошқарув хусусиятларига билвосита таъсир этади. Ташқи тавсифларнинг қиялиги қанча кам бўлса, бошқарув тавсифларининг юклагичига боғлиқ-

лиги шунча кам бўлади. $\frac{dy'}{dz} = 0$ бўлгандагина элемент

бошқарув тавсифига юклагичнинг таъсиридан қутилиш мумкин, шунда бошқарув тавсифи $Y=f(x)$ биргина X нинг функцияси бўлиб қолади. Бундай бошқарув тавсифлари кўпинча узлукли-дискрет қурилмалар учун хосдир.

Кириш кўрсаткичлари бир неча бўлган ҳолда элементнинг энг аввал амалга ошириладиган функцияси ушбу кўрсаткичларга эквивалент мос ягона кўрсаткичга келтирувчи операцияни бажариш ва сўнгра шу асосида натижавий бошқарув сигналинини ҳосил қилишдир.

ЭҚМ ҳар бир элементларининг вазилавий хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда, уларни таҳлил қилиш учун бундан буён элементларнинг 1.2-6 расмдаги тасвири ўрнига 1.4-расмда келтирилган элементнинг бир мунча такомил блок-тизим схемасидан фойдаланамиз. Б1-кириш блоки, бу блокда бошқарув сигналларини эквивалент ягона кўрсаткичга келтириш ва ички координата v га ўзгар-



1.4-расм

тириш вазилавий бажарилади. Б2-чиқиш блокида ички v координата чиқиш кўрсаткичи Y га айлантирилади. БЮ-юклагич блоки ғалаёнли ва ташқи кўрсаткич таъсирларининг ночизикли $\mu(Y,Z)$ функциясини ҳосил қилиш билан бир қаторда бу функцияни Б2 нинг кириш қисмига узатади. 1.4-расмдаги қисмининг тавсифларини блоклар бўйича математик ифодасини ёзиб чиқамиз:

$$\text{Б1 блоки учун } v = \varphi_1(x) \quad (1.3)$$

$$\text{Б2 блоки учун } y = \varphi_2(x + \mu) \quad (1.4)$$

$$\text{Элемент учун } y = \{\varphi_1(x) + \mu(y, z)\} = \varphi(x, z) \quad (1.5)$$

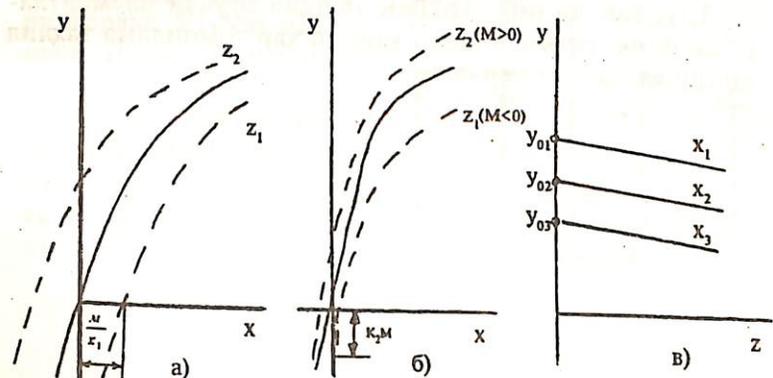
ЭҚМ элементлари учун характерли бўлган ҳолларни кўриб чиқамиз. Айтайлик, ғалаёнли таъсир $\mu(z) = \mu$ бўлиб, фақат юкланишгагина боғлиқ бўлса, Б1 чизикли блок бўлса, яъни $j_1(x) = k_1 x$ унда элементнинг бошқарув тавсифи

$$y = \varphi_2[k_1 x + m(z)] = \varphi_2[k_1(x + \frac{\mu(z)}{k_1})] \quad (1.6)$$

кўринишда бўлиб, $x = \text{const}$ бўлганда, бошқарув тавсифи x ўқи йўналишида конгүрэнтлидир (1.5-а расм). Агар Б2 ҳам чизикли блок бўлса, унда бошқарув тавсифи

$$y = \varphi_2(v + \mu) = k_2[\varphi_1(x) + \mu(z)] \quad (1.7)$$

янада соддалашади ва $z = \text{const}$ бўлганда, бошқарув тавсифи Y ўқи йўналишида конгүрент, бўлади (1.5-б расм). Қўшимча яна БЮ ҳам чизикли блок бўлса, яъни $\mu(z) = -k_3 z$ бўлганда, ташқи тавсифнинг математик ифодаси қуйидаги кўринишда бўлади:



1.5-расм

$$Y = k_2 \varphi_1(x) - k_2 k_{10} z = Y_0 x - k_2 k_{10} z \quad (1.8)$$

ва тавсифи чизиқли функцияни беради (1.5-в расм).

Автоматик бошқарув назарияси курсидан маълумки, кетма-кет уланган звеноларнинг умумий узатиш функцияси шу узатиш функцияларининг кўпайтмасидан иборат бўлади, яъни $k = k_1 k_2$, бу ерда k_1 ва k_2 — Б1 ва Б2 блокларнинг узатиш коэффициентлари. Демак, элементнинг блок-тизими модели элементнинг умумий узатиш функциясини топишга имкон беради.

Бошқарув сигналларининг икки босқичли ўзгаришларини ҳисобга олувчи блок-тизимли андозалар АЭЮ элементлари учун умумий бўлиб, бу андозаларда ўзгаришнинг нозизиқлиги ҳисобга олибгина қолинмай балки ўтиш жараёнларидаги инерционликни ҳам ҳисобга олса бўлади. Элементларнинг инерционлиги кириш ва чиқиш занжирларида электромагнит қурилмаларнинг, шунингдек сифимли филтрларнинг бўлиши билан изоҳланади, (1.1-1.5) тенгламалар элементнинг турғун ҳолатини изоҳлагани учун инерционликни ҳисобга олмайди. Тизим андозасидаги Б1 ва Б2 блокларни биринчи тартибли инерцион звенолар деб қарашнинг ўзи кифоёдир ва блоклар учун чизиқликка келтирилган дифференциал тенгламалари оператор кўринишида қуйидагича ифодаланаяди:

$$\text{Б1 блок учун} \quad (Tp+1)v = kx \quad (1.9)$$

$$\text{Б2 блок учун} \quad (Tp+1)y = k_2(v+\mu) \quad (1.10)$$

бу ерда, T_1, T_2 -блокларнинг вақт доимийликлари.

Шундай қилиб, ЭМТни ташкил этувчи элементларини блок-тизим модели уларни ҳар томонлама таҳлил қилишга имкон беради.

2. БОШҚАРИЛУВЧИ КУЧЛАНИШ ВА ТОК ЎЗГАРТКИЧЛАРИ

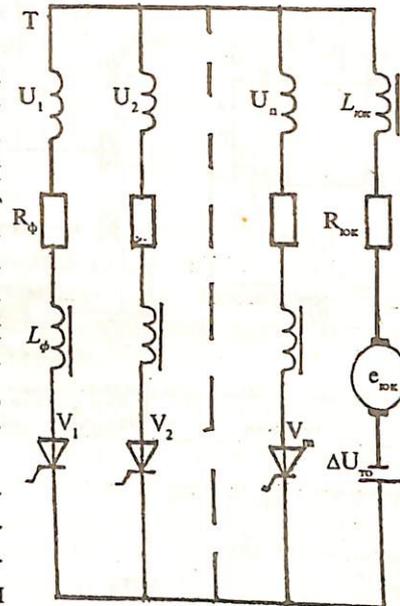
2.1. ТИРИСТОРЛИ ЎЗГАРМАС ТОК ЎЗГАРТКИЧЛАРИ

Ҳозирги пайтда ўзгармас ток автоматлашган электр юритма қурилмаларида электр энергия манбаи сифатида ўзгаришчан токни ўзгармас токка айлантирувчи бошқарилувчи ярим ўтказгичли тўғрилагичлар кенг қўлланилмоқда.

Ҳар қандай бир йўналишли ярим ўтказгичли тиристорли ўзгарткич (ТЎ) ни таҳлил қилишда одатда умумлашган m фазали ҳисоб схемаларидан кенг фойдаланилади (2.1-расм). Схемадаги шартли белгиларнинг физик маъноси: $L_{\text{юк}}, R_{\text{юк}}$ — юклагич, ток ўтказгич симлар

ва силлиқловчи реакторларнинг индуктивлиги ва актив қаршилиги, $e_{\text{юк}}$ — моторнинг ЭЮК ($R_{\text{ф}}$ — трансформатор фазалари ва анод тақсимлагичнинг биргаликдаги актив қаршилиги), $L_{\text{ф}}$ — трансформатор ва анод тақсимлагичларнинг биргаликдаги тармоқ индуктивлиги. Тиристорлар V_1-V_m идеал, яъни тўлиқ бошқарилувчан деб қаралади.

ТЎнинг статик ростилаш тавсифи $E_d = f(\alpha)$ умумий кўринишида қуйидаги математик ифодадан иборат бўлади



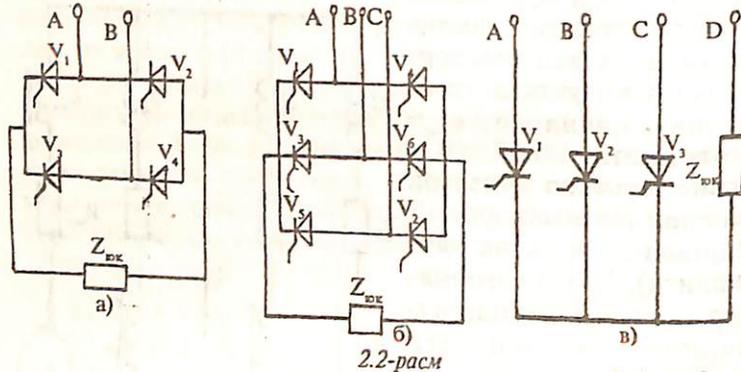
2.1-расм

$$E_d = \frac{m}{2\pi} \int_{\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{m}}^{\frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{m} + \alpha} E_{\phi m} \sin \omega_0 t d\omega_0 t = E_{d \max} \cos \alpha \quad (2.1)$$

бу ерда, $E_{d \max} = \sqrt{2} E_{2\phi} \frac{m}{\pi} \sin \frac{\pi}{m}$ — Тўнинг максимал

ЭЮК и; $E_{\phi m}$ — ўзгартгич фазаси электр юритувчи кучнинг амплитуда қиймати; m — ўзгартгичнинг фазалар сони, ω_0 — манба кучланишининг айланма частотаси.

$E_{d \max}$ нинг қиймати ўзгартгич ишчи схемаси турига (2.2-расм) ва таъминловчи тармоқ электр кўрсаткичларига боғлиқдир (2.1-жадвал). Юклагичнинг қуввати $P_d = E_{d \max} I_d$ га тенг бўлади.



2.2-расм

2.1-жадвал

Тў ишчи схемалари турлари	Бир фазали кўприк схема	Уч фазали пол схема	Уч фазали кўприк схема
Фазалар сони, m	2	3	6
Расмнинг тартиб сони	2,3 а	2,3 б	2,3 в
Тўғриланган ЭЮ нинг максимал қиймати, $E_{d \max}$	$0,9 E_{2\phi}$	$1,17 E_{2\phi}$	$1,35 E_{2\phi}$
Энг катта тескари кучланиш, $U_{\text{тескари}}$	$1,57 E_{d \max}$	$2,09 E_{d \max}$	$1,05 E_{d \max}$
Трансформаторнинг иккиламчи чўлғамдаги чизиқли ток, I_1	I_d	$0,58 I_d$	$0,817 I_d$
Ҳар бир тиристорлаг и уртача ток, $I_{\text{тс}}$	$0,5 I_d$	$0,33 I_d$	$0,33 I_d$
Трансформаторнинг русумий қуввати, $S_{\text{тс}}$	$1,11 P_d$	$1,35 P_d$	$1,045 P_d$

Тўнинг ишчи схемаларини таҳлил қиладиган бўлсак, бир фазали кўприк схемалар (2.2-а расм) асосан кичик қувватли электр юритмалар учунгина қўлланилиши билан чегараланади. Уч фазали схемалар ўрта ва катта қувватли электр юритмаларда ишлатилади.

Уч фазали кўприк схема (2.2-в расм) уч фазали нол схемага (2.2-б расм) нисбатан бир қатор афзалликларга эга. Бу афзалликлар нимадан иборат эканлиги 2.1-жадвалдан ҳам кўриниб турибди:

1. трансформаторнинг иккиламчи чўлғамда кучланишлар бир хил бўлган ҳолда тўғриланган ЭЮК қиймат икки марта катта;

2. тўғриланган ЭЮКнинг тебраниш частотаси икки марта кўп (частота $f=300$ Гц) билан бирга амплитудаси икки марта камдир;

3. ишчи схема тармоққа трансформаторсиз ҳам улашиши мумкин;

4. трансформаторнинг типик қуввати кам ва бор йўғи $S_m = 1.05 P_d$.

Ушбу афзалликлар уч фазали кўприк схемали Тўларнинг кўп қўлланилишига асос бўлиб, ҳозирда улар қуввати бир неча минг киловатт бўлган электр юритмаларда ҳам ишлатилмоқда.

Умуман олганда, тиристорли ўзгартгичлар иқтисодий, техник ва фойдаланиш кўрсаткичлари юқори бўлиши билан электрод механик ўзгартгичлардан айланувчи қисмлар йўқлиги билан бир қаторда қуйидаги кўрсаткичлари билан ҳам яққол ажралиб туради:

1. Тиристордаги қувват исрофгарчилигининг жуда камлиги (1 Вольтдан ҳам камлиги) фойдали иш коэффициентининг юқори бўлишига олиб келади;

2. Тиристорларнинг ярим-бошқарувчанлиги сабабли ҳамда бошқарув занжирларидан сиғимли филтрларнинг мавжудлиги арзимас инерционликни вужудга келтиради;

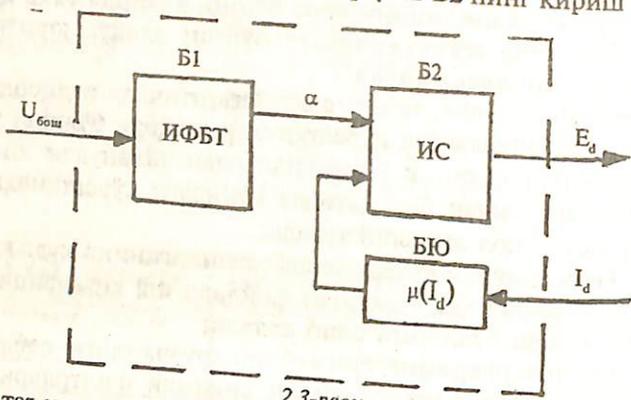
3. Тезкор таъсирли муҳофаза ишлатилиши ҳамда тиристорли ўзгартгичнинг вазифавий қисмлари алоҳида модуллар тарзида бажарилиши ўзгартгичдан фойдаланишни юксак даражада ишончли қилади;

4. Тор жой олади, шовқинсиз ишлайди, ўрнатишга алоҳида фундамент талаб этилмайди.

Шу билан бир қаторда ТЎ баъзи камчиликлардан ҳам ҳоли эмас:

1. Кучланишни чуқур ростлаш жараёнида реактив ток ортиши туфайли қувват коэффициенти пасаяди;
2. Ортиқча юкланишга ўта таъсирчан;
3. Тиристорли ўзгартгичнинг ишлаши тармоқдаги кучланиш формасининг ўзгаришига олиб келади; бу трансформаторларда, симларда қувват исрофини оширишга сабаб бўлади;
4. Радио тўсиқ тўлқинларининг тарқалиш даражасини оширишга олиб келади.

Тиристорли ўзгартгичнинг блок-тизим схемаси асосида тузилиб, бу ерда кириш блоки Б1 импульс-фаза бошқарув тизими ИФБТ ни ташкил этади, кириш кўрсаткичи вазифасини бошқарув кучланиши бўлиб, ўзгартгичнинг ички кўрсаткичи вазифасини бошқарув бурчаги α бажаради. Чиқиш блоки Б2 ўзгартгичнинг ишчи схемасини билдириб, чиқиш кўрсаткичи тўғирланган ЭЮК дир (2.3-расм). ТЎ нинг чиқиш кўрсаткичига юклагич I_d нинг таъсири фалаёнли таъсир бўлиб, БЮ юклагич блоки орқали Б2 нинг кириш қис-



2.3-расм

мига таъсир қилади, I_d нинг E_d га таъсир фақатгина ўзгартгичнинг узлукли ток режимидагина мавжуддир.

Тиристорли ўзгартгичнинг ўзгармас ток мотори билан бирга ишлаши, яъни юклагичнинг характери индуктив-актив характерда бўлганда, ўзгартгичда уч хил ток режими узлуксиз, узлукли ва чегара ток режимлари мавжуд бўлади. ТЎ нинг ташқи тавсифи $U_d=f(I_d)$ нинг математик ифодаси

$$U_d = E_{d\max} \cos \alpha - \Delta U_{To} - \left[\frac{m}{2\pi} \omega_0 L_\phi + R_\phi \left(1 - \frac{\gamma}{\pi} \right) \right] I_d \quad (2.2)$$

тарзда ёзилиб, бу ерда, γ – тиристорларнинг коммутация бурчаги.

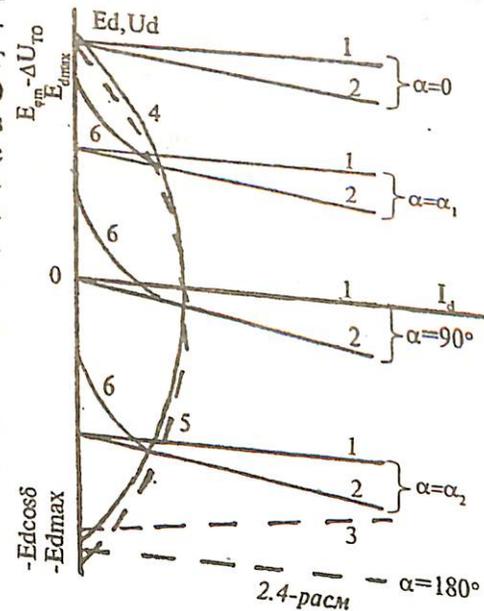
(2.2) ифода коммутация бошидаги ток i_0 ва охиридаги ток i_0 ўртача қиймати I_d га тенг деган тахминга мос келади ва ҳақиқатда ҳам бу тенглик ўртача ва катта қувватли электр юритмалар учун ҳақиқатга яқиндир. Агар $\gamma=4\pi/m$ лигини ҳисобга оладиган бўлсак (2.2) ни бирмунча соддалаштиришимиз мумкин, яъни

$$U_d = E_{d\max} \cos \alpha - \Delta U_{To} - \left[\frac{m}{2\pi} \omega_0 L_\phi + R_\phi \right] I_d \quad (2.3)$$

бунда, $R_\phi = \frac{m}{2\pi} \omega_0 L_\phi + R_\phi$ – ТЎ нинг умумий актив қаршилиги эканлигини ҳисобга олсак, у ҳолда (2.3) ни янада ихчамлаштириб ёзишимиз мумкин:

$$U_d = E_{d\max} \cos \alpha - \Delta U_{To} - R_\phi I_d \quad (2.4)$$

2.4-расмда кўрилган тавсифлар тўплами тиристорли ўзгартгичнинг ташқи тавсифлари (2.4) ифода асосида бошқарув бурчаги α нинг ўзгармас қийматлари учун алоҳида курилгандир. Бу тавсифлар бошқарув бурчаги α нинг $\alpha \leq \pi - (\gamma + \delta)$ ўзгариши учун мос бўлиб, бу ерда, δ – бурчак, тиристорнинг ёпилиш хусусиятларини тиклаш учун керак бўладиган вақт. ТЎ нинг инверторлик чегарасидаги зона учун ташқи тавсиф



2.4-расм

$$U_d = -E_{d\max} \cos \delta + \frac{m}{2\pi} \omega_0 L_\phi I_d \quad (2.5)$$

билан ифодаланиб, 2.4-расмдаги 3-тўғри чизиқли функцияни беради.

1-тўғри чизиқ абсцисса ўқи I_d га параллел бўлиб ўзгарткичининг тўғриланган ЭЮКи E_d ни беради. 2-тўғри чизиқ 2.4-ифосида мос тўғриланган U_d нинг ток I_d билан боғлиқ функциясини беради. Юклагич токининг ошиб бориши билан $R_\phi I_d$ пропорциональ ошиб бориши билан характерланади ва тавсифнинг нишаби шунга қараб ошиб боради. Бу тушунчалар ҳаммаси ўзгарткичининг узлуксиз ток режими учунгина мос келади, энди $U_d=f(I_d)$ тавсифнинг чегара ток режими кўрсаткичларини аниқлаймиз. Чегара ток режимида коммутация зонаси бўлмаслиги билан характерланади, ўтказиш даври $\lambda=\pi/m$ нинг бошланишида ҳам ва охирида ҳам $I_d=0$. Бу режимга мос тенгламалар

$$I_{d\text{чег}} = \left(1 - \frac{\pi}{m} \operatorname{ctg} \frac{\pi}{m}\right) \frac{E_{d\max}}{x_{\text{юк}} + x_\phi} \quad (2.6)$$

$$U_{d\text{чег}} = E_{d\max} \cos \alpha \quad (2.7)$$

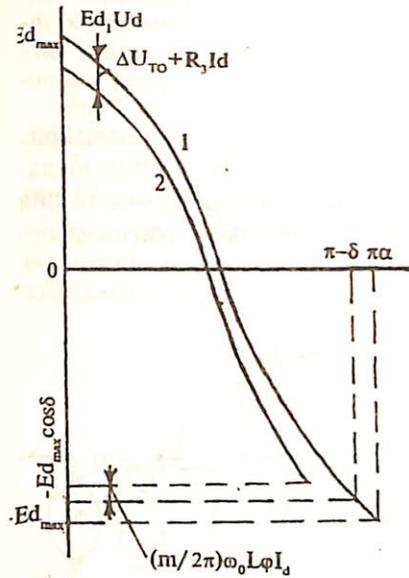
чегара ток режимидаги ток ва кучланишларнинг қийматларини топишга имкон беради. Бу ерда, $x_{\text{юк}}$ ва x_ϕ — келтирилган юклагичнинг ва трансформатор иккиламчи чулгамининг индуктив қаршиликлари 2.4-расмдаги 4-эгри чизиқ, эллипс ўзгарткичининг чегара ток режими кўрсаткичларини ифодалайди.

5-эгри чизиқ $\Delta U_{\text{то}}$ кучланиш пасайишини ҳисобга олган ҳолдаги чегара режим кўрсаткичларини ифодалайди.

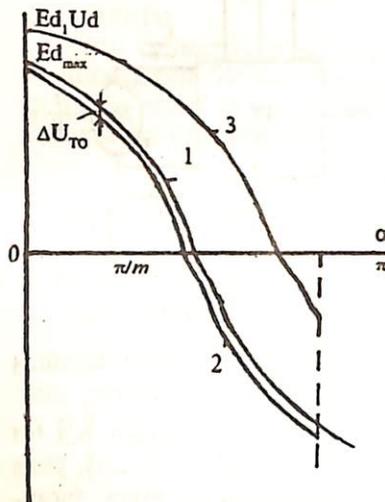
Тў нинг узлукли ток режимида ўзгарткичининг ўртача тўғриланган кучланиши юклагич занжирининг ЭЮКи га тенг бўлиб, ўтказувчанликнинг ҳар бир даври $2\pi/m$ да $I_d=0$ бўлиб, ташқи тавсиф

$$U_d = E_{d\max} = E_{\phi m} \cos\left(\alpha - \frac{\pi}{m}\right) - \Delta U_{\text{то}} \quad (2.8)$$

кўринишда бўлади ва 2.4-расмда 6-эгри чизиқ билан тасвирланган.



2.5-расм



2.6-расм

Тиристорли ўзгарткичининг бошқарув тавсифлари ЭЮК бўйича $E_d=f(\alpha)$ ва кучланиш бўйича $U_d=f(\alpha)$ ҳам (2.4) тенгламада бошқарув бурчаги α ни ўзгартириб қурилади, бироқ юклагичнинг қиймати ўзгармас $I_d=const$ бўлиши лозим. Тў нинг узлуксиз ток режими учун бошқарув тавсифи 2.5-расмда келтирилган. 1-эгри чизиқ тўғриланган ЭЮК $E_d=E_{d\max} \cos \alpha$ нинг бошқарув бурчак α га боғлиқ равишда ўзгаришини кўрсатади. 2-эгри чизиқ эса ўзгарткичининг тўғриланган кучланишининг бошқарув бурчаги орқали ифодаланган тасвири.

Тў нинг узлукли ток режими учун бошқарув тавсифи 2.6-расмда берилган бўлиб, 1-эгри чизиқ тиристордаги кучланиш пасайишини ҳисобга олинмаган ва 2-эгри чизиқ эса ушбу кучланишни ҳисобга олинган ҳолатлар учун қурилган бошқарув тавсифларидир. 3-эгри чизиқ ўзгарткичининг чегара ток режимига мос келади.

Кўпгина электр юритмалар (ўрта ва катта қувватли) учун тиристорли ўзгарткичининг узлукли ток

зонасининг арзимас бўлиши натижасида бу режимни тахлили вақтида ҳисобга олмаслик ҳам мумкин. Аммо кузатувчи электр юритма тизимларида, яъни бошқарув кичик сигналлар асосида ишловчи тизимларда сўзсиз узлукли ток режими ҳисобга олинмоғи керак.

Энди тиристорли ўзгартгичнинг динамик хусусиятларини кўриб чиқамиз, яъни ўзгартгич ишчи схемасининг юклагич характериға қараб ўтиш жараёниға таъсирини тахлил қиламиз. Агар ТЎ нинг ишчи схемаси актив-индуктив характердаги юклагичға уланган бўлиб (2.7-расм), ва ишлаш режими узлуксиз ток режими бўлса, I_d га нисбатан ўтиш жараёнининг дифференциал тенгламаси оператор кўринишида қуйидагича ёзилади:

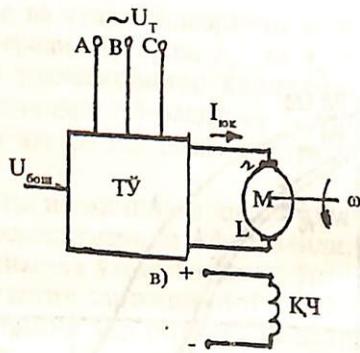
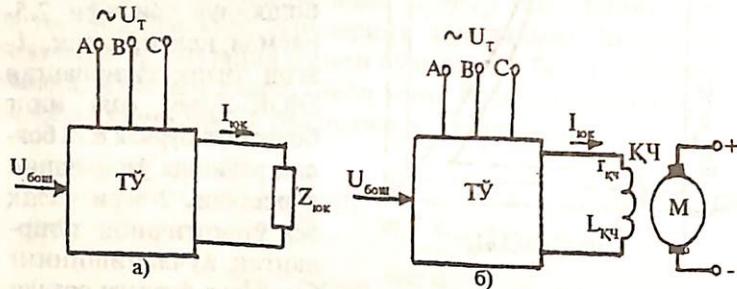
$$T_c p I_d(p) + I_d(p) = \frac{U_d(p)}{R_{юк} + R_3}$$

Бу ерда,

$$T_c = \frac{L_{юк} + L_3}{R_{юк} + R_3}$$

ТЎнинг чиқиш занжирларини ҳисобга олган ҳолдаги вақт доимийлиги.

ТЎ ўзгармас ток моторнинг қўзғотиш чулғами ҚЧ ни кучланиш билан таъминлаётган бўлсин (2.7-б расм), унда ҚЧ нинг вақт доимийлигини ҳисоблашда, албатта, ўзгартгичнинг кўрсаткичлари ҳам қатнашади



2.7-расм

$$T_c = T_k = \frac{L_{к.ч.} + L_\phi}{R_{к.ч.} + R_3}$$

бу ерда, $L_{к.ч.}$, $r_{к.ч.}$ — қўзғатиш чулғами занжирининг индуктивлиги ва актив қаршилиги.

Агар ТЎ ўзгармас ток моторнинг якор занжириға уланган бўлса, унда тиристорли электр юритманинг бошқарув таъсири деб $E_d(p)$ ни, чиқиш катталиги деб $E_{юк}(p) = c\omega(p)$ ни қабул қилганимизда, моторнинг узатиш функцияси қуйидагича ифодаланади:

$$\frac{E_{юк}(p)}{E_d(p)} = \frac{1}{T_M T_\omega p^2 + T_M p + 1}$$

бу ерда, $T_M = J \frac{r + R_3}{c^2}$ — моторнинг электрод механик вақт доимийлиги;

$T_\omega = \frac{L + L_\phi}{r + R_3}$ — двигателнинг электромагнит вақт доимийлиги;

L ва r — якор занжирининг индуктивлиги ва актив қаршилиги.

Агар тиристорли электр юритма узлукли ток режимида ишлаётган бўлса, унда электромагнит вақт доимийлиги T_ω ни ҳисобга олинмаслиги мумкин, бироқ электромеханик вақт доимийлиги $T_M = J R_3 / c^2$ га тенг бўлади, бу ерда,

$$R_n = \frac{E_{d \max} - U_{дчез}}{I_{дчез}}$$

— ўзгарткичининг узлукли ток режимида ҳосил бўладиган ночизикли ички қаршилиқ. Демак, тиристорли электр юритмадаги моторнинг бошқарув таъсири бўйича узатиш функцияси нодаврий звенонинг узатиш функцияси каби бўлади, яъни

$$\frac{E_{юк}(p)}{E_d(p)} = \frac{1}{T_M p + 1}$$

Ҳозирги пайтда тиристорли ўзгартгич ишчи схемаларидаги тиристорларни бошқариш учун вертикал принципада ишловчи импульс-фаза бошқарув тизимлари (ИФБТ) кенг қўлланилмоқда. ИФБТга қўйиладиган талаблар тиристорларнинг нормал ишлашини таъминлаши ва ҳар қандай нономрал режимлардан муҳофаза қилиши лозим ва ИФБТ га бўлган талаблар асосан қуйидагилардан иборат:

1. Бошқарув импульсининг амплитудаси 200-400 мАдан кам бўлмаслиги керак;

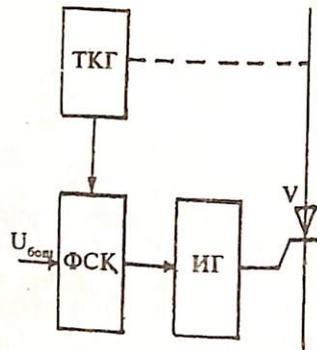
2. Импульс кенглиги шундай бўлиши керакки, бу ораликда тиристордаги токнинг ўсиши, унинг ўртача қийматига етиб олишга улгуриши керак ва одатда бу кенглик 10-15° га тенг бўлади;

3. Бошқарувдаги асимметрияни йўқотиш учун (асимметрия 3° дан ошмаслиги керак) импульсининг бошланишидаги тиклик даражаси юқори (10 А/с тартибда) бўлиши лозим;

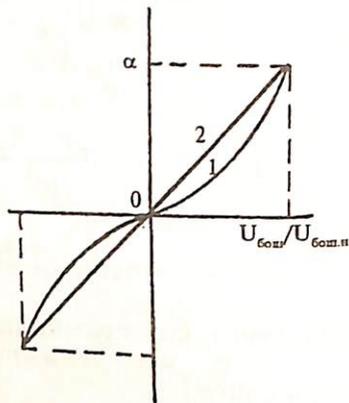
4. Бошқарув бурчагининг ўзгариш диапазони $-2(\gamma+\delta) \leq D \leq \pi(\gamma+\delta)$ бўлиб, тиристорларни носимметрик бошқарувни ҳисобга олмаганда $D_{max} = 150^\circ - 160^\circ$ бўлиши керак;

5. Бошқарув тизимининг тезкорлиги ТЎнинг амалда инерциясиз қурилма сифатида ишлашига имкон яратиши лозим.

ИФБТ нинг функционал схемаси 2.8-расмда берилган бўлиб, бу ерда, ТКГ – таянч кучланиши U_{TK} ни ҳосил қилади (U_{TK} нинг формаси синусоидал, аррасимон ёки бошқа кўринишларда бўлиши мумкин) бу сигнал ФСК - фаза силжиш қурилмасида бошқариш кучланиши $U_{бош}$ билан солиштирилиб, уларнинг айирмаси ($U_{бош} - U_{TK}$) нинг



2.8-расм



2.9-расм

2.1-жадвал

	$V_{бош} = f(\alpha)$ $K_{ИФБС} = f(\alpha)$	$V_{бош} = U_{Т.К.М} \cos \alpha$ $K_{ИФБТ} = \frac{1}{U_{Т.К.М} \sin \alpha}$	$U_{бош} = U_{ТКМ} \left(1 - \frac{\varphi_0 + \alpha}{Q}\right)$ $K_{ИФБТ} = \frac{Q}{U_{ТКМ}}$
	$U_{TK} = f(\omega t)$	$U_{TK} = U_{TK} \sin \omega t$	$U_{TK} = V_{TKM} \left(1 - \frac{\omega t}{Q}\right)$
Таянч кучланиши кўриниши		Синусоидал	Аррасимон

ишораси ўзгарилиши ИГ — импульс генераторида бошқарув импульсининг юзага келишига ва тиристор V ни очишга имкон беради. 2.1-жадвалда амалиётда кенг қўлланиладиган таянч кучланиши U_{TK} нинг икки хил кўриниши учун ИФБТ нинг бошқарув тавсифи $U_{бош} = f(\alpha)$ ва кучайтириш коэффициенти $K_{ИФБТ} = f(\alpha)$ нинг математик ифодалари берилган. 2.9-расмда синусоидал ва аррасимон кўринишдаги таянч кучланишининг формаси синусоидал бўлганда (1-эгри чизиқ) ва аррасимон бўлганда (2-эгри чизиқ) тўғри чизиқли кўринишда бўлади. Худди шу икки хил кўринишга эга бўлган таянч кучланишли ИФБТ ларнинг кучайтириш коэффициентлари $K_{ИФБТ}$ 2.10-расмда берилган. Таянч кучланишининг формаси синусоидал (1-эгри чизиқ) ва (2-тўғри чизиқ) бўлган ҳолда ИФБТ кучайтириш коэффициентларини солиштирсак U_{TK} нинг формаси аррасимон бўлганда ўзгармас кучайтириш коэффициентли бошқарув тизимига эга бўламиз.

Тиристорли ўзгартгичнинг натижавий кучайтириш коэффициенти

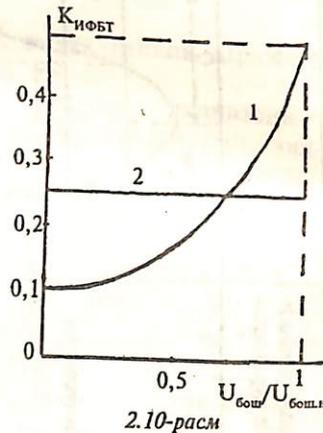
$$K_{TV} = K_{ИФБТ} \cdot K_{ИС} \quad (2.9)$$

бўлиб, бу ерда, $K_{ИС} = \frac{de_\alpha}{d\alpha}$

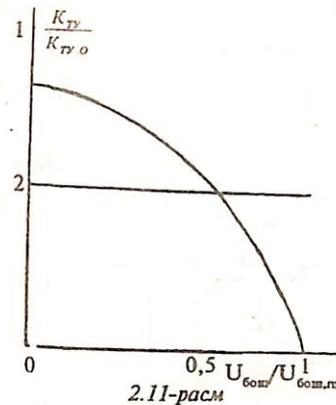
— ўзгарткич ишчи схемасининг кучайтириш коэффициенти бўлиб, (2.1) тенгламани бошқарув бурчаги α бўйича ҳосиласидир бўлади.

2.11-расмда тиристорли ўзгартгичнинг кучайтириш коэффициенти K_{TV} нинг бошқариш кучланиши $U_{бош}$ га боғлиқ равишда ўзгариши ва бу ўзгаришга таянч кучланиши U_{TK} формасининг бево-сита таъсири кўрсатилган.

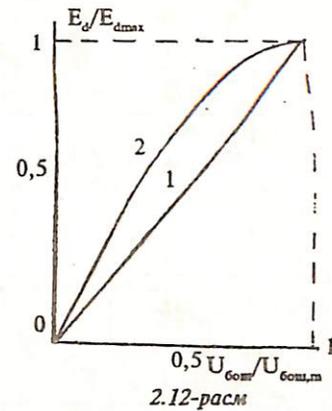
Тў нинг бошқарув тавсифи



2.10-расм



2.11-расм



2.12-расм

$$E_d = f\left(\frac{U_{бош}}{U_{бош.н.}}\right)$$

ҳам сўзсиз ИФБТ таянч кучланиши $U_{мк}$ формасига боғлиқдир, агар $U_{мк}$ нинг формаси синусоидал бўлса (2.1-жадвал) ни ҳисобга олганимизда, ўзгартгичнинг бошқарув тавсифи чизиқли функция бўлади (2.9-расм, 2-тўғри чизиқ), яъни

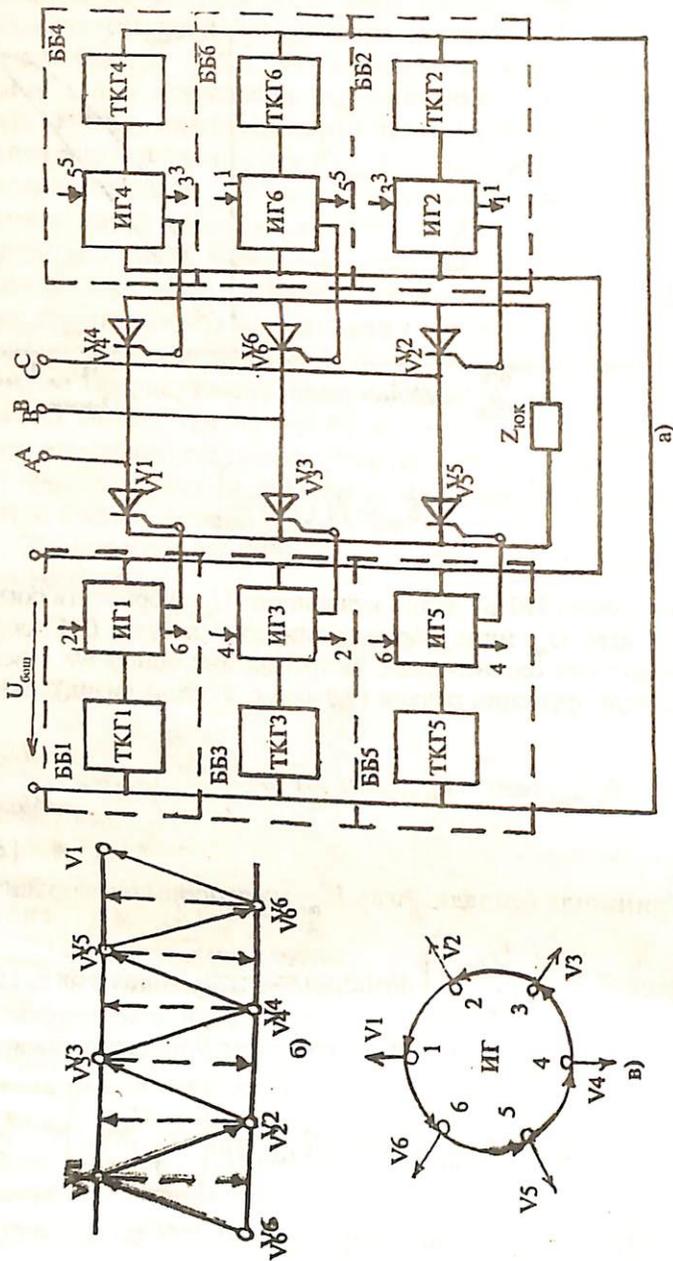
$$E_d = E_{dmax} \cos \alpha = E_{dmax} \cos\left(\arccos \frac{U_{бош}}{U_{бош.н.}}\right) = E_{dmax} \frac{U_{бош}}{U_{бош.н.}} \quad (2.10)$$

кўринишда ёзилади. Агар $U_{мк}$ нинг формаси аррасимон

бўлса $\alpha = f\left(\frac{U_{бош}}{U_{бош.н.}}\right)$ функция чизиқли бўлиши билан (2.9-расм, 2-тўғри чизиқ), ўзгартгичнинг бошқарув тавсифи

$$E_d = E_{dmax} \cos \alpha = E_{dmax} \sin\left(\varrho \frac{U_{бош}}{U_{бош.н.}}\right) \quad (2.11)$$

кўринишда бўлиб, агар $U_{мк}$ нинг формаси учбурчак кўринишда бўлса, Тў нинг бошқарув тавсифи



2.13-расм

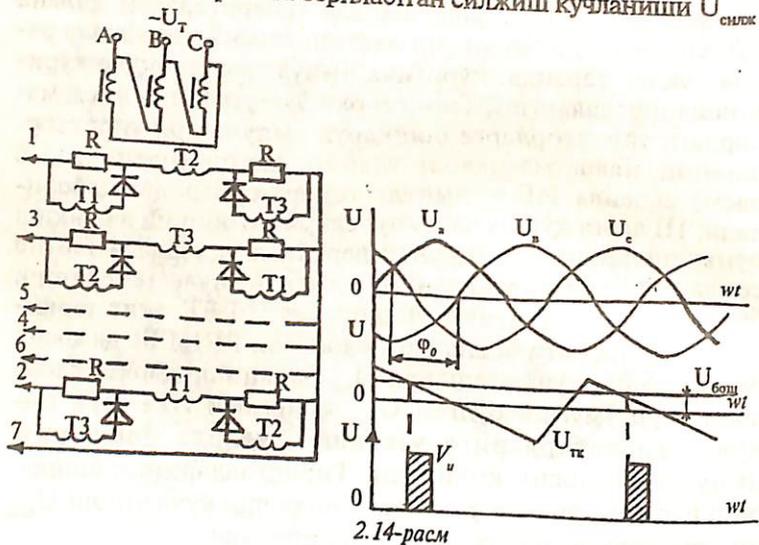
$$E_d = E_{d \max} \sin\left(\frac{\pi}{2} \frac{U_{\text{бош}}}{U_{\text{бош.н.}}}\right) \quad (2.12)$$

кўринишда бўлади (2.12-расм, 2-тўғри чизик).

Мисол тариқасида, ишчи схемаси уч фазали кўприк схема бўлган саноат учун ишлаб чиқарилаётган бир йўналишли тиристорли ўзгартгичи вазилавий схемасининг (2.13а-расм) ишлаш асосини кўриб чиқамиз. Кўприк схемасининг нол схемадан фарқи шундаки, ҳар қандай иш вақтида юклагичга кетма-кет уланган икки тиристор ишлайди. Иккала тиристор бир вақтда ишлаб туриши ва ўзгартгичнинг узлукли ток режимида ўчиб қолмаслиги керак, чунки ҳар бир 60° да бир тиристор ёпилиб, кейинги тиристор очилиши керак. Кенглиги 60° бўлган импульсни ҳосил қилишнинг бир мунча техник мураккаблиги бўлиши билан бир қаторда тиристорда қўшимча қувват сарфига олиб келади ва ортиқча қизишга сабаб бўлади. Шунинг учун кенг импульслардан фойдаланилади. Ҳар бир тиристор 60° да асосий очувчи импульс қабул қилишдан ташқари (2.13-б расм, тўлиқ ўқ) қўшимча импульс ҳам ҳосил қилади (2.13-б расм, штрихли ўқ). I-номер тиристорга ИГ дан қўшимча импульс юборилиб турилади. 2.13-в расмда импульс генераторлари айлана бўйлаб, улар ишлаб чиқарилаётган асосий импульслар радиал ўқлар тарзида, қўшимча импульслар ёй ўқлар кўринишда ифодаланган. Тиристорли ўзгартгич ишчи схемалардаги тиристорларга бошқарув импульслари тиристорларнинг навбатма-навбат уланиш диаграммаси (2.13-б расм) асосида ИГ – импульс генераторларидан юборилади. ИГларга қўшимча импульсларнинг кириш ва чиқиш йўналишларини билдирувчи вертикал ўқлардаги тартиб сонлар шу генераторларнинг қайси импульс генератори билан боғланганлигини билдиради. ИФБТ нинг таркибида бир хил олти бошқариш блоклари ББ1-ББ6 да ҳосил бўлган таянч кучланишлари $U_{\text{мк}}$ билан бошқариш блоклари учун умумий бўлган $U_{\text{бош}}$ айирмаси ИГ1-ИГ6 импульс генераторларига узатилиб, уларда бошқариш импульслари ҳосил қилинади. Тиристорларнинг бошқариш бурчаклари α ни ростлаш бошқариш кучланиши $U_{\text{бош}}$ ни ўзгартириш билан амалга оширилади.

Тиристорли ўзгартгич ишчи схемаси тиристорларни бошқаришда қўлланиладиган импульс-фаза бошқариш тизимининг принципиал схемасининг блоклар бўйича тузилишини кўриб чиқамиз. 2.14-расмда уч фазали кўприк схемали ўзгартгичлар учун қўлланилиши мумкин бўлган ТКГнинг принципиал схемаси берилган. Бу схемада таянч кучланиши U_{mk} синусоидал кучланиш ва бир фазали Т1, Т2 ва Т3 трансформаторлар ёрдамида ҳосил қилинади. U_{mk} вақт ўқида фаза силжиши тиристорларнинг табиий уланиш нуқтасига нисбатан 90° бўлиши учун трансформаторларнинг бирламчи чулғамлари «юлдузча» ёки «учбурчак» шаклда уланади. Ҳар бир тиристор бошқариш канали учун бошқариш кучланиши U_{mk} нинг қиймати билан трансформаторларни иккиламчи чулғамларининг ЭЮКи алгебраик йиғиндиси асосида ҳосил қилинади.

2.15-расмда ўзгартгичнинг бир тиристор канали учун импульс билан фаза бошқариш тизимининг фаза силжиш қурилмаси ФСК ва импульс генератори ИГ нинг биргаликда принципиал схемаси вариантларидан бири тасвирланган. Фаза силжиш бурчаги қиймати $e\varphi_0$ бўлганда ТКГ трансформаторлари Т1, Т2 ва Т3 бирламчи чулғамлари «учбурчак» уланиб (2.14-расм) ва (2.14-а расм) схемадаги $R_{cилж}$ қаршилиги қийматига боғлиқ транзистор V1 га берилётган силжиш кучланиши $U_{cилж}$



га боғлиқ $e\varphi_0$ ни ҳисобга олган ҳолда, бошқариш бурчаги

$$\alpha = \arccos \frac{U_{бош} - U_{cилж}}{U_{ТАМ}} - \varphi_0$$

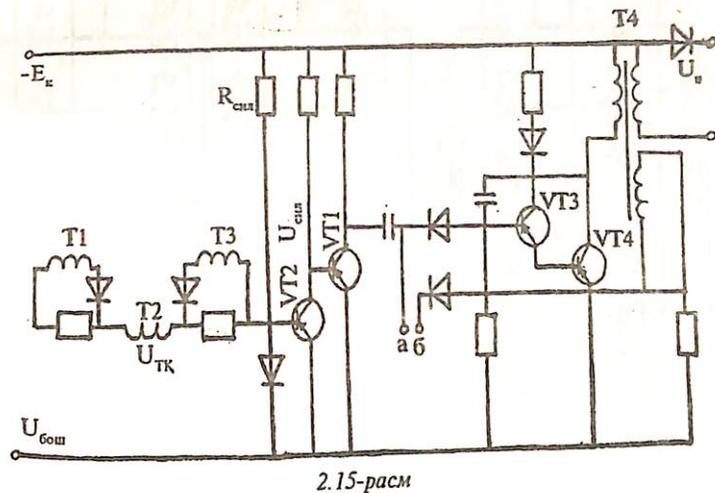
ифода билан аниқланади. $U_{бош}$

ва U_{mk} ларнинг тенглиги вақтида (2.16-б расм) трансформатор Т4 нинг w_4 чулғамида бошқарув импульси U_n ҳосил бўлади (2.15-а расм) ва мос тиристорга узатилади.

Тиристорлар ўтказувчанлигининг фақат бир томонлиги реверсив тиристорли ўзгартгичларни бир тиристорлар комплектида мужассамлаштиришга имкон бермайди. Шунинг учун реверсив тиристорли ўзгартгич – РТУ ларда бир-бири билан электрик боғланган тиристорларнинг икки комплект ишчи схемалари ва ҳар бири учун алоҳида бошқариш тизимлари бўлиши шарт. РТУ нинг ҳар бир комплект ишчи схемалари юклагич токини фақат бир томонга ўтказишга ҳаракат қилади. РТУ нинг ишчи схемалари қарши-параллел (2.16-а расм) ва чорраҳа (2.16-б расм) кўришида уланган схемалар бўлиши мумкин.

РТУ ларнинг ишчи схемалари ичида қарши-параллел схеманинг амалиётда кенг қўлланилиши чорраҳали схемага нисбатан бир қатор афзалликларга эгалигидадир, яъни:

– Мослаштирувчи трансформаторнинг қуввати паст бўлишлиги (тўғриланган ток занжирида қувватнинг 1.262 га нисбатан 1.05 бўлиши);

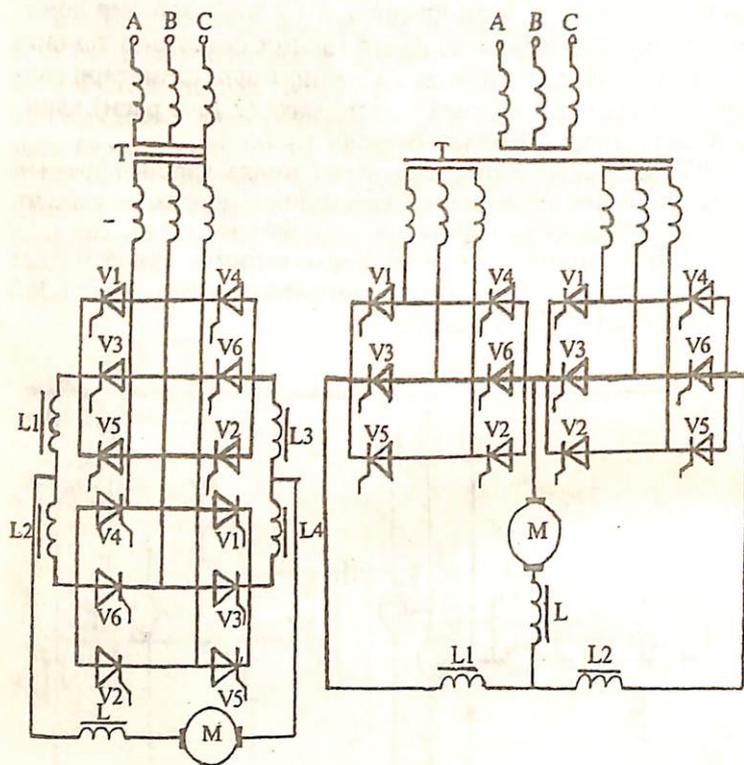


— Уч чулғамли трансформаторга нисбатан конструктив содда икки чулғамли трансформаторнинг қўлланилиши ёки бўлмасам трансформаторсиз бевосита электр таъминоти манбаига уланиши мумкин;

— Қўлланиладиган барча трансформатор ва реакторларнинг салмоқ ва ўлчам кўрсаткичлари кичик бўлиши каби устунликларга эга.

РТЎ ларнинг ишчи схемалари комплекtlари биргаликда ёки алоҳида усуллар билан бошқарилади.

Биргаликда бошқариш усули билан РТЎ ни бошқарганимизда тиристорларнинг бир комплекти тўғрилагич режимида ишласа, иккинчи комплекти инвертор режимида ишлаш учун тайёрлаб қўйилган бўлади. Агар тири-



2.16-расм

тор комплекtlари келишилган биргаликда бошқарганимизда ушбу шарт бажарилиши керак

$$E_{d1} + E_{d2} - 2\Delta U_{TO} = 0, \quad (2.13)$$

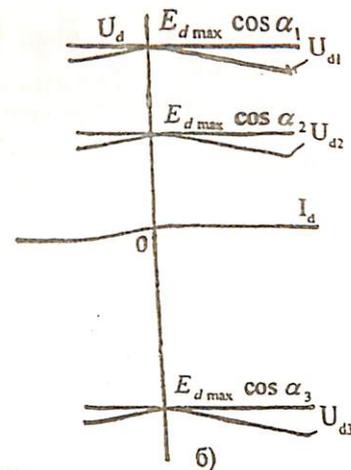
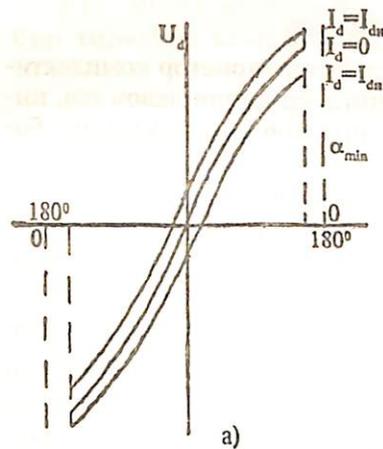
бу ерда, E_{d1} , E_{d2} - тиристор комплекtlарининг тўғриланган ЭЮК ларининг доимий ташкил этувчилари.

$\Delta U_{mo} = 0$, деб қабул қилсак (2.13)-тенгламани бошқариш бурчаклари орқали ифодалаймиз

$$\alpha_1 + \alpha_2 = 180^\circ, \quad (2.14)$$

бу ерда, $\alpha_1 = \alpha_{\text{тўғ}} < 90^\circ$ - тўғрилагич режимида ишлаётган тиристор комплекtlарининг бошқариш бурчаги.

Келишилган биргаликда бошқариладиган усул билан РТЎ ни бошқарганимизда бирозгина бошланғич-узлуксиз характердаги мувозанатловчи токнинг бўлиши, ўзгартгичнинг бошқарув ва ташқи тавсифларга таъсири ижобий бўлиб, (2.13)-тенгламадаги тенгликка идеал риоя қилганимизда узлукли ток режими мавжуд бўлмайди. 2.17-а расмда РТЎ нинг ростлаш тавсифи берилган бўлиб, 2.17-б расмда эса ташқи тавсифлар келтирилган. РТЎ нинг ташқи тавсифидан кўриниб турибдики, узлукли ток режимининг бўлмаслиги ўзгартгичнинг тўғрилагич режимидан инвертор режи-



2.17-расм

мига ўтиши ҳеч қандай сакрашсиз, балки силлиқ ўтиб, кучланиш пасайиши фақатгина $I_d R_c$ гагина боғлиқдир.

Биргаликда бошқариш усулининг афзаллиги авваламбор соддалигидир, бир режимдан иккисига ўтишга ҳар доим тайёрлиги, статик тавсифларнинг бир ишоралигидадир. Камчиликлари эса тўғрилагич режимда тиристорлардан тўлиқ фойдаланиш мумкин эмаслиги, яъни

$$\beta_{\min} \geq \gamma + \delta \quad (2.15)$$

бўлиши α_{\min} ни ҳам чегаралаб қўяди; мувозанатловчи контурларда мувозанатловчи реакторларнинг бўлиши шартлиги.

Ўтиш жараёнларининг маълум бир поғоналарда оний қийматларига тенг бўмаслиги туфайли (2.13) даги шарт бажарилмай қолиши натижасида мувозанат контурида динамик мувозанатловчи ток $I_{\text{дин}}$ юзага келиши мумкин. $I_{\text{дин}}$ нинг таъсирини камайтириш мақсадида тиристорли электр юритмаларининг чиқиш қисмида нодаврий звенолар тарзида филтрлар қўлланилади.

Келишилмаган биргаликда бошқариладиган усул билан РТЎ ни бошқарганимизда инвертор комплектининг ЭЮКи E_d нинг қиймати тўғрилагич комплектининг ЭЮКи $E_{d_{\text{ТР}}}$ нинг қийматидан катта қилиб олинади, яъни

$$\alpha_1 + \alpha_2 > \pi \quad (2.16)$$

ёки $\alpha_{\text{туз}} > \beta_n$ шарт бажарилади.

Тўғрилагич режимда ишлаётган тиристор комплектининг бошқариш бурчаги $\alpha_{\text{ТР}}$ нинг ўзгариши давомида, инвертор режимда ишлаётган тиристор комплектининг бошқариш бурчаги β_n нинг қийматини шартга асосан энг кичик қийматига тенглаб, ўзгмас қилиб ушлаб турганимизда, мувозанат токиннинг қиймати келишилган бошқарувдагига нисбатан кам бўлгани учун, қўлланиладиган мувозанатловчи реакторларнинг индуктивлиги сезиларли даражада кичик бўлса ҳам бўлади. Агар коммутация шarti бўйича $\beta_n \rightarrow 0$ мумкин бўлса, чегараловчи реакторлардан бутунлай воз кечиш ҳам мумкин. $\alpha_1 + \alpha_2 = 300^\circ$ шарт учун ҳам мувозанатловчи токнинг қиймати нолга тенгдир. Мувозанатловчи токларни чегаралаш ва минимумга келтириш учун тиристорли электр юритмаларда ростлагичлар

дан фойдаланилади. 2.18-расмда тўғирланган кучланишнинг ҳақиқий қиймати U_d бўйича манфий тескари боғланишли ёпиқ автоматик ростлаш тизимининг бошқарув $U_d = f(U_{\text{Гощ}})$ ва ташқи $U_d = f(I_d)$ тавсифлари келтирилган. Ўзгартичнинг тўғрилагич режимидан инвертор режимига ўтишда люфт ҳосил бўлади ва унинг абсолют қиймати

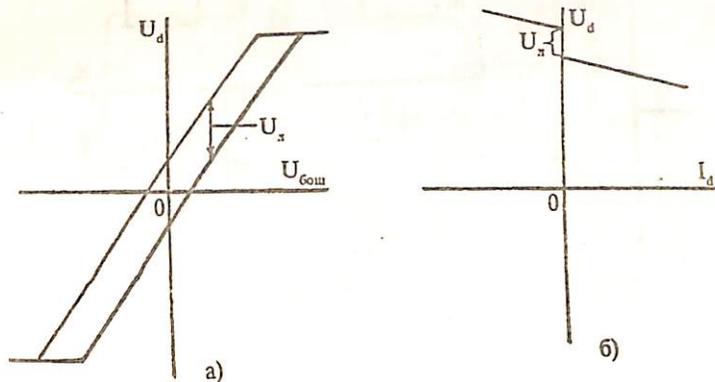
$$|U_n| = |\Delta U_d| = \frac{2U_{\text{max}}}{1+k} \quad (2.17)$$

бўлиб, бу ерда, k — система очик қисмининг умумий кучайтиркич коэффиценти.

Люфтнинг ҳосил бўлиши, инвертор режими кучланишининг ўзгариши оралигининг баъзи бир қийматларида инверторнинг кучланиши тўғрилагич режими кучланишидан абсолют жиҳатдан катта бўлишидадир.

Агар РТЎ нинг динамик режимлари кўрсаткичлари-га қаттиқ талаблар қўйилмаган бўлса, ҳамда ташқи ва бошқарув тавсифларида люфт бўлиши электр юритмага қўйиладиган талаблар даражасида бўлса, у ҳолда бошқарув усули келишилмаган биргаликдаги бошқариш усули қўлланилиши мумкин. Бундай усулда бошқаришнинг афзаллиги қўлланиладиган реакторларнинг нисбатан кичик бўлиши РТЎларнинг оғирлик кўрсаткичларининг камайишига имкон беради.

РТЎ ишчи схемаларини алоҳида бошқарганимизда бир тиристор комплектига бошқариш учун сигнал бе-



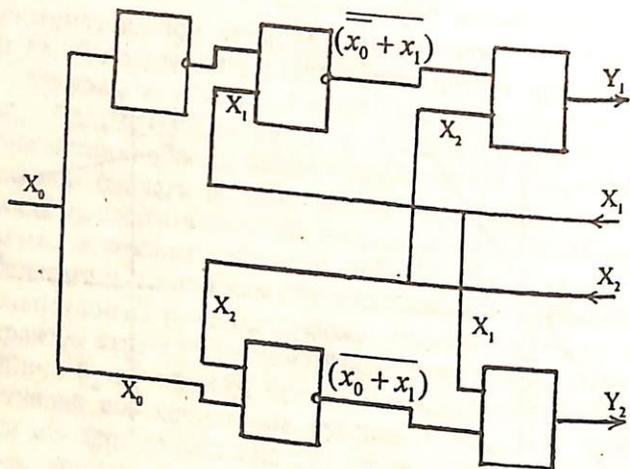
2.18-расм

рилганда, иккинчи комплект тиристорлар ёпиқ режимда бўлиши керак, бу эса мувозанатловчи тоқларнинг бўлмаслигига ва ҳосил бўлишига имкон йўқолади ҳамда реакторларга ҳожат қолдирмайди. Тиристор комплексларини алоҳида бошқариш жараёни куйидаги мантиқий тенгламалар асосида олиб борилади.

$$\begin{aligned} Y_1 &= \overline{(x_0 + x_1)} + x_2 \\ Y_2 &= \overline{(x_0 + x_2)} + x_1 \end{aligned} \quad (2.18)$$

бу ерда, Y_1, Y_2 – мос ИФБТларни ишдан тўхтатиш учун бериладиган сигналлар; x_1, x_2 – тўғрилагич комплексларидаги ток ўлчов ўзгартгичларининг сигналлари; x_0 – тиристор комплектининг қайси бири ишлаши кераклигини билдирувчи сигнал (статик режимда $x_0=0$ бўлиши $x_1=1, x_2=0$ ва $x_0=1$ эса $x_1=0, x_2=1$).

Мантиқий ўзгарувчан катталар устидаги чизиқча уларнинг инверсия, яъни тескари қийматларида бўлиши билдиради. Мантиқий тенгламалар тизимининг асосида мантиқий қайта улаш қурилмаси (МКҚ) яратилиб, РТУларни алоҳида бошқаришнинг ўзагини ташкил этади. МКҚнинг тизим схемаси 2.19-расмда тасвирланган.



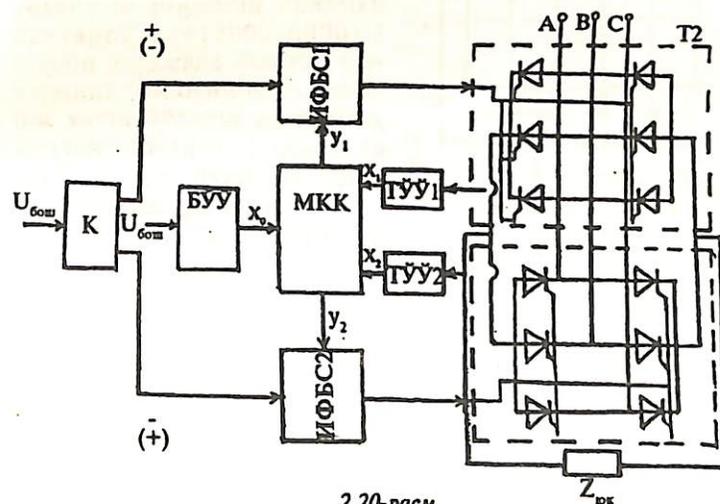
2.19-расм

Мисол тариқасида, уч фазали кўприк схемали РТУнинг мантиқий қайта улаш қурилмаси МКҚ ёрдамида алоҳида бошқаришнинг қандай амалга оширишни кўриб чиқамиз (2.20-расм). Тизим куйидаги асосий қисм ва блоклардан иборат: ИФБТ1, ИФБТ2 – ҳар бир тиристор комплексларига токни ўлчаш ва узатиш вазифаларини бажарувчи ток ўлчов ўзгартгичлар датчиклар; МКҚ – мантиқий қайта улаш қурилмаси; БУЎ – бошқарув ўлчов ўзгартгичи; К – кучайтиркич. Бошқариш сигнали x_0 БУЎ да ҳосил қилиниб, МКҚ га узатилади: $x_0=1$ бўлиши $\Delta U_{\text{бош}} > 0$ билан характерланиб, ТК1 ни ишга туширишга тайёрлайди; $x_0=0$ бўлиши $\Delta U_{\text{бош}} < 0$ билан характерланиб, ТК2 ни ишга туширишга тайёрлайди. ТК1 ва ТК2 комплект занжирларида токнинг, яъни x_1 ва x_2 сигналлар ТУЎ1 ва ТУЎ2 лардан МКҚ га узатилади. Агар МКҚ га $x_0=1$ сигнал берилса, ТУЎ лардан мос равишда олинаётган $x_1=1$ ва $x_2=0$ сигналлар МКҚ га юборилади, ИФБТ1 га юборилаётган сигнал

$$Y_1 = \overline{(x_0 + x_1)} + x_2 = (\overline{1+1}) + 0 = 0$$

бўлади, бу эса ТК1 комплектни ишга туширишга буюрилади. ИФБТ2 га МКҚ дан юборилаётган сигнал

$$Y_2 = \overline{(x_0 + x_1)} + x_2 = (0+0) + 1 = 1+1 = 1$$



2.20-расм

бўлиб, ТК2 нинг ўчиришга сигнал беради. Агар $x_0=1$ бўлиб, $x_1=0$ ва $x_2=1$ сигналлар МКҚ га юборилса, у ҳолда ИФБТ1 га юборилаётган бошқариш сигнали

$$Y_1 = \overline{(x_0 + x_1)} + x_2 = \overline{(1 + 0)} + 1 = \overline{(0 + 0)} + 1 = 1$$

бўлиб, ТК1 комплекти ўчиришга сигнал бўлади, ИФБТ2 га юборилаётган бошқариш сигнали

$$Y_2 = \overline{(x_0 + x_1)} + x_1 = \overline{(1 + 1)} + 0 = 0 + 0 = 0$$

бўлиб, ТК2 комплекти ишга туширишга буюради.

Шундай қилиб, РТЎ ларни алоҳида бошқариш усулининг асосий бўғини МКҚ қуйидаги вазибаларни бажаради:

1. Вазибаловчи кучланиш билан тескари боғланиш кучланиш айирмаси $\Delta U_{\text{бош}}$ нинг ишорасига қараб тиристор комплектининг қайси бирини ишлатиш кераклигини аниқлайди;

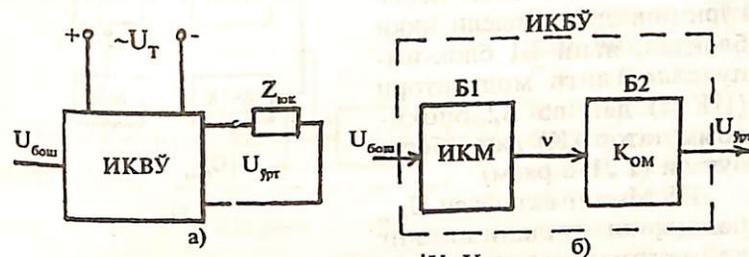
2. Ишлатаётган тиристор комплектида ток бўлиши асосида ишламаётган тиристор комплектида ток бўлмаслигини ҳисобга олиб уни ишга тушириш учун бошқариш сигналларини юбормаслик;

3. Ишлаётган тиристор комплектидан ток ўтаётганида унинг бошқарув занжирида импульс узилишига йўл қўймаслик;

4. Бир тиристор комплектининг ўчишида ва иккинчи комплектининг ишга тушириш оралиғида вақтинчалик пауза ҳосил қилиш.

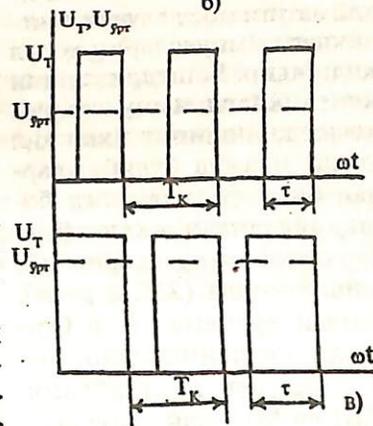
2.2. ИМПУЛС КЕНГЛИГИ БОШҚАРИЛАДИГАН ЎЗГАРМАС ТОК ЎЗГАРТКИЧЛАРИ

Кичик қувватли (бир неча киловатгача бўлган) ўзгармас ток электр юритмаларда узлуксиз характердаги ўзгармас ток кучланиши кенглиги бошқариладиган импульсларга ўзгартирилиб электр моторларни бошқаришни кенг қўллаш тараққий қилмоқда. Бундай турдаги ўзгарткичларнинг асосини импульснинг амплитуда ва частота қийматларини ўзгармас қолдирилиб, фақат кенглигини ўзгартирадиган модулятор (ИКМ) ташкил этади. Импульс кенглиги бош-



қариладиган ўзгарткичлар (ИКБЎ) ТЎ ларга қараганда тезликни ростлаш оралиғи каттароқ $D=(2000-6000):1$ юқори даражада бўлиши моторнинг ток бўйича юкланиши катта бўлиши ва тармоқ кучланишининг формасига таъсири кам бўлиши билан ижобий фарқланади.

ИКБЎнинг вазилавий схемаси 2.21-а расмда кўрсатилган бўлиб, юклакичдаги кучланишнинг ўртача қиймати қуйидаги тенглама



2.21-расм

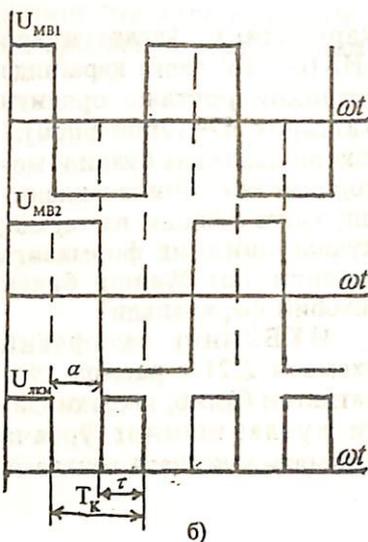
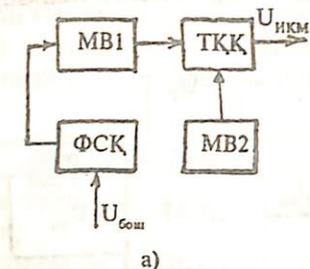
$$U_{урт} = \frac{\tau}{T_x} U_T = U_T \gamma \quad (2.19)$$

билан аниқланади, бу ерда, U_T — манба кучланиши;
 $\gamma = \frac{\tau}{T_x}$ — импульснинг чуқурлиги; T_x — коммутация дав-
 ри; γ — импульснинг ғоваклиги (пўклиги); τ — коммутация
 даврининг ишчи қисми.

(2.19)-тенгламадан кўриниб турибдики, юклакчида-
 ги кучланишнинг $U_{урт}$ қиймати $U_T = \text{const}$ бўлганидаги-
 на импульс чуқурлигига боғ-
 лиқ бўлади.

ИКБЎ нинг блок-тизим
 кўринишидаги модели икки
 блокдан, яъни Б1 блок-им-
 пулс кенглиги модулятори
 (ИКМ) дан ва Б2 блоки-
 коммутатор (К) дан иборат
 бўлади (2.21-б расм).

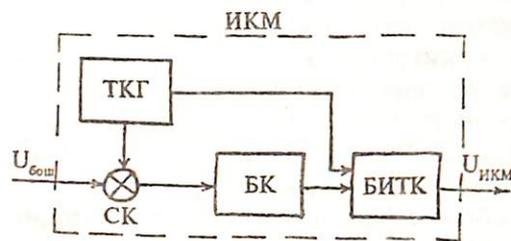
ИКМнинг вазифаси $U_{бош}$
 бошқариш кучланишининг
 қийматига мос келувчи кенг-
 ликдаги импульсларни ҳосил
 қилишдир. Бошқариладиган
 кенгликдаги импульсларни
 ҳосил қилишнинг икки хил
 усули мавжуд бўлиб, улар-
 дан бири фаза оралиғи бо-
 шқариладиган икки тўғри
 бурчакли импульсларни қў-
 шиш асосида (2.22-а расм);
 бундай қурилма тўғри бур-
 чакли кучланишларни ҳо-
 сил қилувчи мултивibrator
 МВ1 ва МВ2 дан, фаза сил-
 жиш қурилмаси ФСК дан
 ҳамда чиқиш кучланишлар-
 ни қўшувчи ва тўғриловчи
 ТҚҚ дан иборат бўлади.



2.22-расм

2.22-б расмда керакли импульс чуқурлигига эга бўлган
 натижавий импульсларни ҳосил қилиш кучланишлар диа-
 раммаси орқали тасвирланган.

Иккинчи усул маълум частота ва формага эга бўлган
 таянч кучланиши $U_{ТК}$ билан бошқариш кучланиши $U_{бош}$
 ни қўшиш натижасида импульс кенглиги бошқариладиган
 сигналлар ҳосил қилишдир. 2.23-расмда шундай импульс
 кенглиги модулятори ИКМ нинг функционал схемаси тас-
 вирланган бўлиб, бу ерда ТКГ-таянч кучланиш генерато-
 ри, СК - солиштириш қурилмаси, БК - бўсафа қурилма-
 си, БИТҚ - бошқарилувчан импульсларни ташкил қилув-
 чи қурилма, та-
 янч кучланиши
 генератори - ТКГ
 дан чиққан $U_{ТК}$
 СК да бошқариш
 кучланиши $U_{бош}$
 билан солишти-
 ририб, уларнинг
 айирмаси БК га
 узатилади. $U_{ТК}$



2.23-расм

нинг формаси аррасимон бўлиб, частотаси $f_{ТК} = 1/T_к$ га тенг
 бўлади. Агар БК даги сигнал $U_{ТК} - U_{бош} > 0$ бўлса, БКдан чи-
 қётган сигнал максимал даражада («бир» сигнал) бўлади
 ва бу сигналлар БИТҚ га юборилади, ҳамда ТКГ нинг
 сигнали билан солиштирилиб, коммутаторни бошқариш
 учун импульслар $U_{ИКМ}$ ишлаб чиқаради.

Коммутатордаги тиристор ёки транзисторлар калит ре-
 жимида ишлаб, уларнинг ишлаш тактлари ИКМ дан чиқ-
 қан сигналларнинг кўрсаткичларига боғлиқдир. Таянч куч-
 ланиши формаси аррасимон бўлганда, ИКБЎ нинг ўртача
 кучланиш тавсифи тўғри чизикли функция

$$U_{урт} = \gamma U_T = \frac{U_{бош}}{U_{ТК \max}} U_T = k_{уз} U_{бош}$$

бўлиб, бу ерда, $k_{уз}$ — ИКБЎ нинг кучайтириш коэффициенти.
 ИКБЎ нинг ишчи қисмлари ишчи ва коммутацион ти-
 ристорлар ёки транзисторлардан иборат бўлади. Агар, ти-
 ристорли электр юритмаларда тиристорлар табиий комму-

тацион режимда ишласа, импульс кенглиги бошқарилади-
 ган ўзгартгичли электр юритмаларида эса тиристорлар сунъ-
 ий коммутацион режимда ишлаши билан фарқ қилади.
 ИКБЎ ларнинг қуввати 0.5 кВт гача (кучланиши 110 В),
 токнинг эса чекланиш қиймати (2-2.5) А бўлган қурилма-
 ларда ишчи қисмларнинг асосини транзисторлар ташкил
 қилади. Бу авваламбор, ҳозирги кунда ишлаб чиқарилаёт-
 ган транзисторларнинг ток бўйича имкони чегараланиши,
 бошқариш схемаларининг мураккаблиги ва айниқса, тран-
 зисторлар кетма-кет уланган бўлса янада мураккаблаши-
 ши, бу ярим ўтказгичларни ИКБЎ нинг ишчи схемаларида
 кенг қўллашга имкон бермайди. Кучланиш ва ток қиймат-
 лари бўйича транзисторларнинг имкони паст бўлгани учун
 катта қийматли ток ва кучланишга мўлжаллаган қурилма-
 ларга катта қувватга эга тиристорларни қўллаш ишчи схе-
 маларни соддалаштиришга ва уларни бошқаришни осон-
 лаштиришга олиб келади. Уларни ҳам жузий камчиликла-
 ри, чунончи сунъий коммутациянинг зарурлиги, ростлаш
 тизимининг мураккаблашишига олиб келади; ток қиймати
 юклагич токнинг қийматига тенг бўлганда ўз-ўзидан ўчиб
 қолиши; тиристорни очиқ ҳолда ушлаб туриш учун керак
 бўлган ток қийматининг кичиклиги; юклагичнинг характе-
 ри индуктив бўлганда тиристорларни очиқ ҳолда ушлаш
 учун токнинг керак бўлган қиймати даражасигача ўсиши
 учун кечга қолиш вақтининг мавжудлигидир.

Нореверсив ИКБЎ нинг коммутацион схемаси сод-
 да бўлиб, тиристор калит V1 дан ва диод D1 дан ибор-
 атдир (2.24-а расм). Юклагич $Z_{юк}$ даги кучланиш қуйи-
 даги формула орқали аниқланади.

$$U_{урт} = \frac{1}{T_k} U_T t_{yn} = \gamma U_T \quad (2.21)$$

D1 нинг вазифаси коммутаторнинг $T-t_{yn}$ вақт оралиғи-
 даги, яъни ўчиқ ҳолатида ўзиндукция ЭЮКи таъсирида
 юклагичда токнинг узилиб қолишига йўл қўймасликдан
 иборат. Реверсив ИКБЎ коммутаторининг схемаси кўприк
 схема асосида бўлиб, калитларнинг коммутацияси турли
 қонуниятлар асосида бажарилиши мумкин (2.24-б расм).
 Тиристорларни симметрик бошқариш усули билан очга-
 нимизда t_{yn} вақтда тиристорлар жуфти V1 ва V3 ишлаб, V2

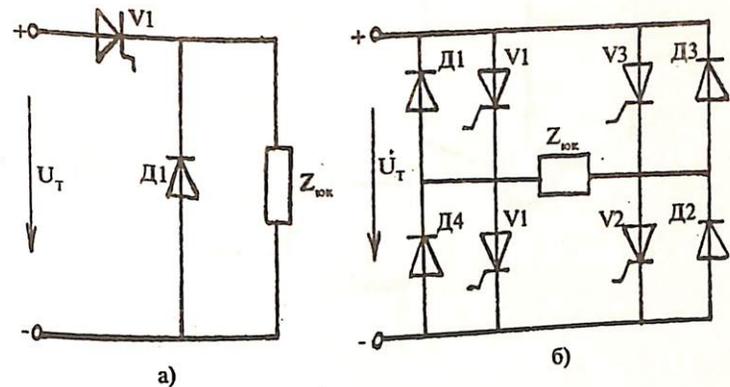
ва V4 тиристорлар ўчирилган бўлади. Бундай коммутация юк-
 лагичда ҳар хил ишорали импульс ЭЮКини ҳосил қилади.

$$U_{урт} = \frac{1}{T_k} (U_T t_{yn} - U_T t_0) = U_T (2\gamma - 1) \quad (2.22)$$

реверсив ИКБЎнинг ўртача кучланишини беради.

Бундай коммутация усулида ишлаётган ИКБЎнинг
 кучланиши $U_{урт} = 0$ бўлганида юклагичдан ўтаётган ток
 узилиб қолмайди ва ўзгартгичнинг ташқи тавсифи чи-
 зикли характерга эга бўлади. Камчилиги токнинг пул-
 сация даражаси юқори бўлиши ИКБЎларнинг асосий
 камчиликларидан биридир.

Тиристорларни носимметрик бошқарганимизда ИКБЎ-
 нинг чиқишидаги кучланиш бир қутбли импульслардан
 иборат бўлади. Ҳар қайси тиристорли жуфт калитлар $t_{yn} + T_k$
 вақт оралиғида ва битта тиристор калитнинг бошқасига
 нисбатан T_k даврга тенг силжиши вақтида уланиши билан
 характерланади. Тиристорларнинг навбат билан ишлаш
 тартиби қуйидагича: V1, V3-V1-V1, V3V3-V1, V3 ва ҳ.к. t_{yn}
 вақт оралиғида иккала тиристор уланган ҳолда импульс
 ЭЮКи ҳосил бўлиб бир тиристор уланган t_0 вақт орали-
 ғида импульс ЭЮКи ҳосил бўлмай балки ўзиндукция токи
 уланган тиристор ва диод орқали ёпиқ контур ҳосил қилади.
 ЭЮК қутбларини ўзгартириш учун жуфт тиристорлар V2
 ва V4 коммутация қилинади. Агар юклагич вазифасини



2.24-расм

Ўзгармас ток мотори бажарганида ИКБЎнинг муҳим кўрсаткичи ток пулсациясини аниқлаймиз

$$\Delta I_n \approx \frac{U_T \gamma(1-\gamma)}{R_a kT_s f_k} \quad (2.23)$$

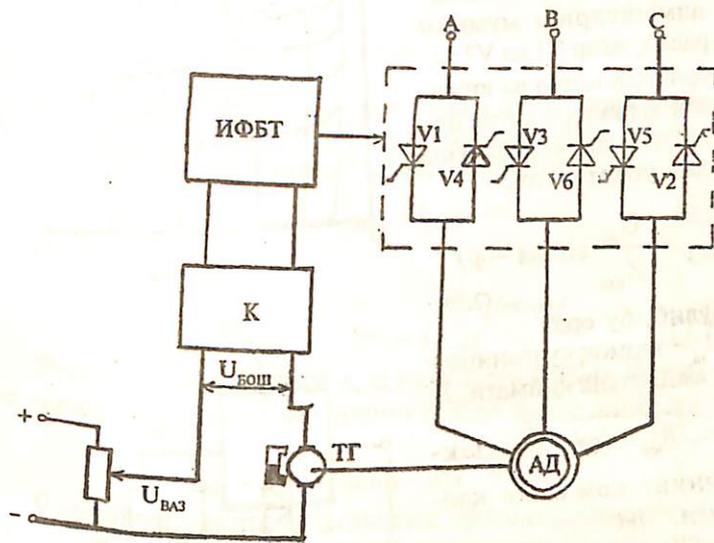
бу ерда, R_a — двигател якор занжирининг актив қаршилиги, Ом;

T_s — якор занжирининг электромагнит вақт доимийлиги, с; γ — схема коэффициенти: бир қутбли ЭЮК импульслар учун $k=1$, ҳар хил қутбли ЭЮК импульслар учун $k=0.5$

(2.23)-тенгламадан кўриниб турибдики, носимметрик коммутация режимида ишлаётган ИКБЎнинг ток пулсацияси даражаси симметрик коммутация режимига нисбатан икки мартаба кам бўлади ва шу билан ИКБЎнинг носимметрик қонуният билан коммутацияланувчи схемаларнинг афзалликлари яққол кўринади.

3. ТИРИСТОРЛИ ЎЗГАРУВЧАН ТОК ЎЗГАРТКИЧИ

Ўзгарувчан ток электр юритмаларида, хусусан асинхрон электр юритмаларида стартор чўлғамидаги кучланиш қийматини ўзгартириш асосида тезлик ва моментларни ростловчи тизимларини қўллаш мумкин. Агар биз тезликни ростламоқчи бўлсак, у ҳолда асинхрон мотор статоридаги кучланишни тиристорли ўзгарувчан ток ўзгарткичи (ТЎЎ) ёрдамида ўзгартиришимиз учун тезлик бўйича манфий боғланишли ёпиқ тизим ҳосил қилишимиз керак. ТЎЎли асинхрон электр юритманинг вазилавий схемаси 3.1-расмда тасвирланган. Агар стартор чўлғамидаги кучланишни ТЎЎ ёрдамида очиқ тизим тарзида ўзгартирсак, бундай тизим моментини ростловчи электр юритма бўлиб ишлайди (3.2-расм, 1-5 тавсифлар).



3.1-расм

3.1-расмдаги асинхрон автоматик бошқарув тизимидаги тиристорларни импульс-фазали бошқариш тизими кириш қисмига берилаетган бошқариш кучланиш $U_{\text{бош}} = U_{\text{наз}}$ - $e_{\text{т}}$ тенглама асосида аниқланиб бу ерда $U_{\text{наз}}$ - тезликни роллаш тизимига бериладиган вазифаловчи кучланиш; $e_{\text{т}}$ - тахогенераторнинг ЭЮКи.

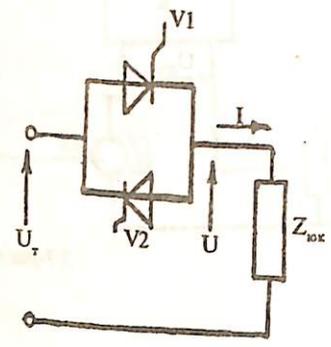
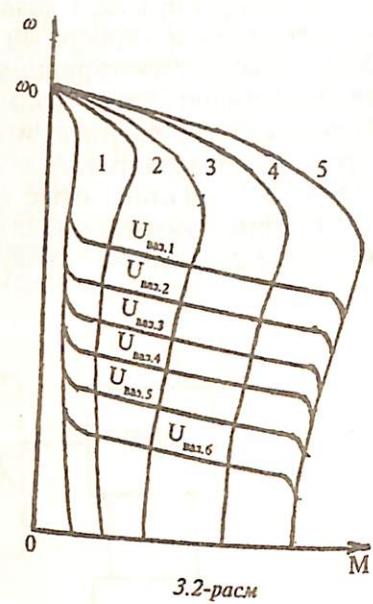
3.2-расмда вазифаловчи кучланиш $U_{\text{наз}}$ нинг бир неча қийматлари учун автоматик ёпиқ тизимнинг тезлик тавсифлари кўрсатилган бўлиб, одатда тезликнинг роллаш диапазони 10:1 дан ошмайди.

Юклагичнинг ҳамма фазаларида юкланиш симметрик бир хил деб қараганимизда уч фазали ТУҲ ни бир фазали эквивалент схема билан алмаштириш мумкин (3.3-расм), Агар V1 ва V2 тиристорларни идеал ва юклагичнинг характери актив индуктив деб қараганимизда $Z_{\text{юк}}$ дан ўтаётган ток

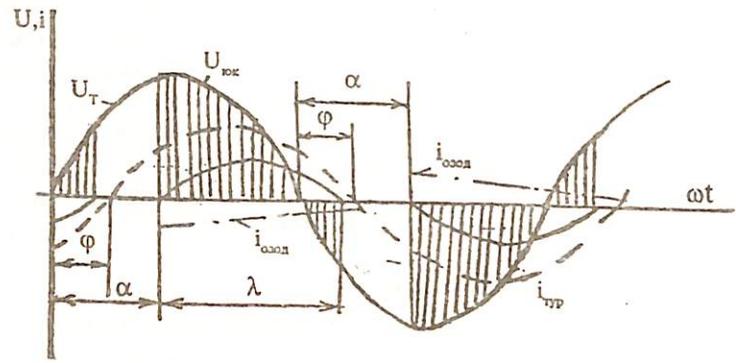
$$i_{\text{ту.р}} = \frac{U_m}{Z_{\text{юк}}} \sin(\omega t - \varphi) \quad (2.24)$$

бўлиб, бу ерда U_m - тармоқ кучланишининг амплитуда қиймати, В; $Z_{\text{юк}} = \sqrt{R_{\text{юк}}^2 + (\omega L_{\text{юк}})^2}$ - юклагичнинг комплекс қаршилиги, Ом;

$$\varphi = \arctg \frac{\omega L_{\text{юк}}}{R_{\text{юк}}} - \text{юклагич фазаси.}$$



Агар бошқариш бурчаги α нинг қиймати φ га тенг бўлса, яъни $\alpha = \varphi$, ҳар ярим даврда тиристорлар навбати билан очилиб туриши натижасида юклагичдан ўтаётган ток $i_{\text{тур}}$ га тенг бўлади. (3.4-расм, штрихли чизиқ). Агар $\alpha > \varphi$ бўлса, у ҳолда юклагичда токнинг бўлиши $\alpha - \varphi$ вақтга кечга қолади,



кучланиш ва ток тавсифларида токсиз пауза юзага келади. Ҳар бир ярим даврда юклагичдаги токнинг қиймати турғун ва озод тоқларнинг йиғиндисидан иборат бўлади.

$$i_{\text{юк}} = i_{\text{тур}} + i_{\text{озод}} \quad (2.25)$$

бу ерда,

$$i_{\text{озод}} = I_{\text{озод}} e^{-(R_{\text{юк}}/L_{\text{юк}})t} = I_{\text{озод}} e^{-(\omega t - \alpha)/\text{tg}\varphi} \quad (2.27)$$

Ўтказувчанлик бурчаги λ , α ва φ ларга боғлиқ бўлиб, $i_{\text{юк}}$ ни топишдаги $\alpha\lambda = \alpha + \lambda$ ни ўрнига қўйиш билан аниқланади.

$$\sin(\alpha + \lambda - \varphi) - \sin(\alpha - \varphi) e^{-\lambda/\text{tg}\varphi} = 0$$

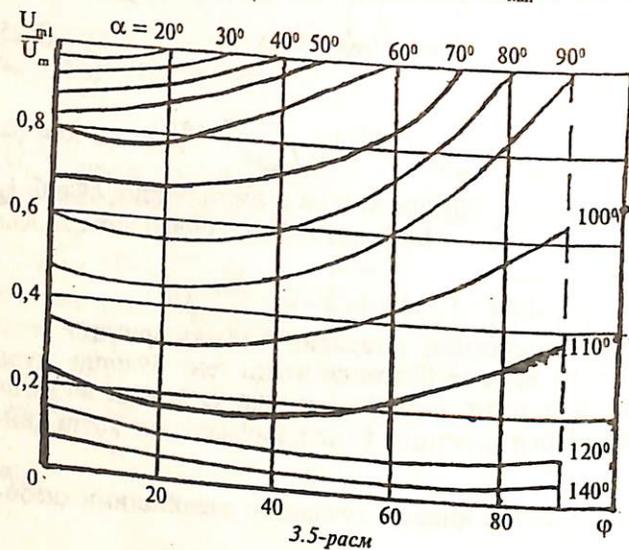
Ўтказувчанликнинг чегаравий қийматларининг $\alpha = \varphi$ бўлганда π га ва $\alpha = \pi$ бўлганда нолга тенг бўлиши шуни кўрсатадики α нинг φ дан то π гача ўзгариши юклагич ярим давр кучланишининг ўртача қиймати энг катта қий-

мати $\frac{2}{\pi} U_m$ (тиристордаги кучланиш пасайишини ҳисобга олмаганда) дан то 0 гача ўзгариши мумкин.

3.5-расмда уч фазали нол симсиз ТҰЎнинг тавсифлари берилган бўлиб, бу ерда бошқариш бурчаги α қайд этилган юклагичнинг фазаси φ эса ўзгарувчан кўрсаткич сифатида қаралади.

ТҰЎнинг импульс-фаза бошқариш тизими ТҰ ИФБТдан принципаially фарқ қилмайди, ишлаш принципи вертикал принципга асосланган. Блок схемаси худди 2.8-расмда кўрсатилган таянч кучланиши генератори ТКГдан, фаза силжитиш қурилмаси ФСКдан ҳамда импульс генератори ИГдан иборатдир. 3.2-расмда берилган ТҰЎ ишчи схемаларидаги тиристорларнинг тартиб сонлари тиристорлар ишлашининг кетма-кетлигини англатиб, ГИ нинг уч фазали кўприк схемали тўғрилагич учун мўлжалланган тиристорларни бошқариш учун ишлаб чиқарилаётган импульсларнинг тарқалиш диаграммаси ҳам ТҰЎ ишчи тиристорларини бошқаришга мос келади.

Асинхрон мотор учун φ ўзгарувчан кўрсаткич бўлиб, одатда $\varphi_{\min} \approx 20-30^\circ$ дан $\varphi_{\max} \approx 90^\circ$ гача ўзгариши мумкин, $\alpha_{\min} = \varphi$ бўлгани учун бошқарув бурчаги юклагич токи фазаси силжишининг функцияси бўлиб ўзгаради, бу эса албатта, ИФБТни мураккаблаштиришга олиб келади. Агар α_{\min} ни ўзгармас қиймат деб қарасак ва $\alpha_{\min} = \varphi_{\min}$ бўлса, унда $\varphi > \varphi_{\min}$ қийматларида



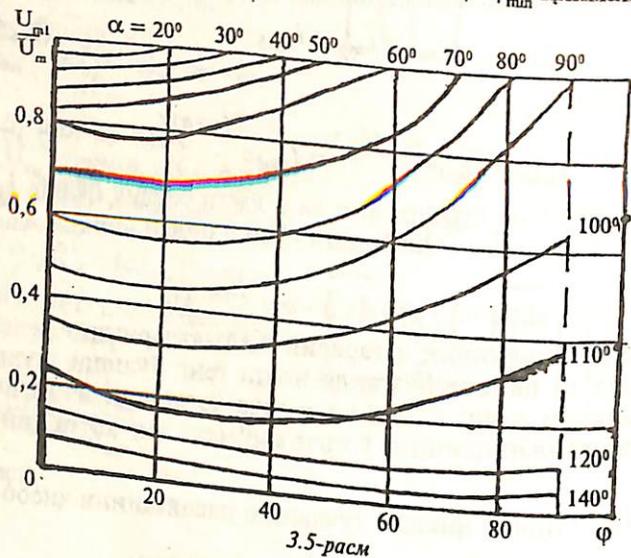
3.5-расм

импульсларнинг кенглиги $\varphi - \alpha_{\min}$ бўлиб, ТҰЎда бир ярим даврли иш режим вужудга келади. Ҳақиқатда $\lambda > \pi$ бўлиб, VI тиристордан токнинг ўтиш вақти ярим даврдан кўпдир (3.4-расм). $\alpha_{\min} + \pi$ га тенг вақтда V2 тиристор очилиши керак, аммо VI дан ток ўтиши тўхтамайди ва V2 нинг очилишига йўл қўймайди. VI дан ток ўтиши вақти тугаганда V2 га берилаётган бошқарув импульс ўчади ва V2 ёпилади. Шундай қилиб, $\alpha_{\min} < \varphi$ бўлиши ТҰЎнинг нормал ишлаши учун импульсларнинг кенглиги $\varphi_{\max} - \alpha_{\min}$ бўлиши керак, бу эса асинхрон моторлар учун $60-70^\circ$ ни ташкил этади. Нол симсиз уч фазали ТҰЎларнинг узлукли ток режими учун $\alpha > \varphi$ бўлган ҳолда бир пайтда икки тиристор ишлайдиган режим учун импульснинг кенглиги 60° дан кенг бўлиши керак

3.5-расмда уч фазали нол симсиз ТУЎнинг тавсифлари берилган бўлиб, бу ерда бошқариш бурчаги α қайд этилган юклагичнинг фазаси φ эса ўзгарувчан кўрсаткич сифатида қаралади.

ТУЎнинг импульс-фаза бошқариш тизими ТҮ ИФБТдан принципиаль фарқ қилмайди, ишлаш принципи вертикал принципга асосланган. Блок схемаси худди 2.8-расмда кўрсатилган таянч кучланиши генератори ТКГдан, фаза силжитиш қурилмаси ФСКдан ҳамда импульс генератори ИГдан иборатдир. 3.2-расмда берилган ТУЎ ишчи схемаларидаги тиристорларнинг тартиб сонлари тиристорлар ишлашининг кетма-кетлигини аниқлаб, ГИнинг уч фазали кўприк схемали тўғрилагич учун мўлжалланган тиристорларни бошқариш учун ишлаб чиқарилаётган импульсларнинг тарқалиш диаграммаси ҳам ТУЎ ишчи тиристорларини бошқаришга мос келади.

Асинхрон мотор учун φ ўзгарувчан кўрсаткич бўлиб, одатда $\varphi_{\min} \approx 20-30^\circ$ дан $\varphi_{\max} \approx 90^\circ$ гача ўзгариши мумкин, $\alpha_{\min} = \varphi$ бўлгани учун бошқарув бурчаги юклагич токи фазаси силжишининг функцияси бўлиб ўзгаради, бу эса албатта, ИФБТнинг мураккаблаштиришга олиб келади. Агар α_{\min} ни ўзгармас қиймат деб қарасак ва $\alpha_{\min} = \varphi_{\min}$ бўлса, унда $\varphi > \varphi_{\min}$ қийматларида



3.5-расм

импульсларнинг кенглиги $\varphi - \alpha_{\min}$ бўлиб, ТУЎда бир ярим даврли иш режим вужудга келади. Ҳақиқатда $\lambda > \pi$ бўлиб, VI тиристордан токнинг ўтиш вақти ярим даврдан кўпдир (3.4-расм). $\alpha_{\min} + \pi$ га тенг вақтда V2 тиристор очилиши керак, ammo VI дан ток ўтиши тўхтамайди ва V2 нинг очилишига йўл қўймайди. VI дан ток ўтиши вақти тугаганда V2 га берилаётган бошқарув импульс ўчади ва V2 ёпилади. Шундай қилиб, $\alpha_{\min} < \varphi$ бўлиши ТУЎнинг нормал ишлаши учун импульсларнинг кенглиги $\varphi_{\max} - \alpha_{\min}$ бўлиши керак, бу эса асинхрон моторлар учун $60-70^\circ$ ни ташкил этади. Нол симсиз уч фазали ТУЎларнинг узлукли ток режими учун $\alpha > \varphi$ бўлган ҳолда бир пайтда икки тиристор ишлайдиган режим учун импульснинг кенглиги 60° дан кенг бўлиши керак

4. ИНДУКТИВ - СИФИМЛИ ТОК ЎЗГАРТКИЧЛАР

Олдинги параграфлардан бизга маълумки, ўзгармас ток тиристорли ўзгарткичлар агар кучланиш манбаи сифатида ишлатилаётган бўлса, юклагичнинг ток қиймати ўзгарган пайтда ҳам кучланишнинг қиймати деярли ўзгармай қолиб, унинг ўзгариши эса фақат вазифаловчи бошқарув кучланишнинг қийматидагина боғлиқ бўлади. Аммо, бундай ТЎ маълум схемалар асосида, масалан, ток бўйича критик мусбат тескари боғланишли схема асосида ТЎ йиғилган бўлса, кучланишнинг қиймати ўзгарган ҳолда юклагичдаги токнинг қиймати ўзгармай қолиб, ўзгарткич ток манбаи вазифасини бажаради. Саноатда ток манбаи ўзгарткичлари, мисол учун, электр ёй печларида ёй токининг қийматини бир хил ушлаб туришда, кабел ва сим ўровчи қурилмаларининг юритмаларида бир хил механик кучланиш ҳосил қилишда, тажриба стендларида ўзгармас қийматли момент ҳосил қилувчи юклагич қурилмаларда кенг қўлланилади.

Содда ва ишончли ток манбаи (ТМ) кучланиш резонанси бўйича соzланган индуктив-сифимли ТМнинг ишлаш режими Кирхгоф тенгламалари тизими билан ифодаланади

$$\left. \begin{aligned} I_L Z_L + I_{\text{юк}} Z_{\text{юк}} &= U_c \\ I_{\text{юк}} Z_{\text{юк}} + I_c Z_c &= 0 \\ I_L - I_c &= I_{\text{юк}} \end{aligned} \right\} \quad (2.31)$$

тенгламалар тизимини $I_{\text{юк}}$ га нисбатан ечганимизда

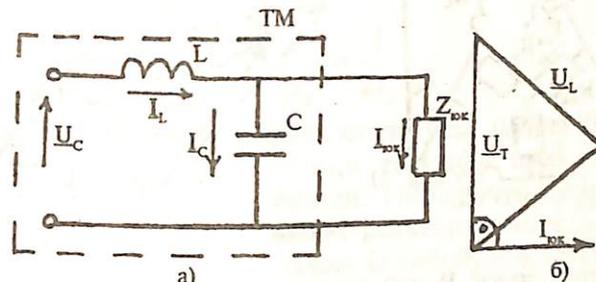
$$I_{\text{юк}} \left[1 + Z_{\text{юк}} \left(\frac{1}{Z_c} + \frac{1}{Z_L} \right) \right] = \frac{U_c}{Z_L} \quad (2.32)$$

ҳосил қиламиз. $Z_L = jX_L$, $Z_c = jX_c$, ва $Z_{\text{юк}} = X_c - X_p$ лигини ҳисобга олганимизда (2.32) тенгламани

$$I_{\text{юк}} = \frac{U_T}{jX_p} \quad (2.33)$$

кўринишда ёзиб, бу ерда, X_p – конденсатор ва реакторнинг реактив қаршиликларининг резонанс қийматлари; U_T – манба тармоғининг кучланиши.

Шундай қилиб, юклагичдаги токнинг қиймати ўзгармас бўлиб, $Z_{\text{юк}}$ ва $U_{\text{юк}} = I_{\text{юк}} Z_{\text{юк}}$ ларга боғлиқ бўлмайди. 4.1-б расмда тасвирлангандек, $U_{\text{юк}}$ нинг ихтиёрий қиймати



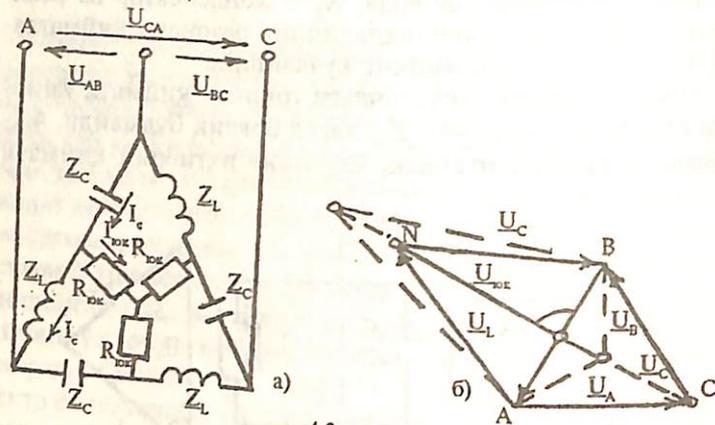
4.1-расм

учун индуктив-сифимли ток манбаининг вектор диаграммаси кўринишга эга бўлади. Бундай ТМларнинг афзаллиги соддалигида. Камчилиги эса юклагич сифатида ТМга тўғрилагич орқали ўзгармас ток мотори уланганида ўзгармас ток қийматининг доимийлиги бузилади. Бир фазали ТМнинг камчиликларидан бири узлукли ток режимининг мавжудлиги ва унинг юклагичга таъсиридир. Бу камчиликни йўқотиш учун ТМларнинг кўп фазали схемалари қўлланилади (4.2-расм). Уч фазали ТМнинг иш режимларини аниқлаш учун бирор-бир фазаси учун Кирхгоф тенгламасини тузиш kifоядир ва бу тенгламалар тизими (2.30) кўринишда бўлиб, $I_{\text{юк}}$ га нисбатан ечими ифодасини соддалаштирамиз ва мос ўзгартиришлардан сўнг ва $R_L = 0$ бўлган ҳолат учун

$$I_{\text{юк}} = \frac{U_{\text{л}}}{X_p} = \text{const} \quad (2.34)$$

бу ерда, $U_{\text{л}}$ – тармонинг линия кучланиши; $X_L = X_c = X_p$ – сифим ва реакторларнинг реактив қаршилигининг резонанс

нанс қийматлари. 4.2-б расмдаги вектор диаграммадаги ON юклагич кучланиши вектори годографи ($U_{\text{юк}} = I_{\text{юк}} R_{\text{юк}}$) ва U_{AB} кучланишга перпендикуляр бўлади. Юклагичнинг қисқа



4.2-расм

туташиши, яъни $R_{\text{юк}} = 0$ режими тармоқ учун энг энгил режим бўлади ва линия токи

$$I_{\text{л}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{U_{\text{л}}}{Z_L + Z_C} = \begin{cases} 0 & \text{агарда } R_L = 0 \\ \frac{U_{\text{л}}}{\sqrt{3} X_P D_L} & \text{агарда } R_L \neq 0 \end{cases} \quad (2.35)$$

қийматга тенг бўлади.

Юклагичнинг салт юриш режими, яъни $R_{\text{юк}} = \infty$ фавқулодда (авария) режими бўлиб ва таъминловчи тармоқнинг қисқа туташув режимига мос келади:

$$I_{\text{д}} = \sqrt{3} \frac{U_{\text{л}}}{Z_L + Z_C} = \begin{cases} \infty & \text{агарда } R_L = 0 \\ \frac{\sqrt{3} U_{\text{л}}}{R} & \text{агарда } R_L \neq 0 \end{cases} \quad (2.36)$$

тавсифини ифодаловчи тенгламада юклагичнинг токи чиқиш кўрсаткичи бўлиб, ғалаёнловчи таъсир эса юклагичнинг кучланиши бўлади

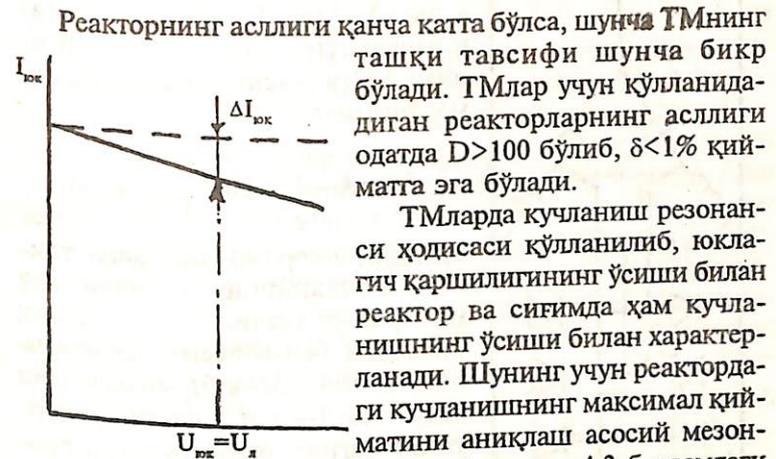
$$I_{\text{юк}} + U_{\text{юк}} \frac{1}{X_P D_L} = \frac{U_{\text{л}}}{X_P} \left(1 + \frac{1}{2\sqrt{3} D_L} \right) \quad (2.37)$$

бу ерда,

$$D_L = \frac{X_L}{R_L} \text{ реакторнинг асслиги.}$$

Бу тенгламада $U_{\text{юк}} = 0$ бўлиши ТМ ташқи тавсифининг салт юриш режимидаги $I_{\text{юк}} = I_0$ қийматини беради (4.2-расм). Тавсифининг нишаблиги $U_{\text{юк}} = U_{\text{л}}$ бўлгандаги ҳолат учун статизм орқали аниқланади

$$\delta_s = \frac{\Delta I}{I_0} = \frac{1}{D_L} \quad (2.38)$$



4.3-расм

тенг ёнли ANB учбурчакнинг AN томони деб қаралади:

$$AN = \sqrt{AM^2 + MN^2}$$

Шунинг учун

$$U_{\text{л}} = \sqrt{\left(\frac{U_{AB}}{2}\right)^2 + \left(U_{\text{юк}} - \frac{U_{\text{л}}}{2}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{U_{\text{л}}}{2}\right)^2 + \left(U_{\text{юк}} - \frac{U_{\text{л}}}{2\sqrt{3}}\right)^2} \quad (2.39)$$

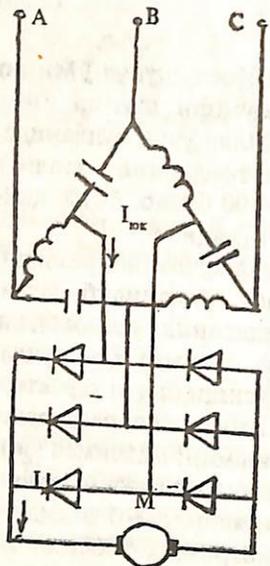
Ушбу тенглама асосида қурилган $U_{\text{л}} = f(U_{\text{юк}})$ тавсифдан шу нарса аниқлаш мумкинки, юклагич кучланиши 0 дан то $U_{\text{л}}$ гача ўзгарган тақдирда ҳам $U_{\text{л}}$ нинг қиймати $U_{\text{л}}$ дан

кичик бўлади ва юкланишнинг $U_{юк}$ қиймати мана шу диапазон учун реактор токининг максимал қиймати

$$I_{Lmax} = \frac{U_{Lmax}}{X_p} = 0.87 \frac{U_n}{X_p} = 0.87 I_{юк} \text{ булиб, юклагич токи-}$$

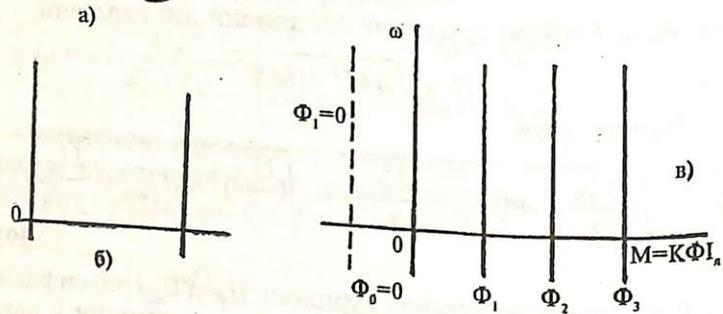
дан кам бўлади. Шундай қилиб, реакторнинг ҳажмини белгиловчи қуввати $U_{Lmax} I_L < U_{юк} I_{юк}$ бўлади.

Индуктив-сигимли ток манбалари учун типик юклагич сифатида якор занжири ТМдан тўғрилагич кўприк схемаси орқали таъминланувчи мустақил қўзғолувчан ўзгармас ток моторлари қўлланилади (4.4-а расм). Агар $R_L=0$, деб қараганимизда тўғрилагич нозизиқлигининг ТМга таъсирини ҳисобга олмаганимизда



$$I_R = k \frac{U_n}{X_p} \approx 1.23 I_{юк} = const$$

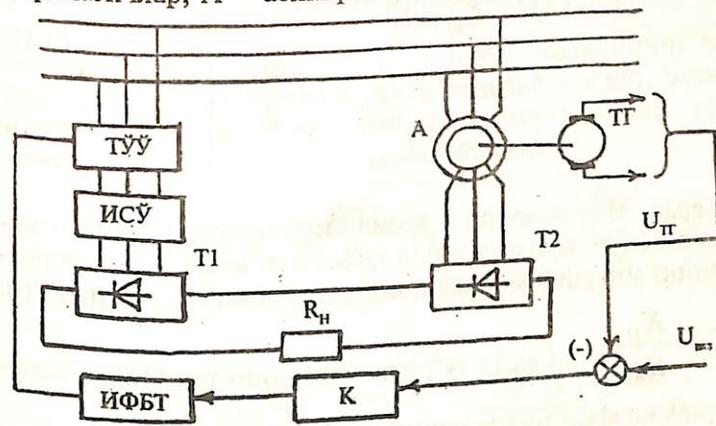
бўлиши, якор занжиридаги токнинг кучланишига ва натижада моторнинг тезлиги ω га боғлиқ бўлмайди (4.4-б расм). Юритгичнинг момент $M=k\Phi I_n$ ифодасидан якор токи $I_n=const$ бўлиши, моментнинг магнит оқимига тўғри пропорционал бўлишини таъминлай-



4.4-расм

ди ва индуктив-сигимли ток ўзгартгичи ва ўзгармас ток мотори тизимининг механик тавсифлари Φ нинг турли қийматлари учун вертикал тўғри чизиқлардан иборат тавсифлари мажмуасидан иборат бўлади (4.4-в расм). Шундай қилиб, бу электр юритма тизими магнит оқимини ролловчи ўзгармас момент манбаи хусусиятига эга бўлади.

Асинхрон моторларнинг ўзгармас ток моторларига нисбатан бирмунча фойдаланиш бўйича афзалликлари, анча енгиллиги ва ишончлилиги бу моторлар асосида «ток манбаи-мотор» электр юритма тизимларини яратишда мақсадга мувофиқ келади. Бундай тизимнинг негизини индуктив-сигимли параметрик ўзгартгич ва фаза роторли асинхрон мотор фазасидаги токни стабиллашга хизмат қилади. Асинхрон мотор ҳосил қиладиган айлантириш momenti статор чулғами магнит оқими майдонинг ўзгармас қийматида ротор токининг ҳақиқий қийматига тўғри пропорционал бўлиб, стабиллашган ротор токини ўзгартириб унга мос келувчи $M=const$ тавсифларни олиш мумкин. Агар электр юритма тизимида тезлик бўйича манфий тескари боғланиш қўлланилса, у ҳолда $\omega = const$ бўлган тавсиф-тўпламини олишимиз мумкин. 4.5-расмда «ток манбаи-асинхрон мотор» тизимининг электр схемаси келтирилган бўлиб, бу ерда, ИСЎ – индуктив-сигимли-ўзгартгич; ТЎЎ – тиристорли ўзгарувчан ток ўзгартгичи; Т1 ва Т2 – тўғрилагичлар; А – асинхрон мотор; ТГ – тахогенератор;



4.5-расм

ИФБТ – импульс-фаза бошқариш тизими, ротор занжиридаги R_H ротор занжиридаги актив қаршилик; K – оралик кучайтиргич. Ротор занжиридаги R_H қаршилик кетмакет уланган Т1 ва Т2 тўғрилагичларнинг ишлашини, таъминлайди. Сирпанишнинг ошиши билан асинхрон юритгич роторидан R_H га узатилиб сўнаётган энергиянинг қиймати ҳам ошади шу вақтда ИСУ дан узатилаётган энергия камаяди. Бундай энергия тақсими ротор томонидан қўшимча қаршилик улангандек қабул қилинади. R_H қаршиликнинг қиймати қуйидагича аниқланади:

$$R_H = r^2 \frac{S_{\max} S_{\min} K_{2u}}{S_{\min} K_{2l}} \quad (2.40)$$

бу ерда, S_{\max} , S_{\min} – сирпанишнинг максимал ва минимал қийматлари; r_2 – ротор фазасининг актив қаршилиги; K_{2nl} ва K_{2n} – Т2 тўғрилагичнинг кучланиш ва ток бўйича ўзгартириш коэффициентлари.

Агар электр юритма тизимидаги ИСУ, ТУУ, ИФБТ, К-қурилмаларни инерциясиз звенолар, деб қарасак, тезлик бўйича тескари боғланиш йўқ десак, у ҳолда тизим қуйидаги тенгламалар орқали ифодаланади:

$$\left. \begin{aligned} M - M_c &= J_{\Sigma} \frac{d\omega}{dt} \\ M &= C_M \Phi_1 I_2 \\ K_1 I_{ису} r_2 &= I_1 r_2 + L_2 \frac{dI_2}{dt} \\ I_{ису} &= K_2 U_{всз} \end{aligned} \right\} \quad (2.41)$$

бу ерда, M – моторнинг ҳосил қиладиган айлантириш моменти; M_c – юклагич ҳосил қиладиган момент; J_M – юритманинг инерция моменти; ω – моторнинг бурчак тезлиги;

$K_1 = \frac{K_M}{K_{2l}}$ – Т1 ва Т2 тўғрилагичларнинг ток бўйича ўзгартириш коэффициентларининг нисбати; $K_2 = K_K K_{ИФБТ} K_{ТУУ} K_{ису}$

– тизимнинг умумий узатиш коэффициенти; $U_{всз}$ – тизимнинг кириш қисмига бериладиган вазифаловчи кучланиш.

Тенглама тизими ечимларини умумий кўринишга келтириш учун барча катталиклар ўлчовсиз нисбий катталикларга келтирилади. Негизавий катталиклар, деб M_H ва ларни оламиз. Ва улар асосида бошқа негизавий катталикларни қабул қиламиз.

$$I_{2n} = \frac{M_H}{C_M \Phi_1} I_{ис...} = \frac{I_{2H}}{K_1} U_{всз} = \frac{I_{исуH}}{K_2} \quad (2.42)$$

(2.41) тенгламани (2.42) ни ҳисобга олган ҳолда бошқатдан ёзамиз

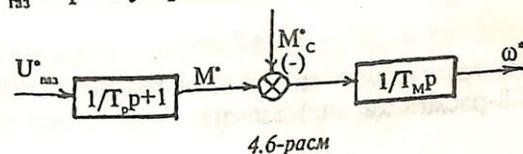
$$\left. \begin{aligned} M^* - M_c^* &= T_{MH} \frac{d\omega^*}{dt} \\ M^* &= I_2^* \\ I_{ису}^* &= I_2^* + T_P \frac{dI_2^*}{dt} \\ I_{ису}^* &= U^* \end{aligned} \right\} \quad (2.43)$$

бу ерда, $T_{MH} = J \frac{\omega_H}{M_H}$ – электромеханик вақт доимийлиги;

$T_P = \frac{L_2}{r_2}$ – асинхрон мотор роторининг электромагнит вақт доимийлиги; L_2 – ротор фазасининг индуктивлиги, (2.43)-тенгламалар тизимини ечиб, электр юритманинг очиқ ҳолати учун (4.6-расмга қаранг) қуйидаги тенгламаларни ҳосил қиламиз

$$M^* - M_c^* = T_{MH} \frac{d\omega^*}{dt} \quad U_{всз}^* = M^* - T_P \frac{dM^*}{dt} \quad (2.44)$$

M^* ва $U_{всз}^*$ ларни ўзаро боғланиши



4.6-расм

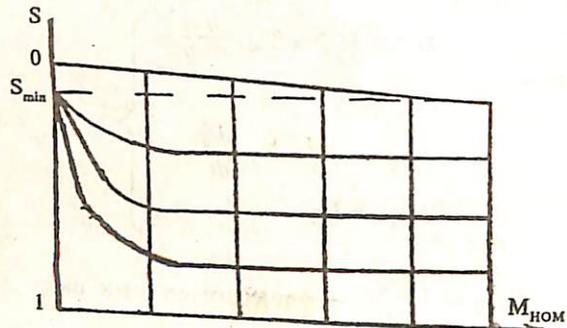
$$M^*(P) = \frac{U_{\text{взз}}^*(P)}{T_p P + 1} \quad (2.45)$$

бўлиб, турғун ҳолатда

$$M^* = U_{\text{взз}}^* \quad (2.46)$$

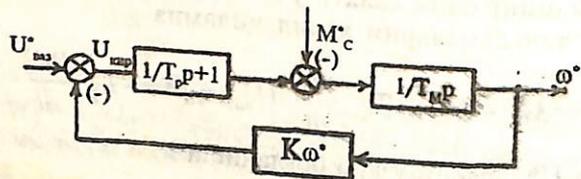
кўринишда бўлади.

Шундай қилиб, (2.46) асосида айтишимиз мумкинки, ротор занжири стабиллашган ток билан таъминланганда, агар асинхрон электр юритма тизими очиқ ҳолатда бўлса, стабиллашган тоқлар қийматига мос стабиллашган момент-



4.7-расм

лар ҳосил қилиниб, бу тизим бошқарилувчи момент манбаили тизимга айланади. Бундай тизимнинг механик тавсифлари вертикал тавсифлар тўпламидан иборат бўлади. (4.7-расмга қаранг).



4.8-расм

(2.43) тенгламалар тизимини тизимнинг ёпиқ ҳолати учун (4.8-расмга қаранг) ёзамиз:

$$\left. \begin{aligned} M^* - M_c^* &= T_{MH} \frac{d\omega^*}{dt} \\ U_{\text{кыр}}^* &= M^* + T_p \frac{dM^*}{dt} \\ U_{\text{кыр}}^* &= U_{\text{взз}}^* - K_{\omega}^* \omega^* \end{aligned} \right\} \quad (2.47)$$

бу ерда, $K_{\omega}^* = \frac{K_{\omega}}{K_{\omega H}}$ - тезлик бўйича тескари боғланишнинг ўлчовсиз катталиги,

$K_{\omega} = \frac{U_{\text{IT}}}{\omega}$ - тахогенераторнинг узатиш коэффициенти,

$$K_{\omega H} = \frac{U_{\text{вззH}}}{\omega_H}$$

Агар чиқиш кўрсаткичи қилиб тезликни олсак, у ҳолда

$$\omega^*(P) = \frac{U_{\text{взз}}^*}{(T_p P + 1)T_m P + K_{\omega}^*} - \frac{M_c^*(P)(T_p P + 1)}{(T_p P + 1)T_m P + K_{\omega}^*} \quad (2.48)$$

кўринишда бўлиб, турғун режим учун

$$\omega^* = \frac{U_{\text{взз}}^* - M^*}{K_{\omega}^*} \quad (2.49)$$

кўринишда бўлади.

(2.49) дан кўриниб турибтики, электр юритма ёпиқ бошқарув тизимли бўлса, у ҳолда электр юритманинг механик тавсифлари горизонтал механик тавсифлар тўпламидан иборат бўлади (4.7-расмга қаранг).

Тавсифлар сони $U_{\text{взз}}^*$ га тўғри пропорционалдир. Ста-

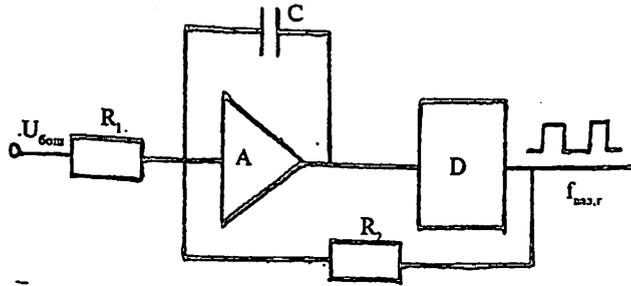
тик тавсифнинг бикрлиги бир хил бўлиб $\frac{dM^*}{d\omega^*} = -K_{\omega}^*$ га

тенгдир. Тавсифларнинг бошланғич қисмидаги ночизиқлик асинхрон юритгичларнинг ноанъанавий режимда ишлаши ва конструктив алоҳидалигидандир.

нинг чиқиш қисмидаги кучланишнинг бўсага қийматида ишга тушади, шундан сўнг қаршилиқ R_2 орқали А нинг кириш қисмига $U_{бощ}$ нинг ишорасига тескари бўлган кучланиш берилади, бу эса С нинг тезда разрядланишига олиб келади ва А яна илк ҳолатига қайтиб, иш цикли яна қайтарилади. ВГдан чиқаётган импульслар қайтарилиши частотаси куйидаги формула орқали ифодаланади:

$$f_{max.f} = \frac{U_{бощ}}{U_d} \frac{1}{R_2 C} \quad (3.1)$$

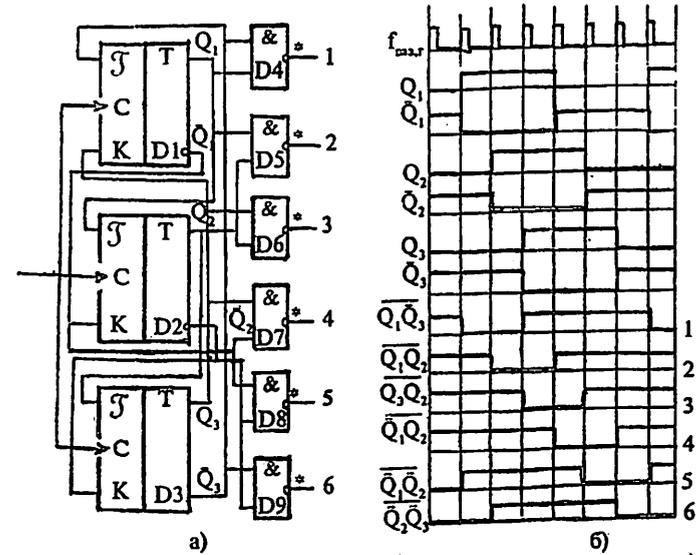
бу ерда, (U_d - триггер Д нинг уланиш кучланиши.



5.4-расм

ВГнинг чиқиш қисмида мусбат ишорали импульслар ҳосил бўлади ва уларнинг узунлиги С нинг разрядланиш вақтига тенг. Импульс тақсимлагич ИТнинг вазифаси ВГдан чиқаётган бир фазали импульсларни олти фазали импульслар тизимига ўзгартиришдан иборат. Бундан ташқари ИТ автоном инверторнинг ишчи частотасига боғлиқ бўлмаган импульслар кенглигининг нисбат доимийлигини таъминлашдир. Одатда ИТ айланма ҳисоблаш схемаси асосида бажарилиб, ВГнинг импульсларини олтига канал бўйича тақсимлайди. ВГдан чиқаётган импульсларнинг частотаси ИТдан чиқаётган импульсларнинг частотасидан уч маротаба катта бўлади. 5.5-а расмда ИТнинг маълум схемаларидан бири тасвирланган, схема учун J-K триггерлардан (Д1-Д3) ва олти ХАМ-ЭМАС манتيқий элементлардан иборат. Триггерларнинг мослаштирувчи кириш қисмларига бир вақтнинг ўзида ВГдан импульслар келади. Триггерларнинг

кириш ва чиқиш қисмлари орасида туташ алоқаларнинг бўлиши ВГдан ишга тушириш импульсининг келиши билан триггерларнинг навбатма-навбат уланишига олиб келади. 5.5-б расмда триггерларнинг тўғри ва инверсияли чиқиш қисмларидаги кучланишлар диаграммаси тасвирланган. Д4-Д9 мантиқий элементларнинг вазифаси ИТнинг чиқишидаги импульсларнинг кенглигини 120° га келтиришдир.



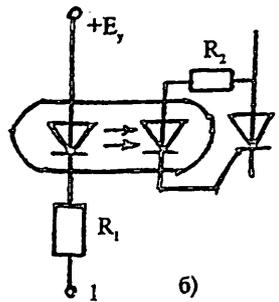
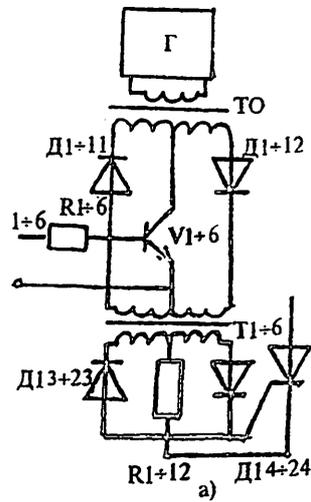
5.5-расм

Импульс ташкил қилувчи қурилманинг вазифаси ИТдан чиқаётган импульсларни қувват бўйича кучайтириш ва инвертор тиристорларининг бошқариш каналларига етказишдир. 5.5-а расмда шундай ИТКнинг принципиал схемаси берилган бўлиб, бу ерда ҳар бир тиристорнинг бошқарув канали учун алоҳида чиқиш импульс трансформаторлари Т1-Т6 қўлланилган. Алоҳида генератор Г дан чиқаётган кучланишнинг частотаси бир неча килогерц бўлиб, VD1 ва VD2 диодлар ва калит режимда ишловчи V1 транзисторлар орқали Т1-Т6 трансформаторларнинг бирламчи чулғамларига узатилади. Агар транзисторлар ёпиқ бўлса, трансформаторларнинг бирламчи ва иккиламчи чулғамларидаги кучланишлар нолга тенг бўлади. Транзисторнинг очилиши билан транс-

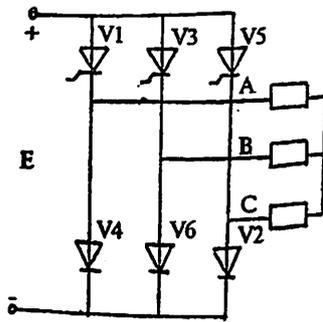
форматорнинг бирламчи чул-
 гамидаги юқори частотали куч-
 ланиш ҳосил бўлади, бу эса ик-
 киламчи чулғамда ҳам кучланиш
 пайдо бўлишига олиб келади ва
 бу кучланиш VD13 ва VD14 ди-
 одларда тўғирланиб, мос ишчи
 транзисторларнинг бошқарув
 электродларига узатилади. R₁ қар-
 шиликнинг вазифаси бошқарув
 электродларидаги ток қийматла-
 рини чегаралашга хизмат қилиш-
 дир. Транзисторларнинг базала-
 ри R1-R₆ қаршиликлар орқали
 ИТнинг мантиқий элементлари-
 га уланади. ИТК схемаларида оп-
 трон-тиристорлар қўлланилиши
 (5.6-б расм) ажратувчи трансфор-
 маторлардан воз кечиш билан бир
 қаторда бошқарув импульсини ку-
 чайтиришга ҳам имкон беради.

Асинхрон моторларнинг тез-
 лигини статор чулғамидаги кучла-
 ниш частотасини ўзгартириш усу-
 ли билан бошқаришда ТЧУ нинг
 уч фазали кўприк схемалари кенг
 қўлланилади.

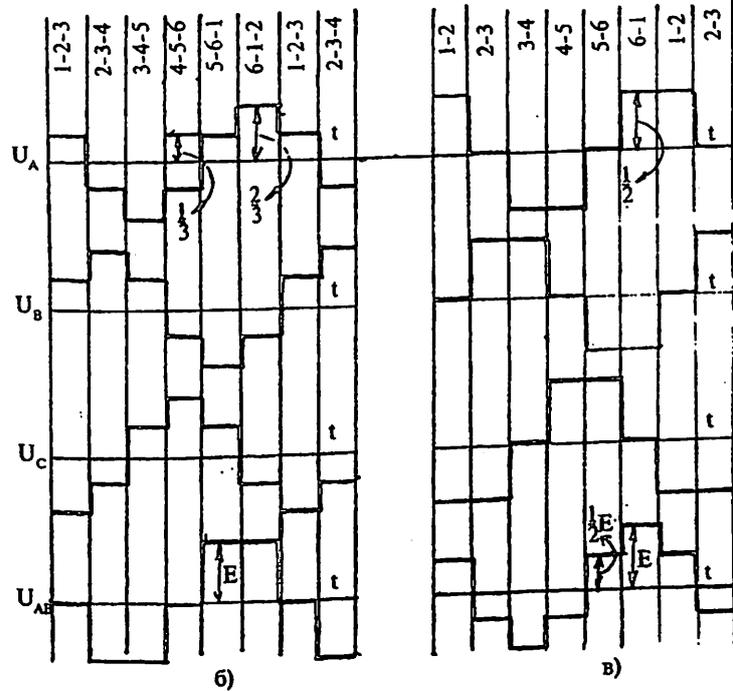
5.7-а расмда автоном инвер-
 торнинг шартли кўприк схемаси
 берилган бўлиб, бундаги V1-V6
 ярим ўтказкичларни очиш ва
 ёпиш жараёнларини бошқариш
 сигналлар орқали амалга ошири-
 лади, яъни ярим ўтказкичлар
 тўлиқ бошқарилувчан, деб қара-
 лади. Калит режимида ишловчи
 транзисторлар ва сунъий кому-
 тация занжирли тиристорлар тўлиқ
 бошқарилувчан ярим ўтказкич-
 ларни ташкил этади.



5.6-расм



5.7-а расм



5.7-расм

Айтайлик, инверторга актив юклагич уланган бўлсин.
 5.7-а расмдаги тиристорларнинг тартиб сони кучланиш-
 лар диаграммасидаги (5.7-б, в расмлар) тиристорларнинг
 навбатма-навбат очилишига мос келади. Схемалари три-
 сторларнинг қайта уланиши, чиқиш кучланиши частота-
 сирининг ҳар 1/6 қисмида содир бўлади. Бунда схе-
 маининг икки иш режими бўлиши мумкин: тиристор чи-
 қиш кучланиши частотасининг 1/2 даври оралиғида улан-
 ган бўлиши, яъни тиристорларнинг ўтказувчанлик бур-
 чаги $\lambda=180^\circ$ (5.7-б расм); тиристор чиқиши кучланиши
 частотасининг 1/3 даври оралиғида уланган бўлиши, яъни
 бирданига учта тиристор ток ўтказса, иккинчи ҳолда эса
 иккита тиристор бир вақтнинг ўзида ток ўтказди.
 5.7-б, в расмлардаги кучланишлар диаграммаси инвер-
 торнинг чиқиш қисмига актив юклагич уланган режим учун

Шундай қилиб, КАИларнинг асосий афзаллиги кучланишнинг юклагичга боғлиқ эмаслиги, балки тиристорлар коммутациясининг тартибига боғлиқдир. ТАИларда тиристорлар комутациясининг тартиби ток формасини белгилайди, кучланишнинг формаси юклагичнинг характерига боғлиқ, юкорида айтилганлар асосида инверторларнинг чиқиш тавсифлари 5.10-расмда тасвирланганидек бўлиб, КАИнинг ташқи тавсифи абсцисса ўқи $I_{\text{юк}}$ га параллел бўлади, яъни $U_{\text{юк}} = E$ (1-тўғри чизик), ТАИнинг ташқи тавсифининг математик ифодаси

$$U_{\text{юк}} = \frac{EI_d}{I_{\text{юк}} \cos \varphi} \approx \frac{E}{\cos \varphi} \quad (3.2)$$

кўринишда бўлиб, бу ерда, $U_{\text{юк}}$ ва $I_{\text{юк}}$ — юклагич кучланиши ва токнинг биринчи гармоник ташкил қилувчиларининг ҳақиқий қийматлари; $\cos \varphi$ — юклагичнинг қувват коэффициентини. Ифодадан кўриниб турибдики, манба кучланишининг ўзгармас қийматида юкланишдаги кучланиш қувват коэффициентига тескари пропорционал бўлади. Юклагичда ток қийматининг камайиши натижасида $U_{\text{юк}} \rightarrow E$ ҳам камайади, натижада юклагичдаги кучланиш қиймати ошади (2-тўғри чизик). Юклагич токнинг ошиши эса $\cos \varphi$ ошиши ва бирга интилиши натижасида $U_{\text{юк}} \rightarrow E$ га интилади.

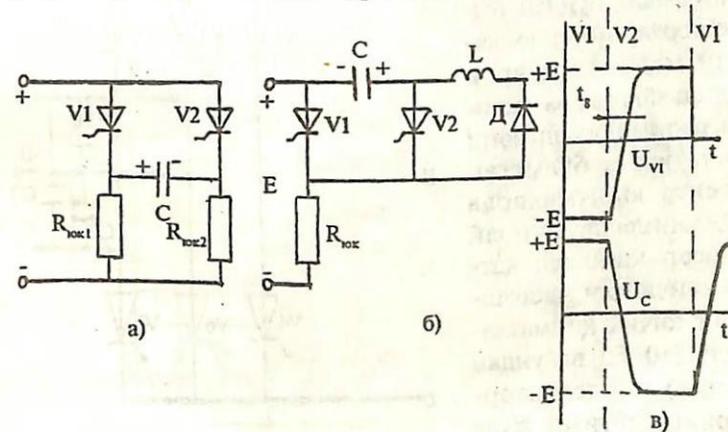
Сунъий коммутация қурилмалари тиристорли автоном инверторларнинг зарур қисмларидан бўлиши билан бир қаторда инверторнинг ростлаш хусусиятларини, энергетик ва ишончлилиқ даражаларини кўп жиҳатдан белгилайди. Куйида амалиётда кўп қўлланиладиган сунъий коммутация схемаларининг икки хилини кўриб чиқамиз.

5.11-а расмда тасвирланган сунъий коммутация схемаси бир ишчи тиристорнинг уланиши билан иккинчи тиристорнинг ўчирилишини таъминлайди. Тиристор V1 орқали ток

ўтаётганда конденсатор C нинг схемада кўрсатилган чап қобиғига «-» ўнг қобиғи «+» ишора билан манбанинг кучланиш қиймати E гача қаршилиқ $R_{\text{юк}2}$ орқали зарядланади. Тиристор V2га илк бошқариш сигнали очилиши учун электродларига берилганида конденсатордаги кучланиш тиристор V1 га тескари, яъни катодига «+» анодига «-» ишорали кучланиш билан тўсади, натижада V1нинг ўчишига олиб келади. Сўнгра уланган тиристор V2 ва қаршилиқ $R_{\text{юк}}$ орқали конденсатор C қайта зарядланади. Конденсатордаги кучланишнинг E дан то 0 гача тушиши вақти оралиғида (5.11-в расм) тиристор V1 га тескари ишорали кучланиш билан тўсилади, у ўчади. Конденсатор C нинг сизимини шундай танлаш лозимки, схема бўйича тиристорнинг ўчиш вақти t_1 , тиристорнинг паспортда кўрсатилган t'_1 дан кам бўлмаслиги керак, яъни

$$C = \frac{t'_1}{R_{\text{юк}} \ln 2} \quad (3.3)$$

5.11-б расмдаги ишчи тиристорни ўчириш учун унга параллел олдиндан зарядланиб қўйилган конденсатор уланган сунъий коммутация схемаси тасвирланган. Айтайлик, тиристор V1 ишлаб турибти, конденсатор қобиғларидаги заряд ишоралари схемада кўрсатилгандек бўлсин. Тири-



5.11-расм

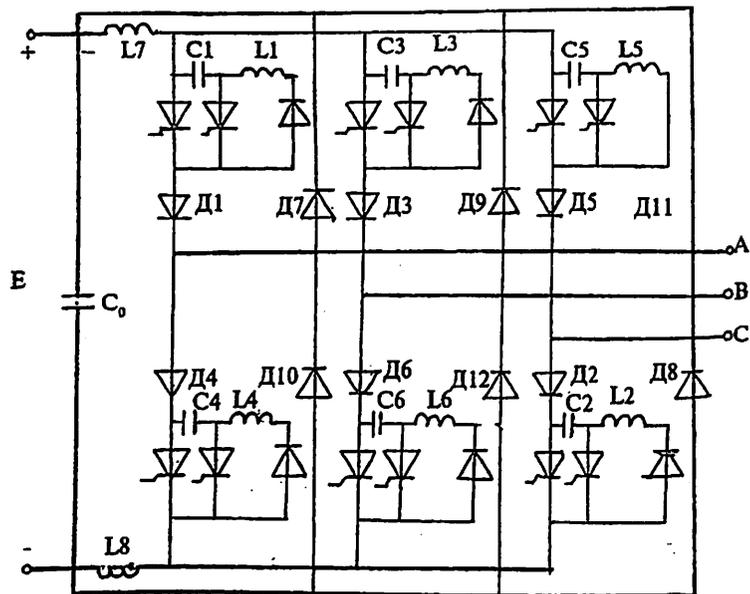
5.14-расмдаги кучланиш автоном инверторини 5.13-расмдаги ток инверторидан фарқи шундаки, бу схемага тескари уланган VD7-VD12 диодларнинг кўприк схемаси ва компенсацияловчи конденсатор С уланган. Бу схемадаги конденсаторлар фақат коммутация жараёнида ишлайди. Шунинг учун уларнинг сифимлари янада ҳам кам бўлади. Реакторлар L_1 ва L_2 ларнинг вазифаси конденсаторларнинг тескари уланган диодлари орқали тез қайта зарядланишига йўл қўймасликдир.

5.13 ва 5.14-расмларда келтирилган инверторларда бир фазадаги тиристорларнинг ўчирилиши иккинчи фазадаги тиристорларнинг эса ёқиши билан характерлангани учун бундай инверторларни фазалараро коммутацияли инверторлар деб юритилади.

5.15-расмда тасвирланган инвертор схемасида ҳар бир тиристор учун алоҳида ўзининг коммутация занжири мавжудлиги билан олдинги қурилган инверторларнинг схемаларидан фарқ қилади. VD1-VD6 диодлар 3.14-расмда-

гидек юклагичнинг инвертор схемасидан ажратиш учун хизмат қилади VD7-VD12 диодлар эса тескари кўприк схемаси бўйича ўзгармас кучланиш манбаига уланади. Бундай схемали кучланиш автоном инверторларида ҳар бир тиристорларнинг очилиб ёпилиши бошқа тиристорларнинг ҳолатларидан қатъи назар индивидуал равишда бўлади, бу эса юклагичдаги кучланиш қийматини ростлаш имконини беради.

Бундан ташқари автоном инверторларда анод ва катод занжирларидаги тиристорлар учун умумий бўлган коммутация конденсаторлари қўлланилган схемалар, инвертор тиристорлари учун умумий ягона бўлган коммутация қурилмасига эга бўлган схемалар ва бошқа хилма-хил коммутация қурилмалари схемалар амалиётда қўлланилади.

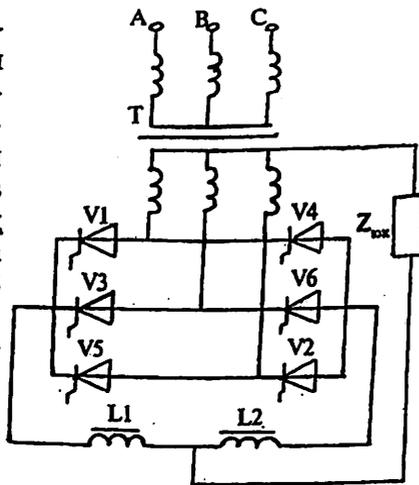


5.15-расм

5.2. БЕВОСИТА ЧАСТОТА ҶЗГАРТКИЧЛАР

Тиристорли бевосита частота ўзгарткичларда тармоқдан келаётган ўзгармас частотали ва кучланишнинг ҳақиқий қиймати ўзгармас бўлган ўзгарувчан ток кучланиши бевосита оралиқ ўзгарткичларсиз частота ва кучланишининг ҳақиқий қиймати ростланувчан ўзгарувчан ток кучланишига ўзгартирилади.

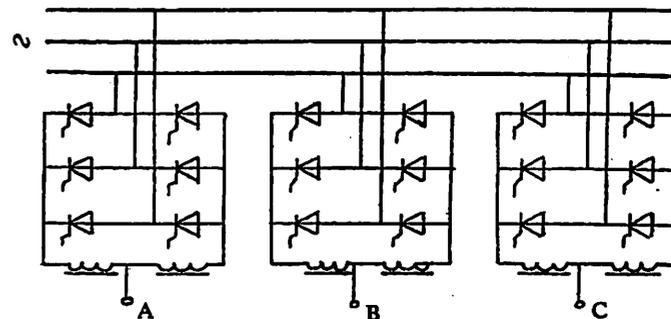
Бевосита ТЧЎнинг ишлаш принципини шу ўзгарткичнинг бир фазали схемаси асосида кўриб чиқамиз (5.16-расм). Бу схема ўзгармас ток тиристорли ўзгарткичнинг реверсив нол схемасидан иборатдир. Агар чап гуруҳ тиристорларига очилиш учун сигнал берганимизда, юклагич $Z_{юк}$ дан кучланиш нол нуқтага нисбатан мусбат ишорали бўлади ва унинг ўртача қиймати $U_{юк} = U_{юк0} \cos \alpha$ бўлиб, бу ерда, α — тиристорларнинг бошқариш бурчаги; $U_{юк0} - \alpha = 0$ бўлгандаги юклагич $Z_{юк}$ даги кучланиш. Энди ўнг гуруҳ тиристорларига бошқарув сигналларини юбориб очганимизда, чап гуруҳ тиристорлари ёпилиб $Z_{юк}$ даги кучланишнинг ишораси манфий бўлади. Агар бошқарув импульсларини гоҳ у гоҳ бу гуруҳ тиристорларига даврий равишда юбориб турганимизда, юклагичдаги кучланишнинг ишораси ҳам мос равишда ўзгариб туради. Шундай қилиб, юклагичда частотаси тармоқ частотасидан фарқли (ундан кам) частотали ўзгарув-



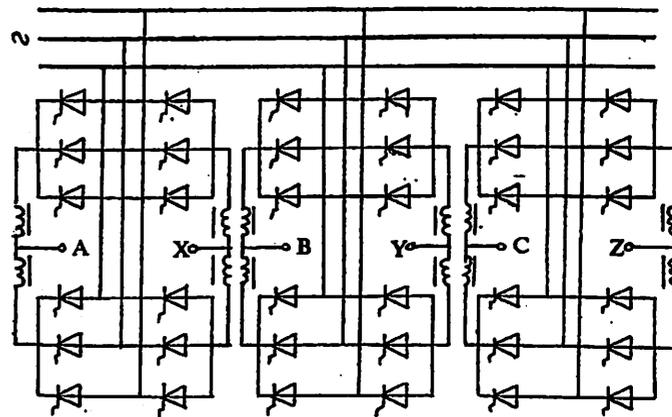
5.16-расм

чан кучланиш ҳосил қиламиз. Бошқарувчан импульсларнинг кетма-кетлик даврини ўзгартириб $U_{юк}$ нинг частотаси бошқарилади, агар α бошқарув бурчаги ўзгартирсак $U_{юк}$ нинг ўртача қийматини ростлашимиз мумкин.

Саноат қурилмаларида асосан уч фазали бевосита ТЧЎлар қўлланилади. 5.17-расмда тасвирланган бевосита ТЧЎнинг схемаси уч фазали нол схема бўлиб, ишчи тиристорларнинг сони 18га тенг. Бевосита ТЧЎнинг уч фазали кўприк схемали вариантда (5.18-расм) ишчи тиристорларнинг сони 36. Ўрта ва катта қувватли ўзгарувчан ток электр юритмаларида ушбу схемали бевосита



5.17-расм



5.18-расм

6. АСИНХРОН МОТОРЛАРНИНГ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВЛИГИНИ ОШИРИШ

6.1. ТАРМОҚ ФАЗАЛАРИДАГИ КУЧЛАНИШЛАРНИНГ НОСИММЕТРИЯЛИГИ ВА УЛАРНИ ЙЎҚОТИШ

Катта қувватдаги ҳар хил турдаги бир фазали ва уч фазали ёй электр печларининг қулланилиши сабабли саноат корхоналарининг электр тармоқларидаги фазалари орасида ток ва кучланишларнинг носимметрик тақсимланишига олиб келади. Электр тармоқдаги кучланиш бўйича носимметрия айниқса асинхрон моторларнинг иш режимига салбий таъсир қилади. Фазалардаги кучланишларнинг симметрик бўлмаслиги асинхрон моторнинг ишлаш муддатига таъсири катта бўлади. Асинхрон моторнинг тескари йўналишдаги ток бўйича қаршилиги тўғри йўналишдагига нисбатан 5-7 марта кам эканлигини ҳисобга олсак у ҳолда озгина қийматдаги тескари йўналишдаги кучланишнинг пайдо бўлиши тескари йўналишдаги ток қийматини сезиларли ошишига олиб келади. Бу ток тўғри йўналишдаги ток билан қўшилиб, статор ва ротор чулғамларининг қўшимча қизишига олиб келади. Бу эса ўз-ўзидан чулғам изоляциясининг тез эскиришига ва мотор қувватининг камайишига сабаб бўлади. Мисол учун, кучланиш носимметрияси 4%га тенг бўлса, тўлиқ қувватда ишлаётган моторнинг ишлаш муддати тахминан 2 бараварга камаяди; носимметрия 5% бўлганда моторнинг қуввати 5-10%га камаяди; носимметрия 10% бўлганда моторнинг қуввати турига қараб 20-50%га камайиши мумкин.

Асинхрон моторларда кучланиш бўйича носимметриянинг бўлиши асосий айлантирувчи моментга қарши тормозловчи моментни юзага келтиради ва қуйидаги формула билан аниқланади:

ТЧЎнинг ишлатилиши иқтисодий ва эксплуатацион кўрсаткичлар бўйича ўзини оқлайди.

Бевосита ТЧЎларнинг бошқариш бурчагини бошқариш учун реверсив ўзгармас ток ўзгартгичларида қулланиладиган фаза силжитиш қурилмалари қулланилади. Бевосита ТЧЎнинг ишчи схемасида тиристорлар комплекти сонига қараб ФСКлар ҳам шунча бўлиши, яъни уч фазали нол схемали бевосита ТЧЎлар учун ФСКлар сони олтига бўлиши керак. ФСКларни бошқариш учун частотаси ҳамда кучланиш амплитудаси ростланувчан бўлган олти фазали симметрик тизим бўлиши керак. Бевосита ТЧЎ чиқиш кучланишининг формаси тўғри бурчакли-поганали бўлса, у ҳолда бошқарувчи кучланиш манбаи сифатида тўғри бурчакли импульс ишлаб чиқарувчи олти фазали «генератор»дан фойдаланилади. Бундай «генератор» бир фазали генератор ва импульслар тарқатгичдан иборат бўлади.

Бевосита ТЧЎларнинг афзалликлари қуйидагилардан иборат:

1. Тиристорлар қувватларининг кичиклиги ва ўзгартгич фойдали иш коэффициенти юқори;
2. Тиристорларни бошқаришда сунъий коммутация қурилмаларнинг бўлмаслиги ўзгартгичнинг ишончилигини оширади ва оғирлик-ўлчов катталикларини камайтиради;
3. Формасини ўзгартирмаган ҳолда паст частоталарда чиқиш кучланишларни олиш мумкинлиги;
4. Юритгичнинг рекуператив тормоз режимини осонлик билан ҳосил қилиш мумкин.

Бевосита ТЧЎнинг асосий камчиликлари:

1. Чиқиш кучланиш частота қийматининг чегараланганлиги (тармоқ кучланиш частотасига яқин кучланиш ҳосил қилиш мумкин эмаслиги);
2. Тармоқ қувват коэффицентининг паст бўлиши;
3. Ишчи схемаларда тиристорлар сонинг кўп бўлиши (уч фазали кўприк схемали ТЧЎда тиристорлар сони 12 га тенг бўлганда бевосита ТЧЎда эса тиристорлар сон 36 га тенг).

$$\frac{M_2}{M_{НОМ}} = \frac{S}{2-S} \frac{Z_1^2 U_2^2}{Z_2^2 U_{НОМ}} = \frac{S}{2-S} \frac{Z_1^2}{Z_2^2} E_1^2 \quad (4.1)$$

бу ерда, S – сирпаниш; Z_1 ва Z_2 – моторнинг тўғри ва тескари йўналиши бўйича тўлиқ қаршиликлари.

Шундай қилиб, мотор моментининг камайиши кучланишлар носимметриясининг квадратига тўғри пропорционал эканлиги аён бўлди.

Асинхрон мотор ва бошқа индуктив характердаги истеъмолчиларнинг реактив қувватларини компенсацияловчи конденсатор қурилмаларининг нормал ишлашлари учун ҳам салбий таъсир қилади, яъни тармоқдаги носимметрияни янада ҳам ошириб юборади. Фазалар бўйича реактив қувватнинг тақсимланиши нотекис бўлиб, умумий реактив қувват қиймати ўзгариб кетади. Кучланишнинг носимметрик ҳолатидаги конденсаторлар батареяси реактив қувватининг кучланишнинг симметрик ҳолатидаги конденсаторлар батареяси реактив қувватига нисбати қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$\frac{Q_{НСМ}}{Q_{НОМ}} = \frac{U_{НОМ}^2 - U_1^2}{U_{НОМ}^2} (1 + E_2^2) \quad (4.2)$$

Конденсатор батареясининг нормал узоқ муддат ишлаши учун ҳеч бир фазадаги қувват исрофи меъёрий номинал қийматидан ошмаслиги керак. Бу шарт конденсатор батареяларининг тўлиқ реактив қувватидан фойдаланишга етарли бўлмай, балки қувватнинг мумкин бўлган юқори чегарасинигина белгилайди.

$$Q = \frac{Q_{НОМ} U_2^2 (1 + E_2^2)}{U_{К.Ю.Ф}^2} \quad (4.3)$$

бу ерда, $U_{К.Ю.Ф}$ – энг кўп юкланган фазадаги кучланиш.

Кучланишларнинг фазалар бўйича носимметрик бўлиши кўп фазалар тўғрилагичларининг иш режимига ҳам салбий таъсир қилади. Агар симметрик кучланишларда ишлаётган кўп фазали тўғрилагичнинг ҳамма тиристорларидаги тоқларнинг қийматлари бўладиган бўлса, фазалардаги кучланишларнинг носимметриялиги ти-

ристорлардаги тоқларнинг қийматига катта таъсир қилади. Натижада тўғрилагичларнинг рухсат этилган қуввати пасаяди, бир қисм тиристорлардаги юклама тоқлар қиймати катта бўлишига олиб келади.

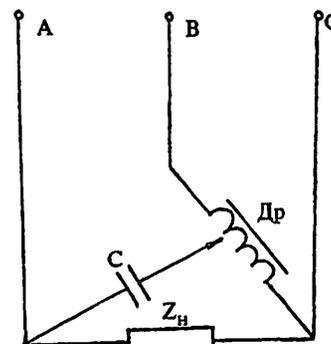
Кучланишларнинг носимметриялиги 3-, 6-, 12- фазали ва бошқа тўғрилагич схемаларининг самарадорлигини пасайтиради. Тоқнинг иккиланган частотали гармоник ташкил этувчилари пайдо бўлиб, уларнинг амплитудаси носимметрия коэффициентига тўғри пропорционал бўлади. Бу гармоник ташкил этувчилар силлиқловчи филтрларнинг конденсаторларини ўта юкланишига олиб келади ва уларнинг ишдан чиқишини тезлаштиради.

Тармоқдаги носимметрияни камайтириш учун алоҳида симметрияловчи қурилмалар қўлланилади. Бирор фазали индуктив характердаги юкланишни уч фазага улашда дроселли бўлувчи схемадан фойдаланиш мумкин (6.1-расм). Бундай симметрияловчи қурилмалар юкланиш характерига қараб бошқарилувчи ва бошқарилмайдиган вариантларда бажарилади.

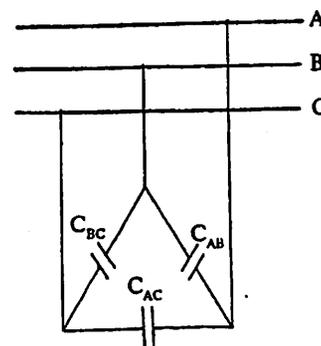
Икки ва уч фазали носимметрик юкланишларни кичик қувват коэффициенти симметрияловчи қурилма – носимметрик конденсатор батареяларидан иборат схемалар ёрдамида (6.2-расм) фазаларидаги носимметрикликни камайтириш мумкин. Умуман олганда ҳар бир фазага уланган конденсатор батареяларининг қуввати

$$Q_{C,CB} \neq Q_{C,BC} \neq Q_{C,CA} \quad (4.4)$$

Ҳар қандай симметрияловчи қурилмаларни қўллаш



6.1-расм



6.2-расм

кўшимча сармоя сарфи ва электр энергия исрофи билан боғлиқдир. Агар фазалар бўйича юкланишни симметрик тақсимлашнинг имкони бўлмаса симметрияловчи қурилмалар ўрнига «юлдуз-юлдуз» схемаси бўйича чўлғамлари уланган трансформатор ўрнига чўлғамлари «юлдуз-зигзак» схемаси бўйича уланган трансформаторни қўллаш ҳам самара беради. Бунда қувват исрофи ва трансформаторнинг нархи 2-3%га ошади. Аммо, алоҳида симметрияловчи қурилманинг йўқлиги электр энергия исрофини 5-8%га камайишига ва шунингдек сармоя сарфи ҳам камаяди.

Ҳар қандай ҳолатларда ҳам симметрияловчи қурилмаларни қўллаш ёки бошқа тадбирлар натижасида носимметрияни йўқотиш ёки камайтириш техник-иқтисодий ҳисоб-китоб асосидагина амалга оширилади.

6.2. КУЧЛАНИШНИ $[U_\phi]$ – $[U_L]$ УЛАНИШ АСОСИДА БОШҚАРИШ

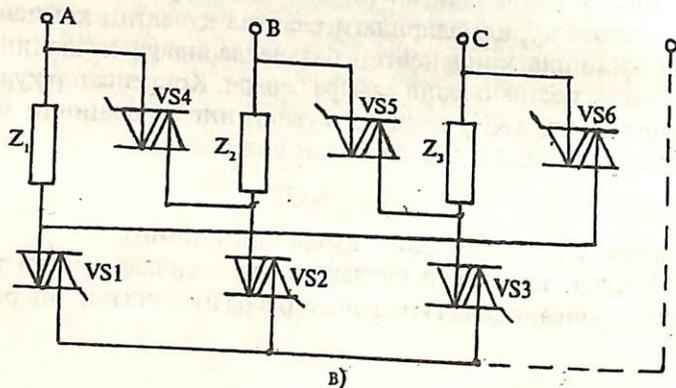
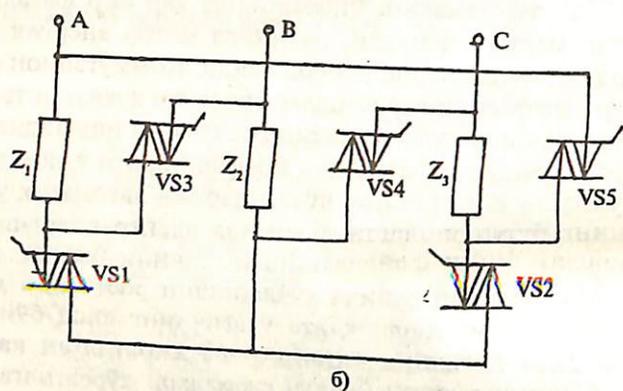
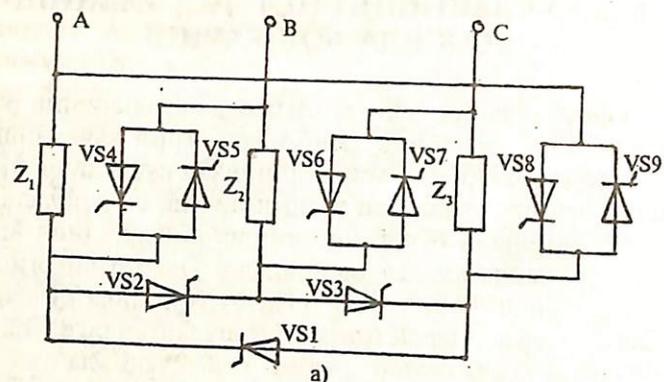
Уч фазали ўзгарувчан ток тизимида кучланишни ростлаш фазалар кучланиши тизимидан линия кучланишлар тизимига ўтиш ёки тескариси линиялар кучланиши тизимидан фазалар кучланиши тизимига ўтиш бажарилади. Бу ростлаш поғонали бўлиб контактсиз коммутацион аппаратлар ёрдамида амалга оширилади. Электр энергиядан иқтисод қилиш нуқтаи назаридан бу усул анча қулайдир. Масалан, агар асинхрон моторнинг юкланганлиги 40% дан кам бўлса, у ҳолда статор чўлғами «учбурчак» уланган схемадан «юлдуз» схемасига ўтказилганда ҳар бир фазадаги кучланиш мартага камаяди, натижада мотор энергия тежамкорлик режимида ишлай бошлайди. Коммутацион аппаратлар вазифасини тиристорлар ёки катта қувватли транзисторлар бажариб, улар қалит иш режимида ишлайдилар. Асинхрон моторнинг юкланиш коэффициентини қийматига қараб у ёки бу схема статор чўлғамларини автоматик улаб моторнинг бутун ишлаши давомида электр энергиядан тежамкорлик билан фойдаланиш имконини беради. 6.3-расмда Δ схемалар бўйича кучланишни ростлашга хизмат қилувчи тиристорли қайта улагичнинг анод бўйича (а), нейтрални изоляцияланган (б) ва ажратилган катод бўйича бошқариладиган (в) куч схемалари кўрсатилган.

Саноат қурилмаларидаги реактив қувватни компенсация қилишда конденсатор батареяларидаги кучланишни поғонали ростлаш яхши самара беради. Конденсатор қурилмаларидаги (КК) реактив қувватнинг кучланишга боғлиқлиги қуйидаги ифода билан аниқланади:

$$Q_{KK} = U_T^2$$

бу ерда, U_T — тармоқдаги кучланиш қиймати.

ККлар тиристорли кучланиш ростлагичлар орқали тармоққа уланса, у ҳолда конденсаторлардаги кучланишни рост-

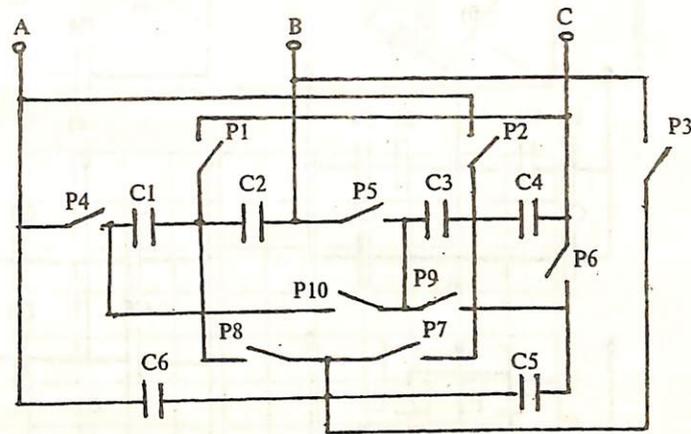


6.3-расм

лаш ҳисобига бошқариш мумкин бўлади. Бироқ занжирда юқори частотали ташкил этувчиларнинг тармоққа таъсири сезларли бўлади. Конденсаторлар билан бир қаторда бошқариладиган реакторларни қўллаш конденсатор қурилмаларининг нарҳини ҳам сезиларли ошириб юборади. Конденсатор батареяларининг секциялари сонини ошириш ҳам сармоя сарфларини ошириб юборади ва кўпинча ўзини оқламайди.

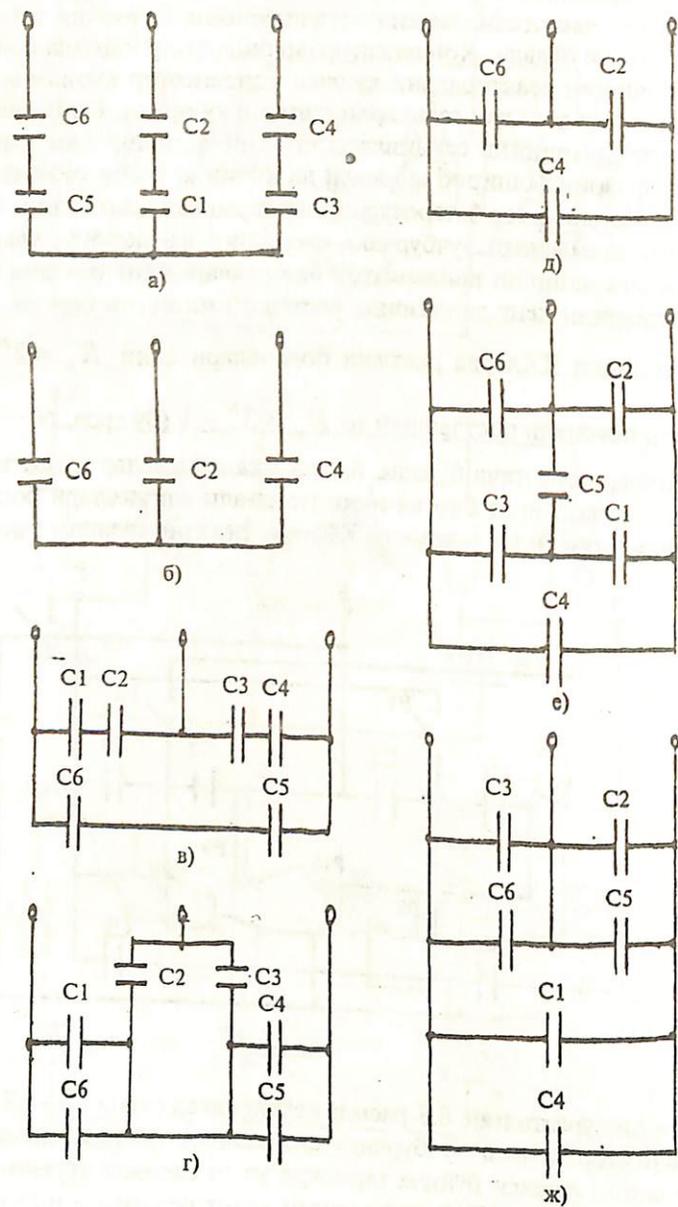
Конденсатор батареяларининг тармоққа уланишини «юлдуз» схемасидан «учбурчак» схемасига ва аксинча улашни амалга ошириш конденсатор батареяларининг реактив қувватларини кенг диапазонда ростлаш имконини беради. Кўп секцияли КҚларда ростлаш поғоналари сони $K_p = 2^N - 1$

бир поғонали ростлашдан то $K_p = 3^N - 1$ (бу ерда, N – секциялар сони)гача бўлади. 6.4-расмда секциялар қуввати 1:4 нисбатда бўлган бир ва икки поғонали секциялари бошқариладиган икки секцияли КҚнинг реактив қуввати ростла-

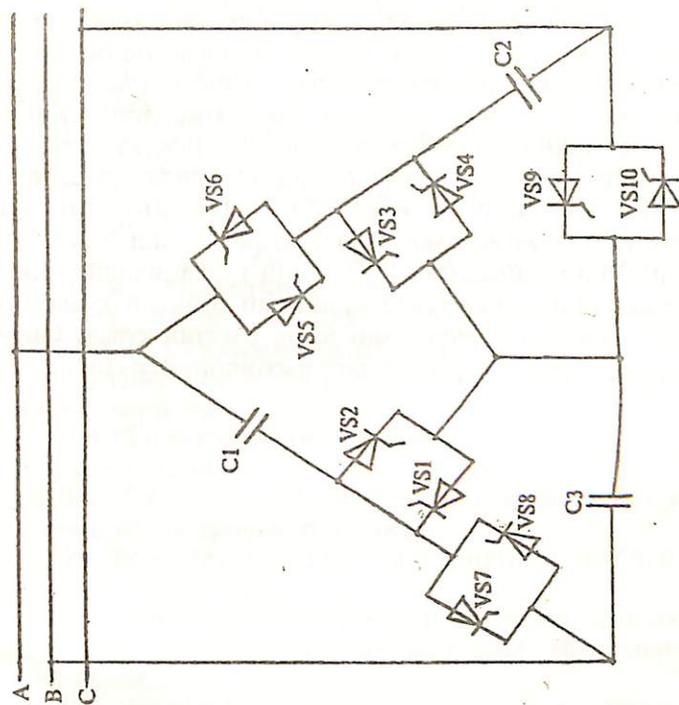


6.4-расм

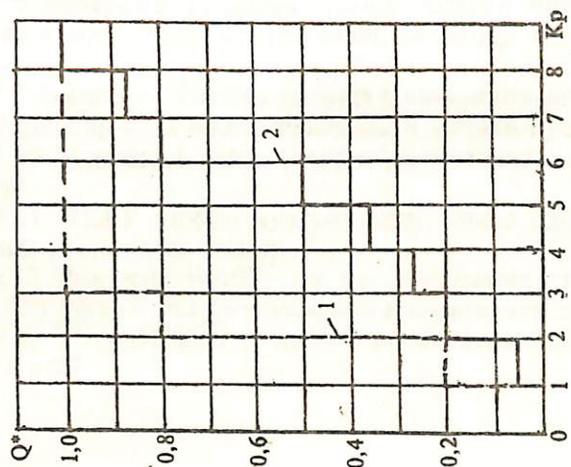
ниши кўрсатилган. 6.5-расмда келтирилган схема $C1 - C3$ конденсаторларнинг «учбурчак» схемасидан «юлдуз» схемасига уланиш ва акси бўйича тармоқда улаш схемаси кўрсатилган, бу ерда $VS1 - VS10$ тиристорлар калит режимда ишлайди.



6.5-расм



6.6-расм



6.6-расмда кўп поғонали КҚнинг схемаси келтирилган бўлиб, тармоққа С1 - С6 конденсаторлар «олтибурчак» схемаси бўйича - максимал вариант бўйича тармоққа уланиши имконини беради. 6.5-расмда келтирилган КҚнинг тармоққа уланиш схемалари ҳосил қилинаётган реактив қувватнинг ростланиш поғоналарига тўғридан тўғри боғлиқлиги асосида реактив қувватларнинг нисбати 1:2:3:4:6:8:12 бўлган қувватларни ҳосил қилиш имконини беради. Бошқариладиган КЎларнинг қўлланилиши электр истеъмолчиларнинг талаб қилаётган реактив қувватига боғлиқ равишда керакли миқдорда реактив қувват билан автоматик узлуксиз таъминлаш имконини беради.

НАЗОРАТ УЧУН САВОЛЛАР

1.1 ЭҲМ қандай асосий таркибий қисм гуруҳлардан иборат?

1.1 Элементнинг асосий кўрсаткичлари, координатлари ва тавсифларини тушинтириб беринг.

1.2 Элементнинг блок-тизим схемасини тушинтириб беринг.

2.2 ТЎнинг элемент сифатида блок-тизим схемасини қизиқиб, тушинтириб беринг.

2.2 ТЎ ишчи схемаларининг турлари ва уларнинг асосий физик кўрсаткичларини айтиб беринг.

2.3 ИФБТнинг таркибий ва ҳар бир бўғинларининг вазифалари нимадан иборат?

2.4 ТЎнинг умумий кучайтириш коэффициенти қандай аниқланади?

2.5 ТЎли автоматик бошқариш тизимларининг узатиш функциялари қандай аниқланади?

2.6 Реверсив ТЎларни бошқаришнинг қандай усулларини биласиз?

2.7 Реверсив ТЎларни келишилган биргаликда бошқарганда уларнинг бошқарув ва ташқи тавсифлари қандай бўлади?

2.8 Реверсив ТЎларни келишилмаган биргаликда бошқарганда уларнинг бошқарув ва ташқи тавсифлари қандай бўлади?

2.9 Реверсив ТЎларни алоҳида бошқарганимизда уларнинг бошқарув ва ташқи тавсифлари қандай бўлади?

2.10 Манتيқий қайта улаш қурилмасининг вазифаси нима?

2.11 ИКБЎ чиқиш кучланишини ҳосил қилишнинг қандай усулларини биласиз?

2.12 Реверсив ИКБЎнинг ишчи схемаларининг венчиллари қандай иш режимларида ишлаши мумкин?

2.13 ТЎ ва ИКБЎлар қандай афзаллик ва камчиликларга эга?

- 2.14 Тўўларнинг ишлаш асослари нимага асосланган?
- 2.15 Тўўнинг бошқарув тавсифига фаза силжиш бурчагининг таъсири қандай бўлади?
- 2.16 ИСЎларнинг ишлаш асоси қандай физик ҳодисага асосланган?
- 2.17 Ўзгармас ток электр юритмаларида ИСЎларни момент ёки ток манбаи сифатида ишлаш имкониятларини изоҳлаб беринг.
- 2.18 Ўзгарувчан ток электр юритмаларида ИСЎларни қўллашнинг афзалликлари нимада?
- 2.19 ИСЎли асинхрон электр юритмаларида момент ва тезлик тавсифларини қандай ҳосил қилиш мумкин?
- 3.1 Қандай турлардаги частота ўзгарткичларини биласиз?
- 3.2 КАЙларнинг иш тавсифларини ва асосий ишчи схемаларининг ишлаш асосларини тушунтириб беринг.
- 3.3 ТАЙларнинг иш тавсифларини ва асосий ишчи схемаларининг ишлаш асосларини тушунтириб беринг.
- 3.4 КАЙ ва ТАЙ ларнинг ташқи тавсифлари қандай қурилади?
- 3.5 АИБТ таркибида қандай бўлақлар бор?
- 3.6 Ишчи тиристорлар коммутациясини бошқаришда кўп қўлланиладиган қандай схемаларни биласиз?
- 3.7 Бевосита частота ўзгарткичлар қандай асосда ишлайди?
- 3.8 Бевосита частота ўзгарткичлар ишчи схемаларининг қандай турларини биласиз?
- 4.1 Юкланишнинг фаза бўйича носимметрик бўлиши асинхрон моторнинг иш режимига қандай таъсир қилади?
- 4.2. Қандай симметрияловчи қурилмалар қўлланилади?
- 4.3. Қувват коэффициенти нима?
- 4.4. Қандай қилиб қувват коэффициентини ошириш мумкин?
- 4.5 Кучланишни ростлаш схемаларини компенсацион қурилмалар билан бирга ишлатиш қандай самара беради?

Фойдаланилган адабиётлар

1. Терекоев В.М. Элементы автоматизированного электропривода. М.: Энергоатомиздат, 1987, 224 с.
2. Справочник по автоматизированному электроприводу. Под ред. В.А.Елисеева и А.В.Шипянского. М.: Энергоатомиздат, 1983. 616 с.
3. Машидов С.М. Русско-узбекский словарь Электротехнических терминов. Ташкент, Ўқитувчи, 1992, 125 с.
4. Васков И.В., Исаков Е.Н. Электроприводы со стабилизированным током в силовых цепях. М.: "Радио и связь", 1991, 215с.
5. Хашимов А.А. Арипов Н.М. Частота-регулируемый асинхронный электропривод шёлкометания, Ташкент, ТГТУ, 2000, 92 с.

Читальний зал
№ 1

ERDOQ ATINDAGI Q...
MAMLEKATLIK U...
FUNDAMENTAL

Кириш	3
Таянч сўз ва бирикмалар.....	5
1. Электромеханик қурилма ва мажмуа элементларининг кўрсаткичлари ҳамда тавсифлари.....	7
1.1. ЭҚМ элементлари тўғрисида тушунча	7
1.2. ЭҚМ элементларининг кўрсаткичлари ва тавсифи	10
2. Бошқарилувчи кучланиш ва ток ўзгарткичлари... 15	15
2.1. Тиристорли ўзгармас ток ўзгарткичлари.....	15
2.2. Импульс кенлиги бошқариладиган ўзгармас ток ўзгарткичлари.....	39
3. Тиристорли ўзгарувчан ток ўзгарткичи.....	45
4. Индуктив-сигимли ток ўзгарткичлар.....	50
5. Частотали ўзгарткичлар.....	60
5.1. Билвосита частота ўзгарткичлар.....	60
5.2. Бевосита частота ўзгарткичлар.....	76
6. Асинхрон моторларнинг энергоэффективлигини ошириш.....	79
6.1. Тармоқ фазаларидаги кучланишларнинг носимметриялиги ва уларни йўқотиш.....	79
6.2. Кучланишни $[U_{\phi}] - [U_{л}]$ уланиш асосида бошқариш	83
Назорат учун саволлар.....	89
Фойдаланилган адабиётлар.....	91

ЭЛЕКТРОМЕХАНИК ҚУРИЛМАЛАР ВА
МАЖМУАЛАРНИНГ ЭЛЕМЕНТЛАРИ

Тошкент - 2003

Нашр учун масъул Н.Ҳалилов
Таҳрират мудири М.Миркомиллов
Муҳаррир Ф.Темирхўжаева
Мусахҳиҳа Н.Мадёрова

Босишга рухсат этилди 16.06.03 й. Бичими 84x108^{1/32}.
Офсет қоғози. Шартли босма табағи 6,0. Нашр табағи 5,7.
Адади 1000. Буюртма 145

“ЎАЖБНТ” Маркази, 700078,
Тошкент, Мустақиллик майдони, 5.

Андоза нусхаси Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта
махсус таълим вазирлигининг “ЎАЖБНТ” Марказида
компьютер бўлимида тайёрланди.

М.Ч.Ж. «Асп-Матбуот»
босмаҳонасида чоп этилди
Тошкент ш. У. Носир кўчаси 45/5.