

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

ФАРҒОНА ПОЛИТЕХНИКА ИНСТИТУТИ

Қўл ёзма ҳуқукида

УДК 621.316.001

ЮНУСОВ НУРУЛЛО ҲАБИБУЛЛОЕВИЧ

**ЭЛЕКТР ЮРИТМАЛАРИНИ ҲОЗИРГИ ЗАМОН ЭЛЕКТРОН
ҚУРИЛМАЛАРИ ЁРДАМИДА ҲИМОЯ ҚИЛИШ ТИЗИМЛАРИНИ
ЛОЙИҲАЛАШ**

**5A310202 – "Энергия тежамкорлиги" мутахассислиги бўйича
магистр даражасини олиш учун
ДИССЕРТАЦИЯ**

**Илмий рахбар проф.
т.ф.н. доц. Халиқулов И.Б**

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

ФАРҒОНА ПОЛИТЕХНИКА ИНСТИТУТИ

ЮНУСОВ НУРУЛЛО ҲАБИБУЛЛОЕВИЧ

**ЭЛЕКТР ЮРИТМАЛАРИНИ ҲОЗИРГИ ЗАМОН ЭЛЕКТРОН
ҚУРИЛМАЛАРИ ЁРДАМИДА ҲИМОЯ ҚИЛИШ ТИЗИМЛАРИНИ
ЛОЙИҲАЛАШ**

**5A310202 – "Энергия тежамкорлиги" мутахассислиги бўйича
магистр даражасини олиш учун
ДИССЕРТАЦИЯ**

"Э ва А" кафедраси мудири
ф.м.ф.д. проф. Набиев Ғ.А.

" ____ " ____ "2013й

Илмий рахбар проф.
т.ф.н. доц. Халикулов И.Б

" ____ " ____ "2013й

Такризчи:
т.ф.н. доц. Умаралиев Н

Фарғона - 2013

Мундарижа

Кириш	5
I-боб. Электр юритмаларни ҳимоялаш қурилмаларининг таҳлили	7
1.1. Электр юритмаларни ҳимоялаш қурилмалари	7
1.2. Электр юритмаларни ҳимоялаш қурилмаларига қўйиладиган талаблар	9
1.3. Ҳимоя қурилмаларининг функционал қисмлари	11
1.4. Яримўтказгичли ва микроэлектрон элементлар	12
1.4.1. Яримўтказгичли элементлар	13
1.4.2. Микроэлектрон элементлар	15
1.4.3. Микропроцессорли элементлар	16
1.5. Электр юритмалар электр двигателларнинг реле ҳимояси	20
1.5.1. Электр двигателларнинг ҳимояларига умумий талаблар	20
1.5.2. Кучланиши 1000Вдан юқори электр двигателларнинг реле ҳимояси	24
1.5.3. Кучланиши 1000Вгача бўлган электр двигателларнинг реле ҳимояси	26
1.5.4. Қисқа туташувдан ҳимоя	26
1.5.5. Ўта юкланиш ҳимоя	27
1.5.6. Ўта юкланишдан ҳимоя	29
1.6. Частота ўзгарткичлар	29
I-боб бўйича хулоса	31
II-боб. Электр юритманинг шикастланиш режимларини тадқиқ қилиш	32
2.1 Электр юритманинг модели	32
2.1.1. Электр юритманинг шикастланиш режимларини тадқиқ қилиш учун модел	32
2.1.2 Электр машиналар ва ўлчагичларнинг моделлари	33
2.3. Моделлаш натижалари	79
II-боб бўйича хулоса	83
III-боб. Электрон ҳимоялаш қурилмасининг схемасини синтез қилиш	85
3.1. Рақамли ҳимоя қурилмалари учун реле ҳимоясининг ўрнатмаларини ҳисоблаш	85
3.1.1. Электр двигателлар учун ток отсечкасининг ўрнатмаларини ҳисоблаш	85
3.1.2. Ток трансформаторини текшириш	86
3. 2. Таъминловчи тармоқ кучланишининг сифати пасайишидан ҳимоя	89

3.3. Якор токининг ортишидан ҳимоя	91
3.4. Электр юритмадаги авариялардан ҳимоя.....	94
3.5. Электр двигателларни фаза узилишидан ҳимоялаш қурилмасини ишлаб чиқиш	95
3.6. Электр двигателларни фаза узилишидан ҳимоялаш.....	98
қурилмасининг мантиқий қисмини ишлаб чиқиш	98
3.7. Яратилган ҳимояни техник-иқтисодий асослаш	102
III-боб бўйича хулоса	103
Хулоса	105
Адабиётлар	107

Кириш

Бозор иқтисодиёти шароитида рақобатбардош маҳсулотлар ишлаб чиқаришни ташкил этиш ва уни амалга ошириш заминида янги замонавий технологияларни қўллаш масаласи ётади. Ўз навбатида замонавий технологияларни қўллаш учун замон талабларига жавоб берадиган миллий кадрларни тайёрлаш ҳозирги кун талабидир [1].

Бу масала республикамиз раҳбариятининг ҳаракатларида ўз мазмунини топомқда. Биробарин, Президентимиз И. А. Каримов ўз маърузаларида мамлакатимизда олиб борилаётган иқтисодий ва сиёсий соҳалардаги барча ислохотларнинг пиравард мақсади юртимизда яшаётган барча фуқоролар учун муносиб ҳаёт шароитларини ташкил қилиб беришдан иборат эканлигини таъкидлаб ўтган [2].

Асинхрон машина электр юритманинг асосий элементи бўлиб ҳисобланади. Асинхрон машина ўзгарувчан ток машинаси бўлиб, унинг ишлаш принципи айланувчан магнит майдони ҳодисасига асослангандир. Асинхрон машиналар ҳам генератор, ҳам двигатель сифатида ишлатилиши мумкин.

Асинхрон двигателлар (АД) нинг тузилиши оддий, ишлатиш қулай, энергетик ва механик тавсифлари яхши бўлгани учун саноатда ишлатилаётган электр двигателларининг 80% дан кўпроғини асинхрон двигателлар ташкил этади. Уларнинг қуввати ваттнинг бир неча улушидан, бир неча минг киловаттгача иш кучланиши эса 127 В дан 10 кВ гача бўлади.

Электр юритмаларда ҳар хил сабабларга кўра ишдан чиқиш (шикастланиш) ва нормал бўлмаган режимлар содир бўлиши мумкин. Шикастланиш кўпчилик ҳолларда токнинг ортиб кетиши ва кучланишнинг пасайиши билан кузатилади. Токнинг ортиб кетиши электр двигателларидаги ўтказгичларда катта миқдорда иссиқлик ажралиб чиқишига сабаб бўлади. Нормал бўлмаган иш ҳолатлари эса токнинг, кучланишнинг ёки частотанинг рухсат этилган қийматлардан оғиши ҳисобига содир бўлади. Кучланиш ёки

токни ортиб кетиши электр двигателларнинг ишдан чиқишига олиб келиши мумкин. Шунинг учун электр тизимларида нормал иш режимини таъминлаш учун тармоқнинг ишдан чиққан жойини тез аниқлаш ва уни бошқа қисмлардан ажратиш керак.

Реле ҳимояси электр тизимларда асосий автоматика ҳисобланади. Реле ҳимояси қурилмалари электр тизимининг шикастланган қисмини ёки элементини аниқлайди ва уни бошқа ишдан чиқмаган қисмларидан ажратади, шунингдек агар электр тизимларида нормал режимдан оғиш бўлса уни бартараф қилиш чораларини кўради ёки сигнал беради.

Электр юритмаларда шикастланиш ҳосил бўлганда реле ҳимояси аниқлайди ва уни системанинг шикастланмаган қисмидан шикастланиш тоқларини узишга мўлжалланган махсус виключателларга таъсир қилиш йўли билан ажратиб қўяди. Нормал бўлмаган режим ҳосил бўлганда реле ҳимояси нормал режимни тиклаш учун зарур бўлган амалларни бажаради ёки назоратчи персоналга сигнал беради.

Мазкур ишда электр юритма двигателларини ҳимоялаш учун электрон қурилмани лойихалаш масаласи кўриб чиқилди.

Асинхрон электр двигателлар замонавий электр тизимларида исътемоличиларнинг асосини ташкил қилади. Ҳар йили уларнинг 10-25% ишдан чиқади. Электр двигателларнинг ҳимояларига бўлган талабнинг ортиши уларни тайёрлашда замонавий электрон тизимларни қўллашни тақазо қилади. Электр двигателлар учун янги хусусиятларга эга бўлган, эффектив электрон ҳимоя тизими ишлаб чиқилди.

I-боб. Электр юритмаларни ҳимоялаш қурилмаларининг таҳлили

1.1. Электр юритмаларни ҳимоялаш қурилмалари

Электр юритмаларни ҳимоялаш қурилмалари электр юритманинг ишончли ва тежамли ишлашини таъминловчи автоматиканинг бир қисми бўлиб электр юритмаларда юзага келувчи шикастланиш ва нормал бўлмаган режимларни автоматик равишда бартараф қилиш учун хизмат қилади. Ҳимоялаш қурилмаси электр юритманинг ҳолати ва ишлаш режимларини узлуксиз назорат қилади ва уларда шикастланиш ёки нормал бўлмаган режим юзага келганда ишга тушади.

Электр юритмада шикастланиш ҳосил бўлганда ҳимоялаш қурилмаси шикастланган элементни аниқлайди ва уни шикастланиш тоқларини узишга мўлжалланган махсус виключателларга таъсир қилиш йули билан ажратиб қўяди. Нормал бўлмаган режим ҳосил бўлганда ҳимоялаш қурилмаси нормал режимни тиклаш учун зарур бўлган амалларни бажаради ёки назоратчи персоналга сигнал беради.

Автоматика қурилмалари системанинг нормал режимини тезлик билан автоматик равишда тиклаш учун хизмат қилади. Асосий автоматика қурилмаларига автоматик қайта улаш (АҚУ) резервни автоматик улаш (РАУ) ва автоматик частотавий енгиллаштириш (АЧЕ) киради.

Электр таъминоти системасининг ўзига хос характерли белгилари, уларда бўладиган жараёнларнинг катта тезликда кечиши ва авария харктерига эга бўлган шикастланишларнинг юзага келиши мумкинлигидир. Шу сабабли электр таъминоти системасининг ишончли ва тежамли ишлашига автоматик бошқариш йўли билангина эришиш мумкин. Бунинг учун ҳар хил автоматик бошқариш қурилмалари ишлатилади. Улар орасида асосий ўринладан бирини автоматик ҳимоялаш қурилмалари эгаллайди.

Ҳимоялаш қурилмаси электр юритмаларда шикастланиш ёки анормал режим юзага келганда ишлайди. Энг хавфли ва кўп содир бўладиган

шикастланиш қисқа туташувдир. Қисқа туташувлар электр қурилмаларининг фазалари орасида ёки нейтралли ерга уланган электр тармоқларида фаза билан ер орасида бўлиши мумкин. Бундан ташқари қисқа туташувлар ва фаза узилиши билан боғлиқ бўлган мураккаб шикастланишлар ҳам содир бўлиши мумкин. Электр машиналари ва трансформаторларда юқорида кўрсатилган шикастланишлардан ташқари битта фаза ўрамлари орасида ҳам туташув юзага келиши мумкин.

Қисқа туташув натижасида электр таъминоти тизимининг нормал ишлаши бузилади. Жумладан синхрон генераторлар, компенсаторлар ва электр двигателларнинг синхронизациядан чиқиши ва истеъмолчиларнинг ишлаш режимлари бузилиши мумкин. Бундан ташқари қисқа туташув токининг иссиқлик ва динамик таъсирлари ҳам хавфли бўлиб ҳисобланади.

Авариянинг ривожланишига йўл қўймаслик ва шикастланиш оқибатларини камайтириш учун қисқа туташувни тезлик билан аниқлаш ва шикастланган элементни узиш зарур. Айрим ҳолларда шикастланиш сониянинг улушларига тенг бўлган вақт ичида бартараф қилиниши зарур бўлади. Бундай вазифани инсон бажара олмаслиги ўз-ўзидан маълум. Шикастланган элементни аниқлаш ва узилиши зарур бўлган виключателга таъсир қилиш учун узишга ишловчи ҳимоя қурилмаси хизмат қилади.

Ҳимоя қурилмасининг асосий элементи бўлиб махсус аппарат реле ҳисобланади. Айрим ҳолларда узгич ва ҳимоя битта ҳимоя ва коммутация қурилмасида бирлаштирилган бўлади, масалан эрувчан сақлагич кўринишида.

Нейтралли ердан изоляцияланган ёки ёй сўндирувчи реактор орқали ерга уланган электр тармоқларида бир фазали ерга туташув қисқа туташув бўлиб ҳисобланмайди, яъни катта тоқларнинг ҳосил бўлиши билан боғлиқ бўлмайди. Фазалар орасидаги кучланиш ўзгармайди ва электр таъминоти тизимининг иши бузилмайди. Лекин бундай режимни нормал деб ҳисоблаб бўлмайди, чунки шикастланмаган фазаларнинг ерга нисбатан кучланиши ортади ва бир фазали ерга туташувнинг кўп фазали қисқа туташувга ўтиш

хавфи юзага келади. Шу сабабли бир фазали ерга туташув маълум вақт давомида бартараф қилиниши зарур. Ерга туташувдан реле ҳимояси асосан сигналга ишлайди. Фақат айрим ҳолларда, масалан, катта қувватли генераторларда ёки тоғ-кон саноати электр таъминоти тизимларида сигналга эмас балки узишга ишлайдиган қилиб бажарилади.

Айрим ҳолларда электр қурилмаларининг ўта юкланиши ёки ташқи қисқа туташувлар таъсирида нормал бўлмаган режимлар юзага келиши мумкин. Бу ҳолда шикастланмаган элементдан катта тоқлар ўтиб изоляциянинг вақтидан илгари эскиришига ва ишдан чиқишига олиб келиши мумкин. Ташқи қисқа туташувлар таъсирида ҳосил бўладиган катта тоқлар шикастланган элементнинг реле ҳимояси ишлагандан кейин узилиши натижасида бартараф қилинади.

Электр қурилмаларда ўта юкланишлардан сигналга ишловчи махсус ҳимоя ўрнатилади. Бундай ҳимоя ишлаб сигнал бергандан кейин оператив персонал ўта юкланишни бартараф қилиш чораларини кўради. Оператив персонал бўлмаган подстанцияларда ўта юкланишлардан реле ҳимоя истеъмолчиларнинг маълум қисмини узишга ёки электр қурилмани манбадан ажратишга ишлайдиган қилиб бажарилади.

1.2. Электр юритмаларни ҳимоялаш қурилмаларига қўйиладиган талаблар

Электр юритмаларда ҳар хил сабабларга кўра ишдан чиқиш (шикастланиш) ва нормал бўлмаган режимлар содир бўлиши мумкин. Шикастланиш кўпчилик ҳолларда электр тизимларида тоқнинг ортиб кетиши ва кучланишнинг пасайиши билан кузатилади. Тоқнинг ортиб кетиши электр қурилмаларида ўтказгичларда катта миқдорда иссиқлик ажралиб чиқишига сабаб бўлади. Кучланиш пасайиши электр истеъмолчиларни нормал иш режимига таъсир қилади, параллел ишлайдиган генераторларнинг турғунлиги бузилади. Нормал бўлмаган иш ҳолатлари эса тоқнинг,

кучланишнинг ёки частотанинг рухсат этилган қийматлардан оғиши ҳисобига содир бўлади. Кучланиш ёки частотани пасайиши истеъмолчиларни нормал иш режимини бузадиган энергетик тизимларнинг тургунлигига таъсир қилади. Кучланиш ёки токни ортиб кетиши қурилма ва электр узатиш линияларини ишдан чиқишига олиб келиши мумкин. Шунинг учун электр тизимларида нормал иш режимини таъминлаш учун тармоқнинг ишдан чиққан жойини тез аниқлаш ва уни бошқа қисмлардан ажратиш керак.

Ҳимоя қурилмаси электр юритмаларда асосий автоматика ҳисобланади. Ҳимоя қурилмалари электр тизимининг шикастланган қисмини ёки элементини аниқлайди ва уни бошқа ишдан чиқмаган қисмларидан ажратади, шунингдек агар электр тизимларида нормал режимдан оғиш бўлса уни бартараф қилиш чораларини кўради ёки сигнал беради.

Электр юритмаларда шикастланишлар кўпчилик ҳолларда қисқа туташув натижасида юзага келади. Қисқа туташувдан ҳимояларга қуйидаги асосий талаблар қўйилади:

а) танлаш. Танлаш деб реле ҳимоясининг шикастланган элементини тўғри аниқлаш ва фақат уни электр тармоғининг шикастланмаган қисмидан ажратиш (узиш) хусусиятига айтилади.

б) тезкорлик. Электр тармоғининг шикастланган элементини тезлик билан узиш шикастланиш ҳажмини камайтиради ёки олдини олади, шикастланмаган элементларнинг нормал ишлашини сақлаб қолади, генераторлар параллел ишлашининг бузилишининг олдини олади.

Энергосистемада турғунликни сақлаб қолиш учун шикастланиш пайдо бўлгандан кейин 330-500 кВ ли тармоқларда 0,1 - 0,12с гача 110- 220 кВли тармоқларда 0,15 - 0,3с гача 6-10 кВли тармоқларда 1,5 -3 с гача вақтда узиш зарур. Ишлаш вақти 0,1-0,2с гача бўлган ҳимоялар тез ишлайдиган ҳимоялар дейилади;

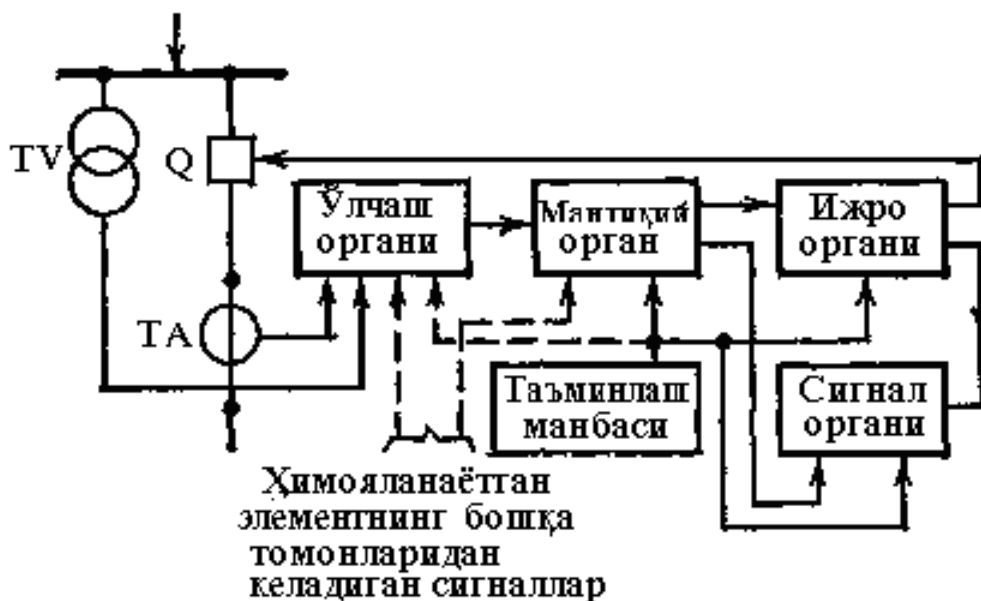
в) сезгирлик. Ҳимоянинг сезгирлиги унинг ҳимоя қилиш зарур бўлган зонада минимал қисқа туташув режимида ва электр ёйи орқали қисқа

туташув бўлганда ҳам етарли бўлиши керак. Ҳимоянинг сезгирлиги сезгирлик коэффиценти билан характерланади;

г) Ҳимоя фақат ўзи ишлаши керак бўлган режимларда ишлаши ва нормал режимда ҳамда ишлаши керак бўлмаган режимларда нотўғри ишламаслиги керак.

1.3. Ҳимоя қурилмаларининг функционал қисмлари

Ҳимоя қурилмаларини бажаришнинг принциплари хилма-хилдир. Лекин, кўпчилик ҳолларда улар автоном бўлади ва ҳимояланаётган элементнинг ток ва (ёки) кучланишларидан фойдаланиладиган қилиб бажарилади.



1-расм. Қисқа туташувлардан автоном ҳимоянинг умумлашган схемаси

Умуман олганда ҳимоянинг функционал схемаси (1-расм) қуйидаги органлардан ташкил топган бўлади:

- ўлчаш органи (ЎО) ўлчовчи релелардан ташкил топган бўлиб, ҳимоя қилинадиган объектни ҳолатини узлуксиз назорат қилади ва ҳимоя қурилмаларини ишга тушиш ва тушмаслик шартини

ўлчаш ўзгарткичларидан (масалан, ток ва кучланиш трансформаторларидан) келадиган сигнал орқали аниқлайди;

- мантикий орган (МО) маълум бир шартни бажариш учун ЎОдан олинган сигналга асосан мантикий сигнал ишлаб чиқади ва ижро органига узатади;
- ижро органи (ИО) мантикий орган сигнали асосида ҳимоя қилинадиган объектни бошқариш сигнаolini ишлаб чиқади ва уни коммутация аппаратига, масалан виключателга узатади;
- сигнал берувчи орган. Сигнал берувчи органга ахборот МО ва ИО ларидан келиши мумкин. Ушбу орган нормал бўлмаган режимлар юзага келганлиги тўғрисида ёки ҳимоя комплекти ёки унинг айрим қисмлари ишлаганлиги тўғрисида сигнал беради;
- таъминлаш манбаси ҳимояларнинг мантикий органларини ва ўлчаш органларини ҳам (масалан, ярим ўтказгичли элементлардан фойдаланиб бажарилган ҳимояларда) ток билан таъминлаш учун хизмат қилади. Улар кўпчилик ҳолларда таъминлаш блоклари кўринишида тайёрланади ва оператив ток манбаси бўлиб ҳисобланади.

1.4. Яримўтказгичли ва микроэлектрон элементлар

Яримўтказгичли элементлар диодлар ва транзисторлар ҳимоя ва автоматиканинг иккинчи авлодининг яратишга асос бўлиб хизмат қилган. Ҳозирги вақтда ҳимоя ва автоматикада ҳисоблаш техникасининг элементлари - яримўтказгичли интеграл микросхемалар (операцион кучайтиргичлар, компараторлар, рақамли мантикий элементлар) кенг қўлланилмоқда.

Интеграл микросхема мураккаб яримўтказгичли қурилма бўлиб ҳисобланади. Унинг элементлари - диодлар, транзисторлар, резисторлар ва конденсаторлар кичик ўлчамдаги яримўтказгич материалда ёки унинг

юзасида кристаллни ўстириш ва плёнка ҳосил қилиш йўли билан тайёрланади.

Интеграл микросхемалар (ИМС) аналог ва рақамлига бўлинади. Операцион кучайтиргичлар аналог ИМС бўлиб РХ ва А нинг ўлчовчи органларида ишлатиш учун катта имкониятларга эга. Рақамли микросхемалар иккилик ёки бошқа рақамли кодда ифодаланаган рақамли сигналларни қайта ишлайди. Улардан РХ ва А нинг мантикий қисмини бажаришда фойдаланилади.

Яримўтказгичли ва микроэлектроника элеменларидан фойдаланиш РХ ва А нинг тезкорлигини ва сезгирлигини орттириш; массаси, ўлчамлари ва истеъмол қиладиган қувватини камайтириш имконини беради. Бундан ташқари уларда ҳаракатланувчи қисмлар ва контактлар бўлмаслиги сабабли электромеханик элементларга нисбатан юқори ишончлиликка эга.

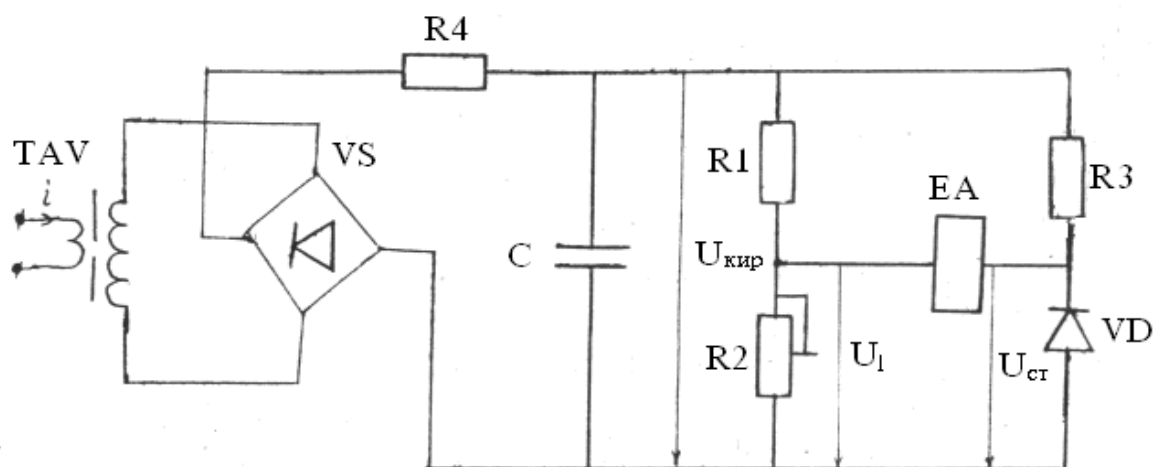
Яримўтказгичли элеменларнинг асосий камчилиги параметрларининг ҳароратга боғлиқлигидир. Лекин бу камчиликни элемент ва схемаларни ўзига хос бажариш йўли билан бартараф қилиш мумкин.

1.4.1. Яримўтказгичли элементлар

Яримўтказгичли элементлар ёрдамида реле ҳимояси ва автоматиканинг асосан ўлчовчи ва мантикий қисмлари тайёрланади.

Мисол тариқасида битта катталикнинг абсолют қийматини берилган қиймат билан солиштирувчи схемани кўрайлик (1.2- расм). Схеманинг киришига бериладиган ток трансреактор ТАВ ёрдамида токка пропорционал кучланишга айлантирилади ва VS тўғрилагич ёрдамида тўғриланади ҳамда R_4 резистор ва C конденсатордан ташкил топган RC филтр ёрдамида текисланади. Ҳосил қилинган $U_{\text{кпр}}$ кучланиш R_1 резистор ва R_2 ўзгарувчан қаршиликдан тузилган, бўлгич ёрдамида U_1 қийматгача ўзгартирилади. Схемада берилган қиймат сифатида стабилитрон VD даги ўзгармас стабиллаштирилган $U_{\text{СТ}}$ кучланидан фойдаланилади ва U_1 кучланиш.

$$U_1 = U_{\text{кпр}} R_2 / (R_1 + R_2)$$



1.2-расм. Таққословчи схема

Схемада R_3 резистор VD стабилитроннинг стабилизация режимини ҳосил қилиш учун хизмат қилади. Агар $U_1 > U_{\text{ст}}$ бўлса нол - индикатор EA ишлайди, яъни схеманинг (реленинг) ишга тушиш кучланиши

$$U_{\text{ри}} = (R_1 + R_2) U_{\text{ст}} / R_2 .$$

Нол индикатор (EA) сифатида магнитоэлектрик релелардан ёки транзисторли нол - индикаторлардан фойдаланиш мумкин. Нол - индикатор токнинг фақат маълум йўналишда ишлайди, масалан юқоридаги схемада ток чапдан ўнгга йўналганда.

1.2-расмда кўсатилган схемадан ток релеси сифатида фойдаланиш мумкин. Реленинг ишга тушиш токи, яъни ўрнатмаси R_2 ўзгарувчан қаршилик ёрдамида ўзгартирилади. Ушбу схемадан кучланиш релеси сифатида фойдаланилганда TAV трансреактор ўрнига оралиқ кучланиш трансформаторидан фойдаланилади.

1.4.2. Микроэлектрон элементлар

Ҳимояси ва автоматиканинг ўлчовчи қисмида микроэлектроника элементларидан асосан операцион кучайтиргичлар ишлатилади. Операцион кучайтиргичлар (ОК) мураккаб яримўтказгич қурилма бўлиб унинг таркибида ўнлаб транзисторлар бўлади. ОК икки қутбли таъминлаш манбасига уланади.

ОК иккита кириш ва битта чиқишга эга. Киришларидан бири инвертирлайдиган ва иккинчиси инвертирламайдиган кириш дейилади. Биринчиси “ - “ белги билан иккинчиси “ + “ белги билан белгиланади. (1.3-расм,а). Инвертирловчи киришга берилган сигналнинг чиқишда ишораси ўзгаради. Инвертирламайдиган киришга берилган сигналнинг эса чиқишда ишораси ўзгармайди.

ОК жуда катта кучайтириш коэффиценти ($K=10^3...10^6$) , кириш қаршилиги ($R_{\text{кир}} = 10^3-10^6 \text{ Ом}$), нисбатан кичик чиқиш қаршилиги (ўнлаб ёки юзлаб Ом), жуда кичик кириш токи ($I_{\text{кир}} = 10^{-6}...10^{-7} \text{ А}$) га эга.

ОК инвертирловчи кучайтиргич режимида ишлаганда (1.8- расм,б) унинг кучайтириш коэффиценти $K= -R_2/R_1$ га тенг. Унинг киришига бир нечта кучланиш бериш мумкин, яъни ундан ҳар-хил релелар ҳамда симетрик ташкил этувчиларнинг филтрларини тайёрлашда фойдаланиш мумкин.

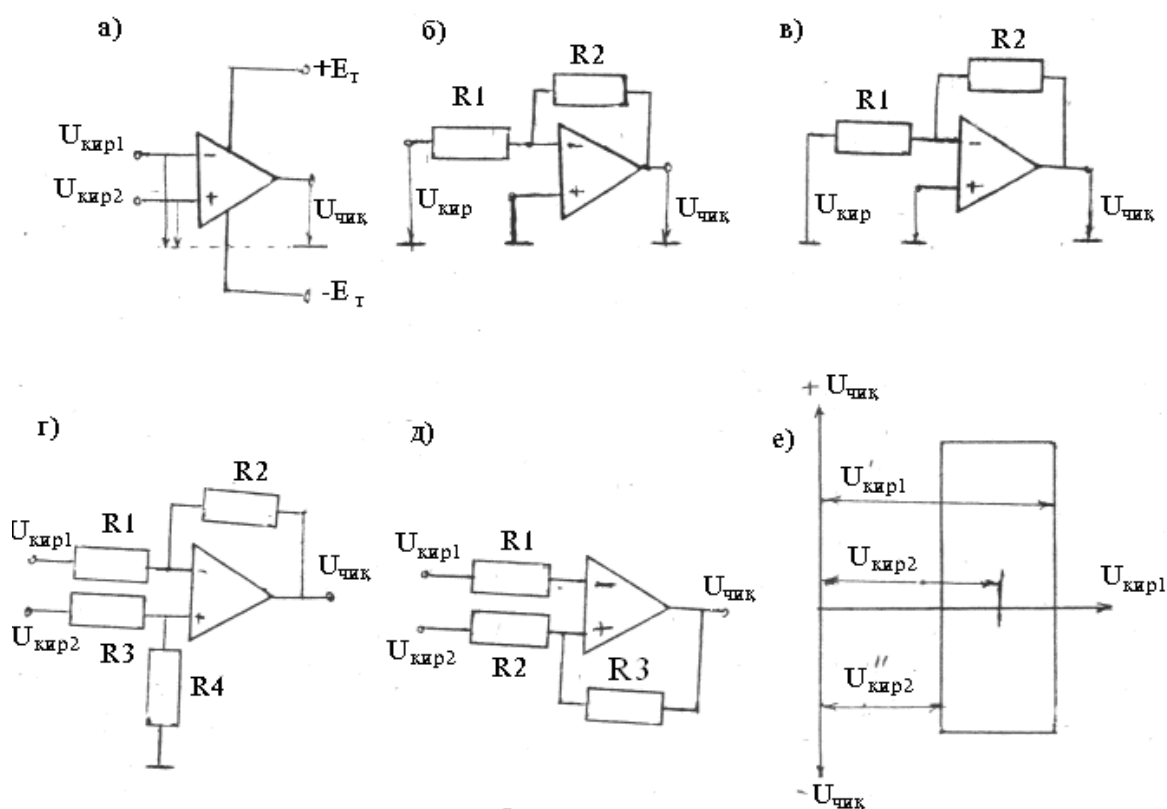
Инвертирламайдиган ОК (1.3-расм, в) жуда катта кириш қаршилигига эга. Унинг кучайтириш коэффиценти

$$K=1+R_2/R_1.$$

Дифференциал кучайтиргич (1.3-расм, г) нинг чиқишидаги кучланиш $U_{\text{чик}}=(U_{\text{кир1}} - U_{\text{кир2}}) K$ га тенг .

Компаратор (1.3-расм, д) манфий тескари боғланишга эга эмас ва киришларига бир хил ишорали кучланишлар берилса калит режимда ишлайди. Масалан киришдаги кучланишлар мусбат бўлиб $U_{\text{кир2}} > U_{\text{кир1}}$ бўлса

чиқишда максимал мусбат кучланиш ва $U_{\text{кир}2} < U_{\text{кир}1}$ бўлса минимал манфий кучланиш ҳосил бўлади. Схема турғун ишлаши учун R_3 резистор орқали мусбат тескари боғланиш киритилади. Бунда схема гистрезис характеристикага эга бўлган (1.3-расм, е) Шмитт триггерига айланади. Агар схемада R_2 ва R_3 резисторлар бўлмасдан “+” кириш массага уланса схема нол-индикаторга айланади.



1.3-расм. Операцион кучайтиргич ва унинг уланиш схемалари

1.4.3. Микропроцессорли элементлар

Махсус рақамли микро ЭХМ лардан фойдаланиш ва улар асосида дастурий ҳимояларни ишлаб чиқиш реле ҳимояси ва автоматикадаги истиқболли йўналишлардан биридир. Дастурий ҳимояларда реле ҳимоясини таркибида таъсир қилувчи катталиклар бўлган ахборотни қайта ишловчи арифметик-мантиқий тизим деб қараш мумкин, қайта

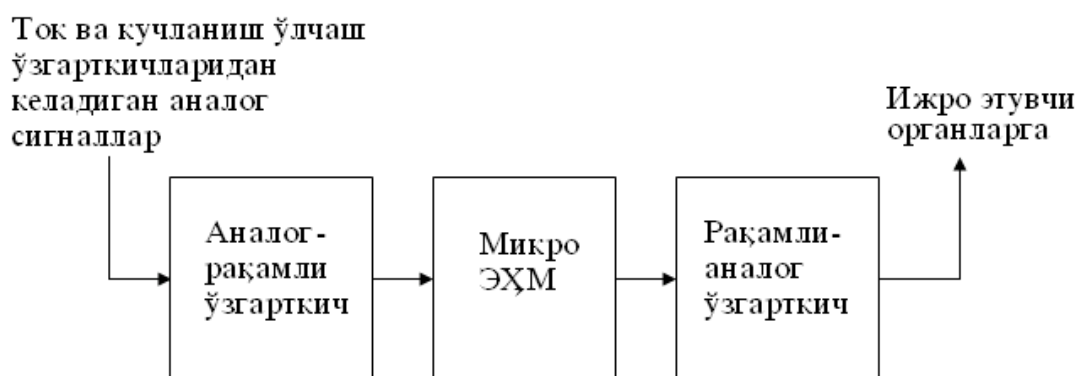
ишлаш жараёнини эса ҳимоянинг ишлаш алгоритмига мос бўлган аналитик ифодалар билан берилади.

МикроЭХМнинг асосий элементлари хотира қурилмалари, микропроцессор ва киритиш/чиқариш қурилмаларидан иборат.

Хотира қурилмаларида реле ҳимояси алгоритми бўйича ҳисоблашларнинг дастури сақланади. Ушбу дастурга асосан микропроцессор ўзининг киришига келаётган иккилик коддаги сигналларга асосан арифметик ва мантикий амалларни бажаради. Бундай амалларни бажариш учун микропроцессорнинг таркибида триггерлар, ВА, ЁКИ, ЭМАС мантикий элементлари бўлади, яъни микропроцессор универсал рақамли интеграл микросхемадир. Ўнли сонни иккилик санок тизимида ёзиш учун уни икки даражаларининг йиғиндиси кўринишига ўтказилади. Масалан, 11 сони қуйидагича тасвирланади

$$1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0.$$

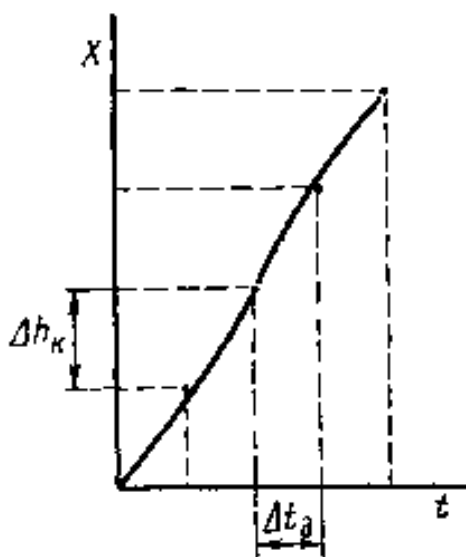
Иккиннинг даражалари олдидаги коэффициентлар разряд коэффициентлари дейилади. Уларни икки даражаларининг камайиш тартибида ёзиб иккилик санок системасида тўрт разрядли 1011 сонни ҳосил қиламиз.



1.4-расм. Дастурий ҳимоянинг соддалаштирилган таркибий схемаси

Ўзгартириш жараёнида кириш сигнали X вақт бўйича дискретланади ва сатҳ бўйича квантланади (1.5-расм).. Дискретлаш қадами Δt_d

микроЭХМнинг ва умуман дастурий ҳимоянинг тезкорлигига, квантлаш қадами Δh_k эса кириш сигналларини иккилик кодга ўтказиш аниқлигига таъсир қилади. Аналог –рақамли ўзгарткичларда фойдаланиладиган аналог сигналларни вақт-импульс сигналларга айлантирувчи ўзгарткичлардан бирининг функционал схемаси, 1.6,а-расмда келтирилган. Кириш сигнали $U_{\text{кир}}$ аррасимон кучланиш $U_{\text{зд}}$ билан таққосланади, Аррасимон кучланиш G генератор ёрдамида ҳосил қилинади.



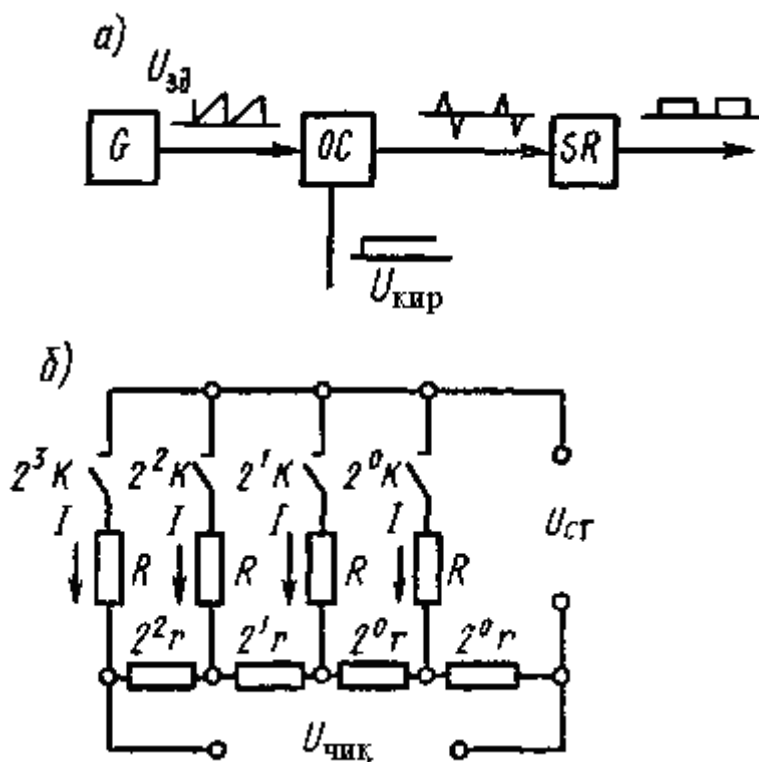
1.5-расм. Кириш сигналларини дискретлаш ва квантлаш

Таққослаш органи ТО аррасимон кучланиш ва кириш сигналнинг ўзоро тенглашиш моментини аниқлайди ва бундай моментда унинг чиқишида қисқа вақтли импульс ҳосил бўлади. Бундай импульсдан фойдаланиш мумкин, масалан унинг ёрдамида SR триггерни бир турғун ҳолатдан бошқа турғун ҳолатга ўтказиш мумкин. Кириш сигнали $U_{\text{кир}}$ ўзгариши билан унга пропорционал равишда триггернинг чиқишидаги тўғри бурчакли импульсларнинг давомийлиги ўзгариб боради. Компаратор энг содда аналог-рақамли ўзгарткич вазифасини бажариши мумкин.

Реле ҳимоясининг ижро этувчи органлари учун аналог сигнал зарур бўлиши сабабли микроЭХМнинг чиқишига рақамли-аналог ўзгарткич уланади. Иккилик тўрт разрядли кодни кучланишга айлантирувчи ўзгарткичлардан бирининг схемаси, 1.6,б-расмда кўрсатилган. Бундай ўзгарткич ҳар бир разрядга пропорционал бўлган кучланишларни жамлашга асосланган. Схемага стабиллаштирилган кучланиш $U_{ст}$ келтирилган. Ўзгарткичнинг чиқишидаги $U_{чик}$ кучланиш К калитнинг ҳолатига боғлиқ. Масалан, 2^3K калит уланган бўлса

$$U_{чик} = I(2^3r + 2^1r + 2^0r + 2^0r) = 2^3Ir,$$

яъни $U_{чик}$ кучланиши тўрт разрядли иккилик коднинг энг юқори (биринчи) разрядига мос бўлади. Калитларнинг 16 хил комбинацияси бўлиши мумкин, уларга мос равишда чиқишда кучланиш ҳосил бўлади.



1.6-расм. Аналог сигналларни вақт-импульс сигналларга ўзгартиришнинг функционал схемаси (а) ва иккилик тўрт разрядли кодни кучланишга айлантирадиган содда рақамли-аналог ўзгарткичнинг схемаси (б)

МикроЭХМнинг функционал имкониятлари ҳар қандай мураккабликдаги ўлчаш органларини ва ҳимояларни бажариш имкониятини беради. Бу дастурий ҳимояларнинг афзалликларидан биридир. Иккинчи афзаллиги дастурий ҳимояларнинг ўз-ўзини назорат қилиш имкониятига эга эканлигидадир.

Дастурий ҳимоялар бўйича ишлар ҳозирги кунда ҳам давом эттирилмоқда. Катта имкониятларга эга бўлган микропроцессорларни электр юритмаларни ҳимоясида қўллаш истикболли йўналишлардан бири эканлиги шубҳасиздир.

1.5. Электр юритмалар электр двигателларнинг реле ҳимояси

1.5.1. Электр двигателларнинг ҳимояларига умумий талаблар

Электр юритма сифатида содда ва ишончли бўлган асинхрон двигателлардан кенг фойдаланилади. Электр двигателларда кўп учрайдиган ва хавфли бўлган шикастланишлар электр двигател чиқишида ёки статор чўлғамларида юзага келиши мумкин бўлган кўп фазали қисқа туташувлардир. Бундай шикастланишлар натижасида ҳосил бўладиган қисқа туташув токлари статор чўлғамларига ва электр двигателнинг магнит ўзагига таъсир қилади ва уларнинг ишдан чиқишига олиб келиши мумкин.

Бундан ташқари электр двигателларда статор чўлғамларининг бир фазали ер билан туташуви ҳам электр двигател иш режимига салбий таъсир қилади. Қуввати 2000 кВт гача бўлган электр двигателларда ерга туташуш токи 10 А ва қуввати 2000 кВт дан юқори бўлган электр двигателларда ерга туташуш токи 5 А дан кўп ҳимоя электр двигателни манбадан узиш режимида ишлаши керак. Ерга туташув токлари юқорида кўрсатилган қийматлардан кичик бўлса ҳимоя сигнал режимида ишлаши мумкин. Электр двигател чўлғамининг ўрамлари орасида юз берадиган қисқа туташув ҳам кўп фазали қисқа туташув каби хавфли ҳисобланади, лекин бундай қисқа туташувлардан ҳимоя мураккаб бўлганлиги сабабли ўрнатилмайди. Синхрон

двигателларда ҳам асинхрон двигателлардаги каби шикастланишлардан ташқари уларнинг қўзғатиш чўлғамида ҳам шикастланишлар юз бериши мумкин. Қўзғатиш чўлғамининг узилиши, ер билан бир ёки икки нуктада туташуши мумкин. Қўзғатиш чўлғамидаги шикастланишлар (ерга икки нуктадаги туташув) синхрон режимнинг бузилишига сабаб бўлади. Синхрон режим бузилганда тебраниш токи ҳосил бўлади. Асинхрон режимдан сақловчи ҳимоя статор чўлғамидаги тебраниш токига ёки ротор чўлғамида ҳосил бўлувчи ўзгарувчи токка асосан ишлайди.

Электр двигателларда қўлланиладиган ҳимоялар содда ва ишончли бўлиши керак. Кўп фазали қисқа туташув тоқларидан ҳимоялашга мўлжалланган ҳимоялар электр двигателни манбадан узишга ишлаши керак. Нормал бўлмаган иш режими таъсирида электр двигателларнинг статор чўлғамида катта тоқлар ҳосил бўлиши мумкин. Бу тоқлар таъсирида чўлғам ўрамларининг қизиши изоляциянинг емирилишига сабаб бўлади. Ўта юкланиш, электр двигател роторининг айланишлар частотасини пасайиши, синхрон электр двигателларда қисқа вақтли кучланиш пасайиши ҳисобига синхрон режимни бузилиши, бир фазанинг узилиши ва механик носозликлар электр двигателларнинг нормал иш режимини бузилишига олиб келади. Электр тармоғида қисқа вақтли кучланишнинг пасайиши ва кейин яна кучланишнинг тикланиши натижасида электр двигателларда ўз ўзини ишга тушириш содир бўлади. Ўз ўзини ишга туширишда электр двигателлар тармоқдан ишга тушиш жараёнидаги сингари катта ток оладилар. Бундай вақтда асосий бўлган электр двигателларнинг ўз ўзини ишга туширишини таъминлаш учун асосий бўлмаган двигателлар минимал кучланиш ҳимояси ёрдамида манбадан узилади. Улар асосий двигателларнинг ўз ўзини ишга тушириш жараёни тугагандан кейин манбага қайтадан уланади.

Нормал бўлмаган иш режимлари узоқ давом этса (масалан, бир фазанинг узилиши ёки ерга туташуви) ҳимоя электр двигателни тармоқдан узиш режимида, қисқа вақтли нормал бўлмаган режимларда ҳимоя сигнал режимида ишлаши керак.

Кучланиши 1000 В гача бўлган электр двигателларни ҳимоялашда эрувчан сақлагичлар, автоматлар, иссиқлик релелари, магнит ишга туширгичлар каби коммутацион аппаратлардан фойдаланилади. Бундай ҳимоя воситалари электр двигателларни қисқа туташув токидан, ўта юкланиш токидан ва кучланиш пасайишидан ҳимоялайди. Фазалар оралигида қисқа туташувдан ҳимоялар ишга тушиш токи ва ўз ўзини ишга тушириш токига мосланади. Мухим бўлмаган электр двигателлар эрувчан сақлагичлар ёки умумий автомат ажратгичлар орқали қисқа туташув токидан ҳимояланади. Минимал кучланишлардан ҳимоялаш учун магнитли ишга туширгичлар қулай. Тармоқда кучланиш пасайганда ёки бўлмаганда магнит ишга туширгичнинг электромагнитидан унинг ишлаган ҳолатда қолиши учун етарли ток ўтмайди ва асосий контактлари узилади.

Юқори кучланишли электр двигателларни фазалар орасида бўладиган қисқа туташувдан ҳимоялаш учун ҳаяллаш вақтсиз ишга тушадиган ток отсечкалари қўлланилади. Қуввати 2000 кВт ва ундан юқори бўлган электр двигателларда ток отсечкасининг сезгирлиги талабга жавоб бермаса дифференциал ҳимоя қўлланилади. Қуввати 5000 кВтдан юқори бўлган электр двигателлар учун дифференциал ҳимоя асосий ҳимоя ҳисобланади.

Электр двигателларнинг ҳимоялари генераторлар ва трансформаторларнинг ҳимоялари каби ички шикастланишлар ва ҳавфли нормал бўлмаган режимларда ишлаши керак. Лекин ҳимоя ҳавфли бўлмаган ноноормал пежимларда электр двигателларни тармоқдан узишга ишламаслиги керак.

Ишлаб чиқаришда электр двигателларнинг ўз (ўз-ўзидан) ишга тушиши катта аҳамиятга эга. Ўз ишга тушиш жараёнини қуйидагича тушунтириш мумкин. Электр тармоғида қисқа туташув юзага келганда кучланишнинг пасайиши натижасида электр двигателларнинг тезлиги ҳам пасая бошлайди. Қисқа туташув нуқтаси тармоқдан узилгандан кейин электр двигателлар нормал тезликка эришиш учун маълум вақт давомида нисбатан катта ток истеъмол қила бошлайдилар. Ушбу жараёнга электр

двигателларнинг ўз ишга тушиш жараёни деб аталади. Электр двигателларнинг ишга тушиш ва ўз ишга тушиш жараёнларида реле ҳимояси ишлаб уларни тармоқдан узмаслиги керак.

Электр двигателларнинг ҳимоялари содда, арзон ва ишончли бўлиши ва ички шикастланишлар ҳамда хавфли нормал бўлмаган режимларда ишлаши керак. Электр двигателларнинг шикастланиш турлари асосан қуйидагилар:

1. Кўп фазали қисқа туташув вақтида двигател статорининг чўлғамида катта тоқлар оқади, двигател қаттиқ шикастланади ва таъминловчи электр тармоғида кучланиш пасаяди. Шу сабаб кўп фазали қисқа туташувдан ҳимоя двигателни электр тармоғидан дарҳол узишга ишлаши керак;

2. Бир фазали ерга туташув:

а) 380/220 В кучланишли тўртта симли электр тармоғларида нейтрал ерга уланган бўлади. Бундай электр тармоқларида бир фазали ерга туташув қисқа туташув бўлиб ҳисобланади ва ҳимоя дарҳол (ҳаяллаш вақтисиз) двигателни электр тармоғидан узишга ишлаши керак;

б) нейтрал ерга уланмаган электр тармоқларида электродвигателнинг бир фазали ерга туташувдан ҳимояси сигналга ишлаши керак;

Агар ерга туташув токи қуввати 2000кВт гача бўлган электродвигателларда 10Адан ва қуввати 2000кВтдан юқори электродвигателларда 5Адан катта бўлса ҳимоя электродвигателни тармоқдан узишга ишлаши керак;

3. Ўрамлар орасида бўладиган қисқа туташувдан ҳимоя одатда электродвигателларга ўрнатилмайди.

Электродвигателларнинг нормал бўлмаган режимлари қуйидагилар:

- Ўта юкланиш;
- Кучланишнинг пасайиши;
- Фазо симининг узилиши ёки бир фазанинг йўқолиши;
- Двигател механик қисмининг шикастланиши;
- Синхрон электродвигателларнинг асинхрон режими.

Электр двигателларда асосан қуйидаги ҳимоялар қўлланилади:

- Қисқа туташувлардан ҳимоя;
- Ўта юкланишдан ҳимоя;
- Фаза узилишдан ҳимоя;
- Кучланиш пасайишдан ҳимоя.

1.5.2. Кучланиши 1000Вдан юқори электр двигателларнинг реле ҳимояси

Кучланиши 1000Вдан юқори қуввати 5000 кВт гача бўлган электродвигателларни фазалараро қисқа туташувдан ток отсечкаси (ТО) ёрдамида ҳимояланади.

ТО нинг бирламчи ишга тушиш токи

$$I_{т.о.} = K_3 I_{ю}$$

бу ерда $I_{ю}$ – двигателнинг юргизиш токи, $K_3 = 1,8$ агар ТО РТ-40 реле ёрдамида бажарилган бўлса ва $K_3 = 2,0$, РТ-80 ёки РТМ релелар учун.

Қуввати 5000 кВт ва ундан юқори электродвигателларга бўйлама дифференциал ҳимоя (ДХ) ўрнатилади.

ДХ нинг ишга тушиш токи (ҳимоя РТ-40 реле ёрдамида бажарилган бўлса)

$$I_{х.и} = (1,5 \div 2,0) I_{дв.ном}$$

Ҳимоянинг сезгирлик коэффиценти

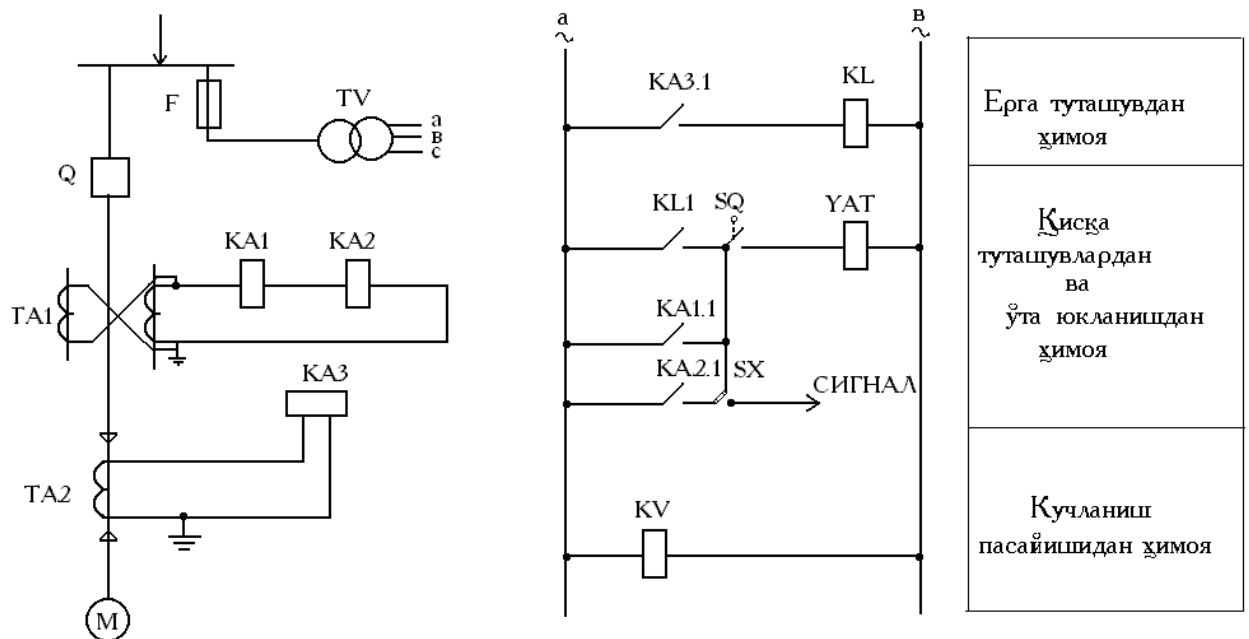
$$K_c = I_{к.мин} / (I_{х.и} K_{сх})$$

бу ерда $I_{к.мин}$ – электродвигателдаги икки фазали қисқа туташув токи.

Реленинг ишга тушиш токи

$$I_{р.и} = K_{сх} I_{х.и} / K_I$$

бу ерда схема коэффиценти $K_{сх} = 1,73$ – битта релели ТО учун ва $K_{сх} = 1$ – иккита релели ТО учун олинади; K_I – ток трансформаторининг трансформация коэффиценти.



1.7-рasm. Кучланиши 1000Вдан юқори электр двигателлар реле ҳимоясининг ўзгарувчи оператив токли схемаси

Электродвигателларни ерга туташувдан ҳимоялаш учун нол кетма-кетлик ҳимояси қўлланилади. Унинг бирламчи ишга тушиш токи $I_{\text{хи}} \leq 10 \text{ A}$ ($P \leq 2000 \text{ кВт}$ ли двигателлар учун); ва $I_{\text{хи}} \leq 5 \text{ A}$ ($P > 2000 \text{ кВт}$ ли двигателлар учун) олинади. Қўшимча изоляцияни назорат қилиш схемаси ҳам қўлланилади.

Кучланиши 1000Вдан юқори электр двигателлар реле ҳимоясининг ўзгарувчи оператив токли схемаси 1.7-рasmда келтирилган. Схемада қисқа туташувлардан ҳимояни бажариш учун KA1 ток релесидан фойдаланилган. Ўта юкланишлардан ҳимоя KA2 ток релеси ёрдамида бажарилган. У SX накладканинг ҳолатига боғлиқ ҳолда двигателни тармоқдан узишга ёки сигналга ишлаши мумкин. Ерга туташувдан ҳимояни бажариш учун TA2 нол кетма кетлик ток трансформатори ва РТЗ-50 турдаги KA3 ток релесидан фойдаланилган. Кучланиш пасайишидан ҳимоя учун TV кучланиш

трансформаторининг иккиламчи чўлғамига уланган бевосита ишловчи KV минимал кучланиш релеси хизмат қилади.

1.5.3. Кучланиши 1000Вгача бўлган электр двигателларнинг реле ҳимояси

Кучланиши 1000Вгача бўлган электродвигателларда асосан қуйидаги ҳимоялар қўлланилади:

- қисқа туташувдан ҳимоя;
- ўта юкланишдан ҳимоя;
- фаза узилишидан ҳимоя;
- кучланиш пасайишидан ҳимоя.

1.5.4. Қисқа туташувдан ҳимоя

Қисқа туташувдан ҳимояни сақлагичлар, автоматик виключателлар (автоматлар) ёки максимал ток релелари ёрдамида бажариш мумкин.

а/ сақлагичлар ёрдамида ҳимояни бажариш учун сақлагич ва унинг эрувчан қуймаси танланади.

Сақлагич қуйидаги шартларга асосан танланади

$$U_{\text{сақ.ном}} = U_{\text{дв.ном}}$$

$$I_{\text{сақ.ном}} \geq I_{\text{иш.ном}} = I_{\text{дв.ном}}$$

$$I_{\text{сақ.уз}} > I_{\text{к.мах}}$$

бу ерда $I_{\text{сақ.уз}}$ – сақлагичнинг узиш токи.

Сақлагичнинг эрувчан қуймасини танлаш шартлари:

$$1) I_{\text{э.к.ном}} \geq K_3 I_{\text{иш.мах}}$$

бу ерда $K_3=1,1 \div 1,25$; $I_{\text{иш.мах}}=I_{\text{дв.ном}}$; $I_{\text{э.к.ном}}$ -эрувчан қуйманинг номинал токи.

$$2) I_{\text{э.к.ном}} \geq I_{\text{ў.ю}} / K_{\text{ў.ю}}$$

бу ерда $I_{\text{ў.ю}}$ - двигателнинг ўта юкланиш токи; $I_{\text{ў.ю.ни}}$ двигателнинг юргизиш токига тенг деб олиш мумкин $I_{\text{ў.ю.}} = I_{\text{ю}}$; $K_{\text{ў.ю}}$ –ўта юкланиш токларидан четлаштириш коэффициент, $K_{\text{ў.ю}} = 1,5 \div 2,5$ олинади.

$$3) I_{\text{э.к.ном}} \geq I_{\text{к.мин}} / (10 \div 15)$$

бу ерда $I_{k.min.}$ - электродвигател уланган шинадаги минимал қисқа туташув токи.

б/ максимал ток релеси ёрдамида қисқа туташувдан ҳимоя

Ҳимоя ток отсечкаси кўринишида бажарилади.

Ток релесининг ишлаш токи

$$I_{p.и} = (1,3 \div 1,5) I_{ю} = (1,3 \div 1,5) K_{ю} I_{дв.ном}$$

бу ерда $I_{ю}$ -двигателнинг юргизиш токи; $K_{ю}$ - двигател юргизиш токининг номинал токка нисбати.

Агар $I_{p.и}$ ток катта бўлганлиги сабабли ток релесини танлаш иложи бўлмаса ток трансформатори ўрнатилади ва у орқали ток релеси уланади.

Ток трансформаторининг ҳисобий трансформация коэффиценти

$$K_{I.хис} = I_{дв.ном} / 5.$$

Справочникдан ток трансформаторининг трансформация коэффиценти K_I нинг $K_{I.хис}$ га қараганда $1,5 \div 2$ марта каттароқ қиймати танланади.

Ток релеси ток трансформатори орқали уланганлиги сабабли ҳимоянинг ишлаш токи ва реленинг ишлаш токи аниқланади

$$I_{х.и} = (1,3 \div 1,5) I_{ю} ,$$

$$I_{p.и} = K_{сх} I_{х.и} / K_{и} ,$$

бу ерда $K_{сх}$ –схема коэффиценти. Ток трансформаторлари юлдуз ёки тўла бўлмаган юлдуз схемаси бўйича уланган бўлса $K_{сх} = 1$ ёки ток релеси икки фаза тоқларининг фарқига уланган бўлса $K_{сх} = 1,73$ олинади.

Ток отсечкасини сезгирлиги қуйидагича ҳисобланади

$$K_c = I_{k.min} / I_{хи} ,$$

бу ерда $I_{k.min}$ –электр двигател тармоққа уланган нутадаги минимал қисқи туташув токи, $K_c \geq 2$ бўлиши керак.

1.5.5. Ўта юкланиш ҳимоя

Ўта юкланиш ҳимоя фақат технологик жараёнда ўта юкланиш эҳтимоли бўлган электр двигателларга ўрнатилади ва у асосан сигналга ишлайди. Агар

ўта юкланишни бошқа йўллар билан бартараф қилишнинг имконияти бўлмаса ўта юкланиш ҳимоя электр двигателни тармоқдан узишга ишлайдиган қилиб бажарилиши ҳам мумкин.

Ўта юкланиш ҳимоя ток релесининг ишга тушиш токи куйидагича аниқланади:

$$I_{р.и} \geq K_3 I_{дв.ном} / (K_K K_I),$$

бу ерда $K_3=(1,1 \div 1,2)$ – захира коэффиценти, $K_K=0,8$ – ток релесининг қайтиш коэффиценти, K_I – ток трансформаторининг трансформация коэффиценти.

Агар ток трансформатори ишлатилмаган бўлса $K_I=1$ деб олинади.

Ўта юкланиш ҳимоя электр двигател ишга тушаётган вақтда ишламаслиги керак. Шунинг учун унинг ҳаяллаш вақти $10 \div 20$ секунд олинади, яъни ҳимоянинг ҳаяллаш вақти двигателнинг ишга тушиш вақтидан катта бўлиши керак.

РТ-80 индукцион ток релеси ёрдамида двигателнинг реле ҳимоясини бажарилса, юқоридаги иккала ҳимоя учун фақатгина битта РТ-80 релесидан фойдаланиш мумкин.

РТ-80 реле индукцион элементи қисқа туташувлардан ҳимоя учун хизмат қилади ва унинг ишга тушиш токи ишга тушиш токи куйидагича ҳисобланади:

$$I_{р.ин} = K_{с.х} K_3 I_{дв.ном} / (K_K K_I)$$

бу ерда $K_3=1,2$ – захира коэффиценти, $K_K=0,8$ – ток релесининг қайтиш коэффиценти, K_I – ток трансформаторининг трансформация коэффиценти.

РТ-80 реле электромагнит элементида ўта юкланишлардан ҳимояни бажариш учун фойдаанилади ва унинг ишга тушиш токи:

$$I_{р.эл} = K_{сх} K_3 I_{ию} / K_I$$

бу ерда $K_{сх}$ - схема коэффиценти; $K_3=1,4$ -захира коэффиценти; $I_{ию}$ -двигателнинг юргизиш токи.

$I_{р.эл}$ ва $I_{р.ин}$ токларнинг нисбати $n_{нис} = I_{р.эл} / I_{р.ин}$ ҳисобланади.

Ҳаяллаш вақти ҳам РТ-80 реле ёрдамида қўйилади.

Агар ўта юкланиш вақтида двигателни узиш керак бўлса РТ-82 ёки узиш керак бўлмаса РТ-84 реледан фойдаланилади. РТ-84 реледа икки жуфт контакт бўлиб, уларнинг бири қисқа туташув вақтида электр двигателни манбадан узиш учун (реленинг электромагнит элементи ишлаганда уланади), икинчиси эса ўта юкланиш тўғрисида сигнал бериш учун (реленинг индукцион элементи ишлаганда уланади) ишлатилади.

1.5.6. Ўта юкланишдан ҳимоя.

Ўта юкланиш вақтида электродвигател чўлғамининг ҳарорати ортади. Шунинг учун ток ҳимояси ёки ҳарорат ҳимоясининг қўллаш мумкин.

Ток ҳимояси электромагнит релелар ёки иссиқлик релелари ёрдамида бажарилади.

Электромагнит реле ёрдамида ўта юкланишдан ҳимоя.

Ҳимоя ток релесининг ишга тушиш токи

$$I_{р.и} = K_z K_{сх} I_{д.ном} / K_k ,$$

бу ерда $K_z=1,1-1,2$ –заҳира коэффиценти; $K_k=0,8$ – ток релесининг қайтиш коэффиценти.

Агар ток релеси ток трансформатори орқали уланган бўлса

$$I_{р.и} = K_z K_{сх} I_{д.ном} / (K_k \cdot K_I),$$

бу ерда K_I – ток трансформаторининг трансформация коэффиценти.

Ҳимоя двигателнинг ишга тушиш вақтида ишламаслиги керак. Бунинг учун ҳимоя ҳаяллаш вақтига ($t \geq 3$ с) эга бўлади.

1.6. Частота ўзгарткичлар

Электр двигатель электр энергияни механик энергияга ўзгартиради ва технологик механизмнинг ижро этувчи органини ҳаракатга келтиради.

Частота ўзгарткич электрон статик қурилма бўлиб электр двигателни бошқаради. Частота ўзгарткичнинг чиқишида амплитуда ва частотаси ўзгартириладиган электр кучланиш шаклланади.

“Частотавий ростланувчи электр юритма” деганда электр двигателнинг айланиш тезлигини унга бериладиган кучланишнинг частотасини ўзгартириш йўли билан ростлаш тушинилади.

Сўнгги йилларда ишлаб чиқаришнинг кўплаб соҳаларида частотавий ростланувчи электр юритма кенг ва муваффақиятли тарзда жорий қилинмоқда. Бундай ҳолат частота ўзгарткичлар янги элементлар базасида, яъни, затвори изоляцияланган биполяр транзисторлардан (IGBT) фойдаланиш ишлаб чиқиладиганлиги ва яратилганлиги билан боғлиқ.

Умуман олганда частотавий ростланувчи электр юритма қуйидаги хусусиятлар ва афзалликларга эга:

- уларни саноатнинг турли соҳаларида қўллаш мумкин;
- улардан фойдаланилганда технологик жиҳозларнинг ишлаши оптималлашади ва натижада ресурслар ҳамда энергия тежалади;
- механик юкламаларнинг камайиши натижасида электр двигател қисмларининг эскириши секинлашади;
- уланиб-узилишлар сони ва коммутация тоқларининг камайиши ҳисобига коммутацион аппаратларнинг эскириши секинлашади;
- электр двигателларнинг ишга тушиш тоқлари камаяди;
- электр двигателларнинг ўта юкланишдан, фаза узилишидан ва кучланиш пасайишидан (ортишидан) ҳимояларининг эффективлиги ортади;
- электр двигателларнинг ишлаш муддати тахминан 1,5-2 марта ортади;
- ремонтга сарфланадиган харажатлар камаяди;
- электр энергия иқтисод қилинади.

Частота ўзгарткич бирор частотали ток ёки кучланишни бошқа частотали ток ёки частотага айлантирувчи қурилма бўлиб ҳисобланади. Замонавий ўзгарткичларнинг чиқиш частотаси кенг диапазонда ўзгариши ва шунингдек таъминловчи манба частотасидан катта ёки кичик ҳам бўлиши мумкин

Ҳар қандай частота ўзгарткичнинг схемаси кучли ва бошқарувчи қисмлардан иборат бўлади. Частота ўзгарткичнинг кучли қисми одатда тиристорлар ёки транзисторларда бажарилади. Бошқарувчи қисми рақамли

микропроцессорларда бажарилади ва кучли электрон калитларни бошқаришни таъминлайди ҳамда қўшимча (назорат, диагностика, ҳимоя) вазифаларни бажаради.

I-боб бўйича хулоса

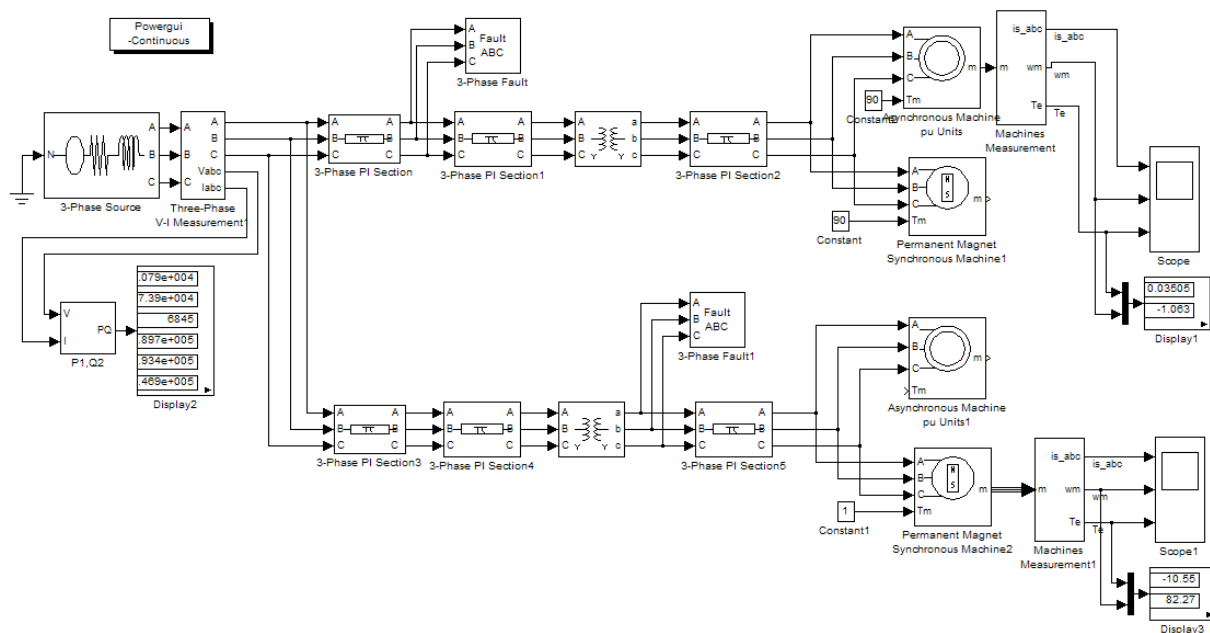
1. Электр юритманинг ишончли ва тежамли ишлашини таъминловчи ва электр юритмаларда юзага келувчи шикастланиш ва нормал бўлмаган режимларни автоматик равишда бартараф қилувчи ҳимоя қурилмалари кўриб чиқилди ва таҳлил қилинди.
2. Электр юритмаларни ҳимоялаш қурилмаларига қўйиладиган талаблар кўриб чиқилди. Улар асосан танлаш, тезкорлик, сезгирлик, ишончлилик бўйича қўйиладиган талабларга жавоб бериши керак.
3. Юқорида келтирилган талабларга жавоб берувчи ҳимоя ҳозирги кунгача мавжуд эмас, ва бундай ҳимояни ишлаб чиқиш электр юритма электр таъминотида юз берадиган нормал бўлмаган режимларни чуқур таҳлил қилиш зарурлигини кўрсатди.

II-боб. Электр юритманинг шикастланиш режимларини тадқиқ қилиш

2.1 Электр юритманинг модели

2.1.1. Электр юритманинг шикастланиш режимларини тадқиқ қилиш учун модел

Электр юритманинг шикастланиш режимларини тадқиқ қилиш учун тузилган моделнинг схемаси 2.1-расмда келтирилган. Унинг ёрдамида электр юритмани ҳимоялаш қурилмасининг схемасини синтез қилиш учун зарур бўлган режимларни, хусусан, қисқа туташув, ерга туташув, ўта юкланиш, кучланиш пасайиши ва бошқа режимларни тадқиқ қилиш мумкин.



2.1-расм. Электр юритманинг шикастланиш режимларини тадқиқ қилиш учун модел

Модел қуйидаги элементлардан иборат:

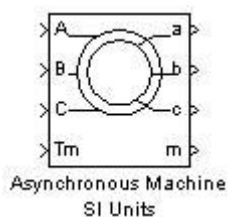
- таъминлаш манбаси;

- уч фазаги ўлчагич;
- электр узатиш линияси;
- трансформатор;
- қисқа туташтиргичлар;
- асинхрон машина;
- синхрон машина;
- машина параметрларини ўлчовчи блок ва бошқалар.

2.1.2 Электр машиналар ва ўлчагичларнинг моделлари

Асинхрон машинанинг модели

Пиктограммаси:

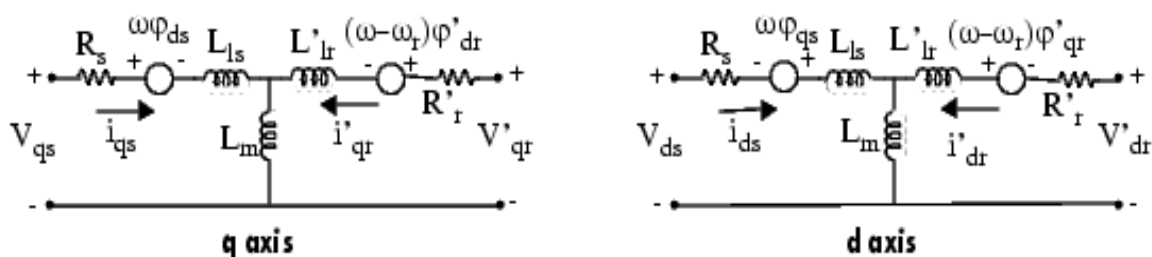


Вазифаси:

Двигател ва генератор режимларида ишлайдиган асинхрон электр машинасини моделлайди. Машинанинг ишлаш режими электромагнит моментнинг ишорасига асосан аниқланади.

Моделнинг A, B ва C портлари машина статор чўлғамининг чиқишлари, a, b ва c портлари эса ротор чўлғамининг чиқишлари бўлиб ҳисобланади. Моделнинг Tm порти ҳаракатланишга қаршилик моментини бошқариш учун хизмат қилади. Моделнинг m чиқиш портида 21 элементдан иборат вектор сигнал шаклланади. Улар қуйидагилар: ҳаракатланмайдиган ва айланувчи координаталар системаларида ротор ва статорнинг тоқлари, магнит оқимлари ва кучланишлари, электромагнит момент, валнинг айланиш тезлиги ва унинг бурчак ҳолати. Вектордан ўзгарувчиларни ажратиб олишни қулайлаштириш учун SimPowerSystems библиотекасида MachinesMeasurement Demux блоки мавжуд. Асинхрон машинанинг модели электр ва механик қисмлардан

иборат. Электр қисми тўртинчи тартибли ва механик қисми иккинчи тартибли ҳолатлар фазосининг моделидан иборат. Ҳамма электр ўзгарувчилар ва машинанинг параметрлари двигателнинг статор томонига келтирилган. Машина электр қисмининг бошланғич тенгламалари икки фазали (dq-ўқлар) координаталар системаси учун ёзилган. Машинанинг алмаштириш схемаси 2.2-расмда келтирилган.



2.2-расм. Асинхрон машинанинг алмаштириш схемаси

Машина электр қисмининг тенгламалари қуйидаги кўринишга эга:

$$\begin{aligned}
 V_{qs} &= R_s i_{qs} + \frac{d}{dt} \phi_{qs} + \omega \phi_{ds} & \phi_{qs} &= L_s i_{qs} + L_m i'_{qr} \\
 V_{ds} &= R_s i_{ds} + \frac{d}{dt} \phi_{ds} - \omega \phi_{qs} & \phi_{ds} &= L_s i_{ds} + L_m i'_{dr} \\
 V'_{qr} &= R'_r i'_{qr} + \frac{d}{dt} \phi'_{qr} + (\omega - \omega_r) \phi'_{dr} & \phi'_{qr} &= L'_r i'_{qr} + L_m i_{qs} \\
 V'_{dr} &= R'_r i'_{dr} + \frac{d}{dt} \phi'_{dr} - (\omega - \omega_r) \phi'_{qr} & \phi'_{dr} &= L'_r i'_{dr} + L_m i_{ds} \\
 T_e &= 1.5 p (\phi_{ds} i_{qs} - \phi_{qs} i_{ds}) & L_s &= L_{ls} + L_m \\
 & & L'_r &= L'_{lr} + L_m
 \end{aligned}$$

Тенгламалар системасидаги индекслар қуйидаги қийматларга эга:

- d – ўзгарувчининг d ўққа проекцияси;
- q – ўзгарувчининг q ўққа проекцияси;
- r – ўзгарувчи ёки роторнинг параметри;

s - ўзгарувчи ёки статорнинг параметри;

L – сочилиш индуктивлиги;

m – магнитлаш занжирининг индуктивлиги.

Машина механик қисмининг тенгламалари қуйидаги кўринишга эга:

$$\frac{d}{dt}\omega_m = \frac{1}{2H}(T_e - F\omega_m - T_m)$$

$$\frac{d}{dt}\theta_m = \omega_m$$

Машина тенгламаларидаги ўзгарувчилар қуйидаги қийматларга эга:

R_s, L_{ls} – статорнинг қаршилиги ва сочилиш индуктивлиги;

R'_r, L'_{lr} - роторнинг қаршилиги ва сочилиш индуктивлиги;

L_m – магнитланиш занжирининг индуктивлиги;

L_s, L'_r - статор ва роторнинг тўла индуктивликлари;

V_{qs}, i_{qs} – статор кучланиши ва токининг q ўқига проекцияси;

V'_{qr}, i'_{qr} - ротор кучланиши ва токининг q ўқига проекцияси;

V_{ds}, i_{ds} – статор кучланиши ва токининг d ўқига проекцияси;

V'_{dr}, i'_{dr} - ротор кучланиши ва токининг d ўқига проекцияси;

$\varphi_{qs}, \varphi_{ds}$ - статор оқим боғланишининг d ва q ўқларига проекцияси;

$\varphi_{qr}, \varphi_{dr}$ - ротор оқим боғланишининг d ва q ўқларига проекцияси;

ω_m - роторнинг бурчак тезлиги;

θ_m - роторнинг бурчак бўйича ҳолати;

P – қутб жуфтликларининг сони.

Асинхрон машинаси моделининг Simulink прототипи билан :toolbox\powersys\powersys папкасидаги powerlib_models.mdl библиотекасини очиб танишиш мумкин.

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:

Block Parameters: Asynchronous Machine [X]

Asynchronous Machine (mask) (link)

Implements a three-phase asynchronous machine (wound rotor or squirrel cage) modeled in the dq rotor reference frame. Stator and rotor windings are connected in wye to an internal neutral point. Press help for inputs and outputs description.

You can specify initial values for stator and rotor currents. In the Initial conditions parameter you have the possibility to specify the stator current only :

[s() th(deg) isa, isb, isc(p.u.) pha, phb, phc(deg)]:

Or you can choose to enter the stator and the rotor initial currents:

[s() th(deg) isa, isb, isc(p.u.) pha, phb, phc(deg) ira, irb, irc(pu) pha, phb, phc]:

Parameters

Rotor type:

Reference frame:

Nom. power, L-L volt. and freq. [Pn(VA), Vn(Vrms), fn(Hz)]:

Stator [Rs(ohm) Lls(H)]:

Rotor [Rr(ohm) Llr(H)]:

Mutual inductance Lm (H):

Inertia, friction factor and pairs of poles [J(kg.m^2) F(N.m.s) p()]:

Initial conditions (read the details in the description above)

OK Cancel Help Apply

Блокнинг параметрлари:

Rotor type:

[Роторнинг тури]. Параметрнинг қиймати қуйидаги рўйхатдан танланади:

- Squirrel-Cage – қисқа туташтирилган ротор ёки “олмахон қафаси”;
- Wound – фазали ротор;

Reference frame:

[Координаталар системаси]. Параметрнинг қиймати қуйидаги рўйхатдан танланади:

- Rotor – роторга нисбатан силжимайдиган;
- Stationary - статорга нисбатан силжимайдиган;
- Synchronous – майдон билан бирга айланадиган.

Nom. power, L-L volt. and frequency [$P_n(VA)$, $U_n(V)$, $f_n(Hz)$]:

[Номинал қувват $P_n (VA)$, таъсир этувчи линия кучланиши $U_n (B)$ ва номинал частота $f_n (Гц)$].

Stator [$R_s(Ohm)$ $L_s(H)$]:

[Статорнинг қаршилиги $R_s (Ом)$ ва индуктивлиги $L_s (Гн)$].

Rotor [$R_r(Ohm)$ $L_r'(H)$]:

[Роторнинг қаршилиги $R_s (Ом)$ ва индуктивлиги $L_s (Гн)$].

Mutual inductance $L_m(H)$:

[Ўзаро индуктивлик (Гн)].

Inertia, friction factor and pairs of poles [$J(kg*m^2)$ $F(N*m*s)$ p]:

[Инерция моменти $J (кг*м^2)$, ишқаланиш коэффициенти $F(Н*м*с)$ ва кутб жуфтликлари сони p].

Initial conditions [$s_{th}(deg)$ $i_{sa}, i_{sb}, i_{sc}(A)$ $ph_A, ph_B, ph_C(deg)$]:

[Бошланғич шартлар]. Параметр ҳар бир элементи қуйидаги қийматларга эга бўлган вектор кўринишида берилади:

s – сирпаниш;

th - фаза (град.);

i_{sa}, i_{sb}, i_{sc} – статор токининг бошланғич қийматлари (A);

ph_A, ph_B, ph_C - статор токининг бошланғич фазалари (град.).

Машинанинг бошланғич шартлари Powergui блоки ёрдамида ҳисобланиши мумкин.

Асинхрон машина параметрларини ҳисоблаш учун бошланғич маълумотлар қуйидагилардир:

P_n - номинал қувват [Вт];

U_n - номинал линия кучланиши [В];

f_1 - тармоқнинг частотаси [Гц];

n_H - валнинг номинал айланиш тезлиги [айл/с];

p – қутб жуфтликларининг сони;

η - фойдали иш коэффициенти [н.б.];

$\cos \varphi$ - қувват коэффициенти [н.б.];

I_H - статорнинг номинал токи [А];

k_I - юргизиш токининг карралилиги [н.б.];

m_H - юргизиш моментининг карралилиги [н.б.];

m_{max} - максимал моментнинг карралилиги [н.б.];

J - инерция моменти [кг*м²].

Асинхрон машинанинг параметрларини қуйидаги ифодаларга асосан ҳисоблаш мумкин:

$$U = \frac{U_N}{\sqrt{3}} \text{ - номинал фаза қучланиши [В];}$$

$$n_1 = \frac{60 f_1}{p} \text{ - магнит майдонининг айланиш тезлиги (синхрон тезлик) [айл/с];}$$

$$s_N = \frac{n_1 - n_N}{n_1} \text{ - номинал сирпаниш [н.б.];}$$

$$s_{кр} = s_N (m_{max} + \sqrt{m_{max}^2 - 1}) \text{ - критик сирпаниш [н.б.];}$$

$$\omega_1 = \frac{2\pi f_1}{p} \text{ - магнит майдонининг айланиш тезлиги (синхрон тезлик) [рад/с];}$$

$$\omega_N = \frac{\pi n_N}{30} \text{ - вал айланишининг номинал бурчак тезлиги [рад/с];}$$

$$M_N = \frac{P_N}{\omega_N} \text{ - номинал момент [Нм];}$$

$$M_{max} = m_{max} M_N \text{ - максимал момент [Нм];}$$

$$M_H = m_H M_N \text{ - юргизиш моменти [Нм];}$$

$$P_{мех} = (0.01 \div 0.05) P_N \text{ - механик исрофлар [Вт];}$$

$$C = (1.01 \div 1.05) \text{ - келтириш коэффициенти (катта қувватли машиналар учун кичик қийматлар олинади);}$$

$$R_r = \frac{1}{3} \frac{P_n + \Pi_{\text{мех}}}{I_n^2 \frac{1-s_n}{s_n}} - \text{роторнинг келтирилган актив қаршилиги [Ом];}$$

$$R_s = \frac{U \cos \varphi (1-\eta)}{I_n} - C^2 R_r - \frac{\Pi_{\text{мех}}}{3I_n^2} - \text{статорнинг актив қаршилиги [Ом];}$$

$$L_{sp} = L_{rp} = \frac{U}{4\pi f_1 (1+C^2) k_f I_n} - \text{статор ва роторнинг келтирилган сочилиш индуктивлиги [Гн];}$$

$$L_s = \frac{U}{2\pi f_1 I_n \sqrt{1-\cos^2(\varphi)} - \frac{2}{3} \frac{2\pi f_1 M_{\text{мех}}}{pU} \frac{s_n}{s_{np}}} - \text{статорнинг индуктивлиги [Гн];}$$

$$L_m = L - L_{sp} - \text{магнитлаш занжирининг индуктивлиги [Гн] .}$$

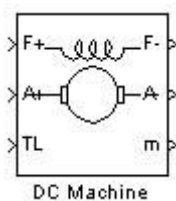
Ҳисоблашлар тугагандан кейин келтириш коэффиценти аниқланади

$$C1 = 1 + \frac{L_{sp}}{L_m}$$

ва у аввал қабул қилинган C коэффицент билан таққосланади. Фарқ катта бўлса, ҳисоблашлар қайтарилади.

Ўзгармас ток машинаси DC Machine

Пиктограммаси:

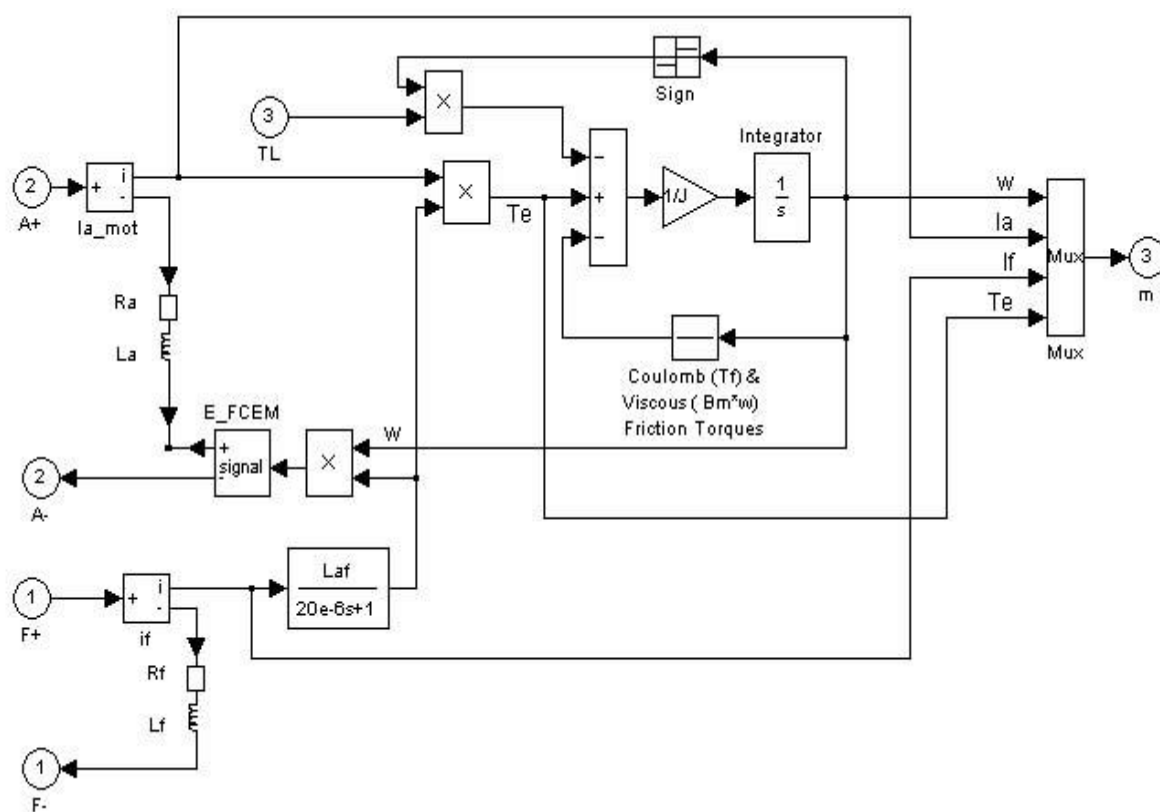


Вазифаси:

Ўзгармас ток электр машинасини моделлайди.

Моделнинг A+ и A- портлари машина якор чўлғамининг чиқишлари, F+ и F- портлар эса қўзғатиш чўлғамининг чиқишлари бўлиб ҳисобланади. TL порти ҳаракатланишга қаршилик моментини узатиш учун мўлжалланган. Чиқиш порти m да тўртта элементдан иборат бўлган вектор сигнал шаклланади: тезлик, якор токи, қўзғатиш токи ва машинанинг электромагнит momenti.

Ўзгармас ток машинаси моделининг схемаси 2.3-расмда кўрсатилган.



2.3-расм. Ўзгармас ток машинаси моделининг схемаси

Машинанинг якор занжири кетма-кет уланган R_a – якор занжирининг актив қаршилиги, L_a – якор занжирининг индуктивлиги ва E_{FCEM} – якор чўлғамининг ЭЮК сидан (бошқарилувчи кучланиш манбаси) иборат. Якор чўлғамининг ЭЮК си қуйидаги ифодага асосан ҳисобланади:

$$E = K_E \cdot \omega ,$$

бу ерда

E - якор чўлғамининг ЭЮК си,

$\square$ - электродвигател валининг айланиш тезлиги,

K_E - ЭЮК ва тезлик орасидаги пропорционаллик коэффиценти.

ЭЮК ва тезлик орасидаги пропорционаллик коэффиценти машинанинг қўзғатиш чўлғамидаги токнинг катталигига боғлиқ:

$$K_E = L_{of} \cdot I_f ,$$

бу ерда

L_{of} - якор чўлғами ва қўзғатиш чўлғами орасидаги ўзаро индуктивлик,

I_f - машинанинг қўзғатиш чўлғамидаги ток.

Машинанинг қўзғатиш чўлғами унинг R_a - актив қаршилиги ва L_a – индуктивлиги сифатида келтирилган.

Моделнинг механик қисми машина валининг айланиш тезлигини қуйидаги ифодага асосан ҳисоблайди

$$T_e = J \frac{d\omega}{dt} + B\omega + \text{sign}(T_L)$$

бу ерда

T_e - машинанинг электромагнит моменти,

B - қайишқоқ ишқаланиш коэффиценти,

T_L - қуруқ ишқаланиш коэффиценти.

Моделнинг механик қисми интегратор, узатиш коэффиценти $\frac{1}{J}$ бўлган кучайтиргич, жамлагич ва кўпайтиргичдан иборат.

Машина электромагнит моментининг катталиги қуйидаги ифодага асосан ҳисобланади

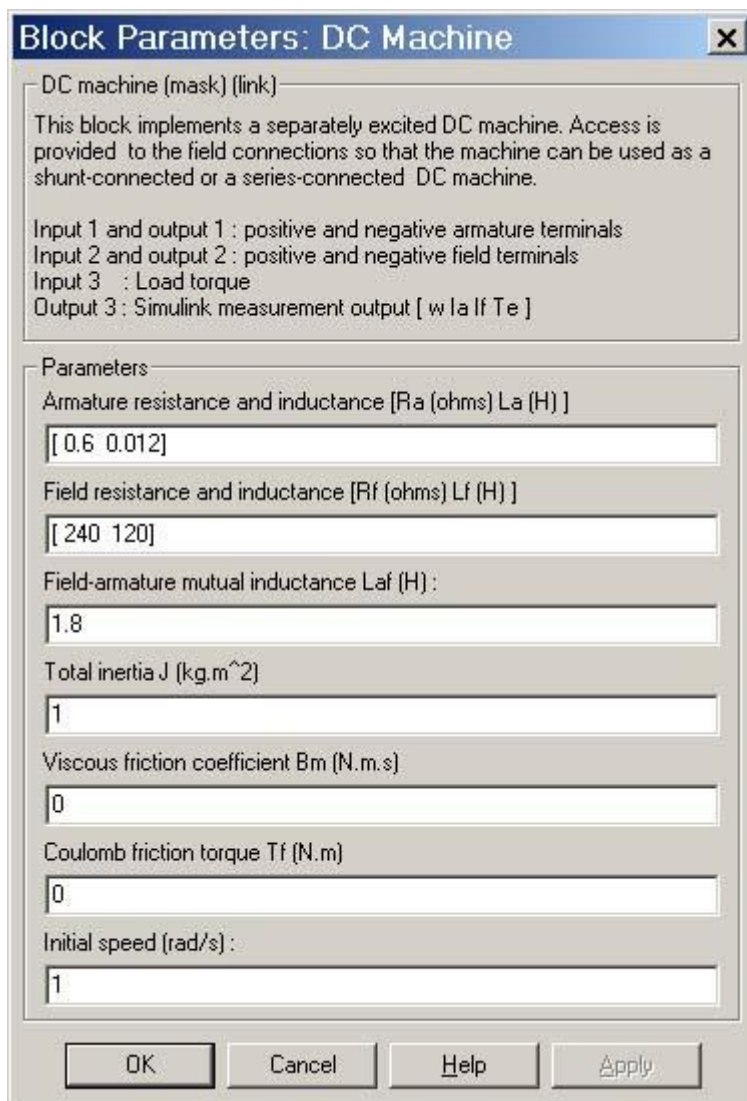
$$T_e = K_T \cdot I_a ,$$

бу ерда

I_a - якор токи,

K_T - электромагнит момент ва якор токи орасидаги пропорционаллик коэффиценти. Катталиги бўйича K_T коэффицент K_E коэффицентга тенг.

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



The image shows a MATLAB/Simulink dialog box titled "Block Parameters: DC Machine". It contains a description of the block and a list of parameters to be configured.

Block Parameters: DC Machine

DC machine (mask) (link)

This block implements a separately excited DC machine. Access is provided to the field connections so that the machine can be used as a shunt-connected or a series-connected DC machine.

Input 1 and output 1 : positive and negative armature terminals
Input 2 and output 2 : positive and negative field terminals
Input 3 : Load torque
Output 3 : Simulink measurement output [w la lf Te]

Parameters

Armature resistance and inductance [Ra (ohms) La (H)]
[0.6 0.012]

Field resistance and inductance [Rf (ohms) Lf (H)]
[240 120]

Field-armature mutual inductance Laf (H) :
1.8

Total inertia J (kg.m²)
1

Viscous friction coefficient Bm (N.m.s)
0

Coulomb friction torque Tf (N.m)
0

Initial speed (rad/s) :
1

Buttons: OK, Cancel, Help, Apply

Параметрлари:

Armature resistance and inductance [Ra (ohms) La (H)]:

[Якор занжирининг актив қаршилиги Ra (Ом) ва индуктивлиги La (Гн)].

Field resistance and inductance [Rf (ohms) Lf (H)]:

[Қўзғатиш занжирининг актив қаршилиги Rf (Ом) ва индуктивлиги Lf (Гн)].

Field-armature mutual inductance Laf (H) :

[Двигателнинг якор занжири ва қўзғатиш занжири орасидаги ўзаро индуктивлик (Гн)].

Total inertia J (kg.m²):

[Двигателнинг инерция моменти J (кг*м²)].

Viscous friction coefficient B_m (N.m.s):

[Қайишқоқ ишқаланиш коэффициенті B_m (Н·м·с)].

Coulomb friction torque T_f (N.m):

[Реактив қаршилик моменти T_f (Н·м)].

Initial speed (rad/s) :

[Двигател валининг бошланғич бурчак тезлиги (рад/с)].

Мустақил қўзғатишга эга бўлган ўзгармас ток машинасининг параметрларини унинг каталог маълумотлари бўйича қуйидаги ифодаларга асосан аниқлаш мумкин :

$$I_e = \frac{U_e}{R_e},$$

$$M_n = \frac{P_n}{\omega_n} = \frac{30 P_n}{\pi n_n},$$

$$I_{xn} = \frac{P_n}{U_{xn} \eta_n} - I_e,$$

$$L_{\sigma} = \frac{M_n}{I_{xn} I_e},$$

$$L_e \geq (2-5) \frac{L_x R_e}{R_x},$$

$$J \geq \frac{(2-5) L_x P_n^2}{R_x^2 \cdot \omega_n^2 \cdot I_{xn}^2},$$

$$\dot{I}_{\Delta} = (0.5-2)\% E_t$$

$$T_f \cong \frac{\Pi_{\text{мех}}}{2\omega_n},$$

$$B_m \cong \frac{\Pi_{\text{мех}}}{2\omega_n^2},$$

бу ерда

I_e - қўзғатиш чўлғамининг токи,

U_e - қўзғатиш чўлғамининг кучланиши,

R_e - қўзғатиш чўлғамининг актив қаршилиги,

L_{ε} - қўзғатиш чўлғамининг индуктивлиги,
 $I_{\text{як}}$ - якор чўлғамининг номинал токи,
 $U_{\text{як}}$ - якор чўлғамининг номинал кучланиши,
 $R_{\text{я}}$ - якор чўлғамининг актив қаршилиги,
 $M_{\text{н}}$ - номинал момент,
 $P_{\text{н}}$ - номинал қувват,
 $n_{\text{н}}$ - якорнинг номинал айланиш тезлиги (айл/мин),
 $\omega_{\text{н}}$ - якорнинг номинал айланиш тезлиги (рад/с),
 $\Pi_{\text{мех}}$ - машинанинг умумий механик исрофлари.

Якор занжирининг индуктивлигини қуйидаги формулага асосан аниқлаш мумкин:

$$L_{\text{я}} = C \frac{U_{\text{як}}}{I_{\text{як}} n_{\text{н}} P},$$

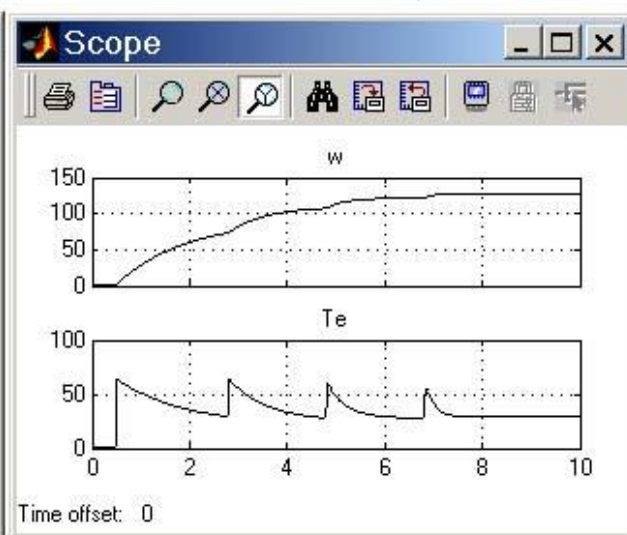
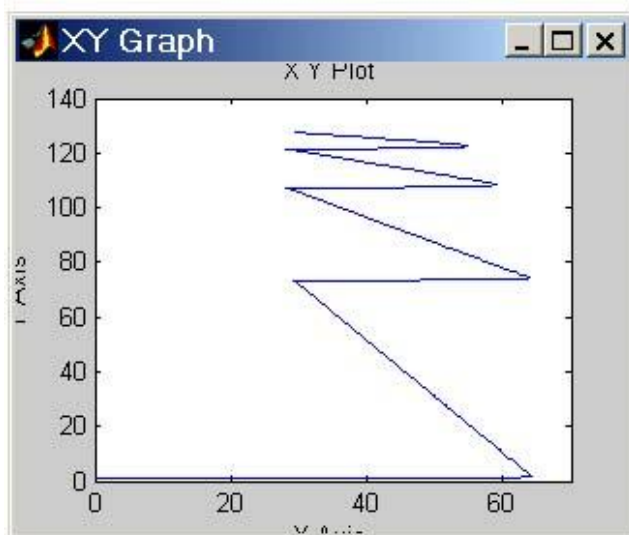
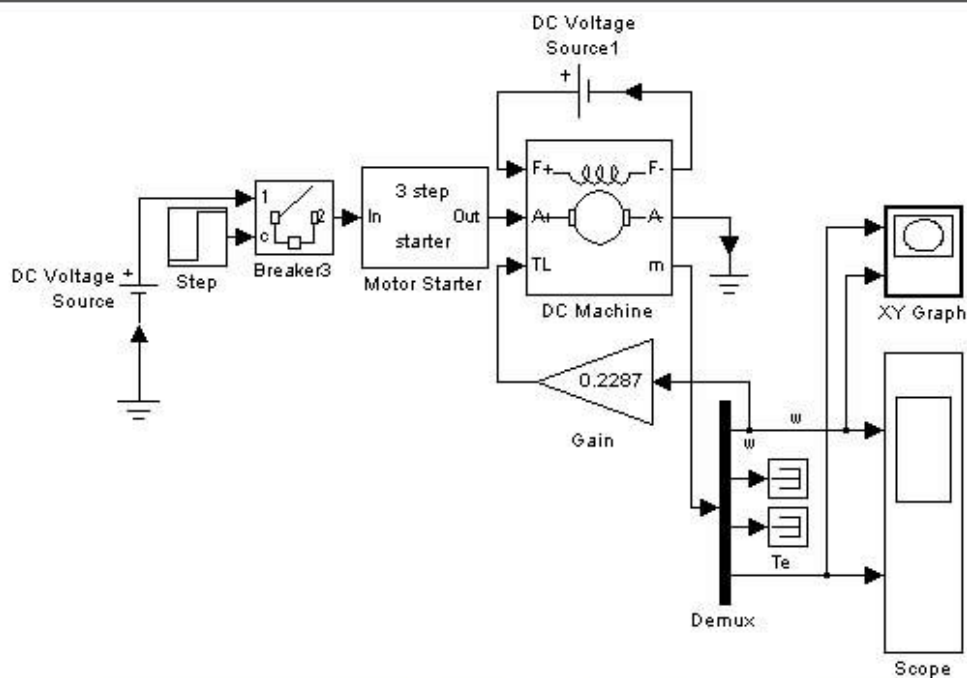
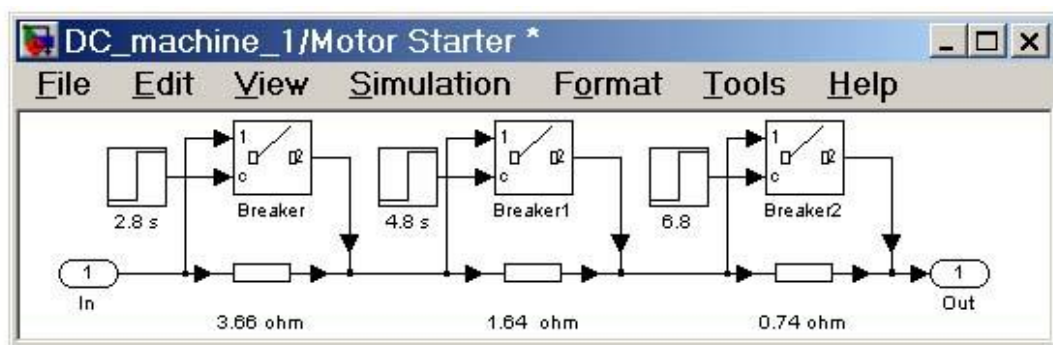
бу ерда

$C = (1-2,5)$ компенсацион чўлғамли машина учун (катта қиймат тезлиги паст двигателлар учун),

$C = 6$ компенсацияланмаган машина учун,

p – қутб жуфтликларининг сони.

Уч поғонали ишга тушириш қурилмаси (Motor Starter блоки) ёрдамида двигателни юргизиш схемасининг модели 2.4-расмда келтирилган. Расмда двигателнинг тезлиги ва электромагнит моментининг вақт бўйича ўзгариш графиклари ва граф қургич блоки XY-Graph ёрдамида олинган машинанинг динамик характеристикаси ҳам келтирилган. Моделда тезликка боғлиқ бўлган машинанинг ҳаракатланишига қаршилик моменти Gain кучайтиргич ёрдамида ҳосил қилинган.



2.4-расм. Уч поғонали ишга тушириш қурилмаси (Motor Starter блоки)

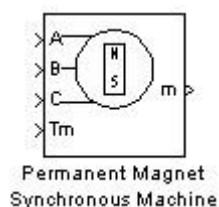
ёрдамида двигателни юргизиш схемасининг модели

Machines библиотекасида ўзгармас ток машинасининг дискрет модели- Discrete DC_Machine ҳам мавжуд. У юқорида кўриб ўтилган моделдан

дискрет узатиш функциясига эга бўлган блоклардан фойдаланилганлиги билан фарқ қилади.

Синхрон машинанинг модели

Пиктограммаси:



Вазифаси:

Доимий магнитга эга бўлган классик синхрон машинанинг модели бўлиб ҳисобланади. Бундай машиналарда ҳаволи оралиқ катта бўлганлиги сабабли, моделда магнит занжирининг тўйиниши ҳисобга олинмаган. Моделнинг А, В ва С портлари машина статор чўлғамининг чиқишлари вазифасини бажаради. Кириш порти T_m орқали қаршилик моменти берилади. Моделнинг m чиқиш портида 10 элементдан иборат бўлган қуйидаги вектор сигналлар шаклланади:

1-3: статор чўлғамининг токлари - i_a , i_b , i_c , [A];

4-5: статор тоқларининг q ва d ўқларига проекциялари - i_q ва i_d , [A];

6-7: статор кучланишларининг q ва d ўқларига проекциялари – V_d ва V_q , [A];

8: роторнинг тезлиги ω_r , [рад/с];

9: роторнинг бурилиш бурчаги θ , [рад]

10: электромагнит момент T_e [Н·м].

Машина ўзгарувчиларини ўлчанаётган ўзгарувчиларнинг чиқиш векторидан ажратиб олишни қулайлаштириш учун SimPowerSystems библиотекасида Machines Measurement Demux блоки мавжуд.

Моделнинг электр қисми ротор билан боғланган тенгламалар системаси билан ифодаланади:

$$\begin{aligned}\frac{d}{dt}i_d &= \frac{1}{L_d}v_d - \frac{R}{L_d}i_d + \frac{L_q}{L_d}p\omega_r i_q \\ \frac{d}{dt}i_q &= \frac{1}{L_q}v_q - \frac{R}{L_q}i_q - \frac{L_d}{L_q}p\omega_r i_d - \frac{\lambda p\omega_r}{L_q} \\ T_e &= 1.5p[\lambda i_q + (L_d - L_q)i_d i_q]\end{aligned}$$

Роторнинг ҳамма ўзгарувчилари ва параметрлари статорга келтирилган.

Юқорида келтирилган тенгламалар системасида қуйидаги белгиланишлар қабул қилинган:

L_q, L_d – статорнинг q ва d ўқлари бўйича индуктивликлари;

R – статор чўлғамининг актив қаршилиги;

i_q, i_d – статор токининг q ва d ўқларига проекциялари;

V_q, V_d - статор кучланишининг q ва d ўқларига проекциялари;

ω_r - роторнинг бурчак тезлиги;

λ - доимий магнитнинг статор чўлғамида ҳосил қилувчи магнит оқими;

p - қутблар жуфтликларининг сони;

T_e - электромагнит момент.

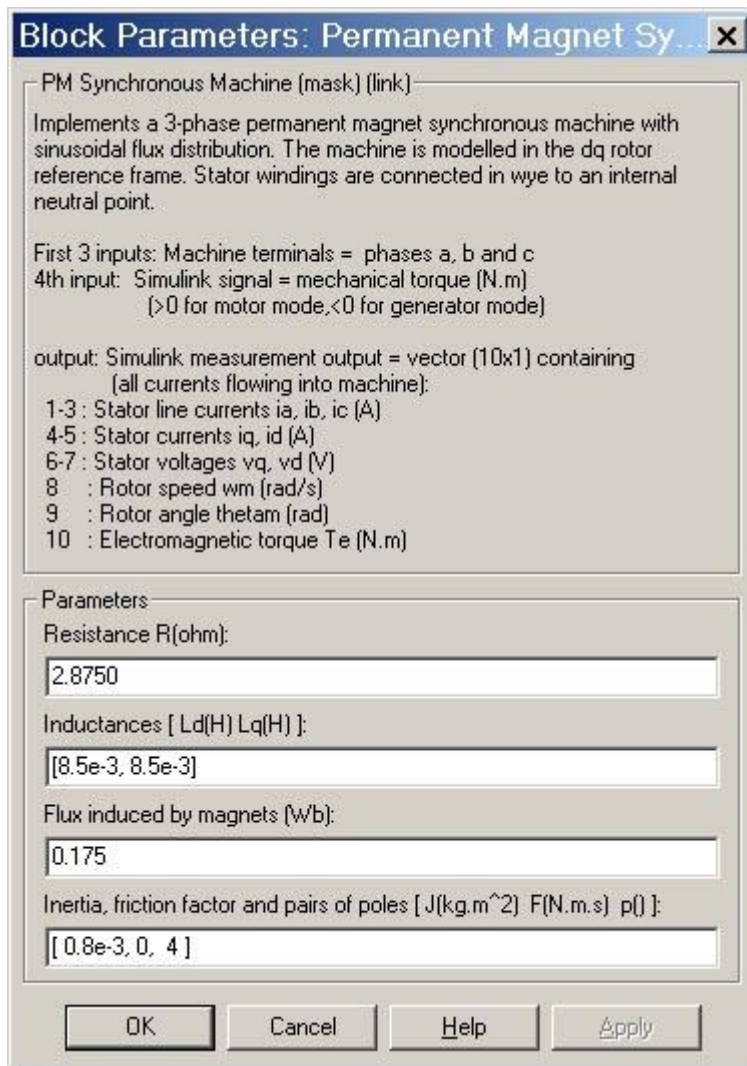
Моделнинг механик қисми қуйидаги тенгламалар билан ифодаланади:

$$\begin{aligned}\frac{d}{dt}\omega_r &= \frac{1}{J}(T_e - F\omega_r - T_m) \\ \frac{d\theta}{dt} &= \omega_r\end{aligned}$$

бу ерда

- J – ротор ва юкламанинг натижавий инерция моменти;
- F – ротор ва юкламанинг қайишқоқ ишқаланиш коэффициентлари ;
- θ - ротор ҳолатининг бурчаги;
- T_m – қаршилик моменти.

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



Блокнинг параметрлари:

Resistance R(ohm):

[Статорнинг актив қаршилиги R (Ом)].

Inductances [Ld(H) Lq(H)]:

[Бўйлама ва кўндаланг ўқлар бўйича статорнинг индуктивликлари Ld(Ом) Lq(Ом)].

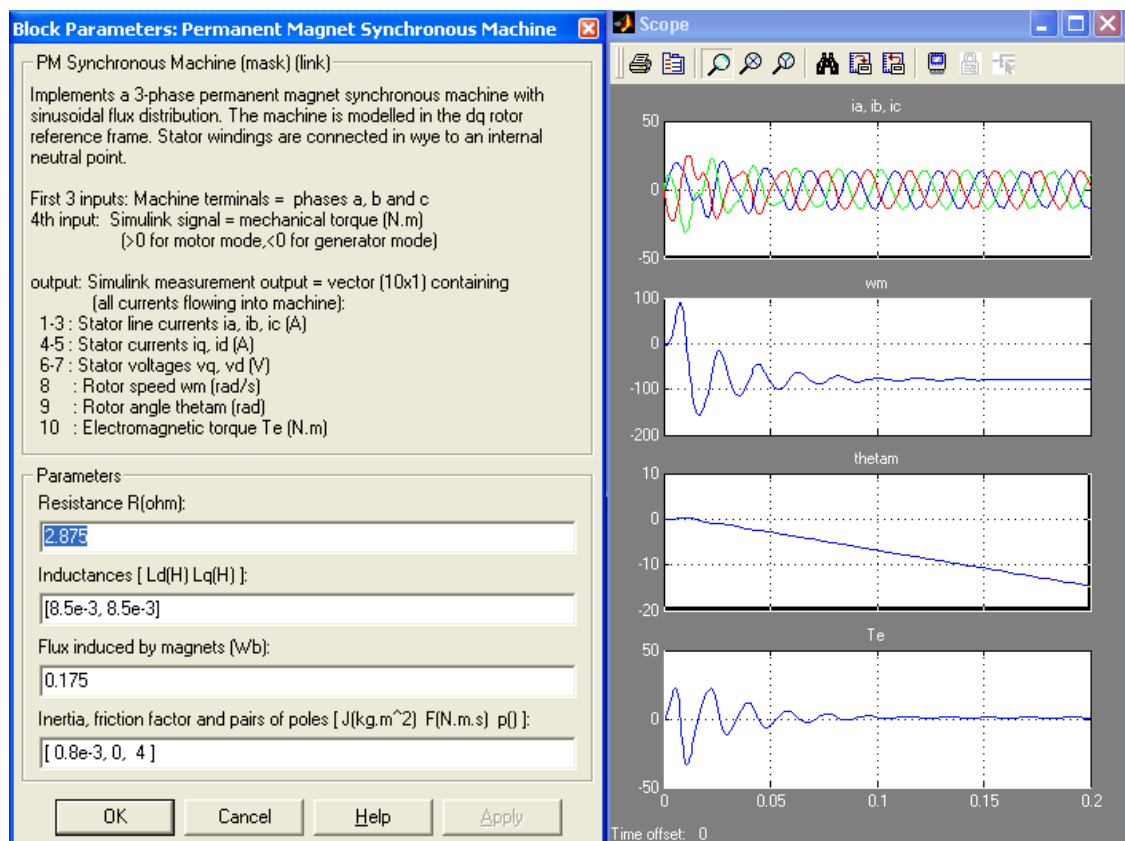
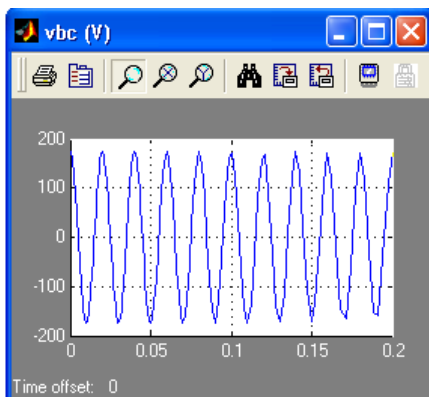
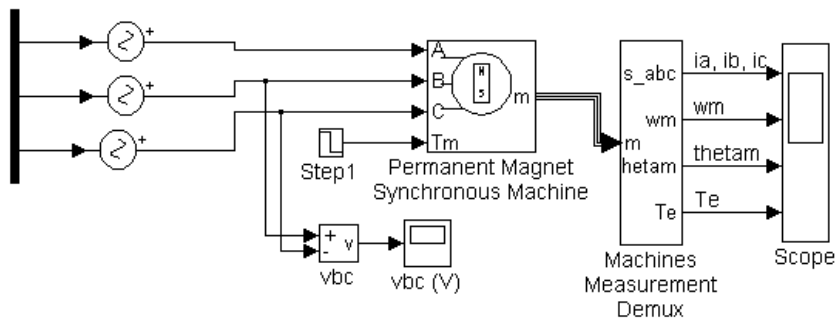
Flux induced by magnets (Wb):

[Кўзгатиш оқими (Вб)].

Inertia, friction factor and pairs of poles [J(kg.m^2) F(N.m.s) p()]:

[Инерция моменти J (кг*м^2), ишқаланиш коэффициенти F(Н*м*с) ва кутблар жуфтликларининг сони p].

Доимий магнитли синхрон машинанинг двигател режимида ишлашига мисол 2.5-расмда келтирилган.

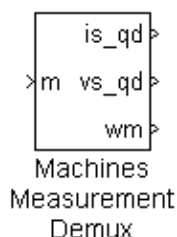


2.5-расм. Доимий магнитли синхрон машинанинг двигател режимида ишлаши

Ўлчагичларнинг моделлари

Электр машинасининг ўзгарувчиларини ўлчаш блоки Machines Measurement Demux

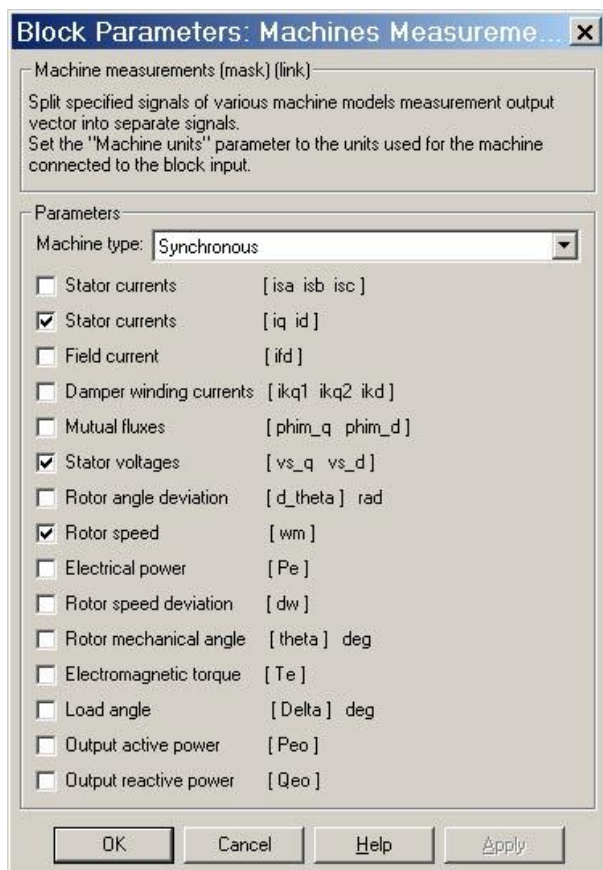
Пиктограммаси:



Вазифаси:

Блок электр машинанинг ўлчанадиган ўзгарувчилар векторидан керакли холат ўзгарувчиларини ажратиб олиш учун мўлжалланган. Блок синхрон ва асинхрон машиналарнинг моделлари билан биргаликда ишлайди.

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



Блокнинг параметрлари:

Machine type:

[Машинанинг тури]. Қуйидаги рўйхатдан танланади:

Simplified synchronous - соддалаштирилган синхрон машина;

Synchronous - синхрон машина;

Asynchronous - асинхрон машина;

Permanent magnet synchronous – доимий магнитли синхрон машина.

Машинанинг танланган турига боғлиқ ҳолда блок параметрларининг ойнасида чиқиш ўзгарувчиларининг мос тўплamlари акс эттирилади. Қуйида ҳар хил турдаги машиналар учун ўзгарувчилар тўплamlари келтирилган.

Синхрон машина учун:

Stator currents [isa isb isc] – статор чўлғамидаги тоқлар;

Stator currents [iq id] – статор тоқларининг q ва d ўқларига проекциялари;

Field current [ifd] - синхрон машинанинг кўзғатиш тоқи;

Damper winding currents [ikq1 ikq2 ikd] - синхрон машина демпфер чўлғами тоқларининг проекциялари;

Mutual fluxes [phim_q phim_d] – магнитловчи оқимнинг q ва d ўқларига проекциялари;

Stator voltages [vs_q vs_d] – статор кучланишларининг q ва d ўқларига проекциялари;

Rotor angle deviation [d_theta] rad - синхрон машина ротори бурчагининг оғиши (юклама бурчақи);

Rotor speed [wm] – роторнинг тезлиги;

Electrical power [Pe] - электромагнит қувват;

Rotor speed deviation [dw] – ротор тезлигининг оғиши;

· Rotor mechanical angle [theta] deg – роторнинг бурилиш бурчақи;

· Electromagnetic torque [Te] - электромагнит момент;

Load angle [Delta] deg - синхрон машинанинг юклама бурчақи;

Output active power [Peo] - чиқишдаги актив қувват;

Output reactive power [Qeo] - чиқишдаги реактив қувват.

Синхрон машинанинг соддалаштирилган модели:

- Line currents [i_{sa} i_{sb} i_{sc}] - статорнинг фаза токлари;

Terminal voltages [v_a v_b v_c] – статор чўлғамининг қисмаларидаги фаза кучланишлари;

- Internal voltages [e_a e_b e_c] - статорнинг фаза ЭЮК лари;

- Rotor angle [θ_{tam}] rad – роторнинг бурилиш бурчаги;

Rotor speed [ω_m] – роторнинг тезлиги;

Electrical power [P_e] - электромагнит қувват.

Доимий магнитли синхрон машина:

- Stator currents [i_a i_b i_c] - статор токлари;

Stator currents [i_{s_q} i_{s_d}] - статор тоқларининг q и d ўқларига проекциялари;

Stator voltages [v_{s_q} v_{s_d}] - статор кучланишларининг q и d ўқларига проекциялари;

Rotor speed [ω_m] – роторнинг тезлиги;

- Rotor angle [θ_{tam}] rad – роторнинг бурилиш бурчаги;

- Electromagnetic torque [T_e] N.m - электромагнит момент.

Асинхрон машина:

Rotor currents [i_{ra} i_{rb} i_{rc}] – ротор чўлғамидаги тоқлар;

Rotor currents [i_{r_q} i_{r_d}] – ротор тоқларининг q ва d ўқларга проекциялари;

Rotor fluxes [ϕ_{ir_q} ϕ_{ir_d}] - ротор оқимларининг q ва d ўқларга проекциялари;

Rotor voltages [v_{r_q} v_{r_d}] – статор кучланишларининг q ва d ўқларга проекциялари;

Stator currents [i_a , i_b , i_c] A - статор токлари;

Stator currents [i_{s_q} i_{s_d}] A - статор тоқларининг q ва d ўқларга проекциялари;

Stator fluxes [ϕ_{is_q} ϕ_{is_d}] – статор оқимларининг q ва d ўқларга проекциялари;

Stator voltages [v_{s_q} v_{s_d}] V - статор кучланишларининг q ва d ўқларга проекциялари;

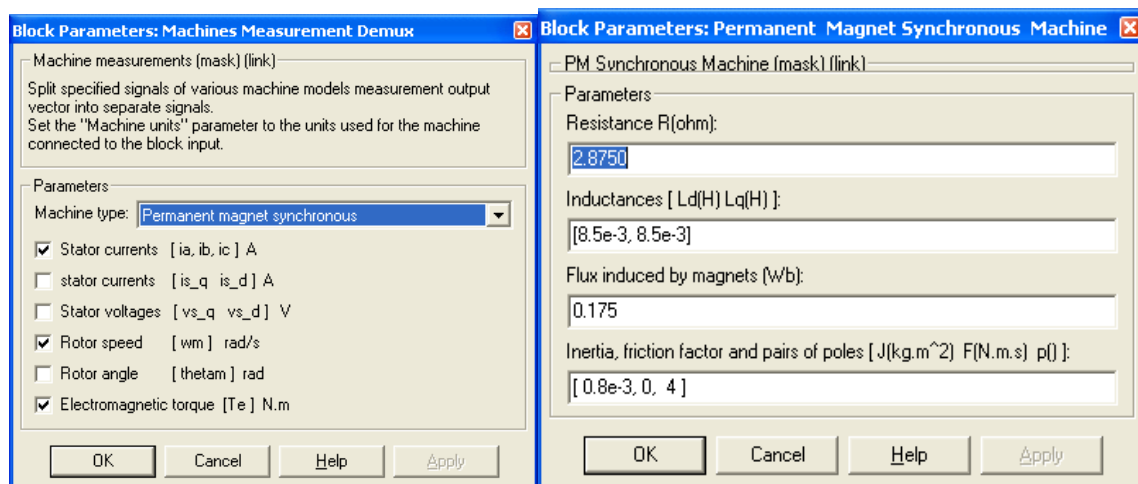
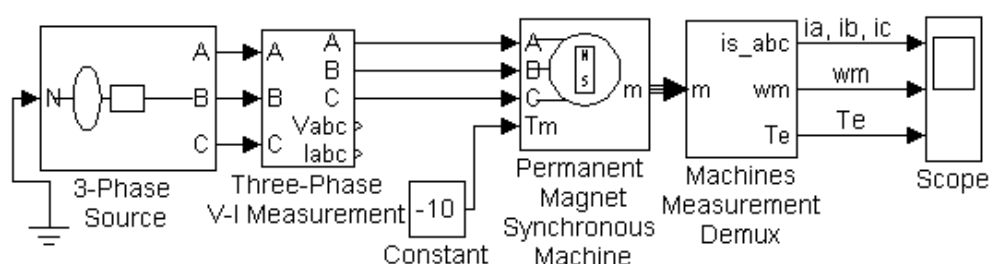
Rotor speed [ω_m] rad/s – роторнинг тезлиги;

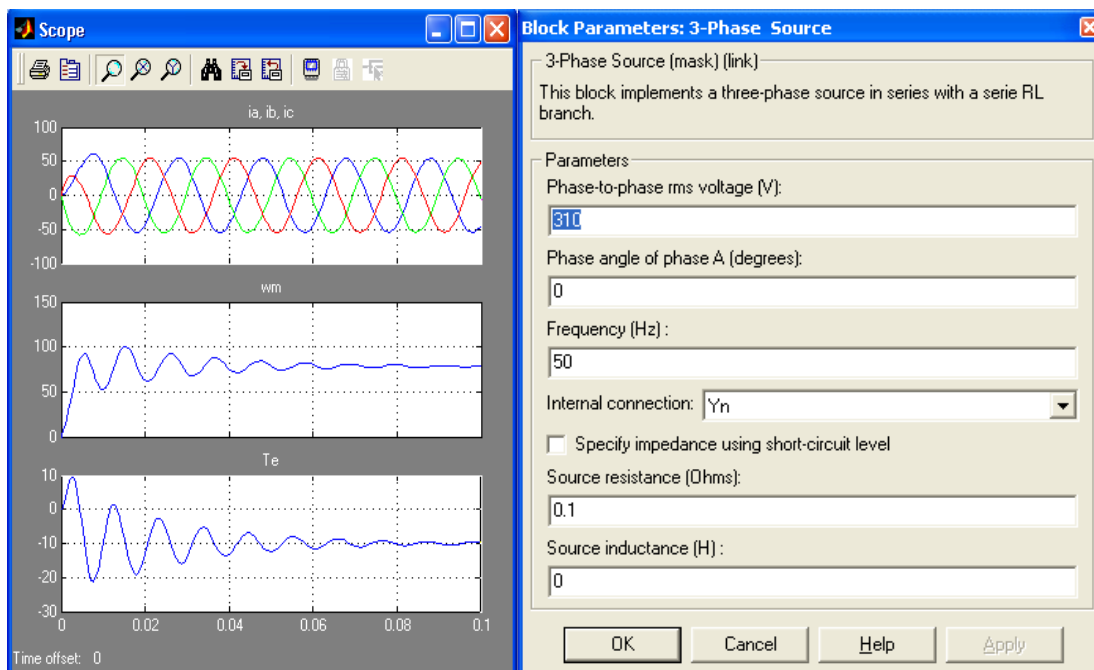
Electromagnetic torque [T_e] N.m - электромагнит момент;

Rotor angle [θ_{etam}] rad – роторнинг бурилиш бурчаги.

Ўлчанаётган ўзгарувчилар векторидан керакли ўзгарувчини ажратиб олиш учун уни байроқча билан белгилаш керак.

Электр машинасининг ўзгарувчиларини ўлчаш блокидан фойдаланишга мисол 2.6-расмда келтирилган

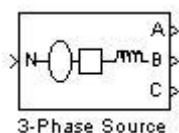




2.6-расм. Электр машинасининг ўзгарувчиларини ўлчаш блокидан фойдаланишга мисол

Уч фазали кучланиш манбаси 3-Phase Source

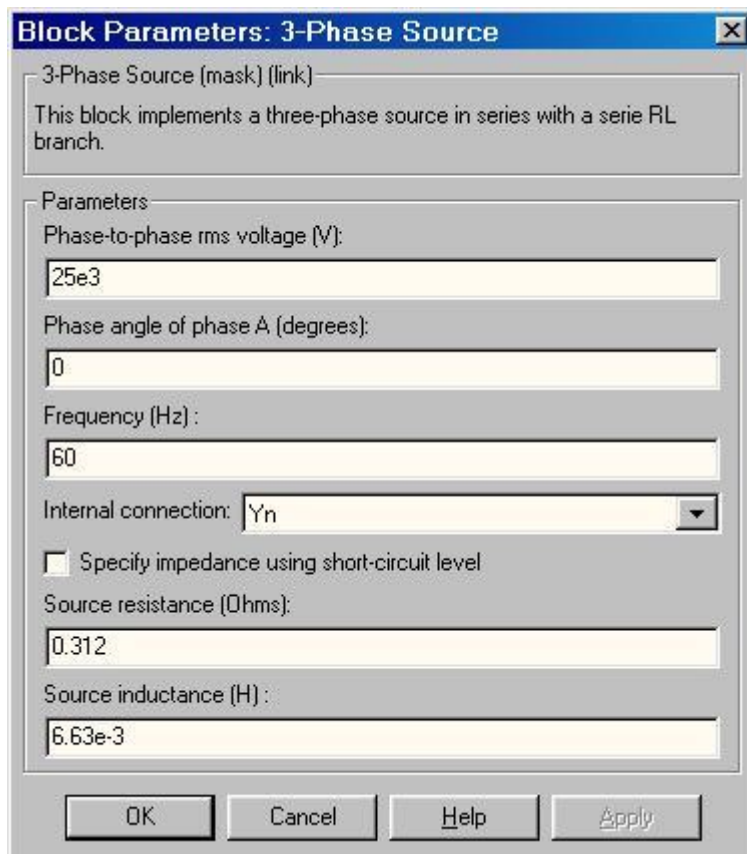
Пиктограммаси:



Вазифаси:

Уч фазали кучланишни ҳосил қилади.

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:



Блокнинг параметрлари:

Phase-to-phase rms voltage (V):

[Линия кучланишининг таъсир этувчи қиймати].

Phase angle of phase A (deg):

[А фазадаги кучланишнинг бошланғич фазаси (град)].

Frequency (Hz):

[Частота (Гц)]. Манбанинг частотаси.

Internal connection:

[Манба фазаларининг уланиши]. Ушбу параметрнинг қиймати қуйидаги жадвалдан олинади:

- Y - юлдуз,
- Yn – нол симли юлдуз,
- Yg – нейтралли ерга уланган юлдуз.

Specify impedance using short-circuit level:

[Қисқа туташув параметрларидан фойдаланиб манбанинг хусусий тўла қаршилигини бериш]. Ушбу параметр ўрнатилганда манбанинг диалог ойнасида қисқа туташув параметрларини киритиш учун қўшимча бўлимлар ҳосил бўлади.

Source resistance (Ohms):

[Манбанинг хусусий қаршилиги (Ом)].

Source inductance (H):

[Манбанинг хусусий индуктивлиги (Гн)].

3-Phase short-circuit level at base voltage (VA):

[Кучланишнинг базавий (номинал) қийматидаги қисқа туташув қуввати].

Base voltage (Vrms ph-ph):

[Базавий линия кучланишининг таъсир қилувчи қиймати]. Қисқа туташув қуввати аниқланган базавий линия кучланиши.

X/R ratio:

[Индуктив қаршилиқнинг актив қаршилиқка нисбати].

Манбанинг импеданси қисқа туташув қуввати орқали берилганда манбанинг реактив қаршилиги қуйидаги ифода ёрдамида аниқланади:

$$X = \frac{U_{KT}^2}{Q_{KT}},$$

бу ерда

Q_{KT} – қисқа туташув қуввати,

U_{KT} – қисқа туташув қувватини аниқлашда фойдаланилган манбанинг кучланиши.

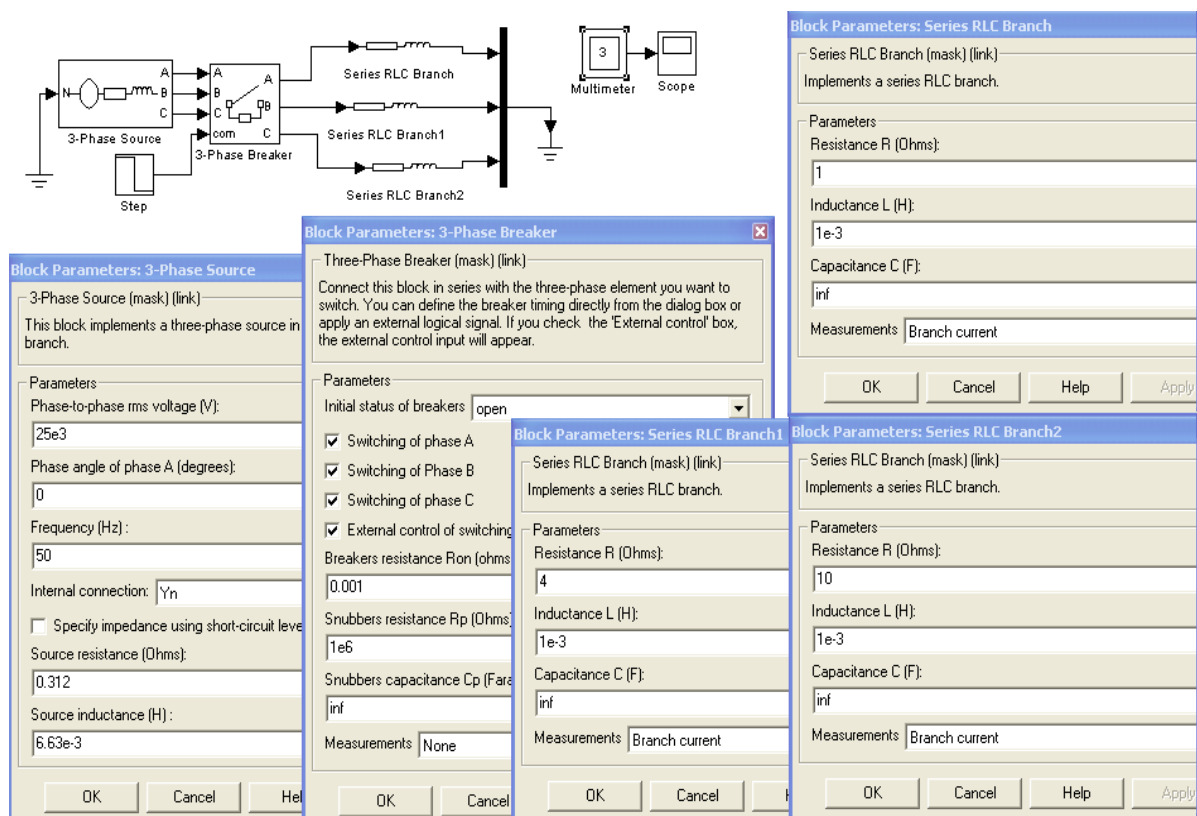
Манбанинг актив қаршилиги қуйидаги ифода ёрдамида аниқланади:

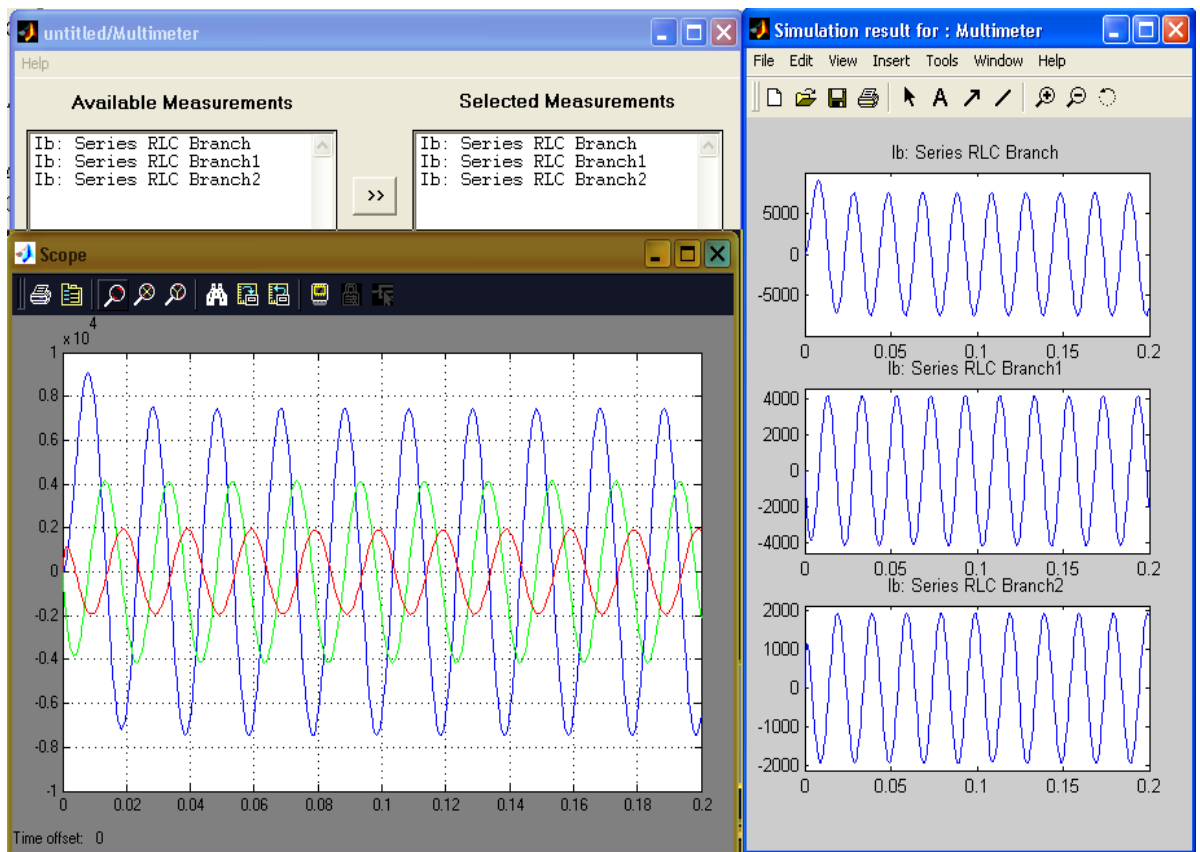
$$R = \frac{X}{k},$$

бу ерда

k - X нинг R га нисбати (X/R ratio параметр).

Уч фазали носимметрик юкламага уланган уч фазали кучланиш манбасининг схемаси 2.7-расмда кўрсатилган. Юкламадаги тоқлар Multimetr блоқи ёрдамида ўлчанади.

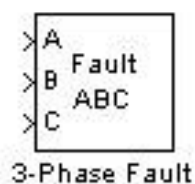




2.7-расм. Уч фазали носимметрик юкламага уланган уч фазали кучланиш манбасининг схемаси

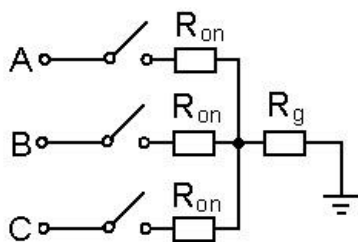
Уч фазали қисқа туташтиргич 3-Phase Fault

Пиктограммаси:



Вазифаси:

Фазаларни ўзаро ва ерга туташтирувчи қурилмани моделлайди. Қисқи туташтиргичнинг схемаси 2.8-расмда келтирилган. Агар блок параметрларининг ойнасида берилмаган бўлса, ерга улаш қаршилиги R_g нинг қиймати узилган ҳолат учун 10^6 Ом га тенг қилиб ўрнатилади.



2.8-расм. Қисқи туташтиргичнинг схемаси

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:

Параметрлари:

Phase A Fault:

[А фазадаги калитни бошқариш]. Байроқча белгиланмаган бўлса, калит бошқарилмайди. Калитнинг ҳолати, агар блок бириктирилган таймердан бошқарилаётган бўлса, Transition status параметри билан ёки ташқи сигнал билан бошқарилаётган бўлса, Initial status of fault параметри билан аниқланади.

Phase B Fault:

[В фазадаги калитни бошқариш]. Байроқча белгиланмаган бўлса, калит бошқарилмайди. Калитнинг ҳолати, агар блок бириктирилган таймердан бошқарилаётган бўлса, Transition status параметри билан ёки ташқи сигнал билан бошқарилаётган бўлса, Initial status of fault параметри билан аниқланади.

Phase C Fault:

[С фазадаги калитни бошқариш]. Байроқча белгиланмаган бўлса, калит бошқарилмайди. Калитнинг ҳолати, агар блок бириктирилган таймердан бошқарилаётган бўлса, Transition status параметри билан ёки ташқи сигнал билан бошқарилаётган бўлса, Initial status of fault параметри билан аниқланади.

Fault resistance $R_{on}(Ohm)$:

[Калитларнинг уланган ҳолатдаги қаршилиги (Ом)].

Ground Fault:

[Ерга туташув]. Байроқча белгиланган бўлса, ерга туташув ҳосил қилинади.

Ground resistance $R_g(Ohm)$:

[Ерга туташтиргичнинг қаршилиги (Ом)]. Унинг қиймати нолга тенг бўлмаслиги керак.

External control of switching times:

[Ишлаш вақтини ташқи бошқариш]. Байроқча белгиланса блокнинг пиктограммасида бошқарувчи кириш порти ҳосил бўлади. Бирлик сатҳли бошқарувчи сигнал калитнинг уланишини таъминлайди. Нол сатҳли сигнал эса калитнинг узилиши учун команда бўлиб ҳисобланади.

Transition status [1 0 1...]:

[Калитларнинг ҳолати]. Transition times вектори билан берилади (0 – калит узилган, 1 – калит уланган). Параметр блок бириктирилган таймер ёрдамида бошқарилганда ўринли.

Transition times (s):

[Калитнинг ишлаш вақти]. Параметр калитнинг ишлаш моментларини аниқловчи вақт қийматларининг вектори кўринишида берилади. Параметр блок бириктирилган таймер ёрдамида бошқарилганда ўринли.

Sample time of the internal timer T_s (s):

[Бириктирилган таймернинг дискретланиш вақти].

Initial status of fault [Phase A Phase B Phase C]:

[Калитларнинг бошланғич ҳолати]. Параметр бошланғич вақт momentiда калитларнинг ҳолатини аниқловчи учта элементдан иборат вектор кўринишида берилади. Элементнинг қиймати 1 бўлса, уланган ва 0 бўлса, узилган бошланғич ҳолатга мос бўлади. Параметр қурилмани ташқи бошқаришда ўринли.

Snubbers resistance R_s (Ohm):

[Учқун сўндирувчи занжирнинг қаршилиги (Ом)].

Snubbers capacitance C_s (F):

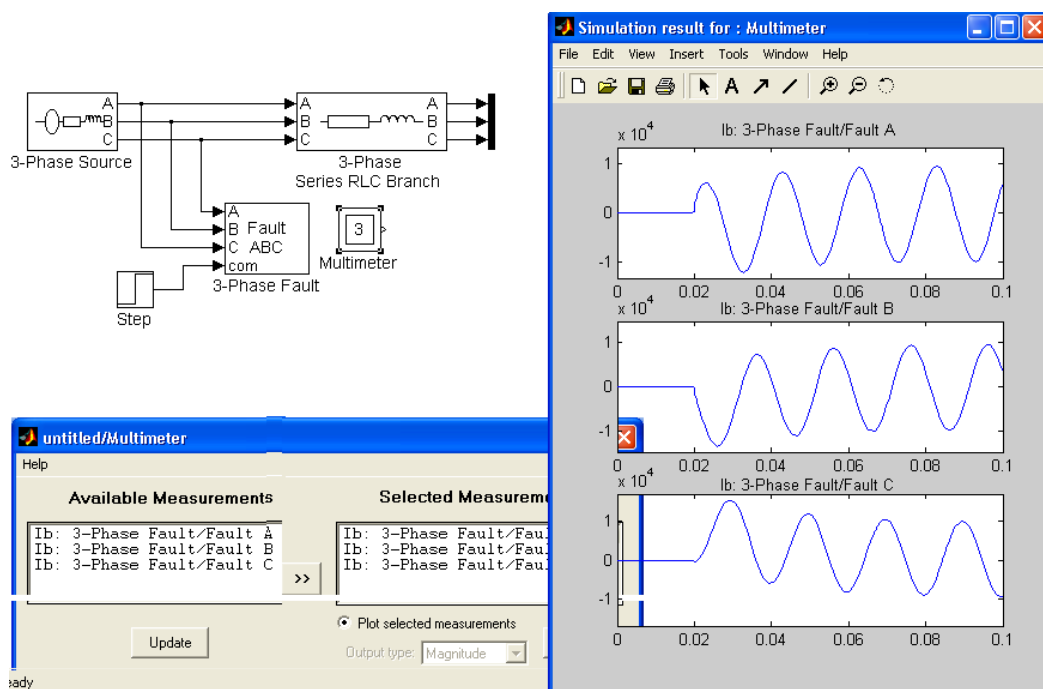
[Учқун сўндирувчи занжирнинг сифими (Ф)].

Measurements:

[Ўлчанадиган ўзгарувчилар]. Ушбу параметрнинг қиймати қуйидаги рўйхатдан танланади:

- None – аск эттириш учун ўзгарувчилар танланмайди;
- Branch voltage Voltage- қисқа туташтиргичнинг кириш қисмаларидаги кучланиш;
- Branch current – қисқа туташтиргичнинг токлари;
- Branch voltage and current – қисқа туташтиргичнинг кучланишлари ва токлари.

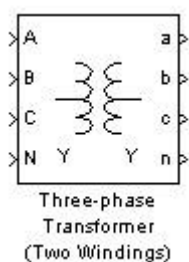
Уч фазали қисқа туташтиргичдан фойдаланишга мисол 14.5.15.2-расмда келтирилган. Вақтнинг 0.02с momentiда фазалар ўртасида қисқа туташув ҳосил қилинади. Қурилмани бошқариш Step блоки ёрдамида амалга оширилади. Фаза токлари Multimetr блоки ёрдамида ўлчанади.



2.9-расм. Уч фазали қиска туташтиргичдан фойдаланишга мисол

Уч фазали икки чўлғамли трансформатор Three-phase Transformer (Two Windings)

Пиктограммаси:



Вазифаси:

Икки чўлғамли уч фазали трансформаторни моделлайди. Модел учта бир фазали трансформатор асосида бажарилган. Моделда магнит ўзак магнитланиш характеристикасининг нозичиқчилигини ҳисобга олиш мумкин.

Параметрларини ўрнатиш ойнаси:

Block Parameters: Three-phase Transformer (T...)

Three-Phase Transformer (Two Windings) (mask) (link)

This block implements a three-phase transformer by using three single-phase transformers. Set the winding connection to 'Yn' when you want to access the neutral point of the Wye.

Parameters

Nominal power and frequency [Pn(VA) , fn(Hz)]
[250e6 , 60]

Winding 1 (ABC) connection : Yn

Winding parameters [V1 Ph-Ph(Vrms) , R1(pu) , L1(pu)]
[424.35e3 , 0.002 , 0.08]

Winding 2 (abc) connection : Yn

Winding parameters [V2 Ph-Ph(Vrms) , R2(pu) , L2(pu)]
[315e3 , 0.002 , 0.08]

☐ Saturable core

Magnetization resistance Rm (pu)
500

Magnetization reactance Lm (pu)
500

Measurements None

OK Cancel Help Apply

Параметрлари:

Nominal power and frequency [Pn(VA) fn(Hz)]:

[Трансформаторнинг номинал қуввати (ВА) ва частотаси (Гц)].

Winding 1 (ABC) connection [Y, Yn, Yg, Delta(D1), Delta(D11)]:

[Бирламчи чўлғамнинг уланиш схемаси]. Параметрнинг қиймати куйидаги рўйхатдан олинади:

- ☐ Y - юлдуз,
- ☐ Yn - нейтралли юлдуз,
- ☐ Yg – нейтралли ерга уланган юлдуз,
- ☐ Delta(D1) – биринчи гуруҳли учбурчак (юлдузга уланишга нисбатан кучланиш 300 эл. градусга олдинга силжиган),

- Delta(D11) – ўн биринчи гуруҳли учбурчак (юлдузга уланишга нисбатан кучланиш 300 эл. градусга орқада қолади).

Winding 1 parameters [V1 Ph-Ph(V), R1(pu), L1(pu)]

[Бирламчи чўлғамнинг параметрлари]. Линия кучланиши (В), чўлғамнинг актив қаршилиги (н.б.) ва индуктивлиги (н.б.).

Winding 2 (abc) connection [Y, Yn, Yg, Delta(D1), Delta(D11)]

[Иккиламчи чўлғамнинг уланиш схемаси]. Параметрнинг қиймати куйидаги рўйхатдан олинади:

- Y - юлдуз,
- Yn - нейтралли юлдуз,
- Yg – нейтралли ерга уланган юлдуз,
- Delta(D1) – биринчи гуруҳли учбурчак (юлдузга уланишга нисбатан кучланиш 300 эл. градусга олдинга силжиган),
- Delta(D11) – ўн биринчи гуруҳли учбурчак (юлдузга уланишга нисбатан кучланиш 300 эл. градусга орқада қолади).

Winding 2 parameters [U2 Ph-Ph(V), R2(pu), L2(pu)]:

[Иккиламчи чўлғамнинг параметрлари]. Линия кучланиши (В), чўлғамнинг актив қаршилиги (н.б.) ва индуктивлиги (н.б.).

Saturable core:

[Тўйинувчи магнит ўзак]. Байроқча белгиланса трансформаторнинг модели нозизиқли бўлади.

Magnetization resistance Rm(pu):

[Магнитловчи занжирнинг қаршилиги (н.б.).

Magnetization inductance Lm(pu):

[Магнитловчи занжирнинг индуктивлиги (н.б.)]. Параметр чизиқли трансформаторни моделлашда ўринли (Saturable core байроқчаси белгиланмаган).

Saturation characteristic (pu) [i1, phi1; i2, phi2 ;...]

[Магнит ўзакнинг тўйиниш характеристикаси]. Магнитловчи ток ва магнит оқимининг қийматлари нисбий бирликларда берилади. Параметр

ночизикли трансформаторни моделлашда ўринли (Saturable core байроқчаси белгиланган).

Simulate hysteresis:

[Гистерезис моделлаш]. Байроқча белгиланса магнитлаш характеристикасида гистерезис ҳисобга олинади.

Hysteresis Data Mat file:

[Гистерезис характеристикасига эга бўлган маълумотлар файлининг номи]. Маълумотлар файлини Powergui блоки ёрдамида ҳосил қилиш мумкин.

Specify initial fluxes [phi0A, phi0B, phi0C]:

[A, B ва C фазалар учун бошланғич магнит оқимлари]. Параметр ночизикли трансформаторни моделлашда ўринли (Saturable core байроқчаси белгиланган).

Measurements:

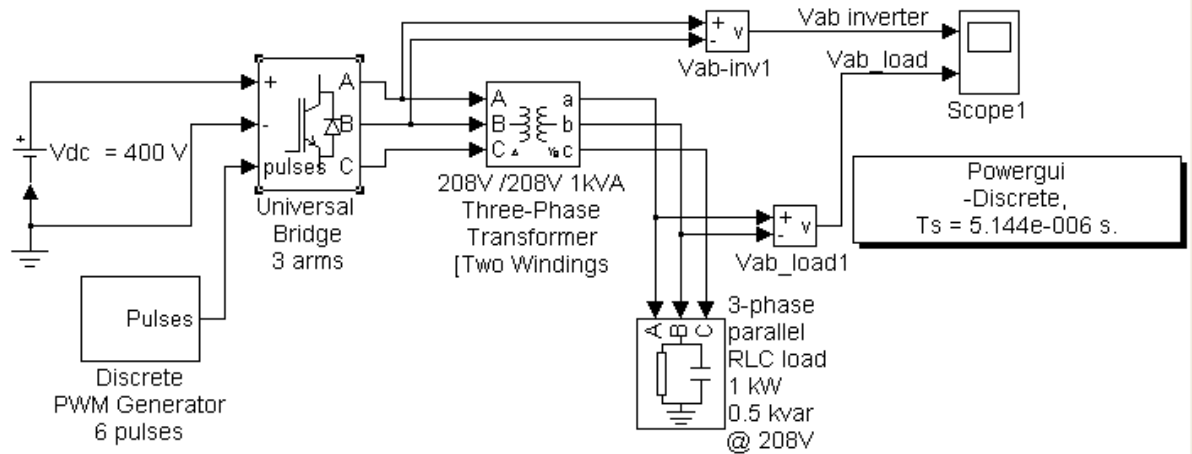
[Ўлчанадиган ўзгарувчилар]. Параметрнинг қиймати қуйидаги рўйхатдан танланади:

- Winding voltages – чўлғамлардаги кучланишлар;
- Winding currents - чўлғамлардаги тоқлар;
- Flux and excitation current (Imag_IRm) –магнит оқими ва салт юриш тоқи;
- Flux and magnetization current (Imag) – магнит оқими ва магнитловчи тоқ;
- All Measurements (V, I, Flux)- ҳамма кучланишлар, тоқлар ва оқим.

Чўлғамларнинг актив қаршиликлари ва индуктивликлари ҳамда магнитлаш занжирининг қаршиликлари нисбий бирликларда чизикли трансформаторнинг моделидагига ўхшаш тарзда киритилади.

Магнитлаш характеристикаси ночизикли трансформаторнинг моделидагига ўхшаш тарзда берилади.

2.10-расмда уч фазали икки чўлғамли трансформатордан инвертор схемасида фойдаланишга мисол келтирилган



Block Parameters: Discrete PWM Generator 6 pulses

Discrete PWM Generator (mask) (link)

This discrete block generates pulses for carrier-based PWM (Pulse Width Modulation), self-commutated IGBTs, GTOs or FETs bridges.

Depending on the number of bridge arms selected in the "Generator Mode" parameter, the block can be used either for single-phase or three-phase PWM control.

Press Help for details on input(s) and outputs.

See psb1phPWM and psb3phPWM demos respectively for application examples of single-phase and three-phase inverters using this block.

Parameters

Generator Mode: **3-arm bridge (6 pulses)**

Carrier frequency (Hz): 1080

Sample time: Ts

☒ Internal generation of modulating signal(s)

Modulation index (0<1): 0.85

Frequency of output voltage (Hz): 50

Phase of output voltage (degrees): 0

OK Cancel Help Apply

Block Parameters: Universal Bridge 3 arms

Universal Bridge (mask) (link)

This block implement a bridge of selected power electronics devices. Series RC snubber circuits are connected in parallel with each switch device. For most applications the internal inductance should be set to zero.

Parameters

Number of bridge arms: 3

Port configuration: ABC as output terminals

Snubber resistance Rs (Ohms): 10000

Snubber capacitance Cs (F): inf

Power Electronic device: IGBT / Diodes

Ron (Ohms): 1e-4

Forward voltages [Device Vt(V) , Diode Vtd(V)]: [1 1]

[Tf (s) , Tt (s)]: [1e-6 , 2e-6]

Measurements: None

OK Cancel Help Apply

Block Parameters: 208V / 208V 1kVA Three-Phase Transform...

Three-Phase Transformer (Two Windings) (mask) (link)

This block implements a three-phase transformer by using three single-phase transformers. Set the winding connection to 'Yn' when you want to access the neutral point of the Wye.

Parameters

Nominal power and frequency [Pn(VA) , fn(Hz)]: [1000 , 50]

Winding 1 (ABC) connection: Delta [D1]

Winding parameters [V1 Ph-Ph(Vrms) , R1(pu) , L1(pu)]: [208 , 0.002 , 0.04]

Winding 2 (abc) connection: Yg

Winding parameters [V2 Ph-Ph(Vrms) , R2(pu) , L2(pu)]: [208 , 0.002 , 0.04]

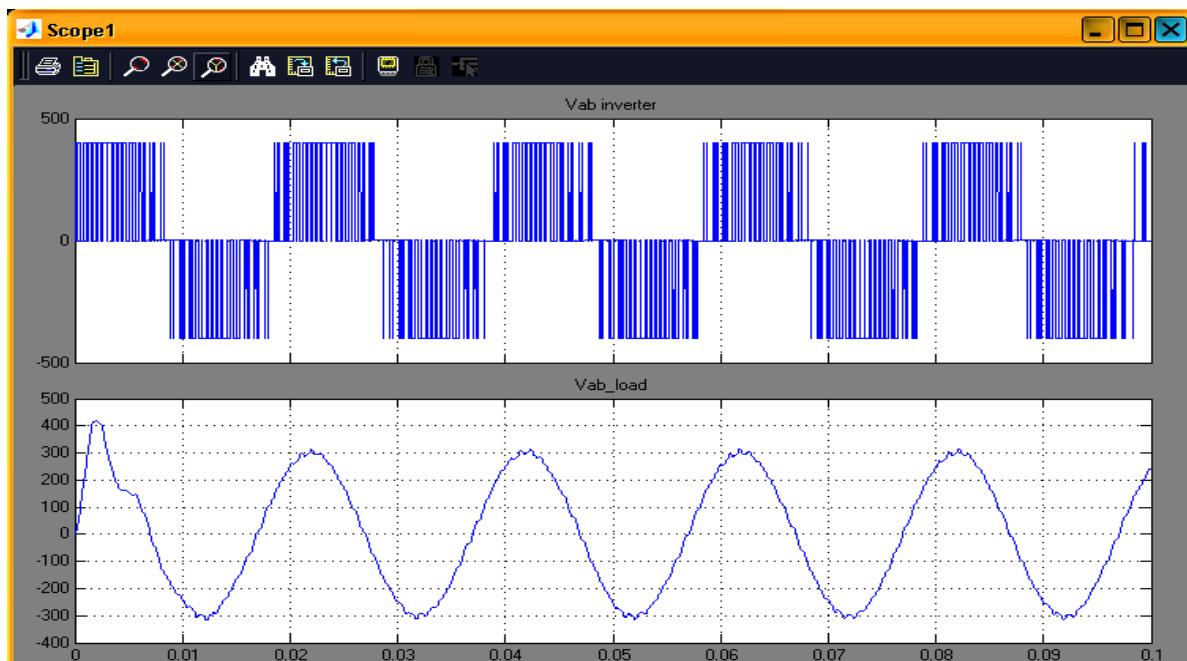
☐ Saturable core

Magnetization resistance Rm (pu): 200

Magnetization reactance Lm (pu): 200

Measurements: None

OK Cancel Help Apply



2.10-расм. Уч фазали икки чўлғамли трансформатордан инвертор схемасида фойдаланишга мисол

SimPowerSystems блокларининг библиотекаси

MATLAB тизимининг SimPowerSystems (MATLAB 6.1 версиясигача бўлган номи - Power System Blockset) библиотекаси конкрет қурилмаларни моделлаш учун мўлжалланган Simulink пакетининг қўшимча библиотекаларидан бири бўлиб ҳисобланади. SimPowerSystems электротехник қурилмаларни имитацион моделлаш учун блоклар тўпламига эга. Библиотеканинг таркибига пасив ва актив электротехник элементлар, энергия манбалари, электродвигателлар, трансформаторлар, электр узатиш линиялари ва бошқа қурилмаларнинг моделлари киради. Унда куч электроникаси қурилмаларини ва уларни бошқариш системаларини моделлаш учун мўлжалланган блокларни ўз ичига олувчи бўлим ҳам мавжуд. Simulink ва SimPowerSystemsнинг махсус имкониятларидан фойдаланиб қуйидаги ишларни бажариш мумкин [18]:

- қурилмаларнинг ишлашини имитация қилиш;

- системанинг режимларини ҳисоблаш;
- занжир участкасининг импедансини (тўла қаршилигини) ҳисоблаш;
- частотавий характеристикаларни олиш;
- турғунликни таҳлил қилиш;
- ток ва кучланишларни гармоник таҳлил қилиш.

Бундан ташқари, мураккаб электротехник тизимларни моделлашда имитацион ва таркибий моделлаш усулларида биргаликда фойдаланиш мумкин. Масалан, ярим ўтказгичли электр энергия ўзгарткичининг куч қисмини SimPowerSystems блокларидан (имитацион блоклар) фойдаланиб, бошқариш қисмини эса одатдаги Simulink блокларидан (фақат ишлаш алгоритмининг акс эттиради, схемани эмас) фойдаланиб бажариш мумкин. Бундай ёндашиш, схемотехник моделлашдан фарқли равишда, моделни кескин соддалаштиради ва унинг ишлаш тезлигини ортиради. SimPowerSystems блокларидан фойдаланиб тузилган моделда Simulink пакетининг бошқа библиотекаларининг блокларидан ҳамда MATLAB функцияларидан ҳам фойдаланиш мумкин, натижада электротехник тизимларни моделлашда фойдаланувчи чекланмаган имкониятларга эга бўлади.

SimPowerSystems библиотекаси жуда катта. Лекин, шунга қарамадан керакли блок библиотекада топилмаса, бундай блокни фойдаланувчининг ўзи ҳам яратиши мумкин. Бунда библиотекада мавжуд блокларга асосланиб Simulink нинг ост тизимлар яратиш имкониятларидан ёки Simulink асосий библиотекаси блоклари ва бошқаришувчи ток ва кучланиш манбаларидан фойдаланилади.

Шундай қилиб, ҳозирги вақтда Simulink таркибидаги SimPowerSystems электротехник қурилмалар ва тизимларни моделлаш учун энг яхши воситалардан бири бўлиб ҳисобланади.

SimPowerSystems библиотекаси еттита асосий бўлимга эга:

- Electrical Sources - электр энергия манбалари;
- Connectors – улагичлар;

- Measurements – ўлчаш ва назорат қурилмалари;
- Elements - электротехник элементлар;
- Power Electronics – куч электроникаси қурилмалари;
- Machines - электр машиналари;
- Powerlib Extras – қўшимча электротехник қурилмалар.

Юқорида келтирилган бўлимлардаги блоклардан фойдаланиб, қисқа вақт ичида мураккаб электротехник тизимнинг ҳам тўлақонли моделини яратиш ва унинг режимларини тадқиқ қилиш мумкин.

Асосий хусусиятлари

SimPowerSystems-моделларни (SPS-модел) яратиш услуги Simulink-моделларни (S-модел) яратиш услубидан деярли фарқ қилмайди. Simulink-моделларни яратишдаги сингари SPS-моделларни яратишда ҳам аввал блоклар жойлаштирилади, кейин улар ўзаро уланади ва ҳар бир блокнинг параметри ҳамда моделни ҳисоблаш параметрлари берилади. SPS-моделларни яратишда Simulink имкониятларидан фойдаланиш мумкин. Лекин SPS-моделлар айрим ўзига хос хусусиятларга ҳам эга:

1. SPS-блокларнинг кириш ва чиқишлари Simulink блоклариникидан фарқли равишда сигнални узатиш йўналишини кўрсатмайди, яъни улар электр контактларнинг эквиваленти бўлиб ҳисобланади. Электр токи иккала йўналишда ҳам оқиши мумкин: блокнинг ичига ҳам, блокдан ташқарига ҳам.

2. Боғловчи линиялар электр симлар вазифасини бажаради, Уларда тоқлар иккала йўналишда ҳам ҳаракатланиши мумкин. Simulink-моделларда эса информацион сигнал фақат биргина йўналишда – блокнинг чиқишидан бошқа блокнинг киришига ҳаракатланади.

3. Simulink-блоклар ва SimPowerSystems-блокларни бир-бирига бевосита улаб бўлмайди. Сигнални S-блокдан SPS-блокке бошқарилувчи ток ва кучланиш манбалари орқали, SPS-блокдан SPS-блокке эса ток ва кучланиш ўлчагичлари орқали узатиш мумкин.

4. Бир неча алоқа линияларини (симларни) ўзаро улаш мумкин. Бунинг учун, махсус блоклар - Connectors (улагичлар)дан фойдаланилади.

5. Ночизиқли блокларга эга бўлган схемаларни ҳисоблашда куйидаги усуллардан фойдаланиш керак:

- ode15s – сонли дифференциаллаш формулаларидан фойдаланувчи ўзгарувчан тартибли кўп қадамли усул (1 дан 5 гача);
- ode23tb – ечишнинг бошланишида яққол бўлмаган Рунге-Кутта усули ва кейин 2-тартибли тескари дифференциаллаш формулаларидан фойдаланувчи усул.

Электр ва электр бўлмаган катталикларнинг ўлчов бирликлари

Элементларнинг параметрларини кўрсатишда абсолют (2.1-жадвал) ва нисбий бирликлардан фойдаланиш мумкин.

2.1-жадвал

Параметр	Белгиланиши	Ўлчов бирлиги
Time (вақт)	second	s(c)
Length (масофа)	meter	m(м)
Mass (масса)	kilogram	kg (кг)
Energy (энергия)	joule	J (Дж)
Current (ток)	ampere	A (А)
Voltage (кучланиш)	volt	V (В)
Active power (актив қувват)	watt	W (Вт)
Apparent power (тўла қувват)	volt-ampere	VA (ВА)
Reactive power (реактив	var	var (ВАр)

кувват)		
Impedance (тўла қаршилик)	ohm	Ohm (Ом)
Resistance (қаршилик)	ohm	Ohm (Ом)
Inductance (индуктивлик)	henry	H (Гн)
Capacitance (сиғим)	farad	F (Ф)
Flux linkage (оқим боғланиши)	volt-second	V*s(B*c)
Rotation speed (бурчак тезлиги)	radians per second	rad/s (рад/с)
	revolutions per minute	rpm (Об/мин)
Torque (момент)	newton-meter	N*m(H*m)
Inertia (инерция моменти)	kilogram-meter ²	kg*m ² (кг*м ²)
Friction factor (ишқаланиш коэффиценти)	newton-meter-second	N*m*s(H*m*c)

Айрим моделларда параметрларни бериш учун нисбий бирликлардан (р.и., н.б.). Нисбий бирликларга ўтиш учун умумий формула қуйидаги кўринишга эга:

$$y = \frac{Y}{Y_6},$$

Бу ерда Y – физик катталиқнинг бошланғич бирликлар системасидаги (масалан, СИ) қиймати (параметрнинг, ўзгарувчининг ва ҳ.к.),

Y_6 – физик катталиқнинг бошланғич бирликлар системасидаги базис (асос) қиймати.

SimPowerSystem моделларини тайёрлашда электр катталикларнинг асосий базис бирликлари сифатида қуйидаги иккита мустақил катталик олинган:

- P_6 – қурилманинг номинал актив қувватига (P_n) тенг бўлган базис қувват;
- U_6 – қурилмани таъминлаш кучланишининг номинал таъсир қилувчи қийматига (U_n) тенг бўлган базис кучланиш;

Улар орқали бошқа барча электр базис бирликлар аниқланади. Масалан, базис ток:

$$I_6 = \frac{P_6}{U_6},$$

базис қаршилик:

$$R_6 = \frac{U_6^2}{P_6}.$$

Ўзгарувчан ток занжирлари учун одатда таъминловчи кучланишнинг номинал частотасига (f_n) тенг бўлган базис частота (f_6) берилади.

Асинхрон электр машиналар учун қўшимча тарзда қуйидагилар ҳам берилади:

Ω_6 - базис бурчак тезлик;

$M_6 = \frac{P_6}{\Omega_6}$ - базис момент.

Машинанинг параметрлари нисбий бирликларда киритилаётганда инерция моментининг ўрнига инерцион доимийдан фойдаланилади:

$$H = \frac{\frac{1}{2} \times J \cdot \Omega_1^2}{P_n},$$

бу ерда J - инерция моменти,

Ω_1 - магнит майдони айланишининг бурчак тезлиги.

Инерцион доимий секундларда ифодаланади. Инерцион доимий номинал юкламада айланувчи қисмларида йиғилган кинетик энергия ҳисобига электр

машинанинг вали қанча вақт айланишини кўрсатади. Катта қувватли машиналар учун унинг қиймати 3 - 5с ва кичик қувватли машиналар учун 0.5 - 0.7с бўлади.

Уч фазали икки чўлғамли трансформаторнинг параметрлари мисол тариқасида 2.2-жадвалда келтирилган.

2.2-жадвал

Параметр	Белгиланиши	Қиймати	Ўлчов бирлиги
Фазалар сони	m	3	-
Nominal power (номинал қувват)	P_n	300	кВА
Nominal frequency (тармоқдаги номинал частота)	f_n	60 ёки 50	Гц
Бирламчи чўлғам:			
Уланиш схемаси	-	юлдуз	-
Nominal voltage (номинал кучланиш)	U_{1n}	25	кВ
Line-to-line resistance (фазалар аро қаршилиқ)	R_{1*}	0.01	о.е.
Leakage reactance (сочилиш индуктивлиги)	L_{1*}	0.02	о.е.
Иккиламчи чўлғам:			
Уланиш схемаси	-	учбу рчак	-
Nominal voltage (номинал кучланиш)	U_{2n}	600	В

Line-to-line resistance (фазалар аро каршилик)	R_{2*}	0.01	o.e.
Leakage reactance (сочилиш индуктивлиги)	L_{2*}	0.02	o.e.
Magnetizing losses at nominal voltage in % of nominal current (магнитланишга исрофлар, номинал кучланишда номинал токдан %ларда):			
Resistive (актив)	ΔI_{10a}	1	%
Inductive(реактив)	ΔI_{10p}	1	%

Базис бирликларни аниқлаш учун ифодалар ва уларнинг қийматлари 2.3-жадвалда келтирилган.

2.3-жадвал

Параметр	Ҳисобий ифода	Қий мати	Ўлчов бирлиги
Frequency (частота)	$f_6 = f_H$	60 ёки 50	Гц
Бирламчи чўлғам:			
Power (кувват)	$P_{16} = \frac{P_H}{m} = \frac{300 \cdot 10^3}{3}$	$\frac{100^*}{10^3}$	ВА
Voltage (кучланиш)	$U_{16} = \frac{U_1}{\sqrt{3}} = \frac{25 \cdot 10^3}{\sqrt{3}}$	$\frac{1443}{4}$	В
Current (ток)	$I_{16} = \frac{P_{16}}{U_{16}} = \frac{100 \cdot 10^3}{14434}$	6.928	А
Impedance (тўла каршилик)	$Z_{16} = \frac{U_{16}}{I_{16}} = \frac{14434}{6.928}$	2083	Ом

Resistance (актив қаршилик)	$R_{1\phi} = \frac{U_{1\phi}}{I_{1\phi}} = \frac{14434}{6.928}$	2083	Ом
Inductance (индуктивлик)	$L_{1\phi} = \frac{R_{1\phi}}{2 \cdot \pi \cdot f_{\phi}} = \frac{2083}{2 \cdot \pi \cdot 60}$	5.525	Гн
Иккиламчи чўлғам:			
Power (кувват)	$P_{2\phi} = \frac{P_H}{m} = \frac{300 \cdot 10^3}{3}$	$\frac{100^*}{10^3}$	ВА
Voltage (кучланиш)	$U_{2\phi} = U_2 = 600$	600	В
Current (ток)	$I_{2\phi} = \frac{P_{2\phi}}{U_{2\phi}} = \frac{100 \cdot 10^3}{600}$	166.7	А
Impedance (тўла қаршилик)	$Z_{2\phi} = \frac{U_{2\phi}}{I_{2\phi}} = \frac{600}{166.7}$	3.60	Ом
Resistance (актив қаршилик)	$R_{2\phi} = \frac{U_{2\phi}}{I_{2\phi}} = \frac{600}{166.7}$	3.60	Ом
Inductance (индуктивлик)	$L_{2\phi} = \frac{R_{2\phi}}{2 \cdot \pi \cdot f_{\phi}} = \frac{3.60}{2 \cdot \pi \cdot 60}$	$\frac{0.009}{549}$	Гн

Чўлғамлар параметрларининг қийматлари абсолют бирликларда куйидагича аниқланади:

Бирламчи чўлғам:

$$R_1 = R_{1*} \cdot R_{1\phi} = 0.01 \cdot 2083 = 20.83 \text{ Ом}$$

$$L_1 = L_{1*} \cdot L_{1\phi} = 0.02 \cdot 5.525 = 0.1105 \text{ Гн}$$

Иккиламчи чўлғам:

$$R_2 = R_{2*} \cdot R_{2\phi} = 0.01 \cdot 3.60 = 0.0360 \text{ Ом}$$

$$L_2 = L_{2*} \cdot L_{2\phi} = 0.02 \cdot 0.009549 = 0.191 \text{ мГн}$$

Магнитлаш занжири учун 1%га тенг актив исрофлар қиймати ва 1%га тенг реактив исрофлар қиймати, магнитлаш занжирининг актив қаршилиги 100 н.б.га ҳамда реактив қаршилиги 100 н.б.га тенглигини билдиради. Шундай қилиб, магнитлаш занжири параметрларининг абсолют қийматлари:

$$R_m = 100 \cdot R_{1\text{б}} = 100 \cdot 2083 = 208.3 \text{ кОм},$$

$$L_m = 100 \cdot L_{1\text{б}} = 100 \cdot 5.525 = 552.25 \text{ Гн}.$$

2-мисол:

Фаза роторли уч фазали тўрт қутбли асинхрон двигателнинг параметрлари қуйидагича (2.4-жадвал):

2.4-жадвал

Параметр	Белгиланиши	Қий мати	Ўлчов бирлиги
Фазалар сони	m	3	-
Қутблар жуфтликларининг сони	p	2	-
Nominal power (номинал қувват)	P _н	2238	ВА
Nominal frequency (тармоқнинг номинал частотаси)	f _н	60 ёки 50	Гц
Line-to-line voltage (номинал линия кучланиши)	U _н	220	В
Mutual inductance (чўлғамларнинг ўзаро индуктивлиги)	L _m	69.31	мГн
Rotor inertia (роторнинг инерция моменти)	J	0.089	кг*м ²
Статорнинг параметрлари:			
Актив қаршилик	R _s	0.435	Ом

Индуктивлик	L_s	0.002	Гн
Роторнинг статорга келтирилган параметрлари:			
Актив қаршилиги	R'_r	0.816	Ом
Индуктивлиги	L'_r	0.002	Гн

Базис бирликларни ва уларнинг қийматларини аниқлаш учун ифодалар
2.5-жадвалда келтирилган

2.5-жадвал

Параметр	Ҳисобий ифода	Қий мати	Ўлчов бирлиги
Power (кувват)	$P_6 = \frac{P_n}{m} = \frac{2238}{3}$	746	ВА
Frequency (частота)	$f_6 = f_n$	60 ёки 50	Гц
Voltage (кучланиш)	$U_6 = \frac{U_n}{\sqrt{3}} = \frac{220}{\sqrt{3}}$	127.0	В
Current (ток)	$I_6 = \frac{P_6}{U_6} = \frac{746}{127.0}$	5.874	А
Impedance (тўла қаршилиқ)	$Z_6 = \frac{U_6}{I_6} = \frac{127.0}{5.874}$	21.62	Ом
Resistance (актив қаршилиқ)	$R_6 = \frac{U_6}{I_6} = \frac{127.0}{5.874}$	21.62	Ом
Inductance (Индуктивлик)	$L_6 = \frac{Z_6}{2 \cdot \pi \cdot f_6} = \frac{21.62}{2 \cdot \pi \cdot 60}$	0.057 35	Гн

Speed (тезлик)	$\Omega_6 = \Omega_1 = \frac{2 \cdot \pi \cdot f_H}{p} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 60}{2}$	188.5	рад/с
Torque (момент)	$M_6 = \frac{P_6 \cdot m}{\Omega_6} = \frac{746 \cdot 3}{188.5}$	11.87	Н*м

Двигател чўлғамларининг ва магнитлаш занжирининг параметрларини қуйидагича аниқлаш мумкин:

- Статорнинг қаршилиги:

$$R_{s*} = \frac{R_s}{R_6} = \frac{0.435}{21.62} = 0.0201 \text{ о.е.}$$

- Статорнинг индуктивлиги:

$$L_{s*} = \frac{L_s}{L_6} = \frac{0.002}{0.05735} = 0.0349 \text{ о.е.}$$

- Роторнинг қаршилиги:

$$R'_{r*} = \frac{R'_r}{R_6} = \frac{0.816}{21.62} = 0.0377 \text{ о.е.}$$

- Роторнинг индуктивлиги:

$$L'_{r*} = \frac{L'_r}{L_6} = \frac{0.002}{0.05735} = 0.0349 \text{ о.е.}$$

Инерцион доимийнинг катталиги қуйидагича аниқланади:

$$H = \frac{\frac{1}{2} \times J \cdot \Omega_1^2}{P_H} = \frac{\frac{1}{2} \times 0.089 \cdot 188.5^2}{2238} = 0.7065 \text{ с.}$$

Асинхрон машинанинг юқорида ҳисобланган параметрлари унинг модели учун нисбий бирликларда “сукут бўйича “ киритилган (Asynchronous Machine pu Units блоки).

Нисбий бирликлардан фойдаланиш қуйидаги афзалликларга эга:

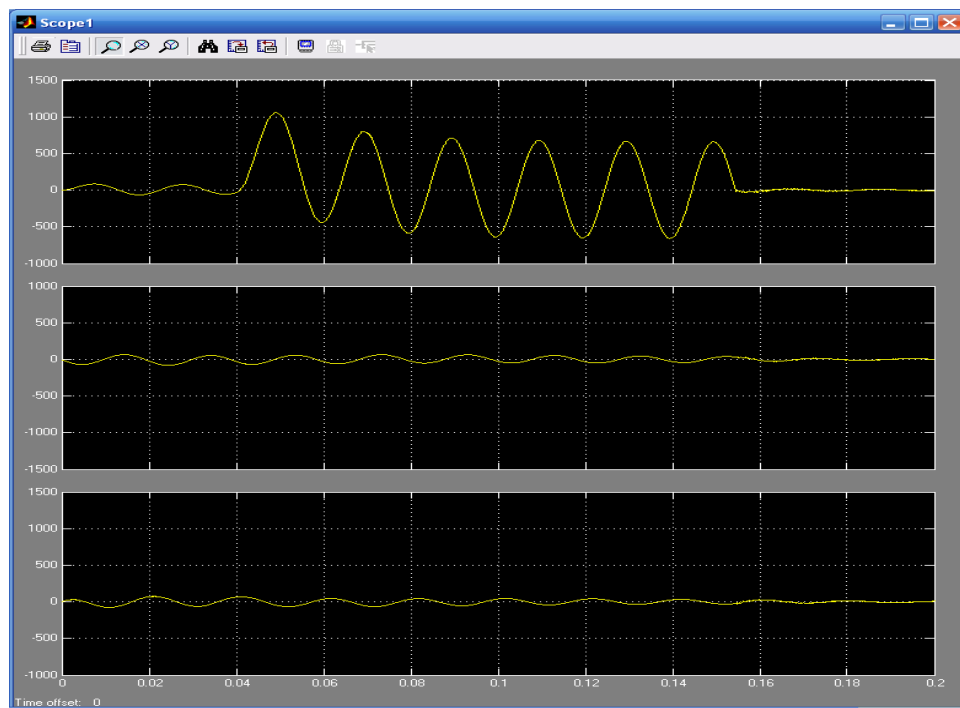
- Турли режимларда ўзгарувчиларнинг қийматларини таққослаш соддалашади. Масалан, электр занжирининг бирор участкасидаги кучланиш 1,5 н.б. бўлса, у номинал таъминлаш кучланишидан 1,5 марта катта эканлигини билдиради.

- Тўла қаршилиқнинг қиймати қурилманинг қуввати ва таъминлаш кучланиши ўзгарганда кам ўзгаради. Масалан, трансформаторлар учун 3 дан 300 кВА гача бўлган қувватлар диапазонида реактив сочилиш қаршилиги 0.01 ва 0.03 н.б. орасида, чўлғамларнинг қаршилиги 0.01 ва 0.005 н.б. орасида ўзгаради. Ўз навбатида 300 кВА дан 300 МВА гача бўлган трансформаторлар реактив сочилиш қаршилиги 0.03 дан 0.12 н.б. гача, чўлғамларнинг қаршилиги эса 0.005 дан 0.002 н.б. гача бўлади. Шундай қилиб, масалан, қуввати 10МВАли трансформаторнинг параметрлари маълум бўлмаса ўртача қийматларни, яъни, сочилиш реактивлиги учун 0.02 н.б. ва чўлғам қаршилиги учун 0.0075 н.б. олинса катта хатолик бўлмайди.
- Нисбий birlikларда ҳисоблашлар соддалашади. Масалан, системанинг тўла қаршилигини трансформация коэффициентларини ҳисобга олмасдан система элементларининг қаршилиқларини оддий жамлаш йўли билан аниқлаш мумкин.

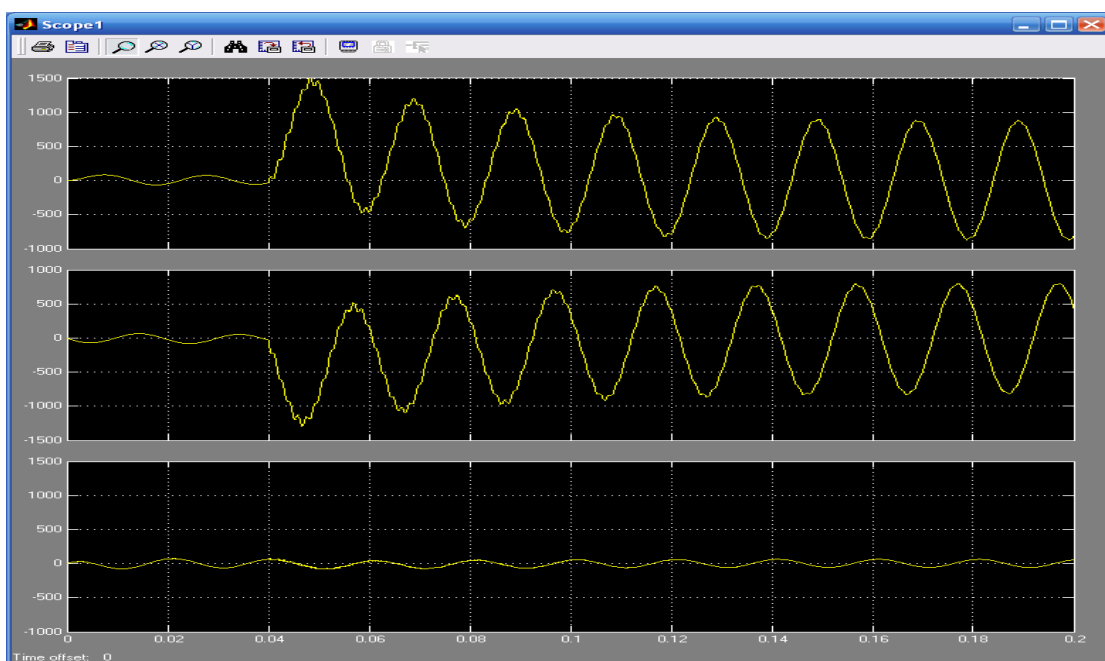
2.3. Моделлаш натижалари

Моделлаш натижалари 2.11-2.15-расмларда кўрсатилган. Моделлаш ёрдамида электр юритмани ҳимоялаш қурилмасининг схемасини синтез қилиш учун зарур бўлган режимларни, хусусан, қисқа туташув, ерга туташув, ўта юкланиш, кучланиш пасайиши ва бошқа режимларни тадқиқ қилинди.

Моделлаш натижалари асосида шикастланиш режимларининг характерли жихатлари аниқланди, жумладан, фаза узилиш режими юкланган двигател учун хавфли бўлиши, лекин қисқа туташувдан ҳимоялар ушбу режимдан ишламаслиги аниқланди.



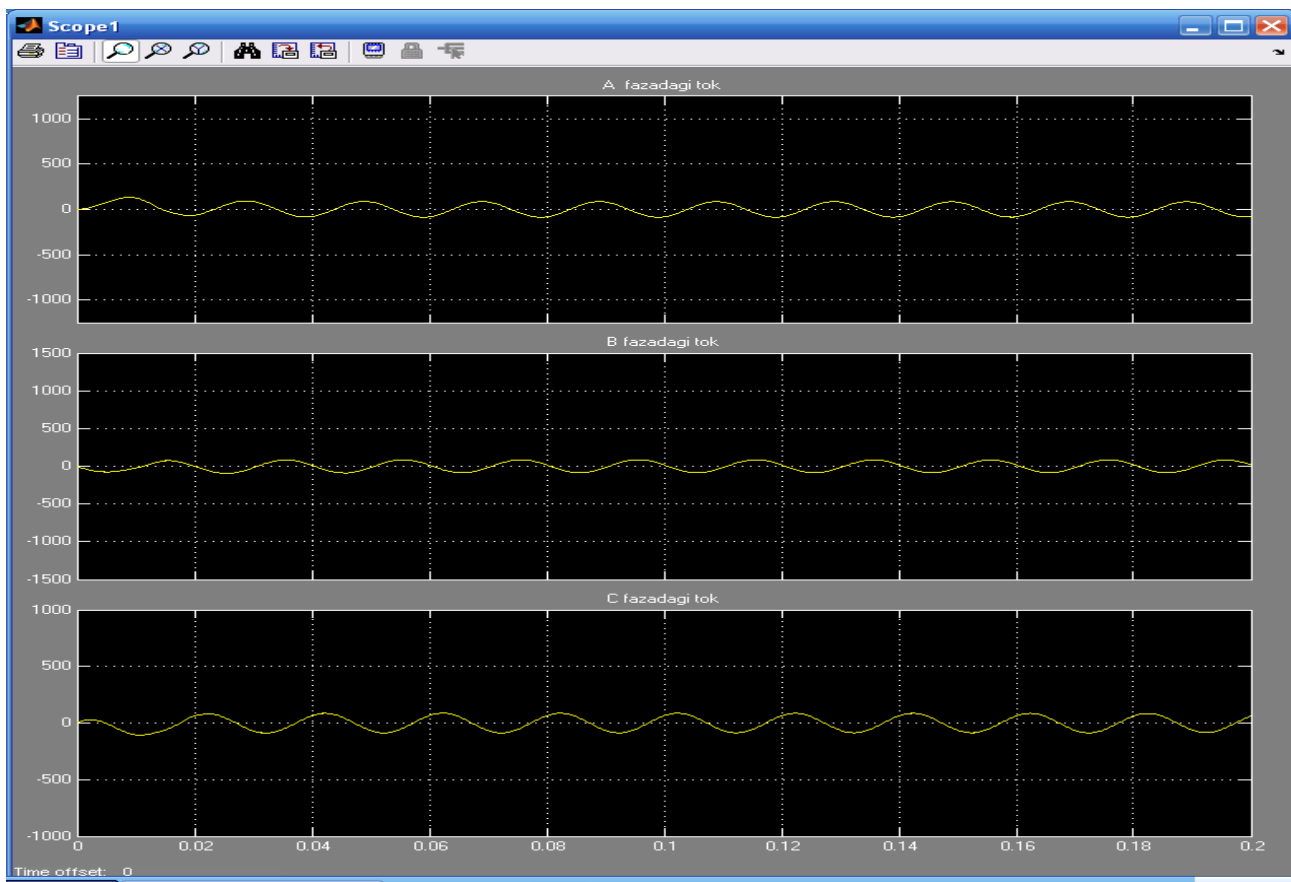
2.11-расм. Бир фазали қисқа туташув



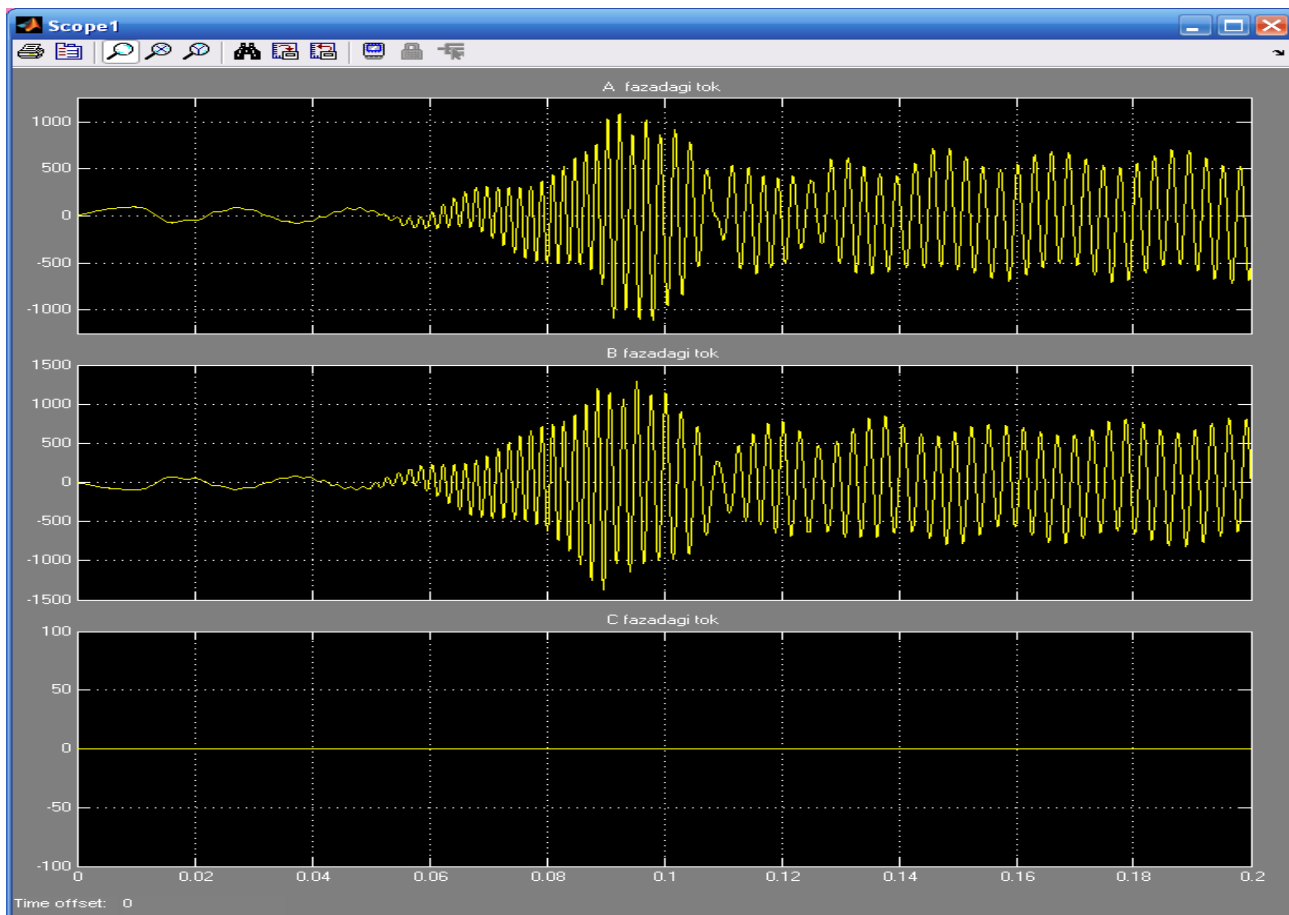
2.12-расм. Икки фазали қисқа туташув



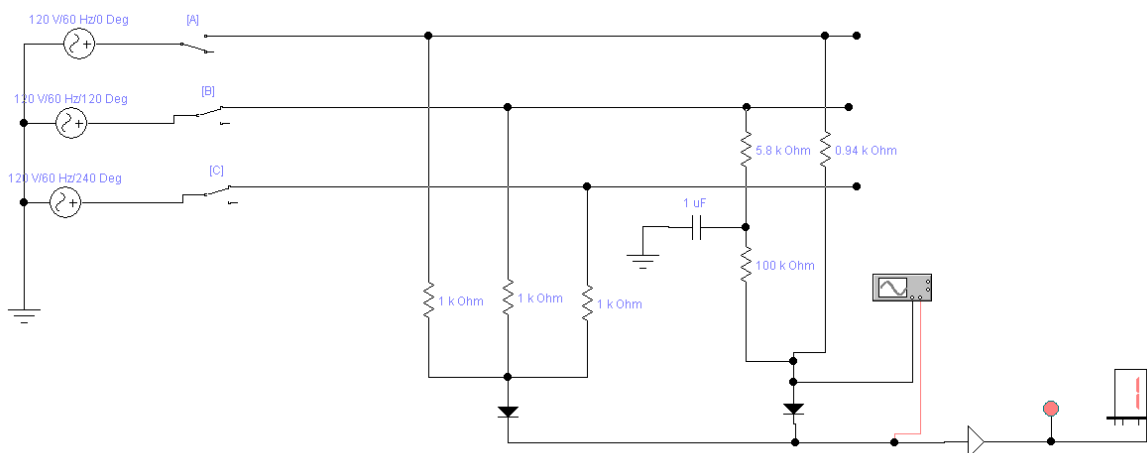
2.13-расм. Фаза узилганда двигателдаги жараёнлар



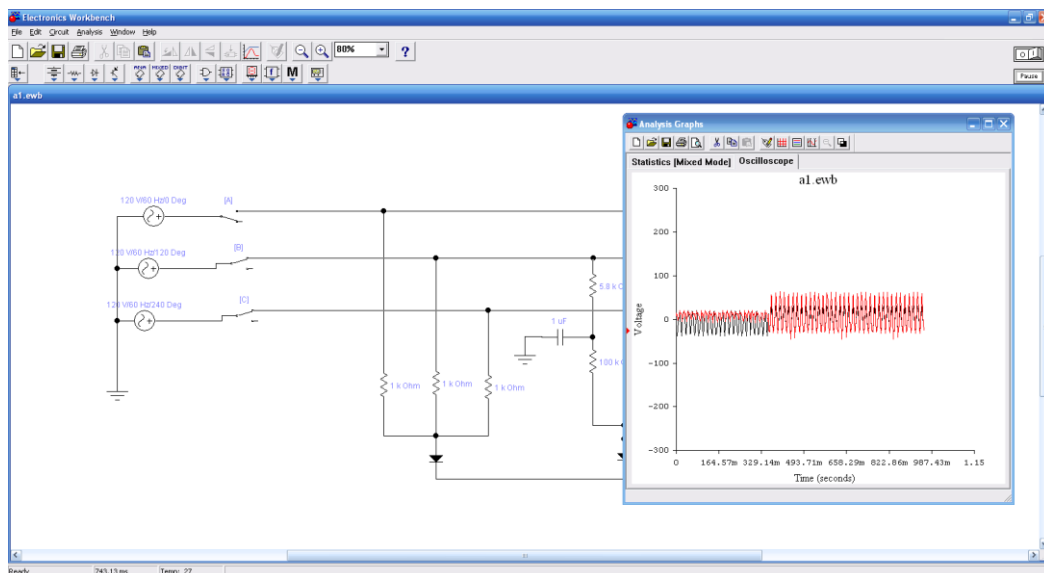
2.14-расм. Нормал режимдаги тоқлар



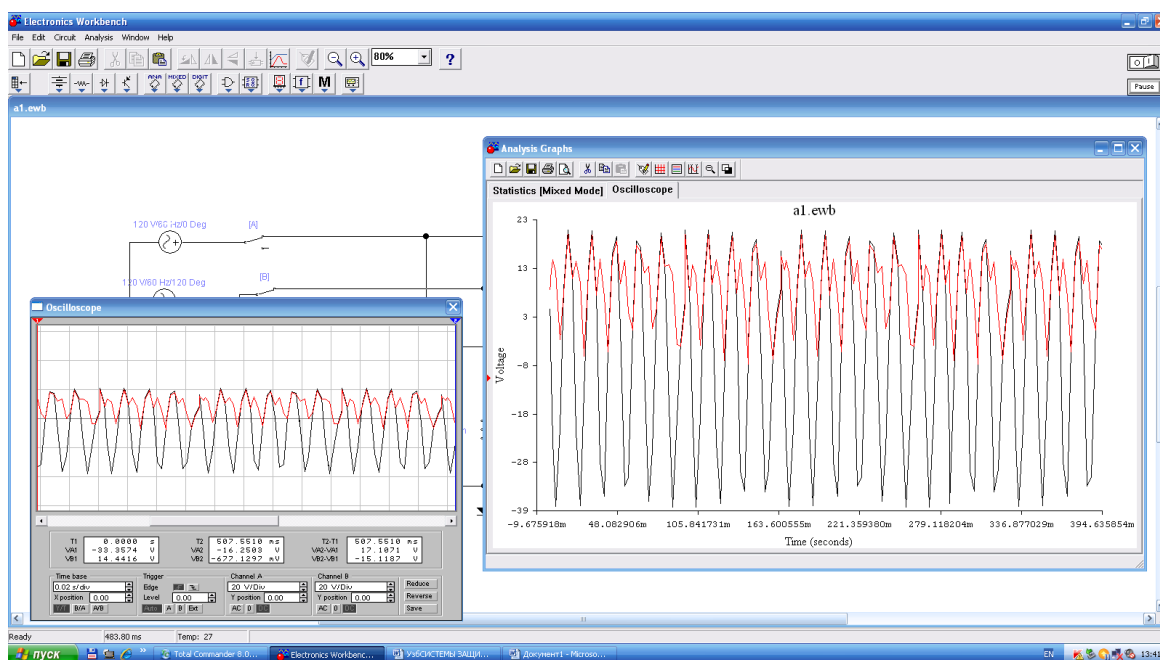
2.15-расм. Фаза узилиш режимида двигателдаги тоklar



2.16-расм. Фаза узилишидан химоянинг EWB дастуридаги модели



a)



б)

2.16-рasm. Фаза узилишидан химояни моделлаш натижалари

II-боб бўйича хулоса

1. Электр юритманинг шикастланиш режимларини тадқиқ қилиш учун моделнинг MATLAB дастури да модел тузилди.
2. Унинг ёрдамида электр юритмани химоялаш қурилмасининг схемасини синтез қилиш учун зарур бўлган режимларни, хусусан, қисқа туташув,

ерга туташув, ўта юкланиш, кучланиш пасайиши ва бошқа режимларни тадқиқ қилинди.

3. Моделлаш натижалари асосида шикастланиш режимларининг характерли жихатлари аниқланди, жумладан, фаза узилиш режими юкланган двигател учун хавфли бўлиши, лекин қисқа туташувдан ҳимоялар ушбу режимдан ишламаслиги аниқланди.
4. Таҳлил натажалари фаза узилишидан ҳимояни такомиллаш ҳозирги кунда долзарб масала эканлигини кўрсатди.

III-боб. Электрон ҳимоялаш қурилмасининг схемасини синтез қилиш

3.1. Рақамли ҳимоя қурилмалари учун реле ҳимоясининг ўрнатмаларини ҳисоблаш

3.1.1. Электр двигателлар учун ток отсечкасининг ўрнатмаларини ҳисоблаш

Электр қурилмаларни бажариш қоидаларига асосан қуввати 2 МВт гача бўлган электр двигателларда кўп фазали қисқа туташувлардан ҳимояловчи бир релели ток отсечкаси қўлланилади. Агар унинг сезгирлиги етарли бўлмаса икки релели ток отсечкасига ўтилади.

Бир релели ток отсечкаси икки релели ток отсечкасига қараганда 1,73 марта пастроқ сезгирликка эга.

Қуввати 2 МВт ва ундан юқори бўлган электр двигателларда икки релели ток отсечкаси қўлланилади. Агар уларда бир фазали ерга туташувдан ҳимоя қўйилмаган бўлса уч релели ток отсечкаси ишлатилиши керак.

Ток отсечкасини ҳисоблашни икки тезликли АДО-1600/1000-10/12 двигатели мисолида кўрайлик.

Ҳисоблаш учун бошланғич маълумотлар:

Двигател валида 1-тезликдаги қувват: $P_{\text{ном.дв.1}}=1000 \text{ кВт}$

Двигател валида 2-тезликдаги қувват: $P_{\text{ном.дв.2}}=1600 \text{ кВт}$

1-тезликдаги қувват коэффиценти : $\cos\varphi_1=0,53$

2-тезликдаги қувват коэффиценти : $\cos\varphi_2=0,8$

Номинал кучланиш: $U_{\text{ном.дв}}=6 \text{ кВ}$

1-тезликдаги ФИК: $\eta_1=0,92$

2-тезликдаги ФИК: $\eta_2=0,95$

1-тезликдаги ишга тушиш токининг карралилиги: $k_{\text{иш.т1}}=6,7$

2-тезликдаги ишга тушиш токининг карралилиги: $k_{\text{иш.т2}}=6,5$

Электродвигателнинг таъминловчи киришларидаги уч фазали қисқа туташув токининг қиймати:

$$I_{кТ}^{(3)} = 8 \text{ кА}$$

Электродвигателнинг таъминлаш томонидан ҳисоблаганда ток занжирларининг максимал қаршилиги – 0,5 Ом дан кўп эмас.

Электродвигателнинг номинал токи:

$$I_{ном.дв} = \frac{P_{ном.дв}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.дв} \cdot \eta \cdot \cos \varphi}$$

бу ерда $P_{ном.дв}$ - электродвигателнинг номинал қуввати, кВт;
 $U_{ном.дв}$ - двигателнинг номинал линия кучланиши, кВ;
 η - двигателнинг номинал ФИК;

$\cos \varphi$ - двигателнинг номинал қувват коэффициенти.

Электродвигателнинг 1-тезликдаги номинал токи:

$$I_{ном.дв} = \frac{P_{ном.дв}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.дв} \cdot \eta \cdot \cos \varphi} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 6 \cdot 0,92 \cdot 0,53} \approx 193,7 \text{ А}$$

Электродвигателнинг 2-тезликдаги номинал токи:

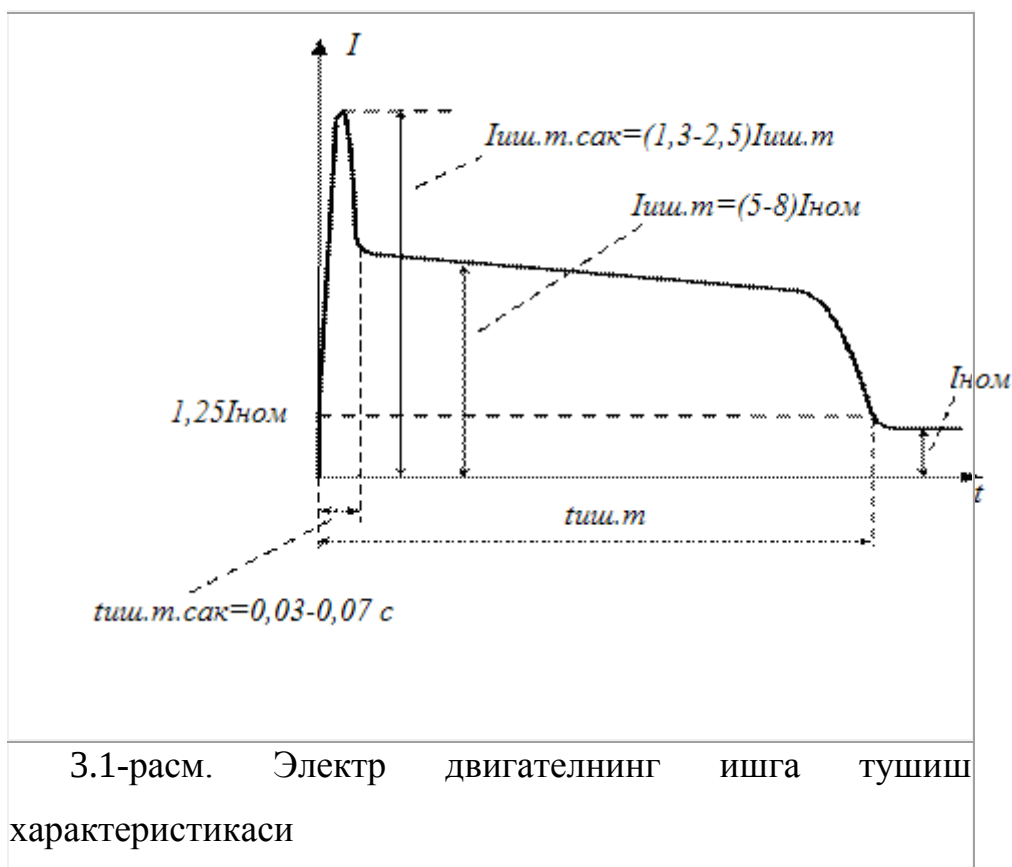
$$I_{ном.дв 2} = \frac{P_{ном.дв 2}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.дв} \cdot \eta_2 \cdot \cos \varphi_2} = \frac{1600}{\sqrt{3} \cdot 6 \cdot 0,95 \cdot 0,8} \approx 202,6 \text{ А}$$

Электродвигателнинг номинал токлари бўйича ток трансформаторлари танланади:

Трансформация коэффициенти $k_{тр} = 200/5$ бўлган ТЛМ10-5-82 турдаги ток трансформаторини танлаймиз. Токнинг қаршилиги 17 ва ток занжирларининг қаршилиги 0,5 Ом бўлганда унинг хатолиги 10 % дан ортмайди.

3.1.2. Ток трансформаторини текшириш

Танланган ток трансформаторининг ишлатиш мумкинлигини текшириш учун ишга тушиш токининг сакрашини ҳисобга олишимиз керак (3.1-расм).



Двигател ишга тушиш токининг максимал қиймати:

$$I_{\text{иш.т.}} = k_{\text{апер}} k_{\text{иш.т.}} I_{\text{ном.дв}} \quad , \quad \text{А}$$

бу ерда $k_{\text{апер}}$ - аperiодик ташкил этувчини ҳисобга олувчи коэффициент, 1,8 га тенг;

$k_{\text{иш.т.}}$ - ишга тушиш токининг карралилиги (одатда, $3 \div 8 I_{\text{ном.дв}}$).

1-тезликда двигател ишга тушиш токи сакрашининг максимал қиймати:

$$I_{\text{иш.т.сак1}} = 1,4 k_{\text{апер}} k_{\text{иш.т.}} I_{\text{ном.дв 1}} = 1,4 \cdot 1,8 \cdot 6,7 \cdot 197,3 \approx 3331 \text{ А}$$

2-тезликда двигател ишга тушиш токи сакрашининг максимал қиймати:

$$I_{\text{иш.т.сак2}} = 1,4 k_{\text{апер}} k_{\text{иш.т.}} I_{\text{ном.дв 2}} = 1,4 \cdot 1,8 \cdot 6,5 \cdot 202,6 \approx 3319 \text{ А}$$

Ток отсечкасининг ишга тушиш токи $I > I_{\text{иш.т.сак}}$ олинади.

$I = 3350 \text{ А}$ қабул қиламиз.

Ўз ишга тушиш режимида ишлайдиган двигателлар учун аниқланган $I_{\text{иш.т.сак}}$ токнинг қиймати 1,3 – 1,4 марта орттирилади, чунки ушбу режимда кучланишнинг қиймати номиналга нисбатан 1,3- 1,4 марта юқори бўлиши мумкин.

Танланган ток трансформаторини ўз ишга тушиш режими учун текшириб кўрамиз

$$(1,1I) < (k_T \cdot I_{\text{ном}})$$

бу ерда k_T - рухсат этиладиган 10% хатоликдаги токнинг карралилиги.
 $I_{\text{ном}}$ – ток трансформаторининг номинал бирламчи токи.

$$(1,1 \cdot 3350 = 3685) > (17 \cdot 200 = 3400)$$

3650A > 3400 A бўлганлиги сабабли ток трансформаторининг хатолиги рухсат этиладиган чегарадан чиқиб кетади. Шу сабабли трансформация коэффиценти $k_{\text{тр}} = 300/5$ бўлган ТЛМ10-5-82 турдаги бошқа ток трансформаторини танлаймиз. Унинг рухсат этиладиган 10% хатоликдаги бирламчи токи ишга тушиш токи сакрашининг максимал қийматидан катта

$$17 \cdot 300 = 5100 \text{ A} > 3650 \text{ A},$$

ток трансформаторининг хатолиги рухсат этиладиган 10% чегарадан чиқиб кетмайди.

Электродвигателнинг таъминлаш кучланиши уланадиган чиқишларидаги икки фазали қисқа туташув токи:

$$I_{\text{КТ}}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{\text{КТ}}^{(3)} \text{ A}$$

бу ерда $I_{\text{КТ}}^{(2)}$ - электродвигателнинг таъминлаш кучланиши уланадиган чиқишларидаги уч фазали қисқа туташув токи.

$$I_{\text{КТ}}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{\text{КТ}}^{(3)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 8000 \text{ A} \approx 6928 \text{ A}$$

Ҳимоянинг икки фазали қисқа туташувдаги сезгирлик коэффиценти:

$$k_q^{(2)} = \frac{I_{\text{КТ}}^2}{I}$$

$$k_q^{(2)} = \frac{I_{\text{КТ}}^2}{I} = \frac{6928}{3350} = 2,1$$

Сезгирлик коэффициенти 2 дан катта бўлганлиги сабабли қўшимча дифференциал ҳимоя ўрнатишга зарурат йўқ. Максимал ток ҳимояси етарли сезгирликни таъминлайди.

Синхрон двигателлар учун ҳам ўрнатмалар юқоридагидек ҳисобланади, фақат уларнинг асинхрон режимда ҳам ишга тушиш эҳтимоли мавжудлигини ҳисобга олиш зарур.

Синхрон двигателлар учун ток отсечкаси иккита параметрдан четлаштирилади:

- ишга тушиш токи сакрашининг максимал қийматидан ;
- двигателнинг носинхрон уланиш токидан.

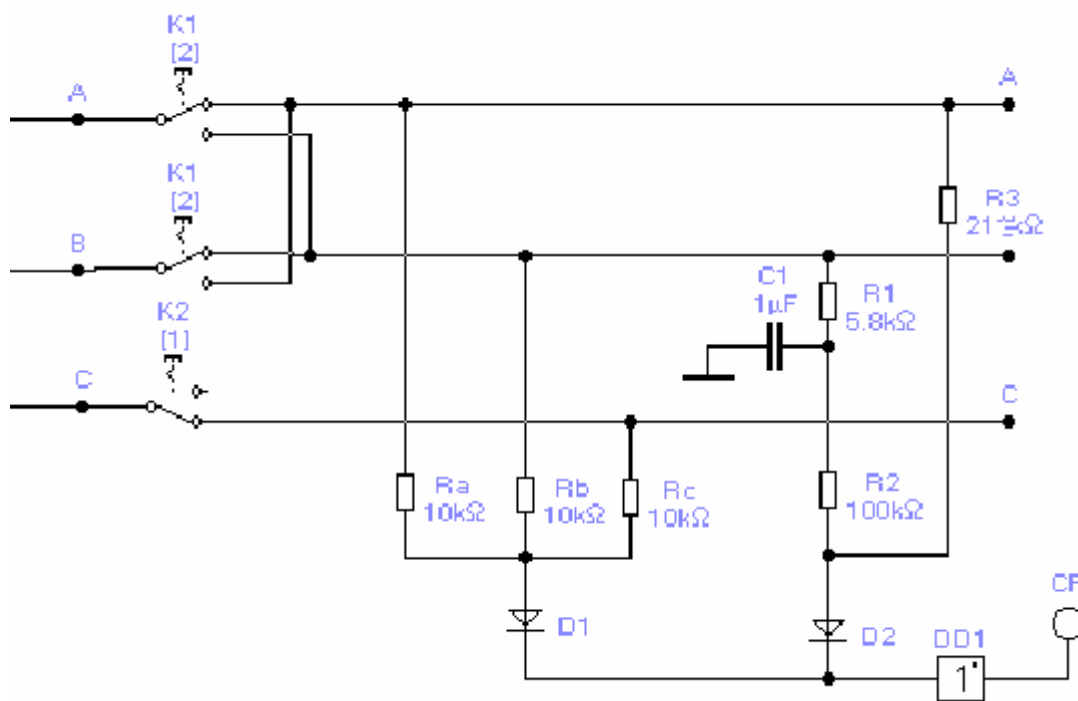
3. 2. Таъминловчи тармоқ кучланишининг сифати пасайишидан ҳимоя

Замонавий электр юритманинг функцияларидан бири юритма ва таъминловчи тармоқни юритма элементларининг ишдан чиқиши ёки электр энергия сифатининг бузилиши сабабли юзага келиши мумкин бўлган авария режимларидан ҳимоя қилишдир. Замонавий электр юритма тизимларининг кўпчилигда ҳимоя тизими курилмаларнинг диагностика тизими билан бирлаштирилган, натижада ишдан чиқиш сабабларини аниқлаш ва уларни бартараф қилишга кетадиган вақт кескин камаяди.

Таъминловчи тармоқ параметрлари сифатида қуйидагилар берилади: таъминловчи кучланишнинг қиймати, носимметриянинг катталиги, таъминловчи кучланиш фазаларининг кетма-кетлиги ва токнинг частотаси.

Таъминловчи кучланишнинг ортиб кетиши, пасайиб кетиши ёки носимметриясидан ҳимоя стандарт релелар (РН–57, ЕЛ–10 ва ҳ.к.) ёрдамида бажарилади ёки мос схемалар юритма таркибига киради. Таъминловчи кучланиш сифатининг йўл қўйиладиган чегаралардан четга чиқиши тўғрисидаги сигнал юритманинг авариявий тўхташига олиб келади.

Таъминловчи кучланиш фазаларининг нотўғри кетма-кетлиги ва фаза узилишидан ҳимоя тизимини куриш принципини CP (Connecting Protection) кўрайлик (3.2-расм).



3.2-расм. Таъминловчи кучланиш фазаларининг нотўғри кетма-кетлиги ва фаза узилишидан ҳимоянинг схемаси

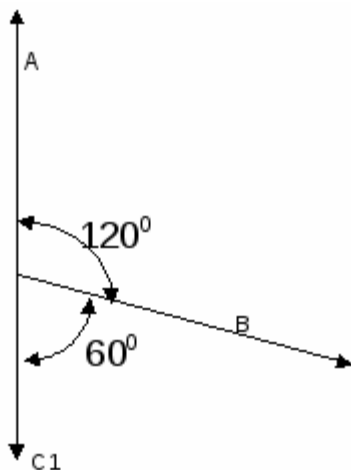
Тармоқдан уч фазали ўзгарувчан кучланиш схеманинг A, B ва C нуқталарига келади. R_a , R_d и R_c резисторлар симметрик ўлчаш занжирини ҳосил қилади. Уларнинг умумий нуқтасидаги кучланиш тармоқдаги таъминловчи кучланиш симметрик бўлганда нолга тенг бўлади

$$U_A + U_B + U_C = 0. \quad (1)$$

$R1$ резистор ва $C1$ конденсатор фаза силжитувчи занжирни ҳосил қилади. $C1$ конденсатордаги кучланиш (U_{C1}) тармоқдан келадиган U_B кучланишдан 60° га орқада қоладиган қилиб олинади. Шундай қилиб, $R2$ - $R3$ бўлгичга иккита қарама-қарши фазадаги кучланиш келтирилади: U_A ва U_{C1} (3.3-расм).

Вектор диаграммадан кўриниб турганидек, R_2 ва R_3 қаршиликлар тегишли тарзда танланганда бўлгичнинг чиқишидаги кучланиш ҳам нолга тенг бўлади:

$$R_2 U_{C1} + R_3 U_A = 0.$$



3.3-расм. Ҳимоя элементларининг вектор диаграммаси

$D1$ ва $D2$ диодлар битта ярим даврли тўғрилагичлар ва бир вақтнинг ўзида BA мантиқий элементнинг схемасини ташкил қиладилар. Таъминловчи тармоқда носимметрик режим юзага келганда, яъни (1) шарт бузилганда ёки фазаларнинг нотўғри кетма-кетлиги ҳосил бўлганда, яъни (2) шарт бузилганда, $DD1$ элементда бажарилган компараторнинг киришига тўғриланган мусбат кучланиш узатилади. $DD1$ элементнинг чиқишида ҳимоя ишлаганлигини кўрсатувчи сигнал, мантиқий "1" ҳосил бўлади. Ушбу ҳолда CP индикатор ёнади.

3.3. Якор токининг ортишидан ҳимоя

Якор токининг ортишидан ҳимоя классик схема бўйича бажарилади: токнинг оний ортиб кетишидан ҳимоя (OC – over current), токнинг давомий ортиб кетишидан ҳимоя (OL – over load). Катта қувватли электр юритмаларда қўшимча равишда ток ортиб бориш тезлигининг ортиб кетишидан ҳимоя тизими ўрнатилади.

Электр юритманинг химоя тизими икки босқичдан (қисмдан): кириш химоя қурилмаси ва электрон химоя тизимидан иборат бўлади. Ўз навбатида кириш химоя қурилмаси эрувчан сақлагичлар ва автоматик узгичларни ўз ичига олади. Электрон химоя тизими ишлаганда тиристорли ўзгарткич куч вентиллари бошқарувчи сигналларни узиб қўяди.

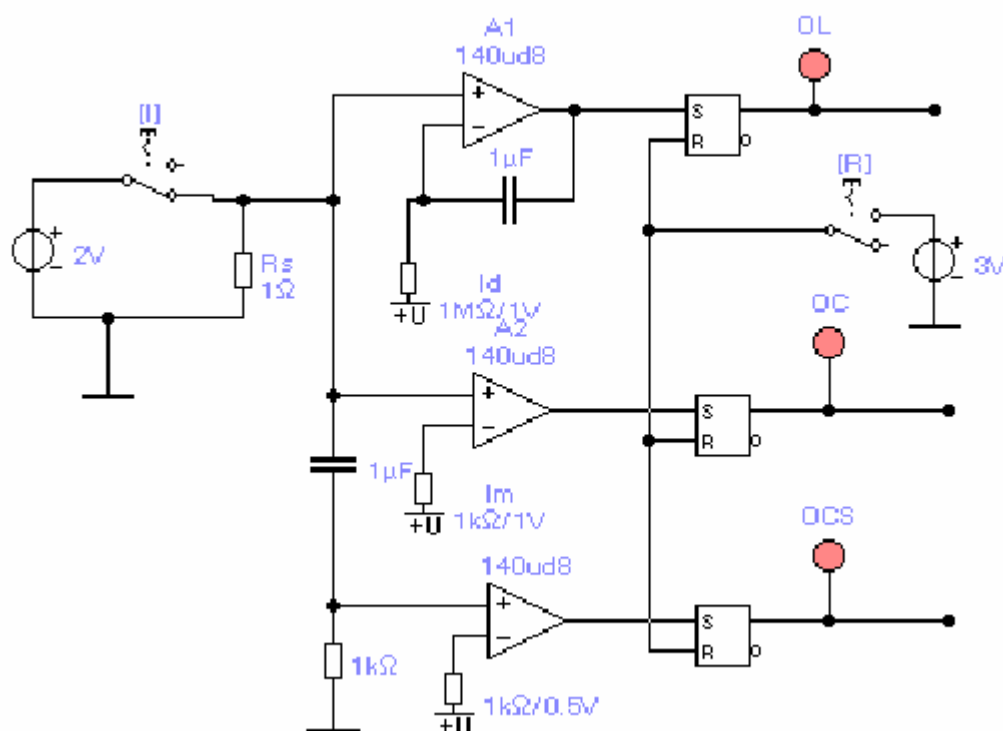
Лекин ярим ўтказгичли куч приборларида пробой бўлган бўлса бошқарувчи сигналларни олиб ташлаш вентиллarning ёпилишига олиб келмайди. Бу ҳолда химоя тизимининг биринчи босқичи, яъни кириш химоя қурилмаси ишга тушади ва аварияга учраган электр юритмани электр тармоғидан узиб қўяди.

Мисол сифатида электр юритманинг электрон химоя тизимини кўрайлик (3.4-расм). Токнинг ҳақиқий қиймати тўғрисидаги сигнал R_s ток шунтидан олинади. А1 кучайтиргичда бўсағавий интегратор бажарилган. Бошланғич ҳолатда интеграторнинг чиқишида ток ўрнатмаси катталигини белгилагичи L_d таъсирида манфий тўйиниш кучланиши бўлади. R_s шунтдаги сигнал $I_d = 1\text{ В}$ дан катта интегратор чиқишида чизиқли ортиб боровчи сигнални шакллантиради. Кучланиш мантикий бирдан ортганда химоянинг триггери "уланган" ҳолатга ўтади, бундай ҳолат химоянинг ишлаганига мос келади. Триггернинг чиқишидаги сигнал тиристорли ўзгарткичнинг ишлашини блакировка қилади ва OL химоянинг ишлаш индикаторига келади. Токнинг I_d ўрнатмадан ортиш вақти билан триггернинг ишлаш вақти орасидаги вақт оралиғи интегралловчи занжирнинг параметрлари ва токнинг ортиш катталиғи билан аниқланади. Шундай қилиб, OL химоянинг ампер-секунд характеристикаси шаклланади.

А2 кучайтиргичда бажарилган компаратор ва триггер токнинг оний ортиб кетишидан химояни (ОС – over current) ташкил қилади. Бошланғич ҳолатда А2 кучайтиргичнинг чиқишида ток ўрнатмаси катталигини белгилагичи I_m таъсирида манфий тўйиниш кучланиши бўлади. Ток ўрнатма I_m дан катта бўлса бир зумда компаратор ва триггернинг ҳолати ўзгаради, яъни токнинг оний ортиб кетишидан химояни ОС ишлайди.

А3 кучайтиргичда якор токи ортиш тезлигининг белгиланган қийматдан ортиб кетишидан ҳимоя – OSC бажарилган. Ток датчигидан сигнал кучайтиргичнинг киришига дифференциалловчи RC занжир орқали келади, ҳимоянинг қолган қисмининг бажарилиши ОС – over current ҳимоянинг бажарилиши билан бир хил.

Ҳимояларнинг триггерлари умумий ташлаш (бекор қилиш) R занжирига эга.



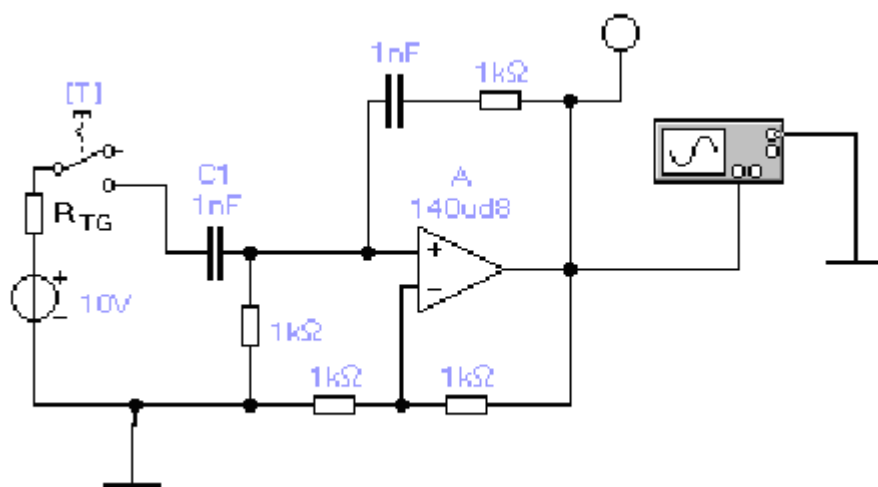
3.4-расм. Ток ортиб кетишидан ҳимоя тизимининг схемаси.

Схемани йиғиб ҳимоянинг ишлашини текшириб кўриш мумкин(3-расм). Куч занжиридаги I калит уланганда ОС ва OSC ҳимоялар дарҳол ишлайди, чунки R_S қаршилик занжиридаги ток ўрнатманинг I_m қийматидан катта ва токнинг ортиш тезлиги жуда катта. Ишлаган ҳимоялар ишламаган ҳолатга R калит ёрдамида ўтказилади. Тахминан 15 с вақт ўтгандан кейин OL ҳимоя ишлайди.

3.4. Электр юритмадаги авариялардан ҳимоя

Электр юритмадаги авариялардан ҳимоя тизими авария юзага келганди юритмани тўхтатиб қўйиш учун хизмат қилади. Масалан, тахогенератор занжиридаги узилиш ҳар қандай бошқариш сигналида ҳам юритманинг максимал тезлик билан айланишига сабаб бўлади.

Тахогенератор занжиридаги узилишдан ҳимоя (TG Protection) унинг актив қаршилигини ўлчаш асосида бажарилган (3.5-расм).



3.5-расм. Тахогенератор занжиридаги узилишдан ҳимоя (TG Protection)

Аппаратимон сигналлар генератори А кучайтиргичда бажарилган. Унинг ишлаши учун мусбат тескари боғланиш занжири бутун, хусусан тахогенератор чулғами ҳам узилмаган бўлиши керак. Тахогенератор чулғамида узилиш содир бўлганда генератордаги тебранишлар тўхтайди ва натижада TG ҳимоя ишлайди. Схеманинг чиқишига қўшимча тўғрилагич ва триггер уланади.

3.5. Электр двигателларни фаза узилишидан химоялаш қурилмасини ишлаб чиқиш

Электр двигателларни ишдан чиқиш сабабларини таҳлил қилиш, улар кўпчилик ҳолларда фаза узилиши натижасида ишдан чиқишини кўрсатди. Уч фазали электр двигателларда бирор фазанинг узилиши ўта юкланишга олиб келади.

Номинал юкламага эга бўлган электр двигателларда шикастланмаган фазалардаги ток статорнинг номинал токига нисбатан 1,6...2,5 марта ортада. Бунинг натижасида айрим қисмларининг, биринчи навбатда чўлғамининг ҳарорати кескин ортади. Натижада электр двигател ишдан чиқади.

Фаза узилганда электр двигателнинг айлантирувчи моменти камаяди. Бунда электр двигател роторига уланган юкламанинг (механизмнинг) қаршилиқ кўрсатиш моментиға боғлиқ ҳолда пастроқ тезлик билан айланиши ёки тормозланиши мумкин.

Агар электр двигател бирор фазаси узилган электр тармоғига уланса, унинг ротори айлана олмайди ва ундан катта қийматға эга бўлган юргизиш токлари нисбатан узоқ вақт давомида ўтиб электродвигателнинг ишдан чиқишиға олиб келади.

Синхрон ва асинхрон электр двигателларнинг ишлаш режимларининг таҳлили 60-70% ҳолларда уларнинг ишдан чиқиш сабаби носимметрик режим, хусусан фаза узилиши эканлигини кўрсатди.

Ишлаб чиқаришда кўплаб электр двигателларнинг фаза узилиши натижасида ишдан чиқиши ҳозирги вақтгача бундай режимдан ишончли химоя мавжуд эмаслигини ва ушбу муаммони ҳал қилиш долзарб масала эканлигини кўрсатади.

Ҳал қилинадиган муаммо. Электр двигателларни фаза узилишидан арзон, ишончли ва ихчам қурилма ёрдамида химоя қилиш.

Мақсад ва муаммолар. Юклама остида ишлаётган уч фазали асинхрон электр двигателлер бир фазанинг йўқолиб қолишиға (узилишиға) нисбатан жуда

сезгир. Фаза узилиши кўп учрайдиган шикастланиш турларидан бири бўлиб, унинг сабаблари қуйидагилар: фаза симининг узилиши, коммутация қурилмаси контактининг қуйиб қолиши, сақлагичнинг қуйиб кетиши ва бошқалар. Фаза йўқолганда двигател валидаги момент аввалгисича қолади, бунинг учун шикастланмаган фазалардаги тоқлар кескин ортади. Натижада двигател бир неча ўн секунд ичида йўл қўйиб бўлмайдиган даражада қизиб кетади, статор изоляциясида пробой юзага келиши ва қисқа туташув ҳосил бўлиши мумкин ҳамда двигател ишдан чиқиши мумкин. Бундан кейин двигател таъмирланади, чулғамлари қайта ўралади, натижада қўшимча моддий ва меҳнат ресурслари сарфланади, таъмирлаш вақти давомида двигател ишламайди.

Фаза узилиши айниқса қуввати ўртача ва кичик (1 дан 25 кВтгача) бўлган двигателлар учун характерли, чунки улар асосан автоматик улаб-узгичлар ва сақлагичлар ёрдамида ҳимоя қилинади. Автоматик улаб-узгичлар, одатда, иссиқлик (биметалл) ажратгичлар билан таъминланган бўлади. Кўпчилик ҳолларда улар ишчи тоқ бўйича катта захирага эга бўлади ва фаза узилганда аста секин қизийди, двигател қуйиб кетгунча (ишдан чиққунча) уни узишга буйруқни шакллантириб улгурмаслиги мумкин. Сақлагичлар ҳам тоқ таъсирида ажралиб чиқадиган иссиқликдан таъсирланади ва автоматик улаб-узгичлар сингари камчиликларга эга. Улар нисбатан узоқ давом этадиган ўта юкланишларда ишлайди. Автоматик улаб-узгичларнинг кўпчилиги электромагнит ажраткичларга эга. Электромагнит ажраткичлар тезкорлик билан ишлайди, лекин улар фақат қисқа туташувлардан таъсирланади, лекин улар фаза узилганда ишламайди.

Айрим машҳур фирмалар томонидан ишлаб чиқарилаётган фаза узилишидан ҳимояловчи қурилмаларининг нархи ҳимоя қилинадиган двигателнинг нархидан ҳам юқори.

Шуни таъкидлаш зарурки, жаҳон бўйича электр станцияларда ишлаб чиқарилаётган электр энергиянинг ярмидан кўпини кичик ва ўрта қувватли электр двигателлар истеъмол қилади.

Ишнинг мақсади кичик ва ўрта қувватли уч фазали асинхрон двигателлар учун арзон, ишончли ва ихчам ҳимоя қурилмасини ишлаб чиқиш.

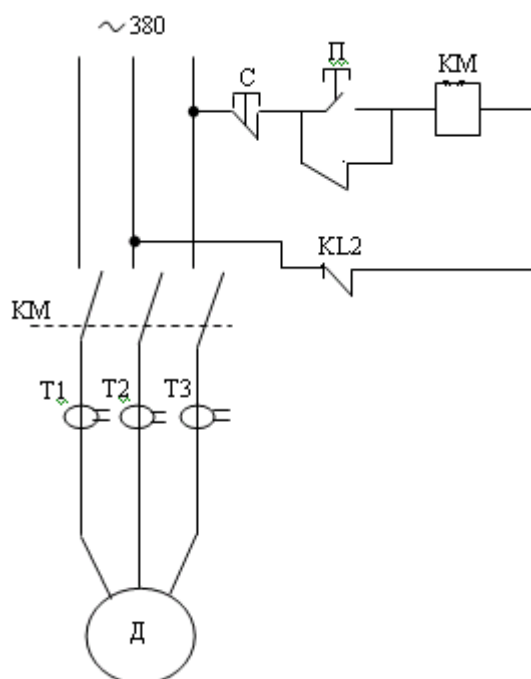
Ишнинг вазифаси асинхрон двигател ҳимоясининг ишчи намунасини электроника ва микроэлектроника элементларидан фойдаланиб тайёрлаш.

Ишнинг илмий-техникавий даражаси. Ҳимоя қурилмаси мантиқий ва микроэлектрон элементлар асосида тайёрланган ва текшириб қўрилган. Қурилмадаги деталлар сони кам ва у ишлаши учун жуда кам энергия истеъмол қилади. У истеъмол қиладиган қувват электромагнит элементлар ёрдамида тайёрланган шундай ҳимоя қурилмаси истеъмол қиладиган қувватдан юзлаб марта кам. Қурилманинг ўлчовчи қисмида ҳаракатланувчи элементлар йўқ, шу сабабли юқори даражадаги ишончлиликка эга. Юқори кучланишли бирламчи занжир билан алоқа кичик ўлчамли трансформаторлар ёрдамида амалга оширилади. Ушбу трансформаторлар қурилманинг ўлчовчи қисмини бирламчи юқори кучланишдан ажратади ва хавфсизлигини таъминлайди.

Ҳозирги вақтда фаза узилишидан ҳимоя учун ишлатилаётган қурилмаларнинг кўпчилиги электромагнит релеларда тайёрланган. Уларда энг ками 6 та электромагнит реле мавжуд, уларнинг ўлчамлари ва массаси лойиҳаланаётган қурилмага нисбатан ўн ва ундан ортиқ марта катта. Ҳаракатланувчи қисмлар ва контактларнинг мавжудлиги улар ишончлилигининг кескин камайишига олиб келади.

Двигател фаза узилишидан ҳимоясининг схемаси 1-4-расмларда келтирилган. Қурилма фаза тоқларининг учта датчигидан ташкил топган. Ўлчовчи органлар сифатида кичик ўлчамли ток трансформаторларидан фойдаланилган. Улар фаза тоқи 1.25 ... 1,5 А бўлганда тўйинади ва бу ҳолда чиқиш кучланиши (иккиламчи чўлҳамларидаги кучланиш 3,5 В га тенг бўлади. Юқорида келтирилган қийматлар қуввати 1кВт га тенг бўлган двигателга мос келади. Қуввати каттароқ двигателларда фаза тоқлари мос равишда (25 ... 30 А гача), трансформатор тўйинади ва иккиламчи кучланиш эгри чизиғи 3.5... 4В даражада қолади. Пайдо бўлиши мумкин бўлган

кучланиш сакрашлари тўғриловчи диодлардан кейин ўрнатилган конденсатор ёрдамида бартараф қилинади.



3.6-расм. Ҳимоянинг бирламчи занжири

3.6. Электр двигателларни фаза узилишидан ҳимоялаш қурилмасининг мантиқий қисмини ишлаб чиқиш

Электр двигателларни ишдан чиқиш сабабларини таҳлил қилиш, улар кўпчилик ҳолларда фаза узилиши натижасида ишдан чиқишини кўрсатди. Уч фазали электр двигателларда бирор фазанинг узилиши ўта юкланишга олиб келади.

Номинал юкламага эга бўлган электр двигателларда шикастланмаган фазалардаги ток статорнинг номинал токига нисбатан 1,6...2,5 марта ортада. Бунинг натижасида айрим қисмларининг, биринчи навбатда чўлғамининг ҳарорати кескин ортади. Натижада электр двигател ишдан чиқади.

Фаза узилганда электр двигателнинг айлантирувчи моменти камаяди. Бунда электр двигател роторига уланган юкламанинг (механизмнинг)

каршилиқ кўрсатиш моментиға боғлиқ ҳолда пастроқ тезлик билан айланиши ёки тормозланиши мумкин.

Агар электр двигател бирор фазаси узилган электр тармоғига уланса, унинг ротори айлана олмайди ва унан катта қийматға эға бўлган юргизиш токлари нисбатан узок вақт давомида ўтиб электр двигателнинг ишдан чиқишиға олиб келади.

Синхрон ва асинхрон электр двигателларнинг ишлаш режимларининг тахлили 60-70% ҳолларда уларнинг ишдан чиқиш сабаби носимметрик режим, хусусан фаза узилиши эканлигини кўрсатди.

Ишлаб чиқаришда кўплаб электр двигателларнинг фаза узилиши натижасида ишдан чиқиши ҳозирги вақтгача бундай режимдан ишончли ҳимоя мавжуд эмаслигини ва ушбу муаммони ҳал қилиш долзарб масала эканлигини кўрсатади.

Электр двигателлар фаза узилишидан ҳимояси рақамли интеграл микросхемалар асосида синтез қилиш унинг мавжуд ҳимояларға нисбатан электр энергияни истеъмол қилиши, ўлчамлари, қулайлиги ва ишончилиги бўйича афзалликларға эға бўлади. Шунинг учун электр двигателлар фаза узилишидан ҳимоясини интеграл микросхемалар, хусусан, ВА-ЭМАС, ЁКИ-ЭМАС мантиқий элементлар, дешифратор ва мультиплексор асосида синтез қиламиз.

Бунинг учун дастлаб ҳимоя мантиқий қисмининг ҳақиқийлик жадвалини тузамиз. Ҳимоянинг ижро этувчи органи А, В, С фазалардан бирида ток йўқолганда, яъни фазалардан бири узилганда двигателни манбадан узиши керак (ижро этувчи органға узатиладиган у сигнал 1 га тенг бўлиши керак). Икки ёки учала фазада ток бўлмаслиги двигател учун хавфли режим эмас (ижро этувчи органға узатиладиган у сигнал 0 га тенг бўлиши керак). Мантиқий элементларнинг киришиға кучланиш кўринишидаги сигналлар берилади. Шунинг учун А, В, С фазалардаги токларға мос равишда уларға пропорционал бўлган а, в, с кучланишларға алмаштирамиз.

Электр двигателлар фаза узилишидан ҳимояси мантиқий қисмининг ҳақиқийлик жадвали 3.1-жадвалда келтирилган.

3.1-жадвал

a	b	c	y
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

Бошқаришнинг кўпгина масалалари мантиқий шартларни таҳлил қилишга ва мантиқий буйруқларни ҳосил қилишга олиб келади.

Бошқариш қурилмасининг мантиқий функциясини 3.1-жадвалга асосан унинг қиймати 1 бўлган сатрлар учун ёзамиз.

$$y = a\bar{b}\bar{c} + a\bar{b}c + \bar{a}bc$$

Ҳосил қилинган мантиқий функцияни соддалаштириш учун Мантиқий алгебранинг асосий ифодалари, қоидалари ва теоремаларидан фойдаланамиз.

Мантиқий алгебранинг асосий қоида ва қонунларидан фойдаланиб мантиқий ифодаларни тўғридан-тўғри ёки Карно картаси ёрдамида минималлаштириш (ихчамлаштириш) мумкин.

$$y = a\bar{b}\bar{c} + a\bar{b}c + \bar{a}bc$$

ифодани янада ихчамлаштириш имконияти йўқ.

Карно картасидан фойдаланиб ҳам худди шундай натижага келишимиз мумкин. Учта ўзгарувчи учун Карно картасини тузамиз

3.2-жадвал

a	bc			
	00	01	11	10
0	0	1	0	1
1	1	0	0	0

Функцияни минималлаштириш учун 1га тенг бўлган қўшни катакларни ўзаро бирлаштирамиз. Бирлаштирилаётган катакларда ўзаро инверс қийматларга эга бўлган ўзгарувчини қисқартириш мумкин. Минималлаштириш мақсадида Карно картасида қатор, устун ёки тўртбурчакни ҳосил қилувчи 2, 4, 8, ..., 2^k катакни бирлаштириш мумкин, 3та катакни ёки 5та катакни бирлаштириш мумкин эмас.

Тузилган Карно картасида қиймати 1 га тенг бўлган қўшни катаклар мавжуд эмас. Шунинг учун қиймати 1 га тенг бўлган катаклар учун мантиқий функцияни ёзамиз:

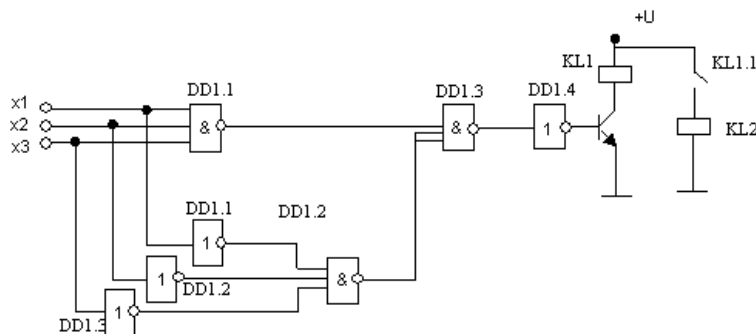
$$y = a\bar{b}\bar{c} + a\bar{b}c + \bar{a}bc$$

ВА-ЭМАС базисга ўтиш учун де Морган теоремасидан фойдаланамиз.

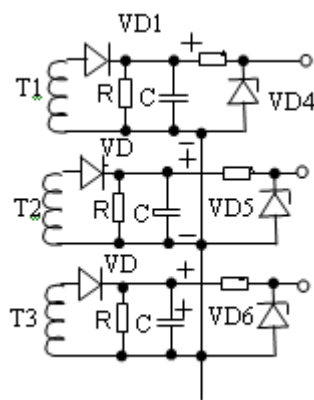
$$y = \overline{a\bar{b}\bar{c} + a\bar{b}c + \bar{a}bc} = \overline{a\bar{b}\bar{c}} \cdot \overline{a\bar{b}c} \cdot \overline{\bar{a}bc}$$

Ҳосил қилинган мантиқий ифодага асосан электр двигателлар фаза узилишидан ҳимояси мантиқий қисмининг схемасини тузамиз

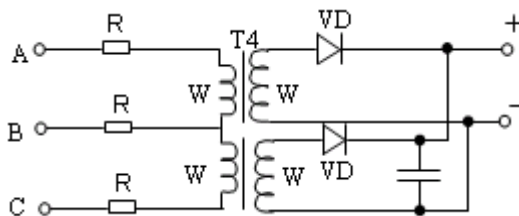
Қуйидаги расмда ҳимоя қурилмаси мантиқий қисмининг принципиал схемаси келтирилган.



3.7-расм. Электр двигателлар фаза узилишидан ҳимояси мантиқий қисмининг схемаси



3.8-расм. Ҳимоянинг ўлчовчи қисми



4-расм. Ҳимоянинг таъминлаш блоки

3.7. Яратилган ҳимояни техник-иқтисодий асослаш

Тайёрланган ҳимояни ишлатишдан кутилаётган йиллик иқтисодий эффект:

$$\mathcal{E} = \Pi [A (B_{\text{Б}} - B_{\text{Н}}) + E_{\text{Н}} (C_{\text{Б}} - C_{\text{Н}})] K_{\Pi} ,$$

Бу ерда A – битта электр двигатели ишдан чиққандаги ўртача зарарнинг қиймати; $B_{\text{Б}}$ ва $B_{\text{Н}}$ – бир йил давомида эски ва янги ҳимояларни ишлатганда ишдан чиқадиган электр двигателларнинг улуши; $E_{\text{Н}}$ – капитал маблағларнинг норматив эффективлик коэффиценти ($E_{\text{Н}} = 0,15$ олиш мумкин); $C_{\text{Б}}$ и $C_{\text{Н}}$ – эски ва янги қурилмаларнинг улгуржи нархлари; Π – электродвигателлар парки; K_{Π} – турли йиллардаги нархлар учун ўтиш кўпайтувчиси.

Статистик маълумотларга кўра бир йилда электр двигателларнинг ўртача 25% ишдан чиқади.

Битта электр двигател ишдан чиққанда кўриладиган зарарни 150 минг сўм деб баҳоланади. Айтайлик янги химоя қўлланилгандан кейин электр двигателларнинг ишдан чиқиши 10% дан кам бўлсин.

Иссиқлик релесининг нархи 7000 сўм ва янги химоянинг нархи 130000 сўм. Электр двигателларнинг умумий сони 12,5 млн. дона. Уларнинг 5% ига янги химоя ўрнатилган бўлсин.

Янги химоя ўрнатилгандан кейин кутилаётган иқтисодий эффект:

$$\Xi = 12,5 \times 10^6 \times 0,05 [150000 (0,25 - 0,1) + 0,15 (7000 - 130000)] 1 = 2531 \times 10^6 \text{ сўм} = 2531 \text{ млн. сўм.}$$

Кетган харажатларни қоплаш муддатини ҳисоблаймиз:

$$n_y = CI / P_K .$$

бу ерда n_y - кетган харажатларни қоплаш муддатининг кўрсаткичи; CI – инвестициялар ўлчами (лойиҳанинг нархига тенг қилиб олиш мумкин, яъни 3,5 млн. сўм.); P_K – йиллик тоза фойда.

Йиллик тоза фойда:

$$P_K = CP \times W = 2,5 \times 400 = 1000 \text{ минг. сўм,}$$

бу ерда CP – химоя қурилмасининг нархи (прогноз учун $CP = 2,5$ минг сўм олиш мумкин); W – йиллик ишлаб чиқариладиган химоялар сони $W = 400$).

$$n_y = CI / P_K = 3500 / 1000 = 3,5 \text{ йил.}$$

III-боб бўйича хулоса

1. Электр двигателлар фаза узилишидан химояси рақамли интеграл микросхемалар асосида синтез қилинди.
2. Ишлаб чиқилган химоя мавжуд химояларга нисбатан электр энергияни истеъмол қилиши, ўлчамлари, қулайлиги ва ишончлилиги бўйича афзалликларга эга.
3. Электр двигателларнинг эскирган химояларини алмаштириш. Асинхрон электр двигателлар замонавий электр тизимларида истеъмолчиларнинг асосини ташкил қилади. Ҳар йили уларнинг 10-25% ишдан чиқади.

4. Электр двигателларнинг ҳимояларига бўлган талабнинг ортиши уларни тайёрлашда замонавий электрон тизимларни қўллашни тақазо қилади.
5. Электр двигателлар учун янги хусусиятларга эга бўлган, эффектив электрон ҳимоя тизими ишлаб чиқилди.

Хулоса

Электр юритманинг ишончли ва тежамли ишлашини таъминловчи ва электр юритмаларда юзага келувчи шикастланиш ва нормал бўлмаган режимларни автоматик равишда бартараф қилувчи ҳимоя қурилмалари кўриб чиқилди ва таҳлил қилинди.

Электр юритмаларни ҳимоялаш қурилмаларига қўйиладиган талаблар кўриб чиқилди. Улар асосан танлаш, тезкорлик, сезгирлик, ишончилилик бўйича қўйиладиган талабларга жавоб бериши керак.

Юқорида келтирилган талабларга жавоб берувчи ҳимоя ҳозирги кунгача мавжуд эмас, ва бундай ҳимояни ишлаб чиқиш электр юритма электр таъминотида юз берадиган нормал бўлмаган режимларни чуқур таҳлил қилиш зарурлигини кўрсатди.

Электр юритманинг шикастланиш режимларини тадқиқ қилиш учун моделнинг MATLAB дастури да модел тузилди.

Унинг ёрдамида электр юритмани ҳимоялаш қурилмасининг схемасини синтез қилиш учун зарур бўлган режимларни, хусусан, қисқа туташув, ерга туташув, ўта юкланиш, кучланиш пасайиши ва бошқа режимларни тадқиқ қилинди.

Моделлаш натижалари асосида шикастланиш режимларининг характерли жихатлари аниқланди, жумладан, фаза узилиш режими юкланган двигател учун хавфли бўлиши, лекин қисқа туташувдан ҳимоялар ушбу режимдан ишламаслиги аниқланди.

Таҳлил натижалари фаза узилишидан ҳимояни такомиллаш ҳозирги кунда долзарб масала эканлигини кўрсатди.

Электр двигателлар фаза узилишидан ҳимояси рақамли интеграл микросхемалар асосида синтез қилинди.

Ишлаб чиқилган ҳимоянинг мавжуд ҳимояларга нисбатан электр энергияни истеъмол қилиши, ўлчамлари, қулайлиги ва ишончилиги бўйича афзалликларга эга.

Электр двигателларнинг эскирган ҳимояларини алмаштириш. Асинхрон электр двигателлар замонавий электр тизимларида исътемоличиларнинг асосини ташкил қилади. Ҳар йили уларнинг 10-25% ишдан чиқади.

Электр двигателларнинг ҳимояларига бўлган талабнинг ортиши уларни тайёрлашда замонавий электрон тизимларни қўллашни тақазо қилади.

Электр двигателлар учун янги хусусиятларга эга бўлган, эффектив электрон ҳимоя тизими ишлаб чиқилди.

Адабиётлар

1. И.А.Каримов. Баркамол авлод – Ўзбекистон тараққиётининг пойдевори, Тошкент, "Ўзбекистон", 1998 й.
2. И.А.Каримов. Ўзбекистон ХХІ аср бўсағасида, Тошкент, 1999.
3. И.Х. Сиддиков. Релели ҳимоя ва автоматика. /Ўқув қўлланма, ТДТУ, 2008 й.
4. Дадажонов Т. МАТЛАБ асослари. Олий ўқув юртлари учун ўқув қўлланма. Фарғона, «Техника», 2007, 570 бет.
5. Ўрозов Н., Расулов А. М., Ахунов Қ.Х. «Моделлаштириш» Олий ўқув юртлари учун ўқув қўлланма. Фарғона, «Техника», 2004, 186 бет.
6. С.С. Саидахмедов. Автоматик бошқариш назарияси. /Ўқув қўлланма, ТДТУ, 2008 й.
7. З.Н.М. Арипов, С. Камалов, Т.К.Жаббаров. Саноат корхоналарини ва қурулмаларини электр таъминоти. / Ўқув қўлланма, Т. Шарқ, 2005 й.
8. А. Имомназаров. Саноат корхоналари электр жихозлари. /Ўқув қўлланма, Т. Шарқ, 2005 й.
9. М.А. Беркович, В.А. Семенов. Автоматика энергосистем /Учебник, М. Энергия, 1991 г.
10. В.А. Андреев. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. /Учебник, М. Энергия, 1991 г.
11. Н.Р. Юсуфбеков ва бошқалар. Технологик жараёнларни бошқариш системалари. /Дарслик, Т. Ўқитувчи, 1997 й.
12. Копылов И.П. Математическое моделирование электромеханических систем– М: Энергия, 1986. – 315 с.
13. Дунаевский С.Я., Крылов О.А., Мазия Л.В. Моделирование элементов электромеханических систем – М: Энергия, 1971. – 288 с.

14. Кочубиевский И.Д., Стрежмейстер В.А., Калиновская Л.В. и др. – М: Энергия, 1978. – 303 с.
15. Лазарев Ю. [Моделирование процессов и систем в MATLAB. Учебный курс](#). Питер · 2004. - 512 стр.
16. В.П. Дьяконов. Matlab 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6 в математике и моделировании. М.: СОЛОН-Пресс, 2005. - 576с.
17. Hunt В.В. [Matlab. Официальный учебный курс Кембриджского университета](#). Триумф, 2008.
18. Дадажонов Т. “MATLAB асослари” .Ўқув қўлланма, ФарПИ, 2007. -570 б.
19. Дадажонов Т., Мухитдинов М. “MATLAB асослари” . Тошкент, Фан нашриёти, 2008. - 620 б.
20. Новгородцев А. Б. Расчет электрических цепей в MATLAB. Учебный курс. Издательство "Питер", 2003 г. - 256 стр.
21. В.П. Дьяконов. Matlab 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6 в математике и моделировании. М.: СОЛОН-Пресс, 2005. - 576с.
22. В.П. Дьяконов. Matlab 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6. Основы применения. М.: СОЛОН-Пресс, 2005. - 800с.
23. Дьяконов В. П., Абраменкова И. В. MatLab 5. Система символьной математики. М.: Нолидж, 2001.
24. Герман-Галкин С. Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем. СПб.: КОРОНА принт, 2001. 302с.
25. Герман-Галкин, Г.А. Кардонов "Электрические машины. Лабораторные работы на ПК".- СПб.: КОРОНА принт, 2003. - 256 с. ил.
26. "Recommended Practice for Excitation System Models for Power System Stability Studies," IEEE Standard 421.5-1992, August, 1992
27. IEEE Working Group on Prime Mover and Energy Supply Models for System Dynamic Performance Studies, "Hydraulic Turbine and

Turbine Control Models for Dynamic Studies," IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 7, No. 1, February, 1992, pp. 167-179.

28. Гультияев А. К. Визуальное моделирование в среде MatLab. СПб.: Питер, 2000. 429 с.
29. Дьяконов В. П. SIMULINK-4. Специальный справочник. СПб.: Питер, 2002, 601 с.
30. В.П.Дьяконов. MATLAB 6/6.1/6.5 + Simulink 4/5. Основы применения. Полное руководство пользователя. СОЛОН-Пресс, 2004.
31. В.П.Дьяконов. MATLAB 6/6.1/6.5 + Simulink 4/5 в математике и моделировании. СОЛОН-Пресс, 2003.
32. В. И. Карлащук. Электронная лаборатория на IBM PC. Лабораторный практикум на базе Electronics Workbench и MATLAB. СОЛОН-Пресс. 2004.
33. И.Черных. Simulink: среда создания инженерных приложений. Диалог-МИФИ. 2003.
34. Электропривод переменного тока с частотным управлением / Ю.Бюттер, Ю.М.Гусяцкий, А.В.Кудрявцев и др. Под ред. Г.А. Щукина. – М.: Изд-во МЭИ, 1989.
35. Х.Раҳимова , А.Аъзамов, Т.Турсунов. Мехнатни муҳофаза қилиш. «Ўзбекистон» нашриёти .: Тошкент, 2003 йил.
36. А.Эргашев. Умумий экология. “Ўзбекистон” нашриёти.: Тошкент, 2003й.
37. Правила устройства электроустановок. М.: Госэнергонадзор России, 1998 год, 608 с.
38. Александров А.М. Выбор уставок срабатывания защит асинхронных электродвигателей напряжением выше 1 кВ. СПб: ПЭИПК, 2010
39. Шнеерсон Э.М. Цифровая релейная защита. М.: Энергоатомиздат, 2007, 549 с.

- 40. http://www.rza001.narod.ru/txt/shabad_2/raschet_to.htm
- 41. <http://www.izl.ru/kastv.htm>
- 42. <http://marketelectro.dsx.ru/upload/File/sprav/sprav8.htm>
- 43. <http://www.platan.ru/cgi-bin/qwery.pl/id=730&group=10703>
- 44. <http://detalinadom.narod.ru/nabor/nabTDA2030.htm>
- 45. <http://schematic.by.ru/65/6502.htm>
- 46. <http://detalinadom.narod.ru/stats/UMZ200IV.htm>