

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ
ВАЗИРЛИГИ
БУХОРО МУХАНДИСЛИК ТЕХНОЛОГИЯ
ИНСТИТУТИ
“Э ва ИЧАКТ ” ФАКУЛЬТЕТИ
“Электроэнергетика ” КАФЕДРАСИ

**Самарадорлиги 9000 м³/соат бўлган насос қурилмасига асинхрон
мотор танлаш ва бошқариш схемасини ишлаб чиқиш.**

БИТИРУВ МАЛАКАВИЙ ИШИ

Бажарди:
Рахбар:

Жўраев А. Ҳ.
Маматов К.Р.,

Бухоро-2018

**Самарадорлиги 9000 м³/соат бўлган насос
қурилмасига асинхрон мотор танлаш ва бошқариш
схемасини ишлаб чиқиш.**

КИРИШ

Ҳар бир мамлакатнинг қудрати унинг техника ва технологиясини ривожланганлигини намоиш қилиш билан белгиланганидек, бу соҳани юксалтириш кўп жиҳатдан электр энергетикасининг чуқурроқ кириб бориши билан бевосита боғлиқдир. Электр энергиясини хориждаги ривожланган мамлакатлар каби Ўзбекистон республикасида ҳам йирик ишлаб чиқариш корхоналари, завод ва фабрикалар билан бир қаторда ҳар бир хонадон ва хўжаликларда мавжуд бўлган маиший хизмат кўрсатувчи асбоб ва ускуналар ҳам истеъмол қилади. Ишлаб чиқариладиган маҳсулот нави, техноло-гиясининг юқорилиги истеъмолчига берилаётган электр энергиясининг сифат кўрсаткичларига бевосита боғлиқдир. Сифат кўрсаткичлари ўз навбатида, бир неча энергетик параметрнинг меъёрийлаштирилган қийматларидан оғиши, ўзгариши каби тафовутлари орқали тавсифланади. Бундай кўрсаткичларга кучланиш, частота оғишлари, тебранишлари, кучланиши носинусоидаллиги, носимметрияси кабилар киради. Амалда электр энергияси устидан бўладиган ишларда бу жараёнларни турли тоифадаги электр истеъмолчиларига бўлган таъсирларини ўрганилар экан, электр параметрлар ва истеъмолчи ўртасида электромагинитавий мутаносиблик ўрин тутишлиги ҳақида кўплаб илмий, амалий тадқиқот ишлари ўтказилган [1,2,3].

Бундаги аксарият натижалар Ўзбекистон ҳудудида бўлмаган йирик металлургия ва кemasозлик саноати корхоналарига таалукли бўлиб, мамлакатимизнинг йирик

шаҳарларида етакчи корхоналар саналган кимёвий заводлар учун кам аҳамиятлидир. Фарғона вилоят марказининг ўзида бир неча "Фарғона нефтьни қайта ишлаш заводи", "Азот" ОАЖ, "Сунъий толалар ишлаб чиқариш", "Чарм олиш заводлари" каби техника ва технологиянинг чамбарчас боғланган марказлари мавжуд. Барча кимё корхоналари ҳақидаги зарурий ахборотларга тўхталиб ўтирмай, биргина "Азот" ишлаб чиқариш бирлашмаси саналган ўғит ва бошқа кимёвий моддаларга технологик ишловлар берилиши натижаси қанчалик даражада берилаётган электр энергиясининг сифат даражасига боғлиқлигини кўриш мумкин [16].

Давлатимиз раҳбари ташаббуси билан етакчи саноат корхоналарини техник ва технологик янгिलाш электр техника тармоғининг ҳам салоҳиятини янада оширмоқда. Шундай экан 2010 йилнинг тўққиз ойи давомида ускуналарни техник модернизация қилиш бўйича ниҳоясига етказилган 156 та лойиҳада давлатимиздаги барча вилоятлар ва туманлардаги ишлаб чиқариш корхонаси ҳам бор. Ташкилий-бошқарув масалаларини самарали ҳал этиш, ишлаб чиқаришни талаб этилган даражада модернизация қилиш ва техник қайта жиҳозлаш жараёнларини молиялаш корхонанинг янада ривожланишида кучли омил бўлди. Корхонадан олинган маолумотларга қараганда, кучланиши турли русумдаги трансформаторлар – мой ёрдамида ишлайдиган, ҳамда токни ўлчаш трансформаторлари учун ўрамларни ишлаб чиқаришни жадаллаштириш имконини берадиган ўраш дастгоҳларни корхонанинг модернизация қилиш мақсадида сотиб олинди. Янги ускуна одамларни зерикарли ва кўп меҳнат талаб қиладиган ишдан халос этиш билан бир қаторда уни самарали бажариш,

унумдорликни камида уч барабар ошириш имконини беради. Автоматик дастгоҳларни қўллаш ишлаб чиқарилаётган ускунанинг аниқлик даражасини яхшилайти, нуқсонларини камайтиради. Бу эса ундан узок вақт фойдаланиш имконини беради ва ишончли ишлашини таъминлайди. Корхона маҳсулотларига автомобил-созлик, нефт-газ соҳаси, кимё саноати, қишлоқ ва сув хўжалиги корхоналарида, фермер хўжаликлари, кичик ва хусусий компания ҳамда фирмаларда ҳам талаб катта. Корхонада 35 киловольтдан 500 киловольтгача кучланишни ва токни ўлчаш трансформаторларини ишлаб чиқариш ҳам ўзлаштирилди. Илгари улар чет элдан келтирилар эди. Бугунги кунга келиб мамлакатимиздаги “ЭЛУС” илмий-ишлаб чиқариш корхонасининг ушбу ускунани ишлаб чиқаришни йўлга қўйиши саноатнинг базавий тармоқларидаги шерикларига катта миқдорда валюта маблағини тежаш имконини бермоқда. Ишлаб чиқаришни модернизация қилиш натижасида кўп корхоналарда оғир меҳнатларни бажариш учун ва юкларни кўтариш учун кранлардан фойдаланилмоқда. Кранлар – юк кўтарувчи ускуна бўлиб вертикал ва горизонтал равишда юкларни нисбатан кичик масофаларга узатиб беради. Ўзининг конструктив тузилиши, вазифаси ҳамда ишлаш шароити бўйича кранлар – кўприкли, портал, чорпоя, минорали ва бошқаларга ажралади. [17]

Машинасозлик ва турдош корхоналарда кўприкли кранлар кенг қўлланилиб, бунда улар ёрдамида оғир заготовка, машиналарнинг қисмлари цехлар бўйлаб бўйлама ва кўндаланг равишда узатилади.

Кўприкли краннинг тузилиши асосан цехнинг хусусияти ва тех-нологиясига боғлиқ бўлади. Лекин, краннинг кўтариш ҳамда аравача механизми одатда турли

кранлар учун бир хил конструкцияда бажарилади. Мазкур битирув малакавий ишда самарадорлиги $9000 \text{ м}^3/\text{соат}$ бўлган насос қурилмасига асинхрон мотор танлаш ва бошқаричиқиш схемасини ишлаб ш вариантыни тузиш масаласи кўрилди.

НАСОСЛАР ҲАҚИДА УМУМИЙ ТУШУНЧАЛАР

Суюқликларни бир жойдан иккинчи жойга кўчиришга хизмат қилувчи қурилмалар насослар деб аталади. Насослар ишлаб чиқаришнинг барча соҳаларида жуда кенг қўлланилади. Улар алоҳида машина ёки агрегат сифатида ишлатилиши билан бир қаторда энергетик қурилмалар, транспорт машиналари, автоматик линиялар ва бошқа бир қатор мураккаб дастгоҳларнинг таркибий қисмлари сифатида ҳам ишлатилади.

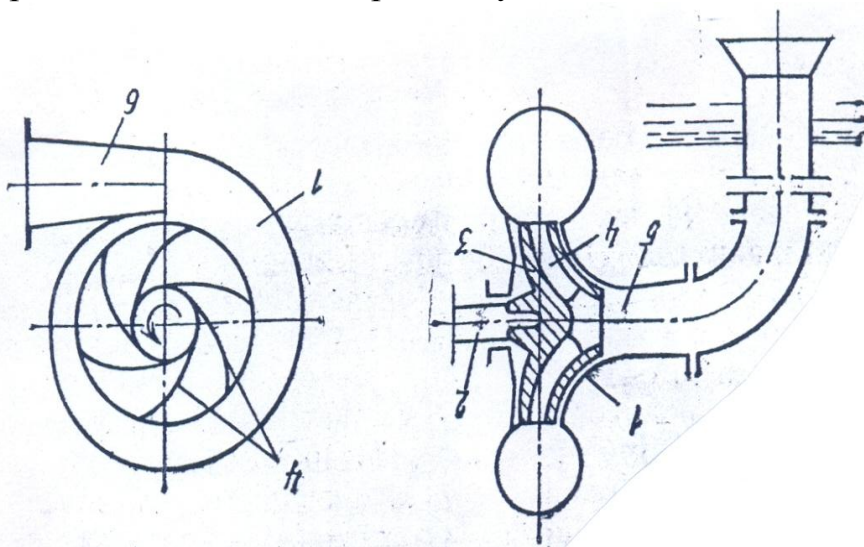
Насослар, насос қурилмалари ёки насос станциялари сув таъминоти ва канализация тизимларининг асосий ташкил этувчи ускуналаридир. Сув таъминоти тизимида насослар истеъмолчиларни (саноат корхоналарини, иссиқлик электр станцияларини, турар – жой мавзеларини) сув билан таъминдайди. Иситиш ва иссиқ сув билан таъминлаш тизимларида насослар иссиқ сувнинг истеъмолчилардан иссиқ сув ишлаб чиқариш корхоналарига (иссиқлик электр станцияларига, сув иситиш қозонхоналарига) қайтаришни таъминлайди. Канализация тизимларида ишлаётган насослар саноат корхоналари ва турар - жой мавзеларида ишлатилган оқава сувларни тозалаш иншоотларига узатишга хизмат қилади.

Насосларнинг асосий кўрсаткичларидан бири, бу насоснинг ҳажмий узатиши – вақт бирлиги ичида насоснинг қанча ҳажмда суюқлик узатишини англатади. Унинг ўлчов бирлиги $\text{м}^3/\text{секунд}$ ёки $\text{м}^3/\text{соат}$; шунингдек л/секунд ўлчов бирлиги ҳам қўлланилади. Суюқликнинг массаси деган тушунча ҳам қўлланилгани сабабли масса узатиши – вақт бирлиги ичида узатилаётган суюқликнинг массасини англатади ва ўлчов бирлиги $\text{кг}/\text{секунд}$ ёки $\text{кг}/\text{соат}$ бўлади.

Насоснинг яна бир асосий кўрсаткичи бу насос ҳосил қиладиган босим ёки босилиш кучидир. Босим МПа, кПа ёки кг/см^2 ларда ўлчанади, босиш кучи эса кўчирилаётган суюқликнинг қанча метр баландликка кўтарилганлиги билан ўлчанади.

Шунингдек, насоснинг асосий кўрсаткичларига унинг қуввати, яъни насос ёки насос агрегатининг ишлаётганида истеъмол қиладиган қуввати; фойдали иш коэффиценти (ФИК) – фойдали қувватнинг насос ёки насос агрегатининг истеъмол қиладиган қувватига нисбати.

Сув таъминоти ва канализация тизимларида ва шунингдек техниканинг бошқа соҳаларида ҳам асосан марказдан қочма насослар кенг қўлланилади.



1- расм. Марказдан қочма насоснинг тузилиш схемаси

1 – расмда марказдан қочма насоснинг тузилиш схемаси тасвирланган. Насос корпусининг ичи 1 спирал кўринишга эга бўлиб, унинг вали 2 га ишчи ғилдирак 3 қаттиқ қилиб маҳкамланган. Ишчи ғилдирак олди ва орқа дисклардан

иборат бўлиб, улар орасига ишчи ғилдиракнинг айланиш йўналишига тескари радиус бўйича букилган парраклар 4 ўрнатилган. Насос корпуси патрубклар 5 ва 6 ёрдамида сўрувчи ва босиш кучи қувурларга уланади.

Корпус ичи ва сўрувчи қувур суюқлик билан тўлдирилганида ишчи ғилдирак ишга туширилса, у ҳолда ишчи ғилдирак парраклари орасидаги суюқлик марказдан қочма кучлар таъсирида ғилдирак марказидан корпус ичининг четларига итарилади. Бунинг натижасида ғилдиракнинг марказида босим камаяди ва аксинча корпус ичининг чекка қисмида ошади. Бу босим таъсирида суюқлик насосдан босиш кучи қувурларига узатилади ва бир вақтнинг ўзида сўрувчи қувурлар орқали суюқлик насосга узатиб турилади. Шундай қилиб, марказдан қочма насоснинг узлуксиз суюқлик узатиши амалга оширилади.

Марказдан қочма насослар бир поғонали ва бир неча поғонали қилиб ишлаб чиқарилади. Марказдан қочма насослар неча поғонали бўлишидан қатъий назар суюқлик марказдан қочма куч таъсирида ҳаракатланади.

НАСОС ҚУРИЛМАЛАРИНИНГ ЭЛЕКТР ЖИҲОЗЛАРИ

Насос қурилмаларида асосан уч фазали синхрон ва асинхрон моторлар қўлланилади. Уч фазали электр моторлар стандарт 220, 380, 600, 6000 ва 10000 В кучланишларда ишлайдиган қилиб ишлаб чиқарилади. Қуввати 200 кВт гача бўлган насос қурилмалари учун номинал кучланиши 220/380 В бўлган моторлар қўлланилади ва қуввати каттароқ бўлган насос қурилмалар учун эса кучланиши 6 ёки 10 кВ бўлган моторлар қўлланилади.

Номинал кучланиши 1кВ гача бўлган моторларни ишга тушириш учун магнитли юриткичлар, контакторлар қўлланилади. Номинал кучланиши 1 кВ дан юқори бўлган моторларни ишга туширишда комплект тақсимловчи қурилмалар (КТҚ) ишлатилади. Насосларнинг иш режиларини назорат қилиб бориш ва авария ҳолатларидан огоҳлантириш учун махсус автоматик қурилма ва тизимлар қўлланилади.

Насос қурилмаларида кўп қўлланиладиган моторлар, булар ротори қисқа туташтирилган асинхрон моторлардир. Қуввати 199 – 200 кВт гача бўлган ротори қисқа туташтирилган асинхрон моторларини ишга тушириш қўшимча ишга тушириш қурилмаларсиз, уларни тўғридан – тўғри тармоққа улаб амалга оширилади.

Катта қувватли асинхрон моторларни ишга туширишда қуйидаги усуллар қўлланилади:

а) статор чулғамларини аввал «юлдузча» улаб, мотор номинал тезланишга эришгандан сўнг «учбурчак» усулда улашга ўтиш;

б) статор чулғамига қўшимча қаршилик улаб ишга тушириш;

в) автотрансформаторлар ёрдамида ишга тушириш.

Синхрон моторларни ишга тушириш учун аввал роторини айлантириб олиш зарур, бу эса роторидаги қисқа туташтирилган чулғам воситасида амалга оширилади.

Синхрон моторларларнинг қувват коэффицент юқори бўлиши билан бир қаторда, уларнинг тармоқ кучланиши ўзгаришларига нисбатан турғунлиги ҳам юқоридир. Шунинг учун, насос қурилмасининг қуввати 250 – 300 кВт дан катта бўлганида, синхрон моторларни қўллаш тавсия этилади.

Электр моторларнинг номинал тезликлари уларнинг кутблар жуфтлиги сонига боғлиқдир (1 - жадвал).

1 – ЖАДВАЛ

Кутблар сони	Синхрон моторнинг номинал айланиш тезлиги, айл/мин	Асинхрон моторнинг номинал айланиш тезлиги, айл/мин
1	3000	2890 – 2970
2	1500	1450 – 1480
3	1000	970 – 985
4	750	730 – 735
5	600	585 - 690

Ташки муҳит таъсиридан ҳимоялаш мақсадида электр моторлар турли ижроларда ишлаб чиқарилади: ҳимояланмаган, ҳимояланган, ёпиқ, томчидан ҳимояланган ва ҳ. к. Бино ичига ўрнатиладиган моторлар ҳимояланган турдаги моторлар бўлиши керак.

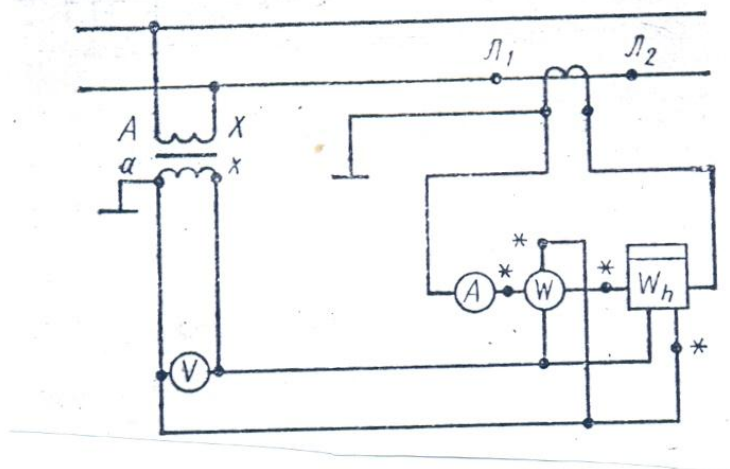
Нам хоналарда ишлайдиган қурилмаларнинг моторлари томчи сачрашидан ҳимояланган ва изоляцияси намликка чидамли бўлиши талаб этилади.

2 – ЖАДВАЛ

Насоснинг тури	Иш унумдорлиги, м ³ /соат	Босилиш кучи, м	Насоснинг ФИК	Моторининг куввати, кВт
К 90/20	90	20	0, 78	7, 5
К 160/20	160	20	0. 81	15, 0
К 290/18	290	18	0, 83	22, 0
К 290/30а	250	24	0, 75	30, 0
Д2000– 21	2000	21	0, 86	160, 0
Д–6300–27	4000	22	0, 79	400, 0
Д12500–24	12500	24	0,88	1250, 0

2 – жадвалда саноат корхоналарида суюқликларни бир жойдан иккинчи жойга транспортировка қилишда қўлланиладиган насосларнинг техник кўрсаткичлари келтирилган.

Насос қурилмаларининг электр жиҳоздари кўрсаткичларини назорат қилиш учун электр ўлчов асбоблари қўлланилади (2 – расм).



2 – расм. Насос қурилмаси мотори занжиридаги электр кўрсаткичларни ўлчаш схемаси:

A – амперметр, V – вольтметр, W – ваттметр, Wh – ўзи қайд қилувчи ваттметр, A– X, a – x – кучланиш трансформаторининг чулғамлари, Л₁, Л₂ – ток трансформаторининг чулғамлари

Насос қурилмаларининг унумдорлигини бошқариш ротори тезлигини ростлаш асосида амалга ошириш, энг замонавий усулдир. Насос ротори тезлигини ротлаш мотор билан насос қурилмаси орасига ўрнатилган механик узатиш қурилмалари (муфтalar, вариаторлар ва ҳ. к.) ёрдамида ҳамда мотор тезлигини ростлаш ҳисобига амалга

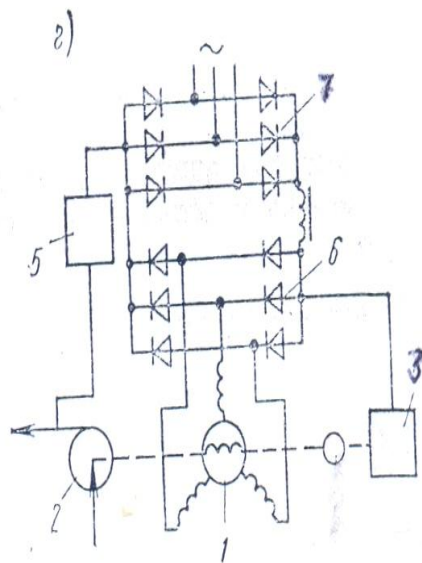
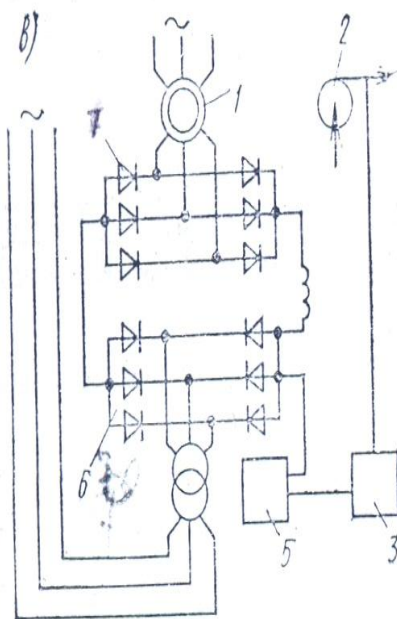
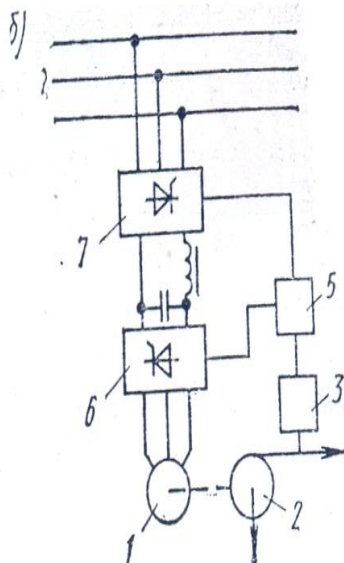
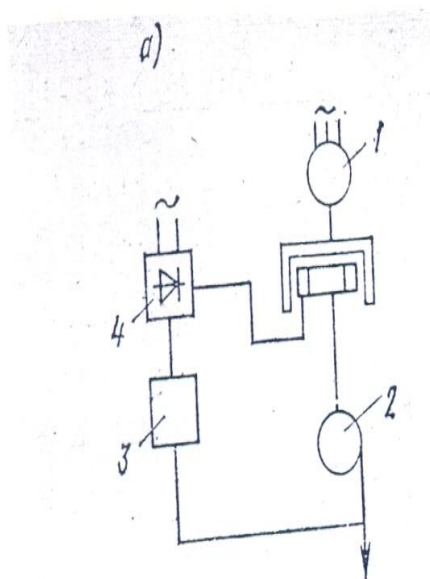
ошириш мумкин. Амалиётда ҳар икки усул ҳам кенг қўлланилади.

3 – расмда марказдан қочма насоси ротори тезлигини ростлаш автоматик бошқариш тизимларининг асосий схемалари келтирилган. 3 а – расмда насос ротори, мотор валига ўрнатилган индукторли сирпаниш муфтаси (ИСМ) орқали тезлиги ростланади. ИСМ қўзғатиш чулғамли индуктор ва якордан иборат. ИСМ нинг якори асинхрон ёки синхрон мотор валига маҳкамланади, индуктор эса насос роторига маҳкамланади. Айлантирувчи момент якор билан индуктор оралиғидаги тирқичдаги магнит майдон орқали узатилади. ИСМ нинг қўзғатиш чулғамидаги токни ўзгартириб насос ротори тезлиги ростланади. Бундай ИСМ ларни қуввати 160 – 225 кВт гача ва тезлиги 1000 – 1500 айл/мин бўлган насос қурилмаларида қўллаш мумкин.

Насос ротори тезлиги, асинхрон мотор статори чулғамидаги кучланиш частотасини ростлаб, бошқариладиган тизимнинг схемаси 3 б – расмда келтирилган. Бу юритманинг асосини ўзгармас ток звеноси мавжуд бўлган тиристорли частота ўзгартгич ташкил этади. Бундай ўзгартгичда таъминловчи тармоқ кучланишининг ўзгармас қийматли частотаси f_1 бошқарилувчан частота f_2 га ўзгартирилади. Моторнинг тезлиги частота f_2 га пропорционал равишда ўзгаради. Частота ўзгариши билан бир пайтда кучланиш ҳам ўзгаради ва ушбу доимйлик $f_2/u_2 = \text{const}$ частотанинг ўзгартириш оралиғида сақланиб туради.

Қуввати 10 – 160 кВт ли бўлган асинхрон моторларга мўлжалланган ЭКТ русумли ва шунингдек қуввати 37 – 400 кВт ли асинхрон моторлар учун эса ПЧР –

2 ва ПЧТ русумли частота ўзгартгичлар ишлаб чиқарилмоқда.



З – расм. Насос ротори тезлигини ростлаш схемалари:

1—электр мотор, 2 – насос, 3 – босим ростлагичи, 4 – ток ростлагичи, 5— бошқарилувчи тўғирлагич ва автоном инверторларнинг бошқарув тизими, 6 – автоном инвертор, 7 – бошқарилувчи тўғирлагич, 8 – инвертор

3 в–расмда асинхрон–вентилли каскад (АВК) схемаси келтирилган. Бу юритмада, фаза роторли асинхрон мотор роторидан берилаётган ЭЮК ни ўзгартириш ҳисобига тезлик ростланади. Мотор синхрон тезликдан паст тезликда мотор режимида ишлаётганида ротор токи бошқарилувчи тўғирлагичда тўғирланади ва инвертор режимида ишлаётган бошқарилувчи тиристорларда тармоқ кучланиши частотасига тенг частотали ўзгарувчан ток кучланишига ўзгаритирилади. Мотор роторининг тўғирланган кучланиши таъсири натижасида, трансформаторнинг бирламчи чулғамида ўтаётган ток тармоқ кучланиши билан тескари фазали бўлгани учун тармоққа актив қувват узатилади. Турғун иш режимида ротор токининг қиймати ротор ва инвертор кучланишларининг айирмаси билан аниқланади. Инверторнинг тўғирланган кучланиши қийматини ростлаш, бошқарув тизими орқали бошқарувчи импульсларнинг фаза силжиш бурчагини силлиқ ўзгартириб, амалга оширилади. Инверторнинг тўғирланган кучланиши ўзгариши мотор ротори токининг ўзгаришига олиб келади ва бу эса мотор моментини ўзгартиради. Моментнинг ўзгариши ўз навбатида тезликни ўзгартиради. Қуввати 2000 кВт гача бўлган фаза роторли асинхрон моторли насос қурилмаларини бошқаришда ТДП2 русумли АВК лар қўлланилади.

Насос қурилмасы учун асинхрон двигателнинг параметрларини

аниқлаш

Насос типі: ЦН 9000-180

$$Q = 9000 \frac{\text{м}^3}{\text{соат}} \quad H = 180 \text{ МВС} \quad \eta = 0,82$$

$$P_{\text{ном}} = 600 \text{ кВт}$$

Моторнинг типі: A4 – 630 – 4У3

$$U_{\text{ном}} = 6000 \text{ В} \quad P_{\text{ном}} = 630 \text{ кВт} \quad n = 1500 \frac{\text{айл}}{\text{мин}}$$

$$\eta = 95,1 \% \quad \cos \varphi = 0,88 \quad I_c = 72,5 \text{ А}$$

$$\frac{M_{\text{max}}}{M_{\text{ном}}} = 2,3 \quad \frac{M_{\text{II}}}{M_{\text{H}}} = 1,2 \quad \frac{I_{\text{II}}}{I_{\text{ном}}} = 5,7$$

$$J_{\text{рот}} = 13 \text{ кгм}^2 \quad J_{\text{мех.доп.}} = 280 \text{ кгм}^2$$

Синхрон айланиш частотани аниқлаймиз:

$$\omega_c = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_0}{60} = \frac{3,14 \cdot 2 \cdot 1500}{60} = 157 \frac{\text{рад}}{\text{сек}}$$

Асинхрон двигателънинг номинал айланиш частотаси:

$$\omega_{\text{ном}} = \omega_0 (1 - S_{\text{ном}}) = 157(1 - 0,013) = 154,9 \frac{\text{рад}}{\text{сек}}$$

Двигателнинг номинал моменти:

$$M_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{ном}} \cdot 10^{-3}}{\omega_{\text{ном}}} = \frac{630 \cdot 10^3}{154,9} = 4067 \text{ Нм}$$

Двигателънинг максимал моменти:

$$M_{\text{max}} = \lambda \cdot M_{\text{ном}} = 2,3 \cdot 4067 = 9354 \text{ Нм}$$

Статор ўрамининг актив қаршилиги :

$$R_1 = \frac{U_{1\text{фном}} \cdot S_{\text{ном}}}{I_{1\text{ном}}} = \frac{6000 \cdot 0,013}{72,5} = 1,07 \text{ Ом}$$

Асинхрон двигател статор ўрамидаги номинал ток:

$$I_{1\text{ном}} = \frac{P_{\text{ном}} \cdot 10^3}{3 \cdot U_{1\text{ф}} \cdot \cos \varphi_{\text{ном}}} = \frac{630 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 6000 \cdot 0,89} = 68 \text{ А}$$

Асинхрон двигателъ ротори ўрамининг келтирилган актив қаршилиги:

$$R_2' = \frac{U_{1\phi}^2 \cdot S_n}{\omega_0 \cdot M_{ном} \cdot \sqrt{3}} = \frac{6000^2 \cdot 0,013}{157 \cdot 4067 \cdot 1,73} = 0,245 \quad \text{Ом}$$

Асинхрон двигателнинг қисқа туташув вақтидаги йиғинди индуктив қаршилиги:

$$X_k = x_1 + x_2' = \frac{3 \cdot U_{\phi ном}^2}{2 \omega_0 \cdot \lambda \cdot M_{ном} \cdot \sqrt{3}} = \frac{3 \cdot 6000^2}{2 \cdot 157 \cdot 2,3 \cdot 4880 \cdot \sqrt{3}} = 17,7 \quad \text{Ом}$$

Асинхрон двигательнинг ишга тушириш momenti:

$$M_{II} = 1,2 \cdot M_{ном} = 1,2 \cdot 4067 = 4880 \quad \text{Нм}$$

Магнитлаш занжирининг индуктив қаршилиги:

$$x_\mu = \frac{U_{1\phi ном}^2}{0,3 \cdot \sqrt{3} \cdot I_{1 ном}} = \frac{6000^2}{0,3 \cdot 1,73 \cdot 72,5} = 159 \quad \text{Ом}$$

$$S_{кр} = S_{ном} \left(\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1} \right) = 0,03 \left(2,3 + \sqrt{2,3^2 - 1} \right) = 0,013 \cdot 4,37 = 0,057$$

$$S_{кр} = \frac{R_2'}{\sqrt{R_1 + x_k}} = \frac{0,245}{\sqrt{1,07 + 17,7}} = \frac{0,245}{4,33} = 0,0566$$

Критик момент:

$$M_{кр} = \frac{U_{1 ном}^2}{2 \cdot \omega_{ном} \left[R_1 + \sqrt{R_1^2 + x_k^2} \right]} = \frac{3470^2}{2 \cdot 154,8 \left(1,07 + \sqrt{1,07^2 + 17,7^2} \right)} = 9306 \quad \text{Нм}$$

Клосснинг соддалаштирилган формуласидан фойдаланиб асинхрон двигателнинг табиий механик характеристикасини қураимиз

$$M = \frac{2 \cdot M_{кр}}{\frac{S}{S_{кр}} + \frac{S_{кр}}{S}} = \frac{2 \cdot 9354}{\frac{S}{0,057} + \frac{0,057}{S}}$$

$M_c = f(\omega)$ муносабатнинг ҳисоби

$$M_C = M_{\text{салт.шилши}} + (M_{C.\text{ном}} - M_{\text{салт.шилши}}) \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_{\text{ном}}} \right)^2 =$$

$$= 610,05 \text{ Нм} + (3873,3 \text{ Нм} - 610,05 \text{ Нм}) \cdot \left(\frac{\omega}{154,9 \frac{\text{рад}}{\text{сек}}} \right)^2$$

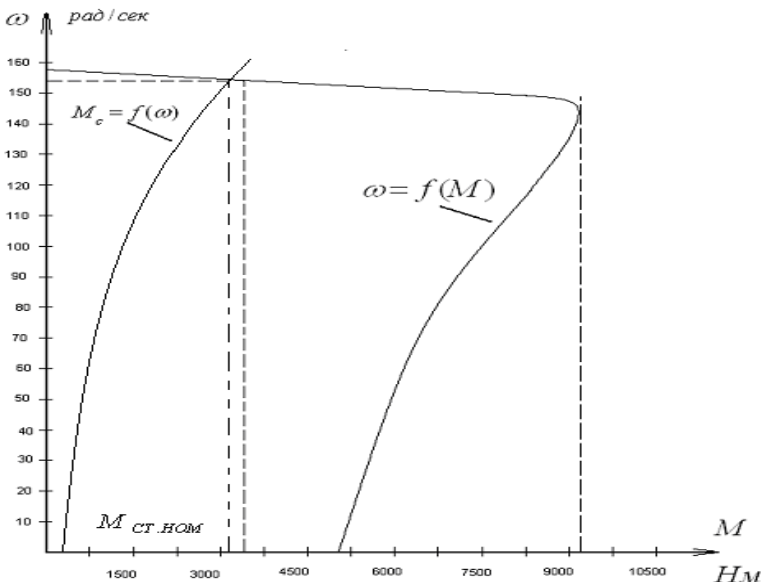
$$1) \omega = 0,4 \cdot \omega_{\text{ном}} = 61,96 \frac{\text{рад}}{\text{сек}} \quad 2) \omega = 0,7 \cdot \omega_{\text{ном}} = 108,43 \frac{\text{рад}}{\text{сек}}$$

$$M_C = 610,05 + 3263,25 \cdot 0,4 = 1915,35 \quad \text{Нм}$$

$$M_C = 610,05 + 3263,25 \cdot 0,7 = 2894,325 \quad \text{Нм}$$

$$M_{C.\text{ном}} = \frac{P_{C.\text{ном}}}{P_{\text{дв.ном}}} \cdot M_{\text{дв.ном}} = \frac{600 \text{ кВт}}{630 \text{ кВт}} \cdot 4067 \text{ Нм} = 3873,3 \text{ Нм}$$

$$M_{\text{салт.ши}} = (0,1 \div 0,25) M_{C.\text{ном}} = 0,15 \cdot M_{C.\text{ном}} = 0,15 \cdot 4067 \text{ Нм} = 610,05 \text{ Нм}$$



1-рasm. Мотор ва насоснинг механик хaрактеристикаси.

Асинхрон моторнинг табиий механик характеристикаси ва ишчи машинанинг статик характеристикаси

1-жадвал.

S	0	0,013	0,057	0,3	0,7	1
ω [рад/сек]	157	154,9	148	109,9	47,1	0
M [Нм]	0	4067	9354	7600	6000	4880

ЦН 1000-180 тармоқ насосининг Q-H характеристикасини кураимиз

$$Q = 9000 \frac{\text{м}^3}{\text{соат}} \quad H = 180 \text{ МВС}$$

Турли айланиш частоталари $\omega_{\text{НОМ}}$; $0,8\omega_{\text{НОМ}}$; $0,6\omega_{\text{НОМ}}$; $0,4\omega_{\text{НОМ}}$ учун насоснинг Q-H характеристикаларини кураимиз:

$$\frac{Q}{\omega} = \text{const}; \quad \frac{H}{\omega^2} = \text{const};$$

Бундан

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2}; \quad \frac{H_1}{H_2} = \frac{\omega_1^2}{\omega_2^2};$$

1) $\omega_1 = \omega_{\text{НОМ}}$ учун насоснинг характеристикасини кураимиз

$$Q_{\bar{6}} = \frac{\omega_1}{\omega_{\text{НОМ}}} \cdot Q_a = 1 \cdot Q_n; \quad Q = 1000 \frac{\text{м}^3}{\text{соат}}$$

$$H_{\bar{6}} = \frac{\omega_1^2}{\omega_{\text{НОМ}}^2} \cdot H_a = 1 \cdot H_a; \quad H = 180 \text{ МВС}$$

2) $\omega_1 = 0,8\omega_{\text{НОМ}}$ учун насоснинг характеристикасини кураимиз

$$Q'_{\bar{6}} = \frac{\omega_1}{\omega_n} Q'_a = 0,8Q_n; \quad Q = 0,8 \cdot 1000 = 800 \frac{\text{м}^3}{\text{соат}}$$

$$H'_{\bar{6}} = \frac{\omega_1^2}{\omega_n^2} H'_a = 0,64H'_a; \quad H = 0,64 \cdot 180 = 115 \text{ МВС}$$

3) $\omega_3 = 0,6\omega_{\text{НОМ}}$ учун насоснинг характеристикасини кураимиз

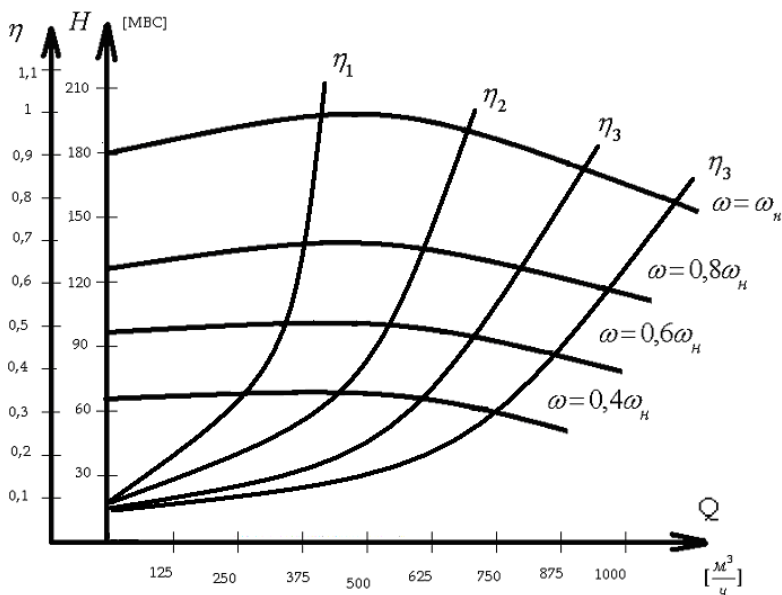
$$Q''_{\bar{6}} = \frac{\omega_1}{\omega_n} Q'_a = 0,6Q_n; \quad Q = 0,6 \cdot 1000 = 600 \frac{\text{м}^3}{\text{соат}}$$

$$H_{\phi}'' = \frac{\omega_1^2}{\omega_2^2} H_a'' = 0,3H_a'; \quad H = 0,3 \cdot 180 \text{ МВС} = 54 \text{ МВС}$$

4) $\omega_3 = 0,4\omega_{ном}$ учун насоснинг характеристикасини курамыз

$$Q_{\phi}''' = \frac{\omega_1}{\omega_n} Q_a''' = 0,4Q_n; \quad Q = 0,4 \cdot 1000 = 400 \frac{\text{м}^3}{\text{сoат}}$$

$$H_{\phi}''' = \frac{\omega_1^2}{\omega_2^2} H_a''' = 0,16H_a'; \quad H = 0,16 \cdot 180 = 288 \text{ МВС}$$



2-расм. 4Н1000-180 насоснинг Q-H характеристикалари

Частота ўзгартгичини танлаш

Тармоқ насоси техник талабларини кондиритиш мақсадида тиристорли частота ўзгартгичини танлаймиз.

Ўзгармас ток поғонали частота ўзгартгичлари инверторларга асосланиб ишлаб чиқарилади.

Инвертор бу ўзгармас токни ўзгарувчан токка айлантириб берувчи қурилма. Инверторлар автоном (муустақил) ва ноавтоном (номуустақил) каби турларга бўлинади.

Тармоқ билан боғланган инвертор (номустақил) – бу частотаси инвертор бераётган энергия частотасига тенг, лекин қуввати инвертор бераётган энергия қувватидан анча катта бўлган актив энергия манбаларига эга бўлган ўзгарувчан кучланиш тармоғига энергия берувчи инвертордир. Бундай инвертор тиристорларини бошқариш системаси одатда тармоқ билан синхронлаштирилган бўлади.

Автоном инвертор (АИ) – бу частотаси инвертор бераётган энергия частотасига тенг бўлган актив энергия манбаларига эга бўлмаган автоном юкламага ишловчи инвертордир. Бунда автоном инвертордан чиқаётган кучланиш формаси, кучланиш ва частота қиймати унинг иш режимига қараб аниқланади.

Ўзгармас ток двигателини электр энергия билан таминлашда автоном инвертор ишлатилади. Автоном инверторлар автоном ток инвертори (АТИ) ва автоном кучланиш инвертори (АКИ) каби турларга бўлинади. АТИ нинг чиқиш параметрлари юклама токи бўлса, АКИ нинг чиқиш параметри юклама кучланишидир. АТИ актив–сиғим юкламаларни электр энергия билан таминлашда ишлатилади ва актив-индуктив юкламаларни электр энергия билан таминлашда ишлатилмайди, чунки каммутация вақтида катта кучланиш ҳосил бўлиши мумкин. АКИ эса аксинча, актив-индуктив юкламаларни электр энергия билан таминлашда ишлатилади ва актив-сиғим юкламалар учун яроқли эмас, чунки коммутация вақтида катта ток сакрашлари содир бўлиши мумкин.

Юқорида тақидланганларни ҳисобга олган ҳолда, асинхрон двигателни электр энергия билан таминлаш учун АКИ частота ўзгартгичи танланади.

ПО «Ўзгартгич» номенклатурасидан ўзгарувчан ток электр юритмаси

ЭКТ – 75/6000 – 100 УХЛ4

ни танлаймиз.

Электр юритма қуйидагиларни таъминлайди:

1) Чиқиш кучланишини номинал қийматгача ростлаш, лекин таминол тармоғи кучланишидан ошмаслиги зарур, частота функцияси бўйича қуйидаги қонун асосида:

$$\frac{U}{f} = \text{const} = 4,0 \dots 7,6$$

2) 1,5 $I_{\text{ном}}$ ток билан 120 сек. давомида ишлашни

3) Ишга тушириш ва тормозланишни

4) Юклама 0,15.....0,9 силжиш коэффициентлари билан номинал токда ишлашни.

Электр юритманинг техник кўрсаткичлари

Чиқиш частотасининг номиналдан оғиши:	$\pm 0,5\%$
Юклама токининг оний қиймати, дан кўп эмас:	100 А
Фазалар сони	3

Чиқишдаги параметрлар

Номинал кучланиш	6000 В
Номинал ток	75 А
Номинал қувват	450 кВА
Номинал частота	50 Гц
Частотанинг ўзгариш диапазони	$1 \div 60$ Гц
Кучланишнинг ўзгариш диапазони	$0 \div 380$ В
Частота ўзгаришининг ишчи диапазони	$5 \div 60$ Гц
КПД	0,96
Қувват коэффиценти	0,88

ЧЎ-АД тизими статик характеристикаларини ҳисоблаш ва қуриш.

Асинхрон двигателъ статорига берилаётган частота ва кучланиш орасидаги боғлиқликни танлашда, кўпинча асинхрон моторни ўта юкланишга чидамлилиқ қобилиятдан келиб чиққан ҳолда, иситалган ростланувчан механик характеристика учун:

$$\lambda = \frac{M_{кр}}{M_c} = const$$

Статор чулғамидаги кучланиш тушувини ҳисобга олсак ва $x_k = f_1$ ва $\omega_0 = f_1$ эканлигини инобатга олсак

$$M_{кр} = \frac{3}{2} \cdot \frac{U_1^2}{\omega_0 X_k} \cdot A \cdot \frac{U_1^2}{f_1^2} \quad (1.1)$$

бу ерда :

А-кучланиш ва частотага боғлиқ бўлмаган коэффицент.

У холда таминот манбасининг исталган f_{1i} частотаси ва унга мос келувчи ω_i бурчак тезлик учун қуйидагини ёзиш мумкин :

$$\lambda(f_{1i}) = \frac{M_{\kappa pi}}{M_c(\omega_i)} = A \cdot \frac{U_{1i}^2}{f_{1i}^2 \cdot M_c(\omega_i)} = const \quad (1.2)$$

бу ерда :

U_{1i} – таминот манбаининг f_{1i} частотадаги фаза кучланиши (шунингдек, асинхрон мотор статор чулғаидаги)

$M_c(\omega_i) - \omega_i \approx \frac{2\pi f}{p}$ тезликдаги мотор валидаги юкламанинг статик

моменти.

Ростланаётган частотанинг исталган иккита f_{1i} ва f_{1r} қиймати учун қуйидаги муносабат бажарилиши лозим

$$\frac{U_{1i}^2}{f_{1i}^2(\omega_i)} = \frac{U_{1r}^2}{f_{1r}^2 \cdot M_c(\omega_r)} \quad (1.3)$$

Асинхрон мотор тезлигини частотани ўзгартириб ростлашдаги кучланиш ўзгариши қонуни :

$$\frac{U_{1i}}{U_{1r}} = \frac{f_{1i}}{f_{1r}} \cdot \sqrt{\frac{M_c(\omega_i)}{M_c(\omega_r)}} \quad (1.4)$$

Тезлик тиристорли частота ўзгартгичи асинхрон мотор тизими орқали ростланаётган, ростлаш қайси қонунга асосан олиб борилаётганини аниқлаш лозим. Мотор валида $M_c = const$ бўлганда двигателъ тезлигини ўзгармас холда ушлаб туриш лозим.

Бу холда эса таминот кучланишини $U_{1\phi} = f_1$ қонун асосида ростлаш лозим. Статор актив қаршилигини инобатга олган холдаги, частотани ростлашдаги кучланиш ўзгаришининг аниқлаштирилган қонуни:

$$U_{1*} = \sqrt{\frac{f_{1*} \cdot \rho_{1k} + \sqrt{(f_{1*}^2 + \rho_{1k}^2)(f_{1*}^2 + \rho_{1\mu}^2)}}{\rho_{1k} + \sqrt{(1 + \rho_{1k}^2)(1 + \rho_{1\mu}^2)}}} \cdot M_{c*}(f_{1*}) \quad (1.5)$$

бу ерда:

$$f_{1*} = \frac{f_1}{f_{1ном}} \quad M_c = \frac{M_c}{M_{cном}}$$

$$\rho_{1k} = \frac{R_1}{X_{\kappa\mu}} = \frac{1,07}{17,7} = 0,06$$

бу ерда:

$$X_{\kappa\mu} = X_1 + X_2' = X_k = 17,7 \text{ Ом} \quad \rho_{1\mu} = \frac{R_1}{X_{\mu\mu}} = \frac{1,07}{159} = 0,007$$

$$U_{1*} = \frac{U_1}{U_{1\text{ном}}}$$

АМ нинг критик сирпаниши

$$S_k' = \pm \frac{R_2'}{f_{1*} \cdot X_{\kappa\mu}} \sqrt{\frac{f_{1*}^2 + \rho_{1\mu}^2}{f_{1*}^2 \rho_{1k}^2}} \quad (1.6)$$

Таминот тармоғининг частотаси ўзгарган пайтдаги моторнинг критик моменти

$$M_{\kappa\mu}' = \frac{3}{2} \cdot \frac{U_*^2}{2\omega_{0\text{ном}} \cdot X_{\kappa\mu} \cdot \left[f_{1*} \cdot \rho_{1k} \pm \sqrt{(f_{1*}^2 + \rho_{1k}^2)(f_{1*}^2 + \rho_{1\mu}^2)} \right]} \quad (1.7)$$

Демак, частота 50 Гц дан пастга ростланганда моторнинг ўта юкланиш қобилияти деярли ўзгармас бўлиб қолади, яъни

$$\lambda = \frac{M_{\kappa\mu}'}{M_c(\omega)} = \frac{M_{\kappa\mu\text{ном}}'}{M_{\text{ном}}} = \text{const}$$

Частотали ростлашда АМ нинг механик характеристикасини кураётганда Клосс формулаларидан фойдаланамиз:

$$M = \frac{2M_{\kappa\mu}'(1 + a'S_{\kappa\mu}')}{\frac{S}{S_{\kappa\mu}'} + \frac{S_{\kappa\mu}'}{S} + 2a'S_{\kappa\mu}'} \quad (1.8)$$

бу ерда:

$$a' = \frac{R_1 \cdot f_{1*}^2}{R_2'(f_{1*}^2 + \rho_{1\mu}^2)}$$

Частота ўзгарганда $M_{\kappa\mu}'$ нинг қиймати кучланишнинг ўзгариш қонунидан аниқланади. U_{1*} кучланиш ўзгарганда исталган частота учун $\lambda = \text{const}$ шарт бажарилади.

$f=30\text{Гц}$ ва $U_{1*}=132\text{В}$ учун $S_{\kappa\mu}'$ ни аниқлаймиз

$$S'_{кр} = \frac{R'_2}{f_{1*} \cdot X_{кн}} \cdot \sqrt{\frac{f_{1*}^2 + \rho_{1\mu}^2}{f_{1*}^2 + \rho_{1k}^2}} = \frac{0,245}{0,6 \cdot 17,7} \cdot \sqrt{\frac{0,6^2 + 0,007^2}{0,6^2 \cdot 0,06}} = 0,023 \cdot 0,99 = 0,023$$

$$a' = \frac{R_1 \cdot f_{1*}^2}{R'_2 (f_{1*}^2 + \rho_{1\mu}^2)} = \frac{1,07 \cdot 0,6^2}{0,245(0,6^2 + 0,007^2)} = 4,45$$

$$M = \frac{2 \cdot 9306(1 + 4,45 \cdot 0,023)}{\frac{S}{0,023} + \frac{0,023}{S} + 2 \cdot 4,45 \cdot 0,023} = \frac{20511,6}{\frac{0,1}{0,023} + \frac{0,023}{0,1} + 0,2}$$

$$M'_{кр} = \frac{3}{2} \cdot \frac{U_1^2}{2\omega_{ном} \cdot X_{кн} \cdot \left[f_{1*} \cdot \rho_{1k} \pm \sqrt{(f_{1*}^2 + \rho_{1k}^2)(f_{1*}^2 + \rho_{1\mu}^2)} \right]} =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot \frac{3600^2}{2 \cdot 157 \cdot 17,7 \cdot \left[0,6 \cdot 0,06 + \sqrt{(0,6^2 + 0,06^2)(0,6^2 + 0,007^2)} \right]} = 9304 H_m \quad f=$$

50 Гц		4-жадвал				
S	0	0,023	0,1	0,5	0,7	1,0
M [Нм]	0	9306	8450	7885	6000	4580
ω [рад/сек]	157	154	141,3	78,5	47,1	0

f=40Гц		5-жадвал				
S	0	0,023	0,1	0,5	0,7	1,0
M [Нм]	0	9306	8450	7885	6001	4880
ω [рад/сек]	125,6	122,7	113,04	62,8	37,68	0

f=30Гц		6-жадвал				
S	0	0,023	0,1	0,5	0,7	1,0
M [Нм]	0	9306	8708	8106	7554	7012
ω [рад/сек]	94,2	92,03	84,78	47,1	28,26	0

f=20Гц		7-жадвал				
S	0	0,023	0,1	0,5	0,7	1,0
M [Нм]	0	9306	9005	8937	8845	8700
ω [рад/сек]	62,8	61,3	56,52	31,4	18,84	0

Тезликни ростлаш учун АКИ ли частота ўзгартгичини ҳисоблаш

Инверторли частота ўзгартгичида содир бўлаётган жараёнлар биринчи навбатда автоном инвертор турига ва ўтказувчанлик интервалини аниқловчи, қабул қилинган тиристорлар каммутацияси қонунига боғлиқ

$$\lambda = \pi \quad (\lambda = 180^\circ)$$

Тўғри ва тескари типдаги тиристорларнинг АКИ га бир

$$\text{вақтда ишлаш бурчаги} \quad \gamma_1 = \operatorname{tg} \varphi \cdot \ln \frac{4a-5}{a-2} \quad (1.9)$$

бу ерда:

$$a = \exp\left(-\frac{\pi}{3} \operatorname{tg} \varphi\right) = \exp\left(-\frac{\pi}{3} \operatorname{tg} 34^\circ\right) = 0,21$$

бу ерда:

φ -юклама токи ва кучланиши биринчи гармоникаларининг силжиш бурчаги ($\varphi = 34^\circ$)

у холда:

$$\gamma_1 = \operatorname{tg} 34^\circ \cdot \ln \frac{4 \cdot 0,2 - 5}{0,21 - 2} = 0,566$$

Чиқишдаги кучланишнинг таъсир этувчи қиймати:

$$U_{2\alpha} = \frac{\sqrt{\frac{\gamma_1}{\pi} + 1}}{\sqrt{6}} \cdot U_{np} = \frac{\sqrt{\frac{0,366}{9,14}}}{\sqrt{6}} \cdot 6000 = 2660 \text{ В}$$

Чиқиш кучланиши биринчи гармоникасининг таъсир этувчи қиймати :

$$U_2 = \frac{\sqrt{2}}{\pi} \cdot k_u \cdot U_{II} = \frac{1,41}{3,14} \cdot 0,9 \cdot 6000 = 2424 \text{ В}$$

бу ерда :

$$\begin{aligned} k_u &= \sqrt{2 - \frac{1}{4}(5 \cos \gamma_1 + \sqrt{3} \sin \gamma_1)} = \sqrt{2 - \frac{1}{4}(5 \cdot \cos 0,566 + 1,73 \cdot \sin 0,566)} = \\ &= \sqrt{2 - \frac{1}{4}(5 \cdot 0,969 + 1,73 \cdot 0,6016)} = \sqrt{2 - \frac{5,885}{4}} = 0,9 \end{aligned}$$

Чиқиш токи биринчи гармоникасининг таъсир этувчи қиймати:

$$I_2 = \frac{\pi \cdot k_u \cos \varphi}{3\left(\frac{\pi}{6} + \frac{1}{6}\gamma_1 - \frac{a-1}{a-2} \operatorname{tg} \varphi\right)} \cdot I_{II} \quad (1.10)$$

бу ерда :

I_{II} – инвертор киришидаги ўзгармас токнинг ўртача қиймати

$$I_{\text{ср}} = I_{II} \cdot (1 + \cos \varphi) = 72,9 \cdot (1 + 0,89) = 137,7 \text{ A}$$

бу ерда :

$$I_{II} = \frac{\frac{3}{\sqrt{2}} \cdot U_{II}}{z\pi^2 \cos \varphi} \cdot \left(\frac{\pi}{6} + \frac{1}{6}\gamma_1 - \frac{a-1}{a-2} \cdot \operatorname{tg} \varphi\right) = \frac{\frac{3}{1,41} \cdot 6000}{17,75 \cdot 3,14^2 \cdot 0,89} \cdot \left(\frac{3,14}{6} + \frac{1}{6} \cdot 0,566 - \frac{0,21-1}{0,21-2} \cdot 0,566\right) =$$

$$= 72,9 \text{ A}$$

$$z = \sqrt{R_1^2 + X_k^2} = \sqrt{1,07^2 + 17,72^2} = \sqrt{1,15 + 314} = 17,75 \text{ Ом}$$

у холда чиқиш токи биринчи гармоникасининг таъсир этувчи қиймати:

$$I_2 = \frac{\pi \cdot k_u \cdot \cos \varphi}{3\left(\frac{\pi}{6} + \frac{1}{6}\gamma_1 - \frac{a-1}{a-2} \cdot \operatorname{tg} \varphi\right)} \cdot I_{II} \cdot \frac{3,14 \cdot 0,9 \cdot 0,89}{3\left(\frac{3,14}{6} + \frac{1}{6} \cdot 0,566 - \frac{0,21-1}{0,21-2} \cdot 0,566\right)} \cdot 72,9 =$$

$$= \frac{2,51}{3(0,52 + 0,094 + 0,04)} \cdot 72,9 = \frac{2,51}{3 \cdot 0,604} \cdot 72,9 = 101 \text{ A}$$

АКИ ли ЧЎ нинг куч элементлари кераклича юкланган, токларнинг ўртача ва таъсир этувчи қийматлари куйдаги муносабатлардан аниқланади:

$$I_{\text{ср}} = I_{\text{ср}} \cdot E = 137,7 \cdot 0,33 = 45,4 \text{ A}$$

$$I_d = I_2 \cdot E = 101 \cdot 0,33 = 33,33 \text{ A}$$

Инвертор вентилидаги тескари кучлиниш:

$$U_{\text{тес.мах}} = k_u \cdot \sqrt{6} \cdot U_{II} = 0,9 \cdot 2,45 \cdot 6000 = 13230 \text{ В}$$

Диоддаги ўртача ток:

$$I_{\text{п.ср.}} = I_{II} (1 - \cos \varphi) = 72,9(1 - 0,89) = 8 \text{ A}$$

Бу ерда:

Е – токнинг тиристордан нисбий оқиб ўтиш давомийлиги ($E=0,33$). I_{cp} ва $I_{рд}$ – тиристордан ўтувчи хисобий токнинг ўртача ва таъсир этувчи қийматлари:

$$I_{рд} = \sqrt{3} \cdot I_{II} \cdot (1 - \cos \varphi) = 1,73 \cdot 72,9 \cdot (1 - 0,89) = 13,87 \text{ А}$$

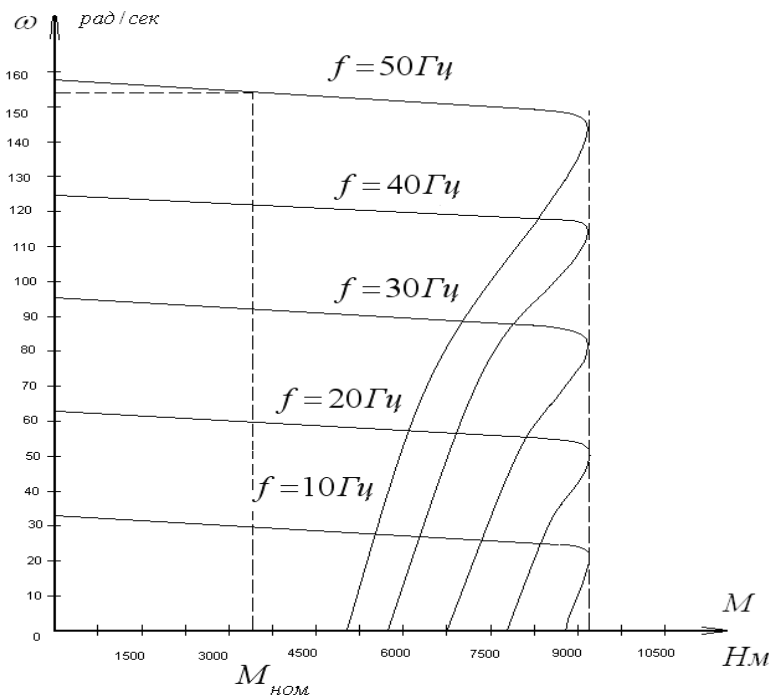
В – 25, II – класс туридаги диодларни танлаймиз.

Энди LC филтрни танлаймиз. У ростланаётган чиқиш кучланишини силлиқлаш, таминот тармоғи токи тебрангандаги кучланишнинг минимал пульсацияларини силлиқлаш ва тиристорларни қисқа туташув тоқларидан химоялаш учун зарур

$$LC = 1 + \frac{S_{кр}}{k^2 m^2 \omega^2} \quad \frac{L}{C} = (3 \div 5) \cdot 10^{-4}$$

$$\frac{L}{C} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ деб қабул қиламиз}$$

у холда $L_{сд} = 14 \text{ мГн}$ бўлганда



3-расм. Частота ўзгартгич асинхрон мотор тизимининг механик характеристикалари

Автоматик бошқарув тизимини танлаш.

Ўзгарувчан ва ўзгармас ток ростланувчан электр юритмаларда таминос манбаи сифатида одатда кичик бошқарув қувватига эга, юқори ФИК ва ишончилиқка эга тиристорли ва транзисторли ўзгартгичлар ишлатилади.

Ростлаш масаласи ростлагичларнинг универсал блокли системаси асосида амалага оширилади. Бу системанинг яратилиши микроэлектроникадаги ютуқлар ва электр юритмани ростлаш принципи устида олиб борилган назарий изланишлар туфайли содир бўлди.

Ўзгарувчан ва ўзгармас ток комплект тиристорли электр юритмалар ишлаб чиқаришнинг етакчи тармоқлари металлургия, тоғ-кон ишлари, машинасозлик ва бошқа бир қанча тармоқлар учун мўлжалланган.

Шунинг учун битирув ишимда автоматлаштирилган электр юритмали, частотали бошқарувга эга тармоқ насоси учун частота ўзгартгичи – асинхрон мотор комплект электр юритмани танлиман.

Частота ўзгартгичи-асинхрон мотор элементларини танлаш.

1) Инвертор элементларини танлаш.

Электр мотор номинал токини қуйидаги формула ёрдамида хисоблаймиз:

$$I_{ном} = \frac{P_{ном} \cdot 10^3}{3U_{ном} \cdot \cos \varphi} = \frac{630 \cdot 10^3 \cdot \sqrt{3}}{3 \cdot 6000 \cdot 0,89} = 68 \quad A$$

Асинхрон моторнинг максимал рухсат этилган токи:

$$I_{мах} = \frac{I_{II}}{I_{ном}} \cdot I_{ном} = 5,7 \cdot 72,5 = 413 \quad A$$

Агар юклама инверторга юлдуз усулида уланса фаза кучланиши икки поғонали формага эга бўлади $U_{II}/3$ ва $2U_{II}/3$. Бу кучланиш биринчи гармоникасининг таъсир этувчи қиймати

$$U_{ф.таъсир} = 0,45 \cdot U_{II} = 0,46 \cdot 8486B = 3900 \quad B$$

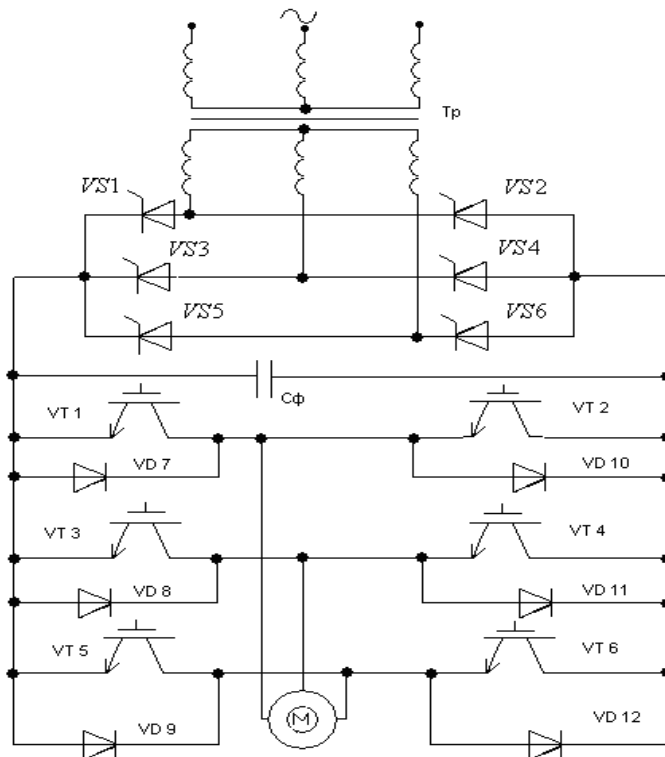
$$U_{II} = \frac{U_{юклама}}{0,707} = \frac{6000B}{0,707} = 8486 \quad B$$

Токнинг базис қиймати:

$$I_{\text{баз}} = 1,35 \cdot I_{\text{н.таъсир}} = 1,35 \cdot 72,5 \text{ A} = 97,8 \text{ A}$$

Фаза юклама токи қиймати:

$$I_{\text{н.таъсир}} = 0,74 \cdot I_{\text{баз}} = 0,74 \cdot 97,8 \text{ A} = 72 \text{ A}$$



3-расм. ЧЎ-М тизимининг кучли схемаси

Агар юклама токини синусоидал деб қабул қилсак, ҳар бир транзистор токининг нисбий максимал қиймати:

$$I_{TM}^* = 1,048$$

У ҳолда транзистор токининг максимал қиймати:

$$I_{TM} = 1,048 \cdot I_{\text{баз}} = 1,048 \cdot 97,8 \text{ A} = 102,5 \text{ A}$$

Кўприк схемадаги транзисторларнинг йиғинди максимал қиймати:

$$\sum I_{\Sigma M} = 6 \cdot I_{TM} = 6 \cdot 102,5 \text{ A} = 615 \text{ A}$$

Ҳисобланган натижалар бўйича «6000V-HVIFBT» серияли транзисторлар танлаймиз.

Диод токи қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$I_D = 0,666 \cdot 0,25 \cdot K_{cx} (1 - \cos \varphi_{ном}) \cdot I_{баз} = \\ = 0,666 \cdot 0,25 \cdot 1,41 \cdot (1 - 0,89) \cdot 97,8 = 2,5 \quad A$$

КД 227Е серияли диодларни танлайман.

Диоднинг доимий максимал тўғри токи:

$$I_{тўғ.мах.} = 5 \quad A$$

Доимий максимал тескари кучланиш:

$$U_{теск.мах.} = 850 \quad B$$

Инвертор токининг ўртача қиймати:

$$I_{ўр.инв.} = \cos \varphi_{ном} \cdot I_{баз} = 0,89 \cdot 97,8 A = 87 \quad A$$

Кириш конденсатори токининг таъсир этувчи қиймати:

$$C = \frac{I_{свх}}{\Delta U \cdot \omega} = \frac{9,7 A}{\Delta U \cdot 2\pi f \cdot 6} = \frac{9,7 A}{10 \cdot 3,14 \cdot 6} = 5140 \quad мкф$$

« CPF - 2000» маркали конденсатор танлиман (3 та кетма–кет).

Бошқариладиган инвертор элементларини танлаш.

$$E_{2л} = \frac{E_{d \max}}{1,35} = \frac{8436 B}{1,35} = 6250 \quad B$$

Максимал тескари кучланиш :

$$U_{тес.мах.} = 1,05 \cdot E_{d \max} = 1,05 \cdot 6250 B = 6562 \quad B$$

Вентилнинг ўртача токи:

$$I_{вен} = 0,33 \cdot I_{ўр.инв.} = 0,33 \cdot 87 A = 28,7 \quad A$$

Иккиламчи занжирнинг чизиқли токи:

$$I_2 = 0,817 \cdot I_d = 0,817 \cdot 87 A = 71 \quad A$$

Трансформаторнинг андозавий қуввати:

$$S_{TP} = 1,045 \cdot P_o = 1,045 \cdot I_{ўр.инв.} \cdot E_{2л} = 1,045 \cdot 87 A \cdot 625 B = 569 \quad кВА$$

Автоматик ростлаш тизимининг синтези

Якор занжири кучланишини ўзгартириб бошқариладиган ўзгармас ток системасига караганда мотор оқимини ростлаш учун алоҳида мустақил канал йўқлиги боис частотали ростлаш бироз қийин амалга оширилади. Бундай тизимнинг бошқа бир камчилиги мотор ўзгарувчан токда ишлагани боис асинхрон моторнинг бир қанча координаталарини ўлчаш қийин кечади.

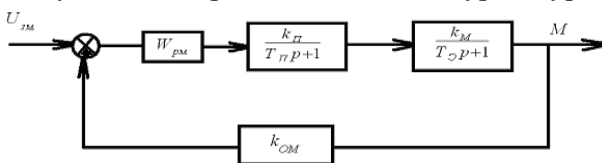
Тезлик частотали ростланувчи ёпиқ тизимларда, мотор оқими ва моментини ростлаш учун, бошқарилувчи параметрларни ўзгаришларини компенсацияловчи мусбат еки манфий тескари алоқалар ва ўзгарувчи параметрларни ўлчашнинг бевосита ва билвосита методлари ишлатилади.

Бизнинг ҳолда частотали бошқариш фақат тезликни ростлашни эмас, балки бир мейёрда тезланиш олган характердаги ўткинчи жараёнлар оқиб ўтишини, механик ўта юкланишларда моментни чегаралашни в.х.к. ларни таъминлаши керак. Тезликни ростлаш системаси моментни ростлаш бўйсинувчи контурини ўз ичига олиши керак.

Ушбу битирув ишида ЧЎ-АМ системаси учун бўйсинувчи ростлашнинг андозавий икки контурли электр юритма тизимини ишлатамиз.

Бўйсинувчи ростлашнинг икки контурли тизимини синтезини кетма-кеткоррекция усули орқали амалга оширамыз.

Момент бўйича тескари алоқага эга контурни кўриб чиқамиз:



4-расм. Момент контурининг структура схемаси

$W_{рм}$ - момент ростлагичининг узатиш функцияси

$$W_{п}(p) = \frac{K_{п}}{T_{п}(p) + 1} \text{ - транзисторли ўзгартгичнинг узатиш}$$

функцияси

$k_{п}$ - транзисторли ўзгартгичнинг кучайтириш коэффициенти

$$W_{э}(p) = \frac{k_{м}}{T_{э}(p) + 1} \text{ - асинхрон мотор электромагнитли}$$

қисмининг узатиш функцияси

$k_{м}$ - момент коэффициенти

$T_{э}$ - асинхрон мотор электромагнит вақт доимийси

Кетма-кет коррекция жараёнида моментни ростлаш очик контурини техник оптимумга созлашда моментни ростлаш статик хатолиги рўй бермайди.

$$W_{очик.М}(p) = \frac{1}{2T_{\mu}p(T_{\mu}p+1) \cdot \overline{k_{ом}}} \quad (1.11)$$

T_{μ} - компенсацияланмаган вақт доимийси.

Моментни ростлаш контури структура схемасидан ростлаш обектининг узатиш функцияси қуйидагича бўлиши намоён бўлади

$$\begin{aligned} W_{орм}(p) &= W_{\Pi}(p) \cdot W_{\mathcal{O}}(p) = \frac{k_{\Pi}}{T_{\Pi}p+1} \cdot \frac{k_{\mathcal{M}}}{T_{\mathcal{O}}p+1} = \\ &= \frac{k_{\Pi}k_{\mathcal{M}}}{(T_{\Pi}p+1)(T_{\mathcal{O}}p+1)} \end{aligned} \quad (1.12)$$

Исталган узатиш функцияни ростлаш обекти узатиш функциясига бўлиб момент ростлагичи узатиш функциясини ҳосил қиламиз:

$$\begin{aligned} W_{рм}(p) &= \frac{W_{очик.М}(p)}{W_{орм}(p)} = \frac{1}{2T_{\mu}p(T_{\mu}p+1) \cdot \overline{k_{ом}}} \cdot \\ &\cdot \frac{(T_{\Pi}p+1)(T_{\mathcal{O}}p+1)}{k_{\Pi}k_{\mathcal{M}}} \end{aligned} \quad (1.13)$$

Компенсацияланмаган вақт доимийсини қуйидагига тенг деб оламыз:

$$T_{\Pi} = T_{\mu} = 0.01 \text{ с};$$

T_{Π} - Етарлича кичик бўлган вақт доимийси

$$\begin{aligned} W_{рм}(p) &= \frac{1}{2T_{\mu}p \cdot k_{ом}(T_{\mu}p+1)} \cdot \frac{(T_{\mu}p+1)(T_{\mathcal{O}}p+1)}{k_{\Pi}k_{\mathcal{M}}} = \\ &= \frac{(T_{\mathcal{O}}p+1)}{2T_{\mu}pk_{ом}k_{\Pi}k_{\mathcal{M}}p} \end{aligned} \quad (1.14)$$

$T_u = 2T_{\mu}k_{ом}k_{\Pi}k_{\mathcal{M}}$ деб белгилаш киритамиз. Шундан сўнг момент ростлагичининг узатиш функцияси қуйидагича бўлади:

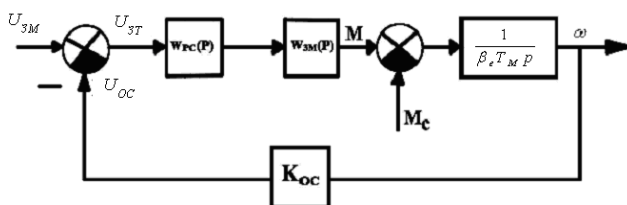
$$W_{рм}(p) = \frac{(T_{\mathcal{O}}p+1)}{T_u p} \quad (1.15)$$

Хосил қилинган момент ростлагичининг узатиш функцияси ПИ – ростлагичининг узатиш функциясидир, бу ерда T_u -ПИ ростлагичнинг интеграллаш доимийси.

Моментни ростлаш ёпиқ контурининг узатиш функцияси қуйидагича бўлади:

$$W_{\text{ёпиқ.М}}(p) = \frac{\frac{1}{k_{OM}}}{2T_{\mu}p(T_{\mu}p+1)+1} = \frac{\frac{1}{k_{OM}}}{2T_{\mu}^2p^2+2T_{\mu}p+1} \approx \frac{\frac{1}{k_{OM}}}{2T_{\mu}p+1}$$

Тезлик бўйича тескари алоқа контурини кўриб чиқамиз:



5-расм. Тезлик ростлагичининг структура схемаси

Схемага биноан тезликни ростлаш объекти моментни ростлаш ёпиқ контури ва электр юритманинг механик қисмидан иборат ва қуйидагича узатиш функцияга эга:

$$W_{\text{ТРО}}(p) = \frac{1}{\frac{k_{OM}}{2T_{\mu}p+1} \cdot \frac{1}{\beta \cdot T_M p}} \quad (1.16)$$

Техник оптимуига созлашда тезликни ростлаш контури учун исталган узатиш функция қуйидагига тенг бўлади:

$$W_{\text{рас.с}}(p) = \frac{\frac{1}{k_{oc}}}{2^i T_{\mu} p (2^{i-1} T_{\mu} p + 1)} = \frac{\frac{1}{k_{oc}}}{4T_{\mu} p (2T_{\mu} + 1)} \quad (1.17)$$

бу ерда:

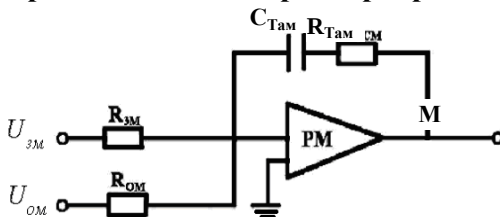
i -контур рақами, бизнинг ҳолда $i=2$

Тезлик ростлагичининг узатиш функцияси тезликни ростлаш контури учун исталган узатиш функциянинг тезликни ростлаш объекти узатиш функциясига бўлган нисбатидан аниқланади :

$$W_{pc}(p) = \frac{W_{pac.c}(p)}{W_{pc}(p)} = \frac{\frac{1}{k_{oc}}}{4T_{\mu}p(2T_{\mu}p+1)} \cdot \frac{(2T_{\mu}p+1)k_{om}\beta_e T_M}{1} = \frac{k_{om}\beta_e T_M}{4T_{\mu}k_{oc}} = k_{pc} \quad (1.18)$$

Бу тезлик ростлагичининг узатиш функцияси П-ростлагичнинг узатиш функциясидир, у тезлик ростлагичининг k_{pc} -кучайтириш коэффициентига тенг.

Момент ростлагичининг параметрларини танлаш



6-расм. ПИ – момент ростлагичи

ПИ – момент ростлагичининг интеграллаш доимийси куйидаги формула билан аниқланади :

$$T_u = 2T_{\mu}k_{om}k_{\Pi}k_M = 2 \cdot 0,01 \cdot 0,375 \cdot 600 \cdot 0,68 = 3,06 \text{ с}$$

бу ерда:

k_{om} – момент бўйича тескари алоқа коэффициентини.

Ростлагич тескари алоқа занжирининг вақт доимийси:

$$T_k = R_{осм} \cdot C_{осм} = T_{\vartheta} = \frac{1}{2\pi f \cdot S_{кр}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,057} = 0,055 \text{ с}$$

$R_{осм}=10\text{кОм}$ деб олиб, конденсатор сизими қийматини аниқлаймиз:

$$C_{осм} = \frac{T_{\vartheta}}{R_{осм}} = \frac{0,057}{10 \cdot 10^3} = 5,6 \text{ мкф}$$

Келтирилган занжир учун тескари алоқа коэффициентини (k_{om}) ни куйидаги формуладан фойдаланиб топамиз :

$$k_{ом} = k_{и} k_{дм} \cdot \frac{R_{зм}}{R_{ом}} = 0,0075 \cdot 50 \frac{R_{зм}}{R_{ом}} = 0,375 \frac{R_{зм}}{R_{ом}}$$

бу ерда :

$$k_{и} = \frac{U_{и}}{I_{и}} = \frac{0,075}{10} = 0,0075 \quad B \cdot A$$

$k_{дм}=50$ момент датчикининг кучайиш коэффициентини.

$R_{зм}=R_{ом}$ деб қабул қиламиз, шунда $k_{ом}=0,375$.

Ўзгартгичнинг кучайиш коэффициентини қуйидагича аниқланади:

$$k_{п} = \frac{U_{п}}{U_{у}} = \frac{6000B}{10B} = 600$$

Момент коэффициентини қуйидагича аниқланади:

$$k_{м} = \frac{M_{ном}}{U_{ном}} = \frac{4067}{6000} = 0,68$$

Момент ростлагичининг кучайиш коэффициентини:

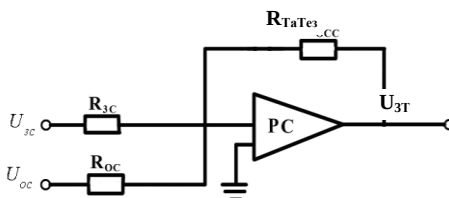
$$k_{у} = \frac{R_{осм}}{R_{зм}} = \frac{T_{э}}{T_{п}} = \frac{0,056}{3,06} = 0,018$$

$$R_{зм} = R_{ом} = \frac{R_{осм}}{k_{у}} = \frac{10 \cdot 10^3}{0,018} = 555 \quad кОм$$

Берилган моментнинг максимал кучланиши:

$$U_{зм} = k_{ом} \cdot M_{стоп} = 0,375 \cdot 2 \cdot 4067 = 3050 \quad B$$

Тезлик ростлагичининг параметрларини танлаш



7-расм. П-тезлик ростлагичи.

Ростлагич тескари алоқа занжирининг қаршилигини

$R_{осс} = 10 \text{ кОм}$ деб оламиз.

Тезлик ростлагичининг кучайиш коэффициенти:

$$k_y = k_{pc} = \frac{\beta_e T_M k_{OM}}{4 T_\mu k_{oc}} = \frac{178,6 \cdot 0,15 \cdot 0,375}{4 \cdot 0,01 \cdot 0,5} = 502,3$$

бу ерда:

β_e -асинхрон моторнинг механик характеристикасининг каттиқлик коэффициенти

$$\beta_e = \frac{2M_{кр}}{\omega_{ном} \cdot S_{кр}} = \frac{2 \cdot 2,3 \cdot 4067}{104,7 \cdot 0,0566} = 178,6 \quad \text{Нмс}$$

Электр юритманинг электромеханик вақт доимийси:

$$T_M = \frac{j_\Sigma}{\beta_e} = \frac{26}{178,9} = 0,15 \quad \text{с}$$

бу ерда:

$$j_\Sigma = 13 + 13 = 26 \quad \text{кгм}^3$$

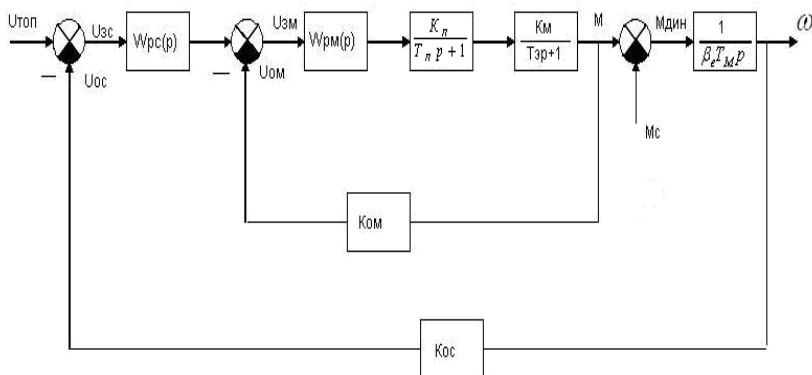
тезлик бўйича тескари алоқа коэффициенти

$$k_{oc} = \frac{k_{\pi}}{k_c} \cdot \frac{R_{3c}}{R_{oc}} = \frac{0,0318}{0,063} \cdot \frac{R_{3c}}{R_{oc}} = 0,5 \cdot \frac{R_{3c}}{R_{oc}} = 0,5 ;$$

$$k_{\pi} = \frac{U_{\pi}}{\omega_{ном}} = \frac{5}{157} = 0,0318 \quad \frac{B}{\frac{рад}{сек}} ;$$

$$k_c = \frac{U_{3c \max}}{\omega_{\max}} = \frac{10}{157} = 0,063 \quad \frac{B}{\frac{рад}{сек}} ;$$

$$R_{3c} = R_{oc} = \frac{R_{occ}}{k_y} = \frac{10 \cdot 10^3}{501,3} = 199 \quad \text{Ом} ;$$



8-расм. Икки контурли бўйсунувчиростланувчан структура схемаси.

Ёпиқ тизимнинг механик характеристикасини куриш.

$$W_{раз.c}(p) = \frac{k_{п}}{T_{п}p + 1} \cdot \frac{k_{м}}{T_{э}p + 1} \cdot \frac{1}{T_{м}p + \beta_{э}}$$

$$\beta_{раз.c} = k_{п}k_{м} = 600 \cdot 0,68 = 408 \frac{Нм}{рад / сек}$$

$$\Delta\omega = \frac{4T_{\mu}}{\beta_{раз.c} \cdot T_{м}} \cdot M_{доп} = \frac{4 \cdot 0,01 \cdot 2,3 \cdot 0,85 \cdot 4067}{408 \cdot 0,15} = 5,2 \frac{рад}{сек}$$

Юклама номинал моментга эга бўлганда тезлик тушуви қуйидагича топилади:

$$\Delta\omega = \frac{4T_{\mu}}{\beta_{раз.c} \cdot T_{м}} \cdot M_{ном} = \frac{4 \cdot 0,01 \cdot 4067}{408 \cdot 0,15} = 2,65 \frac{рад}{сек}$$

Ёпиқ тизимда тезлик тушуви қуйидагича аниқланади:

$$\beta_{зам} = \beta_{раз.c}(1 + k_{y}) = 408(1 + 50,2) = 2052$$

Юклама номинал моментга эга бўлгандаги тезлик тушуви:

$$\Delta\omega_{зам} = \frac{4T_{\mu}}{\beta_{зам} \cdot T_{м}} \cdot M_{ном} = \frac{4 \cdot 0,01}{2052 \cdot 0,15} \cdot 4067 = 0,5 \frac{рад}{сек}$$

Максимал моментда ёпиқ тизим тезлигининг тушуви:

$$\Delta\omega_{3AM} = \frac{4T_{\mu}}{\beta_{3AM} \cdot T_M} \cdot M_{доп} = \frac{4 \cdot 0,01 \cdot 2,3 \cdot 0,85 \cdot 4067}{2052 \cdot 0,15} = 1,3 \frac{рад}{сек}$$

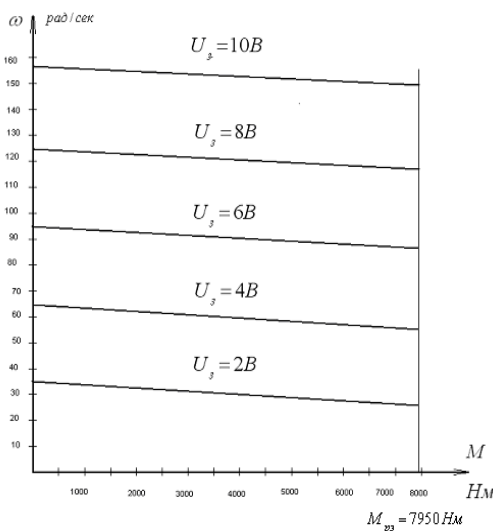
8-жадвал

M [Hм]	0	2000	4000	6000	7950
$U_3[B]10B$	157	156,75	156,5	156,25	155,7
$U_3[B]8B$	126,9	126,65	126,4	126,15	125,6
$U_3[B]6B$	95,2	94,75	94,5	94,25	94
$U_3[B]4B$	63,5	63,25	63	62,75	62,4
$U_3[B]2B$	31,75	31,5	31,25	31	30,7

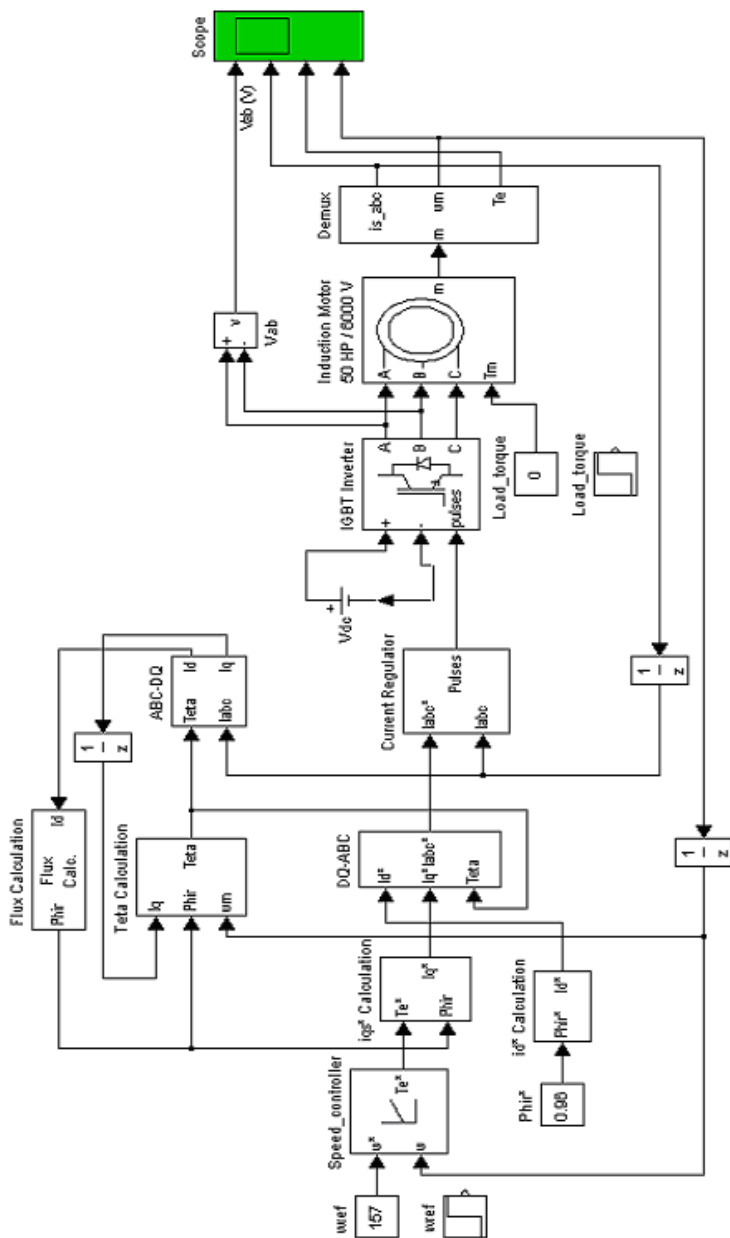
$$\omega = \frac{U_{3c}}{k_c} - \frac{4T_{\mu}}{\beta_{3AM} \cdot T_M} \cdot M$$

$$\omega = \frac{U_{3c}}{0,063} - \frac{4 \cdot 0,01}{2052 \cdot 0,15} \cdot M = \frac{U_{3c}}{0,063} - 0,00013 \cdot M$$

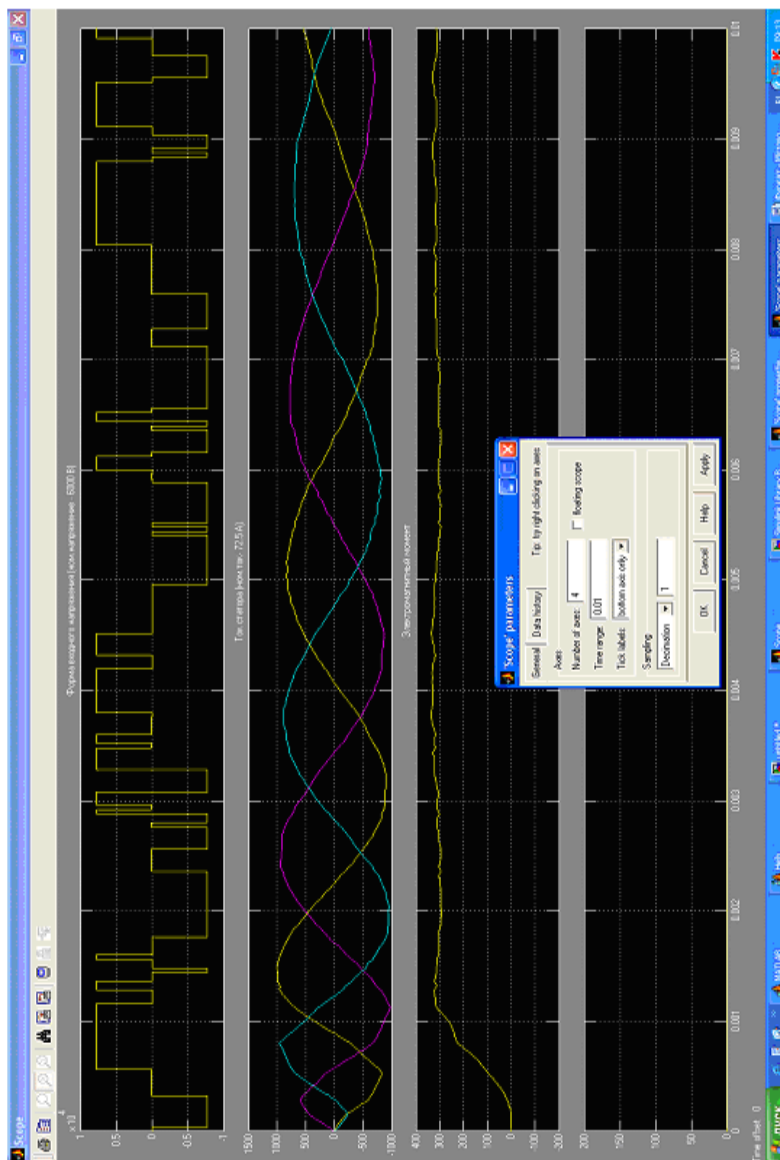
$$M_{доп} = 2,3 \cdot 0,85 \cdot M_{ном} = 2,3 \cdot 0,85 \cdot 4067 = 7950 \quad Hм$$



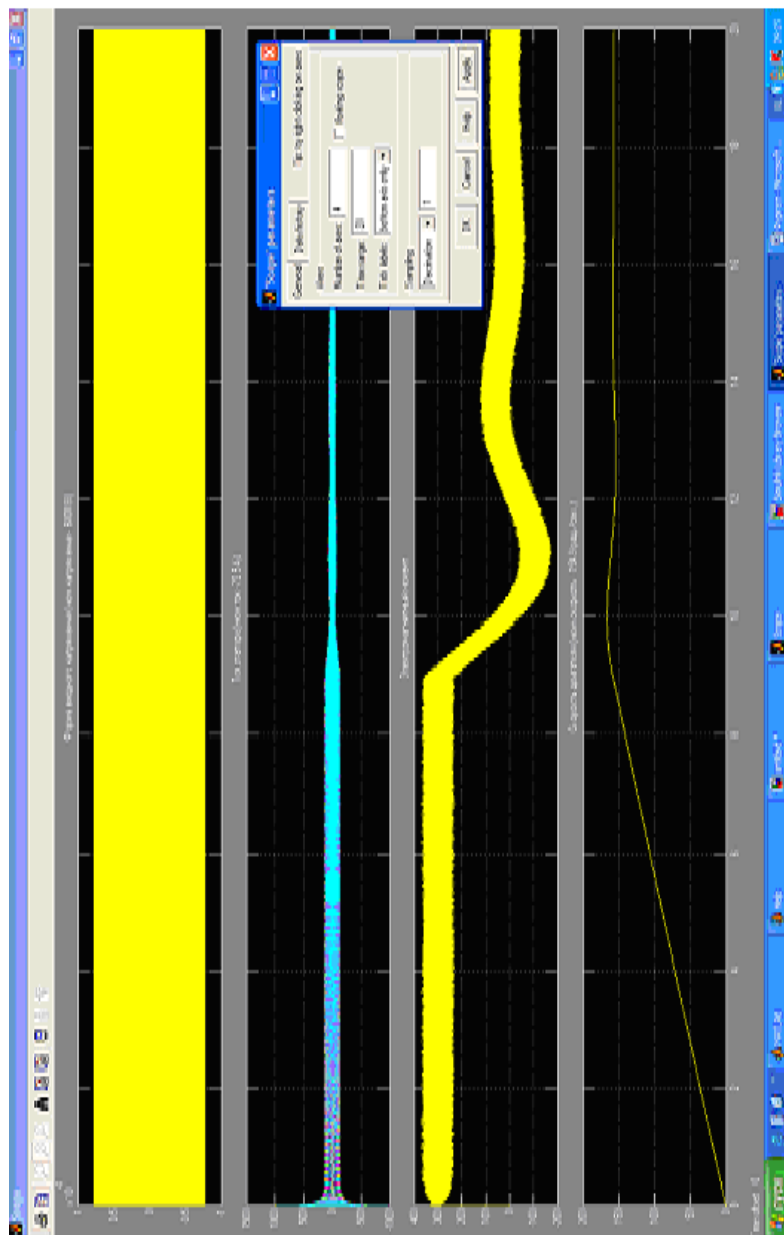
9-расм. Ёниқ тизимнинг статик характеристикалари



Частотали ишга туширишдаги АДнинг виртуал модели (630 кВт, 6 кВ, 1500 об/мин)



- 11- ----
- Моторни ишга туширишдаги ўтқинчи жараёнлар формаси (масштаб - 0,01 сек)
 (а-частота ўзгартгичининг чиқиш кучланиши; б-статор АВС фазаларидаги тоқлар;
 в-элект магнит момент)



12-

наг м

Моторни ишга туширишдаги ўткинчи жараён формалари (масштаб - 20 сек)
 (а-частота ўзгартгичнинг чиқишдаги кучланиши; б-статорнинг АБС фазаларидаги тоқлар;
 в-электрмагнит момент

ХУЛОСА

Ўзбекистон Республикаси Вазирлар маҳкамасининг 2006 йил 7-августдаги 164-сон қарори билан «Ёқилғи-энергетика ресурслари истемолчиларини энергетика текширувидан ўтказиш қоидалари» тасдиқланди. Бунда энергетика текширувларини ўтказишни намунавий дастури ва саноат корхоналари энергетик паспорти шакли берилган. Энергетик паспорт асосан саноат корхонасини энергия ресурсларидан фойдаланиш бўйича статистик маълумотлар тўпламидан иборат бўлиб, у энергия аудити ўтказувчи ташкилот томонидан энергетика текширувлари орқали аниқланади. Саноат корхоналарида энергетик паспортни жорий этилиши навбатдаги маъмурий тўсиқ эмас, балки, корхона маъмуриятига энергия тежаш имкониятларини аниқлаш ва режалаштиришга ёрдам бермоғи лозим. Бу энергетик паспортни ишлаб чиқиш салмоқли харажатларни талаб этиши билан бирга, корхоналарга бундай имкониятни таъминлай олмайди. Ушбу тадқиқотларни замонавий ахборот технологиялари асосида автоматлаштириш тадқиқот муддатини ва харажатларини қисқартириб унинг сифатини оширишни таъминлайди.

Маълумотлар базасида махсус киритиш формалари ташкил этилган бўлиб, истемол жараёнини тавсифловчи катталиклар киритилганда жорий вақтдаги энергиядан фойдаланиш кўрсаткичлари махсус дастурларда тезкор ҳисобланиб чиқарилади. Бунда маълумотлар базасини назорат элементлари билан билвосита ёки бевосита боғлаш имконияти мавжуд. Бунда электр энергиясини қайд қилувчи рақамли ҳисоблагичлар маълумотларидан фойдаланиш мақсадга мувофиқ. Чунки, бу ҳисоблагичлар электр энергияси истемоли бўйича ўнлаб катталикларни қайд қилиб боради ва жумладан, энергия тежаш тадбирлари учун зарур маълумотлар ҳам қайд этади. Энергетик паспортни бундай ташкил этилиши корхонада электр энергияси истемоли бўйича ташқи ва ички назоратни ўрнатиш имкониятини беради.

Адабиётлар.

1. О.О. Хошимов, А.Т. Имомназаров. Электр юритма асос-лари. Т.:2004.
2. О.О. Хошимов, Имомназаров А.Т. Электромеханик қурил-малар ва мажмуаларнинг элементлари. Т.:“ЎАЖБНГ” маркази, 2003.
3. Справочник по автоматизированному электроприводу/ Под ред. В.А. Елисеева и А.В. Шинянского – М.:Энергоатомиздат, 1982.
4. Башарин А.В, Новиков В.А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами. Л.:Энергоиздат, 1982.
5. Е.Н. Зимин, В.И. Яковлев. Автоматическое управление электроприводами. М.:Высшая школа, 1979.
6. Справочник по электрическим машинам/ Под общ. редак-цией И.П. Копилова и Б.К. Клюкова, М.:Энергоиздат, 1988.
7. Асинхронные двигатели серии 4А. Справочник/ А.Э.Кровчук, М.М. Шлаф, В.И. Афонин, Е.А. Соболевский, М.:Энергия, 1982.
8. Асинхронные машины общего назначения/ под ред. Е.П.Бойко, Ю.М. Ковалев и др. М.:Энергия 1980.
9. В.А. Елисеев. Непрерывное управление движением электроприводов. М.:МЭИ, 1982.
10. О. Xoshimov, S. Saidahmedov. Elektr yuritma asoslari. Т.:2010
11. Комплектные тиристорные электроприводы. Справочник/ И.Х. Евзеров, А.С. Горобец, Б.И. Мошкович и др; под ред. к.т.н. В.М. Перельмутере. – М.:Энергоиздат, 1988.
12. Система подчиненного регулирования электроприборов переменного тока с вентильными преобразователями./ О.В.Слижановский, Л.Х. Дацковский, И.С. Кузнецов и др. – М.:Энергоиздат, 1983.
13. Башарин А.В., Посейников Ю.В. Примеры расчета автоматизированного электропривода на ЭВМ. Л.:Энерго-атомиздат, 1990.
14. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами. / под ред. Круповича В.И., Барбина Ю.Г., Самовера М.Л. М.:энергоиздат, 1982.

Мундарижа

Асинхрон моторнинг статик характеристикасини ҳисоблаш	5
Асинхрон моторнинг табиий механик характеристикаси	8
Частота ўзгартгичини танлаш	9
Моторнинг статик тавсифи	9
ЧЎ-М тизимининг куч схемаси	12
Автоном инвертор таркибидаги уч фазали кўприксимон бошқарилмайдиган тўғирлагичнинг элементларини ҳисоблаш ва танлаш	13
Автоматлаштирилган ростлаш тизимини қулайлаштириш	14
Икки контурли бўйсинувчи ростланувчан тизимнинг структура схемаси	15
Ростлагич параметрларини танлаш	17
Тезлик ростлагичи	19
Электр юритманинг статик характеристикаларини ҳисоблаш	20
Электр юритманинг очиқ тизимидаги статик характеристика- сини ҳисоблаш	20
Электр юритманинг очиқ тизимдаги статик характеристикаси	21
Электр юритманинг ёпиқ тизимдаги статик характеристикаси- ни ҳисоблаш	22
Электр юритманинг ёпиқ тизимдаги статик характеристикаси	22
МИСОЛ	23
Асинхрон моторнинг табиий механик характеристикаси ва ишчи машинанинг статик характеристикаси	26
4Н1000-180 насоснинг Q-H характеристикалари	27
Частота ўзгартгичини танлаш	27
Электр юритманинг техник кўрсаткичлари. Чиқишдаги пара- метрлар	29
ЧЎ-АД тизими статик характеристикаларини ҳисоблаш ва қуриш.....	29
Тезликни ростлаш учун АКИ ли частота ўзгартгичини ҳисоб- лаш	33
Частота ўзгартгич асинхрон мотор тизимининг механик характеристикалари	35
Автоматик бошқарув тизимини танлаш, частота ўзгартгичи- асинхрон мотор элементларини танлаш	36
Автоматик ростлаш тизимининг синтези	38
Момент контурининг структура схемаси	38

Тезлик ростлагичининг структура схемаси	40
Момент ростлагичининг параметрларини танлаш	41
Тезлик ростлагичининг параметрларини танлаш	43
Икки контурли бўйсинувчи ростланувчан тизимнинг структура схемаси	44
Ёпиқ тизимнинг механик характеристикасини қуриш	44
Ёпиқ тизимнинг статик характеристикалари	45
Асинхрон моторнинг виртуал модели.....	46
Моторни ишга туширишдаги ўткинчи жараён формалари (0,01сек)	47
Моторни ишга туширишдаги ўткинчи жараён формалари (20 сек)	48
хфх.....	49
Адабиётлар	
Хулоса	

