

**ЭРКИН ОҚИМЛИ СУВЛАРДАН ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯ
ИШЛАБ ЧИҚАРИШГА МЎЛЖАЛЛАНГАН МИКРОГЕСЛАР УЧУН
ЯНГИ КИЧИК ТЕЗЛИКЛИ СИНХРОН ГЕНЕРАТОРНИНГ
БИР ФАЗАЛИ НОСИММЕТРИК ҚИСҚА ТУТАШУВИ**

Ш. Тошев

“Tashkent institute of irrigation and agricultural mechanization engineers”
national research university. Department of Power Supply and Renewable Energy Sources,
Kari Niyazov str. 39, 100000 Tashkent, Uzbekistan
E-mail: tshe100679@gmail.com

Ш. Тошева

Joint-Stock Company “UZENERGYENGINEERING”,
M. Ashrafi str.1st lane 9, 100076 Tashkent, Uzbekistan

АННОТАЦИЯ

Ушбу мақолада, бугунги кунда бутун дунёда экологиянинг ёмонлашиб бориши ҳамда электр энергия етишмовчилиги кузатилаётган бир вақтда, кичик тезликли шамол электр қурилмаси ва эркин оқимли сувлардан электр энергия ишлаб чиқаришга мўлжалланган микроГЕСлар учун мўлжалланган синхрон генераторнинг бир фазали носимметрик қисқа туташув режимидаги математик ва имитацион моделлаштириш жараёнлари келтирилган. Синхрон генераторнинг бир фазали қисқа туташув режими математик ва имитацион моделлари таҳлили ҳамда тадқиқоти кўрилган.

Мақолада, эркин оқимли сувлардан электр энергия ишлаб чиқаришга мўлжалланган синхрон генераторнинг бир фазали носимметрик режимининг Парк-Горев тенгламалари асосидаги математик модели тузилган. Генераторнинг математик модели Simulink пакетида ифодаланган ва имитацион модели қурилиб, тадқиқот олиб борилган ҳамда характеристикалари олинган.

АННОТАЦИЯ

В статье построена математическая модель на основе уравнений Парка-Горева одно фазного короткого замыкания несимметричного режима синхронного генератора, предназначенного для выработки электроэнергии из свободнопоточных вод. Математическая модель генератора была представлена в пакете Simulink. Построена имитационная модель генератора, проведены исследования и получены характеристики.

ABSTRACT

The article constructs a mathematical model based on the Park-Gorev equations for a single-phase short circuit in an asymmetrical mode of a synchronous generator designed to generate electricity from free-flowing waters. The mathematical model of the generator was presented in the Simulink package. A simulation model of the generator was built, research was carried out and characteristics were obtained.

КИРИШ

Жаҳонда электр энергияни ишлаб чиқариш, узатиш ва тақсимлаш тизимларида юз берадиган ўткинчи жараёнларни ўрганиш, тизим турғунлигини сақлаб қолишга қаратилган тадқиқотлар муҳим аҳамият касб этмоқда. Шу жиҳатдан, электр энергия ишлаб чиқарувчи генераторларни такомиллаштириш билан носимметрик иш режимларини таҳлил қилиш орқали, ўткинчи жараёнлар вақтида авариясиз электр энергия ишлаб чиқариш самарадорлигини оширишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Дунёда электр энергияга бўлган талабнинг кескин ўсиб бориши, электр энергиянинг сифатига катта эътибор беришни ва таъминлашнинг узлуксизлигини таъминлашни тақазо этмоқда.

Жаҳонда электр энергия ишлаб чиқарувчи генераторларнинг носимметрик иш режимларида шикастланишларсиз ишлашини таъминлашга ҳамда статик ва динамик турғунлигига алоҳида эътибор қаратилмоқда. Битта қўзғатиш чулғамига эга анъанавий ноаён кубли синхрон генераторлар роторининг магнит майдони ротор билан чамбарчас боғлиқ. Бу майдоннинг статорга нисбатан силжиши фақат роторнинг айланиши ҳисобига амалга ошади. Бу ҳолат турли усулда қўзғатишни ўзгартирганда генератор иложи борича турғун ишлаши учун чекланиш қабул қилишни тақозо этади. Шунинг учун бўйлама ўққа нисбатан 90^0 га силжиган, қўшимча қўзғатиш чулғами қўлланилган айланувчи магнитлаш ўқига эга икки ўқи бўйича қўзғатиладиган синхрон генераторларни назарий ва амалий жиҳатдан ўрганиш катта қизиқиш уйғотади. Бу турдаги генераторларнинг ротор чулғами ростланувчи ўзгармас ток манбаидан таъминланади, бу ҳолат МЮКни фақат қийматинигина эмас балки фазасини ўзгартириш имконини беради, яъни МЮК магнитлаш ўқини бўйлама ўққа нисбатан керакли йўналишдаги маълум бурчакка буриш имконини беради [7-10].

Маълумки микроГЭСнинг синхрон генераторларида бир фазали, икки фазали ва икки фазали нейтрал носимметрик қисқа туташув режимлари содир бўлиши мумкин. Бундай режимлар микроГЭСлар учун хавфли бўлиб авария ҳолати ҳисобланади.

Бу режимларда тескари айланувчи магнит майдон ҳосил бўлади ва натижада жуда катта зарбавий моментлар, очик фазада кучланишнинг ошиши ҳамда ротор қизиб қўшимча исрофлар вужудга келади, яъни генераторнинг чиқиш клеммаларидаги кучланишлар носимметрик бўлиб, истеъмолчиларнинг иш режимига салбий таъсир кўрсатади. Носимметрик қисқа туташув режимининг бошланғич вақтида ўтиш жараёни содир бўлиб тоқларнинг қиймати номинал тоқнинг қийматига нисбатан бир неча марта ошиб кетади. Натижада бу тоқлар электродинамик кучларни ҳосил қилади, бу кучлар чулғамларни ишдан

чиқариши ва микроГЭСни шикастланишига сабабчи бўлиши мумкин. Бу эса катта иқтисодий зарар келтиради.

Амалиётда қўшимча кўндаланг кўзғатиш чулғамини қўллаб турли муаммоларни ечиш мумкин. Мисол учун, кўндаланг кўзғатиш чулғами МЮКининг таъсири туфайли титраш манбаининг ғалаёнли кучини оддийроқ ва аниқ қилиб бошқариш имконияти яратилади [1]. Комплекс равишда кўзғатишни бўйлама ва кўндаланг ўқларда ростлашда катта ораликдаги иш режимларда тебранишларни интенсив равишда тинчлантиришда кўндаланг кўзғатиш чулғами катта аҳамиятга эга [2]. Бу ишларда қуйидагилар кўриб ўтилган: бўйлама – кўндаланг кўзғатиш чулғамли синхрон машина реверсив прокат станларининг ўзгарткич агрегатларининг асосий юритмаси тарзида кўриб чиқилган [1-2]; бўйлама – кўндаланг кўзғатиш чулғамли синхрон компенсатор реактив қувватни истеъмол қилишни ошириш учун қўлланилади [1-2]. Кўндаланг кўзғатиш чулғамининг мавжудлиги фақат синхрон компенсатордаги тебранишларнигина эмас балки электр тизимидаги синхрон генераторлардаги тебранишни ҳам тинчлантириш имконини беради [1-2]. Анъанавий гидрогенераторлар асосан қисқа муддат яъни номинал юклама 40% ни ташкил қилганда 15 минут асинхрон режимда ишлашига стандарт рухсат этади. Бу доимий магнит ва қўшимча кўзғатиш чулғами бўлган синхрон генератор эса номиналдан 75% билан асинхрон режимда ишлаши мумкин. Бу турдаги гидрогенератор бир фазали қисқа туташув режимларида ишончли, яъни генератор бу носимметрик режимда қисқа муддат ичида номинал токнинг қийматига тенг бўлган токнинг тескари ташкил этувчи таъсирида юзага келадиган, иссиқлик таъсирига захиравий равишда бардош бериши мумкин.

Текшириш методи. Носимметрик режимларни ўрганишга кўп изланишлар олиб борилган, муаллифлар бунда турли услублардан фойдаланишган: графоаналитик, график, аналитик, физик моделлаш, математик моделлаш, рақамли ва аналитик услуб, рақамли ва экспериментал услублар. Бу услублар аён кутбли синхрон машинада носимметрик юклама таъсиридаги иш режимларини ўрганиш салт ишлаш тавсифини чизикли деб қилиш ва тўйиниш коэффициентларини ишлатиш, ночизикли масалаларни ечишда биринчи яқинлаштиришдир. Кенг миқёсда ишлатиладиган электр машиналари масалаларини замонавий ёндошиб ечишда, бевосита ҳаво оралиғидаги магнит майдонининг тарқалишини магнит ўтказгич тўйинишини эътиборга олган ҳолда ҳисоблаш киради.

Асосий масалаларидан бири бу экспериментал изланишлар асосида келтирилган катталикларнинг ва услубларнинг физик моҳиятини аниқлаш ҳисобланади. Симметрик ташкил этувчилар услубидан фойдаланиб, генератор

ЭЮК Е ни машина чулғамларининг қаршилигини ҳисобга олган ҳолда улардаги кучланиш U ва тоқларни i қуйидаги келтирилган учта тенгламалар тизими орқали ифодалаш мумкин [1-2]:

$$\left. \begin{aligned} \dot{E}_0 &= Z_0 i_0 + \dot{U}_0 \\ \dot{E}_1 &= Z_1 i_1 + \dot{U}_1 \\ \dot{E}_2 &= Z_2 i_2 + \dot{U}_2 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} i_a &= i_0 + i_1 + i_2 \\ i_b &= i_0 + a^2 \cdot i_1 + a \cdot i_2 \\ i_c &= i_0 + a \cdot i_1 + a^2 \cdot i_2 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

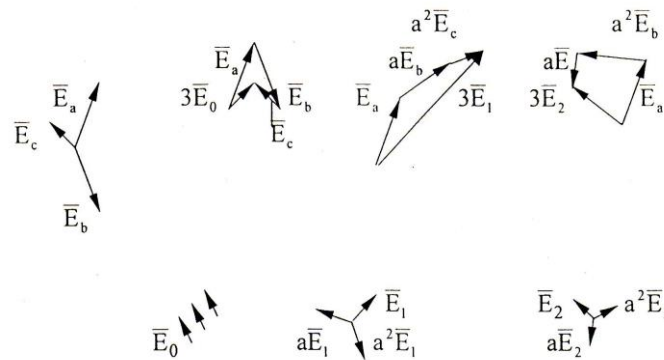
$$\left. \begin{aligned} \dot{E}_a &= \dot{E}_0 + \dot{E}_1 + \dot{E}_2 \\ \dot{E}_b &= \dot{E}_0 + a^2 \cdot \dot{E}_1 + a \cdot \dot{E}_2 \\ \dot{E}_c &= \dot{E}_0 + a \cdot \dot{E}_1 + a^2 \cdot \dot{E}_2 \end{aligned} \right\} \quad (3),$$

бу ерда – a , b ва c индекслар фазаларни, 0 , 1 ва 2 индекслар катталикларнинг нол, тўғри ва тескари ташкил этувчилари. a орқали комплекс кўпайтирувчини ифодалаймиз:

$$a = e^{j\frac{2\pi}{3}} = \frac{-1 + j\sqrt{3}}{2} \quad (4)$$

бу кўпайтирувчига кўпайтириш орқали комплекс соннинг аргументи $2\pi/3$ га кўпаяди, яъни бошланғич фаза мос равишда $2\pi/3$ синусоидал бурчакка ошади. (3) тенгламалар ёрдамида \dot{E}_0 , \dot{E}_1 , \dot{E}_2 ларни симметрик ташкил этувчиларни носимметрик тизимнинг комплекс ЭЮКлари \dot{E}_a , \dot{E}_b , \dot{E}_c орқали $1 + a + a^2 = 0$, $a^3 = 1$ ва $a^4 = a$ ни эътиборга олиб ифодалаш мумкин. \dot{E}_0 ни олиш учун (3) даги ҳамма тенгламаларни қўшиб, йиғиндини учга бўлиш керак. \dot{E}_1 ни олиш учун (3) даги биринчи тенгламага тегмасдан, иккинчи тенгламани a га, учинчини - a^2 га кўпайтириб, учта тенгламани қўшиб йиғиндини учга бўлиш керак. \dot{E}_2 ни олиш учун (3) даги биринчи тенгламага тегмасдан, иккинчи тенгламани a^2 га ва учинчини – a га кўпайтириб, учта тенгламани қўшиб йиғиндини учга бўлиш керак. Шу амалларни бажариб, қуйидагиларни оламиз [3-5]:

$$\left. \begin{aligned} \dot{E}_0 &= \frac{1}{3} \cdot (\dot{E}_a + \dot{E}_b + \dot{E}_c) \\ \dot{E}_2 &= \frac{1}{3} \cdot (\dot{E}_a + a \cdot \dot{E}_b + a^2 \cdot \dot{E}_c) \\ \dot{E}_3 &= \frac{1}{3} \cdot (\dot{E}_a + a^2 \cdot \dot{E}_b + a \cdot \dot{E}_c) \end{aligned} \right\} \quad (5)$$



1 – расм. \vec{E}_0, \vec{E}_1 ва \vec{E}_2 векторларни график услуби билан куриш

(5) формулалар носимметрик тизимнинг маълум ЭЮК E_a, E_b, E_c лари ёрдамида E_0, E_1, E_2 симметрик ташкил этувчиларни аниқлашга хизмат қилади.

2.1 – расмда берилган E_a, E_b, E_c векторларининг симметрик ташкил этувчилари ёрдамида E_0, E_1 ва E_2 векторларни график услуб ёрдамида куриш кўрсатилган. Худди шундай амалларни носимметрик тизим кучланиш ва тоқлари учун ҳам бажариш мумкин. (5) нинг биринчи тенгламасидан ва 1 – расмдан шу кўринадик, агар кўрилайётган учта фазанинг барча синусоидал катталиклари нолга тенг бўлса, нол ташкил этувчи умуман бўлмайди. Шунинг учун чизиқли тенгламалар тизимининг нол ташкил этувчиси йўқ. Шунингдек, нейтрал сим бўлмаганда тоқларнинг чизиқли тенгламалар тизими ҳам нол ташкил этувчига эга эмас. Агар нейтрал сим мавжуд бўлса, ундан фақат ночизиқли тизимнинг чизиқли тоқларининг учланган нол ташкил этувчиси қийматига тенг ток оқиб ўтади. Юқорида келтирилган носимметрик жараёнларнинг тенгламалар тизими ўзининг катталиклари билан, яъни индуктив (X_1, X_2, X_0), актив (r_1, r_2, r_0) ва тўла (Z_1, Z_2, Z_0) қаршиликлари билан характерланади. Замоनावий катта қувватли синхрон генераторларда актив қаршилик индуктив қаршиликка нисбатан анча кичик, шунинг учун кўп ҳолларда Z_1, Z_2 , ва Z_0 лар X_1, X_2, X_0 билан ўзгартирилиши мумкин, r_1, r_2, r_0 лар вақт доимийлари аниқланганда ҳисобга олиниши мумкин [3].

Чулғамларда носимметрик тоқлар бўлганда фазаларнинг қаршилигини ҳисоблаш қийин масаладир, қаршиликнинг носимметрик тоқлар характерига боғлиқлиги мураккаб функция ҳисобланади. Шунинг таъкидлаш керакки, агар электр занжир симметрик бўлса, яъни ҳар бир симметрик ташкил этувчи учун барча фазаларнинг қаршилиги бир хил, унда тоқнинг нол ташкил этувчиси ЭЮКнинг фақат нол ташкил этувчиси орқали, тоқнинг тўғри ташкил этувчиси ЭЮКнинг фақат тўғри ташкил этувчиси орқали ва тоқнинг тескари ташкил

этувчи ЭЮКнинг фақат тескари ташкил этувчиси орқали аниқланади. Айланувчи машиналари мавжуд занжирларда тоқларнинг энг кескин равишдаги носимметриклиги занжирда юз берган қисқа туташувлар пайтида юз беради. Шунинг учун симметрик ташкил этувчилар услуби, энергетик тизимлардаги қисқа туташувларни ҳисоблаш учун кенг қўлланилади. Носимметрик қисқа туташувлар генераторлар учун энг оғир авариявий ишлаш режимлари ҳисобланади ва одатда ток ҳамда электромагнит моментларнинг катта қийматларгача ошиб кетишига олиб келади [3-6]. Уч фазали тизимларда асосан уч кўринишдаги носимметрик қисқа туташувлар мавжуд:

Бир фазали қисқа туташув нисбатан енгил кечадиган носимметрик режим бу тизимнинг нейтралга бир фазали қисқа туташуви ҳисобланади. Генератор – тизимнинг нейтралга бир фазали қисқа туташуви ток ва айлантирувчи моментларнинг қиймати бўйича, генераторнинг нейтралга бир фазали қисқа туташуви билан тизимнинг нейтралга бир фазали қисқа туташувларининг оралик режими ҳисобланади. Статор тоқининг зарбавий қиймати ва максимал айлантирувчи электромагнит момент бу режимда мос равишда 15,1 н.б. ва 4,85 н.б. га тенг. Статор тоқининг аperiодик ташкил этувчисининг сўниши 0,28 секундга тенг вақт доимийси билан рўй беради.

Доимий магнитли ва қўшимча қўзғатиш чулғамли синхрон генераторнинг бир фазали носимметрик қисқа туташув режимларини MatLab пакети Simulink дастуридаги модели ёрдамида текшириш тадқиқоти куйида келтирилган. Модел – бу шундай объект, у ёрдамида ҳақиқий генераторнинг хусусиятларини тадқиқ қилиш, илмий ўрганишга жуда қулай. Моделлаштириш бу объектни тадқиқ қилиш усули ёрдамида, энг мақбул ва қулай ҳолда бошқа муҳитда жойлашган объект хусусиятларини ўрганишдир. Моделлар айрим техник қурилмалар, жараёнлар, алмаштириш схемалари, фикрлаш намуналари, математик формулалардан иборат бўлиши мумкин.

Модел учта шартни қаноатлантириши керак:

1. Ўрганилаётган ҳақиқий объектнинг айрим хусусиятларини етарли даражада ўзида акс эттириши;
2. Қаноатлантирадиган аниқланган шундай мослик бўлиши керак-ки, бунда моделдан ҳақиқий текширилаётган объектга ёки тескарисига ўтиш имкониятини бериши;
3. Ўрганиш учун оддий, қулай ва тушинарли бўлиши керак.

Моделни тузишда, содаллаштиришда статор ҳамда роторда жойлашган бўйлама ва кўндаланг қўзғатиш чулғамларини эътиборга олиб тенгламаларни тузамиз [7-9].

Бир фазали қисқа туташув режимида доимий магнитли ва қўшимча қўзғатиш чулғамли синхрон генераторнинг ишлаб чиқилган математик модели ёрдамидаги тадқиқот натижаларини, тажриба маълумотлари билан солиштириб таҳлил қилиш учун иккита физик модел олинган: анъанавий синхрон генератор ва доимий магнитли ва қўшимча қўзғатиш чулғамли синхрон генераторларнинг физик, матлаб ҳамда математик моделларида, қисқа туташув режимларининг тадқиқоти ўтказилди.

Бир фазали қисқа туташув режимида:

$$U_a = 0, \quad i_b = i_c = 0 \quad (6)$$

га тенг бўлади.

Бир фазали қисқа туташувда очик фазалардаги ўта кучланишлар ва қисқа туташув токи тенгламалари:

$$\begin{aligned} U_b &= \left(\frac{d\psi_d}{dt} - \psi_q \right) \cos(\gamma - 120^\circ) - \left(\frac{d\psi_q}{dt} + \psi_d \right) \sin(\gamma - 120^\circ) \\ U_c &= \left(\frac{d\psi_d}{dt} - \psi_q \right) \cos(\gamma + 120^\circ) - \left(\frac{d\psi_q}{dt} + \psi_d \right) \sin(\gamma + 120^\circ) \end{aligned} \quad (7)$$

$$I_a = i_d \cos \gamma - i_q \sin \gamma + i_0$$

Бунда статор чулғами оқим илашимлиги учун тенгламани:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\psi_d}{dt} - \omega_r \cdot \psi_q - (2r_c + 3r_k) \cdot i_d &= 0 \\ \frac{d\psi_q}{dt} + \omega_r \cdot \psi_d - (2r_c + 3r_k) \cdot i_q &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

кўринишда ёзиб оламиз.

Доимий магнитли ва қўшимча қўзғатиш чулғамли синхрон генераторнинг носимметрик қисқа туташув режимларидаги ток ва очик фазадаги ўта кучланишларни ҳисоблаш алгоритмида, Парк-Горев дифференциал тенгламалар системаси асосида, тадқиқ қилинаётган генератор учун ёзилган тўла алгебро-дифференциал тенгламалар учун катталикларни берамиз. Бунда ψ_d , ψ_q , ψ_{fd} , ψ_{fq} , ψ_{1d} , ψ_{1q} – оқим илашимликларини ҳисоблаб, d ва q ўқларига мос U_d , U_q кучланишлар ва I_d , I_q тоқларни топиб оламиз [3-6].

Статор занжири оқим илашимлиги тенгламаси эса қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$\left. \begin{aligned} \psi_d &= X_{ad} \cdot (1 + \cos 2\gamma_r) \cdot (i_{fd} + i_{1d}) - X_{ad} \cdot \sin 2\gamma_r \cdot (i_{fq} + i_{1q}) - 2(X_d + X_k) \cdot i_d \\ \psi_q &= -X_{ad} \cdot \sin 2\gamma_r \cdot (i_{fd} + i_{1d}) - X_{aq} \cdot (1 - \cos 2\gamma_r) \cdot (i_{fq} + i_{1q}) - 2(X_d + X_k) \cdot i_q \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

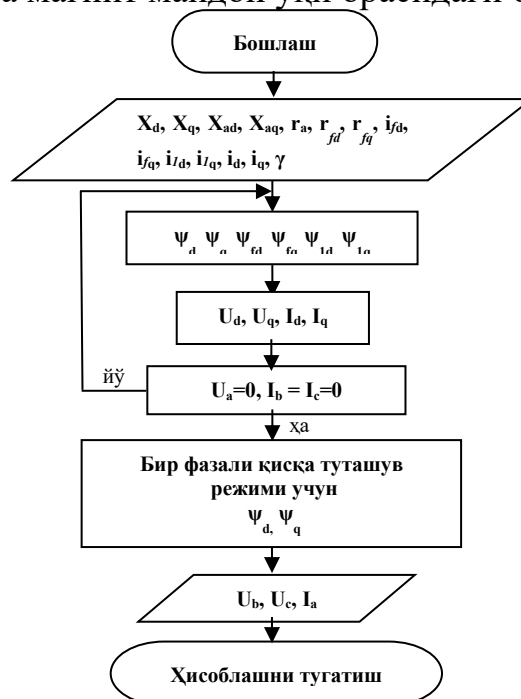
Бир фазали қисқа туташув режимида оқим илашимлигини матрица кўринишида ифодалаймиз:

$$\begin{vmatrix} -2(X_d + X_k) & 0 & X_{ad}(1 + \cos 2\gamma_r) & -X_{ad} \sin 2\gamma_r & X_{ad}(1 + \cos 2\gamma_r) & -X_{ad} \sin 2\gamma_r \\ 0 & -2(X_d + X_k) & -X_{ad} \sin 2\gamma_r & -X_{aq}(1 - \cos 2\gamma_r) & -X_{ad} \sin 2\gamma_r & -X_{aq}(1 - \cos 2\gamma_r) \\ X_{ad} & 0 & X_{fd} & 0 & X_{ad} & 0 \\ 0 & X_{aq} & 0 & X_{fq} & 0 & X_{aq} \\ X_{ad} & 0 & X_{ad} & 0 & X_{ld} & 0 \\ 0 & X_{aq} & 0 & X_{aq} & 0 & X_{lq} \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} i_d \\ i_q \\ i_{fd} \\ i_{fq} \\ i_{ld} \\ i_{lq} \end{vmatrix} \times = \begin{vmatrix} \Psi_d \\ \Psi_q \\ \Psi_{fd} \\ \Psi_{fq} \\ \Psi_{ld} \\ \Psi_{lq} \end{vmatrix}$$

Ҳамда носимметрик қисқа туташув режимидаги чекланишларга кўра, тартиб билан бир фазали қисқа туташув учун ишлаб чиқилган оқим илашимлиги ечилади ва қисқа туташув токи ҳамда очиқ фазاداги ўта кучланиш топилади.

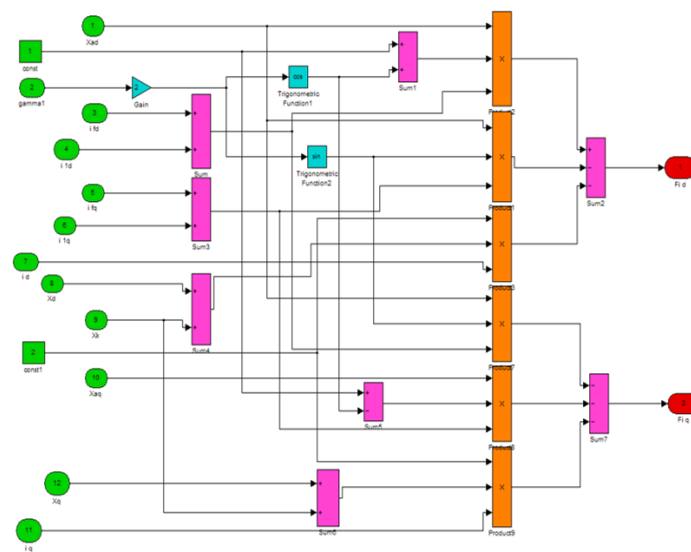
Бу ерда X_d, X_q, X_{ad}, X_{aq} – мос чулғамларнинг индуктив қаршиликлари, r_a, r_{fd}, r_{fq} – мос чулғамларнинг актив қаршиликлари, i_{fd}, i_{fq} – қўзғатиш чулғамлари, i_{ld}, i_{lq} – демпфер чулғами, i_d, i_q – статор чулғами d ва q ўқлари бўйича тоқлари, γ - d бўйлама ўқи билан а фаза магнит майдон ўқи орасидаги бурчак.



2-расм. Икки ўқи бўйича қўзғатиладиган синхрон генератор бир фазали қисқа туташув режимидаги тоқлар ва очиқ фазалардаги ўта кучланишларни ҳисоблаш алгоритми

Бир фазали қисқа туташув режимида статор чулғами оқим илашимлиги (8) тенгламаси ҳамда статор занжири оқим илашимлиги (9) тенгламаси асосида Matlab даги модели тузамиз (3 – расм).

Анъанавий синхрон генератор ва доимий магнитли ва кўшимча кўзғатиш чулғамли синхрон генераторларнинг бир фазали қисқа туташув режимида очик фазалардаги ўта кучланишлар тадқиқоти математик, матлаб моделларда олиб борилди. Доимий магнитли ва кўшимча кўзғатиш чулғамли синхрон генератор бир фазали қисқа туташувининг математик модели, уч фазали доимий магнитли ва кўшимча кўзғатиш чулғамли синхрон генератор учун ишлаб чиқилган ҳақиқий дифференциал тенгламалар тизимига керакли ўзгартиришлар киритиш орқали, иккита очик фазани ўз ичига олган бир фазали қисқа туташув ҳолати учун ишлаб чиқилди.



3-расм. Бир фазали қисқа туташувда статор магнит оқим илашимлигининг Matlab даги модели

Бир фазали қисқа туташуш режими учун (6) чегаравий шартларга асосан В, С фазадаги кучланиш:

$$U_b = \frac{d\psi_b}{dt} - r_c i_b \quad (10)$$

$$U_c = \frac{d\psi_c}{dt} - r_c i_c$$

(6) ни ҳисобга олган ҳолда қуйидагига эга бўламиз:

$$U_b = \frac{d\psi_b}{dt} \quad (11)$$

$$U_c = \frac{d\psi_c}{dt}$$

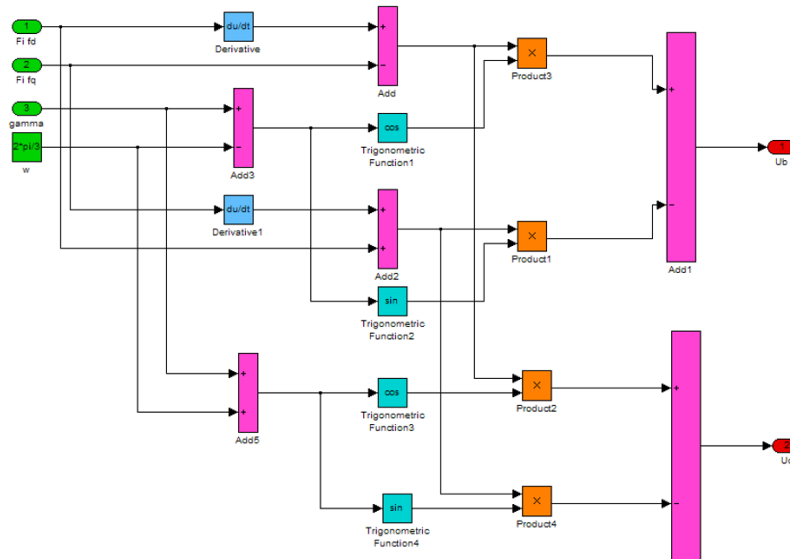
бу ерда

$$\psi_b = \psi_d \cos(\gamma - 120^\circ) - \psi_q \sin(\gamma - 120^\circ) + \psi_0 \quad (12)$$

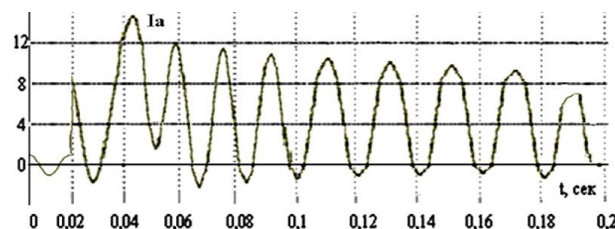
$$\psi_c = \psi_d \cos(\gamma + 120^\circ) - \psi_q \sin(\gamma + 120^\circ) + \psi_0$$

γ - А фазанинг магнит ўқи ва роторнинг бўйлама ўқи орасидаги бурчак.

Бир фазали қисқа туташувда ўта кучланишларни (7) тенгламадан фойдаланиб топиб оламиз, бунда ψ_d, ψ_q лар мос равишда бир фазали қисқа туташув режими учун (9) формуладан топилиб, Matlab даги модели тузамиз (4 - расм).

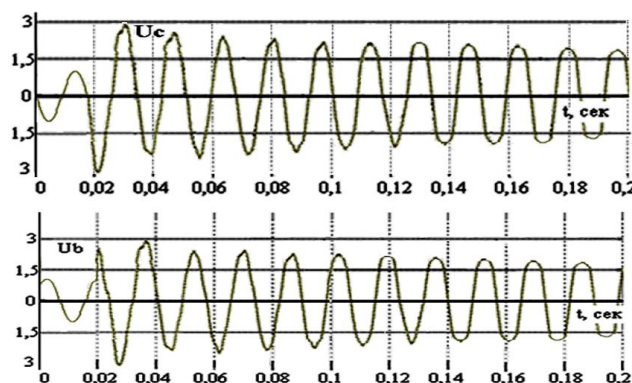


4-расм. Бир фазали қисқа туташув режимида очик фазалардаги ўта кучланиш Matlab даги модели



В)

5 – расм. Бир фазали қисқа туташувдаги статор токи оцилограммаси



6-расм. Бир фазали қисқа туташувда статор очик фазаларидаги ўта кучланиш осциллограммалари

XULOSA

Юқорида келтирилган катталикларни уч фазали қисқа туташувдаги катталиклар билан солиштириш шуни кўрсатадики, ҳамма кўриб чиқилган носимметрик қисқа туташувлар битта генераторнинг салт ишлаш режимидаги уч фазали қисқа туташувга нисбатан, зарбий статор токининг қиймати бўйича генератор – тизимнинг умумий нейтралга бир фазали қисқа туташув анча оғир ҳисобланади. Носимметрик барқарор қисқа туташувлар синхрон генераторнинг чегаравий носимметрик режимлари бўлибгина қолмай балки унинг катталикларини тажриба йўли билан аниқлашга ҳам хизмат қилиши мумкин. Аслида синхрон машина симметрик қурилма эмас. Шунинг учун носимметрик режимларда машинанинг ток ва кучланишлари юқори гармоник ташкил этувчиларга эга. Лекин машинани симметрик қурилма деб ҳисоблаб статорнинг фаза занжирларидаги ток ва кучланишларни биринчи гармоникаларини аниқлаш учун симметрик ташкил этувчилар услубидан фойдаланиш мумкин. Ушбу синхрон генераторнинг носимметрик қисқа туташув режимлари махсус жихозланган стенда кўриб чиқилган. Кейинчалик асосий носимметрик қисқа туташув режимларида машина ўзини тутишининг таҳлили ва натижалари келтирилган. Юқорида келтирилган изланишлар услубининг таҳлилидан шуни айтиб ўтиш мумкин: симметрик занжирларда ҳар бир носимметрик режим учун мустақил равишда ҳисоб китоб қилиш мумкин, бу айланувчи электр машиналар мавжуд уч фазали занжирларни симметрик ташкил этувчилар услуби билан ҳисоблашда асосий афзаллик ҳисобланади.

REFERENCES:

- [1] Ахматов М.Г. Синхронные машины. Специальный курс. – М.: высшая школа, 1984
- [2] Ахматов М.Г., Береговский В.И. Статические характеристики компаундированного синхронного двигателя с продольно-поперечным возбуждением. – Тр. ТашПИ, 1966, вып.29, с. 101-107
- [3] Pirmatov N.B., Toshev Sh.E., Tosheva Sh.N., Egamov A. Low-speed generator of new type, used for production of electrical energy and basic renewable energy sources. // International scientific conference. - Tashkent, 2018, S. 123-124.
- [4] Pirmatov N., Tosheva Sh., Toshev Sh., Best overall dimensions of synchronous generator with permanent magnets for small power wind plants and micro hydropower plants. E3S Web of Conferences 139 10 (2 019) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913901027> RSES 2019.
- [5] Pirmatov N., Toshev Sh., Overvoltage in the free phase of the stator winding in case of asymmetric short circuit implicit pole synchronous generator biaxial excitation.

E3S Web of Conferences **139**, 0 10 (2 019)
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913901030> RSES 2019.

[6] Pirmatov N., Toshev Sh., Tosheva Sh., Mustafakulova G. Small-speed synchronous generator with rotating magnetization axis. Utility model patent. No. FAP 01558. 2020 - year.

[7] Aner, Mohamed, "Improved MPPT Dynamics for Starting and Power Extraction of a Small Wind Turbine Employing a PMSG and a VSMC," Ph.D Dissertation University of Calgary, April 2014. P.175.

[8] Fediy, K.S. Analysis and calculation of synchronous machines with excitation from permanent magnets / K.S. Fediy, A.L. Vstovsky // Optimization of operating modes of electrical systems. Interuniversity collection of scientific papers. - Krasnoyarsk CPI KSTU. - 2006, pp. 56-61.

[9] Balagurov V.A., Galteev F.F. Electric generators with permanent magnets. - M.: Energoatomizdat, 1988.-280 p.