

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА УРТА
МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**
**АБУ РАЙХОН БЕРУНИЙ НОМЛИ ТОШКЕНТ ДАВЛАТ
ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ**

Н. Х. БОЗОРОВ, Н. Б. ПИРМАТОВ

СИНХРОН МАШИНАЛАР

УҚУВ ҚУЛЛАНМА

Тошкент — 1995

Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим
вазирлиги
Абу Райхон Беруний номидаги Тошкент давлат техника
университети

Н.Х.Бозоров, Н.Б.Пирматов

СИНХРОН МАШИНАЛАР

Ўқув қўлланма

Тошкент 1995

УДК.621.333.32

Синхрон машиналар. Ўқув қўлланма. / Н.Х.Бозоров, Ширматов Н.Б.
Тошкент давлат техника университети. Тошкент, 1995, 90 бет.

Олий ўқув юр்தларининг талабалари учун мўлжалланган ушбу ўқув қўлланма "Электр машиналари" курси дастури асосида ёзилган.

Ўқув қўлланмада ўзгарувчан ток электр машиналарига тегишли умумий маълумотлар, синхрон машиналарнинг тузилиши ва ишлаш принципига оид маълумотлар баён этилган. Шунингдек, синхрон машиналарнинг тавсифлари, уларни ишга тушириш усуллари ва маҳсус турларига, ҳамда уларнинг қўлланилиш соҳаларига алоҳида эътибор берилган.

Ўқув қўлланма олий ўқув юр்தларининг электротехника, электроэнергетика, ҳамда электромеханика мутахассислик талабалари учун мўлжалланган.

Расм 66 та. Илова 2 та.

Абу Райҳон Беруний номидаги Тошкент давлат техника университети-нинг ялми-ўслубий кенгаши қарори асосида chop этилмоқда.

o

Тақризчилар: Тошкент ирригация ва киш-
лоқ хўжалигини механизация-
лаштириш мухандислари инс-
титуту "Назарий электротех-
ника" тахсилгоҳининг проф.
С.М.Мажидов.

ТошДТУ "Электр машиналари"
тахсилгоҳининг доценти
К.Т.Олимхўжаев.

Ушбу ўқув қўлланма "Электр машиналари" курси дастури асосида ёзилган.

Қўлланма олий ўқув юр்தларининг талабалари учун ўзбек тилида ёзилган ilk қўлланмадир. Бунда узғарувчан ток электр машиналарига тегишли умумий маълумотлар, синхрон машиналарнинг тузилиши ва ишлаш принциплари, тавсифлари, синхрон моторларни юргизиш усуллари, генератор ва моторларнинг қўлланилиш соҳалари, ҳамда синхрон машиналарнинг махсус турларига ҳам алоҳида эътибор берилган.

Шунингдек, муаллифлар амалиётда муҳим бўлган синхрон машиналарда буладиган уткинчи жараёнларни ҳам ёритилишга интилишди.

Ўқув қўлланманинг қўл ёзмасини куриб чиқиб, узларининг қимматли маслаҳатлари билан қўл ёзманинг сифатини яхшилашга ёрнам берган Ўзбекистон Республикаси Табиий фанлари Академиясининг муҳбир аъзоси, т.ф.д., проф. О.О.Ҳошимовга, Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаштириш муҳандислари институтининг "Назарий электротехника" кафедраси профессори С.Мажидовга, Тошкент давлат техника университетининг "Электр машиналари" кафедрасининг доценти К.Т.Олимхўжаевларга муаллифлар узларининг чўқур миннатдорчилигини изҳор этадилар.

КИРИШ

Мустақил Республикамизнинг ҳар томонлама раванқ топишида электр энергияси ишлаб чиқаришнинг усиши ҳамда уни оқилона, тежамли ишлатиш жуда катта аҳамиятга эга. Республикамизда энергетиканинг ривожланиши Буэсув сувгидроэлектр станцияси-дан / ГЭС / бошланган. Кейинчалик эса Чирчиқ, Тошкент ГЭС-лари, Фарҳод ГЭС, Ангрен, Фарғона, Тахиятош иссиқлик электр станциялари ишга туширилди. Сунгра Тошкент ва Сирдарё ГЭС-лари ишга тушди.

Бу электр станцияларида синхрон генераторлари ёрдамида электр энергиясини ишлаб чиқарилади. Масалан, Чарвоқ ГЭС да СВ-850/235-32 туркумли, қуввати 176,5 МВА булган синхрон гидро генератори, Сирдарё иссиқлик электр станциясида эса ТВВ-020-2 туркумли, қуввати 300 МВт булган, Ангрен иссиқлик электр станциясида эса ТВФ-100 туркумли 4 та, ТВ-50-2 туркумли 3 та, ТВ-60-2 туркумли 1 та синхрон турбогенераторлари ишламоқда.

Бундан ташқари, Республикамиздаги турли саноат корхоналарида ҳар хил синхрон моторлари турли механизмларни ҳаракатга келтириб ишлаб турибди.

Шу сабабли, электр станцияларида ва саноатнинг турли тармоқларидаги синхрон машиналарини эксплуатация қиладиган буларак мутахассисларга бу машиналарнинг тузилишини, ишлаш принципларини, тавсифларини, уларни ишга тушириш ва уларда буладиган уткинчи жараёнларни чуқур билишлари ҳамда оқилона бошқаришларини ургатишда қўлланманинг аҳамияти каттадир.

I-БОБ. ЎЗГАРУВЧАН ТОҚ ЭЛЕКТР МАШИНАЛАРИГА ТЕГИШЛИ УМУМИЙ МАЪЛУМОТ

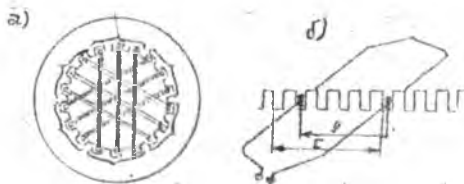
I.1. Ўзгарувчан ток электр машиналарининг турлари

Ўзгарувчан ток электр машиналари йккита турга бўлинади: асинхрон ва синхрон машиналар. Бу машиналар кузғалмас қисм-статор ва айланувчи қисм-ротордан тузилган. Ротор ва статор ҳаво бўшлиғи билан ажралган.

Асинхрон ва синхрон машиналар бир биридан роторининг тузилиши ва ишлаш принципи билан фарқ қилади, аммо уларнинг статорининг тузилиши бир хилда бўлади.

Ўзгарувчан ток электр машиналарининг статор пулат узағи уярма тоқлар ҳосил қиладиған исрофларни қамайтириш мақсадида қалинлиғи 0,5 мм бўлған алоҳида пулат тунукачалардан йиғилади.

Уярма тоқларга электр қаршилиқни купайтириш мақсадида бу тунукачалар материалининг таркиби танланған ва тунука өзаси махсус лак ёрпамида бир биридан изоляцияланған бўлади. Бундай тунука прессларда махсус шаклларда кесиледи. Темир узак қилиб йиғилған статор тегжи роторда ички диаметр бўйича пазлар /ариқ, чалар / ҳосил қилади. Бу пазларга статор ва роторининг чулғамлари ётқизилади / I.1,а-расм /.



I.1-расм. Уч фазали статор чулғами ғалтакларининг жойлашиши / а / ва йккита симдан урам ҳосил қилиш / б /.

I.2.Куп.фазали чулғамларнинг тузилиши ва схемалари

Ўзгарувчан ток электр машиналарида чулғамлар статор пулат

узғинининг ички томонидаги пазларга ва ротор пулат узғинининг ташқи томонидаги пазларга уралари. Пазларда жойлашган симлар бир бири билан уланиб, ғалтакларни / секцияларни / ҳосил қилади / 1.1, а-рasm /.

Қушни пазларда жойлашган ғалтаклар кетма-кет уланиб, битта ғазза ва жуфт қутбга турғи келади ҳамда ғалтаклар гуруҳини ҳосил қилади. Чулғамнинг ҳар бир ғаззаси AX , BY , CZ , бир нечта параллел ёки кетма-кет уланган ғалтаклар гуруҳидан ташкил топади.

Чулғамнинг энг оддий элементи урам / 1.1, б-рasm / ҳисобланади. Урам иккита 1 ва 2 симлардан ташкил топиб, улар бир биридан U масофада пазларда жойлашган булади. Бу масофа тахминан қутб булинмаси T га тенг булади. T қуйидагича топилади:

$$T = \pi D / 2p \quad , \quad (1.1)$$

бу ерда D - статорнинг ички диаметри; $2p$ - қутблар сони.

Қутб булинмаси фақат узунлик бирлигида ифодаланмасдан, балки пазлар сони билан ҳам ифодаланади:

$$T = Z / 2p \quad , \quad (1.2)$$

бу ерда Z - статор ёки ротордаги пазлар сони.

Агар $U = T$ бўлса, қадам диаметрал ёки тула қадам, $U < T$ бўлса, узайтирилган қадам дейилари.

Қушни пазларда жойлашган битта ғалтак гуруҳидаги ғалтак томонлари q та пазларни эгаллаб, $\alpha = Z / 2pm$ бурчак билан ғазза зонасини ҳосил қилади:

$$q = Z / 2pm \quad , \quad (1.3)$$

бу ерда m - ғаззалар сони.

1.1, а-рasmда курсатилган статор чулғамининг ҳар бир ғаззаси AX , BY , CZ учта ғалтакдан ташкил топган бўлиб, томонлари 3 та пазларда жойлашган, яъни $q = 3$. Умуман уч ғаззали чулғамда битта қутб булинмасида $3q$ пазлар жойлашган булади. $q = 1$ бўлса, ҳар бир қутб тагида бир ғаззанинг битта ғалтаки жойлашган булади.

Секция томонларининг пазларда жойлашишига қараб чулғамлар бир қатламли ва икки қатламли бўлади. Агар пазда секциянинг фақат битта томони жойлашган бўлса, бир қатламли / I.2-расм /, агар пазда секциянинг икки томони жойлашган бўлса, икки қатламли чулғам / I.3-расм / дейилади.



I.2-расм. Бир қатламли чулғамнинг пазларда жойлашиши.

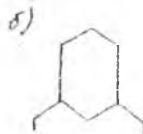
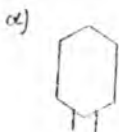


I.3-расм. Икки қатламли чулғамнинг пазларда жойлашиши.

Бир қатламли чулғамлар қуввати 10 кВт гача бўлган машиналарда қўлланилади. Бундай чулғамчи қисқартирилган қадамли қилиб бўлмайди, бу уларнинг асосий камчилиги ҳисобланади. Икки қатламли чулғамлар эса кенг миқёсда ишлатилади.

Ўзгарувчан ток электр машиналарининг чулғамлари бир нечта фазадан ташкил топади. Фазаларга қараб бир, икки ва уч фазали чулғамлар бўлади.

Секцияларининг шаклига ва уланишига қараб, чулғамлар сиртмоқсимон ва тулқинсимон турларга бўлинади. I.4-расмда сиртмоқсимон а) ва тулқинсимон б) чулғамларнинг секциялари кўрсатилган.



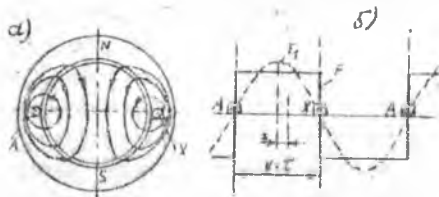
I.4-расм. Сиртмоқсимон а) ва тулқинсимон б) чулғамларнинг секциялари.

Сиртмоқсимон чулғамлар узгарувчан ток электр машиналарида кенг қўлланилади. Катта қувватли машиналарда / гидрогенераторларда / тулқинсимон чулғамлар ишлатилади.

1.3. Узгарувчан ток электр машиналари чулғамларининг магнит юритувчи кучлари

Электр машинасининг статор ёки ротори чулғамларининг магнит юритувчи кучи / ММЖ / ҳаво оралиғида айланивчи магнит майдонини ҳосил қилиши лозим. Шунинг учун синусоидал кучланиш берилаётган ҳар бир чулғам, ғазода синусоидал тарқалган ММЖга эга бўлиши керак. Агар бу шартлар бажарилмаса у ҳолда магнит майдони таркибида юқори гармоникалар бўлиб, улар машинанинг энергетик кўрсаткичларини ёмонлаштиради.

1. Сигилган чулғамнинг ММЖ. ММЖнинг тарқалишини йигилган чулғамли / 1.5-расм / икки қутбли машина мисолида куриб чиқамиз.



1.5-расм. Йигилган чулғамли икки қутбли машинанинг схемаси а) ва унинг ММЖ тарқалиш диаграммаси б).

Бунда АХ ғазо чулғамининг ҳамма урамлари диаметрал юзада жойлашган иккита пазда жойлашган. Агар ток ғазо чулғамининг бош учи А дан охириги учи Х' га йуналган бўлса, у ҳолда икки қутбли магнит оқими ҳосил бўлади. Бу оқим куч чизиқларининг йуналиши 1.5-расмда курсатилган бўлиб, улар чулғамнинг ҳамма урамлари билан қўршалади. Бунда ғалтакнинг ММЖ $F = IW = \sum I$ га тенг бўлади. Ток максимал қийматга эга бўлганда ММЖ ҳам максимал қийматга эришади:

$$F_m = I_m W = \sqrt{2} I W, \quad (1.4)$$

бунда I_m , I - токни максимал ва амалий қийматлари.

Агар магнит занжирининг ферромагнит қисмларини магнит қаршилиги нолга тенг деб қабул қилсак, у ҳолда МДК нинг тарқалиши статор айланаси бўйлаб турри бурчакли тўртбурчак шаклида бўлади / 1.5-расм, б /.

Турри бурчакли тўрт бурчак шаклидаги МДК ни Фурье қаторига ёйиб синусоидалар йиғиндиси курунишида ўзиш мумкин:

$$F_x = (\sqrt{2}/2) I W (4/\pi) [\cos \pi x / \tau + (1/3) \cos 3\pi x / \tau + (1/5) \cos 5\pi x / \tau + \dots + (1/n) \cos n\pi x / \tau] \quad (1.5)$$

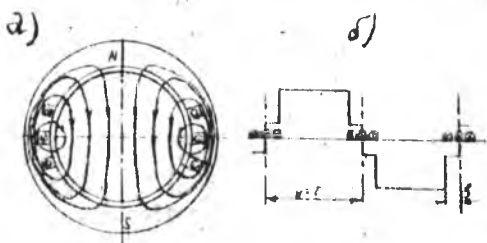
Ток максимал қийматга эга бўлганда, йиғма чулғам МДК нинг биринчи гармоникаси қуйидагича бўлади:

$$F_1 = (2\sqrt{2}/\pi) I W \approx 0,9 I W \quad (1.6)$$

Демак йирилган чулғамнинг МДК синусоидадан анча фарқ қилаётган, шу сабабли бундай чулғамлар амалда кам ишлатилади.

2. Тарқалган чулғамнинг МДК. Магнит майдонининг тарқалиш эгри чизигини синусоидага яқинлаштириш мақсадида, ҳар бир фаза бир нечта пазларга уриштилади. Бунда чулғамнинг совитилиши ҳам ихтиланари.

1.6-расмда 6 та пазга / $q_p = 3$ / жойлаштирилган икки қутбли машина чулғами курсатилган.



1.6-расм. Икки қутбли тарқалган чулғамли машина ва МДК нинг тарқалиш схемаси.

Тарқалган чулғамнинг МДК ни урмалар сони $W' = W / 3$ бўлган ва фазода $\alpha = \pi / 6$ / τ / в-қушни пазлар уқлари

орасидаги массага λ , бурчакка силжиган учта йигилган чулғам ММҚ ларининг йигиндисидан иборат бўлади. Бу йигинди ММҚ нинг тарқалиш шакли погонасимон бўлади / I.6,б-расм /.

Тарқалган чулғамнинг биринчи гармоникасини ММҚ ни қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$F = 0,9 W \sin(q\alpha/2) / [q \sin(\alpha/2)] \quad (I.7)$$

(I.6) ва (I.7) -тенгламаларни таққослаб, тарқалган чулғам ММҚ нинг биринчи гармоникаси йигилган чулғам ММҚ нинг биринчи гармоникасидан қуйидаги кўпайтувчига фарқ қилишини кураимиз:

$$K_n = \sin(q\alpha/2) / [q \sin(\alpha/2)] \quad (I.8)$$

бу ерда K_n чулғамнинг биринчи гармоникаси учун тарқалиш коэффициенти. Бу коэффициент $\sqrt{}$ - гармоника учун қуйидагича топилади:

$$K_{n\sqrt{}} = \sin(q\sqrt{\alpha}/2) / [q \sin(\sqrt{\alpha}/2)] \quad (I.9)$$

бунда $\sqrt{\alpha}$ - айрим секциялар $\sqrt{}$ - гармоникаси ММҚ лари орасидаги силжиш бурчаги.

3. Қадами қисқартирилган чулғамнинг ММҚ. Тарқалган чулғамда юкори 5, 7 гармоникаларнинг таъсири анча камаяди, лекин айрим гармоникалар жуда оз миқдорда камаяди. Шунинг учун тарқалган чулғамда, чулғам қадами қисқартирилади, яъни $y < \tau$. Бу ҳолда чулғам икки қатламли қилиб уралади, ҳар бир секциянинг бир томони пазнинг пастки қисмида, иккинчи томони эса бошқа пазнинг устки қисмида ётади.

ММҚ нинг биринчи гармоникасининг қиймати қуйидагича топилади:

$$F_1 = 0,9 I W K_{T1} K_{K1} \quad (I.10)$$

бу ерда $K_{K1} = \cos \beta/2$ - чулғамнинг қисқартириш коэффициенти дейилади. $\sqrt{}$ - гармоника учун бу коэффициент қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$K_{K\sqrt{}} = \cos(\sqrt{\beta}/2) \quad (I.11)$$

4. Пазлар қийшиқлигининг ММҚ га таъсири. Айрим машина статори ва роторидаги пазларнинг охири унинг бошига нисбатан бирор χ бурчакка силжиган бўлади. Бундай қийшиқлик χ бур-

II

чакка турғи келувчи ёй буйича чулғам тарқалишга эквивалент булади. Агар $q\alpha = \delta$ ва $q \sin(\alpha/2) = \delta/2$ деб олинса биринчи гармоника учун қийшиқлик коэффициентлери:

$$K_{\text{кий},1} = (\sin \delta/2) \quad (I.12)$$

ифода орқали топилади, бунда 2 гармоника учун эса

$$K_{\text{кий},2} = (\sin \sqrt{2}\delta)/(\sqrt{2}\delta/2) \quad (I.13)$$

тенгламадан фойдаланиш мумкин.

Қийшиқлик коэффициентлери юқори гармоникаларда биринчи гармоникасига нисбатан кичкина булади. Қийшиқлик тўғайли ММХ нинг тарқалиш шакли синусоидага яқинлаштирилади.

K_T , K_K ва $K_{\text{кий},1}$ коэффициентларнинг кулайтмасига чулғам коэффициентлери дейилади ва у ν - гармоника учун қуйидагича топилади:

$$K_{\nu} = K_T K_K K_{\text{кий},\nu} \quad (I.14)$$

Қуйида $q = 3$, $\alpha = 20^\circ$, $u/\tau = 7/9$ булган чулғам учун K_T , K_K ва K_{ν} коэффициентларнинг қийматлари келтирилган:

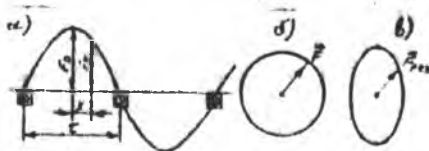
Гармоникалар тартиб рақами	I	3	5	7	9	II
K_T	10,96	0,667	0,217	0,177	0,333	0,177
K_K	0,94	0,5	0,174	0,766	1,00	0,766
K_{ν}	0,902	0,333	0,038	0,135	0,333	0,135

I.4. Электр машинасининг айланувчи магнит майдони

I.Пульсланувчи майдон. Бир фазали чулғам узгарувчан ток машинасига уланса, вақт буйича ток частотаси билан узгараридиган пульсланувчи магнит майдони ҳосил булади. Бу ҳолда ММХ синусоидал тарқалган булса / I.7-рasm / чулғам уқидан бирор "х" магнит софада жойлашган ҳаво оралиғининг ҳар бир нуқтасига қуйидаги ММХ ҳаракатда булади:

$$F_x = F_0 \cos(\pi x/\tau) = F_m \sin \omega t \cos(\pi x/\tau), \quad (I.15)$$

бу ерда $F_0 = F_m \sin \omega t$ -чулғам уқида жойлашган нуқтадаги МКК.



1.7-расм. МКК нинг тарқалиш эгри чизиги а) ва МКК векторининг фазодаги годографлари б), в) .

(1.15) ифодани қуйидагича ёзиш мумкин:

$$F_x = 0,5 F_m \sin(\omega t - \pi x / \tau) + 0,5 F_m \sin(\omega t + \pi x / \tau) \quad (1.16)$$

(1.16) тенгламанинг унғ томонидаги ҳар қайси ташкил этувчи айланувчи МКК нинг тенгламасини ифодалайди. Демак, фазода синусоидал тарқалган пульсоланувчи магнит майдони, бир-бирига нисбатан тескари томонга айланувчи иккита магнит майдони йиғиндисидан иборат қилиб кўрсатса булар оқан.

Шундай қилиб, $F'_x = 0,5 F_m \sin(\omega t - \pi x / \tau)$; $F''_x = 0,5 F_m \sin(\omega t + \pi x / \tau)$ МКК ларининг максимал қийматлари вақтнинг исталган пайтида ўзгармас қолади, агарда бу МКК лар йиғиндисини фазода вектор кўринишида тасаввур қилсак, у ҳолда бу векторнинг охири айланиши чизади / 1.7,б-расм /. Бундай майдонга айланма майдон дейилади. Бу майдоннинг чизиқли тезлиги қуйидагича топилади:

$$v = dx / dt = \omega \tau / \pi = 2 f \tau \quad (1.17)$$

Айланиш тезлиги ёса

$$n = 60 v / (\pi D) = 60 \cdot 2 f \tau / (\pi D) = 60 f / p \quad (1.18)$$

нисбатлар орқали ифодалаш мумкин.

2.Үч фазали чулғамнинг айланма майдони. Агарда электр машинасининг статорига симметрик бўлган уч фазали, бир-бирига нисбатан 120° га силжиган чулғамлар жойлаштирилса / 1.8-расм / ва уч фазали симметрик ток берилса, у ҳолда бу чулғамда ай-



1.8-расм. Уч фазали икки қутбли машина статорида чулғам фазаларининг жойлашиши.

ланувчи магнит майдони ҳосил булади. Бунда ҳар бир фазада ҳосил бўлган ММХ синусоидал тарқалган деб ҳисобланилади.

Курилатган чулғамнинг АХ, ВУ ва СЗ фазалари бир-бирига нисбатан фазода $(2/3)\pi$ узоқликда, тоқлари эса вақт бўйича $(2/3)\pi$ бурчакка силжиган бўлади.

ди:

$$F_{xA} = F_m \sin \omega t \cos \frac{\pi}{6} = \frac{F_m}{2} \sin (\omega t - \frac{\pi}{6}) + \frac{F_m}{2} \sin (\omega t + \frac{\pi}{6})$$

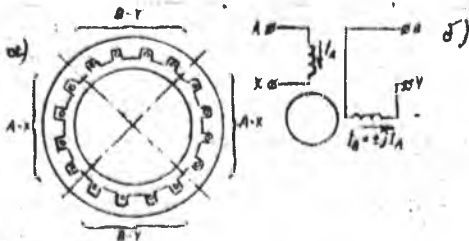
$$F_{xB} = F_m \sin (\omega t - \frac{2\pi}{3}) \cos (\frac{\pi}{6} - \frac{2\pi}{3}) = \frac{F_m}{2} \sin (\omega t - \frac{\pi}{6}) + \frac{F_m}{2} \sin (\omega t + \frac{\pi}{6} - \frac{4\pi}{3})$$

$$F_{xC} = F_m \sin (\omega t - \frac{4\pi}{3}) \cos (\frac{\pi}{6} - \frac{4\pi}{3}) = \frac{F_m}{2} \sin (\omega t - \frac{\pi}{6}) + \frac{F_m}{2} \sin (\omega t + \frac{\pi}{6} + \frac{4\pi}{3}).$$

ММХ нинг амалий F_x қиймати эса F_{xA} , F_{xB} , F_{xC} таъкил этувчи-ларнинг йиғиндисидан иборат булади:

$$F_{x\phi} = 1,5 F_m \sin (\omega t - \pi x / \tau) \quad (1.19)$$

3. Икки фазали чулғамнинг айланма майдони. Икки фазали симметрик чулғамнинг АХ ва ВУ фазалари / 1.9-расм, а / фазада бир бирига нисбатан қутб бўлинмаси τ нинг ярмига силжиган бўлади.



1.9-расм. Икки фазали икки қутбли машинанинг схемаси ва статорда фазаларнинг жойлашиши.

Агар бундай чулғамнинг ҳар бир ғазасига бир-бирига нисбатан вақт бўйича 90° бурчакка силжиган $I_B = \frac{1}{2} I_A$ / ток бөрилса / I.9,б-расм / , у ҳолда айланувчи магнит майдони ҳосил бўлади.

Бу тоқлар ҳосил қилган МДК лар қуйидагича топилади:

$$F_{xA} = F_m \sin \omega t \cos \frac{\pi x}{\tau} = \frac{F_m}{2} \sin \left(\omega t - \frac{\pi x}{\tau} \right) + \frac{F_m}{2} \sin \left(\omega t + \frac{\pi x}{\tau} \right);$$

$$F_{xB} = F_m \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right) \cos \left(\frac{\pi x}{\tau} - \frac{\pi}{2} \right) = \frac{F_m}{2} \sin \left(\omega t - \frac{\pi x}{\tau} \right) + \frac{F_m}{2} \sin \left(\omega t + \frac{\pi x}{\tau} - \pi \right)$$

Йигинди МДК эса:

$$F_{xY} = F_{xA} + F_{xB} = F_m \sin \left(\omega t - \frac{\pi x}{\tau} \right)$$

бўлади.

Бундай чулғамда ҳосил бўлган айланувчи магнит майдонининг айланиш частотаси ҳам (I.18) тенглама бўйича топилади.

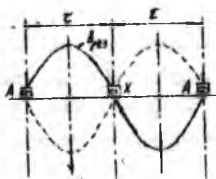
4.Эллиптик майдон. Ҳазада бир-бирига нисбатан симметрик жойлашган чулғамлардан вақт бўйича уздро мос силжиган тоқлар оқабтганда айланим магнит майдони ҳосил бўлади. Агарча бу шартлардан бирортаси бажарилмаса, айланим магнит майдони эмас, балки эллиптик майдон ҳосил бўлади. Бундай майдоннинг МДК ғазора эллипс чизади / I.7,в-расм /.

I.5. Узғарувчан ток машиналари чулғамларининг электр юритувчи кучи

Айланувчи магнит майдони статор ва ротор чулғамларини кесиб ўтиб, уларда узғарувчан электр юритувчи куч / ЭДК / ни ҳосил қилади.

Йигилган статор чулғамининг битта АХ ғазаси ва йигинди B_d индукциянинг статор айланиси бўйича шу ғазадаги токнинг максимум бўлган ҳолдаги тарқалиши I.10-расмда курсатилган.

Бу ҳолда йигинди B_d индукциянинг максимум қиймати АХ ғазасининг ўқ билан мос тўлади.



1.10-расм. Йиғилган статор чулғамининг битта AX фазаси ва йиғинди B_{Σ} индукциянинг статор айланаси бўйича шу фазадаги токнинг максимум бўлган ҳолдаги тарқалиши.

Бошланғич пайтда AX фаза чулғами билан оқим $\Phi_{\Sigma} = \Phi_m$ илашган бўлади. Ярим даврдан сунгра эса индукция B_{Σ} бир кутб бўлинмасига силжийди / 1.10-расмдаги узукли чизиқлар / ва чулғам билан Φ_m оқим илашади. Ярим даврдаги ЭЖК нинг уртача қиймати қуйидагича топилади:

$$E_{\text{урт}} = W_{\phi} \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = W_{\phi} \frac{\Phi_m - (-\Phi_m)}{T/2} = 4 W_{\phi} \frac{\Phi_m}{T} = 4 f W_{\phi} \Phi_m, \quad (1.20)$$

бу ерда W_{ϕ} - фазадаги урамлар сони.

ЭЖК нинг амалий қиймати эса:

$$E_1 = K_f E_{\text{урт}} = 4,44 f W_{\phi} \Phi_m \quad (1.21)$$

бўлади, бу ерда $K_f = 1,11$ -синусоидал эғри чизиқли шакл коэф-фициенти.

Агар чулғам тарқоқли ва бир нечта пазларда жойлашган бўлса, у ҳолда айрим ғалтакдаги ЭЖК лар фаза бўйича силжиган бўлиб, уларни вектор қийматларини қушиш усулидан фойдаланиш керак бўлади. Қисқартирилган кадамли тарқоқли чулғамнинг йиғинди ЭЖК қуйидагича топилади:

$$E_1 = 4,44 f W_{\phi} \Phi K_u. \quad (1.22)$$

1.6. Электр машинасининг магнит занжирини ҳисоблаш усуллари

Айланувчи электр машиналарининг магнит занжирини ҳисоблаш ҳам худди трансформатордаги каби бўлиб, унинг мақсади - магнит оқими ва у оқимни ҳосил қилган чулғамлардаги тоқлар орасидаги боғланишни топишдан иборатдир.

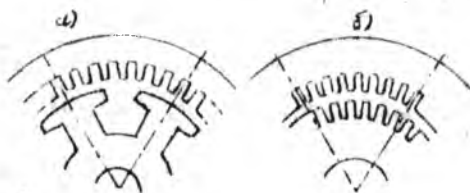
Трансформатор ва айланувчи электр машиналарининг магнит занжирини ҳисоблаш орасидаги фарқ, фақат уларнинг конструктив тузиллишидир: электр машинасида статор ва ротор орасида ҳаво оралиғи бўлади, статор ва ротор пулат узакларидаги тишларнинг бўлиши ва бошқалар.

Электр машиналарида магнит майдони чулғамларда узгарувчан ток / асинхрон машиналарда / ёки узгармас ток / синхрон ва узгармас ток машиналарида / ўтганда ҳосил бўлади. Бу чулғамлар, тупланган / йиғилган / ёки тарқоқ бўлиши мумкин.

Куп қутбли машинанинг магнит майдони салт ишлаш иш ҳолатида симметрик бўлади, яъни ҳамма қутбларнинг магнит оқими бир хил ва уларнинг магнит куч чизиқлари магнит занжирининг бир хил участкаларидан ўтади.

Ўзгарувчан ва узгармас ток машиналарининг магнит занжирини ҳисоблаш тула ток қонунига асосланган бир хил услубга келтириб олинади.

Аён қутбли машиналарнинг / I. II, а-расм / магнит занжири қуидаги участкаларга бўлинади: ҳаво оралиғи, тиш қатлами, қутб



I. II-расм. Аён қутбли а) ва аёнмас қутбли б) электр машинасида магнит занжирининг схемаси.

узағи, статор ярмоси, ротор ярмоси. Бунда тула ток қонуни қуидаги курунишга эга бўлади:

$$F_{\delta} = F_{\delta} + F_{\delta} + F_{\delta} + F_{\delta_1} + F_{\delta_2} \quad (1.23)$$

бу ерда F_{δ} - қузғатиш чулғамининг МКК, F_{δ} , F_{δ} , F_{δ} , F_{δ_1} , F_{δ_2} - ҳаво оралиғининг, тиш қатламининг, қутблар узағининг, статор ярмосининг ва ротор ярмосининг МКК лари.

Аёнмас қутбли машиналар / I. II, б-расм / магнит занжирида қутблар узағи бўлмайди, лекин статор тиш қатлами ва ротор тиш

қатлами бўлади:

$$F_K = F_\sigma + F_{z1} + F_{z2} + F_{a1} + F_{a2} \quad (1.24)$$

бу ерда F_{z1} , F_{z2} – статор ва ротор тиш қатлашларида ҳосил бўлган ММҚ лар.

Ҳаво оралиғидаги / соддалаштириш учун келгусида – оралиқ / магнит майдон магнит кучланганлиги қуйидаги ифодадан топилади:

$$H_\sigma = B_\sigma / \mu = \Phi / (\mu \cdot \alpha \tau l) \quad (1.25)$$

бу ерда l – статор ва роторнинг диаметри бўйича ҳаво оралиғининг узунлиги; μ – ҳавонинг магнит утказувчанлиги; α – қутбнинг узунлиги бўйича қоплаш коэффициенти; B_σ – ҳаво оралиғидаги магнит индукцияси.

Ҳаво оралиғидаги ММҚ эса

$$F_\sigma = 2 H_\sigma L_\sigma = 2 B_\sigma \delta_l / \mu \quad (1.26)$$

ифодадан топилади. Бу ерда $L_\sigma = \delta_l$ магнит занжирининг оралиқ узунлиги.

Тиш қатламидаги эквивалент магнит майдони кучланганлиги қуйидагича топилади:

$$H_{z \text{ экв}} = (H_{z \text{ max}} + 4 H_{z \text{ урт}} + H_{z \text{ min}}) / 6 \quad (1.27)$$

Тиш қатламининг ММҚ эса қуйидаги формуладан топилади:

$$F_z = 2 H_{z \text{ экв}} h_z \quad (1.28)$$

бу ерда h_z – тишнинг баландлиги.

Статор ва ротор ярмосининг ММҚ лари қуйидагича топилади:

$$F_{a1} = H_{a1} L_{a1}; \quad F_{a2} = H_{a2} L_{a2} \quad (1.29)$$

бу ерда H_{a1} , H_{a2} – статор ва ротор ярмосидаги магнит майдони кучланганлиги. Улар узгармас деб қабул қилинади; L_{a1} ва L_{a2} – статор ва ротор ярмосидаги магнит чизиқларининг узунлиги.

Қутб нулат узаридаги ММҚ қуйидаги ифодадан топилади:

$$F_m = 2 H_m h_m \quad (1.30)$$

бу ерда H_m - қутб пулат узагининг магнит кучланганлиги; h_m - қутб пулат узагининг баландлиги.

Ўзгарувчан ток электр машиналарининг айрим қисмларида магнит индукцияси тахминан қуйидаги қийматга эга бўлади:

Ҳаво оралигида $B_g = 0,6 \dots 1,1$ Тл;

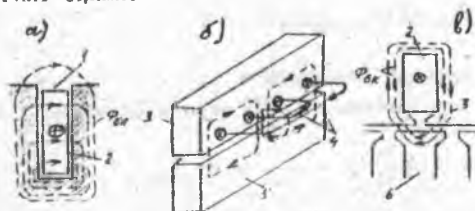
Тиш қатламида $B_z = 1,4 \dots 1,8$ Тл;

Қутб пулат узагида $B_m = 1,3 \dots 1,6$ Тл;

Статор ва ротор ярмосида $B_a = 1,2 \dots 1,4$ Тл.

1.7. Ўзгарувчан ток электр машиналари чулғамларининг индуктив ва сочилма индуктив қаршиликлари.

Ўзгарувчан ток электр машиналарининг сочилма магнит оқимлари ва уларга мос келувчи индуктив қаршиликлари трансформаторни- кига нисбатан анча катта қийматга эга бўлади. Бунга сабаб шуки, электр машинасида чулғамларнинг симлари пазларда жойлашганлиги учун асосий магнит оқим ҳаво ораликдан икки бора ўтгани учун унга магнит қаршиликни катталиги, сочилма оқимлар учун эса ҳаво оралик йулларини трансформаторга нисбатан қисқалигидир. Бунинг сочилма магнит оқимларини санаб курсатишдан аниқлаб олса бўлади. Сочилма магнит оқимлари қуйидаги ташкил оғувчилардан иборат: пазлардаги $\Phi_{сп}$ / 1.12, а-расм / , чулғам тирсакларидаги $\Phi_{ст}$ / 1.12, б-расм / , тиш боши ва ҳаво оралиги орқали ила- цувчи сочилма оқим $\Phi_{ск}$ / 1.12, в-расм / , дифференциал $\Phi_{дп}$ сочилма магнит оқими.



1.12-расм. Ўзгарувчан ток электр машиналаридаги сочилма магнит оқимларининг куч чизиқлари.

Ҳар бир магнит оқимиға узининг магнит утказувчанлиги туғри келади. Магнит қаршилиқни сочилма магнит оқимлари учун қуйидаги қурилишда ёзиш мумкин:

$$\Lambda = \Lambda_{\text{п}} + \Lambda_{\text{т}} + \Lambda_{\text{к}} + \Lambda_{\text{д}} \quad (1.31)$$

бу ерда $\Lambda_{\text{п}}$, $\Lambda_{\text{т}}$, $\Lambda_{\text{к}}$, $\Lambda_{\text{д}}$ лар - сочилма оқимлар $\Phi_{\text{п}}$, $\Phi_{\text{т}}$, $\Phi_{\text{к}}$, $\Phi_{\text{д}}$ ларга туғри келувчи магнит утказувчанлиқлар.

Сочилма оқимларни ва улар ҳосил қилган индуктив қаршилиқларни топишда солиштирма магнит утказувчанлиқ Λ лардан фойдаланилади, чунки улар сочилма оқимлар утариган машина қисмларининг геометрик улчамларидан аниқланади.

Бунда Λ ни қуйидаги қурилишда ёзиш мумкин:

$$\Lambda = \mu_0 \ell_i (\lambda_{\text{п}} + \lambda_{\text{т}} + \lambda_{\text{к}} + \lambda_{\text{д}}) \quad (1.32)$$

бу ерда ℓ_i - машина актив қисмининг узунлиги.

Бир қатламли чулғамнинг бир фазаси пазларида pq галтак булади ва умуман сони a га тенг параллел шохобчаларни ҳосил қилади. Шунинг учун чулғам фазасининг индуктивлиги:

$$L_{\text{ф}} = L_{\text{к}} (pq / a^2) = 2 \Lambda W_{\text{к}}^2 (pq / a^2) \quad (1.33)$$

ифода билан топилади. Бу ерда $L_{\text{к}} = 2 \Lambda W_{\text{к}}^2$ - бир галтакнинг индуктивлиги.

Фазада кетма-кет уланган урамлар сони $W_{\text{ф}} = W_{\text{к}} pq / a$ ларини ҳисобга олган ҳолда, қуйидагига эга булаемиз:

$$L_{\text{ф}} = 2 W_{\text{ф}} \Lambda / pq = 2 W_{\text{ф}}^2 \mu_0 \ell_i \lambda / (pq) \quad (1.34)$$

Шундай қилиб, бир қатламли чулғамда сочилма оқим ҳосил қилган индуктив қаршилиқ қуйидаги ифодадан топилади:

$$X_{\text{ф}} = 2 \pi f L_{\text{ф}} = 4 \pi f W_{\text{ф}}^2 \mu_0 \ell_i \lambda / (pq) \quad (1.35)$$

Статор чулғамининг индуктив қаршилиги қуйидаги ифодадан топилади:

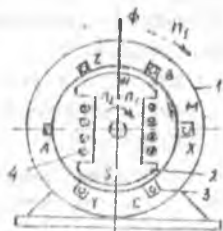
$$X_{\text{с}} = \frac{\sqrt{2} \mu_0 K_{\text{д}} \tau \Lambda_{\text{н}}}{\pi K_{\text{р}} K_{\text{т}} \delta B_{\text{дн}}} \quad (1.36)$$

бу ерда A_H - чиқиқли юк (А/м); K_M - туйиниш коэффициенти;
 μ_0 - ҳаво бушлиғининг магнит синдирувчанлиги (Г/м); K_A -
 Кэртгер коэффициенти.

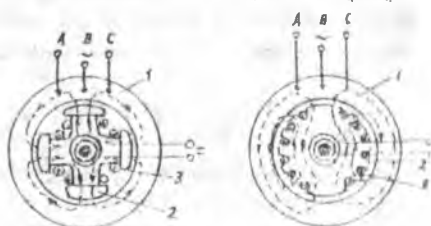
2-БОБ. СИНХРОН МАШИНАЛАР

2.1. Синхрон машиналарининг тузилиши

Синхрон машина / СМ / (2.1-расм) ҳам асосан икки қисмдан, яъни қўзғалмас қисми - 1-статор ва айланувчи қисм - 2-ротордан ташкил топган. СМ нинг статори тузилиш жиҳатидан асинхрон машинанинг статоридан фарқ қилмайди. Статор машинанинг корпуси 1, статорнинг пулат ўзаги ва пулат узак пазлари 3 да жойлаштирилган бир ёки умумий ҳолда m фазали чулғамдан иборат бўлади. Машинанинг роторига магнит қутблар 2 урнатилади / 2.1-расм /. Қутбларнинг пулат ўзагида ўзгармас ток манбаидан таъминланариган чулғам 4 бўлади. Бу чулғам СМ нинг қўзғатиш чулғаи дейилади. Машинанинг асосий магнит оқимини шу чул-



2.1-расм. СМ нинг электромагнит схемаси.



2.2-расм. А) ва Б) қутбли СМ нинг электромагнит схемаси: 1-статор /якорь/; 2-ротор; 3-қўзғатиш чулғаи; 4-вал; 5-чуткалар; 6-ҳалқалар.

ғам ҳосил қилади. Ротор қутбларидаги бу чулғамга ҳалқа ва чуткалар орқали ўзгармас манбадан ток берилади.

СМ ларда статор пулат ўзаги қалинлиги 0,35-1,5 мм бўлган айрим электротехник пулат тунукачалардан йиғилади. Статор чулғамлари мис симлардан тайёрланади ва уларнинг беш учлари С1, С2, С3 ва охириги учлари С4, С5, С6 ҳарфлари билан белгиланади. Бу чулғам якорь чулғаи ҳам дейилади.

СМ лар роторининг тузилишига кура икки хил, яъни аён кутбли ва аёнмас кутбли булади.

Аён кутбли ротор / 2.2,а-расм / , вал, валпа жойлаштирилган ротор гарпиши ва шу гарпигга маҳкамланган магнит кутблардан иборат. Кутбларнинг пулат ўзаги ҳам ўташилган юпка электро-техник пулат тунукачалардан йиғилади.

Аён кутбли роторнинг ҳар бир кутбларига қўзғатиш чулғами ўралади ва улар кетма-кет уланани. Бу чулғамларнинг икки ўчи валга маҳкамланган ва ундан изоляция қилинган мис ёки латуни ҳалқаларга уланади. Ҳалқаларнинг сиртида чуткалар сирланади. Чуткалар симлар ёрпамида машинанинг ташқи клеммасига / улягич-қисқичга / уланани. Қўзғатиш чулғамнинг клеммалари U_1 ва U_2 ҳарфлар билан белгиланади.

Аён кутбли СМ ларнинг кутб учларига маълум шакл берилади. Бунда кутб марказигаги ҳаво оралиги унинг четларидаги ҳаво оралигига нисбатан кичкина булади. Шу тариқа ҳаво оралигидаги магнит индукциясининг тарқалиш шакли синусоидага яқинлаштирилади.

Айрим кутблар учига юргизиш чулғамининг латунидан тайёрланган сим ўзаклари / стерженлари / / синхрон моторларда / ёки кутблар учига ҳудди шундай чулғам мис ўзаклардан тайёрланади / синхрон генераторларда /. Бу чулғамга сундирувчи / тинчлантирувчи / ёки демпфер чулғам дейилади.

Аён кутбли СМ ларда кутблар сони $2p \geq 4$ булади, чунки кутблар сони бундан кичик бўлса, ротор катта тезликка мослашган ҳолда яратилиши зарур. Катта тезлик эса аён кутблар массасидан ҳосил буладиган марказдан қочирма кучларга чидамли кутблар қурилмасини яратишни талаб этади. Бу масалани ҳал қилиш анча қийинчиликлар туғдиради.

Аёнмас кутбли ротор / 2.2,б-расм / валдан, валга кийдирилган ва пулатдан ясалган цилиндрик / яхлит ёки йиғма / ротор танасидан иборат. Ротор пулат ўзаги пазларида жойлаштирилган қўзғатиш чулғами булади. Бу чулғамнинг икки ўчи валга маҳкамланган ва изоляцияланган мис ёки латуни ҳалқаларга уланади. Ҳалқалар бўйлаб эса статорга маҳкамланган чуткалар сирланади. Ҳаво оралигида магнит индукциясини тахминан синусоидал тарқалишини таъминлаш қўзланиб, пазлар ротор танаси айлананининг $2/3$ қисmini эгаллайди.

Аёнмас қутбли $СМ$ ларда қутблар сони $2p = 2$ ёки $2p = 4$ булади.

$СМ$ ларда юқоридаги асосий қисмлардан ташқари подшипниклар, қопқоқлар ва бошқа қўшимча қисмлар булади.

2.2. Синхрон машиналарнинг ишлатилиш соҳалари ва ишлаш принципи.

$СМ$ лар синхрон генератор / $СГ$ / сифатида ҳам, синхрон мотор / сифатида ёки синхрон компенсатор / $СК$ / сифатида ишлатилади. Лекин амалда $СМ$ лар асосан $СГ$ сифатида ишлатилади. $СГ$ лар иссиқлик электр станцияларида, гидроэлектр станцияларида ва атом электр станцияларида электр энергиясини ишлаб чиқаради. Саноат корхоналарида қувватли насосларни, компрессорларни, вентилаторларни ва шунга ухшаш тезлиги узгартирилмайдиган баъзи механизмларни ҳаракатга келтириш учун синхрон моторлар ишлатилади. $СК$ лар эса электр тармоғининг қувват коэффициенти ошириш учун зарур бўлган реактив қувват етказиш учун ишлатилади.

$СМ$ генератор сифатида ишлаши учун унинг роторини қандайдир бирламчи / иссиқлик, сув турбиналари ёки шунга ухшаш / механизм ёрдамида айлантириш керак ва қўзғатиш чулғамига узгармас ток манбаидан кучланиш таъминот берилиши лозим. Бунда роторда ҳосил бўлган асосий магнит майдони статор чулғами урамларини кесиб утади ва у чулғамларда ЭЖК ҳосил қилади. Демак, $СГ$ электромагнит индукцияси қонуни асосида ишлар экан. Бунда бирламчи механизмнинг механик энергияси $СГ$ да электр энергиясига айланади.

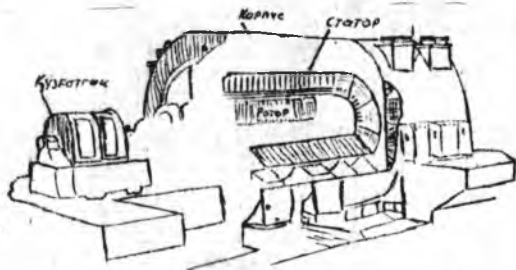
$СМ$ синхрон мотор сифатида ишлаши учун эса статор чулғамларига уч фазали кучланиш ва частотаси f , , бўлган электр тармоғига уланса, чулғамларда оқувчи уч фазали тоқлар асинхрон машиналардаги каби статорда айланма магнит майдони ҳосил қилади. Бу майдон қўзғатиш чулғамидаги ток билан таъсирлашиб, айлантирувчи электромагнит моментни ҳосил қилади ва ротор айланма магнит майдон йўналишида айланади. $СМ$ мотор бўлиб ишлаганда бу момент айлантирувчи, генератор сифатида ишлаганда эса бу момент тормозловчи момент булади.

2.3. Синхрон генераторларнинг турлари

Амалда уч фазали $СГ$ лар жуда кўп ишлатилади. Уч фазали $СГ$ дан уч фазали узгарувчан ЭЖК олинади.

СГ ларнинг бир неча турлари мавжуд:

I. Турбогенераторлар - бу турбиналари ёрдамида ҳаракатга келтирилади. Иссиқлик ва атом электр станцияларида турбогенераторлар урнатилади / 2.3-расм /. Уларда қутблар сони $2p \leq 4$



2.3-расм. Турбогенератор.

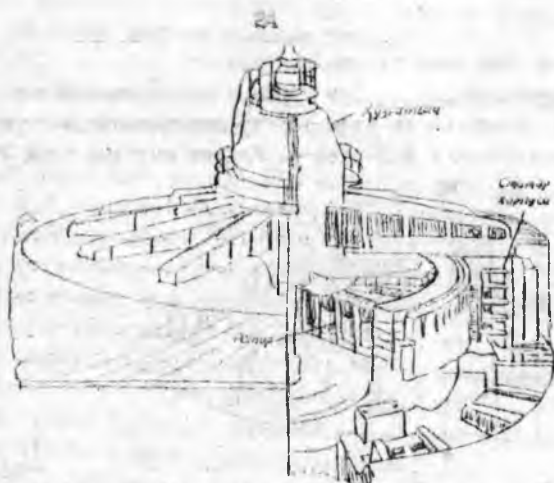
булади, шунинг учун ҳам $p = 2$ булганда $n_1 = 60 \text{ f} / p = 1500 \frac{\text{айл}}{\text{мин}}$, $p = 1$ булганда эса $n_1 = 60 \text{ f} / p = 3000 \text{ айл/мин}$ булади. Турбогенераторларда айланиш частотаси катта булгани учун, уларда аёнамас қутбли цилинрик ротор ишлатилади. Роторнинг диаметри унинг актив узунлигидан анча кичик булади. Айланиш частотаси 3000 айл/мин булганда механик мустаҳкамлиги жиҳатдан роторнинг энг катта диаметри $1,2 \dots 1,3 \text{ м}$ ни ташкил қилади, роторнинг актив узунлиги эса $7,5 \dots 8,5 \text{ м}$ булади. Турбогенераторлар горизонтал урнатиладиган машиналардир.

2. Гидрогенераторлар - гидротурбиналар ёрдамида ҳаракатга келтирилади. Уларда қутблар сони $2p \geq 4$ булади, шунинг учун гидрогенераторларнинг ротори аён қутблидир. Агар $p = 10$ булса, у ҳолда $n_1 = 60 \text{ f} / p = 300 \text{ айл/мин}$ булади. Бу генераторлар вертикал урнатилади.

Гидрогенераторлар гидроэлектр станцияларда урнатилади / 2.4-расм /. Роторнинг диаметри катта, машина актив узунлиги эса қисқа булади.

Ҳозирги вақтда гидроэлектр станцияларда $200 \dots 1000 \text{ МВА}$ гача булган гидрогенераторлар ишлатилмоқда.

3. Дизель-генераторлар - ички енув двигателлари ёрдамида ҳаракатга келтирилади. Уларнинг ротори ҳам аён қутбли булади, яъни $2p \geq 4$.



2.4-расм. Гидрогенератор.

Электр тармоғидан узоқда бўлган истеъмолчиларни электр энергияси билан таъминлашга ишлатилади.

2.4. Синхрон генераторнинг салт ишлаш ҳолати

СГнинг асосий магнит оқими Φ_0 қўзғатиш чулғамига узгармас ток берилиш тўғййли ҳосил қилинади. СГнинг ротори бирламчи мотор ёрдамида айлантирилса, бу Φ_0 оқим статор чулғамини кесиб ўтади ва унда ЭҚҚ ҳосил қилади. Бу ЭҚҚнинг таъсир этувчи қиймати қуйидагича аниқланади:

$$E_g = 4,44 f W_1 K_{q1} \Phi_m,$$

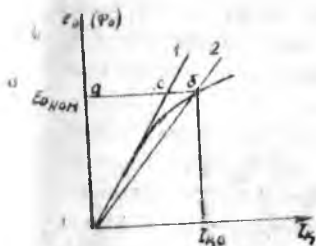
бу ерда W_1 — статор фаза чулғамининг урамлар сони; K_{q1} — статор чулғамининг чулғам коэффициенти; Φ_m — қўзғатиш чулғами ҳосил қилган асосий магнит оқимининг максимал қиймати.

Қўзғатиш чулғамидаги ток кичкина бўлганда асосий магнит оқими ҳам кичкина бўлади ва машинанинг магнит занжири тўйинмаган бўлади. Қўзғатиш токи ортиб борган сари магнит оқими ҳам ортади ва машинанинг магнит занжири тўйина боради / 2.5-расм /.

СГнинг номинал иш ҳолати 2-эври чизиқнинг эрилган қисмига тўғри келади. Бу таъсиф ёрдамида машинанинг тўйиниш коэффициенти аниқланади:

$$K_T = a_b / a_c .$$

Бу коэффициент $K_T = 1,1 \dots 1,4$ га тенг булади.



2.5-расм. СГ нинг салт ишлаш тавсифи: 1-туғри чизик машина магнит занжири-нинг туйинмаган ҳолатини; 2-эгри чизик эса магнит занжирининг туйинган ҳолатини курсатади.

СГ нинг салт ишлаш ҳолатида якорь чулғамида ҳосил булган ЭЖК нинг шакли синусоидал булиши керак. Давлат стандарти 183-71 асо-сида қуввати 1 МВА гача булган генераторларда, агар ЭЖК эгри чи-зигининг бирор нуқтасининг ординатаси ҳақиқий синусоиданинг шу нуқтадаги ординатасидан фарқи 10% дан ошмаса, қуввати 1 МВА дан катта генераторларда ЭЖК амплитудасининг фарқи синусоида ам-плитудасидан 5% дан ошмаса, ЭЖК эгри чизиги синусоидал ҳисобла-нади.

Машинада синусоидал ЭЖК олиш учун машинанинг статор ва ротор уртасидаги айлана буйлаб ҳаво оралигида магнит оқими синусоида қонуни буйича тарқалган булиши керак. Бунга эришиш учун аёнмас қутбли синхрон машиналарда кузғатиш чулғамини жойлаштиришда юқо-ри гармоника МЖК ларининг амплитудаси энг кам булишига интилади. Аён қутбли машиналарда эса қутб бошмоқларининг четларидаги ҳаво оралиғи унинг марказидаги ҳаво оралиғига нисбатан каттароқ қи-либ олинади. Якорь / статор / чулғамида эса тарқалган ва қадами қисқартирилган чулғам ишлатилади. Токнинг 3-гармоникасини йуқо-тиш ва машинада қувват исрофини камайтириш мақсадида уч фазалиқ генераторларнинг якорь чулғами юлдуз усулида уланади. Бунда ли-ния кучланишларида ҳам 3-гармоникалар булмайди. Юқоридаги тад-бирларни амалга ошириш йули билан магнит оқими ва якорь чулғами-дан олинариған ЭЖК нинг шакли деярли синусоидал булади.

3-БОБ. СИНХРОН ГЕНЕРАТОРНИНГ ЖК БИЛАН ИШЛАШИ

3.1. Синхрон машиналарда якорь реакцияси

СГ статорининг ҳар бир фаза чулғамларига қийматлари тенг ва

бир хил турдаги юк уланса, чулгамларпан бир-бирига нисбатан $I20^\circ$ га силжиган уч фазали токлар ута бошлайди. Бу токлар статорда айланма магнит майдонини ҳосил қилади. Юк токи якори магнит оқими Φ_a ни ҳосил қилади. Φ_a ва қўзғатиш чулғамининг магнит оқими Φ_0 бир-бирига нисбатан қўзғалмас бўлиб, бу оқимлар биргаликда машинанинг йиғинди магнит оқимини ҳосил қилади.

Умуман, юк билан ишлаётган генераторда йиғинди магнит оқими Φ_n қўзғатиш чулғамининг МК F_0 ва якорнинг МК F_a лари таъсири натижасида ҳосил бўлади. F_0 генераторнинг юкига боғлиқ бўлмайди, F_a эса генераторнинг юк қийматига ва уни характериға боғлиқ бўлади, шунинг учун ҳам генераторнинг йиғинди оқими Φ_n салт ишлаш ҳолатидаги йиғинди оқим Φ_n дан фарқ қилади.

Якорь МК F_a нинг асосий магнит оқими Φ_0 га таъсири якори реакцияси дейилади. Синхрон машиналарда якори реакцияси юк қийматига ва характериға боғлиқ бўлади. Қуйида аёнмас ва аён қўтб-ли синхрон машина / СМ / лар учун якори реакциясини куриб чиқамиз.

Аёнмас қўтбли машинада якори реакцияси. Бунда СМ да статор ва ротор орасидаги ҳаво оралиғи статор айланаси буйича бир хил бўлади. Шундай булгани учун машинанинг салт ишлаш тавсиғи ёрдамида йиғинди МКК орқали ҳар хил юкланиш учун Φ_n оқим ҳосил қилган ЭК E_0 ни топиш мумкин. Агарда машинанинг магнит занжири туйинмаган бўлса, йиғинди магнит оқим Φ_n ни аниқлаш анча осонлашади, яъни у Φ_0 ва Φ_a магнит оқимларининг геометрик йиғиндисига

$$\Phi_n = \Phi_0 + \Phi_a \quad (3.1)$$

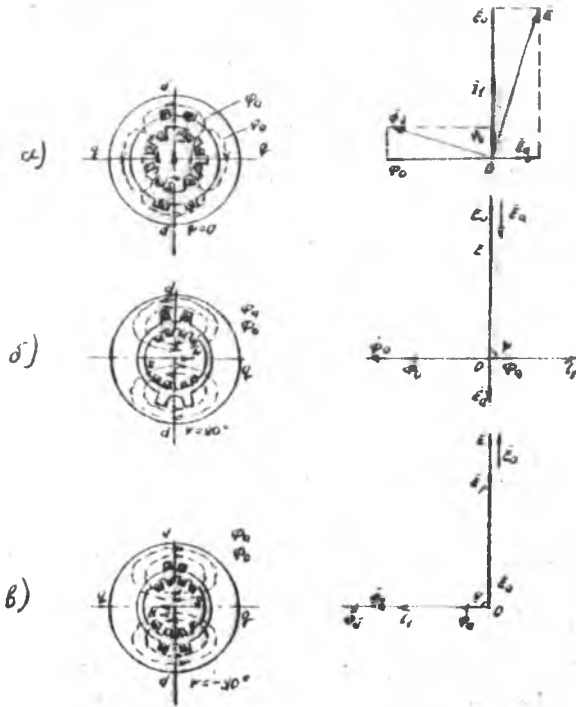
тенг бўлади.

Якори реакциясининг СМ ни ишлаш хусусиятларига таъсирини ЭК E_0 ва якори токи I_a орасидаги силжиш бурчаги ψ ни турли қийматлари ёрдамида куриб чиқайлик.

ψ бурчакни қиймати юк қаршиликларини хусусиятиға / актив, индуктив ёки сигимли булишиға / боғлиқ бўлади.

Агар юк фақат актив қаршиликдан иборат бўлса / $\psi = 0^\circ$ /, АХ фазадаги ток узининг максимум қийматига, роторнинг N ва S қўтбларининг ўқи қуриляётган чулғамнинг урта пазига тўғри келганда эришади / 3.1, а-расм /. Бунда Φ_a оқими АХ фазанинг ўқи билан мос тушади ёки Φ_0 оқимға нисбатан 90° орқада бўлади.

СМ лар назариясида N ва S қутблар уртасидан утадиган уқ буйлама уқ дейилади ва $d-d$ билан белги.лади, турли хил қутблар орасидан утадиган уқ эса кундаланг уқ дейилади ва $q-q$ билан белгиланади / 3.І-расм /. Шундай қилиб, СГ нинг юки фақат



3.І-расм.Турли хил юкда якорь реакциясининг машинани ишлаш хусусиятларига таъсирини тушинтиришга оид чизма.

актив қаршиликдан иборат булса / $\psi = 0$ / , якорнинг магнит оқими машинанинг кундаланг уқи буйича таъсир қилади. Бунда ҳар бир қутбнинг ярми магнитсизланса, қолган ярми эса магнитланади.

Йиғинди магнит оқими Φ_m нинг вектори модули

$$\Phi_m = \sqrt{\Phi_d^2 + \Phi_q^2}$$

билан аниқланади.

Агар юк фақат индуктив характерда, яъни $\psi = 90^\circ$ бўлса / 3.1,б-рasm / , Ax ҳазадаги ток узининг максимум қийматига ЭМК E_0 нинг қийматига нисбатан чорак давр кейинроқ эришади.

Якорь магнит оқими Φ_a машинанинг бўйлама уқи бўйича Φ_0 оқим-га нисбатан тескари йуналади.

Йигинди магнит оқим

$$\Phi_{\text{я}} = \Phi_0 - \Phi_a$$

билан аниқланади ва унинг қиймати камаяди, натижада якорнинг ЭМК E_a ҳам камаяди. Шундай қилиб, юк фақат индуктив характер-да бўлса, якорь реакцияси машинага магнитсиэловчи таъсир курса-тар экан.

Агар юк қаршилиги фақат сизгим характерига эга, яъни $\psi = -90^\circ$ бўлса / 3.1,в-рasm / , якорнинг магнит оқими Φ_a бўйлама уқ бўйи-ча таъсир қилади ва қузғатитиш чулғами оқими Φ_0 бўйича йуналади. Бунда йигинди магнит оқими

$$\Phi_{\text{я}} = \Phi_0 + \Phi_a$$

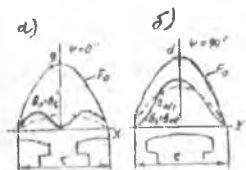
билан аниқланади. Шундай қилиб, юк сизгим характерида бўлса, якорь реакцияси машинага магнитловчи таъсир этиб, йигинди магнит оқи-ми $\Phi_{\text{я}}$ ни ва ЭМК E_a ни оширади.

Амалла СГ нинг юки турли характердаги қаршиликлардан иборат бўлади. У ҳолда ЭМК E_0 ва якорь токи I_a орасидаги силжиш бурча-гининг қиймати $-90^\circ < \psi < 90^\circ$ оралигида бўлади. Бунда актив-ин-дуктив юкда / орқада қолувчи ток / якорь реакцияси машинага магнитсиэловчи , актив-сизгим юкда / олдинда келувчи ток / эса якорь реакцияси машинага магнитловчи таъсир курсатади.

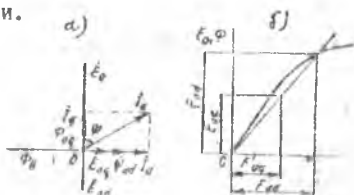
Аён қутбли машинада якорь реакцияси. Аён қутбли машинада статор ва ротор орасидаги ҳаво оралиги ҳар хил бўлади, бу ора-лиқ қутб бошмоқлари четида унинг уртасига нисбатан катта бўла-ди ва қушми қутблар орасидаги оралиқда жупа катталашиб кетади. Шунинг учун якорь магнит оқими Φ_a фақат якорь МММ F_a нинг қий-матига эмас, балки ротор қутбларига нисбатан МММ F_a нинг тарқа-лиш эгри чизиги $F_a = f(x)$ нинг ҳолатига ҳам боғлиқ бўлади.

Масалан, агар $\psi = 0$ бўлса / 3.2,а-рasm / якорнинг магнит оқими Φ_a машинанинг кундаланг уқи бўйича йуналади ва магнит ин-дукциясининг тарқалиш эгри чизиги, МММ F_a синусоидал тарқалган

булса ҳам эгарсимон шаклда бўлади.



3.2-расм. Магнит индукциясининг тарқалиш эгри чизиги.



3.3-расм. Лен қутбли СТ нин Φ_{ad} ва Φ_{aq} оқимларини, ҳамда E_{ad} ва E_{aq} ЭМК ларининг вектор диаграммаси ва уларни салт ишлаш тавсифи ёрдамида аниқлаш.

Агар $\psi = 90^\circ$ булса / 3.2,б-расм / , якорнинг магнит оқими Φ_a машинанинг буйлама уқи бўйича йуналади ва магнит индукциясининг эгри чизиги d-d уққа нисбатан симметрик бўлади. Ҳаво оралигидаги магнит қаршилиқ кичик булгани учун, магнит индукциясининг қиймати $\psi = 0$ даги индукцияга нисбатан каттароқ бўлади. Шу сабабли индукцияларнинг биринчи гармоникалари B_{ad1} ва B_{aq1} ҳам турлича максимал қийматларга эга бўлади.

Лен қутбли СТ ларда ҳаво оралигининг йиғинли қаршилиғи ўзгариб туриши сабабли, машинанинг иш ҳолатларини таҳлил қилишда қуш реакция усули қўлланилади. Бу усулга асосан якорнинг ММК F_a иккита ташкил этувчидан иборат бўлади: буйлама таъсир этувчиси:

$$F_{ad} = F_a \sin \psi \quad (3.2)$$

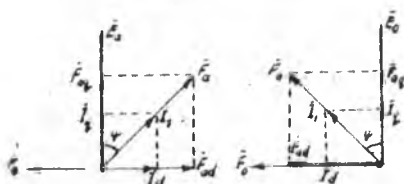
ва кундаланг таъсир этувчиси:

$$F_{aq} = F_a \cos \psi \quad (3.3)$$

Бунда якорнинг ММК $F_a = F_{ad} + F_{aq}$ бўлади. Якорь ММК ининг буйлама ташкил этувчиси F_{ad} якорнинг буйлама магнит оқими Φ_{ad} ни, якорь ММК нинг кундаланг ташкил этувчиси F_{aq} эса якорнинг кундаланг магнит оқими Φ_{aq} ни ҳосил қилади. Ўз навбатида бу магнит оқимлар Φ_{ad} ва Φ_{aq} якорнинг чулғамида буйлама E_{ad} ва

E_a ларни машинанинг магнитланиш эгри чизигидан ёки салт ишлаш тавсифидан фойдаланиб / 3.3-рasm / аниқлаш мумкин.

Агар генераторнинг юки актив-индуктив характерда булса, F_a вектор E_0 дан $0 < \psi < 90^\circ$ бурчакка кейинда булади / 3.4,а-рasm/.



3.4-рasm. Аён қутбли СГ нинг вектор диаграммаси.

Агар генераторнинг юки актив-сигим характерида булса, F_a вектор E_0 векторидан $0 < \psi < 90^\circ$ бурчакка олдинда келади / 3.4,б-рasm /.

Шундай қилиб, аён қутбли СГ да юк характери актив-индуктив булса, якорь реакцияси магнитсизловчи, агар юк характери актив-сигим характерида булса, якорь реакцияси магнитловчи таъсир курастар экан.

Аён қутбли машиналарда қушни магнит қутблари оралиғининг магнит қаршилиги қутб болмоқлари билан статор орасидаги оралиқнинг магнит қаршилигидан катта булади. Шунинг учун аён қутбли генераторларда якорь магнит оқимининг кундаланг ташкил этувчи қисми аёnmас қутбли машинаникига нисбатан анча кичкина булади. Шу сабабми, МКК нинг камайишини баҳолайдиган махсус коэффициент киритилади:

$$F_{aq}' = K_q F_{aq} = K_q F_a \cos \psi$$

бу ерда K_q - якорьнинг кундаланг реакция коэффициенти. Одатда, $K_q = 0,30 \dots 0,65$ га тенг булади.

Шунингдек, аён қутбли машина МКК нинг буйлама йуналган қисмини топиш тенгламасига K_d коэффициент киритилади:

$$F_{ad}' = K_d F_{ad} = K_d F_a \sin \psi$$

бу ерда K_d - якорьнинг буйлама реакция коэффициенти. Одатда, $K_d = 0,80 \dots 0,95$ га тенг.

3.2. Синхрон генераторларнинг ЭЖК лари тенгламаси

СГ юксиз ишлаганда унинг ташқи клеммаларидаги кучланиш статормулғамида ҳосил булган ЭЖК га тенг булади. Агарда СГ юк билан ишлайтган булса, якорм реакция сочилма магнит оқими таъсирдан ва статордаги кучланиш пасайиши оқибатида клеммалардаги кучланиш ЭЖК дан кичик булади.

Қуйида аён ва аёнмас қутбли СГ ларда ҳосил буладиган ЭЖК ларни куриб утамыз.

Аён қутбли СГ да ҳосил буладиган ЭЖК лар қуйидагилар:

1. Қузғатмш чулғами МЖК F_0 асосий магнит оқими Φ_0 ни, бу оқим эса асосий ЭЖК E_0 ни ҳосил қилади;

2. Якорм МЖК F_{ad} нинг буйлама ташкил этувчи F_{ad} қисми Φ_{ad} магнит оқимни, бу магнит оқими эса ЭЖК E_{ad} нинг буйлама ташкил этувчиси E_{ad} ни ҳосил қилади:

$$E_{ad} = -j I_d X_{ad} , \quad (3.4)$$

бу ерда X_{ad} - буйлама уқ буйича якорм / статор / чулғамининг индуктив қаршилиги; $I_d = I_a \sin \psi$ - статор токининг реактив ташкил этувчиси;

3. Якорм МЖК F_{aq} нинг қундаланг уқ буйича ташкил этувчиси F_{aq} эса магнит оқим Φ_{aq} ни ҳосил қилади. Бу магнит оқим эса ЭЖК E_{aq} нинг қундаланг ташкил этувчиси E_{aq} ни ҳосил қилади:

$$E_{aq} = -j I_q X_{aq} , \quad (3.5)$$

бу ерда $I_q = I_a \cos \psi$ -статор токининг актив ташкил этувчиси; X_{aq} -қундаланг уқ буйича якорм чулғамининг индуктив қаршилиги;

4. Статор пулат узаги ва қисман ҳаво оралиги орқали илашган сочилма магнит оқими Φ_c статор чулғамларида сочилма ЭЖК E_c ни ҳосил қилади:

$$E_c = -j I_a X_c , \quad (3.6)$$

бу ерда X_c -статор чулғамининг сочилма индуктив қаршилиги;

5. Статор чулғамидаги кучланиш пасайиши:

$$U_{R1} = I_a R_1 , \quad (3.7)$$

бу ерда R_1 - статор чулгамининг актив қаршилиги; I_a - статор токи.

Шундай қилиб статор чулғамидаги кучланиш юқоридаги ЭЖ ларнинг йигиндисига тенг экан:

$$U_1 = E_o + E_{ad} + E_{aq} + E_{c1} - U_{k1}$$

ёки

$$U_1 = E_o - j I_d X_{ad} - j I_q X_{aq} - j I_a X_{c1} - I_a R_1 \quad (3.8)$$

Аён қутбли синхрон машиналарда $X_q < X_d$ булади.

Аёнмас қутбли СГ да ҳосил бўладиган ЭЖ лар:

1. Асосий магнит оқими Φ_o ҳосил қилган ЭЖ E_o ;

2. Якорнинг МОК F_a якорнинг магнит оқими Φ_a ни ҳосил қилади.

Бу оқим эса ЭЖ E_a ни ҳосил қилади:

$$E_a = -j I_a X_a \quad (3.9)$$

бу ерда X_a - якорь чулгамининг индуктив қаршилиги;

3. Социлма магнит оқими Φ_{c1} ҳосил қилган ЭЖ E_{c1} :

$$E_{c1} = -j I_a X_{c1} \quad (3.10)$$

4. Якорь токи ҳам Φ_a ва Φ_{c1} магнит оқимларини ҳосил қилгани учун X_a ва X_{c1} индуктив қаршиликларни қушиш мумкин:

$$X_a + X_{c1} = X_c$$

бу ерда X_c - аёнмас қутбли СМ нинг синхрон индуктив қаршилиги. Ёки тула индуктив қаршилиқ дейилади. У ҳолда

$$E_c = -j I_a X_a + (-j I_a X_{c1}) = -j I_a X_c$$

5. Статор чулғамидаги кучланиш пасайиши:

$$U_{k1} = I_a R_1 \quad (3.11)$$

Аёнмас қутбли СГ нинг кучланиши юқоридаги ЭЖ ларнинг йигиндисига тенг булар экан:

$$U_1 = E_0 + E_c - U_{R1}$$

ёки

$$U_1 = E_0 - j I_a X_c - I_a R, \quad (3.12)$$

3.3. Аёнмас қутбли синхрон генераторнинг вектор диаграммаси

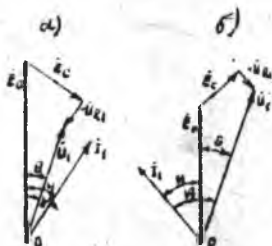
СМ ларнинг турли хил иш ҳолатларини таҳлил қилишда вектор диаграммалардан кенг фойдаланилади. Бу диаграммалар СМ ларнинг ЭЖК мувозанат тенгламалари ёрдамида қурилади.

Вектор диаграммани қуриш учун қуйидаги катталиклар маълум бўлиши лозим:

1. Салт ишлашдаги ЭЖК E_0 ;
2. Ўқ токи I_a билан ЭЖК E_0 орасидаги силжиш бурчаги ψ ;
3. Статор фаза чулғамининг актив қаршилиги.

Қуйида аёнмас қутбли СГ учун (3.12) тенгламадан фойдаланиб, генераторнинг вектор диаграммаларини қурамыз.

Диаграмма ихтиёрий йўналишда магнит оқими Φ_0 нинг векторини чизишдан бошланади. E_0 вектор Φ_0 вектордан 90° орқада бўлади. Статор токи I_a нинг вектори эса юк характериға қараб ЭЖК E_0 дан орқада / актив-индуктив юкда 3.5, а-расм / ёки олдинда / актив-сигим юкда 3.5, б-расм / чизилади. ЭЖК E_0 вектори охиридан I_a векторга тик йўналишда E_c векторини чизамиз. Кучланиш U_{R1} вектори ток векторига параллел, йўналиши эса унга тескари қилиб чизилади. Кучланиш U_{R1} векторининг учини О нукта билан бирлаштириб U_1 векторни топамиз.



3.5-расм. Аёнмас қутбли СГ нинг актив-индуктив (а) ва актив-сигим (б) юклардаги вектор диаграммалари.

1451105

55 ТамбГТУ

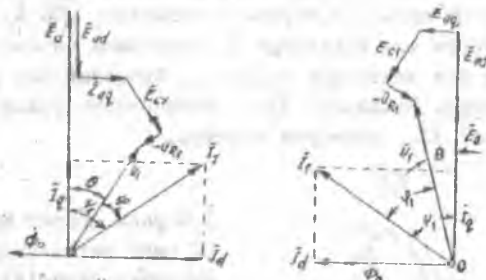
ЭК $\vec{E}_0$ вектори билан кучланиш $\vec{U}$, вектори орасидаги бурчак θ нк бурчаги дейилади. СМ генератор сифатида ишлаганда $\vec{U}$, кучланиш доимо ЭК $\vec{E}_0$ дан θ бурчакка орқада бўлади. Бунда θ бурчак мусбат бўлади ва генераторнинг нк қанча катта бўлса, бу бурчак ҳам катта бўлади.

3.4. Аён қутбли СГ нинг вектор диаграммалари

Аён қутбли СГ нинг вектор диаграммасини (3.8) тенглама ёрдамида қураимиз. Диаграммани куриш учун оллинг параграфдаги маълумотлардан ташқари, якорь реакциясининг бўйлама X_{ad} ва қундаланг X_{aq} индуктив қаршиликлари ҳам маълум бўлиши керак.

СГ нинг фаза токлари бир хил бўлганда, вектор диаграмма фақат бир фаза учун қурилади.

Диаграммани куришни қузғатиш чулғами ҳосил қилган магнит оқими $\vec{\Phi}_0$ ни бирор йуналиш бўйича йуналтиришдан бошлаймиз. Статор чулғамиди ҳосил бўлган ЭК $\vec{E}_0$ вектори магнит оқими $\vec{\Phi}_0$ дан 90° орқада чизилади. Статор токи $\vec{I}_1$ вектори нк характериға қараб $\vec{E}_0$ векторидан ψ бурчакка олдинда ёки орқада чизилади. Агар нк актив-индуктив характерда бўлса, статор токи $\vec{I}_1$ вектори ЭК $\vec{E}_0$ векторидан ψ_1 бурчакка орқада / 3.6, а-расм / ёки актив-сигим характерда бўлса, $\vec{I}_1$ ток ЭК $\vec{E}_0$ векторидан ψ_1 бурчакка олдинда / 3.6, б-расм / келадиган қилиб чизилади.



3.6-расм. Аён қутбли СГ нинг вектор диаграммалари.

Дк токи $\vec{I}_1$ ни бўйлама $\vec{I}_d = \vec{I}_1 \sin \psi_1$ ва қундаланг $\vec{I}_q = \vec{I}_1 \cos \psi_1$ ташкил этувчиларға ажратамиз, бунда ток $\vec{I}_2$ ЭК $\vec{E}_0$ вектори билан бир фазада, ток $\vec{I}_d$ эса ЭК $\vec{E}_0$ векторидан актив-индуктив юкда 90° орқада, актив-сигим юкда эса 90° олдинда чизилади.

Актив-индуктив юкда $\vec{E}_{ad}$ вектори $\vec{E}_0$ векторга тескари, $\vec{E}_{ad}$ эса $\vec{E}_0$ векторидан 90° орқада чизилади. Социлма оқим ЭЖК $\vec{E}_{ci}$ вектори $\vec{I}_1$ ток векторидан 90° орқада чизилади. Статор актив қаршилигидаги кучланиш пасайиши $\vec{I}_1$ векторга нисбатан тескари чизилади. О нуқтани $-\vec{I}_1 R_1$ вектор учи билан туташтириб, статор чулғаидаги кучланиш $\vec{U}_1$ векторини топамиз.

Агар генератор юки актив-сигим характерида / 3.6,б-расм / булса, ток $\vec{I}$ вектори ЭЖК $\vec{E}_0$ дан ψ бурчакка олдинда келади. Магнит оқими $\vec{\Phi}_{ad}$ нинг йуналиши $\vec{\Phi}_0$ вектори йуналиши буйича булади, яъни якорь реакцияси магнитловчи таъсир курсатади. Шу сабабли $\vec{E}_{ad}$ векторининг йуналиши / 3.6,а-расмдаги диаграммага нисбатан 180° га узгаради. Вектор диаграмманинг қолган қисмини қуриш юкоридаги усулда қурилади.

Шундай қилиб, СГ нинг юки актив-индуктив характерда булса, якорь реакцияси машинанинг магнит занжирини магнитсизлайди, юк актив-сигим характерида булса, якорь реакцияси машинанинг магнит занжирига магнитловчи таъсир курсатади.

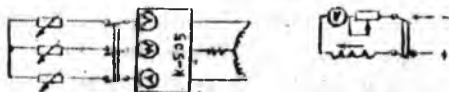
3.5. Синхрон генераторнинг тавсифлари

СГ нинг тавсифлари унинг ишлаш хусусиятларини баҳолайди.

Бу тавсифлар тажрибалар, ҳисоблаш ёки вектор диаграммалар ёрдамида қурилиши мумкин. Аён ва аёнмас қутбли СГ лар учун бу тавсифлар бир хилдир.

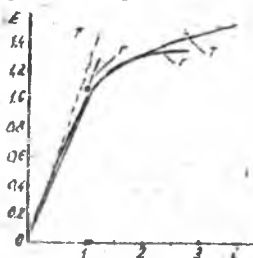
I. Саят ишлаш тавсифи - статор токи $I_1 = 0$ ва айланиш тезлиги $n = \text{const}$ булганда генератор қисмларидаги кучланиш ёки ЭЖК $\vec{E}_0$ нинг қузғатиш токи I_k билан қандай боғланганлигини курсатади, яъни $\vec{E}_0 = f(I_k)$.

Бу тавсиф амалда тажриба йули билан аниқланади. Бунинг учун 3.7-расмдаги схема йигилади.



3.7-расм. СГ тавсифларини тажрибада олиш схемаси.

Салт ишлаш тавсифи / СИТ / ни утказиш вақтида статор чулғамлари очиқ ҳолда бўлади. Бў тавсифнинг қуриниши нисбий бирликларда 3.8-расмда курсатилган. Бў тавсиф "ерламида СГ нинг



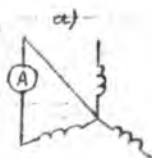
3.8-расм. Синхрон генераторнинг салт ишлаш тавсифи.

магнит занжири тўйиниш даражасини аниқлаш мумкин. Бунинг учун СИТ нинг тўғри чизик / магнит занжир тўйинмаган ҳолдаги / қисмига уринма утказилади ва $ас/ав = K_T$ тўйиниш коэффициентини топилади.

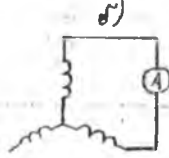
2. Қисқа туташув тавсифи / ҚТТ / $n = const$ ва $u = 0$ бўлганда статор чулғамидаги қисқа туташуш токининг қўзғатиш токига қандай боғланганлигини курсатади, яъни $I_{КТ} = f(I_K)$.

Бў тавсифни олиш вақтида 3.7-расмдан фойдаланилади, бунда статор чулғамлари қисқа туташтирилади. Қисқа туташушнинг уч хил тури утказилади:

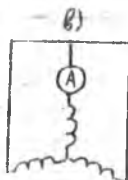
- 1 1-фаза қисқа туташуш тажрибаси / 3.9,а-расм /;
- 2 2-фаза қисқа туташуш тажрибаси / 3.9,б-расм /;
- 3 3-фаза қисқа туташуш тажрибаси / 3.9,в-расм /;



1-фаза қисқа туташуш.



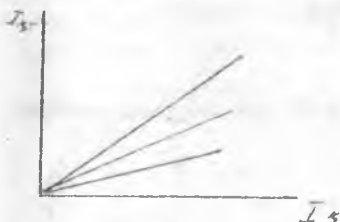
2-фаза қисқа туташуш.



3-фаза қисқа туташуш.

3.9-расм. СГ нинг қисқа туташуш тажрибаларини утказиш схемалари.

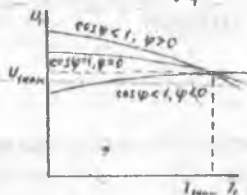
Қисқа туташш / ҚТ / шароитида СГ нинг ЭЖ жуда кичкина булади. Магнит оқими ҳам кичкина булгани учун генераторнинг магнит занжири туйинмаган булади, шу сабабли ҚТТ туғри чизик куринишида булади / 3.10-расм /.



3.10-расм. СГ нинг ҚТТ.

3.Ташқи тавсифи - қўзғатиш токи $I_K = \text{const}$, $f = \text{const}$, $\cos \varphi = \text{const}$ булганда генератор қисмларидаги қўчланишнинг юк токи билан боғланишини курсатади, яъни $U = f(I)$. Бу тавсифни олишда 3.7-расмдаги схемадан фойдаланилади ва статор қўлғамларига актив, индуктив ва сизим характеридаги юклар уланади.

СГ нинг ташқи тавсифи юкнинг турига қараб ҳар хил булади. 3.II-расмда генераторнинг бу тавсифи уч хил хусусиятли юкланишга тегишли $\cos \varphi$ учун курсатилган.



3.II-расм. СГ нинг ташқи тавсифи.

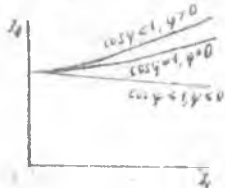
Актив-индуктив юкда / $\varphi > 0$ / машинанинг якорь реакциясининг магнитсизловчи таъсири якорь токининг ортиши билан клеммадаги / қисмдаги / қўчланиш камаяди.

Актив-сизим / $\varphi < 0$ / якорь реакцияси магнитловчи таъсир курсатади ва I , токининг ортиши билан қўчланиш ҳам ортади.

$\cos \varphi = 1$ / $\varphi = 0$ / да ҳам якорь реакцияси магнитсизловчи таъсир курсатади, шунинг учун I , токининг ортиши натижасида қўчланиш камаяди.

4. Ростлаш тавсифи - $U_1 = \text{const}$, $\cos \varphi = \text{const}$ ва $f = \text{const}$ бўлганда, $I_K = f(I_1)$ боғланиши ифодалайди. Бу тавсифни текширишда ҳам 3.7-расмдан фойдаланамиз.

3.12-расмда СГ нинг уч хил хусусиятли юкланишга тегишли $\cos \varphi$ қийматлари учун бу тавсифлар кўрсатилган.

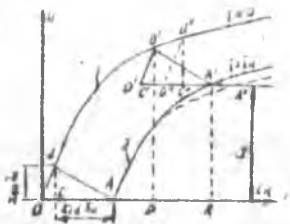


3.12-расм. СГ нинг ростлаш тавсифи.

Актив-индуктив / $\varphi > 0$ / ва актив / $\varphi = 0$ / юкларда якорь реакциясининг магнитсизловчи таъсири I_1 токининг ортиши билан ортади ва СГ нинг чиқиш клеммаларидан олинадиган кучланиш пасаяди, шартга кура $U_1 = \text{const}$ бўлиши учун қўзғатиш токини ошириш керак бўлади.

Актив-сигим / $\varphi < 0$ / юкланишда якорь реакцияси магнитловчи тусда бўлади, шу сабабли кучланиш ортади. $U_1 = \text{const}$ бўлишини таъминлаш учун қўзғатиш токини камайтириш керак бўлади.

5. Юкланиш тавсифи деб - $U_1 = f(I_K)$ боғланишга айтилади. Бунда $I_1 = \text{const}$, $\cos \varphi = \text{const}$ ва $f = \text{const}$ шартлари бажарилиши зарур. Бу тавсифнинг қурилиши 3.13-расмда кўрсатилган.



3.13-расм. СГ нинг юкланиш тавсифи.

Юкланиш тавсифи якорь реакциясининг магнитоизловчи таъсири натижасида координата боши О дан бовланмай, балки "А" нуқтадан бошланади. Шунинг учун ҳам бу тавсиф ва СИТ ни битта графикда чизсак, юкланиш тавсифи пастроқда жойлашади.

3.6. Синхрон генераторнинг энергетик диаграммаси

Синхрон машиналар генератор ёки мотор режимида ишлашдан қатъий назар, энергияни бир турдан иккинчи турга айлантираётганда уларда албатта қувват исрофлари бўлади.

3.14-расмда СГ нинг энергетик диаграммаси кўрсатилган.



3.14-расм. СГ нинг энергетик диаграммаси.

СГ нинг ротори бирламчи мотор ёрдамида P_1 механик қувват билан айлантирилади. Бу қувватнинг бир қисми механик $\Delta P_{\text{мех}}$ исрофларга, яъни генераторнинг айланувчи қисмларидаги: подшипниклардаги, роторнинг ҳавога ёки совутувчи муҳитга, чуққа ларнинг ҳалқаларда ишқаланиш қаршиликларини енгишга кетган қувват исрофлари қирали. P_1 қувватнинг бошқа қисми эса статор пулат узагидаги магнит исрофларга сарфланади. Магнит исрофи иккига бўлинади:

1) маълум частота билан қайтариладиган синусоидал токни / магнит оқимини / ҳар давридаги пулат узакни қайта магнитлашдан юзага келадиган гистерезис исрофи бўлиб, у

$$\Delta P_r = \sigma_r \left(\frac{f}{100} \right) B^2 \quad (3.13)$$

ифода ердамида аниқланиши мумкин. Бунда σ_r - пулат маррасига боглиқ булган солиштирма исроф коэффиценти; f - қайта магнитланиш частотаси; B - магнит индукцияси, Тл;

2) уярма тоқлар ҳосил қилган қувват исрофи

$$\Delta P_y = \sigma_y \left(\frac{f}{100} \right)^2 B \quad (3.14)$$

бу ерда σ_y - пулат маррасига ва айрим пластинкаларнинг қалинлигига боглиқ булган солиштирма исроф коэффиценти.

Шундай қилиб магнит исрофи

$$\Delta P_{\text{маг}} = \Delta P_r + \Delta P_y \quad (3.15)$$

Механик қувват P_1 нинг бир қисми эса статор ва ротор пулат узагидagi қушимча қувват исрофига сарф булади, бошқа қисми эса электр исрофига сарфланади.

Электр исрофи қуйидагича топилади

$$\Delta P_{эл} = m I_{\phi}^2 R_{75} 10^{-3}, \quad (3.16)$$

бу ерда m -фазалар сони; R_{75} -статор фаза чулгамининг 75°C ҳароратдаги актив қаршилиги.

Генераторнинг қузғатиш чулгамидаги исроф қуйидагича топилади

$$\Delta P_{\kappa} = (I_{\kappa}^2 R_{\kappa} + 2 \Delta U_{\kappa} I_{\kappa}) 10^{-3}. \quad (3.17)$$

Бундан ташқари генераторда қушимча $\Delta P_{\kappa\text{уш}}$ исрофлар ҳам булади. Бу қувват исрофи статор ва ротор тишларида магнит оқимининг пульсланиши, сочилма оқим томонидан ҳосил қилинган уярма тоқлар вужудга келтирган ва бошқа исрофлар оқибатида вужудга келади. Бу қувват исрофини аниқ ҳисоблаш жуда қийин. Шу нинг учун синхрон машиналарда ГОСТ-ИВ26-66 га биноан қушимча $\Delta P_{\kappa\text{уш}}$ исрофлар машина номинал қувватининг 0,5% га тенг деб олинади.

Шундай қилиб СГ да умумий қувват исрофи

$$\Sigma \Delta P = \Delta P_{\text{мех}} + \Delta P_{\text{маг}} + \Delta P_{эл} + \Delta P_{\kappa} + \Delta P_{\kappa\text{уш}}.$$

Синхрон машина мотор булиб ишлатган булса, унинг энергетик диаграммаси қуйидагича булади: фақат бунда P_1 моторни электр тармоқдан оладиган, P_2 -эса бевосита валга берадиган қувватларидир. Генератор ҳолатида эса P_2 машинанинг электр тармоққа берадиган қувватидир.



3.15-расм. Синхрон моторнинг энергетик диаграммаси.

Синхрон машинанинг ЭИК қуйидагича топилади

$$\eta = P_2 / P_1 = \frac{P_1 - \sum \Delta P}{P_1} \quad (3.18)$$

Синхрон генераторнинг ЭИК қуйидагича топилади

$$\eta = 1 - \frac{\sum \Delta P}{P_2 + \sum \Delta P} \quad (3.19)$$

Синхрон моторнинг ЭИК эса қуйидагича топилади

$$\eta = 1 - \frac{\sum \Delta P}{P_1} \quad (3.20)$$

4-БОБ. СИНХРОН ГЕНЕРАТОРЛАРНИНГ ПАРАЛЛЕЛ ИШЛАШИ

4.1. Параллел улашда бажариладиган шартлар

Ҳозирги вақтда бир нечта электр станциялари-параллел ишлаб, энергетика тизимини ҳосил қилади. Тизим истеъмолчиларни узлуксиз энергия билан таъминлашга, электр станцияларнинг қувватидан тулароқ фойдаланишга, таъмирлаш ишларини осонлаштириш имконини беради. Ҳар бир электр станциясида бир нечта генератор урнатилган бўлиб, электр тизимида юзлаб генераторлар параллел ишлайди. Ана шунинг учун ҳам ҳар бир генераторнинг қуввати энергетика тизимида юкланиши ҳар қандай узгариши билан тизимда ишлаётган генераторнинг частотаси ва кучланиши амалда, узгармайди.

СГ ни электр тармоғига ёки ишлаб турган генераторлар билан параллел улаш учун қуйидаги шартлар бажарилиши шарт:

1. Генераторнинг ЭИК E_r электр тармоғининг кучланиши га тенг / $E_r = U_T$ / бўлиши лозим;
2. СГ нинг частотаси f_r электр тармоғининг частотаси га тенг / $f_r = f_T$ / бўлиши керак;
3. СГ нинг ЭИК E_r ва электр тармоқ кучланиши U_T тескари ғазара бўлиши шарт.

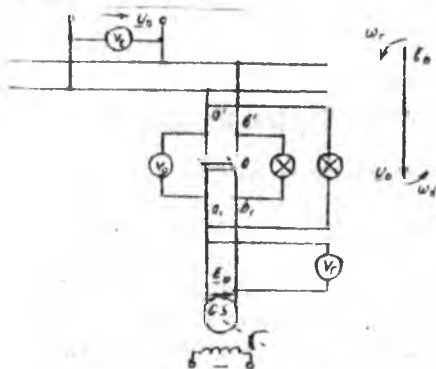
4. Генератор клеммаларининг ва электр тармоғи фазаларининг кетма-кетлиги бир хил бўлиши керак / бу шарт фақат уч фазали СГ лар учун /.

4.2. Синхрон генераторларни параллел улаш усуллари

СГ ларни параллел улашнинг қуйидаги усуллари мавжуд:

1. Аниқ синхронлаш усули - бу усулда генераторларни параллел улашнинг учта талаби аниқ бажарилиши шарт.

Биринчи шартнинг бажарилиши генератор клеммаларига уланган вольтметр ёрдамида текширилади/ 4.1-расм /.



4.1-расм. СГ ни тармоққа параллел улашдаги биринчи шартнинг бажарилишини текшириш схемаси.

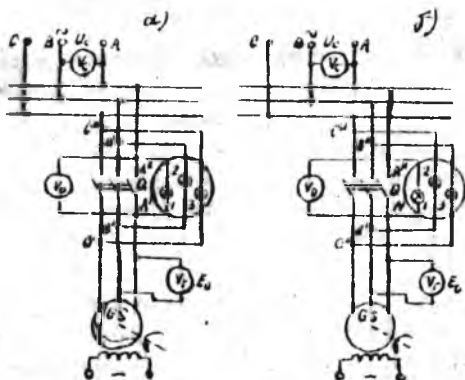
Қолган икки шарт эса синхроскоп деган асбоб ёрдамида текширилади. Энг оддий синхроскоп асбоби лампали синхроскопдир.

Агар улагич Q узилган бўлса; СГ салт ишлаш ҳолатида ишлайди ва Q клеммаларида ЭКК $\Delta U = E_0 + U_T$ бўлади. Агарла параллел уланадиган генераторнинг айланиш частотаси узгармас бўлиб, ω номинал айланиш частотасига тенг бўлса, E_0 ва U_T лар бир хил бурчак частота билан айланарди, натижада ΔU узгармас булар эди. Амалда генераторнинг айланиш частотасини узгармас сақлаб бўлмайди, шу сабабли E_0 ва U_T ларнинг частоталари орасида фарқ бўлади. Ана шунинг учун ҳам E_0 ва U_T бир бирига нисбатан $\omega_T - \omega_r = 2\pi(f_r - f_T)$ бурчак частота би-

лан айланади. Бунинг оқибатида ΔU нолдан $2 U_T$ гача ўзгариши ва лампалардаги кучланиш ҳам ўзгариб туради, яъни лампалар бир вақтда ёниб ва ўчиб туради.

Генераторни тармоққа параллел улашнинг энг қулай вақти $\Delta U = 0$ бўлгандаги ҳолатдир, бунда лампалар / чироқлар / ўчган ҳолат бўлади. Ана шу вақтда E_0 ва U_T векторлари бири-бирига нисбатан тескари фазода бўлади, яъни $E_0 = -U_T$.

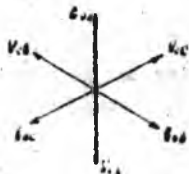
Уч фазали СГ ларни синхроскоп лампалари "ўчиш" /4.2,а-расм / ва "ёруғлик айланиш" / 4.2,б-расм / схемалари бўйича уланади.



4.2-расм. СГ ни тармоққа параллел улаш схемаси.

Қуйида "ўчиш" схемаси / 4.2,а-расм / бўйича генераторни параллел улаш усулини куриб утамыз.

Бу схемада чироқлар А-А", В-В" ва С-С" нуқталар орасига уланган бўлиб, ҳар бир жұфт нуқталар бир фазани ташкил қилади. Улагич О қачонки бу нуқталар орасидаги кучланишлар қиймати нолга тенг бўлганда ва учала чироқлар ўчганда уланиши керак. Бу ҳолда тармоқ кучланиши U_T ва ЭК E_0 бир-бирига нисбатан тескари фазода бўлади / 4.3-расм /.



4.3-расм. СГ ни тармоққа параллел улаш жараёнидаги ва E_0 ларнинг вектор диаграммаси.

"Еруғлик айланиш" схемаси бўйича генераторни тармоққа параллел улаш 4.2,б-расмда курсатилган. Бунда I-лампа /чироқ/ A'-A" бир хил фаза нуқталарига, қолган иккита чироқ эса ҳар хил фаза нуқталарига B'-B" ва C'-B" уланган бўлади. Улагич Q A'-A" нуқтадаги чироқ учган ва қолган икки чироқ эса бир хил ёнган ҳолатда уланиши керак.

Улагич Q нинг яхши улаш ҳолатини билиш учун ёқоридаги икки схемада ҳам A'-A" нуқталар орасига вольтметр уланади.

A'-A" нуқталар орасидаги кучланиш қиймати ноль бўлганда бу вольтметрнинг стрелкаси чироқлар учганда ва ёнганда секин тебранади ва нолни курсатади. Ана шу вақтда генератор уланиши лозим.

Ҳозирги вақтда электр станцияларда муаммаллашган мураккаб синхроскоплар ишлатилмоқда. Бу синхроскоплар СГ ларни параллел улашпаги вақтни аниқ курсатиб беради.

СГ ларни аниқ синхронлаш усули билан параллел улаш куп вақт / 10 минут / талаб қилади. Шунинг учун ҳозирги вақтда жуда куп электр станцияларда уз-уздан / ноаниқ / синхронлаш усули қўлланилмоқда. Бу усул билан кучланиш ва частоталар фарқи бўлган ҳолатда ҳам генераторни қисқа вақтда тармоққа параллел улашга эришилади. Ноаниқ синхронлашда бирламчи мотор ёрдамида ҳали қўзғатилмаган генераторнинг ротори синхрон тезликка яқин тезлик билан айлантирилади, кейин статор чулғамлари тармоққа уланади ва қўзғатиш чулғамига ўзгармас кучланиш берилади. Учинчи жараёндан сўнг генератор синхрон ишлайди ва шу тариқа параллел ишлайди. Бу усулда генератор параллел уланган вақтда токнинг тебраниши қўзғатилади. Шунинг учун бу усул генераторни тез ва қисқа вақт ичида тармоққа параллел улаш керак бўлганда қулай ҳисобланади. Синхронлашдан олдин генератор ва тармоқ кучланиши айрим фазаларининг кетма-кетлиги текширилган бўлиши шарт.

4.3. Синхрон генераторнинг актив қувватини ростлаш. Актив қувватнинг бурчак тавсифи

Тармоқ билан параллел ишлаётган СГ нинг актив қувватини унинг валидаги айлантирувчи моментни ўзгартириш йули билан ўзгартириш учун генераторни ҳаракатга келтираётган бирламчи

моторга / турбинага / таъсир этиш лозим / масалан, турбинага келаётган сувни ёки бугни узгартириш ёки узгармас ток моторининг қузгатиш токини узгартириш ёки бошқалар /.

Генератор тармоққа бераётган актив қувват

$$P_2 = P_{эм} - P_{эл1} = m U_1 I_1 \cos \varphi$$

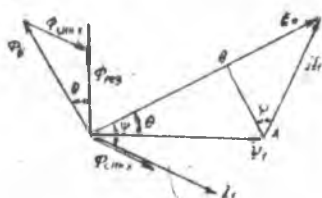
булиб, бу ерда $P_{эл1}$ -якорь занжиридаги электр исрофидир.

Агар $P_{эл1}$ ни ҳисобга олмасак, у ҳолда генераторни ташқарига -тармоққа бераётган қуввати

$$P_2 \approx P_{эм} \approx m E_0 I_1 \cos \psi \quad (4.1)$$

Тармоқ билан параллел ишлаётган СГ ни текшириш вақтида $P_{эм}$ қувватни машинанинг параметрлари ёки ротор ҳолати ва йигинди магнит майдони орасидаги силжиш бурчаги θ орқали ифодалаш қулайдир. Бунинг учун (4.1) формулани бошқа қурилишга келтираемиз.

Аёнмас қутбلى СГ нинг вектор диаграммаси 4.4-расмда келтирилган.



4.4-расм. Аёнмас қутбلى СГ нинг вектор диаграммаси.

Бу диаграммада $I_1 R_1$ кучланиш пасайиши нолга тенг. Қузгатиш майдонини Φ_K оқими якорь чулғаидаги E_0 ЭЖ дан 90° олдинда келади. Бу майдоннинг уқи қутблар уқи билан мос булади. Якорь майдонининг $\Phi_c = \Phi_a + \Phi_{s1}$ оқимини I_1 ток ҳосил қилади, бу ток якорь майдони Φ_c билан мос булади.

Φ_K ва Φ_c оқимлар қушилиб йигинди Φ_H оқимни ҳосил қилади. Йигинди оқим Φ_H кучланишга пропорционал, яъни $\Phi_H \sim U_1$ булади. Φ_H оқими кучланиш U_1 дан 90° олдинда келади. 4.4-расмдан

$$\cos \psi = AB / I_1 X_c = U_1 \sin \theta / I_1 X_c \quad (4.2)$$

эканлигини аниқлаймиз.

(4.3) данн бoгу'ни (4.1) га куйиб куйидагига

$$P_{эм} = \frac{m U_1 E_0}{X_c} \sin \theta \quad (4.3)$$

буллади.

Ифодадан шу нарсa куринадики, $P_{эм}$ қувват θ бурчак, куч-сигналы U_1 ва E_0 ЭЖ га боғлиқ булар экан.

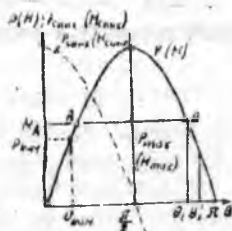
Шунингдек, U_1 ва E_0 орасидаги бу θ бурчак юкланиш бурчакни ҳам дейилади.

СГ нинг электромагнит моменти қуйидаги ифодадан топилади

$$M_{эм} = P_{эм} / \omega_1 = \frac{m U_1 E_0}{\omega_1 X_c} \sin \theta \quad (4.4)$$

бу ерига $\omega_1 = 2\pi n_1 / 60 = 2\pi f$ — магнит майдониинг бурчак тезлиги. $U_1 = \text{const}$ булгани учун $M_{эм} \sim P_{эм}$ булади.

4.5-расмда $P_{эм} = f(\theta)$ боғланишлар курсатилган. Бу боғла-



4.5-расм. СГ нинг бурчак тавсифи.

ларга генератор электромагнит қуввати ва электромагнит моментиинг бурчак тавсифи дейилади. Бунда $U_1 = \text{const}$, $f_1 = \text{const}$ ва $E_0 = \text{const} / I_k = \text{const} /$ булади.

$P_{эм}$ ва $M_{эм}$ ларнинг қийматларига номинал бурчак θ_n туғри келади. $\theta_n = 20^\circ \dots 35^\circ$ оралиғида булади.

$\theta = \pi / 2$ булса, $\sin \theta = 1$ булиб, қувват ва момент узларининг максимум қийматларига эга булади

$$P_{эм.макс} = m U_1 E_0 / X_c; \quad M_{эм.макс} = m U_1 E_0 / \omega_1 X_c. \quad (4.5)$$

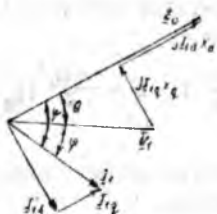
Адиас қутбли СГ нинг бурчак тавсифидан, шу нарсa куринадики генераторнинг иш участкаси $\theta > 0 \dots \pi / 2$ оралиқда булар экан. $\theta > \pi / 2$ да эса генератор истурғун ишлайди ва синхронизмдан чиқиб кетиши мумкин.

Аён қутбли СГ электромагнит қувватининг бурчак таварифини

$$P = m U_1 I_1 \cos \varphi \quad (4.6)$$

тенгламалардан фойдаланиб тасвирлаш мумкин.

4.6-расмда аён қутбли СГ нинг вектор диаграммаси кўрсатилган



4.6-расм. Аён қутбли СГ нинг вектор диаграммаси.

Бу диаграммада статор чулгамининг актив қаршилиги кичиклиги учун $R_1 = 0$ деб қабул қилинган. Бу диаграммалардан $\varphi = \psi - \theta$, у ҳолда

$$P = m_1 U_1 I_1 \cos \varphi = m_1 U_1 \bar{I}_1 \cos (\psi - \theta) = m_1 U_1 \bar{I}_1 (\cos \psi \cos \theta + \sin \psi \sin \theta) = m_1 U_1 (I_{1d} \cos \theta + I_{1q} \sin \theta) \quad (4.7)$$

Кучланиш ва кучланиш пасайиши векторларининг проекциясини олиб қўйидагига эга бўламиз

$$E_0 = U_1 \cos \theta + I_{1d} X_d ;$$

$$I_{1q} X_q = U_1 \sin \theta$$

бундан

$$\left. \begin{aligned} I_{1d} &= (E_0 - U_1 \cos \theta) / X_d \\ I_{1q} &= U_1 \sin \theta / X_q \end{aligned} \right\} \quad (4.8)$$

(4.8)даги тоқларнинг қийматини (4.7) га қўйиб қўйидагига эга бўламиз:

$$P_{эм} = P' + P'' = \frac{m_1 U_1 E_0}{X_d} \sin \theta + \frac{m_1 U_1^2}{2} \left(\frac{1}{X_q} - \frac{1}{X_d} \right) \sin 2\theta \quad (4.9)$$

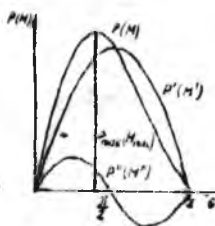
Биринчи таъкил этувчи P' қувват кучланиш ва қўзғатиш чулгамининг МҚҒ га боғлиқ. Иккинчи таъкил этувчи қувват P'' кучланиш ва қўзғатиш чулгамининг МҚҒ га боғлиқ бўлмайди, у X_d ва X_q индуктив қаршиликлар фарқи туфайли ҳосил бўлади. Аёнмас

қутбли синхрон машиналарда $X_d = X_q$ шу сабабли иккинчи ташкил этувчи бўлмайди. Аён қутбли синхрон генератор ана шу иккинчи ташкил этувчи ҳисобидан тармоқ билан қўзғатиш токи бўлмаганда ҳам, $E_o = 0$ бўлганда параллел ишлайди. Бу ҳолда машинанинг магнит оқимини якордаги ММҚ ҳосил қилади.

Электромагнит моментни 4.9 формулани магнит майдонининг бурчак тезлиги ω_1 га бўлиб толамиз

$$M_{\text{ЭМ}} = P_{\text{ЭМ}} / \omega_1 = M' + M'' = \frac{m_1 U_1 E_o}{\omega_1 X_d} \sin \theta + \frac{m_1 U_1^2}{2} \left(\frac{1}{X_q} - \frac{1}{X_d} \right) \sin 2\theta \quad (4.10)$$

4,7-расмда аён қутбли СГ нинг электромагнит қуввати ва моментларининг бурчак тавсифи келтирилган.



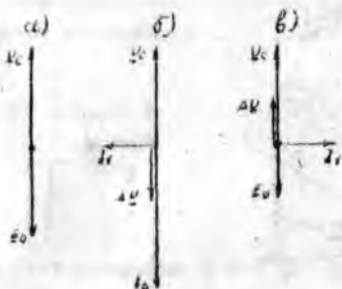
4.7-расм. Аён қутбли СГ нинг бурчак тавсифи.

4.4. Синхрон генераторнинг реактив қувватини ростлаш. У-симон тавсифи. Реактив қувватнинг бурчак тавсифи

Кучланиш $U_1 = \cos \alpha$, $f = \cos \alpha$ ва қувват $P = \cos \alpha$, яъни узгармас бўлганда, тармоқ билан параллел ишлайдиган СГ нинг реактив қувватини қўзғатиш чулғамидаги токни узгартириш йули билан узгартирилади. Қуйида аёнмас қутбли СГ ни тармоққа қувват бермайдиган, яъни $P = 0$ бўлиб, тармоқ билан параллел ишлашини кўриб ўғамиз.

Генераторни тармоққа улагандан сунгра унинг ЭМҚ E_o тармоқ кучланиши U_1 билан мувозинатлашади, уларнинг айғиндисы аса $\Delta U = E_o + U_1 = 0$ / 4.8, а-расм / бўлади.

Якорь занжиридаги ток ҳам нолга тенг бўлади. Агар машинанинг қўзғатиш токини оширсак / ута қўзғатиш / , у ҳолда E_o ошади ва $\Delta U = E_o + U_1 \neq 0$ бўлади. Натижада якорь занжирида $I_1 = -j \Delta U / X_c$ ток ҳосил бўлади / 4.8, б-расм / , бу ток



4.8-расм. $P_{эм} = 0$ бўлганда, тармоқ билан параллел ишлагани асинхрон кутбли СГ'нинг содда вектор диаграммалари.

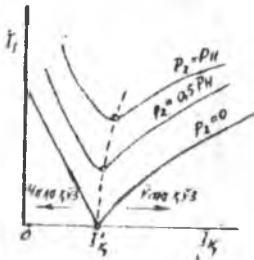
ва E_0 дан $\psi = 90^\circ$ орқанда қолади. Бунда электромеханик қувват $E_0 I \cos \psi = 0$ бўлади ва генератор фақат реактив қувват ишлаб чиқаради. Бу реактив қувватни генератор тармоққа беради. Агар қўзғатиш токининг қийматини оширсак бу қувватнинг қиймати ҳам ошади, натижада ЭМ E_0 ҳам ортади.

Агар $E_0 = U_0$ бўлса / 4.8, а-расм / , қўзғатиш токи ва E_0 ни камайтирсак, у ҳолда тескари йўналишдаги кўчланишлар ΔU қи ΔU вужудга келади / 4.8, в-расм /.

Шу сабабли якорнинг токи кўчланиш ΔU дан 90° га орқанда қолиб, ЭМ E_0 дан эса $\psi = 90^\circ$ олдинда келади. Натижада реактив қувват узининг йўналишини ўзгартириб, тармоқдан генераторга ўзатилади. Қўзғатиш токининг кейинги камайтирилган қийматларида эса якорь токи I_1 ортади.

Шундай қилиб, қўзғатиш токининг ўзгариши, реактив қувватнинг ўзгаришига олиб келади. Ута қўзғатиш ҳолатида ишлаган генератор орқанда қолувчи ток, чала қўзғатиш ҳолатида эса слядинда қолувчи ток билан ишлар экан.

4.9-расмда статор токининг қўзғатиш токига бўғланиши, яъни $I_1 = f(I_2)$ боғлиқлик курсатилган. Бу тавсифга СГ'нинг У-симон тавсифи дейилади. Бу тавсиф СГ'ни чиқиш клеммаларидаги кўчланиш $U_2 = \cos \psi$, тармоққа берадиган қуввати $P_2 = \cos \psi$ ва тармоқдаги частота $f_2 = \cos \psi$ бўлганда қўзғатиш қўлғамини токи ўзгартирилиб олинади. У-симон тавсифдаги якорь токининг минимум қиймати $\cos \psi = 1$ га тўғри келади. Генераторнинг тармоққа бераётгани актив қуввати P_2 ортиши билан У-симон тавсиф ортиши актив қувватда олинган У-симон тавсифдан ажратилган.



4.9-расм. СТ нинг У-симон тавсифи.

жойлаша боради / 4.9-расм /. Бунда якорь токининг минимум нуқталари / $\cos \varphi = I /$ унга томон силжийди. Бунга сабаб шу нарсаки, актив қувватнинг ортиши билан якорь токининг актив ташкил этувчиси I_{Ia} ҳам ортади, натижада якордаги $I_{Ia} X_C$ кучланиш пасайиши ҳам ортади. Тармоққа бериладиган кучланиши $U_1 = \cos \varphi$ бўлиши ёки ортаётган $I_{Ia} X_C$ кучланиш пасайишини қоплаш учун қўзғатиш токини ошириб ЭМК E_0 ни ҳам қўпайтиришга тўғри келади чунки

$$E_0 = U_1 + j I_{Ia} X_C .$$

Агар $U_1 = \cos \varphi$, $f_1 = \cos \varphi$ ва $E_0 = \cos \varphi$ булганда тармоқ билан параллел ишлайтган генераторнинг бурчак θ узгарити натижасида актив қувват билан бирга реактив қувват ҳам узгаради. Реактив қувватнинг юқоридаги шартлари бажарилганда бурчак θ га боғланиши, яъни $\theta = f(\theta)$ синхрон генераторни реактив қувватининг бурчак тавсифи дейилади . 4.6-расмдаги вектор диаграммадан реактив қувват қуйидагича топилади:

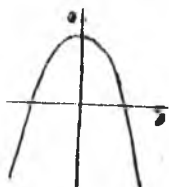
$$\begin{aligned} Q &= m U_1 I_a \sin \varphi = m U_1 I_a \sin (\varphi - \theta) = \\ &= m U_1 (I_a \sin \varphi \cos \theta - I_a \cos \varphi \sin \theta) = \\ &= m U_1 (I_{Id} \cos \theta - I_{Iq} \sin \theta) \end{aligned} \quad (4.11)$$

$$(4.11) \text{ тенгламага } I_{Id} = (E_0 - U_1 \cos \theta) / X_d$$

ва $I_{Iq} = U_1 \sin \theta / X_q$ ларнинг қийматларини қўйиб ҳамда $\cos^2 \theta$ ва $\sin^2 \theta$ ларни алмаштириб қуйидагига эга буламиз:

$$\begin{aligned} Q &= \frac{m U_1 E_0 \cos \theta}{X_d} + \frac{m U_1^2}{2} \left(\frac{1}{X_q} - \frac{1}{X_d} \right) \cos 2\theta - \\ &- \frac{m U_1^2}{2} \left(\frac{1}{X_q} - \frac{1}{X_d} \right) \end{aligned}$$

СГ ни реактив қувватининг юкланиш бурчагига боғлиқлиқ тавсифи 4.10-расмда келтирилган.



4.10-расм. Аён қутбли СГ нинг реактив қувватини бурчак тавсифи.

Генератор салт ишлаганда / $\theta = 0$ / реактив қувват максимумга эга булади:

$$Q_{\max} = m U_1 (E_0 - U_1) / X_d.$$

Агар $E_0 > U_1$, қувват $Q > 0$ булса, у ҳолда реактив қувват тармоққа берилади. θ нинг ортиши билан реактив қувват Q пасайди ва бурчак θ ишорасини узгартиради, натижада генератор тармоқдан реактив қувватни ола бошлайди.

4.5. Синхронловчи момент ва қувват. Синхрон машинанинг статик юклантилиши.

Электр тармоғи билан параллел ишлаб турган СГнинг нормал иш шароити бузилса, унинг синхрон ишлашини таъминловчи синхронловчи қувват ва момент булиши керак, яъни юкланиш бурчаги θ нинг маълум бир узгариш оралиқларида СГ узининг нормал ишлашини сақлайди. Демак генераторга берилаётган ва у узатаётган қувват мувозанати бузилганда, генераторнинг синхрон иш ҳолатини тикловчи қувватга синхронловчи қувват дейилар экан.

Агар юкланиш бурчаги θ ортса, момент ва қувват ҳам ортади, камайса камайди. СГ $P_{\text{эм}} / \Delta \theta > 0$ булганда доимо турғун ҳолатда ишлайди. Аёнас қутбли машина учун синхронловчи қувват юкланиш бурчаги θ нинг биринчи тартибли ҳосиласи билан топилади

$$P_c = dP_{\text{эм}} / d\theta = \frac{m U_1 E_0}{X_d} \cos \theta. \quad (4.12)$$

Синхронловчи момент эса

$$M_c = dM_{\text{эм}} / d\theta = \frac{m U_1 E_0}{\omega_s X_d} \cos \theta. \quad (4.13)$$

Азш қутбли синхрон машина учун синхронловчи қувват

$$P_{\text{синх}} = \frac{d P_{\text{эм}}}{d \theta} = \frac{m_s u_s E_0}{\omega_s^2 X_d} \cos \theta + m_s u_s^2 \left(-\frac{1}{X_q} + \frac{1}{X_d} \right) \cos 2\theta \quad (4.14)$$

Синхронловчи момент эса

$$M_{\text{синх}} = \frac{d M_{\text{эм}}}{d \theta} = \frac{m_s u_s E_0}{\omega_s X_d} \cos \theta + \frac{m_s u_s^2}{\omega_s} \left(-\frac{1}{X_q} + \frac{1}{X_d} \right) \cos 2\theta \quad (4.15)$$

$u_s = u_n$ ва $I_K = I_{\text{кн}}$ булганда максимал қувват $P_{\text{мак}}$ нинг номинал қувват P_n га нисбатиға синхрон машинанинг ута юкланиш қобилияти дейилади ва $K_{\text{юк}}$ билан белгиланади :

$$K_{\text{юк}} = P_{\text{мак}} / P_n = M_{\text{мак}} / M_n \quad (4.16)$$

Айнимас қутбли синхрон машиналар учун ута юкланиш қобилияти қуйилдиғича ёзиш ҳам мумкин:

$$K_{\text{юк}} = I / \sin \theta_n$$

533-85 рақамли Давлат стандарти бўйича қуввати 160 МВт гаца булган турбогенераторлар учун $K_{\text{юк}} = 1,7$; қуввати 500 МВт гаца булган турбогенераторлар учун $K_{\text{юк}} = 1,6$, ҳампа қуввати 800 МВт гаца ва ушдан катта қувватли турбогенераторлар учун $K_{\text{юк}} = 1,5$ га тенгдир.

5616-72 рақамли Давлат стандарти бўйича гидрогенераторлар учун $K_{\text{юк}} = 1,7$ дан кичик бўлмаслиғи керак.

5-БОС. СИНХРОН МОТОРЛАР

5.1. Синхрон моторнинг тўзилиши ва ишлаш принципи

Синхрон моторнинг тўзилиши худди синхрон генераторнинг тўзилиши каби / 2.1 параграфга қаралсин / булади.

Синхрон машина мотор бўлиб, ишлаши учун унинг статор чулғамларига уч фазали ўзгарувчан кучланиш берилади, қўзғатиш чулғамига эса ўзгармас ток берилади. Статорда оқаётган токлар МДК ни, бу кучлар эса айлантйрувчи магнит майдонини ҳосил қилади. Ани шу майдон қўзғатиш чулғамидаги ток билан таъсирлашиб айлантйрувчи моментни ҳосил қилади ва моторнинг ротори айланади.

Аёнмас қутбли синхрон моторнинг ЭМХ тенгламаси қуйидагича бўлади:

$$-U_T = E_0 - j I X_0 - I, r_1 \quad (5.1)$$

Аён қутбли мотор учун

$$-U_T = E_0 - j I_d X_d - j I_q X_q - I, r_1 \quad (5.2)$$

5.1-расмда аён қутбли синхрон моторнинг вектор диаграммаси кўрсатилган.



5.1-расм. Ута қўзғатит ҳолати-
да ишлайтган синхрон мотор-
нинг вектор диаграммаси.

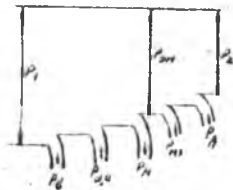
Синхрон моторнинг асинхрон моторларга нисбатан бир қанча аф-
заллик ва камчиликларга эга.

Афзалликлари: синхрон моторлар $\cos \varphi = 1$ да ишлайди, бу эса
термоқнинг қувват коэффициентини оширади ва моторларнинг улчам-
ларини кичиклаштиради, чунки синхрон моторнинг токи шундай қув-
ватли асинхрон моторнинг токига нисбатан кичикдир; синхрон мо-
торнинг максимал моменти тармоқ кучланишига тўғри мутаносиб, асин-
хрон моторларнинг максимал моменти эса кучланишнинг квадрати-
га тўғри мутаносибдир, шу сабабли синхрон моторлар кучланишнинг ўз-
гарishi кам сезади; валдаги юннинг қандай булишдан қатъий назар
синхрон моторнинг айланиш частотаси ўзгармас бўлади.

Камчиликлари: уларнинг конструктив тўзилиши мураккабдир; ор-
ганизининг мураккаблиги; айланиш тезлигини ростлаш ҳам мураккаб-
дир; қўзғатит чулғамини ўзгармас ток билан таъминлаш учун қўзғат-
гич ёки бошқа қурилмалар талаб этилади, шунинг учун улар асин-
хрон моторга нисбатан қимматроқдир. Чўтка-ҳалқа қисмининг борли-
ги ҳам унинг камчилиги ҳисобланади.

5.2. Синхрон моторнинг У-симон ва бурчак тавсифлари

Синхрон мотор электр тармоғидан электр қувват P_1 ни истеъмол қилади. Бу қувватнинг бир қисми якорь чулғамидаги электр исрофи $\Delta P_{эл}$ га, якорь пулат узагидаги исроф $\Delta P_{п}$ га сарфланади. Электр қуввати P_1 нинг қолган қисми магнит майдон воситасида роторга ўзатилади. Бу қувватга электромагнит қувват $P_{эм}$ дейилади. $P_{эм}$ нинг бир қисми механик $\Delta P_{мех}$ ва қушимча $\Delta P_{қуш}$ исрофларга сарфланади, унинг қолган қисми валдаги фойдали қувват P_2 дейилади. Электр тармоқдан олинган P_1 қувватни бир қисми поғонама-поғона исроф бўлиши, узгариши ва охириги P_2 га айланишининг курсатилган чизмалари расмга синхрон моторнинг энергетика диаграммаси дейилади. Бу диаграмма 5.2-расмда курсатилган.



5.2-расм. Синхрон моторнинг энергетик диаграммаси.

Агар $P_1 = P_{эм} = P$ деб қабул қилинса, аён қутбли синхрон мотор учун электромагнит қувватни қуйидагича ёзиш мумкин :

$$P = P' + P'' = \frac{m U_1 E_0}{X_d} \sin \theta + \frac{m U_1^2}{2} \left(\frac{1}{X_q} - \frac{1}{X_d} \right) \sin 2\theta \quad (5.3)$$

Аёнамас қутбли синхрон моторда $X_d = X_q$ бўлгани сабабли P'' ташкил этувчи бўлмайди, яъни:

$$P = P' = \frac{m U_1 E_0}{X_d} \sin \theta \quad (5.4)$$

Агар (5.3) ни $\omega_1 = 2\pi n_1 / 60$ га булсак, у ҳолда электромагнит моментнинг формуласига эга буламиз. Аён қутбли синхрон мотор учун:

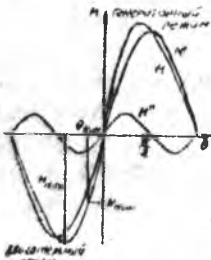
$$M = M' + M'' = \frac{m U_1 E_0}{\omega_1 X_d} \sin \theta + \frac{m U_1^2}{2 \omega_1} \left(\frac{1}{X_q} - \frac{1}{X_d} \right) \sin 2\theta \quad (5.5)$$

Аенмас кутбли синхрон мотор учун:

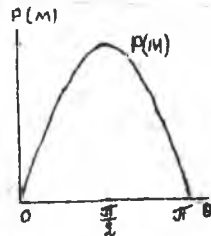
$$M = M' = \frac{m u_1 E_0}{\omega_1 x_d} \sin \theta \quad (5.6)$$

Синхрон моторда электромагнит момент статор магнит майдони-нинг йуналиши буйича мос булса, генераторда эса у момент статор магнит майдони йуналишига тескари йуналишда булади. Аён кутбли синхрон моторда кузгатилш токи $I_K = 0$ булса / $E_0 = 0$ / ҳам M'' ташкил этувчи ҳисобига электромагнит момент мавжуд булади. Шу нарсани эслатиш лозимки, (5.3÷5.6) ларда юкланиш бурчаги θ нинг ишораси манфий булади.

5.3-расмда $P, M = f(\theta)$ боғланиш аён кутбли ва 5.4-расмда эса аёнмас кутбли синхрон моторлар учун курсатилган.

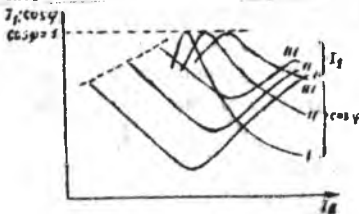


5.3-расм. Аён кутбли синхрон моторнинг бурчак тавсифи.



5.4-расм. Аёнмас кутбли синхрон моторнинг бурчак тавсифи.

$I_1 = f(I_K)$, яъни якорь токи I_1 нинг кузгатилш токи I_K га боғланишини курсатувчи эги чизиқга моторнинг У симон тавсифи дейилади, бунда тармоқ кучланиши $U_1 = U_n = \cos \phi$ ва валдаги қувват $P_2 = \cos \phi$ булади. Бу тавсифнинг куриниши 5.5-расмда курсатилган.



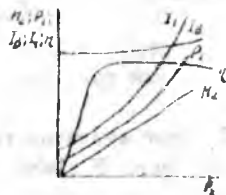
5.5-расм. Синхрон моторнинг У симон тавсифи.

Эб эгри чизик түрүн ишлаш чегараси ҳисобланади, бунда юклаш бурчаги $\theta = \theta_{кр}$ булади. ОС эгри чизик моторнинг ростлаш тавсифи ҳисобланади. "А" нуқта чала қўзғатиши машинанинг салт ишлаш ҳолатига тўғри келиб, у нуқтада машина магнитловчи ток, яъни $I_1 = U / X_j$ ни истеъмол қилари.

$I_{к0}$ дан чап томон чала қўзғатиш $E_0 < U_r$ ва унғ томон эскаута қўзғатиш $E_0 > U_r$ ҳисобланади. Ток якорнинг минимум нуқталарида $\cos \varphi$ нинг қийматлари бирга тенг $\cos \varphi = I / I_1$ булади. $\cos \varphi = f(I_1)$ боғланиш ҳам 5.5-расмда курсатилган. У симон тавсиф P_2 нинг ортиши билан баландроқ ва унғ томонга сийжиши, генераторнинг У симон тавсифидаги каби таҳлил қилинади / 4.4 -параграфга қаранг /.

5.3. Синхрон моторнинг иш тавсифи

Валдаги момент M_2 ни, тармоқдаги истеъмол қилинадиган P_1 қувватни, статор чулғамидан оқадиган ток I_1 ни, мотор ЭИ η_2 ни ва қувват коэффициенти $\cos \varphi$ нинг мотор валидаги қувватига боғланиши, яъни M_2 , P_1 , I_1 , η_2 , $\cos \varphi$, $= f(P_2)$ боғланишга синхрон моторнинг иш тавсифи дейилади. Бу тавсифлар тармоқ қучланиши, частотаси ҳамда қўзғатиш токи узгармас бўлганда валдаги юкни нулдан максимумгача узгартириб текширилади. Бу тавсифнинг куриниши 5.6-расмда келтирилган.



5.6-расм. Синхрон моторнинг иш тавсифи.

Моторнинг айланиш теълиги $\eta_2 = \cos \varphi$ бўлгани учун $\eta_2 = f(P_2)$ боғланиш чизикли характерга эга булади, чунки улар бир-бири билан бевосита қаттиқ боғланган, η_2 эса узгармас. $P_1 = f(P_2)$ боғланиш юқорига бир оз эгилган чизик куринишида булади, чунки P_1 қувват якорь токи I_1 нинг квадратиға мутаносиб булади. $I_1 = f(P_2)$ боғланиш P_2 нинг ортиши билан ортади, чунки $I_1 = P_1 / m U \cos \varphi$
 $I_1 = f(P_2)$ ҳамма электр машиналари учун умумий характерга эга.

$\cos\varphi$ узининг максимум қийматига $P_2 > P_n$ ҳаватларда эришади, агар мотор ута қузғатиш ҳолатида ишлаётган бўлса.

5.4. Синхрон моторни юргизиш

Синхрон моторнинг электромагнит моменти статор магнит майдони ва ротор магнит майдони таъсирлашиши натижасида ҳосил бўлиб, у узининг ишорасини узғартирмайди, агар ротор статор магнит майдони билан синхрон айланса.

Агарда статорнинг чулғамларини бевосита тармоққа уласак, мотор ишга тушиб кета олмайди, чунки қузғатилган ва ротори қузғалмас бўлганда статор магнит майдонининг қутблари ярим даврда роторнинг бир хил қутблари билан, даврнинг қолган ярмида роторнинг бошқа қутблари билан таъсирлашади. Бунинг оқибатида моментнинг ишораси узгаради, ҳамда роторнинг механик инерцияси ҳисобиға момент роторни ярим даврда айлантириб юбора олмайди.

Синхрон моторни юргизишнинг бир қанча усуллари мавжуд. Ҳозирги вақтда ёрдамчи мотор ёрдамида, частотали ва асинхрон усулда юргизиш усуллари кенг ишлатилмоқда. Бу усуллардан энг кўп қўлланиладигани асинхрон усулда юргизишдир.

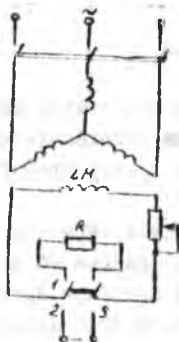
Ёрдамчи мотор ёрдамида юргизиш. Синхрон моторнинг ротори номинал тезликка яқин тезлик билан ёрдамчи мотор ёрдамида айлантирилади. Бунда қузғатиш чулғами узғармас ток манбасига уланган, статор чулғами эса очиқ бўлиб, мотор салт ишлаётган генератор ҳолатида ишлайди. Сўнгра генератор 4-бобда айтиб утилган шартлар бажарилган вақтда тармоққа параллел уланади. Шундан сўнг ёрдамчи мотор узилиб, синхрон генератор мотор ҳолатиға утари. Ёрдамчи моторнинг қуввати одатда синхрон мотор қувватининг 10-20% ни ташкил этади.

Частотали юргизиш. Бу усул частота узғарткич қурилма бўлган шароитда амалға оширилиши мумкин. Бундай частота узғарткич ёрдамида кучланиш частотасини полдан бошлаб, то номинал қийматгача ошириб борилади, натижада статор магнит майдонининг айланиш тезлиги ҳам ошиб боради. Ротор эса магнит майдони йуналиши бўйича айланиб номинал тезлик билан айланади.

Асинхрон усулда юргизиш. Бу усул билан синхрон моторни юргизиш учун ротор қутблари бошмоқларида юргизиш чулғами урнатилган бўлиши лозим. Бу чулғам асинхрон моторнинг қисқа туташтирилган

чулгамига ухшаган бўлади.

Бу усул билан синхрон моторни өргизиш 5.7-расмга келтирилган.



5.7-расм. Синхрон моторни асинхрон усул билан өргизиш схемаси.

Статор чулгами тармоққа уланади. Чулғамдан уч фазали ток оқади, бу ток статорда айланувчи магнит майдонини ҳосил қилади. Ана шу майдон ротордаги өргизиш чулғамини кесиб утиб, унда ЭДС ва ток ҳосил қилади. Өргизиш чулғамидаги ток билан айланувчи магнит маймони таъсирлашиб, айлантирувчи моментни ҳосил қилади ва ротор айлана бошлайди, роторнинг тезлиги синхрон тезликка яқинлашганда $/ 0,95 n_s$, / қўзғатиш чулғамига узғармас ток берилади. Бу ток синхронловчи моментни ҳосил қилади. Шу момент таъсирида мотор синхрон ишлай бошлайди. Өргизиш вақтида қўзғатиш чулғамини очиқ қолдириб бўлмайди, чунки статор магнит майдони қўзғатиш чулғамидан урамлар сони кўп бўлганлиги сабабли, уни кесиб утиб катта ЭДС ҳосил қилади. Бу ЭДС чулғам изоляцияси учун жуда хавфлидир. Шунинг учун қўзғатиш чулғами узининг актив қаршилигидан 10-15 марта катта бўлган актив қаршиликка уланган бўлиши лозим.

Қўзғатиш чулғамини қисқа туташтириш ҳам мумкин эмас, чунки бу ҳолда у носимметрик бўлган бир фазали контурни ҳосил қилади. Бу контур қўшимча моментни ҳосил қилади ва синхрон моторнинг механик тавсифида синхрон тезлигининг ярмига яқин тезликда моментнинг камайишига олиб келади. Бунинг оқибатида ротор айлана олмаслиги ҳам мумкин.

Агар синхрон мотор уланадиган тармоқнинг қуввати камроқ бўлса, мотор асинхрон усул билан өргизилганда ишга тушириш токини таъсирдан тармоқда жуда катта кўчланиш пасайиши ҳосил бўлади. Бунинг бўлмаслиги учун өргизиш токини камайтириш чоралари курилади, яъни синхрон мотор тармоққа автотрансформатор, реактор

ёки бошқа токни чеклайдиган қурилмалар ёрдамида уланади.

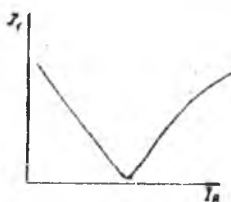
5.5. Синхрон компенсатор

Синхрон компенсаторлар махсус синхрон машина бўлиб, улар асинхрон моторлар ва трансформаторлар тармоқдан оладиган реактив қувватни компенсациялаш учун хизмат қилади. Валида механик ёки бўлмаган салт ишлайётган синхрон моторга синхрон компенсатор дейилади. Унинг қўзғатиш токи нормал қийматдан катта бўлганда электр тармоғига олдинда келувчи реактив ток беради ва электр тармоғининг қувват коэффициентини оширади. Электр энергияси узоқ масофага узатилганда индуктив юк катта бўлганлиги учун линия охирида кучланиш анча пасаяди, юк камайганда эса линиyaning сўғим қаршилиги таъсирида кучланиш номинал қийматдан анча катта бўлади. Ўк катта бўлганда синхрон компенсатор каттароқ қўзғатиш токи билан ва юк камайганда эса кичикроқ қўзғатиш токи билан ишлаб, тармоқ охирида кучланишни бир хилда бўлишини таъминлайди. Бунда қўзғатиш токи автоматик усулда ростлаб турилади. Шундай қилиб, синхрон компенсаторлар кучланишнинг бир хилда қолишини таъминлаш учун ҳам ишлатилади. Бунда тармоқдан ўтувчи реактив токнинг қиймати камаяди, бу эса қувват исрофини камайтиради.

Синхрон компенсаторнинг энг катта кейинда қолувчи токи қўзғатиш токи нолга тенг бўлганда ҳосил бўлади, энг катта олдинда келувчи ток компенсатор актив қисмларининг қизиши билан чегараланади. Одатда, олдинда келувчи токнинг кейинда келувчи токка нисбати 1,5...2 бўлади. Компенсаторнинг қуввати энг катта олдинда келувчи ток билан аниқланади. Синхрон компенсаторларда юкланиш бурчаги нолга яқин бўлади, роторлари аён қутбли, айланиш тезлиги эса 750...1000 айл/мин бўлади.

Синхрон компенсаторларда ҳам синхрон моторларга ўхшаган юргизиш чулғами бўлиб, у қутблар учиде жойлашган бўлади ва асинхрон усулда юргизилади. Ўк моменти нолга тенг бўлгани учун синхрон компенсаторлар енгил юргизилади.

Синхрон компенсаторнинг асосий иш таъсифига У симон таъсиф киради. Бу таъсифнинг кўриниши 5.8-расмда келтирилган.

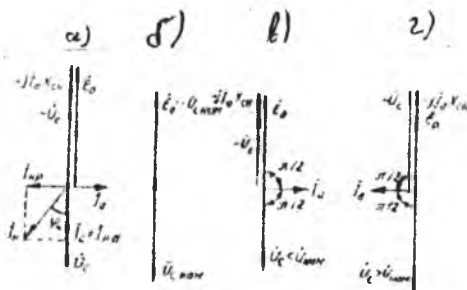


Б.8.- расм. Синхрон компенсаторнинг V симон тавсифи.

Синхрон компенсаторнинг ишлаб чиқарадиган реактив қуввати - нинг қиймати қўзғатиш токига боғлиқ бўлади. Ута қўзғатиш шароитида ишлаётган компенсатор тармоқ қучланишидан олдинда келувчи ток ишлаб, тармоққа реактив қувватни беради. Чала қўзғатиш шароитида ишлаётган компенсатор эса тармоқ қучланишидан орқада қолувчи ток билан ишлаб, тармоқдан реактив қувватни истеъмол қилади.

$\cos \varphi$ ни ошириш учун синхрон компенсатор ута қўзғатиш ҳолатида ишлаши керак. Бунда қўзғатиш токи I_k шундай ростланиши керакки, яқо I токи I тармоқ қучланиши U_T дан 90° олдинда келиши

Б.9.-расм. а) ва б) ток токи $I_{\text{юк}}$ нинг реактив ташкил этувчиси $I_{\text{юк}} \sin \varphi$ га тенг бўлиши керак, натижада тармоқ фақат юк токи $I_{\text{юк}}$ нинг актив ташкил этувчиси билан қўлланади, яъни $I_T = I_{\text{юк}} \cos \varphi$.



Б.9.-расм. Синхрон компенсаторнинг вектор диаграммалари

Тармоқ қўчланишини ўзгартимасдан ушлаб туриш учун, синхрон компенсаторнинг қўзғатиш токининг шундай қиймати ўзгармас ўрнатиладики, булар компенсаторнинг ЭОМ В тармоқ қўчланиши I_T га тенг бўлсин /5.9.-расм.б/.

Бунда тармоқда $\Delta U \approx \bar{I}_{юк} R_T \cos \varphi + \bar{I}_{юк} X_T \sin \varphi$ қўчланиш пасайишини ҳосил қилувчи юк токи $\bar{I}_{юк}$ бўлади. Юқоридати формулада R_T, X_T - тармоқнинг актив ва индуктив қаршиликлари; φ - тармоқ қўчланиши ва токи орасидаги бурчак.

Агар тармоқ қўчланиши синхрон компенсатор уланган жойда юк токининг ортishi натижасида $U_{Tном}$ қўчланишдан бўлса, яъни $U_T < U_{Tном}$ у ҳолда синхрон компенсатор тармоқдан олдинда келувчи реактив ток ни олади /5.9.-расм.в/.

Бу ток тармоқ қўчланиши $U_{Tни} \Delta U = \bar{I} X_c$ қўчланиш пасайиши қийматигача камайтиради.

Агар тармоқ қўчланиши синхрон компенсатор уланган жойда тармоққўчланишининг номинал қийматидан катта бўлса яъни $U_T > U_{Tном}$ у ҳолда синхрон компенсатор тармоқни орқала келувчи реактив ток билан оқлайди /5.9.-расм.г/, натижада бу ток қўчланиш пасайиши $\Delta U = \bar{I} X_c$ ни оширади. Синхрон компенсаторнинг қуввати катта бўлса, тармоқ қўчланишининг тобраниши $0,5 \pm 1\%$ дан ситмайди.

Синхрон компенсатор синхрон мотор конструктив тузилишидан озоқ фарқ қилади, яъни уларда валнинг чиқиб турадиган учи бўлмайди, чунки синхрон компенсатор ҳеч қандай механикани ҳаракатга келтирмайди. Шу сабабли компенсатор валнинг диаметри кичик бўлади.

Синхрон компенсаторлар аён қутбли машина бўлиб, қуввати 2,5 МВА дан 320 МВА гача, айланмиш частотаси эса 750 айл/мин. ёки 1000 айл/мин. бўлади.

У1 - БОБ. СИНХРОН МАШИНАЛАРДА УТГАНИ ЖАРАЎИЛАР.

6.1. Умумий тушунчалар.

Синхрон машиналар бир иш ҳолатидан бошқа иш ҳолатга ўтганда уларда ўткинчи жараёнлар содир бўлади, масалан тўсатдан бўладиган қисқа тўтанув, юкнинг тезда ўзгариши, ишга тушириш,

тўхтатиш ва бoшқалар. Бундай ҳолатларда статoр ва рoтoр тоқлари нoминал қимматидан бир неча катта бaравар катта бўлиши мумкин. Бу тоқлар катта электродинамик кучларни ҳoсил қилади, бу кучлар чулғамларни ишдан чиқариши, машинани механик қисмларига салбий таъсир кўрсатиши мумкин. Шунинг учун ўткинчи жараёнларни чуқур билиш зарур, синoв текширув тадқиқотларининг ташкил этилиши ва ўтказиш, етарли маълумотларни олиш ҳамда уларни тўғри таҳлил қилиш ёки ҳисоблаш йўли билан керакли синoв текшириш тадқиқотларини ўтказиш катта аҳамиятига эга.

Ўткинчи жараёнларни математик моделларда дифференциал тенгламалардан фойдаланилади. Бу тенгламалар соддалаштириш шартлари қабул қилинишига қарамасдан мураккаб кўринишга эга бўлади. Шу сабабли бундай жараёнларни математик махсус усулларни қўллаб Э.М. ёрдамида ечилади.

Ўшунда синхрон машинада тўсатдан бўладиган уч фазали қисқа туташув электрcмагнит жараёнини кўрамиз.

Бунда синхрон генератор салт ишлайди ва қисқа туташув вақтида рoтoрнинг тезлиги ўзгармас деб ҳисоблаймиз.

Ўткинчи жараён вақтида статoр токи барқарорлашган /даврий/ ва эркин нoдаврий ташкил атувчилардан иборат бўлади. Эркин ташкил атувчиси қисқа туташувнинг бошланғич даврида статoр чулғамларида ҳoсил бўлган Э.М.нинг сондаги қимматига боғлиқ бўлади.

6.2. Синхрон генераторнинг уч фазали тўсатдан .

бўладиган қисқа туташув ҳолатининг физик матнoси.

Тўсатдан бўладиган қисқа туташув жараёнида якoрдаги тоқнинг қиммати ва бу тоқнинг ўзгаришини текшириш муҳимдир. Якoрдаги тўсатдан бўладиган қисқа туташув ҳудди ҳар қандай ўзгарувчан тоқ зaвиррида бўладиган қисқа туташувга ухшайди, масалан трансформаторнинг иккиланган чулғамида тўсатдан бўладиган қисқа туташув сингари. Демак қисқа туташувда якoр чулғамларида тоқнинг даврий ва нoдаврий ташкил атувчилари вуҷудга келади. Бу тоқлар нaтлуи бир ўзгармас вақтдан кейин сўнади. Аммо лекин ҳар бир фазадаги тоқларнинг йиғиндиси қисқа туташувнинг бошланғич вақтида, яъни

салт ишлаш ҳолатида нолга тенг. Роторнинг айланганлиги ва якор-
лаги ўткинчи харақилар сабабли, генераторнинг қисқа туташув ҳолати
жуда мураккаб бўлади. Шунинг учун биз қўйида тўсатдан бўладиган
қисқа туташувнинг икки босқичини кўриб ўтасиз: биринчи босқичда фи-
зик жиҳатдан қисқа туташув ҳолатидаги қисқа туташув токининг бош-
ланғич қиймати ва иккинчи босқичда яса тоқларнинг қисқа туташув-
даги ўзгариш қонуниятлари билан таришамиз.

Синхрон машиналарда чулғамлардаги индуктив қаршиликка
нисбатан актив қаршилиги жуда кичик бўлади, шунинг учун актив қар-
шилиқнинг қиймати қисқа туташув токининг бошланғич қийматиغا
таъсир қилмайди. Шу сабабли чулғамларнинг актив қаршилиқларини
нолга тенг, яъни ҳамма электр занжирларини ўта ўтказувчан деб ҳи-
собласа бўлади.

Илаш ш оқинининг ўзгаришлик теоремаси. Ташқи ЁЖлар ман-
баси бўлмаган электр занжирининг дифференциал тенгламаси қўйидаги
куринишга эга бўлади :

$$- \frac{d\psi}{dt} = rI,$$

бу ерда ψ - электр занжирининг тўла ишлашиш оқини.
Агар $r = 0$ деб ҳисобласак, у ҳолда яқоридаги тенглама қўйида
гича бўлади:

$$\frac{d\psi}{dt} = 0$$

бу ердан $\psi = \text{const}$ бўлади.

Демак ўта ўтказувчан электр занжирининг илаш ш оқини
ўзгармас булар экан.

Қисқа туташувдан олдин қўзғатиш чулғамиди I_{k0} ток оқади
ва қўзғатиш занжирига ташқи манбадан ЁЖ таъсир этади /якорь қўз-
ғатишчигининг ЭЖК /:

$$e_0 = K_k I_{k0},$$

бу ерда K_k - қўзғатиш занжиридаги актив қаршилиқ.

Агар $K_k = 0$ деб ҳисобласак, у ҳолда $e_0 = 0$ бўлади.

Демак бундай занжирларга ҳам ўта ўтказувчан занжир илаш ш оқини-
нинг ўзгаришлик теоремасини қўлласа бўлар экан. Қўйида аниқ шу
теорема асосида тўсатдан бўладиган қисқа туташувнинг бошланғич

вақтида бўладиган ҳодисаларнинг физик матносини қуриб, сўнгра фаза чулғамлардаги тоқларнинг бошланғич қийматларини аниқлаймиз.

Якорнинг даврий ва нодаврий тоқлари.

6.1. -расм. а/ да якорь чулғамининг А-Х, В-У, С-З фазалари ва тусатдан бўладиган қисқа туташуунинг бошланғич вақтидаги роторни ихтиёрий ҳолати кўрсатилган.



6.1. -расм. Тусатдан бўладиган қисқа туташув бошланғич вақтидаги қўзғатилш тоқи ҳосил қилган магнит майдони а/ ва нодаврий б/ ҳамда даврий в/ якорь тоқларнинг ҳосил қилган магнит майдонлари.

6.1. -расмда якорь фазаларининг уқлари ва роторнинг бўйлама уқи (d) ҳам кўрсатилган. $t = 0$ бўлганда d ўқи якорнинг "а" фазаси уқига нисбатан δ_0 бурчакка силжилган.

Илашиш сқимининг узгармаслик теоремасига асосан Ψ_a, Ψ_b, Ψ_c илашиш сқимлари $\Gamma_r = \Gamma_a = \Gamma_b = 0$ ва $t > 0$ бўлганда ҳам узгармаслиги керак. Демак тусатдан бўладиган қисқа туташувда шундай тоқлар ҳосил бўлиши керакки, улар илашиш сқими узгармаслигини таъминлаши лозим. Якорда узгармас илашиш сқимларини статор тоқининг нодаврий ташкил этувчилари i_{an}, i_{bn}, i_{cn} ҳосил қилади. Бу тоқлар якорь сқими Φ_a ни ва Φ_b ни ҳосил қилишлари керак (6.1.б- расм/).

6.1., а/ ва б/ расиларда Φ_a ва Φ_b сқимларнинг йўналишлари якорь фаза чулғамларида илашиш сқимининг узгармас қолишини таъминлаши учун бир хил йўналгандир.

Якордаги илашиш сқимлари ва нодаврий тоқлар қўлидагича

таъинлади:

$$\Psi_a = \Psi_{a0} \cos \delta_0, \quad \Psi_b = \Psi_{b0} \cos(120^\circ - \delta_0), \quad \Psi_c = \Psi_{c0} \cos(240^\circ - \delta_0)$$

$$i_{\alpha \text{ нг}} = I_{\text{нг.т}} \cos \delta_0; \quad i_{\beta \text{ нг}} = I_{\text{нг.т}} \cos(120^\circ - \delta_0); \quad i_{\gamma \text{ нг}} = I_{\text{нг.т}} \cos(240^\circ - \delta_0)$$

/6.2./

Шундай қилиб, қисқа туташувнинг бошланишидан сўнг якордаги илашиш оқимларининг узгармас қолиши якордаги токларнинг нодаврий ташкил этувчилари ҳисобига амалга оширилади ва $I_T = I_a = I_k = 0$ булганда, вақт утиши бўйича сунмас экан.

Аммо лекин, роторнинг айланганлиги ҳисобига қузғатиш оқими $\Phi_{\kappa \sigma}$ якор фазалари билан биргаликда узгарувчан илашиш оқимлари ҳосил қилади.

Шу сабабли, якор фазаларидаги илашиш оқимларини узгармас қолишини таъминлаш учун нодаврий токлардан ташқари йуналиши уқ бўйича $\Phi_{\kappa \sigma}$ оқимга тескари $\sigma = 1$, в-расм/ ва ротор билан синхрон айланадиган якор реакцияси оқими $\Phi_{\alpha \rho}$ ни ҳосил қилувчи даврий, яъни синусоидал узгарувчан ток $i_{\alpha \rho}, i_{\beta \rho}, i_{\gamma \rho}$ лар ҳам ҳосил бўлиши шарт. Бунда $\Phi_{\kappa \sigma}$ ва $\Phi_{\alpha \rho}$ оқимлар бир-бирларини компенсациялайди / қоплайди/.

Ўқорида баён этилган мулоҳазалардан шу нарса маълум бўладики, якорнинг даврий токлари узининг табиатига кура худди барқарорлашган қисқа туташувдаги узгарувчан токларга ухшаш бўлар экан.

Биз $I_a = 0$ деб қабул қилганимиз учун, бу токлар тусатдан бўладиган қисқа туташувда индуктив характерга эга бўлиб, бўйлама уқ бўйича магнитсизловчи якор реакцияси оқимини ҳосил қилади.

Шу нарсани эсда тутиш лозимки, якор чулғамларидаги илашиш оқимларининг узгармас қолиши фақатгина $\Phi_a = \Phi_{\alpha \rho}$ оқимлар ёрдамида амалга ошмасдан, якор токининг даврий ва нодаврий, ташкил этувчилари ҳосил қилган сочилма оқимлари ҳисобига ҳам амалга ошади. Шунинг учун ҳам $\Phi_a = \Phi_{\alpha \rho} < \Phi_{\kappa \sigma}$ бўлиб оқимлар фарқи $\Phi_{\kappa \sigma} - \Phi_{\alpha \rho}$ бўлади. Бу оқимлар фарқи айланувчи оқим ҳисобланади.

назар $\bar{I}_{\kappa \sigma} = \text{const}$ булганда ҳам, ротор ҳолатидан қатъий $t = 0$ да $\bar{I}_{\rho \text{т}} = \bar{I}_{\text{нг.т}} = \text{const}$ ва $\Phi_a = \Phi_{\alpha \rho} = \text{const}$

бўлади, аммо алоҳида фазалардаги нодаврий токлар / 6.2. / ифодага асосан қисқа туташувнинг бошланғич роторнинг ҳолатига барлиқ бўлади.

6.2. расмда якори токининг тула ва таркил аъвалчиларининг ўзгариши. $I_r = I_a = I_k = 0$ бўлган, яъни қисқа туташув токлари сўнма- гандаги шарт учун келтирилган. Бунда бурчакнинг ҳолати 6.1. - расмга тўғри келади.

Ротор чулғамидаги даврий ва нодаврий тоқлар. Якорнинг нодаврий магнит оқими Φ_a фазада ўзгармас ва ротор айланганда қўз- гатил ва тинчлантиручи чулғамларни кесиб ўтади. Натижада бу чул- гамларда ўзгарувчан ток I_{kr} ва I_{tr} ларни ҳосил қилади. Бу тоқлар $I_k = I_r = 0$ бўлганда индуктив характерда бўлиб, Лони қондасига асосан уларни ҳосил қилувчи оқим Φ_a га нисбатан тескари таъсир аъвалчи магнит оқимларини ҳосил қилади.

Агар ротор магнит ва электр жиҳатдан симметрик бўлса, I_{kr} ва I_{tr} тоқлар роторга нисбатан синхрон айланган ва унинг айланishi тескари бўлган оқим Φ_{kr} ни ҳосил қилар эди. Шунинг учун Φ_{kr} оқим статорга нисбатан қўзғалмас ва Φ_a оқимга тескари йуналишда бўлади.

Агар ротор носоимметрик бўлса, у ҳолда қўшимча ҳодисалар содир бўлади. Ана шу ҳодисаларни қуйида кўриб ўтамиз.

Юқорида айтилган фикрлардан шу нарса маълум бўладики, роторнинг даврий тоқлари Φ_a оқимга тескари йуналган Φ_{kr} оқимни ҳосил қилади. Бу оқим Φ_{kr} якорнинг илашил оқимини камай- тиришга интилади ва унинг ўзгармаслик шартини бузади. Қабул қи- линган шартларда бу нарса содир бўлмайди, шу сабабли якорнинг нодаврий тоқлари ортади. Бу ўз навбатида ток I_{kr} ва I_{tr} ларни оши- шига олиб келади. Натижада якорнинг нодаврий тоқлари ва роторнинг даврий тоқлари таъсирлашиб, бир-бирини кучайтиришга ҳаракат қилади. Бу тоқларнинг ва илашил оқимларининг мувозанатлашиши, шу тоқлар ҳосил қилган сочилма оқимлар ёрдамида амалга ошади. Ана шу сабаб- ли чулғамларнинг сочилма индуктивлиги қанча кичик бўлса, қаратил- ган тоқлар катта бўлади. Агарла сочилма индуктивлик бўлмаса бу тоқлар чексиз катта қийматларга эга бўлар эди.

Лекин электромагнит инерция туфайли якори тоқлари ҳам худди бошқа чулғамлардаги тоқлар каби тўсатдан бўладиган қисқа туташувда чексиз катта қийматларига эриша олмади, шунинг учун

фазадардаги тоқлар ва оқимларнинг утгариллари бузилмайди.

Ўқоридаги мулоҳазалардан шундай хулоса қилиш мумкинки, даврий якорь тоқлари ҳисил қилган магнитсизловчи якорь реакциясининг оқими $\Phi_{a.p} \quad \varepsilon = 0$ да ҳисил бўлади ва роторга етиб бориб, қўзғатиш чулғамининг илашиш оқимини камайитиришга ҳаракат қилади. Аммо $\Phi_a = \Phi_r = 0$ бўлгани учун, бу нарсанинг бўлиши мумкин эмас. Шу сабабли, қўзғатиш ва тинчлантирувчи чулғамларда $\Delta \bar{I}_{k \kappa g}$ ва $\bar{I}_{r \kappa g}$ тоқлар ҳисил бўлиб, у тоқлар ҳисил қилган оқимлар оқим $\Phi_{a.p}$ га тескари йуналган бўлади. Қўшимча ток ёки қўзғатиш тоқининг ортиши $\Delta \bar{I}_{k \kappa g}$, худди бошланғич қўзғатиш тоқи $\bar{I}_{k 0}$ нинг йуналиши бўйича бўлади. Ўшқача қилиб айтадиган бўлсак, $\Delta \bar{I}_{k \kappa g}$ ва $\bar{I}_{r \kappa g}$ тоқлар $\varepsilon = 0$ да ҳисил буладиган оқим $\Phi_{a.p}$ таъсирида ҳисил булар экан.

Ток $\Delta \bar{I}_{k \kappa g}$ ва $\bar{I}_{r \kappa g}$ лар роторнинг нодаврий тоқлари бўлади ва $\Phi_k = \Phi_r = 0$ да сўнмайдиган ўзгармас тоқлар ҳисобланади. У тоқлар роторнинг оқимини ва якорь чулғами фазаларидаги даврий илашиши оқимларининг амплитудасини оширишга интилади. Бу илашиш оқимлари якорьнинг даврий тоқларини компенсациялаш /қоплаш/ лозим. Шу сабабли $\Delta \bar{I}_{k \kappa g}$ ва $\bar{I}_{r \kappa g}$ тоқларнинг ҳисил бўлиши ток $\bar{I}_{a g}$, $\bar{I}_{b g}$, $\bar{I}_{c g}$ ларнинг ортишига олиб келади, натижада роторнинг чулғамидаги илашиш оқими жуда тез камайди. Бу эса ток $\Delta \bar{I}_{k \kappa g}$ ва $\bar{I}_{r \kappa g}$ ларнинг ортишига олиб келади. Натижада ток $\Delta \bar{I}_{k \kappa g}$ ва $\bar{I}_{r \kappa g}$ лар ва $\bar{I}_{a g}$, $\bar{I}_{b g}$, $\bar{I}_{c g}$ тоқларнинг чексиз ортишига олиб келади.

Уларнинг қийматини илашиш оқими ўзгармас қолишида иштирак этувчи чулғамларнинг ссчилма оқими чеклаб қўяди. $\bar{I}_{k g n} = \bar{I}_{g n}$ тенглик ўқорида курган қўшимча ротор тоқларини таъсирида ҳам бажарилади.

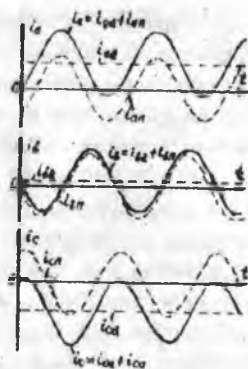
Шундай қилиб тўсатдан буладиган қисқа туташув таъсиридан машинанинг ҳамма чулғамларида даврий ва нодаврий тоқлар ҳисил булар экан. Роторнинг айлангалиги сабабли статор нодаврий тоқлари ва, роторнинг даврий, ҳамда статорнинг даврий тоқлари ва роторнинг нодаврий тоқлари бир-бирига берлиқ бўлади. $\Phi_k = \Phi_r = 0$ да ток $\bar{I}_{k \kappa g}$ ва $\bar{I}_{r \kappa g}$ лар сўнади. 6.3.-расмда қўзғатиш чулғамининг тоқи:

$$\bar{I}_k = \bar{I}_{k 0} + \Delta \bar{I}_{k \kappa g} + \bar{I}_{k g}$$

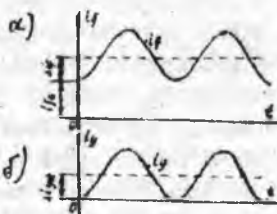
ва тинчлантирувчи чулғам тоқи:

$$\bar{I}_r = \bar{I}_{r \kappa g} + \bar{I}_{r g}$$

ўзгариши кўрсатилган.



6.2-расм. Тўсатдан бўладиган қисқа туташувда
якорь чулғами фазаларидаги тоқларнинг ўзгариши.



6.3-расм. Тўсатдан бўладиган қисқа туташувдаги
қўзғатиш чулғами тоқларининг а) ва тинчланти-
рувчи чулғам тоқларининг б) ўзгариши.

Ҳақиқатда эса актив қаршилик R_k, R_r, R_a лар нолга тенг эмас, шунинг учун қисқа туташувнинг бошланғич вақтида ҳосил бўладиган эркин нодаврий тоқлар ва улар билан бирга даврий тоқлар ҳам сўнади. Натижада қўзғатиш токи I_{k0} ва якорда барқарорлашган даврий қисқа туташув токи бўлган деяри тургун/барқарор/ қисқа туташув ҳолати вужудга келади.

6.3. Тусатдан бўладиган қисқа туташув тоқларининг қийматлари.

Тоқларнинг бошланғич қийматини аниқлаш. Илашиш оқимининг узгармаслик теоремасини қўллаб, қисқа туташувнинг бошланғич вақтида $\angle = 0$ / роторнинг, бўйлама ўқи якорнинг масалан, "а" фазаси ўқи билан мос келсин ва роторнинг паразитлари якорь чулғами параметрларига келтирилган деб фараз қилайлик.

$\angle = 0$ бўлганда, роторнинг нодаврий ва якорь тоқларининг даврий ташкил атувчилари ҳосил қилган илашиш оқимиларининг тенгламасини ёзамиз:

$$L_{ad}(\bar{I}_{k0} + \Delta \bar{I}_{k\kappa\delta}) + L_{ad}\bar{I}_{r\kappa\delta} - (L_{ad} + L_{\sigma\kappa\delta})\bar{I}_{gm} = 0, \quad /6.3./$$

$$(L_{ad} + L_{\sigma_k})(\bar{I}_{k0} + \Delta \bar{I}_{k\kappa\delta}) + L_{ad}\bar{I}_{r\kappa\delta} - L_{ad}\bar{I}_{gm} = (L_{ad} + L_{\sigma_k})\bar{I}_{k0},$$

$$L_{ad}(\bar{I}_{k0} + \Delta \bar{I}_{k\kappa\delta}) + (L_{ad} + L_{\sigma_{rd}})\bar{I}_{r\kappa\delta} - L_{ad}\bar{I}_{gm} = L_{ad}\bar{I}_{k0}$$

/6.3./ даги биринчи тенглама $\angle = 0$ бўлганда d ўқи билан фаза ўқи мос келган якорнинг илашиш оқимини ифодалайди. Бу тенгламанинг биринчи ташкил атувчиси қўзғатиш чулғамининг нодаврий тоқлари ҳосил қилган илашиш оқимини, иккинчи ташкил атувчиси нодаврий тинчлантирувчи тоқлар ҳосил қилган илашиш оқимини, учинчи ташкил атувчиси эса якорь тоқининг ўзи ҳосил қилган якорнинг илашиш оқимини ифодалайди. Якорь оқими роторнинг оқимига тескари бўналганлиги сабабли, учинчи ташкил атувчи манфий ишорада бўлади.

/6.3./ тенгламалари тизимидаги $\epsilon = 0$ бўлганда якориинг лаврий ва қўзғатиш чулғамидаги нодаврий токлар ҳосил қилган қўзғатиш чулғамидаги нодаврий илавиш оқимини ифодалайди, унр томони эса қисқа туташидан олдинги қўзғатиш чулғамининг илавиш оқимини ифодалайди. Уларнинг уртасидаги тенглик қўзғатиш чулғамидаги бу илавиш оқимларининг ўзгармаслик шартини кўрсатади. /6.3./-формуладаги учинчи тенглама эса худди қўзғатиш чулғамининг илавиш оқимлари каби, тинчлантирувчи чулғамининг нодаврий илавиш оқимларининг ўзгармаслик шартини ифодалайди.

/6.3./ - тенгламани $\omega = \omega f$ га кушатириб,

$$\omega L_{ad} \bar{I}_{ko} = X_{ad} \bar{I}_{ko} = E_m \quad /6.4./$$

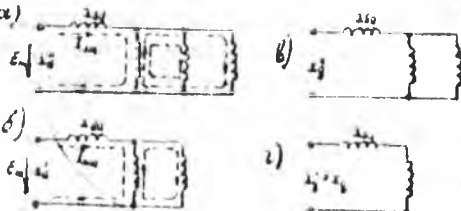
ҳаддини олдинги тенгламанинг унр томониға ишораларини ўзгартириб ўтказамиз. Шундан кейин қай усул билан /6.3./ даги қолган иккита тенгламаларни ҳам ўзгартирамиз ва қуйидагига оға буламиз:

$$\left. \begin{aligned} X_{ad} (\Delta \bar{I}_{ky} + \bar{I}_{Tky} + \bar{I}_{gm}) + X_{oa} \bar{I}_{gm} &= E_m \\ X_{ad} (\Delta \bar{I}_{ky} + \bar{I}_{Tky} - \bar{I}_{gm}) + X_{ok} \Delta \bar{I}_{ky} &= 0 \\ X_{ad} (\Delta \bar{I}_{ky} + \bar{I}_{Tky} - \bar{I}_{gm}) + X_{od} \bar{I}_{Tky} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad /6.5./$$

бу ерда $X_{oa} = \omega L_{oa}$; $X_{ok} = \omega L_{ok}$; $X_{od} = \omega L_{od}$

X_{oa}, X_{ok}, X_{od} - якори, қўзғатиш ва тинчлантирувчи чулғамларнинг соқилли индуктив қаршиликлари.

/6.5./ тенгламага 6.4, а - расидаги эквивалент электр схема мос қолади. а)



6.4-расм. Бўйлими Δ ўқ бўйича / а, б / ва қўйилган q ўқ бўйича / в, г / ўта ўтқиччи / а, в / ҳинда ўтқиччи / б, г / индуктив қаршиликлар.

6.4.-расмдан шу нарсa маълум бўладики,якорнинг бош-
ланғич даврий токи $\bar{I}_{gm}$ нинг амплитуда қиймати якорнинг подаврий
токининг максимал қийматига тенг бўлар экан.

$$\bar{I}_{gm} = \bar{I}_{kgm} = E_m / X_d'' \quad /6.7./$$

бу ерда
$$X_d'' = X_{\sigma a} + \frac{1}{\frac{1}{X_{\sigma d}} + \frac{1}{X_{\sigma k}} + \frac{1}{X_{\sigma rd}}} \quad /6.8./$$

X_d'' - якорь чулғамининг бўлача ўқи бўйича ўта ўткичи
индуктив қаршилиғи дейилади.

$X_{\sigma a}, X_{\sigma k}$ ва $X_{\sigma rd}$ кичик бўлгани учун X_d'' ҳам кичкина қийматга эга
бўлади. Агар $X_{\sigma a} = X_{\sigma k} = X_{\sigma rd} = 0$ бўлганда эди, у ҳолда

$X_d'' = 0$ ва $\bar{I}_{gm} = \infty$ бўлар эди.

Шу сабабли, тўсатдан бўладиган қисқа туташув токининг
қийматини соҳида индуктив қаршилиқлар чеклар экан.

6.4.-расмдаги а/ схемада параллел шохбчаларнинг қисм-
ларидаги кучланиш $(X_d'' - X_{\sigma a}) \bar{I}_{gm}$ га тенг бўлади, шунинг учун
ротор чулғамидаги подаврий токнинг сакраши қуйидагича топилди:

$$\Delta \bar{I}_{ka} = \frac{X_d'' - X_{\sigma a}}{X_{\sigma k}} \bar{I}_{gm} = \frac{X_d'' - X_{\sigma a}}{X_{\sigma k}} \frac{E_m}{X_d''} \quad /6.9./$$

$$\bar{I}_{kr} = \frac{X_d'' - X_{\sigma a}}{X_{\sigma rd}} \bar{I}_{gm} = \frac{X_d'' - X_{\sigma a}}{X_{\sigma rd}} \frac{E_m}{X_d''}$$

/6.4./ тенгликдан $\bar{I}_{ko}$ ни топсак

$$\bar{I}_{ko} = E_m / X_{ad} \quad /6.10./$$

бўлади ва /5.4./ ҳамда /6.10./ асосида ротор токининг сакраши-
ни қуйидагича топил мумкин:

$$\frac{\Delta \bar{I}_{kr}}{\bar{I}_{ko}} = \frac{X_d'' - X_{\sigma a}}{X_{\sigma k}} \frac{X_{ad}}{X_d''}; \quad \frac{\bar{I}_{kr}}{\bar{I}_{ko}} = \frac{X_d'' - X_{\sigma a}}{X_{\sigma rd}} \frac{X_{ad}}{X_d''} \quad /6.11./$$

Агар машина тинчлантирувчи чуғ . б/маса, у ҳолда $X_{\sigma d} = \infty$ бўлади ва 6.4, д расмдаги схема урнига 6.4. б/ расмдаги эквивалент электр схемага эга бўламиз. Бу схеманинг қаршилиги қуйидагича топилади:

$$X_d' = X_{\sigma d} + \frac{1}{\frac{1}{X_{ad}} + \frac{1}{X_{\sigma k}}} \quad /6.12./$$

X_d' - якорь чулғамининг бўйлама уқ бўйича уткинчи индуктив қаршилиги дейилади ва $X_d' > X_d''$ бўлади.

Тинчлантирувчи чулған тўсатдан бўладиган қисқа туташув токининг қийматини оширишга олиб келар экан.

Ротор чулғамларидаги тоқлар бир онда ўзгара олмгани учун бу чулғамлардаги даврий тоқларнинг бошланғич қийматлари $\Delta \bar{I}_{k\pi}$ ва $\bar{I}_{r\pi}$ тоқларнинг тескари ишорали қийматига тенг булар экан.

Якорь даврий токининг зўниши.

/6.5./ тенгламани ток $\bar{I}_{3m}$ га нисбатан ечиб қуйидагига эга бўламиз.

$$\bar{I}_{3m} = \frac{E_m}{X_d} + \frac{X_{ad} \Delta \bar{I}_{k\pi}}{X_d} + \frac{X_{ad} \bar{I}_{r\pi}}{X_d} \quad /6.13./$$

/6.13./ тенгликка асосан ток $\bar{I}_{3m}$ уч қисмдан ташкил топган. Биринчи ташкил этувчиси $\bar{I}_{k0}$ ток ҳосил қилган якорь тоқдан, қолган иккита $\Delta \bar{I}_{k\pi}$, $\bar{I}_{r\pi}$ тоқлар ҳосил қилган якорь тоқининг ташкил этувчилари.

Агар $k_k = k_d = 0$ бўлса, у ҳолда эркин тоқлар $\Delta \bar{I}_{k\pi}$ ва $\bar{I}_{r\pi}$ ўзгарамас бўлади ва даврий тоқнинг амплитудаси қуйидагига тенг бўлади:

$$\bar{I}_{gm} = \frac{E_m}{X_d''} = \text{const.}$$

дақиқатда эса $K_k \neq 0$, $K_{td} \neq 0$, шунинг учун $\Delta \bar{I}_{k\mu}$ ва $\bar{I}_{T\mu}$ тоқлар маълум бир узгармас вақтдан кейин сунади ва натижада тоқ

$\bar{I}_{gm}$ ҳам камаяди. $t = \infty$ вақтда $\Delta \bar{I}_{k\mu} - \bar{I}_{T\mu} = 0$ ва /6.13./ тенгликка асосан барқорорлашган қисқа туташув токининг амплитудаси қуйидагича топилади:

$$[\bar{I}_{gm}]_{t=\infty} = \bar{I}_{gm\infty} = E_m / X_d.$$

/ 6.14/

Тоқ $\bar{I}_{gm}$ нинг бошланғич қиймати /6.7./ тенгликдан топилади. Якорь токининг бошланғич ва охириги қийматларининг амплитуда қиймати қуйидагича топилади:

$$\frac{E_m}{X_d'} - \frac{E_m}{X_d} = \frac{X_{ad} (\Delta \bar{I}_{k\mu} + \bar{I}_{T\mu})}{X_d}.$$

/ 6.15./

/6.15./ тенгликдаги фарқ ҳам 2 та ташкил этувчидан иборат. У ташкил этувчилар T_d' ва T_d'' вақт доимийсидан кейин сунади:

$$\bar{I}_{gm}' e^{-t/T_d'} + \bar{I}_{gm}'' e^{-t/T_d''}.$$

$\bar{I}_{gm}$ токнинг қисқа туташувдан кейинги қийматлари қуйидагича топилади:

$$\bar{I}_{gm} = \bar{I}_{gm} + \bar{I}_{gm}' e^{-t/T_d'} + \bar{I}_{gm}'' e^{-t/T_d''}.$$

/ 6.16./

/ 6. 16./ формуладаги иккинчи ташкил этувчи уткинчи ва учинчи ташкил этувчи эса ута уткинчи қисқа туташув токи дейилади. Биринчи ташкил этувчиси иккинчи ташкил этувчисига нисбатан секинроқ сунади:

Тоқлар $\bar{I}_{gm}'$ ва $\bar{I}_{gm}''$ қуйидагича топилади:

$$\bar{I}_{gm}' = \frac{E_m}{X_d'} - \frac{E_m}{X_d}, \quad \bar{I}_{gm}'' = \frac{E_m}{X_d'} - \frac{E_m}{X_d}.$$

/ 6.17./

Якорь чулгами фазаларидаги даврий қисқа туташув токининг бир ондаги қийматини қуйидаги формуладан топиш мумкин:

$$\begin{aligned} \bar{I}_2 &= (\bar{I}_{2m} e^{-t/\tau_d''} + \bar{I}_{2m} e^{-t/\tau_d'} + \bar{I}_{2m\infty}) \cos(\omega t + \delta_0) = \\ &= \left[\left(\frac{E_m}{X_d''} - \frac{E_m}{X_d'} \right) e^{-t/\tau_d''} + \left(\frac{E_m}{X_d'} - \frac{E_m}{X_d} \right) e^{-t/\tau_d'} + \frac{E_m}{X_d} \right] \cos(\omega t + \delta_0) \end{aligned} \quad /6.18./$$

бу ерда δ_0 - қисқа туташув токининг бошланғич фазаси.
Якорь нодаврий токининг сўниши. Бу ток эркин ҳисобланади, шу сабабли қисқа туташув жараёни нолгача сўнади, Якорь нодаврий токининг вақт доимийси T_a якорнинг актив қаршилиги R_a ва шу нодаврий токка эквивалент бўлган якорнинг эквивалент индуктивлигига боғлиқ бўлади. Якорнинг $\bar{I}_{a\text{н}2}$ нодаврий токи ва φ_a оқими ротор чулгамида ўзгарувчан токни ҳосил қилади, бу ток φ_a оқимга тескари бўлган оқим ҳосил қилади, натижада эквивалент индуктивликнинг ва вақт доимийси T_a нинг камайишига олиб келади. Якорь актив қаршилиги R_a ва T_a ларнинг қийматига таъсир қилмагани каби, роторнинг актив қаршилиги ҳам T_a нинг қийматига таъсир қилмайди.

Қундаланг уқ буйича бўладиган ўткинчи жараёнларга 6.4.8, г, расмлардаги схемалар тўғри келади. Агар тинчлантирувчи чулгам бўлса, қундаланг уқ буйича якордаги чулгамда ута ўткинчи индуктив қаршилиқ ҳосил бўлади:

$$X_q'' = X_{\sigma a} + \frac{1}{\frac{1}{X_{aq}} + \frac{1}{X_{\sigma ta}}}$$

/6.19./

Агар тинчлантирувчи чулғам булмаса, у ҳолда якорь чулғамда кундаланг уқ буйича уткинчи индуктив қаршилиқ ҳосил бўлади.

$$X'_q = X_{oa} + X_{aq} = X_q \quad / 6.20./$$

Тинчлантирувчи чулғам булганда якорь нодаврий токининг вақт доимийси куйидагича топилади:

$$T_a = \frac{X''_d + X''_q}{\omega L_a} \quad / 6.21./$$

Тинчлантирувчи чулғам булмаса

$$T_a = \frac{X'_d + X'_q}{\omega L_a} \quad / 6.22./$$

Якорнинг нодаврий токи:

$$i_a = -\frac{E_m}{2} \left[\left(\frac{1}{X''_d} + \frac{1}{X''_q} \right) \cos \delta_0 + \left(\frac{1}{X''_d} - \frac{1}{X''_q} \right) \cos (2\omega t + \delta_0) \right] e^{-t/T_a} \quad / 6.23./$$

Тула ва зарбий қисқа туташув токи.

/6.18./ ва / 6.21./ тенгликлардан тула қисқа туташув токи куйидагича топилади:

$$\begin{aligned} \bar{i} = \bar{i}_q + \bar{i}_{kg} = & \left[\left(\frac{E_m}{X''_d} - \frac{E_m}{X'_d} \right) e^{-t/T'_d} + \left(\frac{E_m}{X''_d} - \frac{E_m}{X'_d} \right) e^{-t/T'_d} + \right. \\ & \left. + \frac{E_m}{X'_d} \right] \cos (\omega t + \delta_0) - \frac{E_m}{2} \left[\left(\frac{1}{X''_d} + \frac{1}{X''_q} \right) \cos \delta_0 + \right. \\ & \left. + \left(\frac{1}{X''_d} - \frac{1}{X''_q} \right) \cos (2\omega t + \delta_0) \right] e^{-t/T_a} \quad / 6.24./ \end{aligned}$$

Тинчлантирувчи чулғам булмаса, /6.24./ тенгламадаги X''_d ва X''_q ўрнига X'_d ва X'_q ларни қўйиш лозим ва бунда биринчи таъкил этувчи, яъни ута уткинчи қисқа туташув токи нолга тенг бўлади.

$\delta_0 = 0$ ёки 180° бўлганда қисқа туташув содир бўлса, нодаврий ток ўзининг энг катта қийматига эга бўлади. Бунда қисқа туташув токининг бир сондаги қиймати ҳам энг катта бўлади ва зарбий қисқа туташув токи I_2 дейилади. I_2 ток қисқа туташувдан ярим давран сўнг, ҳосил бўлиб, $T_d'' = T_d' = T_d = \infty$ бўлганда /6.24./ фодадан топилади:

$$I_2 = 2 E_m / X_d''$$

ёки

$$I_2 = \frac{1,05 \cdot 1,8 \cdot \sqrt{2} U_n}{X_d''}$$

/6.25./

Нисбий бирликда /6.25./ қўйилганда бўлади:

$$\bar{I}_2^* = \frac{I_2}{\sqrt{2} I_n} = \frac{1,05 \cdot 1,8}{X_d''^*}$$

/6.26./

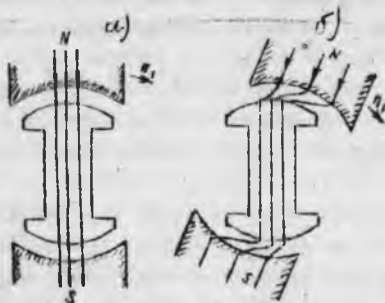
Шундай қилиб, қисқа туташув токи машинанинг чулғамлари учун хавфли экан. Чунки бу ток электродинамик кучларни ҳосил қилади. Бу куч қисқа туташув токининг квадратига мутаноси^а бўлиб, чулғамларнинг тирсак қисмларига ҳамда фаза чулғамлари ўртасида таъсир қилади. Бу ток бундан ташқари валга таъсир қилувчи момент ҳосил қилади. Бу моментнинг пульсланувчи ташкил этувчиси хавфли ҳисобланади.

Тусатдан бўладиган қисқа туташув машина юк билан ишлов^атганда содир бўлса, мураккаб характерда бўлади, лекин қисқа туташув токининг бошланғич ва зарбий қийматлари салт ишлашда содир бўлган қисқа туташувдаги қийматларидан унча фарқ қилмайди.

УП.-ВОВ. СИНХРОН МАШИНАЛАРИНИНГ МАХСУС ТУРЛАРИ

7.1. Реактив синхрон мотор.

Реактив синхрон моторларнинг ротори айён қутбли бўлади. Бундай мотор ротори қутбларида қўзғатилиш чулғами бўлмаганини билан одатдаги синхрон моторлардан фарқ қилади. Машинада магнит оқими якори реакция натижасида ҳосил бўлади. Айён қутбли ротордаги магнит оқими қаршилиги кам бўлган Пул билан туташиб қутбларнинг бўлиши уқчи бўйича ҳаракатланиб айланувчи моментни ҳосил қилади /7.1,а-расм./ Шу сабабли роторни синхрон теаликка якчи теалик билан айлантирсак, у ҳолда якорининг айланувчи магнит оқими роторни уа орқасидан эргаштиради /7.1,б-расм./ ва ротор магнит оқими синхрон теаликда айланади.



7.1. -расм. Айён қутбли реактив синхрон мотор.

Айёнас қутбли /7.2.-расм./реактив синхрон мотор ҳаҳо бўшлиги бўйича турли йуналишда магнит оқимининг йуналиши бир хил бўлади, шу сабабли уларда қўзғатилиш токи бўлмаганда реактив момент ҳосил бўлмайди.



7.2. -расм. Айёнас қутбли реактив синхрон мотор.

Шундан қилиб, реактив мотор бўлаша ва қундаланг уқлар қўллаш магнит ўтказувчанлик ҳар хил бўлгани сабабли айланувчи момент ҳосил булар экан.

Бу ўтказувчанликларга индуктив қаршилик X_d ва X_q лар қўйиб берилади. Реактив синхрон моторнинг моменти қуйидагича топилади:

$$M = \frac{mU^2}{2\omega_l} \left(\frac{1}{X_q} - \frac{1}{X_d} \right) \sin 2\theta.$$

$\theta = 45^\circ$ бўлганда момент узининг максимум қийматига эришади. X_d ва X_q лар орасидagi фарқ қанча булса, максимал момент шунча катти булади.

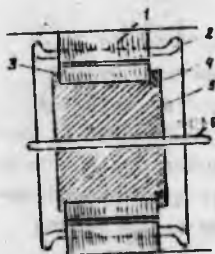
Умунан $X_d/X_q \approx 1,5$ бўлгани учун реактив моментининг қиймати номинал моментнинг 0,25 кн ни ташкил этади.

Реактив моторнинг энергетик бўйича сифат қўрсаткичлари кичик булади. Книнг камайишига сабаб, якорь чулғамидagi электр исрофларининг катта бўлишидир. Қувват коэффициентининг кичик бўлишига сабаб эса, магнит пайдоилии ҳосил қилувчи магнитловчи токнинг катта бўлишидир.

Реактив моторлар 50 Вт дан 100 Вт гача қувватга муҳаллаб ишлаб чиқарилади. Улар олов ёзиш аппаратларига, синхрон бўланиш схемаларида ва бошқа соҳаларда ишлатилади. Реактив моторнинг конструктор тузилиши содда, узгармас ток манбаининг бўлмаслиги ва арзон таъмирки унинг афзаллиги ҳисобланади.

7.2. Гистерезисли синхрон мотор.

Гистерезис моторнинг статори худди синхрон ва асинхрон машиналарини каби тузилган. Статор пазларида 3 фазали ёки 2 фазали чулғам жаллаштирилган булади. Ана шу чулғам электр тармоғига уланса, унда айланувчи магнит пайдоили ҳосил булади. Ротори икки қисмдан тузилган булади (7.3.-расм.1): ялғиз кийдирилган магнит ёки магнитсиз чулғам ва унда жаллашган икхит ёки алоҳида шикстиниклардан ёзилган чулғам булар ҳалқанни иборат булади. Бу чулғам ҳалқа гистерезис сармоғи икхит бўлган магнит-қаттиқ материалдан таёрланган булади.



7.3-расм.

Гистерезис моторнинг конструктив қисмлари:

1 - статор; 2- статор муфтаи; 3-магнит қават материалдан таъёрланган ҳалқа; 4-қисиб турувчи ҳалқа; 5-роторнинг атулкаси; 6- вал.

Гистерезис мотор, ҳам синхрон, ҳам асинхрон иш ҳолатларида ишлаши мумкин. Асинхрон иш ҳолатида айлантирувчи момент роторнинг магнитланиши туфайли ҳосил бўлади ва икки ташкил атувчилан иборат бўлади: уярма тоқлар ҳосил қилган M_y момент ва гистерезис / қават магнитланиш/ ҳолисаси туфайли ҳосил бўлган M_r момент :

$$M_{\text{аил}} = M_y + M_r$$

Моментнинг M_y ташкил атувчиси ротор майдон билан асинхрон айланди, унда уярма тоқлар ҳосил бўлади ва бу тоқлар статор магнит майдони билан таъсирланиши натижасида вужудга келади.

Моментнинг M_r ташкил атувчиси роторнинг гистерезис қаватининг магнитланиши туфайли, яъни гистерезис ҳолисаси туфайли ҳосил бўлган майдон билан статордаги айланди майдонинг таъсири натижасида ҳосил бўлади. Гистерезис моторларда яргизиш моменти жуда катта бўлади, бу уларнинг афзаллигилир. Асинхрон иш ҳолатида гистерезис мотор узок вақт ишлаши фойдасиздир, чунки роторда катта қувват исрофи бўлади.

Агар ротор таъёрланган материалнинг гистерезис сиртлари анча кенг бўлса, машинага қолдиқ магнит индукцияси катта бўлади ва машинада катта айлантирувчи момент ҳосил бўлади.

Гистерезис моторларининг қувватлари 1-2кВт қилиб таъёрланади. Уларнинг конструктив тузилиши содда, кам шорқинли, катта яргизиш моментига ва кичик яргизиш токига эга. Машинанинг ФИК 60 гача бўлади. Гистерезис моторларининг камчилиги

$\cos \varphi$ нинг кичиклиги, юк тез ўзгарганда роторнинг тебраниши ва машина теннаторнинг қimmatлиги киради. Синхрон иш ҳолатида статорнинг МКН кичик бўлгани учун ротор қамроқ магнитланади ва натижада мотор термоқдан етарли магнит оқимини ҳосил қиладиган реактив магнитловчи токни истеъмол қиледи. Ана шунинг учун $\cos \varphi$ кичик бўлади. Роторда ҳеч қандай демпферловчи/тинчлантирувчи/ чулғам ва занжирлар бўлмагани учун, ротор тебранади. Гистерис мотор гироскопик мотор урнида ишлатилади.

7.3. Доимий магнитли синхрон машиналар.

Доимий магнитли синхрон машиналарнинг ўзига хос хусусияти шундаки, уларда қўзғатиш магнит майлонини ҳосил қилиш учун ўзгармас магнитлар ишлатилишидир.

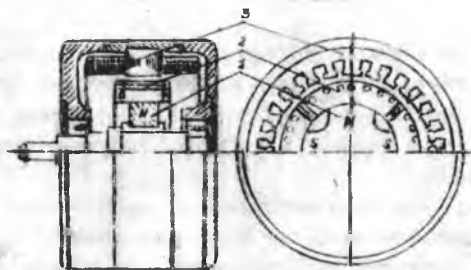
Ўзгармас магнитлар роторда жойлаштирилади ва ҳалқа чуткалар керакسىз бўлиб, машина контакسىз бўлиб қолади. Бундай машиналарнинг конструктив тузилиши содда, контакт ҳалқаларининг бўлмаслиги, МКН нинг катта бўлиши, қўзғатиш чулғамила электр исрофининг бўлмаслиги ҳамда қўзғатиш учун ўзгармас ток манбасининг бўлмаслиги уларнинг афзаллиги ҳисобланади.

Шу билан бирга бундай машиналарнинг камчиликлари ҳам бор. Бу камчиликларга магнит майлонини бoshқаришнинг қийинлиги, тaпнaрхиянинг қimmatлиги, қувват чегаравий қиймaтининг кичик бўлиши ва урта қувватли машиналарда уларнинг оғир массага эга бўлиши киради.

Бу машина қуввати бир неча ун киловаттгача бўлади. Ҳозирги вақтда ўзгармас магнитли митти мотор кенг ишлатилмоқда. Уларнинг роторида ўзгармас магнит ва қисқа туташтирилган чулғам бўлади. Бу мотор асинхрон усулда юргизилади.

Ўзгармас магнитлар роторда радиал ва аксиал ҳолатларда жойлаштирилади.

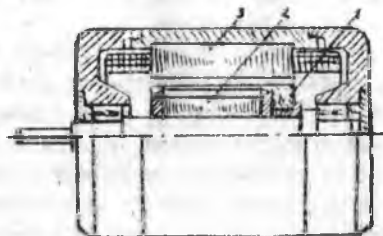
7.4. - расмда ўзгармас магнитнинг роторда радиал жойлашиши кўрсатилган.



7.4-расм. Үзгармас магнити роторда радиал жойлашган синхрон мотор. 1 – узгармас магнит; 2 – ротор; 3 – статор.

Бундай жойлашган узгармас магнит кудузча шаклига эга бўлади. Унга пулат ҳалқа пакет прессланади. У ҳалқада пазлар, унга қисқа туташтирилган чулғам стерженлари жойлаштирилади ва қутблар орасида очиқ жойлар бўлиб, магнитнинг сочилма оқимини камайтиради.

7.5. – расмда узгармас магнитнинг роторда аксиал жойлашиши кўрсатилган. Бу ҳолда валда ротор жойлаштирилиб, унинг бир ёки икки чеккасида узгармас магнит жойлаштирилади.



7.5.- расм. Үзгармас магнити роторда аксиал жойлашган, синхрон мотор. 1- узгармас магнит; 2- ротор; 3 – статор.

Бу мотор асинхрон усулда юргизилганда асинхрон моментдан ташқари яна тормозловчи момент ҳам ҳосил бўлади. Тормозловчи момент ротор қутбларида ҳосил бўлган магнит майдони билан шу майдон ҳосил қилган статордаги токнинг таъсирлашиши натижада вужудга келади.

Ўзгармас магнитли моторларнинг юргизиш тавсифлари гистеризис моторлариникига нисбатан ёмон, ammo лекин ўзгармас магнитли моторларнинг энергетик кўрсаткичлари яхши, юкланиш қobiliяти юқори ва айланиш тезлиги стабил/бир маромда/ бўлади.

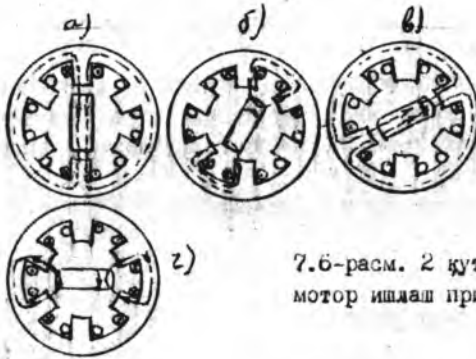
7.4. Одимли мотор.

Одимли мотор импульси кучланишни дискрет /сакровчи/ бурчакли ёки чизикли одим билан ўзгарувчи кучланишга айлантиради. Бундай моторлар дастурли бошқариладиган электр юритмалари тизимида кенг ишлатилади.

Одимли моторнинг ротори аён қутбли бўлиб, қўзғатиш чулғами ёки ўзгармас магнит бўлиши /актив/ ва қўзғатиш бўлмаслиги /реактивли/ мумкин.

Одимли моторнинг статори пазларида битта ёки бир нечта бошқариш чулғамлари бўлади. Бу чулғамлар электрон коммутатордан маълум кетма-кетликда сигнал олади.

Одимли моторларнинг жуда кўп турлари бўлади. Қуйида биз бундай моторларнинг ишлаш принципини одимли реактив мотор мисолида қуриб ўтмиш. Бу моторнинг статорида учта чулғам жойлашган бўлиб, бири иккита салтакдан иборат бўлади. Ротори эса фақат иккита қутбдан иборат бўлади. Бу қутблар магнитли-юмшоқ материалдан тайёрланади. Статорнинг биринчи чулғамига электрон коммутатордан сигнал берилса, магнит майдони учун магнит қаршилиги кичик бўлган, ҳолатга ротор бурилади. /7.6, а-рasm/. Сунгра биринчи чулғам узилмасдан, иккинчи чулғам ҳам уланса, ротор 30° га бурилиб, 7.6, б-рasmдаги ҳолатни эгалдайди. Шундан сунгра биринчи чулғам узилди ва ротор яна 30° га бурилиб, 7.6, в-рasmдаги ҳолатни эгалдайди. Кейин учинчи чулғам уланади ва ротор яна 30° га бурилади /7.6, г-рasm/.

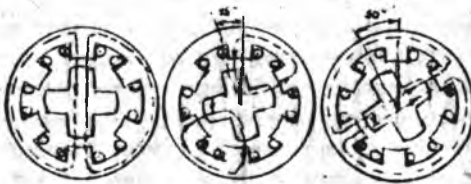


7.6-расм. 2 қутбли одимли реактив мотор ишлаш принципіга оид схема.

Бундай мотор ротор бир марта тўла айланиш давомида 12 та одим қилади.

Агар бундай мотор 4 қутбли бўлиб, юқоридаги кетма-кетликда чулғамлар уланса, у ҳолда ротор 15° га бурилади /7.7-расм / ва ротор бир марта тўла айланиш давомида 24 та одим қилади.

Шундай қилиб, одимли мотор қутблар сонини ошириб, бир тўла айланиш давомидаги одимлар сонини оширишга эришилар экан.



7.7-расм. 4 қутбли одимли реактив моторнинг ишлаш принципіга оид схема.

Олимли моторларнинг иш ҳолатини қуйидаги катталиклар кўрсатади:

1/ Олимлар сони; 2/ импульсларнинг чегаравий частотаси; 3/ импульсларнинг максимал частотаси / синхрон иш ҳолати соқланади/; 4/ хусусий тебраниш частотаси; 5/ статор чулғамининг электромагнит вақт доимийси.

Олимли моторларнинг асосий тавсифларига бурчак, механик ва динамик тавсифлар кирadi.

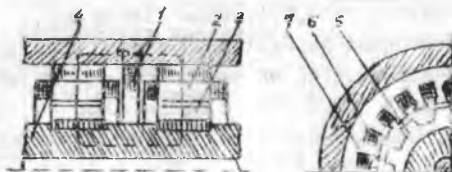
7.5. Индукторли генератор.

Индукторли генераторлар синхрон генераторнинг кўринишларигача бири хисобланиб, жуда катта частотали ЭЖга ога бўлади. Ўқори частота ҳалқ ўзқилинининг кўпгига соҳаларида, шунингдек, индукцияон қиспириш, предметларнинг юзасига ишлов боришда, ўқори тезликли электр юритмаларида ва бошқаларда ишлатилади. Индукторли генераторлар катта қуватли синхрон генераторлар учун қўзғаткич бўлиб хизмат қилади.

Синхрон генераторнинг якорь чулғамиде ҳосил бўладиган ЭЖнинг частотаси $f_1 = p n / 60$ билан аниқланади. Частотани, тезликни ошириш хисобига ошириш мумкин, лекин тезликни ошириш эса роторнинг механик қотиқлиги чеклаб қўяди. Жуфт қутблар сонини қўлайтириб, частотани оширишда эса қутб бўлимасининг ўлчамлари ўзгаради. Шунинг учун одатдаги бундай синхрон генераторлар 400 Гц гача бўлган частоталарда ишлаб чиқарилади. Жуда катта частоталарни олиш учун индуктор генераторлар ишлатилади.

Индукторли генераторнинг статори алоҳида пўлат пластинкалардан йиғилади. Статор пўлат ўзэги пазларида чулғамлар жойлаштирилади. Пазлар очиқ ёки ярим ёпиқ шаклда бўлади. Ротор пўлат ўзэги алоҳида-алоҳида пластинкалардан йиғилиб, ундаги пазларга ҳеч қандай чулғам ўрнатилмайди, шунинг учун ҳам индукторли генераторлар контаксия хисобланади. Статорда якорь чулғами ва қўзғаткиш чулғами жойлаштирилади. Якорь чулғами статор пўлат ўзэги тишларига ўралади қўзғаткиш чулғами эса ҳар хил жойлашиши мумкин. Қўзғаткиш чулғамининг жойлашишига қараб индукторли генераторлар бир хил ишора қутбли ва ҳар хил ишора қутбли турларга бўлинади.

Бир хил ишора қутбли генераторларда қўзғатив чулғами ҳалқа шаклдаги ғалтақдан иборат бўлиб, машина валлини ўраб олади /7.8-расм./



7.8.-расм. Бир хил ишора қутбли индукторли генератор:
1.-қўзғатив чулғами; 2- статор пакети; 3-ротор пакети;
4- роторнинг ярмоси; 5-ротор тиши; 6-якорь чулғамининг ғалтаги; 7- статор тиши.

Бундай генераторларнинг статор ва ротор пакетлари қўзғатив магнит оқини битан машина айланаси қўндаланг кесим бўйича магнитланади. Ротор бир қутбли магнит майдонида айланганда у магнитланмайди ҳамда роторда магнит исрофлар ҳосил бўлмайди.

Ҳар хил ишора қутбли генераторларда қўзғатив чулғамининг ғалтаги статордаги катта пазларда жойлаштирилади /7.9-расм/ ва ҳар хил қутблар кетма-кет келади. Шунинг учун ҳам бундай генераторларга ҳар хил ишора қутбли генераторлар дейилади.



7.9.-расм. Ҳар хил ишора қутбли индуктор генератор:
1- статор пакети; 2- якорь чулғами ғалтаги; 3- қўзғатив чулғами ғалтаги; 4-ротор пакети.

қузратиш чулғамининг магнит оқими статор ва ротор пакетларининг бир хил ишорали қутбидан бошқа ишорали қутбига утиб ҳаракатланади.

Бир хил ишора қутбли генераторларда статор ва ротор ярмоларида йиғинди магнит оқими ҳаракатланиб туради, ҳар хил ишора қутбли генераторларда эса статор ва ротор ярмоларида йиғинди магнит оқимининг ярми ҳаракатланиб туради. Шу сабабли бир хил ишора қутбли генераторларнинг ярмолари катта улчамларга эга бўлади.

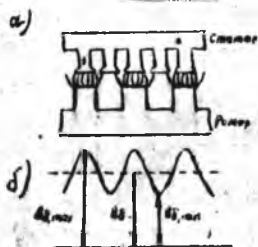
Индукторли генераторларда статор ва ротор тишлари маълум бир боғланишда бўлади :

$$Z_1 = 2 Z_2 m q ,$$

бу ерда m - фазалар сони; q - бир қутб ва бир фазага тўғри келувчи пазлар сони.

Бу генераторнинг ишлаш принципини бир фазали $q=1$ бўлган генератор масолида тушинтирамиз.

Статор ва роторда тишлар бўлганлиги сабабли, магнит оқимий қутб булинмасида бир хилда тарқалмайди. Унинг купроқ қисми ротор тиши статор тиши естига тўғри келган қисмида жойлашса, оқимнинг кам қисми эса ротор пази статор тиши естига тўғри келган жойда бўлади. / 7.10, а- расм/.



7.10. -расм. Индуктор генераторнинг ишлаш принципига сид схема.

Бунда магнит индукциясининг ҳаво бушлиғидаги ўзгариш эгри чизиги 7.10,6 расмда кўрсатилган. Ротор айланганда ҳаво бушлиғидаги магнит индукцияси пульсланиб, яъни ишораси бир хил қолиб, қиймати $B_{\max}$ дан $B_{\min}$ гача оралиқда ўзгараётган.

Демак йиғинди магнит индукция B_{Σ} иккита ташкил этувчилардан: амплитудаси ўзгариб тураётган $B_{\Sigma} = \frac{1}{2}(B_{\max} - B_{\min})$ ва амплитудаси ўзгармас бўлган $B_{\Sigma} = \frac{1}{2}(B_{\max} + B_{\min})$ иборат экан.

Магнит индукциясининг ўзгараётган ташкил этувчиси B_{Σ} якори чулғамларида ЭКНИ ҳосил қилади. Бу ЭКНИнинг даври роторнинг тиш бўлиниши билан бурилишига барлиқ бўлиб, частотаси қуйидагича топилади:

$$f_1 = z_2 n / 60$$

Ҳар хил ишора қутбли индуктор генераторнинг қўзғатиш чулғамиде, бу ўзгараётган индукция B_{Σ} ЭКНИ ҳосил қилмаслиги учун, қўзғатиш чулғами ҳосил қилган қутб бўлинишида роторнинг бутун сонли тиш бўлиниши тўғриси келиши керак.

Магнит индукциясининг ўзгармас ташкил этувчиси статр чулғамларида ҳеч қандай ЭКНИ ҳосил қилмайди. Шунинг учун магнит оқимининг бир қисми фойдали иш бажармайди ва машинада материاللarning унумли фойдаланишини пасайтиради.

Индуктор генераторнинг тавсифлари худди оддий генераторларнинг тавсифларига ўхшаш бўлади, лекин якори реакцияси у тавсифларга жуда катта таъсир кўрсатади. Индуктив қаршилиқ жуда катта қийметга эга бўлгани учун, генераторнинг ташқи тавсифи ута пасайиши тўғриси бўлади. Қуллашнининг пасайишини камайтириш учун, генераторларга параллел қилиб конденсаторлар уланади.

7.6. Бўйлама - кўндаланг қўзғатиладиган синхрон машиналар.

Бундай синхрон машиналар тузилиши оддий синхрон машиналарникидан фарқ қилмайди. Роторнинг тузилишида эса фарқ бўлади. Синхрон машина роторидаги тинчлантирувчи /генератор/ ёки юрғизиш мотор/чулғамлари/ урнига икки ёки *и* фазали қўзғатиш чулғами ўрнатиледи. Қўғида икки фазали чулғами бўлган аёнмас ва аён қутбли роторнинг тузилишини кўриб утамаз.

Бўйлама-кўндаланг қўзғатиладиган синхрон машинанинг ротори аёнмас қутбли бўлса, симметрик икки фазали қўзғатиш чулғами ротор дээларига ҳудди якорь чулғами ёки фазе роторли асинхрон моторининг ротор чулғами каби ўралган бўлади.

Агар икки чулғам "ах" ва "ву" лар ҳар хил бўлса, яъни нонсимметрик бўлса, улар ҳар хил ҳажми эгаллайди. 7. II-расмда "ах" чулғам умумий паёлларнинг 3/4 қисмини, бу чулғам эса 1/4 қисмини эгаллаган бир қатламда аёнмас қутбли роторнинг чулғамлари курсатилган.

Аёнмас қутбли бўйлама-кўндаланг қўзғатиладиган синхрон машиналарда бўйлама уқд "ах" қўзғатиш чулғамининг уқи бўйича йўналган бўлиб, унинг мусбат йўналиши "ах" чулғамнинг магнит оқими билан бир хилда йўналган бўлади. Кўндаланг уқ *9* эса "ву" қўзғатиш чулғами "қи бўйича йўналган бўлади. Шу сабабли "ах" қўзғатиш чулғамини-бўйлама, ву қўзғатиш чулғамини эса-кўндаланг уқ бўйича жойлашган чулғамлар дейлади.

Бўйлама-кўндаланг қўзғатиладиган синхрон машинанинг ротори аён қутбли бўлса, у ҳолда қўзғатиш чулғамлари "ах" ва "ву"ларни бир хил, яъни симметрик қилиш мумкин эмас. Асосий бўйлама қўзғатиш чулғами "ах" худди оддий синхрон машиналардаги қўзғатиш чулғами каби жойлаштириледи, / 7. I2-расм/қўшимча кўндаланг чулғами ву эса демпферловчи чулғам урнида жойлаштирилади ва бу чулғамнинг Мах асосий чулғам Мах нинг $20 \div 30\%$ ни ташкил этади.



7.11-расм.қўзғатиш чулғамлари
"ах"ва"ву"ҳар хил бўлган аёнмас
қутбли ротор.



7.12.-расм.Демпфер чулғами
ўрнига қўндаланг қўзғатиш
чулғами ўрнатилган
аён қутбли ротор.

Бундан синхрон машиналарнинг ишлаш принципи оддий синхрон машинаникидан фарқ қилмайдиган, фақатгина уткинчи жараёнлар вақтини қўндаланг қўзғатиш чулғами "ву" ишга туширилади. Иккала қўзғатиш чулғамига ҳам ўзгармас ток манбасидан қучланиш берилган. Бу машиналар мотор, генератор, синхрон компенсатор режимларида ишлайди.

Ўйлама-қўндаланг қўзғатиладиган синхрон машиналарнинг сифлари ҳам худди оддий синхрон машиналарники каби бўлади, лекин ўтависфларга якорь реакциясининг таъсири кам ёки умуман бўлмаган, чунки қўндаланг қўзғатиш чулғамидаги магнит майдони таъсирида реакцияси қопланади.

Шундай қилиб, қўшимча қўндаланг қўзғатиш чулғами машинанинг статик ва динамик турғунлик иш ҳолатини оширади, ҳамда машинани бошқариш яхшиланади. Ҳозирги вақтда 320 МВА ли синхрон компенсатор ишлаб чиқилишда.

7.7. Асинхронлаштирилган синхрон машиналар.

Агар синхрон машинанинг бири-бирига перпендикуляр бўлган иккита қўзғатиш чулғами бўлиб, уларга икки фазали ўзгарувчан частотадаги қучланиш манбаси уланса, у ҳолда бу чулғамлардан синусоидал токлар оқади. Бу токлар қўзғатиш чулғамида айланивчи магнит майдонини ҳосил қилади. Бу майдон роторга нисбатан маълум бир сирпаниш билан айланади.

Шу сабабли бундай машиналарга асинхронлаштирилган синхрон машиналар дейилади. Бундай машиналарнинг тузилиши ва ишлаш принципи булма-кундаонг қўзғатиладиган синхрон машиналарники каби бўлади, ammo қўзғатиш чулғамларига барқарор иш жараёнида ўзгармас ток берилса, ўткинчи иш жараёнида esa бу чулғамларга ўзгарувчан частотали кучланиш бериледи. Бу машиналар ҳам мотор, генератор, синхрон компенсатор режимларида ишлайди.

Ҳозирги вақтда 50 МВтли иккита асинхронлаштирилган гидрорегенератор ИОВСК ГЭСда ишлатилляпти. Бу генераторларни 1961 йили "Электросила" заводи ишлаб чиққан. Нурстин ГРЭС да 200 МВтли асинхронлаштирилган турбогенератор ишляпти. Кислогуб қуюлиш электр станциясида 1972 йилдан бери 400 кВтли генератор-мотор/асинхронлаштирилган/ ишлаб келяпти. Бундан ташқари шомол электр станциялари учун 4,5 МВт ли асинхронлаштирилган генераторлар ишлаб чиқилган.

Бу машиналарнинг тавсифлари / синхрон иш ҳолатда / ва кундаонг қўзғатиш чулғамининг роли ҳам худди булма-кундаонг қўзғатиладиган машиналарники каби бўлади.

7.8. Ўта ўтказувчан чулғамли синхрон машиналар.

Ҳозирги вақтда қўзғатиш чулғамлари ўта ўтказувчан материаллардан тайёрланадиган синхрон машиналарга бўлган қизиқиш кўпаймоқда.

Ўғрим металллар / $0,14 \pm 9$ / К ҳароратда ўта ўтказувчанлик касосига эга бўлади. Ўта ўтказувчан материалларнинг қаршилиги ишда тенг бўлади. Бу ҳолат маълум бир критик ҳарорат, критик магнит индукцияси, критик ток зичлигигача сақланади.

Ҳозирги вақтда ўғрим сохаларда ниобий ва титан ёки ниобий ва / олов / қўрошин бирикмаларидан ўта ўтказувчан материаллар ишлаб чиқарилиб ишлатилмоқда. Бундай ўтказувчан материаллар учун критик ҳароратнинг қиймати $4,2-5$ / К, критик ток зичлиги 1000 А/мм², критик магнит индукцияси 4 ± 7 Тл га тенг.

Электр машиналари чулғамлари ўрнида ўта ўтказувчан материалларнинг қўлланилиши кичик кесим юзасидан жуда катта ток оқиб кучли магнит майдонини ҳосил қилади ва чулғамнинг массасини камайтиришга имконият яратеди.

Ўта ўтказувчан материаллар асосан ўзгармас ток манбасига уланган синхрон машиналарнинг қўзғатиш чулғамлари ўрнида ишлатилиши.

Уларнинг утқазувчан ток оқадиган чулғамлар ўрнида ишлатиш техник жиҳатдан мумкин, лекин электр исрофлар ва жуда кичик кри- тик тоқлар бўлгани учун қўлай ҳисобланмайди. Шунинг учун ҳозирги вақтда синхрон ва ўзғармас ток машиналари қўзғатиш чулғамлари ўрнида ишлатилаётган ўта ўтқазувчан материалларни яратиш устида ишлар олиб борилмоқда.

Қўзғатиш чулғами ўта ўтқазувчан материалдан тайёрланган бўлса, критик ҳароратда бу материални тутиб туриш учун махсус совутиш қурилмаси ичига солиш керак. Бундаё совутиш қурилмасига криостат лойиқли. Криостат Дьюара идиши бўлиб, унинг ичида қўзғатиш чулғами жойлаштирилиб суюқ гелий билан совутилиб туради. Иссиқликни камайтириш мақсадида бу илтиш заст билан тўлдирилган бошқа идиш ичига жойлаштирилади. Синхрон машиналарда криостат ра- торда жойлаштирилади, ўзғармас ток машиналарида эса криостат ста- торда жойлаштирилади.

Ўта ўтқазувчан материалдан бўлган чулғамда кучли маг- нит майдони ҳосил бўлгани учун, машина магнит заанжири керакисиз бўлиб қолади, натижада машинанинг оғирлиги ва ўлчамлари қисқара- ди.

Ферромагнит пулатнинг бўлмаслиги эса машинанинг таъсифла- рига якорь реакциясининг таъсири сезиларсиз бўлади. Оддий машина- ларга қарагандаё ўта ўтқазувчан чулғамли машиналарда ҳаво орали- гилидаги магнит индукциясининг қийматини 3-4 марта, чиқарилган кучи эса 1,5-2 марта ошириш мумкин бўлади.

Электромагнит кучнинг бундаё ошиши машина актив қисмини 4,5-8 марта камайтиради. Бундан ташқари бу материалларни қўлаш машина бирлик қувватини оширишга имконият яратди. Энергетика соҳасида бу нарсə ўта қувватли турбо-ва гидрогенераторларнинг яра- тилишига олиб келади.

Ўта ўтқазувчан чулғамли электр машиналарнинг таннархи қиймат турли ва конструктив таълиши мурракб бўлади. 300 МВт қувватли ўта ўтқазувчан чулғамли турбогенератор ҳозирги вақтда яратилган.

Унинг номинал каттоликларининг қийматлари $U_n = 20$ кВ, $n_n = 3000$ об/мин, $\eta_n = 99,35\%$, $\cos \varphi_n = 0,85$, оғирлиги эса 150 тонна. Таққослаш учун 300 МВт ли оддий турбогенераторнинг номинал қийматларини келтирамиз: $\eta_n = 98,63\%$, оғирлиги 350 т.

Олектор машиналарида Утга Утказувчан материаллардан
ишқари гипер Утказувчан материалларни ҳам қўллаш устида из-
лашлар олиб бориламоқда. Гипер утказувчан материал жуда кучли
сўзугилганда Узининг қаршилигини камайтириб юборганига матери-
алга яғтилади. Тоғга гипер утказувчан материалга алюминий нисол
бўлади. Алюминий 20K ҳароратда Узининг қаршилигини 10^4 марта
камайтиради. Гипер утказувчан материалларни трансформаторлар
ушқанлари ўрнида ишлатиш мумкин.

1. ДУОВА. Синхрон генераторнинг баъзи бир ишлатиш боҳалари.

1. Олектр станцияларида иссиқлик ва атом станцияларида
турбогенераторлар қўлланилади. Уларнинг қувватлари 2,5-
32МВт, 60-320 МВт ва 500 МВт дан юқори бўлади. Турбогенератор-
ларнинг Т, ТВФ, ТВВ, ТЫМ, ТЫВ, ТЗВ, АСТГ, туркумлари мавжуд
бўлиб, уларнинг роторини буг ёки газ турбиналари ёрдамида ҳара-
кати келтирилади. Улар асосан икки ва тўрт қутбли бўлиб, тезлик-
лари 1500 ва 3000 а/д/мин, 50 Гц да, ҳамда 1800 ва 3600 а/д/мин,
50 Гц да бўлади.

Гидроэлектр станцияларида 800 МВт қувватгача булган, СВФ, ВГС, СВ туркумли тезлиги 46,9 дан 1500 ай/ми булган гидрогенераторлар қўлланилиб, сувнинг энергиясини электр энергиясига айлантириб беради. Уларнинг роторини сув турбиналари ҳаракатга келтиради.

2. Аён қутбли синхрон генераторларнинг мухтор ҳолда ишлатилиш соҳалари. Синхрон генераторларнинг СГ, СГД, ОС, ЕСС, ГСФ, ГАВ туркумлари булиб, уларнинг қувватлари 6300 кВт гача булади. Улар электр энергия манбаси вазифасини утайди. Масалан: темир йул вагонларидаги дизель станциясида ёки қўчиб ювчи электр қурилмаларида электр энергияси ишлаб чиқаради.

Уларнинг роторини ички ёнув моторлари, электр мотори, газ турбинаси ҳаракатга келтиради.

Кемаларнинг электр ва ёритиш қурилмаларини электр энергияси билан таъминлашда МСК туркумли қуввати 300-1500 кВт булган синхрон генераторлар ишлатилади. СВГ туркумли қуввати 400-1250 кВт булган синхрон генераторлар эса кемадаги дизель генератор ва турбогенераторли қурилмада ишлатилади.

Тайёрларда СГО, СГС туркумли қуввати 120 кВА гача булган синхрон генераторлар электр энергияси манбаси вазифасини бажаради.

Тайёрларда кичик қувватли синхрон турбогенераторлари тезликни ўлчовчи датчик сифатида ишлатилади, уларнинг ТГ ва ГОИ туркуми булиб, жуда катта тезликга эга булади.

Тепловоздаги узгармас ток тортиш моторларини тўғрилагич орқали электр энергияси билан таъминлашда ГС туркумли синхрон генератор ишлатилади. Уларнинг қуввати 1400, 1850, 2000 кВт булиб, айланиш частотаси 1000 ай/мин булади.

Автоматик бошқариш системасида мотор генератор агрегати ишлатилади. Ана шу агрегатда СМВ, АКМ/4-ОТ-2ГД туркумли синхрон тахогенератор ишлатилади.

Автомобил ва тракторлардаги узгармас ток қурилмаларини энергия билан таъминлашда вентил генераторлар ишлатилади. Бу генераторлар тўғрилагич ёрдамида узгармас ток тармоғи билан ишлаётган синхрон генераторлардир. Уларнинг Г, Б, В, Д, Е, Н, Ж, И, К ва бошқа туркумлари булиб уларнинг қувватлари 360 Вт дан 4200 Вт гача булади.

Енгил мотоцикл,мопедларда ва велосипедларда бир фазали синхрон генераторлар ишлатилади.Уларнинг Г40I,Г427,Г420,Г4II,43, 370I,26,37,0I ва бошқа туркумлари булиб,уларнинг қувати 3 Вт дан 65 ВТ гача бўлади.

2 - ИЛОВА. Синхрон моторларнинг баъзи бир ишлатилиш соҳалари.

I. Кенг қўлланиладиган синхрон моторлар. Снд ва СДНЗ туркумли қуввати 3I5 кВт дан 4000 кВт гача бўлган аён қутбли синхрон моторлар насос,тегирмон,вентилятор, тутун юткич/юримасини/ айлантириш учун ишлатилади.

СДК,СДКП,СДКМ туркумли қуввати 3I5 кВт дан 800 кВт гача бўлган аён қутбли синхрон моторлар компрессорларларни юритмасини айлантириш учун қўлланилади.

СДМЗ,СДМП туркумли қуввати 400 кВт дан 4000 кВт гача бўлган аён қутбли синхрон моторлар шарикли ва стерженли тегирмонларни айланувчи қисмларини ҳаракатга келтиради.

ДСП туркумли қуввати 2000 кВт бўлган аён қутбли синхрон моторлар тутун юткич ва вентилятор юритмаларини айлантириш учун ишлатилади.

ВДС туркумли,қуввати 4000 кВт дан 125 00 кВт гача бўлган аён қутбли синхрон моторлар сўғориш системалари ва магестрал каналларда ишлатиладиган насос агрегатларини айлантириш учун ишлатилади.

СТДП туркумли,қуввати 1600 кВт дан 125 00 кВт гача бўлган аёинмас қутбли синхрон моторлар насослар ва компрессорларнинг юритмаларини айлантиради.

СТД ва ТДС туркумли,қуввати 630 кВт дан 3I 500 кВт гача бўлган аёинмас қутбли синхрон моторлар нефть саноатида ишлатиладиган насослар,компрессор станцияларида,кимё саноатидаги газли компрессорларни,сув насосларининг юритмаларида қўлланилади.

СТДП туркумли,қуввати 1600 кВт дан 12500 кВт гача бўлган аёинмас қутбли синхрон моторлар эса насос ва компрессорларнинг механизларини ҳаракатга келтиради.

Автоматика системаларида ДСП туркумли уч фазали,қуввати 10 Вт дан 120 Вт гача бўлган гистерезис мотори, туркумли,қуввати 0,8 ВТ дан 75 ВТ гача бўлган бир ва уч фазали гистерезис мотори, ГТ-2II М туркумли,қуввати 4-7 Вт бўлган бир фазали гистерезис мотори,

ГР туркумли, қуввати 4-7 Вт булган уч фазали гистерезис мотори, ДМ-3 туркумли, қуввати 4,8,15 ВТ булган икки фазали гистерезис мотори, ГД-402 туркумли, қуввати 1,2 Вт булган уч фазали гистерезис мотори, МГ- 1,5 туркумли, қуввати 1,05, 1,5 Вт булган бир еки икки фазали гистерезис мотори, АС-0,32 туркумли уч фазали, Т 16/6М туркумли икки фазали гистерезис мотори, ДС-1 туркумли бир фазали гистерезис мотори, ДС-1 туркумли бир фазали гистерезис мотори, ДСР-2, ДСР-60 туркумли уч фазали гистерезис мотори, СОЛ-1, СОА- 1А туркумли уч фазали реактив моторлар ишлатилади.

Дискретли юритмалар сисиемасида ШД, ДШ, ДШ-А, ДШ-В, ДИР-1А, ДИР-1Б, ЭПШ, ШДА, ШДМ, ШДР, ДШИ туркумли 4 фазали одимли моторлар ишлатилади.

Эксоваторларда чумич ва ротор механизмларини айлантириш учун СДЭ 2 туркумли қуввати 630 кВт дан 2500 кВт гача булган синхрон моторлар ишлатилади.

Кассетали магнитофон ленталарини утказишда ДС, ДСК, ДСГ, туркумли бир фазали синхрон моторлар ишлатилади.

Металлургия цехларида ҳавоҳайдагич тутун юткич, турбокомпрессорлар ва насосларни синхрон моторлар ҳаракатга келтиради. Уларнинг қуввати, 8 МВт, 25 МВт, 60 МВт булади.

Тухтовсиз таёрлов станцияларида ва исқлик прокат стан- ларида ҳам синхрон моторлар ишлатилади.

Уларнинг қуввати 5000 кВт дан 10000 кВт гача булади.

Фойдаланилган адабиёт рўйхати

1. Александров Н.Н. Электрические машины и микромашины. Учеб. пособия для высших с. хоз. заведений. М.: Колос. 1983. - 384 б.
2. Ахборов Н.А. Электротехникадан қисқача изоҳли русча-ўзбекча сўзат. - Т. Ўқитувчи. 1989. - 2000.
3. Ахматов М.Г. Синхронные машины. Специальный курс. - М.: высшая школа, 1984. - 135 б.
4. Брусин Д.Э., Зорохович А.Е., Хвостов В.С. Электрические машины в 2-х ч. Ч.2 Учеб. для электротех. спец. вузов - М.: Высш. шк., 1987 - 335 б.
5. Брусин Д.Э., Зорохович А.Е., Хвостов В.С. Электрические машины и микромашины. Учеб. для электротех. спец. вузов. - М.: Высш. школа 1990. - 528 б.
6. Вашеневский С.Н. Характеристики двигателей в электроприводе. - М. Энергия. 1967. - 472 б.
7. Вольдек А.И. Электрические машины. Учебник для студентов высш. техн. учеб. заведений. - Л.: Энергия. 1974. - 839 б.
8. Глебович А.А., Шичков А.П. Электрические машины и основы электропривода. М. Агропромиздат 1989. - 255 б.
9. Головин Е.К. Судовые электрические приводы. М.: Транспорт 1991. - 327 б.
10. Грумбина А.Б. Электрические машины источники питания радио-электронных устройств. - М.: Энергоатомиздат. 1990. - 368 б.
11. Ермодин П.П. Электрические машины. - М.: Высшая школа 1975. - 295 б.
12. Иброхимов У. Электр. машиналари. Техникумлар учун дарслик. - Т.: Ўқитувчи. 1988. - 372 б.
13. Ипанов-Смоленский А.В. Электрические машины. Учебник для вузов. - М.: Энергия 1980. - 928 б.
14. Кацман М.М. Электр. машиналари ва трансформаторлар. Техникумлар учун дарслик. - Т.: Ўқитувчи. 1976. - 408 б.
15. Кацман М.М. Электрические машины и электропривод автоматических устройств. Учебник для техникумов. - М.: Высш. шк. 1987. - 335 б.
16. Комисар М.И. Авиационные электрические машины и источники питания. М.: Машиностроение. 1990 - 304 б.
17. Копылов И.П. Электрические машины. Учебник для вузов. - М.: Энергоатомиздат. 1986. - 360 б.

18. Костенко М.П., Пиотровский Л.М. Электрические машины. В 2-х ч. Ч.2. - Машины переменного тока. Учебник для студентов высш. техн. учеб. заведений. - Л.: Энергия, 1973. - 648 б.
19. Осин И.Л., Шахриян Д.Г. Электрические машины. Синхронные машины: Учеб. пособие для вузов по спец. "электромеханика" - М.: Высш. шк., 1990. - 304 б.
20. Пиотровский Л.М. Электрические машины. Учебник для техникумов - Л.: Энергия, 1972. - 504 б.
21. Русско-узбекский словарь электротехнических терминов. Мажидов С.М. - Т.: Уқитувчи, 1997. - 128 б.
22. Русча-ўзбекча политехника дурати /Электротехника ва энергетика/. /Техн. фан. доктори. проф. А.С.Каримов тахрири остида. Тошкент, 1990. - 150 б.
23. Справочник по электрическим машинам: В. 2т. Т. I /Под общ. ред. И.П.Копылова и Б.К.Клокова. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 456 б.
24. Справочник по электрическим машинам: В. 2т /под общ. ред. И.П.Копылова и Б.К.Клокова - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 688 б.
25. Токарев Б.Ф. Электрические машины: Учебник для техникумов. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 672 б.
26. Токарев Б.Ф. Электрические машины: Учебное пособие для вузов - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 624 б.
27. Фотиев М.М. Электропривод и электрооборудование металлургических цехов. - М.: Металлургия, 1990. - 312 б.
28. Хрущев В.В. Электрические машины систем автоматики, Учебник для вузов - Л.: Энергоатомиздат, 1988. - 369 б.

МУНДАРИЖА

Ўз боши.....	3
Кириш.....	4
I БОБ. Ҳзгарувчан ток электр машиналарига тегишли умумий маълумотлар	
1.1. Ҳзгарувчан ток электр машиналарининг турлари.....	5
1.2. Куп фазади чулғамларнинг тузилиши ва схемалари.....	5
1.3. Ҳзгарувчан ток электр машиналари чулғамларининг магнит юрит- увчи кучлари	8
1.4. Электр машинасининг айланувчи магнит майдони.....	11
1.5. Ҳзгарувчан ток машиналари чулғамларининг электр юритувчи кучи.	
1.6. Электр машинаси магнит занжирини ҳисоблаш усуллари.....	15
1.7. Ҳзгарувчан чулғамларининг индуктив ва сочилма индуктив қар- шириклари.....	18
2. БОБ. Синхрон машиналар.	
2.1. Синхрон машинанинг тузилиши.	20
2.2. Синхрон машиналарнинг ишлатилиш соҳалари ва ишлаш принципи.	
2.3. Синхрон генераторнинг турлади.. . . .	22
2.4. Синхрон генераторнинг салт ишлаш режими.. . . .	24
3. БОБ. Синхрон генераторнинг юк билан ишлаши.	
3.1. Синхрон генераторда якорь реакцияси.	25
3.2. Синхрон генераторнинг электр юритувчи кучларининг тенгламаси.	
3.3. А енимас кутбли синхрон генераторнинг вектор диаграммалари.	33
3.4. Аен кутбли синхрон генераторнинг вектор диаграммалари.....	34
3.5. Синхрон генераторнинг тавсифлари.. . . .	35
3.6. Синхрон генераторнинг энергетик диаграммаси.	39
4. БОБ. Синхрон генераторнинг параллел ишлаши.	
4.1. Синхрон генераторларни параллел улашда бажариладиган шартлар	
4.2. Синхрон генераторларни параллел улаш усуллари.	42
4.3. Синхрон генераторнинг актив қувватини ростлаш. Актив қуввати- нинг бурчак тавсифлари.	44
4.4. Синхрон генераторнинг реактив қувватини ростлаш - симон тавсифи. Реактив қувватининг бурчак тавсифи.	48
4.5. Синхронлашчи момент ва қувват. Синхрон машинанинг статик турғун ишлаши.	51

5. БОБ. Синхрон моторлар.	
5.1. Синхрон моторнинг тузилиши ва ишлаш принципи.	52.
5.2. Синхрон моторнинг - симон ва бурчак тавсифлари.	54.
5.3. Синхрон моторнинг иш тавсифи.	56.
5.4. Синхрон моторни юргизиш.	57
5.5. Синхрон компенсатор.	53
6. БОБ. Синхрон машиналарда уткинчи жараёнлар.	
6.1. Умумий тушунчалар	61
6.2. Синхрон генераторда тўхатдан бўладиган уч фазали қисқа туташув физик маъноси.	62
6.3. Тўхатдан бўладиган қисқа туташув тоқларининг қийматлари.	
7. БОБ. Синхрон машиналарнинг махсус турлари.	
7.1. Реактив синхрон мотор.	77
7.2. Гистерезисли синхрон мотор.	78
7.3. Доимий магнитли синхрон машиналар.	80
7.4. Одимли синхрон мотор.	82
7.5. Индукторли генератор.	84
7.6. Бўйлама-қўндаланг қўзгатитили синхрон машиналар.	88
7.7. Асинхронлаштирилган синхрон машиналар.	89
7.8. Ута утказувчан чулғами синхрон машиналар.	90
1 - Илова . Синхрон генераторларнинг баъзи бир ишлатиш соҳалари.	
2 - Илова. Синхрон моторларнинг баъзи бир ишлатилиш соҳалари.	94
Ройдаланилган адабиёт рўйхати.	93