

**А.Т. ИМОМНАЗАРОВ, Г.А. АЪЗАМОВА**

**АСИНХРОН МОТОРЛАРНИНГ ЭНЕРГИЯ  
ТЕЖАМКОР ИШ РЕЖИМЛАРИ**

435  
621.313.33  
1448

1-NUSXA

ЎЗБЕКИСТОН RESPUBLIKACI  
OJIY BA ЎPTA MAXCUC TAJIM BAZIRLIYI

ABY RAYXON BERYNIY NOMIDAQI  
TOXKENT DAVLAT TEXNIKA YNIVERSITETI

A.T. IMOMNAZAROV, G.A. ABZAMOBA

ACINXPOH MOTOPLAPPHNT ENEPYIA  
TEJAMKOP IYI PEJIMLARI

TASNIPLANDI

1584270  
ARM (KIPYOBAY)

Toxkent 2014

**Имомназаров А.Т., Аъзамова Г.А. Асинхрон моторларнинг энергия тежамкор иш режимлари. Тошкент, ТошДТУ, 2014. 140 б.**

Монографияда асинхрон моторларнинг юкланиш даражасининг электр магнит, электр механик ва энергетик кўрсаткичларига ҳамда электр энергия истеъмолига таъсирлари таҳлил килинган ва шулар асосида асинхрон моторларнинг энергия тежамкор иш режимларини жорий қилишнинг назарий асослари ва улар негизида асинхрон электр юритмаларининг экстремал бошқариладиган энергия тежамкор автоматик бошқариш гизимларини яратиш муаммолари кўриб чиқилган.

Ушбу монография автоматлаштирилган асинхрон электр юритмаларни яратиш ва жорий қилиш билан шуғулланувчи муҳандислар, тадқиқотчилар ва мазкур мутахассислик бўйича таълим олаётган магистратура талабаларига мўлжалланган.

Абу Райхон Беруний номидаги Тошкент давлат техника университети Илмий кенгаши қарорига асосан chop этилди.

**Мисъул муҳаррир:**

Ўзбекистон Республикаси Давлат мукофоти лауреати,  
т.ф.д., проф. О.О. Ҳошимов

**Тасдиқчилар:** т.ф.д., проф. Пирматов Н.Б.

т.ф.д., доц. Хамудхонов М.М.

## Кириш

Техник тараккиётнинг ривожланиб бориши ишлаб чиқаришнинг барча соҳаларида технологик жараёнларни автоматлаштириш ва механизациялаш, табиийки электр энергияга бўлган талаб ва эҳтиёжнинг тинмай ошишига олиб келади.

Саноат, кишлок хўжалиги ва шунингдек ноишлаб чиқариш соҳаларининг электр энергияга бўлган эҳтиёжлари кундан-кунга ошиб бормокда. Аммо электр энергиянинг табиий энергетик манбалари бўлмиш газ, нефть ва кўмир захиралари эса камайиб бормокда. Бундан ташқари, бу ёқилғи турларини казиб олиш ва қайта ишлаб электр энергия олиш учун сарф бўладиган сармоялар микдори ҳам ошиб бормокда. 1973 – 74 йилларда бутун дунёни кенг қамраб олган энергетик кризис айниқса бу муаммонинг қанчалик долзарб эканлигини яққол кўрсатди. Ривожланган мамлакатларда органик ёқилғи ва электр энергияни иқтисод қилиш мақсадида зудлик билан давлат дастурлари қабул қилинди ва амалга ошира бошланди.

Саноати ривожланган мамлакатларда олиб борилган илмий тадқиқотлар ёқилғи ва энергия ресурсларини иқтисод қилиш имкониятларининг кагга эканлигини кўрсатди. Европа иқтисодий ҳамкорлиги (ЕИХ), Халқаро энергетика агентлиги (ХЭА) ва Иқтисодий ҳамкорлик ва ривожланиш ташкилоти (ИХРТ) нинг ҳисоб-китобларига қараганда энергетика ресурсларини казиб чиқаришдан то «фойдали энергия» тури сифатида истеъмолчиларга етиб келиши оралиғида 70% исроф бўлиб, фақат 30% игина истеъмолчиларга «фойдали энергия» сифатида етиб келар экан. Агар статистик материалларга қарайдиган бўлсак, 1978 йилда сарф бўлган 5 млрд. тонна шартли ёқилғининг 1,5 млрд. тоннасигина «фойдали энергия» сифатида истеъмолчига етиб келган ҳолос.

ХЭА маълумотларига кўра 1985 йилда шу ташкилотга қирувчи саноати ривожланган 20 давлатда энергиядан тежамкорлик билан фойдаланиш тўғрисидаги дастур бўйича амалга оширилган тадбирлар натижасида энергия исрофини 15% га камайтиришга эришилган.

Ўзбекистон Республикаси мустақиллика эришгандан сўнг МДХ давлатлари ичида биринчилардан бўлиб 1997 йили «Энергиядан рационал фойдаланиш тўғрисида» Қонун ва уни ҳаётга татбиқ қилиш учун давлат Дастури қабул қилинди, Бу Дастурдан ўрин олган энергия тежамкорлик йўналишидаги барча тадбирлар изчиллик билан амалга оширилиб келмоқда. Бу қабул қилинган Қонун энергетика ресурсларидан фойдаланиш ва ишлаб чиқаришнинг ҳамма соҳаларида барча энергия турларидан тежамкорлик билан фойдаланиш ва шунингдек энергетиканинг шу долзарб соҳаси бўйича кадрлар тайёрлаш учун ҳам ҳуқуқий асос бўлиб хизмат қилмоқда.

# 1. САНОАТ ҚУРИЛМАЛАРИДА ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯДАН ТЕЖАМКОРЛИК БИЛАН ФОЙДАЛАНИШ

## 1.1. Энергия тежамкорлигининг умумий муаммолари

Жамият таракқиётининг объектив қонуниятлари меҳнатнинг энергия билан таъминланиш даражасининг тинмай ўсиб боришини тақозо қилади. Ишлаб чиқариш ривожланишининг асосини энергиядан самарадорлик билан фойдаланиш ташкил этади. Ишлаб чиқаришнинг механизациялашганлик ва автоматлаштирилганлик даражаларининг ошиб бориши учун энергия сарфини камайтириш ва меҳнат унумдорлигини ошириш асосий мезон бўлиб келган.

Ишлаб чиқаришнинг барча соҳаларида энергиядан тежамкорлик билан фойдаланишни амалга ошириш одатда **икки йўналишда** олиб борилади.

**Биринчи йўналиш** — ишлаб чиқарилаётган тайёр маҳсулотга сарф бўладиган энергия миқдорини камайтириш, яъни органик ва ядро ёқилғи, электр ва иссиқлик энергияларини иқтисод қилишдан иборат. Ўзининг учун куйидаги тадбирларни амалга ошириш мақсадга мувофиқ:

Технологик ва ишлаб чиқариш интизомини юқори даражага кўтариш ва энергия ресурсларини тежамкорлик билан фойдаланиш;

Иссиқлик ва электр энергияларини ишлаб чиқариш, узатиш, ўзгартириш, сақлаш ва истеъмолчиларга узатиш ва тақсимлашда содир бўладиган энергия исрофларини камайтириш;

Электр станцияларда ишлаб чиқарилган электр энергияни узокдаги истеъмолчиларга узатишда имконият доирасида ўта юқори кучланишга ўзгартириб узатиш;

Ишчи машина ва механизмларнинг электр юритмаларида замонавий адаптив ва дастурий бошқариладиган автоматлашган электр юритмаларни қўллаш;

Асосий энергетик ва технологик қурилма ва мажмуаларни янгилаш, қайта таъмирлаш ва замонавий энергия тежамкор бўлган қурилма ва мажмуалар билан алмаштириш;

Саноатнинг кам энергия сарф бўладиган соҳаларини ривожлантириш, машинасозлик маҳсулотларининг сифатини ҳамда ишлаш муддатларини ошириш, материаллар сарфини камайтириш, энергия тежамкорлигига қаратилган қорхоналарнинг ички бошқарув тизимларини такомиллаштириш.

**Иккинчи йўналиш** – иссиқлик ва электр энергия ишлаб чиқариш тизимларининг ўзини ва энергетик балансини такомиллаштириш, иш унумдорлигини ошириш, шунингдек қиммат ва ноёб материалларнинг ўрнини босадиган, нисбатан арзон ва ноёб бўлмаган материаллар билан алмаштириш натижасида энергетика хўжаликларида иқтисодий самарадорликка эришиш. Ноанъанавий энергия манбалари бўлган шамол, қуёш, биогаз энергиялари асосида ва шунингдек кичик дарё ва анхорларнинг табиий оқими энергияларида ишлайдиган мини электр станциялардан фойдаланиш ҳам органик энергия манбаларини тежашга имкон беради. Қўшимча энергия ресурсларидан фойдаланиш натижасида ишлаб чиқарилаётган маҳсулотнинг сифати, ишончлилиги ва ишлаш муддатининг ошиши ёки истеъмолчиларнинг талабларини қондирадиган янги маҳсулотларни ишлаб чиқаришни йўлга қўйиш, меҳнат муҳофазаси ва иш шароитларини яхшилаш, инсонларнинг турмушини яхшилаш ва экологик муҳитга бўладиган салбий таъсирларни камайтириш каби натижаларга интилиб, иқтисодий самарадорликка эришиш учун зарур бўлган ҳаракатлар ҳам шу йўналишга киради. Иқтисодий самарадорлик қилинадиган сарфлардан юқори бўлган ҳолдагина бундай саъй-ҳаракатлар энергия тежамкорлик ёки ресурс тежамкорлик характерига эга бўлади.

Истеъмолда бўлган маҳсулотлар ўрнига қўшимча энергия сарф қилиб, ўрнига – ўрин мос материаллар ишлаб чиқариб, бу янги материалларни ишлаб чиқаришда қўллаш энергия ресурс иқтисодида ва ишлаб чиқариш жараёнидаги харажатлар камайтириш натижасида иқтисодий самарадорликнинг ошиши, сарф бўлган қўшимча энергия нархидан юқори бўлсагина, бу ҳаракат энергия тежамкорлигига киради.

Энергия тежамкорлик сиёсати, ишлаб чиқаришнинг умумий самарадорлигини ошириш воситаси сифатида, иссиқлик ва электр энергия ишлаб чиқариш ва истеъмолчиларнинг ундан унумли фойдаланишларигача бўлган барча кенг қўламдаги ҳаракатларни ўз ичига олади.

Жамиятнинг иссиқлик ва электр энергияга бўлган ҳақиқий эҳтиёжи, унинг ҳаёт тарзи, иқлимий шароити ва техникавий ривожланиш даражаси билан белгиланади. Энергия ресурсларининг энг охириги бўғинидаги ўзгартирилган сўнгги энергиянинг бевосита технологик қурилма ва мажмуаларда, маиший ҳаётда ва транспортда қўлланилиши даражаси эса жамиятнинг тараққий этганлик даражасини белгилайди.

Ишлаб чиқаришнинг энергияга бўлган эҳтиёжини ўзгартириш учун жамиятнинг нознергетик ишлаб чиқариш кучларига таъсир килмоқ керак. Истеъмолчиларнинг иш фаолиятида энергияни иктисод килиши том маънодаги энергия тежамкорлигини билдиради.

Ишлаб чиқаришнинг барча соҳаларида энергия тежамкорлигига эришишда фан ва техниканинг ўрни бекиёсдир. Янги замонавий энергия тежамкор технологик қурилма ва мажмуаларни, шунингдек энергия тежамкор технологияларни яратиш ва ишлаб чиқаришда қўлланилиш, албатта илмий изланишларнинг натижаси бўлмоғи керак. Жумладан, технологик қурилмаларнинг электр юритмаларида электр энергиядан унумли фойдаланиш, авваламбор электр юритмаларда энергия тежамкор моторларни қўллаш, юкланишларни ростлаш, юкланиш даражасига қараб истеъмол килинаётган актив ва реактив қувватларини ростлаш, қувват исрофларини камайитириш, энергетик оптимал мезонлар бўйича бошқариш ва шу каби ўнлаб долзарб масалаларнинг ечимини топиш сўзсиз факат илмий изланишлар ва конструкторлик фаолиятлар билан боғлиқдир.

## **1.2. Саноат қурилмаларида электр энергияни пассив усулда иктисод килиш**

Ишлаб чиқариш қурилма ва машиналарининг электр юритмаларида электр энергияни пассив усул билан иктисод килиш тушунчаси – электр юритмаларга қўшимча сармоялар сарф қилмасдан электр энергиядан самарали фойдаланиш демақдир. Бундай усулда электр энергияни иктисод килишнинг турлари қуйидагилардан иборат бўлиши мумкин.

Электр тармоғидан истеъмолчиларга узатилаётган электр энергия сифат кўрсаткичларининг Давлат стандартларига мос бўлиши қувват бўйича тўғри танланган электр моторларини энергия тежамкорлик режимига жуда яқин иш режимида ишлаши имконини яратади. Шунини эътироф этиш керакки, ҳозирги пайтга келиб истеъмолчиларга узатилаётган электр энергиянинг асосий сифат кўрсаткичлари бўлган кучланиш, частота, амплитуда ва х.к. кўрсаткичларнинг рухсат этилган қийматлари энергия тежамкорлик нуктаи назаридан замон талабларига мос келмай қолган ва бу соҳада янги Давлат стандартларини қабул килиш зарурдир.

Ишлаб чиқариш қурилма ва машиналари электр юритмаларига қуввати бўйича тўғри ва ишлаб чиқариш

шароитига мос келувчи электр моторларни танлаш энергия тежамкорлик нуктаи назаридан муҳим масаладир. Танланган моторнинг иш давомида юқори ФИК да бўлишига эришиш асосий мақсад қилиб қўйилиши керак. Танланаётган моторлар учун моментининг юкланиш бўйича юкланганлик даражаси ва механик тавсифига мос келиши асосий мезон бўлади.

Юкланишнинг турғун моменти моторда турғун иссиқлик режимида юзага келтиради. Мотор паспортида келтирилган номинал қувват моторнинг рухсат этилган даражадаги қизишини таъминлайди ва чулғамларида қўлланилган изоляциянинг турига тўғри келадиган ҳароратдан ошиб кетмасдан узоқ муддат соз ишлашини кафолатлайди. Мотордаги номинал ёки номиналдан кам бўлган қувват исрофи натижасида ҳосил бўладиган турғун қизиганлик даражаси унинг ишлаш муддатига албатта таъсир қилмайди.

Бирок мотор паспортидаги номинал қувват ишлаб чиқариш қурилма ёки машиналарининг юкланиш қувватига ҳамиша ҳам мос келавермайди. Халқаро NEMA стандартлари бўйича ҳимоя воситалари билан жиҳозланган моторлар учун номинал юкланганлик коэффициенти 1,15 га тенгдир, яъни қисқа муддатга ушбу моторларни шунча марта ортиқ қувват билан ишлашига рухсат этилади. Моторнинг бу юкланганлик режимидаги чулғамининг қизиш даражаси эса рухсат этилган ҳароратдан ошмайди. Бу эса истеъмомлигига иқтисодий нуктаи назардан маълум чегарада ўта юкланиш режимида ҳам номинал энергетик кўрсаткичларда ишлайдиган моторлар танлаш имконини беради. Моторнинг юкланганлик коэффициентидан тўғри фойдаланилганида нархи пастроқ бўлган моторларни қўллаб ҳам иқтисодий самарага эришиш мумкин.

Мотор валидаги юкланишнинг номинал қийматига нисбатан мунтазам каттароқ бўлиши чулғам изоляциясининг эскиришини тезлаштиради ва моторнинг ишлаш муддатини қисқартиради. Шунинг учун ҳам бундай юкланганликда моторнинг иш режими қисқа муддатли бўлгандагина самара беради. Бундай режим одатда металл кесувчи дастгоҳларнинг бош электр юритмалари ва кесгич юритмаларига ҳосдир.

Ҳаракатга келтириляётган механизмнинг инерция моменти катта бўлса, электр юритма мотори ўтиш жараёнининг чўзилиб кетишига олиб келади (10 секунддан кўп бўлса). Шунда мотор чулғамларидан катта қийматдаги токнинг ўтиши моторнинг ўта қизиб кетишига сабаб бўлади. Бундай электр юритмаларда ишга тушириш моменти юқори бўлган моторларни қўллаш зарурдир.



Агар моторнинг юкланганлик даражаси номинал кувватига нисбатан 45% дан кам бўлса, у ҳолда номинал куввати камрок қувватлисига алмаштириш ҳамма вақт ҳам тўғри ечим бўлавермайди. Моторнинг юкланганлиги номинал кувватига нисбатан 70% дан юқори бўлса, у ҳолда мотор кувватининг танланиши тўғри бўлади. Моторнинг юкланганлиги номинал кувватининг 45 – 70% оралиғида бўлса, моторнинг танланиши ёки кам қувватлиси билан алмаштириш ҳар иккала моторлардаги қувват исрофлари таҳлили асосида амалга оширилади.

Электр моторларни ишлатиш жараёнида унинг айланувчи қисмларининг (ротор ёки якорларининг) узок вақт нормал ишлаши учун подшипникларини мос мойлар билан вақтида мойлаб туриш ва мотор корпусидаги қовурғаларини ва улар орасидаги арикчаларини тозалаб туриш ҳамда корпус юзасини иссиқликни атроф-муҳитга узатилишини жадаллаштириш мақсадида мос рангли бўёққа бўяш ҳам электр моторларнинг ишлатилиш муддатида механик энергия исрофини камайтириш ва ишлаш муддатини узайтиришга олиб келади.

Бундан ташқари, электр моторларидаги совитиш жараёнларини янада жадаллаштириш мақсадида совитиш тизимларини такомиллаштириш, масалан, термосифонларнинг қўлланилиши ушбу моторларнинг қувватидан тўлиқроқ фойдаланиш имконини беради.

Ҳозирда анъанавий электр моторларнинг ўрнига электр юритмаларда энергия тежамкор моторлар кенг қўлланилмоқда. Энергия тежамкор моторларнинг юкланиш ўзгаришининг кенг оралиғида, яъни  $(0,5+1,0)P_n$  бўлганида моторнинг қувват ва фойдали иш коэффициентлари кийматлари деярли номиналга тенг бўлиши сабабли бундай моторларнинг электр юритмаларда қўлланилиши юқори иқтисодий самара бермоқда. Гарчи бундай моторларнинг таннархи оддий моторларнинг таннархига нисбатан бирмунча юқори бўлса ҳам ишлатилиш жараёнида энергетик кўрсаткичларининг юқори бўлиши ва иқтисод қилинадиган электр энергия ҳисобига ўзини тез тўлиқ оқлайди. Бундан ташқари электр юритмаларда бошқарилувчи ўзгартгичларни қўллашни чеклаш имконини беради.

### **1.3. Саноат қурилмаларида электр энергияни актив усулда иқтисод қилиш**

Электр энергияни актив усулда иқтисод қилишнинг пасив усулдаги иқтисод қилишдан фарқи шундаки, бунда қўшимча техник восита ва мосламалар ёрдамида ишлаб чиқариш қурилма

ва машиналарининг электр юритмаларида электр энергиядан янада самарали фойдаланиш имконини яратилади. Ўз навбатида электр юритмаларда электр энергияни актив иктисод қилиш электр юритмалардаги юкларни ростлаш, энергетик кўрсаткичларини оптималлаштириш, салт юришни чегаралаш каби бир канча вазифаларни қўшимча техник восита ва мосламалар ёрдамида бажаришга бўлинади. Бундан ташқари, ишлаб чиқариш қурилма ва машиналарининг тезлиги ростланмайдиган электр юритмаларини тезликлари ростланувчи электр юритмалар билан алмаштириш электр энергияни актив иктисод қилишнинг асосий жиҳатларини ташкил этади.

Тезлиги ростланадиган ва ростланмайдиган электр юритмаларнинг энергетик кўрсаткичларини моторнинг юкланганлик даражасига қараб оптималлаштирувчи техник восита ва мосламалар ёрдамида электр энергияни иктисод қилиш алоҳида бир илмий йўналишдир. Замонавий ярим ўтказкичлар техникаси ва микроэлектрониканинг тезкор ривожланиб бораётганлиги ва улар асосида ўзгарткичлар техникасининг такомиллашиб ва ишончлилик даражасининг ошиб бориши ҳамда уларни бошқаришда микропроцессорларнинг қўлланилиши бу йўналишнинг имкониятлари кенглиги ва истикболли эканлигини кўрсатади.

#### 1.4. Асинхрон моторли электр юритмаларда энергия тежамкорликка эришишнинг ~~пассив~~ ва актив усуллари

Ишлаб чиқаришда фойдаланиладиган ишчи механизм ва машиналарнинг ишчи органларини ҳаракатга келтирувчи электр моторларнинг аксариятини асинхрон моторлар ташкил этади. Асинхрон моторлар конструкциясининг соддалиги ва ишлатилиши осонлиги сабабли ўзгармас ток моторларига нисбатан ишлаб чиқариш машина ва механизмларининг электр юритмаларида кенг қўлланилади. Асинхрон моторлар насослар, вентиляторлар, компрессорлар, турли хилдаги дастгоҳлар, кранлар, лифтлар, эскалаторлар, саноат манипуляторлари ва юзлаб ишчи машина ва механизмларининг электр юритмаларида қўлланилади. Жаҳонда ишлаб чиқарилаётган электр энергиянинг ярмидан кўпи айнан шу асинхрон моторларда механик энергияларга ўзгартирилади. Шу сабабли ҳам асинхрон моторли электр юритмаларда электр энергия тежамкорлигига эришиш, сўзсиз умумэнергия ресурсларини салмоқли тежашга олиб келади.

Асинхрон моторларда энергия тежамкорлигига эришишнинг ~~пассив~~ ва актив усуллари ~~ни~~ қўллаш, моторнинг энергетик кўрсаткичларини ошириш ҳисобига электр энергия истеъмолини иктисод қилиш имконини

беради. Энергия тежамкорлик тадбирларининг пассив ва актив усулларга ажратилиши кўпгина ҳолларда шартли бўлгани учун ҳам баъзи тадбирларни изоҳлашда чекинишларга йўл қўйилган.

Асинхрон моторларда энергия тежамкорликка эришишнинг қуйидаги **пассив усули** тадбирлари электр энергия истеъмолини камайтиришга ва энергетик кўрсаткичларнинг ошишига олиб келади.

Ишчи механизмнинг реал юкланишини ҳисобга олган ҳолда қуввати ва иш шароитига мос келувчи моторни танлаш; агар танланган моторнинг қуввати ишчи механизм қувватидан кичик бўлса, у ҳолда статор чулғамидаги токнинг қиймати номинал қийматидан катта бўлишига ва чулғам изоляциясида қўлланилган шу изоляция учун рухсат этилган ҳароратдан юкори ҳароратда ўта кизишига олиб келади ва бу эса мотор ишлаш муддатини кискарттиради; моторнинг қуввати ишчи механизм қувватидан катта бўлса, у ҳолда мотор иссиқлик ҳолати бўйича маъқул иш режимида ишласа ҳам, унинг тармоқдан истеъмоладиган реактив қувват қиймати ошиқ бўлади. бу эса қувват ва фойдали иш коэффициентларининг камайтишига олиб келади. Шунинг учун, узлуксиз узок муддатли иш режими учун танланаётган моторнинг қуввати ишчи механизмнинг қувватидан 15% катта қилиб танланиши, моторнинг ишлатилиши давомида энергетик кўрсаткичларининг номиналга яқин қийматларда бўлишини таъминлайди.

Асинхрон моторларнинг валидаги подшипникларни ишлатиш йўриқномаларида келтирилган мос мойлар билан вақтида мойлаб туриш механик қувват исрофлари камайтишига олиб келади; мотор корпусидаги ковурағалар ва улар орасидаги арикчаларни мунтазам равишда тозалаб туриш ҳамда иссиқлик узатишни жадаллаштиришга мойил бўлган рангли бўёқлар билан бўяш ҳам моторнинг иссиқлик ҳолатини яхшилади.

Асинхрон электр юритмаларда оддий асинхрон моторлар ўрнига статор чулғаи симининг қўндаланг кесими юзасини ошириб, статор пўлати учун юкори магнитланувчан навларни қўллаш ҳисобига қувват ва фойдали иш коэффициентлари оширилган энергия тежамкор асинхрон моторларни қўллаш электр энергиядан самарали фойдаланишга олиб келади.

Асинхрон моторларнинг электр энергия истеъмолини, реал юкланиш қийматларига мос равишда энергетик кўрсаткичларини оптимал ростловчи автоматик бошқариш тизимларини қўллаш, асинхрон моторларда энергия тежамкорликка эришишнинг **актив усули** асосини ташкил этади.

Статор чулғаи кўп секцияли қилиб тайёрланган асинхрон моторларни юкланиши кенг ораликда ўзгарадиган ишлаб чиқариш механизмлари электр юритмаларида қўллаб, юкланиш қийматиға мос келувчи алгоритм асосида чулғам секцияларини улаш ва шу билан магнит оқимини оптималлаш натижасида энергия тежамкорлигига эришилади. Юкланганлик даражаси номинал қийматининг 40% идан кам бўлганида,

статор чулғами уланишини «учбурчак» дан «юлдузчага» ўтказиш асинхрон мотор энергетик кўрсаткичлари қийматларининг номиналга яқин қийматларда бўлишига олиб келади.

Тезлиги ростланмайдиган асинхрон электр юритмаларни тезлиги ростланадиган электр юритмалар билан алмаштириш электр энергияни иқтисод қилиш билан бир қаторда, масалан сув ва ёқилғи насос қурилмаларида шу ресурсларни ҳам иқтисод қилишга олиб келади.

Тезлиги ростланмайдиган ва ростланадиган асинхрон юритмаларнинг реал юкланиши асосида энергетик кўрсаткичларини оптималлаштирувчи мезонлар ёрдамида бошқариладиган автоматик бошқариш тизимларининг адаптив изланувчан ва дастурий микропроцессорли турларини яратиш ва қўллаш, асинхрон моторларда энергия тежамкорликка эришишнинг асосий замонавий йўлларида биридир. Ярим ўтказгичлар техникаси ва микроэлектрониканинг тезкорлик билан ривожланаётганлиги улар асосидаги ўзгарткичларнинг ихчамлашувига, функционал имкониятларининг кенгайишига ва ишончлилик даражасининг ошишига олиб келмоқда.

Номинал юкланишдан кам бўлган қийматларда ишлаётган фаза роторли асинхрон моторларни синхрон иш режимига ўтказувчи схемалар ёрдамида синхрон иш режимига ўтказиш асинхрон мотор қувват коэффициентининг номинал қийматидан ҳам ошириш имконини беради.

Асинхрон моторларда энергия тежамкорлика эришишнинг қайси усули ва турларини қўллаш ҳар бир алоҳида электр юритма учун мавжуд шарт-шароит ва имкониятлардан келиб чиққан ҳолда танланади ва жорий қилинади.

Асинхрон моторнинг асосий кўрсаткичлари бўлган статор ва ротор чулғамларидаги тоқлари, магнитланиш токи, моторнинг тармокдан истеъмол қилинаётган актив ва реактив қувватлари, қувват ва фойдали иш коэффициентлари, сирпаниши, электромагнит моменти, актив қисмларининг иссиқлик ҳолатларининг мотор валидаги юкланишнинг реал қийматиға боғлиқ равишда ўзгаришини таҳлил қилиш натижасида энергетик кўрсаткичларини оптималлаштириш мезонларини ишлаб чиқиш ва улар асосида энергия тежамкор автоматик бошқариш тизимларини яратиш асинхрон моторларда энергия тежамкорликка эришишнинг асосини ташкил этади.

## 2. АСИНХРОН МОТОРЛАРНИНГ ТУРГУН ИШ РЕЖИМИДА ЭНЕРГИЯ ТЕЖАМКОРЛИККА ЭРИШИШНИНГ НАЗАРИЙ АСОСЛАРИ

### 2.1. Асинхрон мотор тургун иш режимининг асосий кўрсаткичлари

Асинхрон моторнинг асосий электромеханик ва энергетик кўрсаткичларининг нисбий кийматларини каталог ва маълумотномаларда келтирилган номинал кўрсаткичлари орқали старли даражада аниқлик билан ҳисоблаш катта змалий аҳамиятга эга бўлиб, олинган математик ифодаларнинг универсаллиги таъминланади ва улар асосида асинхрон моторли электр юритмаларнинг оптимал автоматик бошқариш тизимларини тузишни осонлашади.

Асинхрон моторнинг статор чулғамига тармоқдан узатилаётган кучланишнинг номинал кийматига нисбатан ўзгариши кучланиш коэффициенти орқали ифодаланади:

$$\gamma = \frac{U_1}{U_{1H}}, \quad (2.1)$$

бу ерда,  $U_1$  ва  $U_{1H}$  – статор чулғамига узатилаётган кучланишнинг ҳақиқий ва номинал кийматлари.

Асинхрон моторнинг статор чулғамидаги кучланиш частотасининг номинал кийматига нисбатан ўзгариши частота коэффициенти орқали ифодаланади:

$$\alpha = \frac{f_1}{f_{1H}}, \quad (2.2)$$

бу ерда,  $f_1$  ва  $f_{1H}$  – статор чулғамидаги кучланиш частотасининг ҳақиқий ва номинал кийматлари.

Электр машиналарнинг номинал техник кўрсаткичлари бериладиган маълумотномалар ва каталогларда ҳар бир асинхрон мотор учун кучланиш ва частотанинг номинал қийматларида ( $U_1 = U_{1H}$ ,  $f_1 = f_{1H}$ ) мотор ҳосил қилиши мумкин бўлган максимал айлангириш моментининг номинал қийматига нисбати момент бўйича юкланганлик кўрсаткичи:

$$b_H = \frac{M_{max}}{M_H}. \quad (2.3)$$

Агар асинхрон моторга берилаётган кучланиш ва частоталарнинг қийматлари номинал қийматларидан фаркли бўлса, яъни  $\gamma \neq 1$ ,  $\alpha \neq 1$  бўлганида, бу кўрсаткич қуйидаги ифода билан ҳисобланади:

$$b = b_H \frac{\gamma^2}{\alpha^2} \quad (2.4)$$

Асинхрон мотор валига ўрнатилган ишчи механизм (ИМ) статик моментининг мотор ҳосил қилаётган номинал моментга нисбати

$$\mu_c = \frac{M_c}{M_H}, \quad (2.5)$$

асинхрон моторнинг момент бўйича юкланиш даражасини билдиради. Одатда (2.5) 100% га кўпайтирилиб, фоизларда аниқланади. Мотор ҳосил қиладиган максимал моментнинг ишчи механизм статик моментига нисбати моторнинг момент бўйича реал юкланганлик даражасини билдиради:

$$b_c = \frac{M_{\max}}{M_c} = \frac{b_H}{\mu_c} = \frac{b_H \gamma^2}{\mu_c \alpha^2}. \quad (2.6)$$

Электр юритувчи куч (ЭЮК) ва магнит окимини ҳисоблашда мотор магнит тизими магнитланишининг чизикли қисмида ишлашини ва турғун иш режимида сирпаниш қийматининг жуда кичик бўлишини ҳисобга олган ҳолда ҳамда статор чулғамининг актив ва реактив қаршиликларидаги кучланиш пасайишларини ҳисобга олмасдан ЭЮК ни қуйидаги формула ёрдамида ҳисоблаймиз

$$U_1 \approx E_1 = 4,44 K_{q1} f_{1H} \omega_1 \Phi_H \alpha \frac{\Phi}{\Phi_H} = E_{1H} \alpha \frac{\Phi}{\Phi_H}. \quad (2.7)$$

(2.7) формуладаги

$$\frac{\Phi}{\Phi_H} = \frac{1}{\alpha} \frac{U_1}{U_{1H}} = \frac{\gamma^2}{\alpha^2} \quad (2.8)$$

бу ерда,  $\Phi / \Phi_H$  – магнит окимининг нисбий қиймати.

Асинхрон моторнинг ҳосил қилаётган электромагнит айлантириш моментининг нисбий қиймати, берилган максимал момент ва ҳисобланган

критик сирпаниш кийматлари асосида, ҳар бир сирпанишнинг киймати учун соддалаштирилган Клосс формуласи ёрдамида аниқланилади:

$$\mu = \frac{M}{M_n} = \frac{2b_n \frac{\gamma^2}{\alpha^2}}{\frac{s_{kp}}{\alpha s} + \frac{s_{kp}}{s_{kp}}} \quad (2.9)$$

бу ерда,  $s_{kp} = \frac{c_1 r_1'}{\sqrt{r_1'^2 + (x_1 + c_1 x_2)^2}}$  – сирпанишнинг критик киймати, яъни моторнинг ҳосил қиладиган максимал моментига мос келувчи сирпанишнинг киймати;  $r_1'$  – статор чулғамининг актив қаршилиги;  $r_2'$  ва  $x_2$  – ротор чулғамининг келтирилган актив ва реактив қаршиликлари;  $c_1 = \frac{1+x_1}{x_{01}}$ ;  $x_0$  – магнитловчи занжирнинг реактив қаршилиги.

Сирпанишнинг критик киймати кучланиш частотаси билан тескари пропорционал боғланган:

$$s_{kpf} = s_{kp} \frac{1}{\alpha} \quad (2.10)$$

Моторнинг гурғун иш режимида  $\mu = \mu_c = const$  шarti бажарилса, у ҳолда (2.9) асосида сирпанишни қуйидаги ифода ёрдамида ҳисоблаш мумкин:

$$s = \frac{s_{sp}}{\alpha(b_c + \sqrt{b_c^2 - 1})} \quad (2.11)$$

Сирпанишнинг номинал кийматига нисбати эса қуйидаги ифода билан аниқланади:

$$\frac{s}{s_n} = \frac{b_n + \sqrt{b_n^2 - 1}}{\alpha(b_c + \sqrt{b_c^2 - 1})} \quad (2.12)$$

Агар  $b_c \geq 1.6$  шarti бажариладиган бўлса, у ҳолда сирпанишнинг қийматини ҳисоблашда қуйида келтирилаётган янада соддалашган формуладан фойдаланамиз ва бунда хатолик 10% дан ошмайди:

$$s = \frac{s_{kp}}{2\alpha b_c} \quad (2.13)$$

Сирпанишнинг нисбий қиймати эса қуйидаги содда қўринишга эга бўлади

$$\frac{s}{s_n} = \mu_c \frac{\alpha^2}{\gamma^2} \quad (2.14)$$

Асинхрон мотор ўзгармас магнит оқимида ишлаётган бўлса, яъни  $\gamma = \alpha$  ва  $\mu_c = const$  шартлар бажарилганида сирпанишни қуйидаги ифода билан ҳисоблаш мумкин:

$$s = \frac{s_{kp}}{\alpha \left( \frac{b_n}{\mu_c} + \sqrt{\left( \frac{b_n}{\mu_c} \right)^2 - 1} \right)} \quad (2.15)$$

Бу иш режимида сирпаниш частота ўзгаришига тесқари пропорционал равишда ўзгаради. Магнит оқимининг бурчак тезлиги билан роторнинг бурчак тезлиги орасидаги айирма ўзгармасдан қолади ва роторнинг бурчак тезлиги қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$\omega_2 = (1-s) = \alpha \omega_0 \left( 1 - \frac{s_{kp}}{\alpha (b_c + \sqrt{b_c^2 - 1})} \right) \quad (2.16)$$

агар  $b_c \geq 1.6$  шarti бажариладиган ҳол учун

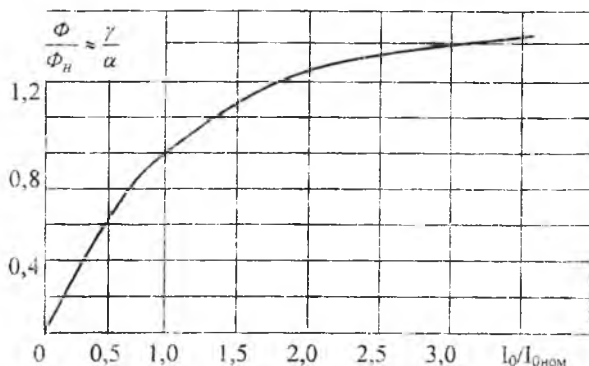
$$\omega_2 \approx \alpha \omega_0 \left( 1 - \frac{s_{kp}}{2\alpha b_c} \right), \quad (2.17)$$

бу ерда,  $\omega_0$  – частотанинг номинал қийматига мос келувчи асинхрон моторнинг синхрон бурчак тезлиги.

Магнитловчи ток қийматини етарли даражада аниқлик билан моторнинг универсал салт юриш тавсифидан аниқлаш мумкин (2.1–расм)



ва бу эса ўз навбатида нисбий бирликда ҳисобланган асинхрон мотор кўрсаткичлари асосида бошқа моторларнинг ҳақиқий қийматларини етарли даражада аниқлик билан аниқлаш имконини беради.



2.1–расм Асинхрон моторнинг универсал магнитланиш тавсифи

Номинал иш режими учун асинхрон мотор магнитланиш токининг қиймати қуйидаги ифода билан аниқланади:

$$I_{0н} \approx I_{1н} \left( \sin \varphi_n : \frac{\cos \varphi_n}{b_n + \sqrt{b_n^2 - 1}} \right). \quad (2.17')$$

Келтирилган ротор токининг номинал қийматига нисбатан қиймати  $I'_2$  қуйидаги формула билан ҳисобланади:

$$\frac{I'_2}{I'_{2н}} = \sqrt{\mu_c \frac{b_n + \sqrt{b_n^2 - 1}}{b_c + \sqrt{b_c^2 - 1}}}. \quad (2.18)$$

$\gamma = \alpha$  ва мотор юкланишининг  $\mu_c = 1 = const$  шартлари бажарилганида, мотордаги магнит оқимининг доимийлиги сақланиб, ротор токи учун  $I'_2 = I'_{2н}$  шarti ҳам бажарилади.

Статор токи  $I_1$  ва моторнинг тармоқдан истеъмол қилаётган актив ва реактив қувватларини ҳисоблашда  $I'_2$  билан тармоқ кучланиши  $U_1$

орасидаги бурчак  $\varphi_1$  ни ҳисоблаш зарурдир. Бу бурчак асинхрон моторнинг эквивалент схемаси асосида қурилган вектор диаграммалари асосида аникланади

$$\operatorname{tg} \varphi' = \frac{x_1 + c_1 x_2}{r_1 + \frac{c_1 r_2'}{s}} \quad (2.19)$$

(2.19) ифодани (2.11) ни ҳисобга олган ҳолда моторнинг момент бўйича юклангачлик кўрсаткичлари орқали қуйидаги соддалаштирилган кўринишга келтирамиз:

$$\operatorname{tg} \varphi' = \frac{1}{b_c + \sqrt{b_c^2 - 1}} \quad (2.20)$$

Маълум тригонометрик ўзгартиришлар асосида қуйидаги тригонометрик ифодаларни ҳосил қиламиз:

$$\sin \varphi' = \frac{1}{\sqrt{2b_c(b_c + \sqrt{b_c^2 - 1})}} \quad (2.21)$$

$$\cos \varphi' = \sqrt{\frac{b_c + \sqrt{b_c^2 - 1}}{2b_c}} \quad (2.22)$$

Ротор токининг келтирилган актив ташкил этувчисининг тўлиқ келтирилган номинал кийматиға нисбати –

$$\frac{I'_{2s}}{I'_{2n}} = \frac{I'_2}{I'_{2n}} \cos \varphi' = \mu_c \frac{\alpha}{\gamma} \sqrt{\frac{b_n + \sqrt{b_n^2 - 1}}{2b_n}} \quad (2.23)$$

Ротор токининг келтирилган реактив ташкил этувчисининг тўлиқ келтирилган номинал кийматиға нисбати –

$$\frac{I'_{2p}}{I'_{2n}} = \frac{I'_2}{I'_{2n}} \sin \varphi' = \mu_c \frac{\alpha}{\gamma} \frac{\sqrt{b_n} + \sqrt{b_n^2 - 1}}{\sqrt{2b_n} \left[ \frac{b_n \gamma^2}{\mu_c \alpha^2} + \sqrt{\left( \frac{b_n \gamma^2}{\mu_c \alpha^2} \right)^2 - 1} \right]} \quad (2.24)$$

Статор токининг актив ва реактив ташкил этувчилари куйидаги тенгламалар тизими ёрдамида аниқланилади:

$$\left. \begin{aligned} I_{1a} &= I_0 \cos \varphi_0 + I'_2 \cos \varphi' \\ I_{1p} &= I_0 \sin \varphi_0 + I'_2 \sin \varphi' \end{aligned} \right\} \quad (2.25)$$

бу ерда,  $\sin \varphi_0 \approx 1,0$  эканлигини, яъни салт юришдаги актив қувват исрофини ҳисобга олмасак, у ҳолда статор токининг абсолют киймати куйидагича ифодаланади:

$$I_1 = \sqrt{I_{1a}^2 + I_{1p}^2} = \sqrt{(I_0 + I'_2 \sin \varphi')^2 + (I'_2 \cos \varphi')^2} \quad (2.26)$$

Статор токининг актив ташкил этувчиси билан реактив ташкил этувчиси орасидаги бурчак куйидаги тригонометрик ифода билан аниқланади:

$$\varphi = \arctg \frac{I_{1p}}{I_{1a}} = \arctg \frac{I_0 + I'_2 \sin \varphi'}{I'_2 \cos \varphi'} \quad (2.27)$$

Моторнинг қувват коэффиценти –

$$\cos \varphi = \frac{I_{1a}}{I_1} \approx \frac{I'_2 \cos \varphi'}{I_1} \quad (2.28)$$

Моторнинг тармоқдан олаётган актив ва реактив қувватларини ҳисоблашда куйидаги умумий формулалардан фойдаланамиз:

$$\left. \begin{aligned} P_1 &= m_1 U_1 I_1 \cos \varphi \\ Q &= m_1 U_1 I_1 \sin \varphi \end{aligned} \right\} \quad (2.29)$$

Асинхрон моторнинг турғун иш режимидаги асосий кўрсаткичларини ҳисоблашда барча кўрсаткичларини уларнинг номинал

қийматларига нисбатан ҳисоблаш қулай бўлгани учун шу усулни қўллаймиз.

(2.29) даги  $I_1$  ўрнига (2.20) даги ифодасини қўямиз ва актив қувват учун қуйидаги ифодани ҳосил қиламиз --

$$P_1 = m_1 U_{1n} \gamma \left\{ I_{10} \cos \varphi_0 + \frac{I'_{2n} \mu_c \alpha}{\gamma} \sqrt{\frac{b_n + \sqrt{b_n^2 - 1}}{2b_n}} \right\}. \quad (2.30)$$

Агар асинхрон моторнинг магнит тизимидаги қувват исрофини ҳисобга олмасак, у ҳолда --

$$\frac{P_1}{P_{1n}} \approx \mu_c. \quad (2.31)$$

(2.31) дан кўриниб турибтики, моторнинг актив қуввати унинг момент бўйича юкланганлигига тўғри пропорционалдир.

Моторнинг тармоқдан олаётган реактив қуввати -- магнитловчи  $Q_0$  ва сочилма  $Q_\sigma$  реактив қувватлар йигиндисидан иборат бўлади.  $\sin \varphi_0 \approx 1,0$  эканлигини ҳисобга оладиган бўлсак, у ҳолда

$$Q_0 = m_1 U_1 I_c \quad (2.32)$$

ва унинг номинал қийматиға нисбати --

$$\frac{Q_0}{Q_{0n}} = \frac{m_1 U_1 I_0}{m_1 U_{1n} I_{0n}} = \gamma \frac{I_0}{I_{0n}} \quad (2.33)$$

бўлади ёки магнитланиш токини  $I_0 \approx \frac{I_{0n} \gamma}{\alpha}$  орқали ифодаласак ҳамда бу ифодани (2.33) га қўйсак, у ҳолда (2.33) ифода қуйидаги кўринишга келади:

$$\frac{Q_0}{Q_{0n}} = \frac{\gamma^2}{\alpha}. \quad (2.34)$$

Сочилма реактив қувватни ҳисоблашда (2.15) ва (2.25) ифодалардан фойдаланамиз

$$Q_p = m_1 U_1 I_2' \sin \varphi = m_1 U_{1H} I_{2p}' = \frac{m_1 I_{2H} \mu_c \alpha \sqrt{b_H + \sqrt{b_H^2 - 1}}}{\sqrt{2b_H} \left[ \frac{b_H \gamma^2}{\mu_c \alpha^2} + \sqrt{\left( \frac{b_H \gamma^2}{\mu_c \alpha^2} \right)^2 - 1} \right]} \quad (2.35)$$

ва бу ифоданинг номинал кийматига нисбати –

$$\frac{Q_p}{Q_{pH}} = \mu_c \alpha \frac{b_H + \sqrt{b_H^2 - 1}}{\frac{b_H \gamma^2}{\mu_c \alpha^2} + \sqrt{\left( \frac{b_H \gamma^2}{\mu_c \alpha^2} \right)^2 - 1}} \quad (2.36)$$

(2.36) ифода асинхрон моторнинг ишлаш жараёнида мотор сочилма реактив қувватининг юкланиш, кучланиш ва частота кийматларининг ўзгаришларини ҳисобга олган ҳолда ҳисоблаш имконини беради.

Агар  $b_H \geq 1,6$  ва  $b_C \geq 1,6$  бўлса, у ҳолда (2.36) ифодачи янада содда кўринишга келтириш мумкин

$$\frac{Q_p}{Q_{pH}} \approx \frac{\mu_c^2 \alpha^2}{\gamma^2} \quad (2.37)$$

ва бу формула билан сочилма реактив қувватнинг нисбий кийматини ҳисоблаганимизда йўл қўйиладиган хатолик (2.36) бўйича ҳисоблангандагига нисбати бор йўғи 6% ташкил этади ҳолос.

Асинхрон моторнинг тармоқдан истеъмол қилаётган умумий реактив қувватининг номинал кийматига нисбати мураккаб бўлмаган соддалаштиришлардан сўнг қуйидаги кўринишга келади:

$$\frac{Q}{Q_H} = \frac{Q_{0H}}{Q_H} \frac{Q_0}{Q_{0H}} + \frac{Q_{pH}}{Q_H} \frac{Q_p}{Q_{pH}} = C \frac{Q_0}{Q_{0H}} + (1-C) \frac{Q_p}{Q_{pH}}, \quad (2.38)$$

бу ерда,

$$C = \frac{Q_{0H}}{Q_H} = \frac{I_{0H}}{I_{1H} \sin \varphi_H} \approx 1 - \frac{1}{(b_H + \sqrt{b_H^2 - 1}) \operatorname{tg} \varphi_H}, \quad (2.39a)$$

$$\frac{Q_{PH}}{Q_H} = 1 - C = \frac{1}{(b_H + \sqrt{b_H^2 - 1}) \operatorname{tg} \varphi_H}, \quad (2.396)$$

(2.34), (2.37) ва (2.39 а, б) ифодаларни ҳисобга олган ҳолда (2.38) ни содда кўринишга келтирамиз

$$\frac{Q}{Q_H} \approx C \frac{\gamma^2}{\alpha} + (1 - C) \frac{\mu_c^2 \alpha}{\gamma^2}. \quad (2.38 \text{ а})$$

Асинхрон моторнинг фойдали иш коэффициенти

$$\eta = \frac{P_H \alpha}{m_1 U_1 I_1 \gamma \cos \varphi} \quad (2.40)$$

Юқорида келтирилган асинхрон моторнинг статик иш режими учун электромагнит ва механик кўрсаткичларини энг минимал берилган номинал кўрсаткичлари асосида ҳисоблаш ифодалари ёрдамида аниқлаймиз.

**2.1-мисол.** Номинал қуввати  $P_{1H} = 4,0 \text{ кВт}$  бўлган 4А100Л4УЗ русумли асинхрон моторнинг берилган номинал техник кўрсаткичлари қуйидаги қийматларга эга:

$$\eta_H = 0,84, \quad \cos \varphi_H = 0,855, \quad U_1 = 220/380 \text{ В},$$

$$\omega_{1H} = 149,15 \text{ с}^{-1}, \quad 2p = 4, \quad s_H = 0,05, \quad I_{1H} = 8,44 \text{ А},$$

$$b_H = 2,2, \quad M_H = 26,82 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad \frac{I_{0H}}{I_{1H}} = 0,4, \quad S_1 = 5,569 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

**1-вазифа.** Асинхрон моторнинг номинал турғун иш режими учун асосий кўрсаткичларини, моторнинг берилган номинал техник кўрсаткичлари  $b_c = b_H$ ,  $\mu_c = 1$ , ва статор чулгами кучланиш ҳамда частотанинг номинал қийматлари ( $\alpha = 1$ ,  $\gamma = 1$ ) учун ҳисоблаймиз.

(2.20), (2.21), (2.22) формулалар ёрдамида келтирилган ротор токи билан тармоқ кучланиши орасидаги  $\varphi'$  ни аниқлаймиз:

$$\operatorname{tg} \varphi'_H = \frac{1}{2,2 + \sqrt{2,2^2 - 1}} = 0,24;$$

$$\sin \varphi' = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot 2,2(2,2 + \sqrt{2,2^2 - 1})}} = 0,23;$$

$$\cos \varphi' = \frac{2,2 + \sqrt{2,2^2 - 1}}{2 \cdot 2,2} = 0,97.$$

Номинал иш режими учун 2.1-расмда келтирилган асинхрон моторнинг универсал магнитланиш тавсифидан магнитланиш токининг қийматини аниқлаймиз -  $I_{OH} = 0,4I_{1H} = 3,38 \text{ A}$  ва (2.26) формула бўйича эса статор токи қийматини ҳисоблаймиз:

$$I_{1H} = \sqrt{(0,4I_{1H} + I_2' \cdot 0,23)^2 + (0,97I_2')^2}.$$

Тенгламанинг ҳар иккала томонини квадратга ошириб квадрат тенглама кўринишига келтирамиз:

$$I_{1H}^2 = 0,16I_{1H}^2 + 0,184I_{1H} \cdot I_2' + 0,994I_2'^2.$$

Квадрат тенгламанинг илдизларини топамиз:

$$0,994I_2'^2 + 0,184I_{1H}I_2' - 0,84I_{1H}^2 = 0;$$

$$I_2'^2 + 0,185I_{1H}I_2' - 0,845I_{1H}^2 = 0;$$

$$I_2' = -\frac{0,185}{2}I_{1H} \pm \sqrt{\left(\frac{0,185}{2}I_{1H}\right)^2 + 0,845I_{1H}^2} = (-0,091 \pm 0,924)I_{1H};$$

$$I_2' = (-0,091 + 0,924)I_{1H} = 0,833I_{1H}.$$

Номинал турғун иш режими учун:

$$I_2' = 0,833I_{1H} = 0,833 \cdot 8,44 = 7,03 \text{ A};$$

$$\cos \varphi_H = 0,833I_{1H} \frac{\cos \varphi_H'}{I_H} = 0,81.$$

Қувват коэффициентини ушбу асинхрон мотор учун келтирилган каталогдаги қийматидан 5,26% кам чикди.

(2.30) формула ёрдамида асинхрон моторнинг тармокдан истеъмол қилаётган актив қувватни топамиз:

$$P_1 = 3 \cdot 220 \left( 0 + \frac{7.03 \cdot 1 \cdot 1}{1} \sqrt{\frac{2.2 + \sqrt{2.2^2 - 1}}{2 \cdot 2.2}} \right) = 4511.26 \text{ Вт.}$$

(2.32) формула бўйича магнитловчи реактив қувватни ҳисоблаймиз:

$$Q_0 = 3 \cdot 220 \cdot 3.38 = 2230.8 \text{ Вар.}$$

(2.35) формула ёрдамида сочилма реактив қувватни аниқлаймиз:

$$Q_p = 3 \cdot 220 \cdot 7.03 = 1067.2 \text{ Вар.}$$

Моторнинг тармоқдан истеъмол қилаётган умумий реактив қуввати

$$Q = Q_0 + Q_p = 2230.8 + 1067.2 = 3297.95 \text{ Вар.}$$

Моторнинг тармоқдан истеъмол қилаётган умумий қуввати

$$S_1 = \sqrt{4511.16^2 + 3297.95^2} = 5588.2 \text{ В} \cdot \text{А.}$$

Ҳисобланган умумий қувват моторнинг каталогдаги берилган номинал қийматлари бўйича ҳисоблангандагидан бор йўғи 0,3% га фарк қилмоқда.

Энди моторнинг механик тавсифини қуриш учун зарур бўлган физик катталиклар  $s_{кр}$ ,  $s$ ,  $M_{\max}$ ,  $M_H$  ларни аниқлаймиз.

Моторнинг ҳосил қилаётган максимал момент қийматига мос келувчисирпанишнинг критик қийматини аниқлаймиз:

$$s_{кр} = \frac{c_1 r_2^2}{\sqrt{r_1^2 + (x_1 + c_1 x_2)^2}} = \frac{1.03 \cdot 1.4103}{\sqrt{1.6225^2 + (1.942 + 1.03 \cdot 3.21)^2}} = 0.26.$$

(2.13) формула ёрдамида сирпанишнинг қийматини аниқлаймиз:

$$s = \frac{0.26}{2 \cdot 1 \cdot 2.2} = 0.059.$$

Асинхрон моторнинг максимал айлантириш моментини каталогда

берилган  $b_H = \frac{M_{\max}}{M_H} = 2.2$  бўйича ҳисоблаймиз:



$$M_{\max} = 2,2 \cdot 26,8 = 59 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Ишга тушириш моментини ҳам каталогда берилган нисбий киймати оркали ҳисоблаймиз

$$M_{\text{шт}} = 2 \cdot 26,8 = 53,6 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

(2.40) формула бўйича моторнинг фойдати иш коэффициенти

$$\eta = \frac{4000}{3 \cdot 8,44 \cdot 220 \cdot 0,81} = 0,88.$$

1-вазифа бўйича ҳисобланган асинхрон моторнинг номинал турғун иш режимининг ҳисобланган асосий электрик ва механик кўрсаткичларни 2.1 - жадвалга ёзилади.

2-вазифа бўйича моторнинг ана шу кўрсаткичларини мотор юкланганлиги киймати 70%, яъни  $\mu_c = 0,7$  бўлганда тармоқдан берилаётган қучланиш ва унинг частотаси ўзгармас бўлгандаги ҳолат учун ҳисоблаймиз. Асинхрон моторнинг реал юкланиш хусусияти  $b_c$  ни ва тармоқ қучланиши билан келтирилган ротор токининг орасидаги бурчакни ҳамда моторнинг электромагнит, энергетик ва электромеханик кўрсаткичларини ҳисоблаймиз:

$$b_c = \frac{2,2 \cdot 1}{0,7 \cdot 1} = 3,14; \lg \phi' = \frac{1}{3,14 + \sqrt{3,14^2 - 1}} = 0,163;$$

$$\cos \phi' = \sqrt{\frac{3,14 + \sqrt{3,14^2 - 1}}{2 \cdot 3,14}} = 0,987;$$

$$\sin \phi' = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot 3,14(3,14 + \sqrt{3,14^2 - 1})}} = 0,161;$$

$$\frac{I'_2}{I'_{2n}} = \sqrt{0,7 \frac{2,2 + \sqrt{2,2^2 - 1}}{3,14 + \sqrt{3,14^2 - 1}}} = 0,69;$$

$$I'_2 = 0,833 \cdot 0,69 \cdot 8,44 = 4,83 \text{ А};$$

$$I_0 = 0,4 \cdot 8,44 = 3,376 \text{ А};$$

$$I_1 = 8,44 \sqrt{(0,4 + 0,575 \cdot 0,161)^2 + (0,575 \cdot 0,987)^2} = 6,4 \text{ А};$$

$$\cos \phi = 0,575 \cdot 0,987 / 0,751 = 0,76;$$

$$P_1 = 3 \cdot 220 \left( 0 + \frac{7,03 \cdot 0,7}{1} \sqrt{\frac{3,14 + \sqrt{3,14^2 - 1}}{2 \cdot 3,14}} \right) = 3205,3 \text{ Вт};$$

$$Q_n = 3 \cdot 220 \cdot 3,38 = 2230 \text{ Вар};$$

$$Q_p = 3 \cdot 220 \cdot 4,83 \cdot 0,161 = 513,3 \text{ Вар};$$

$$Q = 2230 + 513,3 = 2743,3 \text{ Вар};$$

$$S_1 = \sqrt{3205,3^2 + 2743,3^2} = 4218,9 \text{ В} \cdot \text{А};$$

$$s = \frac{0,26}{2 \cdot 1 \cdot 3,14} = 0,04; \mu_c = 0,7;$$

$$\eta = \frac{0,7 \cdot 4000}{3 \cdot 6,4 \cdot 220 \cdot 0,76} = 0,87.$$

Бу ҳисобланган катталикларни ҳам 2.1-жадвалга ёзамиз. Энди 3-вазифа бўйича:  $\mu_c = 0,7$ ;  $\gamma = 0,8$ ;  $\alpha = 1$  бўлган ҳолат учун моторнинг асосий кўрсаткичларини аниқлаймиз.

$$b_1 = \frac{2,2 \cdot 0,8^2}{0,7 \cdot 1} = 2,01;$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{1}{2,01 + \sqrt{2,01^2 - 1}} = 0,266;$$

$$\cos \varphi = \sqrt{\frac{2,01 + \sqrt{2,01^2 - 1}}{2 \cdot 2,01}} = 0,966;$$

$$\sin \varphi = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot 2,01(2,01 + \sqrt{2,01^2 - 1})}} = 0,257.$$

2.1-расмда келтирилган асинхроннинг универсал магнитланиш тавсифидан  $\gamma = 0,8$  учун  $I_0 / I_{0n} = 0,75$  эканлигини аниқлаб, моторнинг қолган турғун иш режими кўрсаткичларини аниқлаймиз:

$$Q_0 = 3 \cdot 220 \cdot 0,8 \cdot 2,53 = 1335,8 \text{ Вар};$$

$$Q_p = 3 \cdot 220 \cdot 5,34 \cdot 0,257 = 724,6 \text{ Вар};$$

$$Q = 1335,8 + 724,6 = 2060,4 \text{ Вар};$$

$$S_1 = 3843,8 \text{ В} \cdot \text{А};$$

$$M_{MAX} / M_H = 1,4; M_{HT} / M_H = 1,28;$$

$$I_1 = 7,18 \text{ A}; \quad I'_2 = 5,34 \text{ A}; \quad P_1 = 3196,7 \text{ Вт};$$

$$Q = 2060,4 \text{ Вар}; S_1 = 3843,8 \text{ В} \cdot \text{А}; \cos \varphi = 0,824;$$

$$M_{\max} = 37,5 \text{ Н} \cdot \text{м}; \quad M_{\text{нГ}} = 34,3 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$s = 0,065; \eta = 0,88.$$

Бу ҳисобланган кўрсаткичлар ҳам 2.1-жадвалга ёзилади. Энди асинхрон моторнинг куйидаги кўрсаткичлари:  $\mu_c = 0,7$ ;  $\gamma = 0,75$ ;  $\alpha = 1$  бўйича моторнинг юкланиш хусусияти, тармоқ қучланиши билан келтирилган ротор токи орасидаги бурчакларни ҳисоблаймиз:

$$b_1 = \frac{2,2 \cdot 0,75^2}{0,7} = 1,768; \quad \operatorname{tg} \varphi' = \frac{1}{1,768 + \sqrt{1,768^2 - 1}} = 0,306;$$

$$\cos \varphi' = \sqrt{\frac{1,768 + \sqrt{1,768^2 - 1}}{2 \cdot 1,768}} = 0,955; \quad \sin \varphi = 0,265.$$

2.1-расмдаги асинхрон моторнинг универсал магнитланиш тавсифидан  $\gamma = 0,75$  учун мос келадиган магнитланиш токининг номинал қийматига нисбатан  $I_0 / I_{0н} = 0,7$  эканлигини аниқлаймиз ва турғун иш режимининг бошда асосий кўрсаткичларини ҳисоблаймиз:

$$I_0 = 0,7 \cdot 0,4 \cdot 8,44 = 2,36 \text{ A}; \quad I'_2 = 0,833 \cdot 0,95 \cdot 8,44 = 6,68 \text{ A};$$

$$I_1 = 7,59 \text{ A}; \cos \varphi = 0,839; P_1 = 3157,9 \text{ Вт};$$

$$Q_0 = 1168,2 \text{ Вар}; Q_p = 876,3 \text{ Вар};$$

$$Q = 2044,5 \text{ Вар}; S_1 = 3561,9 \text{ В} \cdot \text{А};$$

$$M_{\max} = 1,24 \cdot 26,8 = 33,2 \text{ Н} \cdot \text{м}; M_n = 1,13 \cdot 26,8 = 30,3 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$s = 0,074; \eta = 0,89.$$

Энди асинхрон мотор кўрсаткичларининг  $\mu_c = 0,7$ ;  $\gamma = 0,7$ ;  $\alpha = 1$  бўлган ҳолати учун моторнинг юкланиш хусусияти, тармоқ қучланиши билан келтирилган ротор токи орасидаги бурчакларни ҳисоблаймиз:

$$b_c = \frac{2,2 \cdot 0,7^2}{0,7} = 1,54; \operatorname{tg} \varphi' = \frac{1}{1,54 + \sqrt{1,54^2 - 1}} = 0,369;$$

$$\cos \varphi' = \sqrt{\frac{1,54 + \sqrt{1,54^2 - 1}}{2 \cdot 1,54}} = 0,938; \quad \sin \varphi' = 0,346.$$

2.1-расмдаги асинхрон моторнинг универсал магнитланиш тавсифидан ушбу режим учун мос келадиган магнитланиш токининг киймати  $I_0/I_{0н} = 0,68$  эканлигини аниқлаймиз ва тургун иш режимининг бошқа асосий кўрсаткичларини ҳисоблаймиз:

$$I_0 = 0,68 \cdot 0,4 \cdot 8,44 = 2,296 \text{ A}; I'_2 = 7,29 \text{ A};$$

$$I_1 = 8,35 \text{ A}; \cos \varphi = 0,839; P_1 = 3158 \text{ Вт};$$

$$Q_0 = 1060,7 \text{ Вар}; Q_p = 1165,3 \text{ Вар}; Q = 2226 \text{ Вар}; S_1 = 3863,8 \text{ В} \cdot \text{А};$$

$$M_{\max} = 28,9 \text{ Н} \cdot \text{м}; M_n = 26,3 \text{ Н} \cdot \text{м}; s = 0,084; \eta = 0,88.$$

Бу ҳисобланган катталикларни ҳам 2.1-жадвалга ёзамиз.

2.1-жадвал

| №                                         | 1.   | 2.   | 3.    | 4.     | 5.    |
|-------------------------------------------|------|------|-------|--------|-------|
| $\gamma$                                  | 1    | 1    | 0,8   | 0,75   | 0,7   |
| $I_1, \text{A}$                           | 8,44 | 6,4  | 7,28  | 7,59   | 8,39  |
| $I'_2, \text{A}$                          | 7,03 | 4,83 | 5,34  | 6,68   | 7,29  |
| $\cos \varphi$                            | 0,81 | 0,76 | 0,82  | 0,84   | 0,82  |
| $M_c, \text{Н} \cdot \text{м}$            | 26,8 | 18,8 | 18,8  | 18,8   | 18,8  |
| $M_{\text{тег}}, \text{Н} \cdot \text{м}$ | 59   | 59   | 37,5  | 33,3   | 28,8  |
| $M_n, \text{Н} \cdot \text{м}$            | 53,6 | 53,6 | 34,3  | 30,3   | 26,3  |
| $s$                                       | 0,06 | 0,04 | 0,065 | 0,074  | 0,084 |
| $\eta$                                    | 0,88 | 0,87 | 0,88  | 0,89   | 0,89  |
| $\mu_c$                                   | 1    | 0,7  | 0,7   | 0,7    | 0,7   |
| $Q, \text{Вар}$                           | 3298 | 2744 | 2060  | 2044,5 | 2226  |
| $P_1, \text{Вт}$                          | 4511 | 3205 | 3120  | 3158   | 3158  |
| $S_1, \text{ВА}$                          | 5588 | 4219 | 3844  | 3762   | 3864  |

2.1-жадвал асосида асинхрон мотор турғун иш режимида юкланганликнинг 70% киймати, яъни  $\mu_c = 0,7$  ҳолати учун статор чулғамига берилаётган кучланишни бошқариш асосида моторнинг асосий кўрсаткичларининг ўзгариш графикларини курамиз (2.2 – 2.6-расмлар).

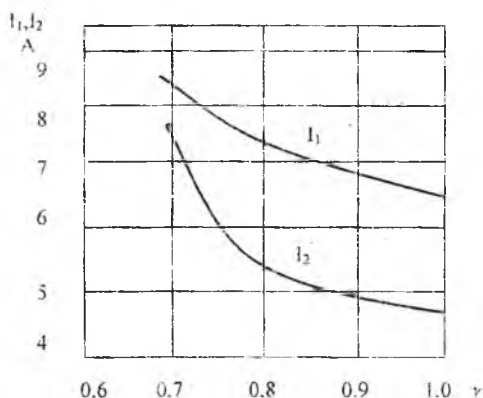
2.2-расмда  $\mu_c = 0.7$  ҳолда турғун иш режимида ишлаётган асинхрон мотор статори ва ротори келтирилган тоқларининг кучланишнинг ўзгаришига боғлиқ равишда ўзгариш тавсифлари келтирилган. Кучланишнинг камайиш қийматига қараб ҳар иккала тоқларнинг қийматлари тесқари пропорционал равишда ошиб боради ва бу боғланиш қуйидаги ифода билан изоҳланади

$$I_2 \approx \frac{\mu_c I_{2H}}{\gamma} \quad (2.41)$$

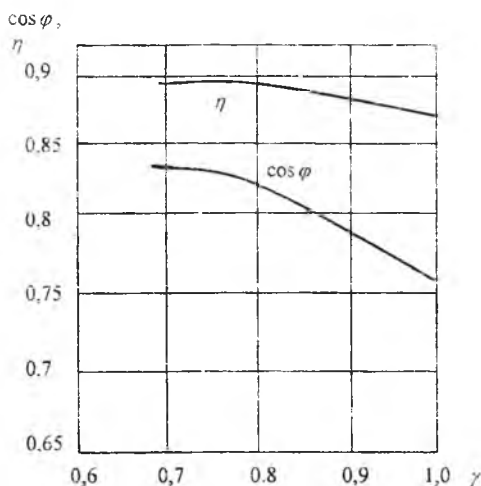
Ротор тоқининг ошиш суръати статор тоқиникига нисбатан тезроқ бўлишининг сабаби ротор тоқининг моторнинг момент бўйича юкланганлик кўрсаткичи  $b_H$  га тесқари пропорционаллигидадир, яъни бу кўрсаткич қанча кичик бўлса, ротор тоқининг ошиш суръати шунча катта бўлади.

Асинхрон мотор статоридаги кучланишни юкланиш моменти қийматига мос равишда ростлашнинг қуйи чегараси ротор тоқининг номинал қийматидан ошиб кетмаслиги билан чегараланади, акс ҳолда ротор чулғамида қувват исрофининг номинал қийматидан ошишига олиб келади ва пировардида моторнинг иссиқлик ҳолати ёмонлашади.

2.3-расмда валидаги юкланиш моменти  $\mu_c = 0,7$  бўлган асинхрон моторнинг фойдали иш ва қувват коэффицентлари кучланишнинг ўзгаришига боғлиқ ўзгариши тавсифлари келтирилган. Мотор  $\eta$  ининг энг катта қиймати кучланиш коэффицентининг 0,75 бўлганига тўғри келади.  $\cos \varphi$  эса ўзининг энг катта қийматига  $\gamma = 0,7$  бўлганида эришади. Мотор энергетик кўрсаткичларининг экстремал қийматлари кучланишнинг бир қийматига тўғри келмаслиги  $\eta$  ва  $\cos \varphi$  ларнинг экстремал қийматларига эришишдаги кучланиш ўзгариши билан боғлиқ физик жараёнларнинг нисбатан турлича эканлиги асосида изоҳланади.  $\cos \varphi$  нинг қиймати тармоқдан истеъмол қилинаётган актив ва реактив қувватларнинг қийматларига боғлиқ бўлса,  $\eta$  нинг қиймати билвосита актив ва реактив қувватларга боғлиқ бўлиши билан бир қаторда асосан электрик ва магнит қувват исрофларининг ўзаро қандай мутонасибликда эканлигига кўпроқ боғлиқдир.



2.2-расм. Валидаги юкланиш моменти  $\mu_c = 0,7$  бўлган 4A100L4УЗ русумли асинхрон мотор статор токи ва ротори келтирилган токининг кучланиш ўзгаришига боғлиқлик тавсифлари

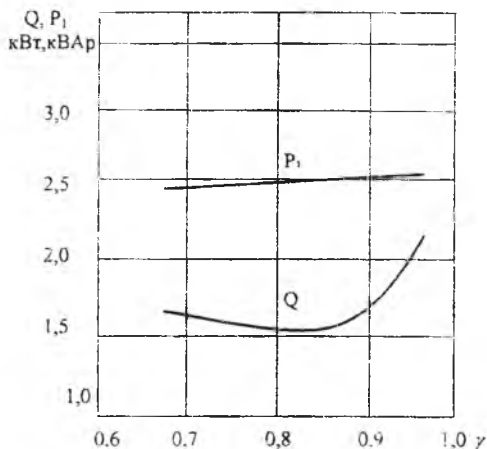


2.3-расм. Валидаги юкланиш моменти  $\mu_c = 0,7$  бўлган 4A100L4УЗ русумли асинхрон мотор фойдали иш ва кувват коэффициентларининг кучланиш ўзгаришига боғлиқлик тавсифлари

2.4-расмда валидаги юкланиш моменти  $\mu_c = 0,7$  бўлган асинхрон моторнинг тармоқдан истеъмол қилаётган актив ва реактив кувватларининг кучланишнинг ўзгаришига боғлиқ равишда ўзгариш тавсифлари тасвирланган. Тезлиги ростланмайдиган асинхрон

моторларнинг кучланиш ўзгаришининг мотор гезлиги ўзгаришига таъсирини ҳисобга олмаганда, актив қувват қийматини юкланиш моментига пропорционал деб, кучланишнинг ростланиши оралиғида уни ўзгармас деб олиш мумкин.

Моторнинг реактив қувват истеъмоли юкланиш моментига ва тармоқдан берилётган кучланишга боғлиқдир. Модомики моторнинг юкланиши номиналдан кичик экан, у ҳолда юкланишга мос келувчи қийматгача кучланишни ростлаганимизда асинхрон мотор тармоқдан энг кичик қийматли реактив қувват истеъмол қилади. Валидаги юкланиш  $\mu_c = 0,7$  бўлган асинхрон мотор учун реактив қувват истеъмолининг энг кичик қиймати кучланиш коэффициентининг  $\gamma = 0,78$  қийматига тўғри келади. Моторнинг қувват коэффициенти  $\cos \phi$  нинг энг катта қиймати (2.3-расмга қаранг) билан моторнинг энг кичик қийматли реактив қувват истеъмолига мос келувчи кучланишларнинг қийматлари ўзаро фарқлидир.

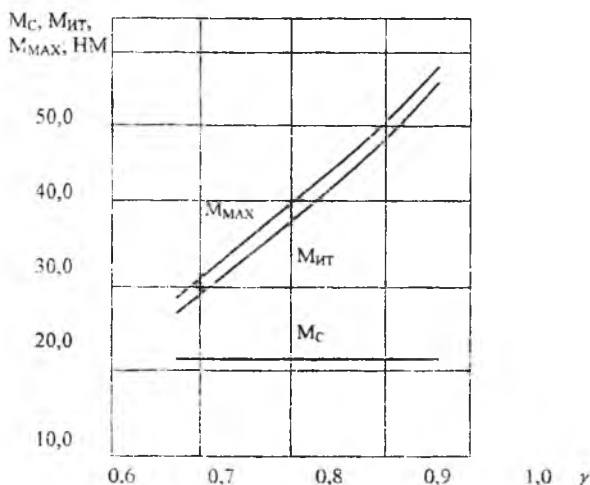


2 4—расм. Валидаги юкланиш momenti  $\mu_c = 0,7$  бўлган 4A100L4УЗ русумли асинхрон мотор тармоқдан истеъмол қилаётган актив ва реактив қувватларининг кучланиш ўзгаришига боғлиқлик тавсифлари

Асинхрон мотор ҳосил қилаётган моментларни ҳисоблашда статор чулғами актив қаршилиги қиймати ҳисобга олинмаган. Асинхрон мотор ҳосил қилаётган юкланиш моментига мос айлантурувчи момент  $M_c$  кучланишни ростлаш диапазонида ўзгармас бўлади. Моментларнинг қийматлари кучланишнинг квадратига тўғри пропорционал бўлиб, кучланишнинг бутун ростланиш диапазонида юкланиш моментига тенг бўлган айлантурувчи моментига нисбатан максимал ва ишга тушириш

моментлари ўзгаришлари мотор паспортида берилган каррали кийматларга мос равишда ўзгаради.

2.5–расмда валидаги юкланиш  $\mu_c = 0,7$  бўлган асинхрон мотор ҳосил қилаётган максимал. ишга тушириш ва юкланиш моментларининг кучланишнинг ўзгаришига боғлиқ равишда ўзгариш тавсифлари келтирилган.



2.5 – расм. Валидаги юкланиш  $\mu_c = 0,7$  бўлган 4А1001.4УЗ русумли асинхрон мотор ҳосил қилаётган максимал. ишга тушириш ва юкланиш моментларининг кучланиш ўзгаришига боғлиқлик тавсифлари

Агар  $s_{ном} \approx s_{cr} / 2b_n$  деб қарайдиган бўлсак, у ҳолда сирпанишнинг мотор валидаги юкланишнинг ўзгаришига боғлиқ равишда ўзгаришини қуйидаги формула билан ифодалаш мумкин

$$s = \frac{s_{ном} \mu_c}{\gamma^2} \quad (2.42)$$

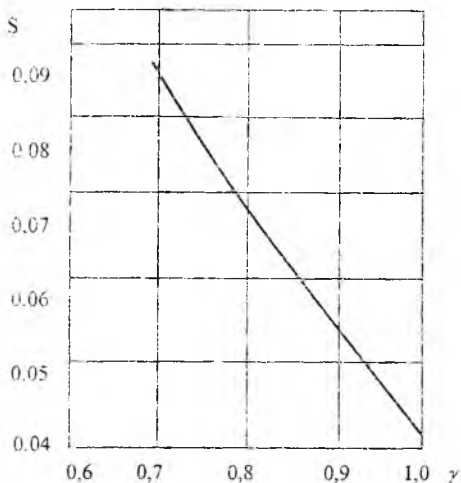
2.6–расмда валидаги юкланиш  $\mu_c = 0,7$  бўлган асинхрон мотор сирпанишининг (2.42) кучланишнинг ўзгаришига боғлиқ равишда ўзгариш тавсифи келтирилган ва бу боғланиш  $\gamma^2$  га тесқари пропорционалди.

2.2–2.6 –расмларда келтирилган тавсифлар таҳлили шуни кўрсатадики, асинхрон моторнинг юкланиш даражаси 70% бўлганида, яъни  $\mu_c = 0,7$  бўлганида, моторга берилаётган кучланишни пасайтириш



актив ва реактив қувватларнинг камайишига ва  $\cos\varphi$  нинг ошишига олиб келади.

Бу режим учун мотор кучланиш коэффицентининг оптимал киймати  $\gamma = 0,75$  бўлиб, яъни статор чулғами кучланиши  $U_1 = 160 \text{ В}$  бўлади. Агар мотор шу юкланишда ишлаганида, кучланиш коэффиценти ўзгармас  $\gamma = 1$  га тенглигича қолдирилган ҳолатига нисбатан реактив қувват истеъмоли  $Q - 38\%$  камаяди ва  $\cos\varphi$  эса  $3,58\%$  кўтарилади.



2.6–расм Валидаги юкланиш  $\mu_c = 0,7$  бўлган 4А1001.4У3 русумли асинхрон мотор сирпанишинининг кучланиш ўзгаришига боғлиқлик тавсифи

Кучланишни бундан ҳам пастга қараб камайтирганимизда, масалан,  $\gamma = 0,7$  бўлганида ротор токининг номинал кийматидан ошиши кузатилади  $I_2' > I_{2n}$ , кучланиш коэффицентининг  $\gamma = 0,75$  ҳолатига нисбатан реактив қувват истеъмоли  $Q = 8,9\%$  ошиб кетади ва қувват коэффиценти  $\cos\varphi - 2,5\%$  камаяди.

## 2.2. Асинхрон моторларнинг статор чулғамларини «Учбурчақ» улаишдан «Юлдузча» улаишга ўтказишнинг иқтисодий самарадорлиги

Асинхрон мотор статори чулғамларини «учбурчақ» улаишдан «юлдузча» улаишга ўтказиш, номинал юкланишдан анча кам юкланиш

билан ишлаётган асинхрон моторларнинг қувват коэффициентини ошириш мақсадида қўлланилади. Шунда фаза кучланишининг  $\sqrt{3}$  марта камайиши натижасида салт юриш токи ва реактив магнитланиш қуввати камаяди. Юкланишнинг ўзгармас кийматида кучланишнинг камайиши натижасида ротордаги токнинг киймати ошади ва бундан ташқари тармоқ кучланиши билан келтирилган ротор токи орасидаги бурчак катталашади. Шу сабабли ҳам реактив сочилма қувват киймати ошади. Бундан ташқари, ротор токининг ошиши ротор чулғамидаги қувват исрофининг ошишига ва ширварлида ротор чулғамининг юқорирок даражада кизишига сабаб бўлади.

Статор токининг киймати

$$I_1 = \sqrt{I_2^2 + I_\mu^2}$$

юкланигини ҳисобга оладиган бўлсак, моторнинг юкланиш даражасига қараб, статор чулғамларининг «юлдузча» уланишдаги киймати «учбурчак» уланишдагига нисбатан катта ёки кичик бўлиши мумкин. Статор чулғамларини «юлдузча» уланишга ўтганимизда сирпанишнинг киймати номинал кийматидан 3 мартадан ортиқ кийматга эга бўлади, бироқ моторнинг бурчак тезлиги сезиларли даражада ўзгармайди ва шунинг учун ҳам ишчи механизмнинг иш унумдорлигига сирпаниш ўзгаришининг таъсири кам бўлади.

Мотор ҳосил қилаётган моментнинг максимал киймати 3 мартага камаяди. Шунинг учун, моторнинг турғун ишлашини таъминлаш мақсадида мотор валидаги юкланишни номинал кийматига нисбатан 3 марта камйтириш лозим. Шунда сирпанишнинг киймати номиналга тенг бўлади ва ротор токи  $\sqrt{3}$  мартага камаяди.

Агар мотор валидаги юкланиш ишлаши давомида силтаб ўзгармасдан сокин бўлиб турса, у ҳолда статор чулғамлари «юлдузча» уланишда, моторнинг юкланганлик хусусиятининг энг кичик кийматидан келиб чиққан ҳолда  $b_1 = 1.3 \div 1.4$  га тенг юкланганликда ишлатиш мумкин.

Бу ҳолда юкланиш моментининг энг катта кийматини аниқлашда ротор токининг киймати номинал кийматидан ошиб кетмаслиги асос бўлиши керак ва у қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$\mu_c = \frac{\sqrt{2b_H(b_H + \sqrt{b_H^2 - 1}) - 3}}{\sqrt{3}(b_H + \sqrt{b_H^2 - 1})}. \quad (2.52)$$

Номинал юкланишдан кам юкланиш билан ишлаётган асинхрон моторнинг статор чулғамларини «юлдузча» уланишга ўтказишнинг

самарадорлигини аниклаш учун албатга реактив ва актив қувват исрофларининг ўзгаришларини таҳлил қилиш зарур.

Статор чулғамларини «юлдузча» уланишга ўтказганимизда кучланишнинг  $\sqrt{3}$  марта камайиши натижасида магнитланиш токи деярли 2 марта ва реактив магнитланиш қуввати ҳам деярли 3,5 мартага камаяди. Сочилма реактив қувватнинг қиймати эса кучланиш даражасининг 2 дан каттарок қийматига тескари пропорционал равишда 3 мартадан кўпроққа ошади.

Статор чулғамларини «юлдузча» уланишга ўтказганимизда, мотор валидаги юкланишнинг ўзгармас қийматида, статор пўлатидаги қувват исрофи ўртача 3 мартага камаяди, ротордаги актив қувват исрофи эса ротор токининг ошиши ҳисобига ошиб кетади. Статор чулғамидаги актив қувватнинг ошиш ёки ошмаслиги статор токига боғлиқдир.

Бир нечта мисолларда статор чулғамларини «учбурчаю» уланишдан «юлдузча» уланишга ўтказишнинг максалда мувофиқлиги ёки мувофиқ эмаслигини кўриб чиқамиз.

**2.2 – мисол.** Номинал қуввати  $P_{1H} = 4,5$  кВт бўлган ротори қисқа туташтирилган асинхрон моторнинг берилган номинал техник кўрсаткичлари қуйидаги қийматларга эга:  $U = 380/220$  В;  $I_{1H} = 9,36/16,2$  А;  $\cos \varphi_H = 0,86$ ;  $n_H = 1428$  айл/мин;  $b_H = 2$ ;  $I_{0H}/I_{1H} = 0,27$ ;  $I_{2H}/I_{1H} = 0,9$ . Қувват исрофлари:  $\Delta P_{МЕХ} = 66$  Вт;  $\Delta P_{пн} = 145$  Вт; қўшимча қувват исрофларини ҳам бирга ҳисоблаганда  $\Delta P_{1H} = 371$  Вт;  $\Delta P_{2H} = 229$  Вт. Статор чулғамлари «юлдузча» уланган асинхрон моторни 220 В кучланишли тармоққа улаганимизда  $I_0 / I_{0H} = 0,128$  га тенг.

Мотор валидаги юкланиш  $\mu_C = 0,5$  бўлганида статор чулғамларининг «учбурчак» ва «юлдузча» уланган ҳолатлари учун асинхрон мотордаги қувват исрофлари ва реактив қувват истеъмолларини ҳисоблаш талаб этилади.

(2.6) формула ёрдамида моторнинг момент бўйича юкланганлик кўрсаткичини ҳисоблаймиз:

$$b_C = b_H / \mu_C = 2 / 0,5 = 4.$$

(2.18) бўйича келтирилган ротор токининг нисбий қийматини ҳисоблаймиз:

$$\frac{I_2}{I_{2H}} = \sqrt{0,5 \frac{2 + \sqrt{2^2 - 1}}{4 + \sqrt{4^2 - 1}}} = 0,485.$$

(2.21) бўйича келтирилган ротор токи билан тармоқ кучланиши орасидаги бурчакнинг синусини аниқлаймиз:

$$\sin \varphi = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot 4(4 + \sqrt{4^2 - 1})}} = 0,126.$$

Реактив кувват

$$Q_H = \sqrt{3} \cdot 0,22 \cdot 16,2 \cdot (0,9 \cdot 0,485 \cdot 0,126 + 0,27) = 2 \text{ кВар}.$$

(2.26) бўйича статор токини ҳисоблаймиз

$$I_1 = 16,2 \sqrt{(0,9 \cdot 0,485 \cdot 0,126 + 0,27)^2 + 0,9^2 \cdot 0,485^2 \cdot 0,992^2} = 8,75 \text{ A}.$$

Сирпанишни ҳисоблаймиз

$$s = s_H \cdot \frac{b_H + \sqrt{b_H^2 - 1}}{b_H / \mu_c + \sqrt{(b_H / \mu_c)^2 - 1}} = 4,8 \cdot \frac{2 + \sqrt{2^2 - 1}}{4 + \sqrt{4^2 - 1}} = 2,27\%.$$

Умумий кувват исрофи

$$\sum \Delta P = 66 + 145 + 371 \frac{8,75^2}{16,2^2} + 229 \cdot 0,485^2 = 373 \text{ Вт}.$$

Кувват коэффициенти

$$\cos \varphi = \frac{2,25 + 0,373}{\sqrt{2^2 + (2,25 + 0,373)^2}} = 0,8.$$

Юкланишнинг шу киймати учун статор чулғамларини «юлдузча» улаганимизда:

$$b_{CH} = \frac{b_H \gamma^2}{\mu_c} = \frac{2}{0,5 \cdot 3} = 1,33; I_2 / I_{2H} = \sqrt{0,5 \frac{2 + \sqrt{2^2 - 1}}{1,33 + \sqrt{1,33^2 - 1}}} = 0,92.$$

$$\sin \varphi = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot 1,33(1,33 + \sqrt{1,33^2 - 1})}} = 0,413; \cos \varphi = 0,911;$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot 0,22 \cdot 9,36(0,9 \cdot 0,92 \cdot 0,413 + 0,128) = 1,67 \text{ кВар};$$

$$I_{\text{н}} = 9,36 \cdot \sqrt{(0,9 \cdot 0,92 \cdot 0,413 + 0,128)^2 + 0,9^2 \cdot 0,92^2 \cdot 0,911^2} = 8,26 \text{ А}.$$

$$s = 4,8 \cdot \frac{2 + \sqrt{2^2 - 1}}{1,33 + \sqrt{1,33^2 - 1}} \cdot 100\% = 8,1\%; \sum \Delta P = 66 + \frac{145}{3} + 371 \frac{8,26^2}{9,36^2} + 229 \cdot 0,92^2 = 598 \text{ Вт}; \cos \varphi = \frac{2,25 + 0,598}{\sqrt{1,67^2 + (2,25 + 0,598)^2}} = 0,86.$$

Шундай қилиб, мотор валидаги юкланиш  $\mu_c = 0,5$  бўлганида статор чулғамларининг «учбурчак» уланишдан «юлдузча» уланишга ўтказганимизда моторнинг тармоқдан истеъмол қилаётган реактив қуввати  $2 - 1,67 = 0,33$  кВар га камайди ва қувват коэффициенти 0,8 дан 0,86 га кўтарилди, бироқ актив қувват исрофи  $598 - 373 = 225$  Вт га ошди. 1 кВар реактив қувват истеъмолига 0,695 кВт актив қувват исрофи тўғри келмоқда, бу эса энергия тежамкорлик шартларини мутлақо қаноатлантирмайди.

Юкланиш даражаси  $\mu_c = 0,4$  бўлганидаги статор чулғамларининг «учбурчак» уланган ҳолати учун асинхрон мотордаги қувват исрофлари ва реактив қувват истеъмолларининг ҳисобланган қийматлари:  $Q = 1,85$  кВар;  $\sum \Delta P = 326$  Вт;  $s = 1,81\%$ ;  $\cos \varphi = 0,74$ . Худди шунингдек, статор чулғамларининг «юлдузча» уланган ҳолати учун асинхрон мотордаги қувват исрофлари ва реактив қувват истеъмолларининг ҳисобланган қийматлари:  $Q = 1,17$  кВар;  $\sum \Delta P = 399$  Вт;  $s = 5,95\%$ ;  $\cos \varphi = 0,88$ . Шундай қилиб, ҳар 1 кВар реактив қувватга тўғри келадиган актив қувват исрофи 0,107 кВт ни ташкил этмоқда. Бу қувват исрофи  $\mu_c = 0,5$  дагига нисбатан анча кам бўлсада, аммо бу қувват исрофлари конденсаторлардаги исрофлардан қарийб 20 марта кўпдир.

Факат юкланиш  $\mu_c = 0,3$  бўлганидаги статор чулғамлари «юлдузча» уланганида мотордаги актив қувват исрофларининг қиймати статор чулғамларининг «учбурчак» улангандагига қараганда кам бўлади. Статор чулғамлари «учбурчак» уланганидаги ҳисобланган энергетик кўрсаткичлари:  $Q = 1,78$  кВар;  $\sum \Delta P = 290$  Вт;  $s = 1,35\%$ ;  $\cos \varphi = 0,656$  ва статор чулғамлари «юлдузча» уланганида ушбу кўрсаткичларнинг қийматлари:  $Q = 0,84$  кВар;  $\sum \Delta P = 269$  Вт;  $s = 4,26\%$ ;  $\cos \varphi = 0,89$ .

**2.3 – мисол.** Ротор токи номинал қийматининг ўзгармас бўлиши шартидан келиб чиқиб, статор чулғамлари «учбурчак» ва «юлдузча» уланган ҳоллардаги асинхрон моторнинг иш режимлари кўрсаткичларини солиштириш. Фаза роторли асинхрон моторнинг номинал кўрсаткичлари:

$P_H = 310 \text{ кВт}; U_1 = 3000 \text{ В}; I_{1H} = 72,5 \text{ А}; \cos \varphi_H = 0,89; n_H = 740 \text{ айл/мин};$   
 $U_2 = 660 \text{ В}; I_{2H} = 288 \text{ А}.$

Асинхрон моторнинг статор чулғамлари «учбурчак» ротор чулғамлари эса «юлдуз» шаклида уланган.

Моторнинг номинал иш режимидаги кувват исрофлари куйидаги кийматларга эга:  $\Delta P_{\text{МЭХ}} = 3 \text{ кВт}; \Delta P_{1H} + \Delta P_2 = 8,2 \text{ кВт};$   
 $\Delta P_{\text{ГН}} = 6,7 \text{ кВт}; \Delta P_{2H} = 5,65 \text{ кВт}.$

Қиска туташув тажрибаси кийматлари:  $P_K = 10 \text{ кВт}; I_K = 63 \text{ А};$   
 $U_K = 520 \text{ В}.$  Қиска туташув тажрибаси мотор чулғамларнинг ҳарорати  $40^\circ\text{C}$  бўлган ҳолатда олиб борилди.

Салт юриш тажрибаси кийматлари:  $\Delta P_0 = 10,6 \text{ кВт}; I_0 = 24 \text{ А};$   
 $U_0 = 3000 \text{ В}.$  2.7 - расмда моторнинг салт юриш тавсифи келтирилган.

Статор чулғами ҳарорати  $40^\circ\text{C}$  бўлган ҳолатдаги ўзгармас токда ўлчанган актив қаршилик  $r_1 = 1,06 \text{ Ом}$  га тенг бўлса ва шунингдек статор чулғами ҳарорати  $90^\circ\text{C}$  га келтириб ўзгармас токда ўлчанган актив қаршилиги эса  $r_1 = 1,28 \text{ Ом}$  бўлади.

Ротор чулғами ҳарорати  $40^\circ\text{C}$  бўлган ҳолатдаги ўзгармас токда ўлчанган актив қаршилик  $r_2 = 0,0183 \text{ Ом}$  га тенг бўлса ва ротор чулғами ҳарорати  $90^\circ\text{C}$  га келтирилиб ўзгармас токда ўлчанган актив қаршилиги эса  $r_2 = 0,022 \text{ Ом}$  бўлади.

Ротор токи номиналга тенг бўлгандаги мотор юкланишини аниқлаш учун мотор ҳосил қиладиган максимал моментнинг номинал моментга нисбатини билиш зарур.

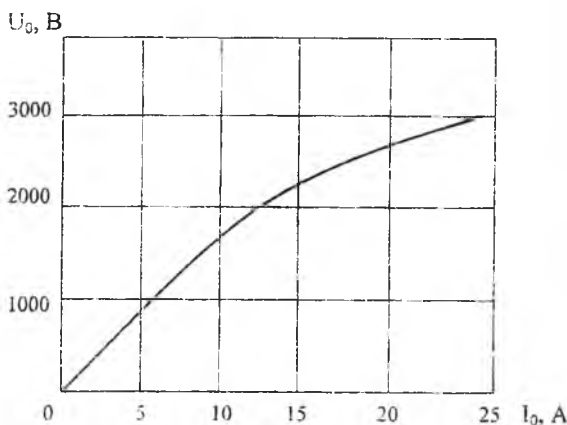
Қиска туташув тажрибаси асосида фаза қаршиликларининг ҳақиқий кийматларини аниқлаш мумкин:

$$z_{K1} = \frac{U_K}{I_{1H} / \sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 520}{63} = 14,3 \text{ Ом}; r_{K1} = \frac{P_K}{3(I_K / \sqrt{3})^2} = \frac{10400}{63^2} = 2,57 \text{ Ом};$$

$$x_{K1} = \sqrt{z_{K1}^2 - r_{K1}^2} = \sqrt{14,3^2 - 2,57^2} = 14 \text{ Ом}; r_{21} = r_{K1} - r_1 = 2,57 - 1,06 = 1,51 \text{ Ом}.$$

Қиска туташув токининг номинал токка нисбатан катталиги

$$k = \frac{63}{72,5} \cdot \frac{3000}{520} = 5; c_1 \approx 1 + \frac{I_0}{2I_K} = 1 + \frac{24}{2 \cdot 72,5 \cdot 5} = 1,033.$$



2.7 – расм. Номинал қуввати  $P_H = 310$  кВт бўлган асинхрон моторнинг салт юриш тавсифи

Сирпанишнинг  $s = 0$  киймати учун температураси  $40^\circ\text{C}$  деб қаралган ҳолат учун роторнинг келтирилган қаршилиги,

$$r_{20} = r_2 \left( \frac{U_{1H}}{c_1 U_{2\phi H}} \right)^2 = 0,0183 \left( \frac{3000}{1,033 \cdot 660 / \sqrt{3}} \right)^2 = 1,07 \text{ Ом};$$

харорати  $90^\circ\text{C}$  деб қаралган ҳолат учун эса

$$r_{20} = 1,07 \frac{235 + 90}{235 + 40} = 1,28 \text{ Ом}.$$

Ротор токининг сикилиши ҳисобига ротор чулғамининг ариқчаларида жойлашган қисмларидаги актив ва индуктив қаршиликларининг ўзгаришини ҳисобга олувчи коэффициентлар:

$$k_{r1} = 1,43 \frac{r_{21}}{r_{20}} - 0,43 = 1,43 \frac{1,51}{1,07} - 0,43 = 1,52; \quad k_{X1} = 1,35 - 0,285 \times 1,52 = 0,92;$$

$$x_{K0} = \frac{x_{K1}(1 + r_1/r_{20})}{r_1/r_{20} + 1,25 - 0,2k_{r1}} = \frac{14(1 + 1,06/1,07)}{1,06/1,07 + 1,25 - 0,2 \cdot 1,52} = 14,4 \text{ Ом}.$$

Моторнинг механик қувват исрофларини  $\Delta P_{\text{мех}} = 0,001 \times P_H = 3,1 \text{ кВт}$  ва номинал сирпанишни  $s_H = 0,013$  деб қабул қилиб, мотор максимал моментининг номинал қийматига нисбатини қуйидаги формула билан аниқлаймиз:

$$b_H = \frac{U_{1H}^2 (1 - s_H)}{2c_1 (P_H + \Delta P_{\text{мех}}) \times [r_1 + \sqrt{r_1^2 + (x_1 + c_1 x_{21}^1)^2}] = \frac{3 \cdot 3000^2 (1 - 0,013)}{2 \cdot 1,033 \cdot 310 \cdot 1,01 (1,28 + \sqrt{1,28^2 + 14,4^2})} = 2,62.$$

Чулғамнинг ишчи ҳароратида критик ва номинал сирпанишларнинг қийматини қуйидаги ифодалар билан аниқлаймиз:

$$s_{\text{кр}} = \frac{1,28}{\sqrt{1,28^2 + 14,4^2}} = 0,09; s_H = \frac{0,09}{2,62 + \sqrt{2,62^2 - 1}} = 0,0178, \text{ ёки } 1,78\%.$$

Роторнинг номинал келтирилган линия токи –

$$I_{2H} = I_{2H} \frac{c_1 U_{2H}}{U_{1H}} = 288 \frac{1,033 \cdot 660}{3000} = 65,5 \text{ А}.$$

Келтирилган ротор токи билан тармок кучланиши орасидаги бурчак

$$\operatorname{tg} \varphi_H = \frac{1}{2,62 + \sqrt{2,62^2 - 1}} = 0,198; \sin \varphi_H = 0,194; \cos \varphi_H = 0,981.$$

Моторнинг номинал қувват коэффиценти

$$\cos \varphi_H = \frac{I_{2H} \cos \varphi_H}{I_{1H}} = \frac{65,5 \cdot 0,981}{72,5} = 0,89.$$

Моторнинг тармокдан истеъмол қилаётган номинал реактив қуввати

$$Q_H = \sqrt{3} \cdot 72,5 \cdot 3 \cdot 0,457 = 173 \text{ кВар}.$$

Статор чулғамларини «юлдузча» уланишга ўтказганимизда ротор токининг номинал қийматидан ошиб кетмаслик шarti бажариладиган мотор валидаги юкланиш моменти қийматини (2.52) формула бўйича аниқлаймиз:



$$\mu_c = \frac{\sqrt{2 \cdot 2,62(2,62 + \sqrt{2,62^2 - 1}) - 3}}{(2,62 + \sqrt{2,62^2 - 1})\sqrt{3}} = 0,555.$$

Статор чулғамларини «учбурчақ» уланишда улаб, моторнинг қуйидаги кўрсаткичларини аниқлаймиз:

максимал моментнинг ишчи механизм моментига нисбати

$$b_c = 2,62/0,55 = 4,72;$$

роторнинг келтирилган линия токи

$$I_2 = 65,5 \sqrt{0,555 \frac{2,62 + \sqrt{2,62^2 - 1}}{4,72 + \sqrt{4,72^2 - 1}}} = 36 A;$$

келтирилган ротор токи билан тармок кучланиши орасидаги бурчак

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{1}{4,72 + \sqrt{4,72^2 - 1}} = 0,107; \cos \varphi = 0,994; \sin \varphi = 0,106;$$

салт юриш токининг актив ташкил этувчисини ҳисобга олмаган ҳолда стагорнинг линия токи

$$I_1 = \sqrt{(24 + 36 \cdot 0,106)^2 + (36 \cdot 0,994)^2} = 45 A;$$

моторнинг кувват коэффициенти

$$\cos \varphi = 36 \times 0,994/45 = 0,8; \sin \varphi = 0,6;$$

моторнинг тармокдан истеъмол қилаётган реактив қуввати

$$Q = \sqrt{3} \cdot 45 \times 3 \times 0,6 = 141 \text{ кВар};$$

$$\text{сирпаниш } s = 0,0178 \frac{2,62 + \sqrt{2,62^2 - 1}}{4,72 + \sqrt{4,72^2 - 1}} = 0,0096 = 0,96\%;$$

моторнинг умумий кувват исрофи

$$\sum \Delta P = 3 + 6,7 + 8,2(45/72,5)^2 + 5,65 \times 0,55^2 = 14,5 \text{ кВт.}$$

Худди шунингдек, статор чулғамларини «юлдузча» уланишда улаб, моторнинг қуйидаги кўрсаткичларини аниқлаймиз:  
максимал моментнинг номинал қийматига нисбати

$$b_c = 2,62/(3 \times 0,55) = 4,72.$$

Статор чулғамлари «юлдузча» уланишда уланганида линия токи фаза токига тенг бўлади. 2.7-расмдаги тавсифдан кучланишнинг  $3000/\sqrt{3} = 1730\text{В}$  қиймати учун моторнинг салт юриши ржимидаги фаза токи қиймати

$$I_0 = 11,4/\sqrt{3} = 6,6 \text{ А.}$$

Роторнинг номинал келтирилган фаза токи

$$I_{2,н} = 65,5/\sqrt{3} = 37,5 \text{ А.}$$

Келтирилган ротор токи билан тармок кучланиши орасидаги бурчак

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{I}{1,57 + \sqrt{1,57^2 - 1}} = 0,36; \cos \varphi = 0,941; \sin \varphi = 0,339.$$

Юкланиш моментининг  $\mu_c = 0,55$  қиймати учун статорнинг фаза токи

$$I_1 = \sqrt{(6,6 + 37,5 \cdot 0,339)^2 + (37,5 \cdot 0,941)^2} = 40,5 \text{ А.}$$

Моторнинг кувват коэффиценти

$$\cos \varphi = 37,5 \times 0,941 / 40,5 = 0,88; \sin \varphi = 0,475.$$

Моторнинг тармокдан истеъмол қилаётган реактив куввати

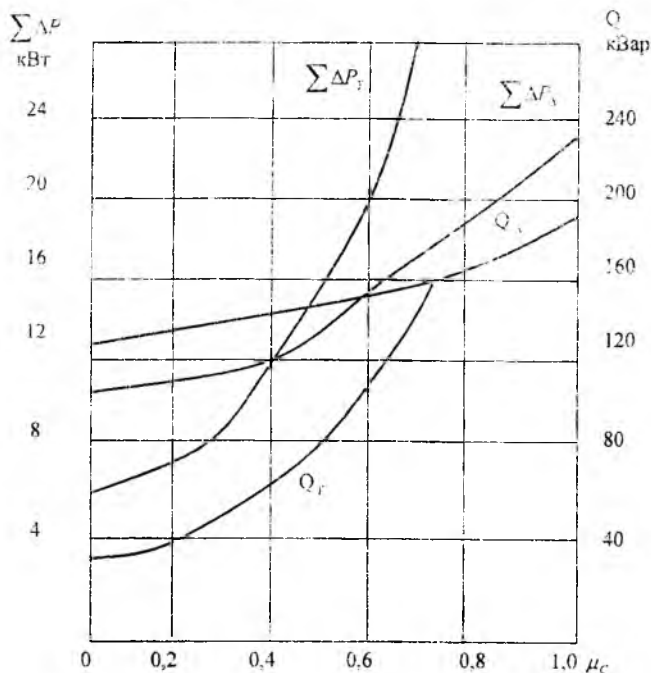
$$Q = \sqrt{3} \cdot 40,5 \times 3 \times 0,475 = 100 \text{ кВар.}$$

$$\text{Сирпаниш } s = 0,0178 \frac{2,62 + \sqrt{2,62^2 - 1}}{1,57 + \sqrt{1,57^2 - 1}} = 0,0323 = 3,23\%.$$

Моторнинг умумий актив қувват исрофи

$$\sum \Delta P = 3 \times (6,7/3) + 8,2(40,5/41,8)^2 + 5,65 \times 0,555(0,0323/0,0178) = 18,5 \text{ кВт}.$$

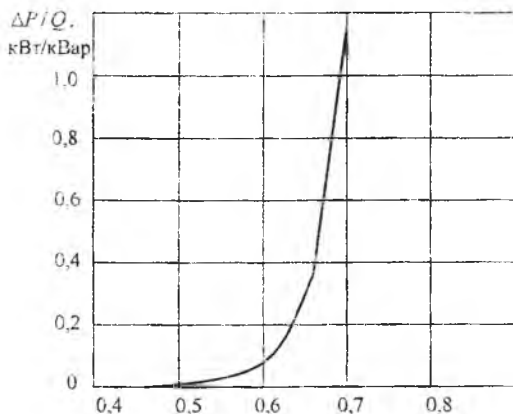
Шундай қилиб, статор чулғамларини «учбурчак» уланнишдан «юлдузча» уланнишга ўтказганимизда моторнинг умумий актив қувват исрофи 4 кВт га ошган бўлса ҳам реактив қувват истеъмоли эса 41 кВар га камайди, яъни  $\Delta P / \Delta Q = 0,1 \text{ кВт/кВар}$ .



2.8 – расм. Номинал қуввати  $P_H = 310 \text{ кВт}$  бўлган фаза роторли асинхрон моторнинг статор чулғамлари «учбурчак» ва «юлдузча» уланган ҳоллари учун реактив қувват истеъмоли ва актив қувват исрофларининг  $\mu_c$  га боғлиқ ўзгариш тавсифлари

2.8-расмда номинал қуввати  $P_H = 310 \text{ кВт}$  бўлган фаза роторли асинхрон моторнинг статор чулғамлари «учбурчак» ва «юлдузча» уланган

холлари учун реактив қувват истеъмоли ва актив қувват исрофларининг ва шунингдек 2.9–расмда эса статор ва ротор тоқларининг нисбий қийматлари ва қувват коэффициентининг  $\mu_c$  га боғлиқ ўзгариш тавсифлари келтирилган. Тавсифлар тахлили шуни кўрсатадики,  $\mu_c < 0,44$  бўлган ҳар қандай ҳолларда сўзсиз статор чулғамларини «учбурчак» уланишдан «юлдузча» уланишга ўтказиш мақсадга мувофиқ бўлишини, яъни асинхрон мотор актив қувват исрофлари миқдори статор чулғамларининг «юлдузча» уланишида «учбурчак» уланишдагига нисбатан кам бўлишини аниқлатади ва натижада моторнинг энергетик кўрсаткичларининг қийматлари номинал қийматларига яқин қийматларда бўлади.



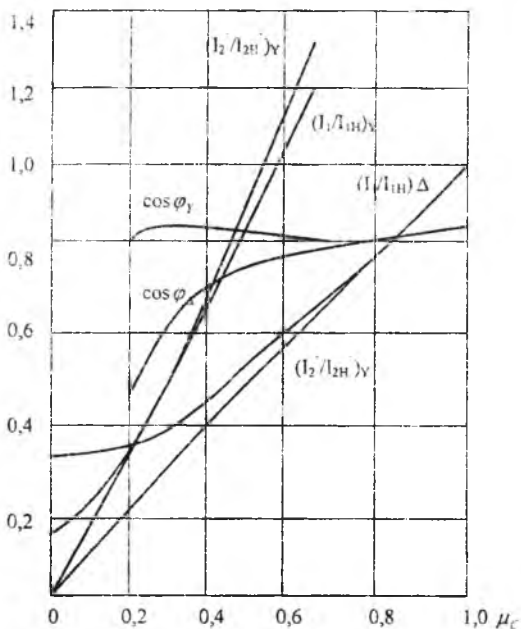
2.9–расм. Юкланиш momenti  $\mu_c$  га боғлиқ равишда солиштира қувватнинг ўзгариш тавсифи

Одатда амалиётда моторнинг юкланиши статор тоқи бўйича назорат қилинади, юкланиш momenti  $\mu_c = 0,58$  бўлганида гарчи статор тоқининг қиймати номиналга тенг бўлган ҳолда ҳам ротор тоқининг қиймати номиналдан 5% га катта бўлади ва бу 1 кВар реактив қувват учун сарф бўладиган актив қувват қийматининг 0,12 кВт бўлишига олиб келади. Бунда актив қувват исрофи нисбатан каттадир.

2.9–расмда 1 кВар реактив қувватни компенсация қилиш учун сарф бўладиган актив қувватнинг  $\mu_c$  га боғлиқ равишда ўзгариши тавсифи келтирилган. Масалан,  $\mu_c = 0,63$  бўлганида 1 кВар реактив қувватни

компенсация қилиш учун 0,2 кВт актив қувват сарф қилиниши кераклигини англатади

2.10–расмдаги статор токининг юкланиш моменти ўзгаришига боғлиқ ўзгариши тавсифи таҳлили асосида статор токининг номинал қийматидан ошмаслиги кераклигини ҳисобга оладиган бўлсак, у ҳолда статор чулғамларини «юлдузча» улашнинг  $\mu_c = 0,58$  қиймати момент бўйича юкори чегараси эканлигини билдиради. Статор чулғами юлдузча уланган ҳол учун асинхрон моторнинг қувват коэффициентининг энг катта қиймати юкланиш моментининг  $\mu_c = 0,35$  қийматига тўғри келади. Статор чулғами учбурчак уланган ҳол учун эса асинхрон моторнинг қувват коэффициентининг энг катта қиймати юкланиш моментининг  $\mu_c = 1,0$  қийматига тўғри келади.



2.10–расм. Номинал қуввати  $P_N = 310$  кВт бўлган фаза роторли асинхрон мотор статор чулғамлари «учбурчак» ва «юлдузча» уланган ҳоллари учун статор ва ротор тоқларининг нисбий қийматлари ва қувват коэффициентининг  $\mu_c$  га боғлиқ ўзгариш тавсифлари

### 2.3. Статор чулғамлари секциялардан иборат асинхрон моторларнинг энергетик тавсифлари

Кишлоқ хўжалиги ва баъзи ишлаб чиқариш жараёнлари тахлили шунинг кўрсатадики, мисол учун чорвачиликда, моллар учун ем тайёрлаш (қирқиш, майдалаш, аралаштириш ва х.к.) механизм ва машиналари шундаги юкланиш иш жараёнига қараб жуда кенг ораликда ўзгариб туради. Бундан ташқари, кишлоқ хўжалиги ишлаб чиқаришида автоном электр энергия манбаларидан таъминланадиган электр юритмалар ҳам кенг қўлланилади. Қўпгина ҳолларда, юкланишнинг кенг ораликда ўзгаришида ҳам бундай электр юритмаларда қўлланиладиган электр моторларнинг энергетик кўрсаткичлари юқори бўлиши талаб этилади.

Ротори қиска туташтирилган асинхрон моторлар кишлоқ хўжалигида иш қўп қўлланиладиган моторлар бўлиб, уларда юкланиш кийматида мос равишда энергетик кўрсаткичларини рўстлаш катта самара беради.

Маълумки, асинхрон моторларнинг юкланиш даражаси номиналдан кам бўлганида уларнинг энергетик кўрсаткичлари: қувват коэффициенти  $\cos \varphi$  ва фойдали иш коэффициенти  $\eta$  кийматлари сезиларли даражада камайди.

Моторнинг энергетик кўрсаткичларига таъсир этувчи кўрсаткич бу магнит оқимидир, аммо магнит оқими моторнинг бошқа кўрсаткичларига ҳам таъсир қилади. Шунинг учун моторнинг энергетик кўрсаткичларини моторнинг юкланиш даражаси кийматининг номиналдан кичик бўлганида ҳам юқори бўлишига эришиш учун магнит оқимини мос равишда камайтириш керак бўлади.

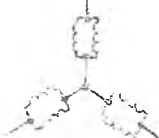
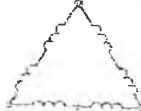
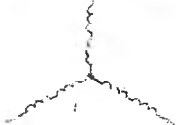
Тармок кучланишининг ўзгармас кийматида мотор фазасига берилётган кучланиш кийматини ўзгартириш натижасида магнит оқимини рўстлаш мумкин. Мисол учун, олдинги параграфда муфассал кўриб чиқилган статор чулғамларини «учбурчак» уланишдан «юлдузча» уланишга ўтказиб фаза кучланишини ўзгартиришни келтириш мумкин. Статор чулғамларининг бундай уланиш схемаларини қўллаш натижасида магнит оқимининг киймати  $\sqrt{3}$  марта камайди ва одатда моторнинг юкланиш моменти кийматининг  $\mu_c = 0,3 - 0,4$  дан ошмаган иш режимларида энергетик кўрсаткичларини ошириш учун хизмат қилади.

Мотор юкланиш моменти  $\mu_c$  нинг кенг ораликда ўзгаришини ҳисобга оладиган бўлсак, у ҳолда  $\mu_c$  нинг қайд қилинадиган қўпгина кийматларида мотор энергетик кўрсаткичларининг номинал кийматларига яқин кийматларда бўлишини таъминлаш усулларида бири, бу статорнинг ҳар бир фазаси чулғамини икки ўрамлар сони бир хил бўлган яримчулғамлар тарзида бажаришдир.

Яримчулғамлар сонига мос келувчи уланиш симларини маълум кетма-кетликда улаш натижасида ҳар бир яримчулғамга тўғри келадиган турли қийматли кучланишли статор чулғамларининг уланиш схемаларини ҳосил қилиш мумкин бўлади (2.2–жадвал). Келтирилган статор чулғамлари уланиш схемаларининг кўп тезликли асинхрон мотор статор чулғамлари уланиш схемаларига ташки кўринишидан ўхшаб кетсада, бу уланиш схемаларида фаза яримчулғамларида токнинг йўналиши ўзгармасдан қолади, яъни кутблар сони ўзгармайди.

2.2–жадвал

Статор чулғамлари секциялардан иборат асинхрон моторнинг  
кўрсаткичлари

| Схема-<br>нинг<br>тартиби<br>№ | Статор чулғамларининг<br>уланиш схемаси                                             | Фаза<br>эквивалент<br>ўрамлари<br>сони | Фаза<br>яримчул-<br>ғамидаги<br>кучланиш | Фаза<br>магнит<br>окими   |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------|
| 1                              |    | $\omega_1$                             | $U_{\Delta}$                             | $\Phi_1$                  |
| 2                              |    | $\sqrt{3} \omega_1$                    | $U_{\Delta} / \sqrt{3}$                  | $\Phi_1 / \sqrt{3}$       |
| 3                              |   | $2 \omega_1$                           | $U_{\Delta} / 2$                         | $\Phi_1 / 2$              |
| 4                              |  | $(1 + \sqrt{3}) \omega_1$              | $U_{\Delta} / (1 + \sqrt{3})$            | $\Phi_1 / (1 + \sqrt{3})$ |
| 5                              |  | $2\sqrt{3} \omega_1$                   | $U_{\Delta} / 2\sqrt{3}$                 | $\Phi_1 / 2\sqrt{3}$      |

Статор чулғами ярим фазаси ўрамлари сонини  $\omega_1$  деб белгилаймиз, фазанинг эквивалент ўрамлар сони тушунчасини киритамиз ва бу тушунча кўрилатган схемадаги тармок кучланишига уланган ўрамлар сонини англатади.

2.2–жадвалдан кўриниб турибдики, кўрилатган статор чулғамларининг уланиш схемаларида фаза эквивалент ўрамлари сонининг ўзгаришига тескари пропорционал равишда яримчулғамларда кучланиш ўзгаради ва бу эса ўз навбатида фаза магнит окимининг ўзгаришига олиб келади.

2.3–жадвалда статор чулғамларининг уланиш схемалари учун мотор валидаги юкланиш моменти  $M_c$  нинг катта қийматидан энг кичик қийматигача камайиб бориши келтирилган. Ҳар қайси схема учун ҳам моторнинг энергетик кўрсаткичлари номинал қийматларига деярли тенглигича қолади.

2.3–жадвал

### Статор чулғамлари секциялардан иборат асинхрон моторнинг юкланиш қийматлари

| Поғоналар сонининг йиғиндиси | 2.2 – жадвалда берилган схемалар бўйича статор чулғамларининг уланиш схемалари |     |     |     |      |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|------|
|                              | 1                                                                              | 2   | 3   | 4   | 5    |
| 5                            | 1                                                                              | 1/3 | 1/4 | 1/6 | 1/12 |
| 4                            | -                                                                              | 1   | 3/4 | 1/2 | 1/4  |
| 3                            | -                                                                              | -   | 1   | 2/3 | 1/3  |
| 2                            | -                                                                              | -   | -   | 1   | 1/2  |

Поғоналар сони статор чулғамларининг уланиш схемалари сонига тенг бўлади.

Магнит окими кам бўладиган схема бўйича статор чулғамлари уланган асинхрон моторни ишга туширишда, ишга тушириш токи ҳам кичик қийматга эга бўлади. Шунинг учун моторни ишга туширишни кичик поғоналарда амалга ошириш керак. Бирок ишга тушириш токи қанча кам бўлса, худди шунчага ишга тушириш моменти ҳам камаяди. Шу сабабли асинхрон моторни кучсизланган магнит окимида ишга туширишни салт юриш вақтида ёки юкланиш моментининг кичик қийматларида қўллаш мумкин.

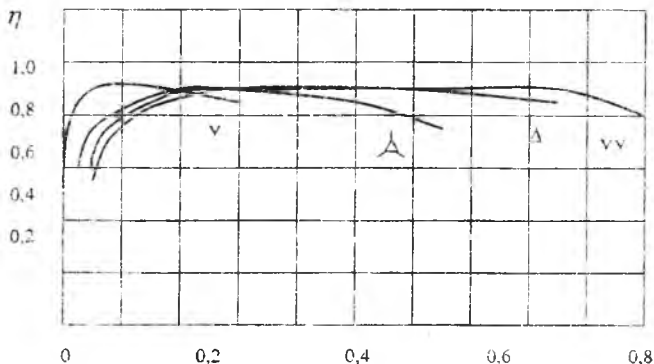
Статор чулғамларининг бир уланган схемасидан иккинчисига ўтишда ўткинчи уланиш токи юзага келади, статор ва ротор магнит майдонларининг ўзаро жойлашишига қараб, унинг оний амплитуда қиймати ишга тушириш токидан ҳам катта бўлиши мумкин. Мотор



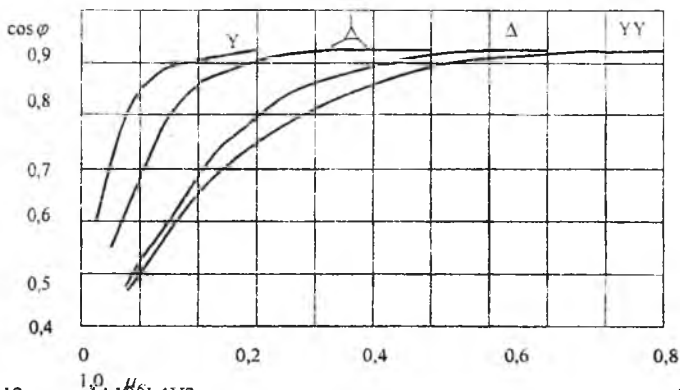
айланиб тургани учун бу катта кийматдаги токнинг утиш вакти жуда кичик бўлади.

2.11 – расмда асинхрон мотор статор чулғамларини тўрт хил уланиш схемалари учун фойдали иш коэффиценти  $\eta$  нинг юкланиш моменти  $\mu_c$  га боғлиқ ўзгариш тавсифлари келтирилган.

2.12 – расмда асинхрон мотор статор чулғамларини тўрт хил уланиш схемалари учун кувват коэффицентларининг юкланиш моменти га боғлиқ ўзгариш тавсифлари келтирилган.



2.11–расм. 4A100L4УЗ русумидаги асинхрон мотор статор чулғамларини тўрт хил уланиш схемалари учун фойдали иш коэффицентининг юкланиш моменти га боғлиқ ўзгариш тавсифлари



2.12–расм. 4A100L4УЗ русумидаги асинхрон мотор статор чулғамларини тўрт хил уланиш схемалари учун кувват коэффицентининг юкланиш моменти га боғлиқ ўзгариш тавсифлари

Мотор магнит оқимини ростлаш поғоналарининг сони ишлаб чиқариш машина ва механизмларнинг реал юкланиш моментлари, яъни механик қувватлари асосида танланади. Баъзи бир машина ва механизмлар учун мотор магнит оқимини икки схема, яъни статор чулғамларини «учбурчак» уланиш схемасидан «юлдузча» уланиш схемасига ўтказиб ростлаш билан мотор энергетик кўрсаткичларининг кийматларини ошириш мумкин. Ишлаб чиқариш машиналари электр юритмаларида энергия тежамкорликка эришишнинг бундай бирмунча содда ечими бошқариш жараёнини осонлаштиради.

#### **2.4. Асинхрон моторларнинг конструктив тузилишини мукаммаллаштириш натижасида энергия тежамкорликка эришиш**

Асинхрон моторларнинг ФИК ини оширишнинг асосий усулларидан бири, бу моторларнинг умумий конструктив тузилишларини ўзгартирмаган ҳолда уларни яратишда энг яхши замонавий изоляцион материаллардан фойдаланишдир. Мотор магнит тизимининг конструктив тузилиши магнит қувват исрофлари энг кам бўладиган магнит материаллардан иборат бўлиши керак. Юқори сифатли подшипникларни қўллаш моторнинг ишлаш муддатини оширади.

Ўтган асрнинг саксонинчи йилларидан бошлаб АҚШ, Германия, Англия, Франция, Япония ва бошқа саноати ривожланган мамлакатларда ФИК ва қувват коэффициентлари юқори бўлган асинхрон моторларни лойиҳалаш ва ишлаб чиқариш ишлари амалга ошира бошланди. Бундай энергия тежамкор асинхрон моторларни лойиҳалашда улардаги қувват исрофларини камайтириш асосий мезон бўлди.

Асинхрон моторларни лойиҳалаш жараёнида унинг асосий таркибий қисмларида содир бўладиган қувват исрофларини камайтириш учун қуйидаги мураккаб ва қўпинча бир-бирига зид бўлган техник ечимларни топиш талаб этилади:

статор чулғамларидаги симларнинг қўндаланг кесим юзаларини катталаштириш ҳисобида чулғамларнинг актив қаршилигини камайтириш ва натижада статор чулғамларидаги актив қувват исрофини камайтиришга эришилади. Бу усулнинг асосий камчилиги – чулғам симларининг статор арикчаларига жойлаштирилаётган ҳажми ошиши натижасида моторнинг геометрик ўлчамлари катталашади;

статор арикчаларидаги ўрамлар сонини камайтириш натижасида статор чулғамларидаги актив қувват исрофини камайтиришга эришилади. Бу усулнинг камчилиги – магнит индукциясининг юқорироқ даражада бўлиши ва ишга тушириш тоқининг катта бўлишидир. Магнит индукциясининг ошиши мотор магнит тизимида қувват исрофининг ошишига ва қувват коэффициентининг камаيшига олиб келади. Иккинчи

томондан асинхрон мотор магнит майдонининг кучланганлиги ротордаги қувват исрофининг камайишига олиб келади. Агар ўрамлар сонини камайитириш сонини оптимал кийматгача камайитирсак, натижада моторнинг ФИК ошишига эришилади;

ротор ва статор орасидаги ҳаволи тиркич ўлчамини ошириш ҳисобига магнит майдонининг юкори частотали гармоник ташкил этувчилари ҳосил қиладиган қувват исрофлари киймати камаяди. Бирок ҳаволи тиркич ўлчамининг ошиши қувват коэффициентининг камайишига сабаб бўлади;

таркибида кремний қўл бўлган электротехник пўлат листлардан тайёрланган магнит ўзакларни қўллаш гистерезис қувват исрофларининг камайишига олиб келади. Бундай пўлатнинг магнит каршилиги углеродли пўлатга нисбатан юкорирок бўлади. Бундай технологик ечимини камчилиги – мотор қувват коэффициентининг бироз камайиши;

моторнинг магнит ўзаклари учун жуда юпка пўлатларни қўллаш, уярма токлардан ҳосил бўладиган қувват исрофларининг камайишига олиб келади;

ротори киска туташтирилган асинхрон моторларнинг роторлар учун мавжуд бўлган қўндаланг кесими катта бўлган стерженларни қўллаш, уларнинг электр ўтказувчанлигини оширади ва пировардига ротордаги актив қувват исрофлари камаяди. Киска туташтирилган ротор каршилигининг киймати моторни ишга тушириш токи ва моментиға катта таъсир этади. Мотор ҳосил қилаётган айлантириш моменти ҳамда ишга тушириш кучланиши (ишга тушириш токининг жуда катта кийматға эга бўлиши ҳисобига) шундай кийматгача камайиши мумкинки, натижада мотор номинал тезлигигача ета олмай қолади;

ротор арикчалари жойлашиши номослигини йўқотиш қўшимча қувват исрофларининг камайишига олиб келади. Бу номослик одатда баъзи гармоникаларни йўқотиш ёки таъсирини камайитириш мақсадида атайлаб қилинади. Аммо ротордаги арикчалар жойлашуви номуносиблигини бутунлай йўқотиш, мотор ишлаётганида ҳосил бўладиган шовқин даражасининг 2-5 дБ гача қўтарилиб кетишига сабаб бўлиши мумкин;

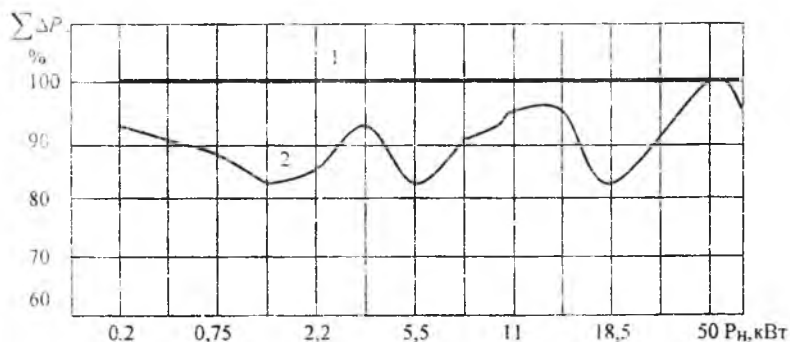
ротор стерженлари изоляциясининг юпка пластинкалардан тайёрланиши, ротордаги силжиш токларининг камайишига олиб келади ва натижада ротордаги электр энергия исрофи камаяди. Ротор чулғами алюминий стерженлардан иборат бўлганида, бу стерженларнинг магнит ўзагига ўрнатишдан аввал анодлаштирилиши натижасида уларнинг юзаси юпка пўлат пластинкалар билан қопланади.

Масалан, ҳозирда Toshiba (Япония) фирмаси уч фазали асинхрон моторларнинг янги энергетик кўрсаткичлари юкори бўлган сериясини ишлаб чиқариб, истеъмолчиларға етказиб бермоқда. Бу асинхрон моторларни ишлаб чиқаришда юкори сифатли ва хусусиятлари яхшилланган электротехник пўлат ва изоляцион материаллардан

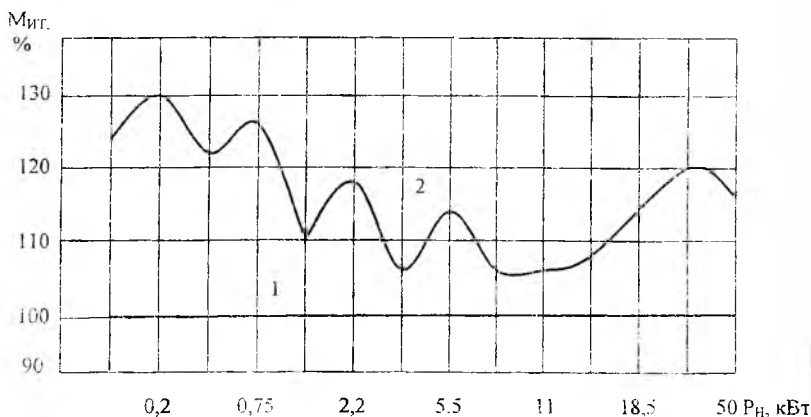
фойдаланилганлиги ва шунингдек янги технологиянинг қўлланилиши сабабли моторларнинг ишга тушириш ва ишчи тавсифлари яхшилانган, тавсифларнинг стабиллиги оширилган, геометрик ўлчамлари ва оғирликлари бирмунча камайган.

Мотор станинаси қовургаларининг узун ва калта ўлчамлардан иборат қисқалиги ва уларнинг ўзаро кетма-кетликда жойлашганлиги станина иссиқлик узатиш юзасининг кенгайишига ва иссиқлик узатишнинг жадаллашишига олиб келган. Қовургалар ва вентиляторнинг оптимал ўлчамлари ҳаво оқимининг шовкин даражасига таъсирини ҳисобга олган ҳолда танланган.

Бу янги серияда ишлаб чиқарилаётган моторларнинг асосий хусусиятларидан бири уларда қувват исрофи стандарт ишлаб чиқарилаётган моторларникига нисбатан 10-20% га кам ва шу билан бирга уларнинг момент тавсифлари яхшиланган (2.13– ва 2.14–расмлар). Стандарт ва янги серия электр моторларида қувват исрофларининг қандай тиксимланганлиги 2.4–жадвалда қиёсий тарзда келтирилган. Янги сериядаги асинхрон моторларда статор ва ротор чулғамларидаги ва пўлатидаги қувват исрофларини камайтириш мақсадида юқори сифатли пўлат турлари қўлланилган ва материаллардан унумли фойдаланиш коэффициенти оширилган.



2.13–расм. Янги серия бўйича ишлаб чиқарилаётган (2) ва стандарт (1) асинхрон моторлар қувват исрофларининг қиёсий тавсифлари



2.14–расм. Янги серия бўйича ишлаб чиқарилаётган (2) ва стандарт (1) асинхрон моторлар ишга тушириш моментлари минимал қийматларининг қиёсий тавсифлари

Янги асинхрон моторларда статор арикчаларининг қўндаланг кесими юзаларини камайтириб, арикчаларнинг тўлдириш коэффициентини ошириш ҳисобига магнит ўзак кесим юзасини оширишга эришилган ва натижада қувват исрофи камайтирилган. Чулғамларни арикчаларга жойлаштиришда янги технологияни қўллаш натижасида арикчаларни тўлдириш коэффициентини 10-20% га ошишига эришилган ва натижада пўлатдаги қувват исрофлари 8% га камайган.

Янги сериядаги моторларда қўшимча қувват исрофларини камайтириш учун арикча изоляциясини тайёрлашда алоҳида технологиядан фойдаланилганлиги ва роторнинг ташқи юзаси қисман жилвирланганлиги сабабли бу қувват исрофларини қарийиб 7% га камайишига эришилган.

Янги сериядаги асинхрон моторларнинг ишончлилигини ва ишлаш муддатини ошириш мақсадида Toscoat русумидаги юкори даражадаги ишончли изоляция қўлланилган. Подшипникларнинг узок муддат нормал иш режимида ишлаши юкори ҳароратга чидамли махсус мойлар билан мойлаб туриш ҳисобига эришилади.

2.5–жадвалда уч фазали, жуфт кутблар сони  $2p = 4$  бўлган номинал қувватлари 0,75 кВт ва 18,7 кВт бўлган стандарт ва янги сериядаги асинхрон моторларнинг энергетик кўрсаткичларининг қиёсий тавсифлари келтирилган. Бу асинхрон моторларда ФИК ошиши чулғам қаршиликларини ва магнит тизимидаги қувват исрофларини камайтириш ҳисобига эришилган. Статор ва ротор ўзаклари юкори сифатли пўлатдан ясалган; статор ва ротор чулғамларида мис ва алюминий микдори

оширилган; арикчаларнинг ўлчамлари ва статор ва ротор оралигидаги ҳаволи тиркичнинг ўлчамлари оптимал қийматларга келтирилган.

2.4—жадвал

**Стандарт ва янги серия асинхрон моторлардаги асосий қувват  
исрофларининг қийсий тавсифи ва тақсимланиши**

| № | Асосий қувват<br>исрофлари                                  | Стандарт<br>асинхрон мотор<br>(% ларда) | Янги сериядаги<br>асинхрон мотор<br>(% ларда) |
|---|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 1 | Статор ва ротор<br>чулғамларидаги актив<br>қувват исрофлари | 50                                      | 47                                            |
| 2 | Магнит тизимидаги<br>қувват исрофлари                       | 30                                      | 25                                            |
| 3 | Механик қувват<br>исрофлари                                 | 5                                       | 5                                             |
| 4 | Қўшимча қувват<br>исрофлари                                 | 15                                      | 8                                             |
| 5 | Умумий қувват<br>исрофлари                                  | 100                                     | 85                                            |

2.5—жадвал

**Стандарт ва янги сериядаги асинхрон моторлар энергетик  
кўрсаткичларининг қийсий тавсифлари**

| Моторнинг<br>номинал<br>қуввати,<br>кВт | Стандарт бўйича ишлаб<br>чиқарилаётган мотор |                | Янги серияда ишлаб<br>чиқарилаётган мотор |                |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------|----------------|-------------------------------------------|----------------|
|                                         | ФИК, %                                       | $\cos \varphi$ | ФИК, %                                    | $\cos \varphi$ |
| 0,75                                    | 76                                           | 0,71           | 81,5                                      | 0,84           |
| 18,7                                    | 89                                           | 0,83           | 91,0                                      | 0,865          |

Бу моторларнинг энергетик кўрсаткичлари юқори бўлиши билан бир қаторда кам қизийди (бу эса моторнинг ишлаш муддати узокроқ бўлишига олиб келади), ишлаганида кам шовқин чиқариб ишлайди, қувват коэффиценти моторга берилаётган қучланишнинг сифат кўрсаткичларига боғлиқлиги суст. Тўғри, стандарт моторларга нисбатан нархи юқори бўлади, аммо икки йил эксплуатация қилиниши давомида иқтисод қилинган электр энергия ҳисобига тўлиқ ўзини оқлайди.

Ҳозирда Франциянинг Jeumont-Schneider фирмаси ишлаб чиқараётган FNBB, TNBB, RNBB, ISTAND, TNCB, PNCB сериядаги асинхрон моторларнинг ҳамда Германиянинг Helmke ва Brown Boveri

фирмалари ишлаб чиқараётган DSOR, DKOK ва бошқа сериядаги асинхрон моторларнинг, шунингдек Universal Electric (АҚШ) фирмаси каби ўнлаб электромашинасозлик соҳасидаги етакчи фирмалар ишлаб чиқараётган асинхрон моторларнинг фойдали иш ва қувват коэффициентлари стандарт асинхрон моторларникига нисбатан мос равишда 7-8% ва 18-21% гача юқоридир.

## **2.5. Таъмирланган асинхрон моторларнинг энергетик кўрсаткичларини номиналга яқин қийматларда бўлишига эришишнинг амалий усуллари**

Асинхрон мотор ишдан чиқкандан сўнг ҳар доим ишлаб чиқарувчи олдида уни таъмирлаш ёки янгиси билан алмаштириш зарурми, деган савол туради. Баъзи ҳолларда ишдан чиққан моторни янгиси билан алмаштириш керак бўлса, бошқа ҳолатларда мотор чулғамларини қайтадан ўраш тавсия этилади. Мотор статор чулғамларини таъмирлаш учун олдиндан кутилаётган харажатларни ҳисоблаш керак бўлади. Бу ҳисоб-китоблар натижаси таъмирлаш харажатларининг қиймати катта бўлиши ва моторни таъмирлаш мақсадга мувофиқ бўлмай, балки моторни янгиси билан алмаштириш кераклигини кўрсатиши мумкин. Мотор магнит тизимидаги бэрча пўлат лисларни ва подшипник қопқокларини алмаштириш, статор чулғамларини қайтадан ўраш каби амалларни бажаришга кетадиган харажатлар янги мотор нархидан кўп бўлиши мумкин. Мотор таъмирланганидан сўнг унинг ФИК номинал қийматига тенг ёки унга яқин бўлишига эришиш керак бўлади.

Мотор ФИК қийматининг қандай бўлиши, таъмирлаш вақтида статор чулғамларини алмаштириш учун қандай усул қўлланилганлигига ҳам боғлиқдир. Ўтказгичлар қўндаланг кесими юзасининг камайиши уларнинг актив қаршилиги ошишига ва статор чулғамларида актив қувват исрофларининг пропорционал равишда ошишига олиб келади. Қўнчина ҳолларда таъмирлаш вақтида статор арикчаларига жойлаштириш қулай бўлгани учун диаметри кичикроқ симлардан фойдаланилади. Ўрамлар сонини камайтириш ҳам статор чулғамини арикчаларга жойлаштириш жараёнини енгиллаштиради, ишга тушириш токи ва моментлари қийматлари катталашади ва натижада магнит тизимидаги қувват исрофлари ошади.

Ишдан чиққан моторнинг чулғамларини алмаштиришдан олдин қандай турдаги симлардан фойдаланиш кераклиги ва уларнинг ўлчамлари қандай бўлиши кераклиги ҳамда қувват исрофлари ҳисоблаб чиқилади. Магнит ўзаги ва тишли юзасидаги магнит индукция, ҳаволи тиркичдаги магнит индукция, магнит тизимидаги магнит юритувчи куч ва шундан сўнг эса зарур бўлган статордаги чулғамлар жойлаштириладиган арикчаларнинг юзаси ҳисобланади. Ҳисоб-китобларнинг натижалари билан мотор

номинал кўрсаткичлари солиштирилганида, баъзи ҳолларда таъмирланган моторнинг ФИК юкори бўлиши ҳам мумкин. Ҳрамлир сони ўзгармаган ҳолда статор арикчаларида бўш жой бўлганида, кўндаланг кесим юзаси каттарок бўлган ўтказиичларни жойлаш мумкин. Кўпгина ҳолларда статор арикчасида қўлланилган қалинрок изоляцион материални қалинлиги нисбатан юпқарок ва изоляцион хусусиятлари яхшироқ бўлган замонавий изоляцион материаллар билан алмаштириш арикчалар тўлдириш коэффициентининг ошишига олиб келади. Бундан ташқари статор чулғамларида қўлланилган алюминий симлар ўрнига мис симларни қўллаш ва статор чулғамларининг чекка қисмларини қисқартириш ҳам моторнинг ФИК ошишига олиб келади. Таъмирлаш ишлари бутунлай тугатилган сўнг мотор тўлиқ синовдан ўтказилиб, қафолатли энергетик ва бошқа сифат кўрсаткичларга эга эканлигига ишонч ҳосил қилингандан кейингина буюртмачига топширилади.

Асинхрон моторларнинг ишдан чиққан статор чулғамларини таъмирлашда Kravens Wonless (АҚШ) компанияси мутахассислари таклиф қилган тадбир амалга оширилса, яъни моторнинг ҳар бир фазасидаги чулғамини икки қисмга бўлиб, асинхрон моторни айлантириш моменти ростиладиган асинхрон моторга ўзгартириш имконини беради. Бунда чулғамларнинг бири бош ва иккинчиси **ростланувчи** чулғамлар деб аталади. Бош чулғамга кетма-кет конденсаторлар уланади. Бундай конструкцияга эга бўлган асинхрон мотор валидаги юкланишнинг турли қийматларида ҳам юкори ФИК қийматларида ишлайди. Бундан ташқари бундай моторлар қуйидаги афзалликларга ҳам эгадир:

- ишга тушириш моментини ростлаш мумкин;

- ишга тушириш токи қиймати кичик бўлади;

- айланиш тезлигининг кичик қийматларида статор токининг кам ошиши кузатилади;

- кучланишнинг қиймати рухсат этилган қийматидан катта бўлганида ҳам мотор қизиқ кетмайди;

- ишга тушириш таъсифлари яхшилланган, мотор тезлигини ростлаш самарадорлиги юкори бўлади;

- моторнинг қизиш даражаси рухсат этилган ҳароратдан паст бўлиши мотор ишлаш муддатининг ошишига олиб келади;

- моторни яратишга кетадиган харажатларнинг нисбатан камлиги.

Статор чулғамининг сиғимли қаршилигини ростлаш натижасида мотор валидаги юкланишнинг ҳар қандай қийматларида ҳам асинхрон моторнинг ФИК қийматининг максимал бўлишига эришилади.



## 2.6. Асинхрон мотор кувват коэффицентини сунъий компенсациялаш

Асинхрон мотор кувват коэффицентини сунъий йўллар билан компенсация қилиш, конденсаторлар, синхрон моторлар, компенсаторлар, кундаланг филтрлар ва ярим ўтказгичли статик реактив энергия манбалари томонидан амалга оширилади.

Конденсаторларни асинхрон моторлар якинига ўрнатиш тавсия этилиб, улар реактив кувват генератори вазифасини бажаради. 2.15, а – расмда асинхрон мотор бир фазасининг эквивалент схемаси келтирилган. 2.15, б – расмда шу эквивалент схема учун қурилган вектор диаграммада юкланиш токининг индуктив ташкил этувчиси  $I_1$  нинг конденсатор батареялари ҳосил қилган сигим токи  $I_c$  билан компенсация қилиниши кўрсатилган. Вектор диаграммадан кўриниб турибдики, конденсатор батареяси улангандан сўнг бурчак  $\varphi$  нинг қиймати камаяди ( $\varphi_2 < \varphi_1$ ),  $\cos \varphi$  эса ошади.

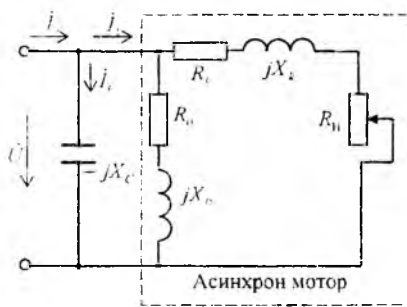
Кўпгина ҳолларда реактив кувватни тўлиқ компенсация қилишнинг ҳожати бўлмайди, чунки  $\cos \varphi = 0,95$  бўлиши етарли бўлиб, кичик қийматдаги реактив ток ҳосил қилувчи амалда қўшимча кувват исрофини юзага келтирмайди.  $\cos \varphi = 1,0$  га эришиш учун одатда қўшимча конденсаторлар батареяси улашга тўғри келади ва бу кўпинча иккисодий жиҳатдан ўзини оқламайди. Реактив кувватли компенсация қилишда зарур бўладиган конденсаторларнинг сигимини ҳисоблаш қуйидаги формула билан амалга оширилади:

$$C = \frac{P}{\omega U^2} (tg \varphi_1 - tg \varphi_2), \quad (2.53)$$

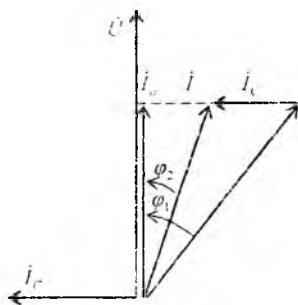
бу ерда  $P = I_o U$  – электр истеъмолчининг актив қуввати,  $\omega = 2\pi f$  – бурчак частота,  $U$  – тармок кучланиши.  $\varphi_1, \varphi_2$  – реактив кувватни компенсация қилишдан олдин ва кейин ток вектори  $\vec{I}$  билан тармок кучланиши  $U$  орасидаги бурчаклар.

Конденсатор батареяларининг қуввати қуйидаги формула билан аниқланади:

$$Q = P(tg \varphi_1 - tg \varphi_2). \quad (2.53)$$



а)



б)

15-расм. Асинхрон мотор фазасининг эквивалент алмаштириш схемаси (а) ва вектор диаграммаси (б)

**Мисол.** Кувват коэффициенти  $\cos \varphi = 0,76$  бўлган асинхрон мотор кувват коэффициенти  $\cos \varphi = 0,93$  га келтириш учун зарур бўлган конденсаторлардан иборат компенсацияловчи қурилманинг кувватини аниклаш керак. Тармоқ кучланиши 380-220В йил давомидаги асинхрон мотордаги актив энергия сарфи  $W_{\text{акт}} = 1300\,000$  кВт.соат,  $t_{\text{н}} = 4100$  с.

**Ечим.** Йил давомида ишлатилаётган асинхрон моторнинг ўртача актив қуввати  $P_{\text{а}} = W_{\text{акт}} / t_{\text{н}} = 1300000 / 4100 = 317,1$  кВт. Реактив қувватни компенсацияловчи қурилманинг куввати

$Q = P(\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2) = 31701(0,85 - 0,39) = 145,9$  кВар. Каталогдан 150 кВар қувватли комплект конденсатор қурилмаси танланади.

Ҳар бир алоҳида истеъмолчи-асинхрон мотор учун ўзининг ҳисобланган реактив қувват компенсацияловчи қурилмаларининг ўрнатилиши электр энергия билан таъминловчи тармоқларни ортиқча реактив қувват юкланишидан халос қилади ва максимал иқтисодий самара беради.

## 2.7. Фаза роторли асинхрон моторларни синхрон иш режимига ўтказиб қувват коэффициенти ошириш

Ишлаб чиқаришнинг ҳамма соҳаларида жуда кенг қўлланиладиган асинхрон моторларнинг энергетик кўрсаткичларини яхшилаш ва улар истеъмол қилаётган реактив энергияни компенсация қилиш электр энергияни иқтисод қилишнинг асосий масалаларидан биридир.

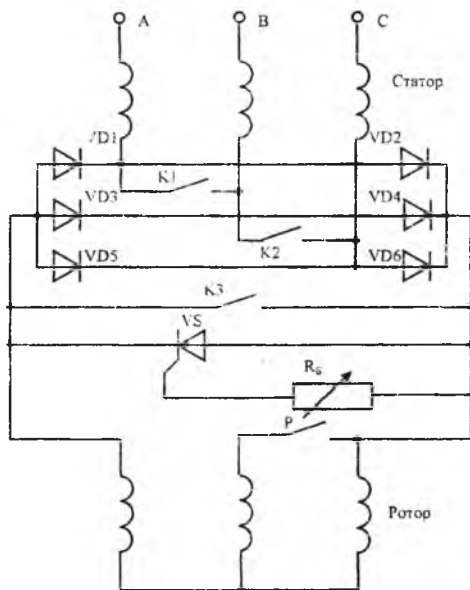
Асинхрон моторлар истеъмол килаётган реактив энергия микдорини камайтиришнинг амалда **икки усули** қўлланилади: индивидуал ҳар бир асинхрон моторнинг тармоққа уланган жойида реактив қувватни компенсация қилиш ва энергетик ва техник-иктисодий кўрсаткичлари юқори бўлган янги русумдаги моторларни қўллаш. **Биринчи усул** билан реактив қувватни компенсация қилиш, тармоқ элементларидаги реактив қувват исрофини камайтириш нуктаи назаридан қараганда анча самарали усул бўлиб, аммо 1000В гача кучланишли тармоқларда қўлланиладиган компенсацион қурилмаларнинг нархи юқори бўлгани сабабли кўпинча иктисодий жихатдан бу усул ўзини оқламайди. **Иккинчи усул**, замонавий асинхрон моторларни яратиш ва жорий қилиш билан боғлиқ бўлгани учун ҳам энг истикболли усулдир.

Фаза роторли асинхрон моторларнинг реактив қуввати истеъмолини камайтиришнинг, яъни уларнинг қувват коэффициентини оширишнинг усулларида бири уларни **синхронлаштириш**дир. Ярим ўтказгичли қурилмалари мавжуд бўлган асинхрон электр юритмаларда асинхрон моторларни синхронлаштириш мақсадга мувофиқдир. Масалан, асинхрон вентилли каскад схемаларида моторни синхронлаштириш имконияти ротор занжиридаги ўзгармас ток манбаи мавжудлиги сабабли ўз-ўзидан келиб чиқади.

Кетма-кет қўзгалувчан синхронлаштирилган асинхрон моторнинг қўлланилиши бўйича техник-иктисодий имкониятларини кўриб чиқамиз. Синхронлаштирилган асинхрон моторнинг принципаал электр схемаси 2.15-расмда келтирилган ва унда қуйидаги белгилашлар қўлланилган: СК – синхронлаш қурилмаси; ИҚ – ишга тушириш қурилмаси; С ва Р – моторнинг статор ва ротор чулғамлари. Асинхрон моторни синхронлаштириш статор ва ротор чулғамларининг VD1 – VD6 уч фазали кўприк схемали тўғрилагич орқали электрик боғланиши ёрдамида амалга оширилади. Бу электрик боғланиш қўзғатиш токининг қийматини моторнинг реал юкланишига қараб автоматик бошқариш имконини беради. Бу ҳолда статор чулғамининг тўғриланган ишчи токи қўзғатиш токи вазифасини ўтади.

Моторни ишга туширишда ротор занжиридаги коммутация аппарати Р нинг очик ҳолатда ва К1 ва К2 контактлар эса ёпик ҳолатда бўлиши керак. Катта қувватли моторларни ишга туширишда ротор чулғамига қўшимча резисторлар улаб ишга туширилади (бу схемада кўрсатилмаган). К1 ва К2 контактлар ёпик бўлганида мотор асинхрон мотор режимида ишлайди. Бу ҳолда уч фазали кўприк схема қиска туташув режимида ишлагани сабабли статор чулғамидан статор чулғамларини «юлдузча» уланишидаги ток ўтади. К1 ва К2 контактлар очик ҳолатда бўлганида ротор чулғамидан тўғриланган статор токи ўтади ва мотор синхрон мотор режимида ишлайди. Тўғрилагичнинг кириш қисмига катта қиймагли статор чулғамининг индуктив қаршилиги уланган бўлгани учун,

роторнинг актив қаршилиги жуда кичик эканлиги ҳисобига, моторнинг синхрон режимида учтадан вентиллардан иборат вентилли гуруҳлари навбат билан ишлайди (коммутация бурчаги  $\gamma = \pi/3$ ) ва вентиллардан ўтаётган тоқларнинг ўтиш вақти роппа-роса 180 эл.град.ни ташкил этади. Шундай қилиб, ротор чулғамининг статор чулғамига тўғрилагич орқали кетма-кет уланганлиги сабабли статор чулғами фазаларидан тоқларнинг ўтиш вақтига деярли таъсир қилмайди. Моторнинг синхронлаштирилиши моторнинг қуввати ва юкланишнинг тавсифига қараб синхронлаштириш амалга оширилади.



2.15-расм. Кетма – кет қўзғалувчан синхронлаштирилган асинхрон моторнинг принцинал электр схемаси

Юкланиш номинал қийматига етганида ёки мотор синхронизмдан чиқиб кетганида ротор чулғамида ЭЮК қиймати ошиб кетади, натижада тиристор VS бир пайтда тўғрилагични ҳамда ротор чулғамини шунтлайди ва натижада мотор автоматик равишда асинхрон мотор иш режимида ўтиб ўтмай бошлайди. Моторнинг оптимал кўрсаткичларида максимал моментнинг номинал моментга нисбатини 2 – 2,5 гача етказиш мумкин. Одатда, қуввати 30 кВт ва ундан катта қувватли деярли барча фаза роторли асинхрон моторлар бундай кўрсаткичларга эгадир. Бу моторлар учун ЭЮК бўлишча трансформация коэффиценти  $k_e = E_2/E_1 = 0,8 - 1,2$ .

Тўғриланган токнинг (қўзғатиш токининг) ўртача киймати куйидаги ифода билан аниқланади:

$$I_d = k_i I. \quad (2.52)$$

бу ерда,  $k_i = 1,32 \div 1,34$  – уч вентилли режимда ишлайдиган тўғрилагичнинг тўғриланган ток бўйича коэффиценти;  $I$  – статор токининг ҳақиқий киймати.

Статор чулғамига узатилган қўзғатиш токи ва ЭЮК куйидагича аниқланади:

$$I_f = I_d \frac{k_c}{k_s} = k I; \quad (2.53)$$

$$E_f = I_f x_s = k x_s I, \quad (2.54)$$

бу ерда,  $k = k_i k_c / k_s$  – синхронлаштириш коэффиценти;  $k_s$  – ротор чулғамининг МЮК бўйича эквивалентлик коэффиценти (ротор икки фаза орқали таъминланган ҳол учун  $k_s = 1,23$  ва ротор уч фаза бўйича таъминланган ҳол учун эса  $k_s = 1,41$ ).

Синхрон режимда ишлаётган асинхрон моторнинг техник – иктисодий кўрсаткичлари таҳлилини кўриб чиқамиз. Синхронлаштирилган асинхрон моторнинг электрик, электромагнит ва энергетик кўрсаткичларини ҳисоблашда ноаниқ кутбли синхрон моторлар учун қўлланиладиган тенгламалардан фойдаланилади.

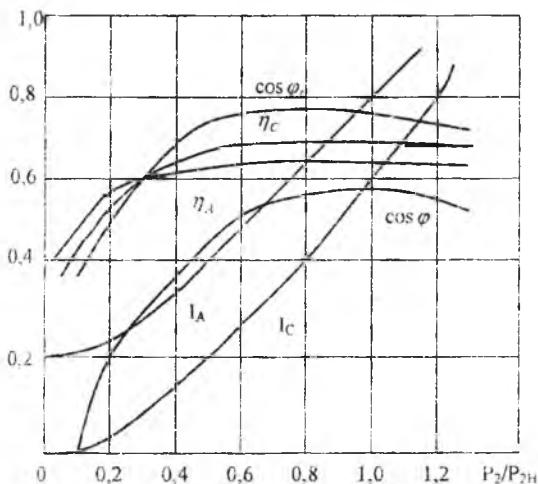
Мисол тарикасида 2.16 – расмда қувваги  $P_H = 50$  кВт бўлган КТ 500/608 русумли асинхрон моторнинг асинхрон ва синхрон иш режимлари учун ҳисобланган энергетик тавсифлари келтирилган. Қўзғатиш чулғамидаги қувват исрофлари  $k_e = 1$  ҳолат учун ҳисобланган. Моторнинг момент бўйича юкланганлиги ва статик турғунлиги шартлари бажарилиши учун  $k_e$  нинг бу киймати оптималдир. Тавсифларни изоҳлашда куйидаги белгилашлар қабул килинган:  $I_d$ ,  $I_c$  – статор токининг асинхрон ва синхрон режимларидаги кийматлари;  $\cos \varphi_A$ ,  $\cos \varphi_C$  – моторнинг асинхрон ва синхрон режимларидаги қувват коэффицентлари;  $\eta_A$ ,  $\eta_C$  – моторнинг асинхрон ва синхрон режимларидаги ФИК. Тавсифлар таҳлили шуни кўрсатадики, мотор юкланиш коэффицентининг деярли барча кийматларида фаза роторли асинхрон мотор синхрон режимида ишлаганидаги энергетик кўрсаткичлари асинхрон режимидаги энергетик кўрсаткичларидан юкори бўлар экан.

Тавсифлар таҳлилини умумлаштирадиган бўлсак, фаза роторли асинхрон моторларни синхрон режимга ўтказиш уларнинг энергетик кўрсаткичларини сезиларли даражада ошишини таъминлайди, масалан

куват  $P_H = 80$  кВт гача бўлган асинхрон моторларнинг ФИК 2,5% гача ва ундан катта кувватлиларники эса 1,5% гача ошади; ўрта ҳисобда кувват коэффициенти 30% гача кўтарилади ва юкланиш номиналга тенг бўлганида эса ҳатто 1,0 гача кўтарилиши мумкин;  $k_e = 1$  булганида мотор статоридаги токнинг қиймати ўртача 40% га камаяди.

1.  $\eta$ ,  $\cos \varphi$ .

нисб.к.



2.16–расм. КТ 500/608 русумли фаза роторли асинхрон моторнинг ишчи тавсифлари

Шундай қилиб, саноат корхоналаридаги ишлаб чиқариш машина ва механизмларининг электр юритмаларида фаза роторли асинхрон моторларининг иш режимларини синхрон иш режимига ўтказиш реактив кувват истеъмолини камайтириш ҳисобига электр энергияни иқтисод қилишга ҳамда электр таъминоти тармоқлари элементларида актив кувват исрофлари камайишига ҳам олиб келади.

Куввати чекланган электр энергия манбаларидан таъминладиган фаза роторли асинхронларнинг иш режимларини синхронлаштириш электр энергиядан самарали фойдаланиш имконини беради. Айниқса, автоном электр энергия манбаларидан таъминладиган нефть ва газ қудукларини қазийда кенг ишлатиладиган бурғиловчи қурилмалар электр юритмаларининг катта кувватли фаза роторли асинхрон моторлари иш режимларини синхронлаштиришда электр энергия истеъмолидан қилинадиган иқтисод жуда сезиларли бўлади.

### 3. ТЕЗЛИГИ РОСТЛАНМАЙДИГАН ЭКСТРЕМАЛ ЭНЕРГИЯ ТЕЖАМКОР АСИНХРОН МОТОРЛИ АВТОМАТИК БОШҚАРИШ ТИЗИМЛАРИНИ ЯРАТИШ АСОСЛАРИ

#### 3.1. Экстремал автоматик бошқариш тизимларини яратишнинг назарий асослари

Энергетик кўрсаткичлари оптималлаштирувчи асинхрон электр юритмали автоматик бошқариш тизимларида бошқарилувчи кўрсаткич сифатида электр юритманинг қандай даражада юкланганлигидан қатъий назар ( $P \leq P_H$ ) асинхрон моторнинг тармоқдан реактив қувватни энг кам миқдорда истеъмол қилиши ( $Q \approx Q_{\min}$  ёки  $\cos \varphi \approx \cos \varphi_H$ ), мотор ФИК номинал қийматга яқин қийматда бўлиши ( $\eta \approx \eta_H$ ) ва статор токининг қиймати энг кам миқдорда бўлиши ( $I_1 \approx I_{1\min}$ ) каби критериял шартлар бажарилиши талаб этилади. Асинхрон моторларнинг бундай режимларда ишлашини оптимал алгоритмлар асосида автоматик излаш ҳамда изланмасдан автоматик оптималлаш орқали критериял шартларни бажарувчи автоматик бошқариш тизимлари воситасида таъминлаш мумкин.

Бу мезонларнинг амалга оширилиши асинхрон моторли автоматик бошқариш тизими энергетик кўрсаткичларининг экстремум қийматларида, тургун иш режимида ишлаши таъминланади.

#### J функция экстремумини излаш усуллари

Асинхрон мотор энергетик кўрсаткичлари мезонлари экстремумини излашнинг усуллари кўриб чиқамиз. Бу усуллар асосида автоматик бошқариш тизимининг ҳисоблаш қурилмаси ишлайди. Мисол тарикасида уздуксиз J функция сифатида асинхрон моторнинг тармоқдан истеъмол қилаётган реактив қувватини ва унинг функцияси Y бўлиб эса статор билан ротор оралиғидаги магнит оқими  $\Phi$  ни оламиз. Тезлиги ростланмайдиغان асинхрон моторлар учун унинг юкланиш қийматининг ўзгариш оралиғи тахминан (0,5 – 1,0)  $P_H$  бўлишини инобатга оладиган бўлсак, у ҳолда моторнинг магнит тизими тўйинмаган зонада ишлайди ва магнит оқими билан статор кучланиш орасидаги боғланиш деярли тўғри чизикли боғланишга эга бўлади ва  $\Phi$  ўрнига U ни олиш имконини беради. Бундай ўзгариш автоматик бошқариш тизимини янада соддалаштиришга олиб келади.

J функция бир ўзгарувчан катталиқ Y функцияси бўлиб, экстремумига йўналган ҳаракати  $\frac{dJ}{dY}$  нинг ишорасига боғлиқ ва

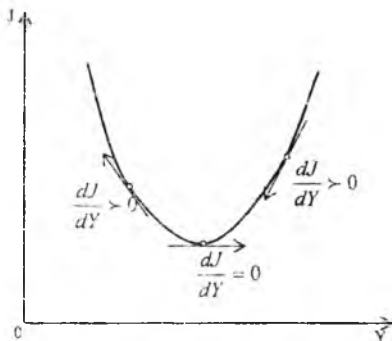
Экстремумнинг мавжудлиги эса бу дифференциалнинг нолга тенглиги  
или белгилананади, яъни

$$\frac{dJ}{dY} = 0. \quad (3.1)$$

Экстремум нуктасида

$$\text{grad} J = 0, \text{ яъни, } \frac{dJ}{dY} = 0. \quad (3.2)$$

3.1-расмда ушбу айтилганлар тасифлар воситасида ифодаланган.



3.1-расм. Градиент усули

J функция экстремумини топишнинг Y координатни градиент бўйича экстримумга интилган ҳолда ўзгартириб топиш усули градиент усули деб аталади ва бу усул ростланувчи кўрсаткич ягона бўлганда энг маъқул усулдир. Ростланувчи кўрсаткич бир нечта бўлганида J функция экстремумини топишнинг энг тез тушиш Гаусс – Зейдел тасодикий (кўр-кўрона) излаш усуллари кенг қўлланилади.

### J функция дифференциалини топиш усули

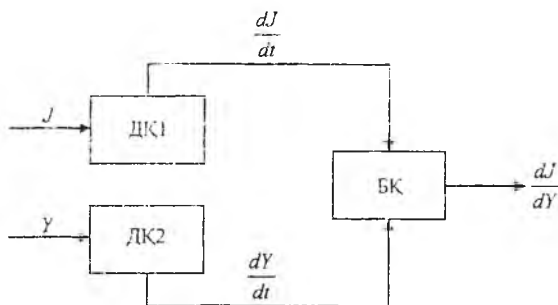
Биз кўрадиган оптималлаштириш масалаларида ўзгарувчи кўрсаткич ягона бўлгани учун J функцияни бошқарилувчи кўрсаткич Y бўйича дифференциаллаш kifойадир. Бунинг учун узлуксиз бўлган J функцияни ҳамда Y кўрсаткични вақт бўйича дифференциялаймиз ва уларнинг нисбатини олаимиз:



$$\frac{dJ}{dY} = \frac{dJ}{dt} : \frac{dY}{dt} \quad (3.3)$$

Бу ифодадан кўриниб турибдики, агар  $Y$  ни  $\frac{dY}{dt} = const$  маълум берилган доимий тезликда ўзгартириб борганимизда, бу ўзгартириш натижасида юзага келадиган  $J$  нинг вақт бўйича  $\frac{dJ}{dt}$  тезлик билан ўзгариши  $\frac{dJ}{dY}$  нинг ўзгариши учун ўлчов вазифасини бажарали.

3.2-расмда келтирилган  $\frac{dJ}{dt}$  ни вақт бўйича дифференциаллаб ҳисоблашнинг схемаси келтирилган.

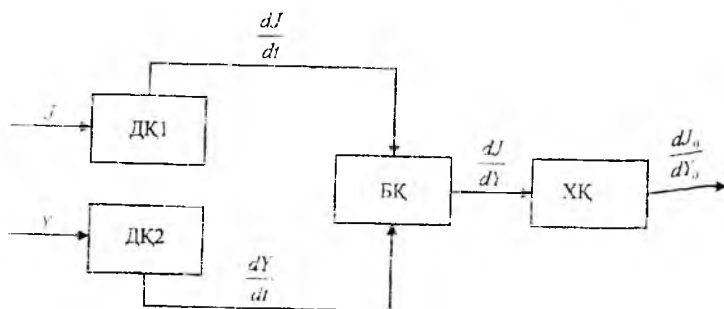


3.2-расм.  $\frac{dJ}{dt}$  ни вақт бўйича дифференциаллаб ҳисоблаш схемаси

Бу схема қуйидаги тартибда ишлайди: биринчи дифференциалловчи қурилма ДҚ1 нинг кириш қисмига узлуксиз бўлган  $J$  функция берилади ва унинг чиқишида вақт бўйича дифференциалланган биринчи дифференциалловчи қурилма ДҚ1 нинг кириш қисмига узлуксиз бўлган  $J$  функция берилади ва унинг чиқишида вақт бўйича дифференциалланган  $\frac{dJ}{dt}$  функция олинади функция олинади, иккинчи дифференциалловчи қурилма ДҚ2 нинг кириш қисмига узлуксиз бўлган  $Y$  функция берилади ва унинг чиқишида вақт бўйича дифференциалланган  $\frac{dY}{dt}$  функция олинади

на бўлувчи қурилма БҚ да  $\frac{dJ}{dt} : \frac{dY}{dt}$  амали бажарилади, натижада унинг чиқиш қисмида  $\frac{dJ}{dY}$  функция олинади.

Келтирилган  $\frac{dJ}{dt}$  ни ҳисоблаш схемаси (3.2 - расм) J функциянинг бир экстримуми қийматини аниқлаш учунгина қўллаш мумкиндир. Агар J функциянинг экстремум қиймати вақт давомида ташқи ва бошқа таъсирлар натижасида бирор бир қонуниятга бўйсунмай ўзгарадиган бўлса, у ҳолда бу схемага қўшимча хотира қурилма ХҚ улашга тўғри келади (3.3-расм).



3.3-расм. Хотира қурилмали  $\frac{dJ}{dt}$  ни вақт бўйича дифференциаллаб ҳисоблаш схемаси

Бу ерда хотира қурилма ХҚ нинг вазифаси экстремумни ҳисоблашдан олдинги  $\frac{dJ}{dY} \neq 0$  қийматини, яъни  $\frac{dJ_0}{dY_0} \neq 0$  хотирада сақлаб қолишдан иборат ва бу сигнал маълум вақт ичида автоматик бошқариш тизими кўрсаткичини экстремум қийматда ишлашини таъминлайди. Белгиланган вақтдан сўнг автоматик тизим яна автоматик равишда J функциянинг экстремумини излашга тушади ва бу сигнал ХҚ даги сигнал билан солиштирилади ва унинг қиймати фаркли бўлса, у ҳолда ХҚ даги сигнал янгиси билан алмаштирилади.

Масалан, асинхрон электр юритма юкланиш токининг энг кичик қийматида бошқарадиган бўлсак, у ҳолда J функция ўрнига статор токи I ни қўямиз. Асинхрон мотор ишлаши давомида юкланиш қиймати номиналдан кам бўлган қийматда ишлашини ва магнит тизимининг ўқилишигача бўлган қисмида ишлайди деб қабул қилганимизда, мотор

ротори ва статори чулгами оралиғидаги магнит оқими  $\Phi$  билан кучланишнинг ўзаро боғлиқлиги чизикли характерга эга дейишга асос бўлади, шунда магнит оқими  $\Phi$  ни кучланиш  $U$  билан алмаштириш мумкин бўлади ва  $Y$  ўрнига эса кучланиш  $U$  ни қўйиш натижасида қўйилган бошқариш шарти қуйидаги содда бошқариш алгоритми осон бўлган кўринишга келади:

$$\frac{dJ}{dY} = \frac{dJ}{dU} \neq 0. \quad (3.4)$$

Худди шунингдек, асинхрон моторнинг тармоқдан минимал реактив қувват истеъмоли иш режимида ишлашнинг таъминлашда  $J$  функция ўрнига асинхрон моторнинг тармоқдан истеъмол қилаётган реактив қуввати  $Q$  ни қўямиз,  $Y$  ўрнига эса кучланиш  $U$  ни қўямиз ва натижада қуйидаги содда бошқариш алгоритмини ҳосил қиламиз:

$$\frac{dQ}{dU} \neq 0. \quad (3.5)$$

Асинхрон моторнинг минимал қувват исрофи иш режимида ишлашнинг таъминлашда эса  $J$  функция ўрнига асинхрон моторнинг умумий қувват исрофининг нисбий қиймати  $\sum \Delta P_i$  ни қўямиз,  $Y$  ўрнига эса кучланиш  $U$  ни қўямиз ва натижада қуйидаги содда бошқариш алгоритмини ҳосил қиламиз:

$$\frac{d\sum P_i}{dU} \neq 0. \quad (3.6)$$

Бу усулни асинхрон мотор энергетик кўрсаткичларини оптималлашда қўллаш жараёнида қўшимча қуйидаги чеклашларни қабул қиламиз: статор чулғамида кучланишнинг ростида ротор чулғамидаги токнинг қиймати номинал қийматидан ошиб кетмаслиги назорат қилиниши шарт, чунки акс ҳолда ротордаги қувват исрофи ошиб кетади ва натижада унинг ҳарорати номинал қийматидан ошиб кетади ва мотор ўта қизийди; статор чулғамидаги кучланишнинг номинал қийматидан камайтириб бориш куч трансформатори ва тиристорли кучланиш ростидаги техник кўрсаткичлари орқали амалга оширилади.

### 3.2. Асинхрон мотор валидаги юкланиш моменти кийматини аниқлашнинг аналитик усули

Энергия тежамкор асинхрон моторли автоматик бошқариш тизимларини лойиҳалаш ва яратишда мотор валидаги юкланиш моментининг (юкланиш қувватининг) статор токига боғлиқлигини аналитик ифодалар ёрдамида аниқлаш амалий жиҳатдан жуда муҳимдир. Маълумки, мотор валидаги юкланиш қуввати, яъни статик қувват

$P_C = M_C \cdot \omega_C$  ифода билан аниқланади (бу ерда,  $M_C$  – мотор валидаги юкланиш ёки статик момент;  $\omega_C$  – моторнинг статик моментга тўғри келадиган тезлиги). Мотор валидаги  $P_C$  қувватнинг аниқ кийматини билиш учун мотор валига иккита электромеханик тезлик – тахогенератор ва момент ўлчов ўзгарткичи ўрнатиш талаб этилади ва бу эса асинхрон электр юритманинг конструктив тузилишига ўзгартириш киритишга олиб келади. Асинхрон моторга узатилаётган кучланишнинг частотаси ўзгармас бўлгани учун  $\omega_C \approx \omega_H$  деб қабул қилиш мумкин. Шунда юкланиш (статик) қувватининг нисбий кийматини юкланиш (статик) моментининг нисбий кийматига деярли тенг деб қараш имкони туғилади, яъни

$\frac{P_C}{P_{CH}} \approx \frac{M_C}{M_{CH}} = \mu_C$ . Асинхрон моторнинг ишлаш жараёнидаги реал юкланишнинг киймати  $\mu_C = 0,3 + 1,0$  оралиқда ўзгаради деб қарайдиган бўлсак, мотор магнитланиш тавсифининг чизикли қисмида ишлайди ва бу магнит оқимининг тармокдан узатилаётган кучланиш билан ўзаро чизикли боғланган деб қарашга имкон беради

$$U_l = k_l \Phi, \quad (3.7)$$

бу ерда,  $k_l$  – пропорционаллик коэффициент;  $\Phi$  – магнит оқими.

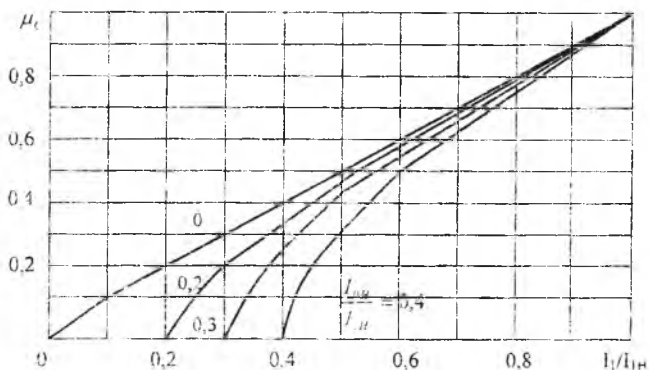
Статор токи салт юриш токи билан келтирилган ротор токининг геометрик йиғиндисига тенг бўлгани учун унинг кийматига магнитланиш токининг таъсири катта бўлади.

3.4–расмда салт юриш токи киймати турлича бўлган асинхрон моторлар юкланиш моментининг статор токига боғлиқлик тавсифлари келтирилган.

Хар қандай асинхрон моторнинг номинал иш режими учун маълумотнома ва каталоглардаги берилган номинал кўрсаткичлари исосида магнитланиш токи, яъни салт юриш токи киймати статор токи номинал кийматининг канча қисмини ташкил этиши (2.17')

$$\frac{I_{0H}}{I_{1H}} = \frac{\sin \varphi_H : \cos \varphi_H}{b_H + \sqrt{b_H^2 - 1}}$$

ифода ёрдамида ҳисобланади ва бу ерда,  $b_H = M_{max}/M_H$  – моторнинг момент бўйича юкланганлик хусусияти;  $\cos \varphi_H$  ва  $I_{1H}$  – моторнинг номинал қувват коэффиценти ва статор токининг номинал кийматлари.



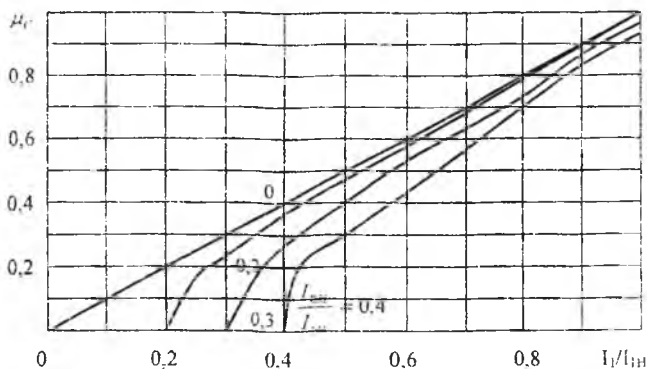
3.4-расм. Салт юриш токлари турлича бўлган асинхрон моторлар юкланиш моментининг статор тоқларига боғлиқ ўзгариш тавсифлари

3.4 – расмдаги  $\mu_c(I_1/I_{1H})$  функциянинг чизиқли қисми учун аналитик ифодасини қуйидаги кўринишда ёзамиз

$$\mu_c = \sqrt{\left(\frac{I_1}{I_{1H}}\right)^2 - \left(\frac{I_{0H}}{I_{1H}}\right)^2}. \quad (3.8)$$

3.5– расмда салт юриш токининг  $\frac{I_{0H}}{I_{1H}} = 0; 0,2; 0,3; 0,4$  кийматлари учун (3.2) ифода бўйича ҳисобланган юкланиш моментининг статор токига боғлиқлик тавсифлари келтирилган.

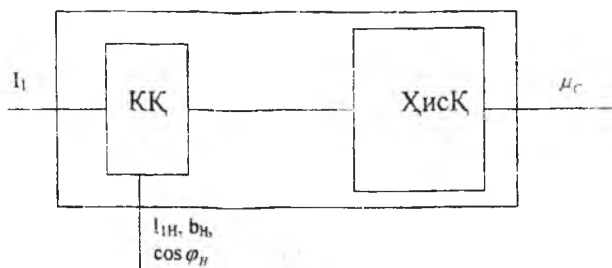
3.4 – расмдаги  $\mu_c(I_1/I_{1H})$  тавсифларнинг 3.5 – расмдаги мос тавсифларини солиштирганимизда энг катта хатолик бор йўғи 8% ни ташкил этмоқда ва бу эса ушбу аналитик усулда (3.2) бўйича ҳисобланган статик моментнинг статор токига боғлиқ ўзгаришини моторнинг электрик ва номинал кўрсаткичлари ёрдамида аниқловчи момент ўлчов ўзгарткичи (МУЎ) ни яратиш мумкинлигини кўрсатади.



3.5 – расм. (3.2) ифода бўйича ҳисобланган салт юриш тоқлари турлича бўлган асинхрон моторлар юкланиш моментининг статор тоқларига боғлиқ ўзгариш тавсифлари

Асинхрон моторли энергия тежамкор автоматик бошқарув тизимларини яратишда мотор валидаги юкланиш моментига мос келувчи статор токи бўйича тескари боғланиш занжиридаги момент ўлчов ўзгарткичи (МЎЎ) нинг кириш қисмига статор токи, қувват коэффициенти ва моторнинг момент бўйича юкланганлик хусусияти кўрсаткичларининг берилиши кифоя ва чиқиш қисмидан реал  $\mu_c$  га пропорционал сигнал олинади (3.6 – расм).

МЎЎ



3.6 – расм. Момент ўлчов ўзгарткичининг блок – тизим схемаси

МЎЎ нинг ҳисоблаш қурилмасида ҲисК (2.17') ҳисобга олган ҳолда  $\mu_c(I_1/I_{1H})$  ни аниқловчи қуйидаги математик ифодани ечиш билан амалга оширилади

$$\mu_c = \sqrt{\left(\frac{I_i}{I_{IH}}\right)^2 - \left(\frac{(1 - \cos^2 \varphi_H) / \cos \varphi_H}{b_H + \sqrt{b_H^2 - 1}}\right)^2}. \quad (3.9)$$

Шундай қилиб, мотор валидаги юкланиш моментининг реал ўзгариши оралиғидаги қийматларини етарли даражада аниқликда ҳисобловчи электрик момент ўлчов ўзгарткичининг амалий аҳамияти шундаки, статор токи қиймати асосида юкланишнинг турли қийматлари учун асинхрон моторнинг энергетик кўрсаткичларини оптималлаштирувчи автоматик бошқариш тизимларни яратиш ва жорий қилиш имконини беради.

### 3.3. Асинхрон мотор реактив қувватининг минимал қиймати бўйича экстремал бошқариладиган автоматик бошқариш тизимини яратиш асослари

Олдинги параграфда қайд қилинганидек, асинхрон моторларнинг реал юкланиш momenti бўйича юкланганлик даражаси юкланишнинг номинал қийматига нисбатан  $0,3 \div 1,0$  оралиқда ўзгаради. Юкланиш momenti номинал қийматидан кам бўлиши, моторнинг тармоқдан истеъмол қилаётган реактив қувватининг ошишига олиб келади ва натижада моторнинг қувват коэффиценти пасаяди. Асинхрон мотор реактив қуввати  $Q$  ни мотор валидаги юкланиш momenti билан ўзарс боғлаб, минимал қийматига келтириб автоматик бошқариш асинхрон электр юритмаларда энергия тежамкорликка эришишнинг асосий йўналишларидан биридир.

Мотор истеъмол қилаётган реактив қувватни юкланиш қийматига мос равишда бошқариш магнит оқимини ўзгартириб амалга оширилади ва умумий ҳолда унинг қиймати қуйидаги дифференциал тенглама орқали аникланади

$$\frac{dQ}{d\Phi} = 0, \quad (3.10)$$

бу ерда,  $Q = Q_0 + Q_p$  – моторнинг тармоқдан истеъмол қилаётган реактив қуввати;  $Q_0$  ва  $Q_p$  – асинхрон моторнинг мос равишда магнитланиш ва сочилма реактив қувватлари;  $\Phi$  – магнит оқими.

Ҳисоблашларни осонлаштириш ва умумийлаштириш мақсадида (3.10) тенгламани нисбий катталикларда ифодалаб қуйидаги кўринишда ёзамиз

$$\frac{d\left(\frac{Q}{Q_H}\right)}{d\left(\frac{\Phi}{\Phi_H}\right)} = \frac{d\left(\frac{Q}{Q_H}\right)}{d\phi} = 0. \quad (3.11)$$

Асинхрон мотор ишлаётган вақтида статор чулғами кучланишининг частотаси  $f = 50 \text{ Гц} = \text{const}$  эканлигини ва юкланиш моменти ёки қуввати номинал қийматидан кичик эканлигини ҳисобга оладиган бўлсак, у ҳолда мотор магнит тизимининг тўйинмаган режимда ишлаётган бўлади ва мотор магнитланиш тавсифининг тўғри чизикли қисмида ишлайди. Шунда статор чулғамига берилаётган кучланиш  $U_1$  билан магнит оқими ўртасидаги ўзаро боғланишни чизикли деб қараш мумкин бўлади ва уларнинг нисбий қийматлари ўзаро тенг деб олинади

$$\phi = \gamma, \quad (3.12)$$

бу ерда,  $\gamma = U_1/U_{1H}$  – статор чулғамига берилаётган кучланишнинг нисбий қиймати.

(3.12) тенгламани (3.11) ни ҳисобга олган ҳолда қуйидаги кўринишга келтирамиз

$$\frac{d\left(\frac{Q}{Q_H}\right)}{d\gamma} = 0. \quad (3.12)$$

Салт юриш токи  $I_0$  билан  $U_1$  орасидаги бурчак деярли  $90^\circ$  га тенг бўлгани учун асинхрон моторнинг магнитланиш реактив қуввати  $Q_0$  моторнинг юкланишига боғлиқ эмас ва фақат салт юриш токигагина боғлиқ деб қараш мумкин

$$Q_0 = \sqrt{3} \times U_1 \times I_0. \quad (3.13a)$$

(3.13a) тенгламани асинхрон моторнинг номинал иш режими учун қайтадан ёзамиз

$$Q_0 = \sqrt{3} U_{1H} I_{0H} \quad (3.136)$$

ва унинг номинал қийматига нисбати қуйидаги кўринишда ёзилади



кучланиши оптималь кийматларининг  $\mu_c$  га боғлиқлик тавсифи келтирилган.

3.8-расмда юкланиш моментининг турли кийматларида статор чулғамига берилаётган кучланишнинг ўзгармас ҳолати  $\gamma = 1$  (1 – тавсиф) ва (3.14) ифода бўйича кучланиши ростланадиган (2 – тавсиф) моторнинг реактив қувват истеъмоли тавсифлари келтирилган. Тавсифлар таҳлили шуни кўрсатадики, юкланиш momenti  $\mu_c = 0,2$  бўлганида, кучланиши (3.19) ифода билан бошқарганимизда  $\gamma = 1$  режимдагига нисбатан моторнинг реактив қувват истеъмоли 42% га камайди. Худди шунингдек,  $\mu_c = 0,3$  бўлганида моторнинг реактив қувват истеъмоли 33,3% га ва  $\mu_c = 0,5$  бўлганида эса моторнинг реактив қувват истеъмоли 14,3% га камайди.

(3.19) ифода бўйича статор чулғамига берилаётган кучланишни бошқарганимизда юкланиш momenti  $\mu_c$  нинг 0,2 дан то 1,0 гача оралиғида ўзгарганида моторнинг қувват коэффициентлари деярли ўзгармайди ва номинал кийматига тенглигича қолади  $\cos \varphi \approx \cos \varphi_n = 0,9$  бўлади (3 – тавсиф). Моторнинг  $\gamma = 1$  иш режимида эса юкланиш momenti камайган сари қувват коэффициентлари камайиб боради (4 – тавсиф). Масалан,  $\mu_c = 0,2$  бўлганида моторнинг қувват коэффициентлари  $\cos \varphi = 0,44$  га тенг бўлса,  $\mu_c = 0,4$  бўлганида эса  $\cos \varphi = 0,85$  тенг бўлади.

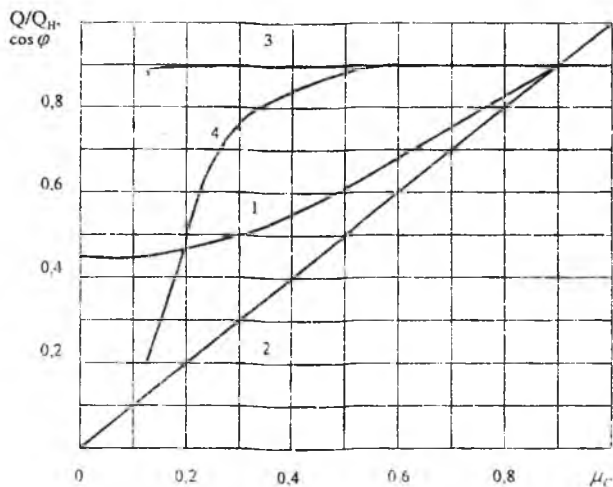
Шундай қилиб, асинхрон моторнинг тармоқдан истеъмол қилаётган реактив қувватини юкланиш кийматига қараб, (3.19) ифода асосида оптималь бошқариш реактив қувват истеъмолининг сезиларли камайишига ва юкланишнинг реал ўзгариш оралиғида қувват коэффициентининг деярли номинал кийматига тенг бўлишига олиб келади.

3.9-расмда келтирилган юкланиш моментининг ўзгаришига боғлиқ равишда статор чулғами кучланишини оптималь бошқариш функцияси  $\gamma(\mu_c)$  асосида дастурий бошқариладиган тармоқдан минималь реактив қувват истеъмол қилувчи асинхрон электр юритмалари энергия тежамкор автоматик бошқариш тизимини яратиш имконини беради.

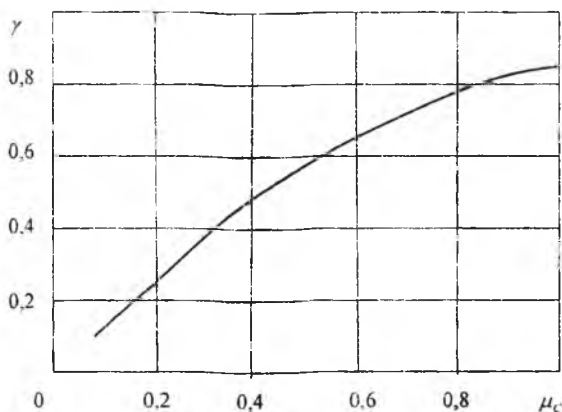
Асинхрон мотор валидаги юкланиш моментининг реал ўзгариши оралиғидаги кийматларини етарли даражада аниқликда ҳисобловчи электрик момент ўлчов ўзгарткичининг амалий аҳамияти шундаки, статор токи киймати асосида юкланишнинг турли кийматлари учун асинхрон моторнинг энергетик кўрсаткичларини оптималлаштирувчи автоматик бошқариш тизимларни яратиш ва жорий қилиш имконини беради.

(3.18) ва (3.19) тенгламалар изланувчан ва дастурий бошқариладиган тармоқдан минималь реактив қувват истеъмол қилувчи асинхрон электр

юритмали энергия тежамкор автоматик бошқариш тизимларини яратишга асос бўла олади.



3.8-расм. Асинхрон мотор реактив қувват истеъмоли ва қувват коэффициентларининг юклинишга боғлиқлик тавсифлари



3.9 – расм. Асинхрон моторнинг тармокдан олаётган реактив қуввати минимал бўлишини таъминловчи қучланиш қийматининг юклинишга боғлиқлик тавсифи

(3.18) тенглама асосида аналогик экстремал изланувчан энергия тежамкор асинхрон электр юритмали автоматик бошқариш тизимида юкланиш моментининг мотор ишлаётганидаги реал қиймати учун  $\frac{d(Q)}{dt} = 0$

функциянинг экстремал, яъни энг кичик қиймати изланади ва моторнинг тармокдан истеъмол қилаётган реактив қуввати энг минимал бўлади ва натижада мотор энг юкори қувват коэффиценти билан ишлайди. Изланувчан аналогик автоматик тизим ўрнига ихчам ва чидамли, таъши электромагнит таъсирларга бардошли ва экстремал қийматларни излаш учун кам вақт сарф қиладиган рақамли микропроцессорли автоматик бошқариш тизимини қўллаш жуда самаралидир.

### 3.4. Асинхрон моторларни минимум реактив қувват истеъмоли режимида ишлашини таъминловчи экстремал автоматик бошқариш тизими

3.10-расмда тасвирланган асинхрон моторнинг экстремал автоматик бошқариш тизими юкланишнинг барча реал қийматларида мотор истеъмол қилаётган реактив қувват миқдорини минимал қийматида бўлишини ва мотор энергетик кўрсаткичларини номинал қиймагларига яқин қийматларда бўлишини таъминлайди.

Асинхрон моторни экстремал автоматик бошқариш тизими қуйидаги асосий таркибий қисмлардан иборат: асинхрон мотор М, тиристорли ўзгарувчан ток кучланиши ўзгарткичи ТКЎ куч схемаси КС орқали уч фазали электр тармоғига уланган, ТКЎ нинг бошқарув тизими БТ жамловчи қурилма ЖК чиқиш қисмига уланган, ЖК нинг биринчи кириш қисмига эса вазифаловчи сигнал  $U_b$  берилади, ЖК нинг иккинчи кириш қисмига эса хотира қурилма ХҚ нинг чиқиш қисми уланган, қувват ўлчов ўзгарткичи ҚЎЎ нинг кириш қисми асинхрон мотор М нинг статор чулғамига уланган ва шу кириш қисмига функционал ўзгарткич ФЎ нинг кириш қисми уланган, ФЎ нинг чиқиш қисми эса кўпайтириш блоки КБ нинг иккинчи кириш қисмига уланган, ҚЎЎ нинг чиқиш қисми кўпайтириш блоки КБ нинг иккинчи кириш қисмига уланган, КБ нинг чиқиш қисми эса биринчи дифференциалловчи қурилма 1ДҚ нинг кириш қисмига уланган бўлса чиқиш қисми эса бўлувчи блок ББ нинг биринчи кириш қисмига уланган, ББ нинг иккинчи кириш қисмига эса иккинчи дифференциалловчи қурилма 2ДҚ нинг чиқиш қисми уланган, 2ДҚ нинг кириш қисмига кучланиш ўлчов ўзгарткичи ҚЎЎ нинг чиқиш қисми уланган ва ҚЎЎ нинг кириш қисми эса асинхрон мотор М нинг линия кучланишига уланган.

Асинхрон мотор энергетик кўрсаткичларининг оптимал кинематларида бўлиши мотор валидаги юкланишнинг кийматига мос равишда статор чулғамидаги кучланишни ростлаш натижасида моторнинг реактив қувват истеъмолини минимал кийматга келтириш асосида амалга оширилади. Бу автоматик бошқариш тизимида мотор валидаги юкланишнинг киймати билвосита актив қувват бўйича ҳисобланади.

Асинхрон мотор ишлаб турган пайтда қувват ва кучланиш ўлчов ўнارتкичлари ҚЎЎ ва КЎЎ чиқиш қисмларида доимий сигнал мавжуд бўлади. ҚЎЎ дан чиқаётган линия кучланиши сигнали 2ДҚ да вақт бўйича дифференциалланиб, ББ нинг иккинчи кириш қисмига юборилади. Функционал ўзгарткич ФЎ да фаза кучланиши билан токи орасидаги бурчак  $\varphi$  нинг  $\sin \varphi$  кийматига мос сигнал олинади ва қўпайтириш блоки КБ нинг иккинчи кириш қисмига узатилади ва у ерда ҚЎЎ нинг чиқиш қисмидан КБ нинг биринчи кириш қисмига юборилган умумий қувват  $S$  га пропорционал сигнал билан қўпайтмаси  $Q(t) = S(t)\sin \varphi$  - моторнинг реактив қувват истеъмолини беради.  $Q(t)$  сигнал 1ДҚ да вақт бўйича дифференциалланиб, ББ нинг биринчи кириш қисмига юборилади.

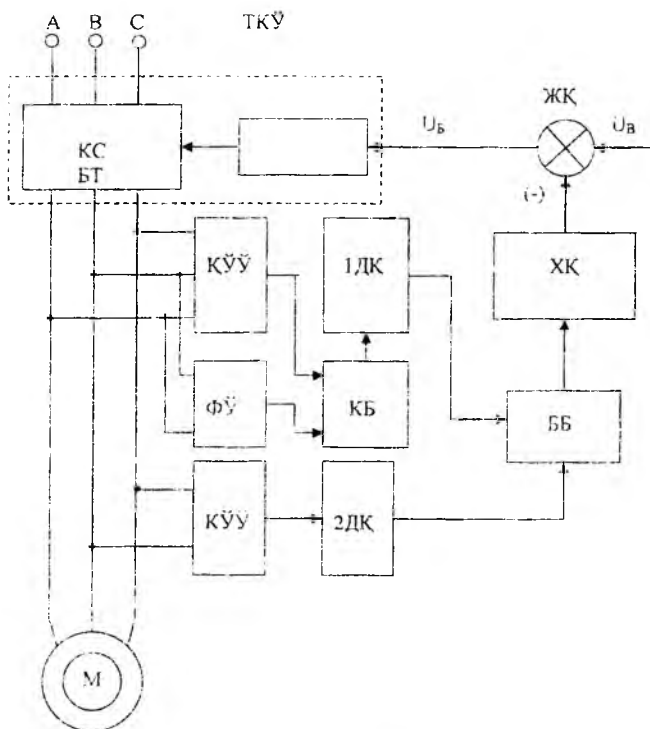
ББ да  $\frac{dQ}{dt} : \frac{dU_1}{dt}$  амали бажарилади ва натижада чиқиш қисмида вақтга боғлиқ бўлмаган  $\frac{dQ}{dU_1}$  сигнал ҳосил бўлади ва  $\frac{dQ}{dU_1} = 0$  шартининг бажарилиши асинхрон моторнинг қайд қилинган юкланиш кийматида минимал реактив қувват истеъмолида ишлашини таъминлайди. Охириги қайд қилинган юкланиш учун статор чулғами кучланиши ҳали ўзгартирилмаган ҳолда  $\frac{dQ}{dU_1} \neq 0$  бўлади ва бу сигнал ХҚ да сақланади,

ҳудди шу сигнал ЖҚ га юборилади ва  $U_B = U_B - \frac{dQ}{dU_1}$  бошқарув сигналининг ташкил этувчиси бўлади. Янги бошқарув сигнали таъсирида ГҚЎ нинг КС ининг чиқиш қисмида кучланишнинг киймати ўзгаради.

Статор чулғамига берилаётган кучланишнинг оптимал киймати асинхрон моторни берилган юкланишда минимал реактив қувват истеъмоли режимида ишлашини таъминлайди. Юкланиш кийматининг то янги кийматига ўтгунга қадар  $\frac{dQ}{dU_1}$  сигнал ХҚ да сақланиб туради ва юкланиш

киймати ўзгарганида ҳосил бўладиган кейинги тенгсизлик  $\frac{dQ}{dU_1} \neq 0$  киймати

ХҚ га сақлаш учун юборилади. Асинхрон моторнинг янги юкланиш киймати учун минимал реактив қувват истеъмоли режими жорий қилинади.



3.10–расм Реактив қувват истеъмоли минимум бўлган режимда ишлайдиган асинхрон моторли экстремал автоматик бошқариш тизимининг блок-схемаси

### 3.5. Асинхрон моторларнинг минимум қувват исрофи режимда ишлашининг асослари

Статор чулғами кучланиши частотаси  $f = 50 \text{ Гц} = \text{const}$  бўлганида юкланиш моментининг  $\mu_r = 0,3 - 1,0$  қийматларида асинхрон мотор магнитланиш тавсифиянинг чизикли қисмида ишлайди. Магнит оқимининг статор чулғами кучланиши билан чизикли коэффициент орқали боғланганлигини ҳисобга оладиган бўлсак, у ҳолда номинал иш режими учун берилган умумий қувват исрофи ифодаси (2.49) ни универсал, яъни номиналга нисбаган кўринишдаги ифодасини кучланиш ўзгариши бўйича дифференциаллаб нолга тенлаштирамиз

$$\frac{d \sum \Delta p}{dy} = 0, \quad (3.20)$$

бу ерда,  $\sum \Delta p = \frac{\sum \Delta P}{\sum \Delta P_H}$  — моторнинг нисбий умумий қувват исрофи.

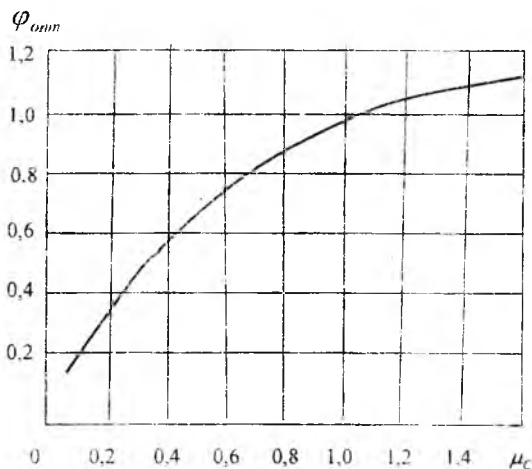
Магнит окимининг ошиши натижасида статор токининг актив таъсир этувчисининг камайиб бориши мотордаги электрик қувват исрофларининг камайишига олиб келади. Магнит окимининг жуда катта қийматга эга бўлиши магнитланиш токининг ошишига сабаб бўлади ва магнит қувват исрофларининг кўпайиши юзага келади. Магнит окимининг қандайдир бир қийматида электрик ва магнит қувват исрофлари ўзаро тенг бўлади, мотор минимум қувват исрофи режимида ишлайди ва бу режимни амалга ошириш (3.20) шарти бажарилиши асосида юзага келади.

Асинхрон мотор юкланишининг барча қийматларида яъни  $0.1 < \mu_c < 1.0$  бўлганда, асинхрон моторнинг электр магнит ФИК энг катта қийматга эга бўлади ва унинг механик ФИК юкланиш қийматининг ошишига пропорционал равишда факат ошиб боради.

3.11—расмда асинхрон мотор оптимал магнит окимининг юкланиш моментига мос равишда ўзгариши тавсифи келтирилган. Юкланиш моментининг  $\mu_c = 0.6 - 1.0$  оралиғида ўзгаргарганида магнит окимининг оптимал қиймати номинал қийматидан катта бўлади ва мотор магнитланиш тизимининг тўйинган қисмида ишлайди. Юкланиш моментининг  $\mu_c > 1$  қийматларида магнит окими оптимал қийматининг кам ўзгариши магнит тизимининг тўйиниши билан изоҳланади.

Шундай қилиб, берилган юкланиш моментига мос равишда магнит окими қийматини ростлаш натижасида электрик ва магнит қувват исрофлари мувозанати доимо тикланиб борилади ва моторнинг минимум қувват исрофи режимида ишлаши таъминланади.

3.12—расмда юкланиш моментининг турли қийматлари учун асинхрон мотор (номинал қуввати  $P_H = 100$  кВт ва  $2p = 4$ ) умумий қувват исрофларининг статор чулғами кучланишига, яъни магнит окимига боғлиқ равишда ўзгариши тавсифлари келтирилган. Тавсифлар эгар кўринишига эга бўлиб, юкланиш моментининг ҳар бир қийматида умумий қувват исрофининг энг кичик қиймати тўғри келувчи экстремал нукталари мажуддир. Мотор юкланиш моментининг қиймати камайган сари умумий қувват исрофларининг экстремал нукталари кучланишнинг кичик қийматлари томонига қараб силжийди. Тавсифларнинг умумий қувват исрофларининг энг кичик қийматли нуктасидан ўнга қараб ўсиб бориши магнит қувват исрофларнинг ошиши билан изоҳланса, тавсифларнинг экстремал нуктадан чапга қараб ўсиши электрик қувват исрофларининг ошишини билдиради.



3.11–расм. Минимум кувват исрофи режимида ишлатган асинхрон мотор оптимал магнит окимининг юкланиш моментига мос равишда ўзгариши тавсифи

Юкланиш momenti қийматлари  $\mu_c < 1$  бўлганида моторнинг магнит окими магнитланиш тавсифининг чизикли қисмида ростланади ва ҳар бир юкланиш моментининг қийматига мос келувчи абсолют сирпанишнинг оптимал қиймати юкланиш моментига деярли боғлиқ бўлмайди.

$\mu_c > 1$  бўлганида эса магнит окимини ростлаш магнитланиш тавсифининг нозикли қисмида амалга оширилади ва юкланиш моментига мос келувчи абсолют сирпанишнинг қийматлари юкланиш моментига тўғри пропорционал ошиб боради.

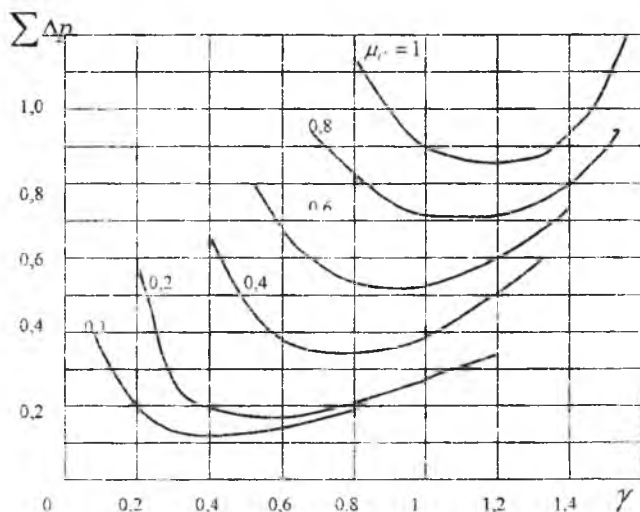
Мотор валидаги юкланиш моментининг қайд қилинган ҳар бир қийматига тўғри келадиган оптимал кучланиш, яъни оптимал магнит окимини билган ҳолда, асинхрон моторнинг оптимал абсолют сирпаниши қийматини қуйдаги тақрибий формула ёрдамида ҳисоблаш мумкин

$$s_{opt} \approx s_H \frac{\mu_c}{\varphi_{opt}^2}, \quad (3.21)$$

бу ерда,  $s_H$  – номинал юкланишга мос келувчи абсолют сирпаниш қиймати.

3.13–расмда юкланиш моментининг турли қийматлари учун асинхрон мотор оптимал абсолют сирпанишнинг ўзгариш тавсифлари келтирилган. Юкланиш моментининг номинал қийматидан кичик

кийматларида моторнинг магнит тизими тўйинмаган бўлгани учун ҳам сирланишнинг оптимал киймати ўзгариши деярли ўзгармайди. Юкланиш моменти кийматлари  $\mu_c > 1$  бўлганда оптимал сирланиш киймати ушуксиз ошиб боради, аммо номинал кийматидан камлигича қолади.



3.12-расм. Юкланиш моментининг турли кийматлари учун асинхрон мотор (номинал қуввати  $P_H = 100$  кВт ва  $2P = 4$ ) умумий қувват исрофларининг статор чулғами қучланишига боғлиқ равишда ўзгариши тавсифлари

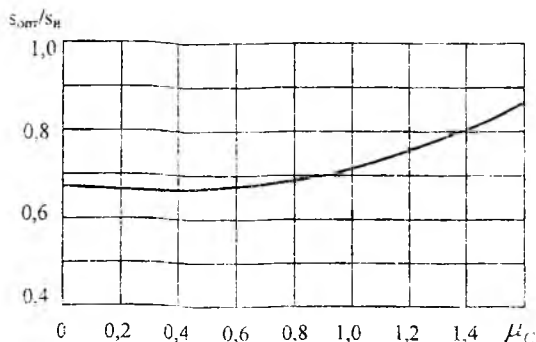
Асинхрон моторни минимум қувват исрофи режимида ишлатганида юкланишнинг барча кийматларида магнит оқимининг номиналдан катта бўлиши унинг юкланиш хусусиятининг оқишига ва тахминан 2 мартага катта бўлишига олиб келади, аммо моторнинг иссиқлик ҳолати ёмонлашади ва бунга асосий сабаб мотор магнит тизимида магнит қувват исрофининг оқиши ва статор чулғамидаги актив қувват исрофининг оқишидир.

3.14-расмда минимум қувват исрофи режимида ишлайдиган асинхрон мотор қувват коэффициентининг юкланиш моменти кийматига боғлиқ равишда ўзгариши тавсифи келтирилган.

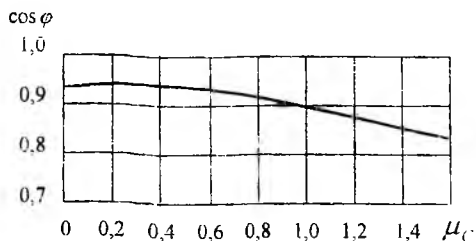
Юкланиш моментининг  $\mu_c < 1,0$  кийматларида, яъни магнитланиш тизимининг чизикли қисми учун қувват коэффициентининг киймати юкланиш моментига боғлиқ бўлмай ва номинал кийматига деярли тенглигича қолади.  $\mu_c > 1$  кийматларида эса қувват коэффициенти юкланиш моменти киймати ошиб бориши билан пропорционал камайиб



боради ва  $\mu_c = 1,6$  бўлганида қувват коэффициентини номинал қийматидан 11,8% га камаяди.  $\mu_c = 1$  бўлганида қувват коэффициентини номинал қийматига нисбатан деярли 5 – 10% га кам бўлади. Аммо қувват коэффициентининг номинал қийматидан кам бўлиши магнитланиш токининг ошишига ва натижада статор токининг 10 – 15% га камайишига олиб келади ва бу ўз навбатида электр узатиш линияларидаги энергия исрофларини сезиларли даражада камайишига олиб келади.



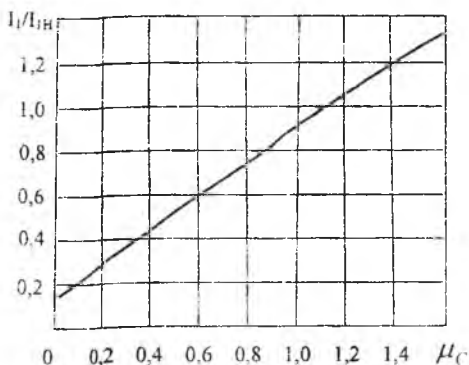
3.13–расм. Асинхрон моторнинг минимум қувват исрофи режимида ишлайганидаги оптимал сирпаниш қийматининг юкланиш моментига боғлиқ ўзгариш тавсифи



3.14–расм. Асинхрон моторнинг минимум қувват исрофи режимидаги қувват коэффициентининг юкланиш моментига боғлиқлик тавсифи

3.15–расмда минимум қувват исрофи режимида ишлайдиган асинхрон мотор статор чулғами токининг юкланиш моментига боғлиқ равишда ўзгариш тавсифи келтирилган. Тавсифдан кўриниб турибдики, юкланиш momenti  $\mu_c = 1,0$  бўлганида статор токининг қиймати номинал

кийматидан 16% га камдир. Юкланиш моментининг  $\mu_c < 1,0$  кийматларида қувват коэффицентининг номинал кийматидан катта бўлиши магнит оқимининг сезиларли даражада камайиши ва натижада реактив қувватнинг камайиши билан боғлиқдир.



3.15–расм. Минимум қувват исрофи режимнда ишлайдиган асинхрон мотор статор чулғами тоқининг юкланиш моментига боғлиқ равишда ўзгариш тавсифи

Юқорида баён қилинганлар асосида шуни қайд қилиш мумкинки, юкланиш моментининг  $\mu_c < 1$  кийматларида асинхрон моторларнинг минимум қувват исрофи режимнда ишлаши қувват коэффицентини сезиларли даражада ошишига ҳамда қувват исрофларини анчага камайишига олиб келади.

Ишлаб чиқаришда энг кўп қўлланиладиган асинхрон моторларни минимум қувват исрофи режимнда ишлашини таъминловчи автоматик бошқариш тизимларини яратиш ва амалиётга жорий қилиш, саноат қурилмалари ва машиналарида электр энергиядан тежамкорлик билан фойдаланиш учун асосий омил бўлади. Бундай автоматик тизимларнинг асосини (3.15) дифференциал тенгламанинг экстремал қийматини изловчи экстремал изланувчан автоматик қурилмалар ташкил этади.

### 3.6. Асинхрон моторларни минимум қувват исрофи режимнда ишлашини таъминловчи экстремал автоматик бошқариш тизими

Асинхрон моторларнинг асосан тезлиги ростланмайдиган саноат машина ва механизмларининг электр юритмаларида қўлланилиши ва уларнинг юкланиши ўртача 60% дан ошмаслиги, бундай электр юритмаларни энергия тежамкор режимларида ишлашини таъминлаш катта амалий аҳамият касб этади.

Вентилятор, кондиционер, насос ва компрессорлар каби умумсаноат механизмларининг асинхрон электр юритмалари энергетик кўрсаткичларини реал юкланиш қийматиға қараб ростлаш электр энергиядан унумли фойдаланишға олиб келади. Таклиф қилинаётган асинхрон моторни экстремал автоматик бошқариш тизими мотордаги қувват исрофининг минимал қийматида бўлишини ва юкланишнинг барча реал қийматларида моторнинг энергетик кўрсаткичларини номинал қийматларига яқин қийматларда бўлишини таъминлайди.

Асинхрон моторнинг экстремал автоматик бошқариш тизими (3.16–расм) қуйидаги асосий таркибий қисмлардан иборат: асинхрон мотор М, тиристорли ўзгарувчан ток кучланиши ўзгарткичи ТКЎ куч схемаси КС орқали уч фазали электр тармоғига уланган, ТКЎ нинг бошқарув тизими БТ жамловчи қурилма ЖК чиқиш қисмиға уланган, ЖК нинг биринчи кириш қисмиға эса вазифаловчи сигнал  $U_B$  берилади, ЖК нинг иккинчи кириш қисмиға эса хотира қурилма ХҚ нинг чиқиш қисми уланган, қувват ўлчов ўзгарткичи КЎЎ нинг кириш қисми асинхрон мотор М нинг статор чулғамиға уланган, чиқиш қисми эса қўпайтириш блоки КБ нинг биринчи кириш қисмиға уланган, иккинчи кириш қисми эса ҳисобловчи блок ХБ нинг чиқиш қисмиға уланган, КБ нинг чиқиш қисми биринчи дифференциалловчи қурилма 1ДҚ нинг кириш қисмиға уланган бўлса, чиқиш қисми эса бўлувчи блок ББ нинг биринчи кириш қисмиға уланган, ББ нинг иккинчи кириш қисмиға эса иккинчи дифференциалловчи қурилма 1ДҚ нинг чиқиш қисми уланган, 2ДҚ нинг кириш қисмиға кучланиш ўлчов ўзгарткичи КЎЎ нинг чиқиш қисми уланган ва КЎЎ нинг кириш қисми эса асинхрон мотор М нинг линия кучланишиға уланган.

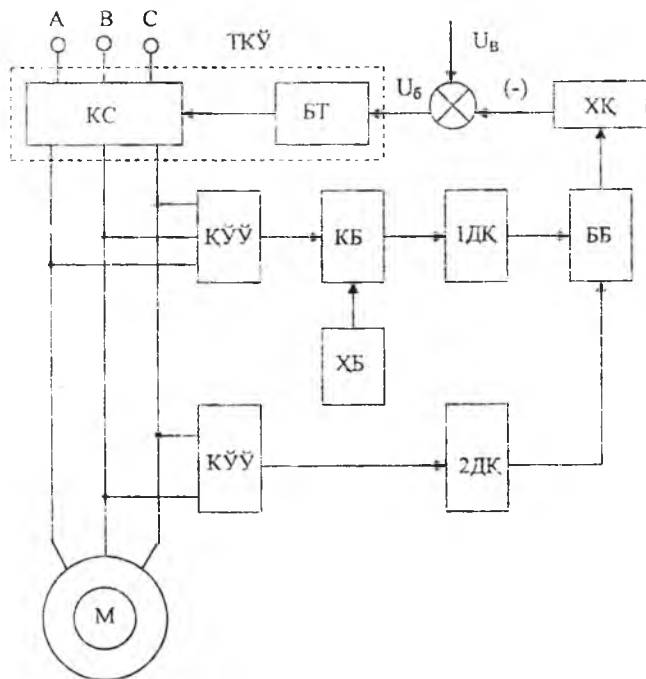
Асинхрон мотор энергетик кўрсаткичларининг оптимал қийматларида бўлиш мотор валидаги юкланишнинг қийматиға мос равишда статор чулғамидаги кучланишни ростлаш натижасида мотордаги қувват исрофини минимал қийматға келтириш асосида амалға оширилади. Бу автоматик бошқариш тизимида мотор валидаги юкланишнинг қиймати билвосита актив қувват бўйича ҳисобланади.

Асинхрон мотор ишлаб турган пайтда қувват ва кучланиш ўлчов ўзгарткичлари КЎЎ ва КЎЎ чиқиш қисмларида доимий сигнал мавжуд бўлади. КЎЎ дан чиқаётган линия кучланиши сигнали 2ДҚ да вақт бўйича дифференциалланиб, ББ нинг иккинчи кириш қисмиға юборилади.

Ҳисоблаш блоки ХБ да  $(1 - \eta_H)$  амали бажарилиб, КБ нинг иккинчи кириш қисмиға узатилади ва у ерда КЎЎ нинг чиқиш қисмидан КБ нинг биринчи кириш қисмиға юборилган  $P_2$  га пропорционал сигнал билан қўпайтмаси  $\sum \Delta P = P_2(1 - \eta_H)$  - моторнинг умумий қувват исрофини беради.  $\sum \Delta P$  сигнал 1ДҚ да вақт бўйича дифференциалланиб, ББ нинг биринчи

кириш қисмиға юборилади. ББ да  $\frac{d\sum \Delta P}{dt} : \frac{dU_1}{dt}$  амали бажарилади ва

натижада чиқиш қисмида вақтга боғлиқ бўлмаган  $\frac{d\sum \Delta P}{dU_1}$  сигнал ҳосил бўлади. Юкланишнинг номинал қийматидан катта ёки кичиклигига қараб, бу сигналнинг ишораси «-» ёки «+» ва қиймати ҳам монанд равишда ҳар хил бўлади.  $\frac{d\sum \Delta P}{dU_1} = 0$  шартининг бажарилиши асинхрон моторнинг қайд қилинган юкланиш қийматида минимал қувват исрофида ишлашини таъминлайди. Охириги қайд қилинган юкланиш учун статор чулғами кучланиши хали ўзгартирилмаган ҳолда  $\frac{d\sum \Delta P}{dU_1} \neq 0$  бўлади ва бу сигнал



3.16-расм. Қувват исрофи минимум бўлган режимда ишлайдиган асинхрон моторли экстремал автоматик бошқариш тизимининг блок схмаси

ХК да сақланади, ҳудди шу сигнал ЖК га юборилади ва  $U_s = U_v - \frac{d\sum \Delta P}{dU_1}$

бошқарув сигналининг ташкил этувчиси бўлади. Янги бошқарув сигнали таъсирида ТКЎ КС ининг чиқиш қисмида кучланишнинг қиймати ўзгаради. Статор чулғамига берилаётган кучланишнинг оптимал қиймати

асинхрон моторни берилган юкланишда минимал қувват исрофи режимида ишлашини таъминлайди. Юкланиш қийматининг то янги қийматига ўтгунга қадар  $\frac{d\sum \Delta P}{dt_1}$  сигнал ХК да сақлашиб туради ва юкланиш қиймати ўзгарганида ҳосил бўладиган кейинги тенгсизлик  $\frac{d\sum \Delta P}{dt_1} \neq 0$  қиймати ХК га сақлаш учун юборилади. Асинхрон моторнинг янги юкланиш қиймати учун минимал қувват исрофи режими жорий қилинади

### 3.7. Асинхрон моторларнинг статор токининг энг кичик қиймати режимида ишлашининг асослари

Бу усулда асинхрон моторларни бошқариш минимум қувват исрофи усулига анча яқин бўлиб, асинхрон мотор статор чулғамидаги актив қувват исрофини энг кичик қийматида бўлишини таъминлайди. Шу билан бирга асинхрон моторнинг минимум статор токи режимини жорий қилиш минимум қувват исрофлари режимини жорий қилишдан кўра анчагина осондир.

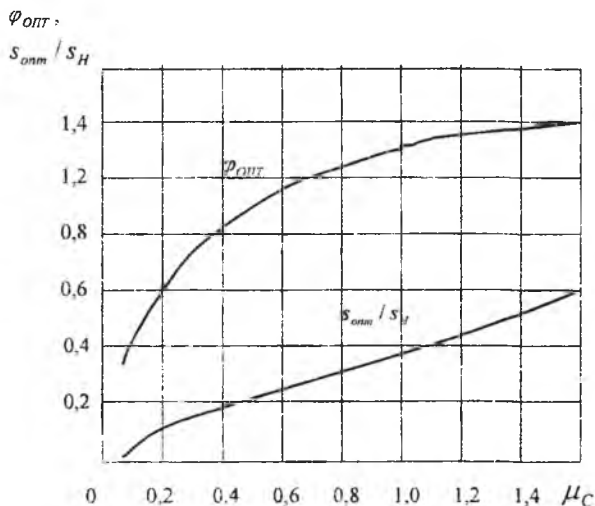
Магнит оқимининг статор чулғаи кучланиши билан чизикли коэффицент орқали боғланганлигини ҳисобга оладиган бўлсак, у ҳолда номинал иш режимида тўғри келади статор токининг номинал қийматига нисбати кўринишидаги ифодасини кучланиш ўзгариши бўйича дифференциаллаб нолга тенглаштирамиз

$$\frac{d\left(\frac{I_1}{I_{1H}}\right)}{dy} = 0, \quad (3.22)$$

Статор токининг минимал қийматда бўлганидаги моторнинг электромагнит, энергетик ва эксплуатацион кўрсаткичлари моторнинг минимум қувват исрофи режимидаги ушбу кўрсаткичларидан бироз фарқ қилади.

3.17–расмда минимум статор токи режимида ишлайётган асинхрон мотор юкланиш моментининг турли қийматлари учун тўғри келади магнит оқимининг оптимал қийматларининг ўзгариш тавсифлари келтирилган. Агар 3.11–расмдаги минимум қувват исрофи режими учун келтирилган оптимал магнит оқими тавсифи билан солиштирадиган бўлсак, юкланишнинг  $\mu_c < 1,0$  оралиғида моторнинг статор токининг минимал режимида ишлаганида, магнит оқимининг 1,8 – 1,1 марта ортиқ бўлиши магнит қувват исрофлари-нинг ошишига олиб келади.

Юкланиш моментининг  $\mu_c < 1,0$  оралигида ўзгарганида статор токининг минимал қийматларида бошқарилган моторнинг қувват исрофлари қувват исрофи минимал режимда бўлгандагига нисбатан 10 – 15% юкори бўлади ва магнит окимининг нисбатан каттарок бўлиши қувват коэффициентининг сезиларли камайишига олиб келади.



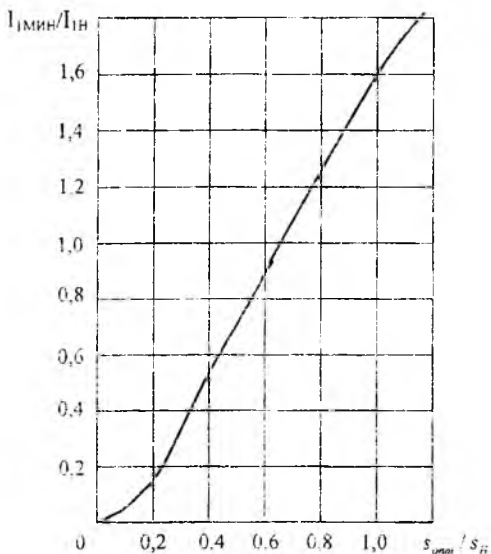
3.17 – расм. Статор токи минимал бўлган режимда ишлаётган асинхрон мотор оптималь магнит окими ва сирпанишларининг юкланиш моментига мос равишда ўзгариши тавсифлари

3.18–расмда статор токи минимал бўлган режимда ишлаётган асинхрон мотор статор токининг оптималь абсолют сирпанишнинг юкланиш моментига боғлиқ равишда ўзгариш тавсифи келтирилган. Тавсифдан кўриниб турибдики, статор токи номинал қийматига тенг бўлганида абсолют сирпанишнинг  $0,65 \cdot s_H$  қиймати тўғри келяпти. 3.18 – расмдаги сирпаниш тавсифидан сирпанишнинг бу қийматига юкланиш моментининг  $\mu_c = 1,2$  қиймати тўғри келади.

Бир қараганда моторни номинал юкланиш қийматига нисбатан 20% ортик юкланиш билан ишлатиш имкони бордек туюлади, аммо аслида юкланишнинг бу қийматида магнит окимининг ошган бўлиши ҳисобига моторнинг қувват исрофлари бирмунча катта бўлади ва юкланишни реал 3 – 4% гагина ошириш мумкин (3.18 – расмга қаранг). Шундай қилиб, статор токи минимум бўлган режимда статор токи қийматига қараб

моторнинг иссиқлик ҳолатини баҳолаш мумкин эмас: статор токи номиналдан кичик бўлганда мотор номинал иссиқлик режимида бўлади.

Асинхрон моторларнинг статор токи минимум қийматида бошқариш режимида ишлаши (3.22) дифференциал тенгламанинڭ экстремал қийматини изловчи изланувчан ва ноизланувчан экстремал автоматик бошқариш тизимлари воситасида амалга оширилади. Изланувчан автоматик бошқариш тизимлари таркибий тузилиши жиҳатдан аналогик ва рақамли қурилмалардан иборат бўлиши мумкин.



3.18–расм. Статор токи минимал бўлган режимида ишлаётган асинхрон мотор статор токиннڭ оптимал абсолют сирпанишга боғлиқ равишда ўзгариш тавсифи

Аналогик қурилмали автоматик бошқариш тизимларида турли физик табиатдаги ҳалакит берувчи ва зарarli бўлган сигналлар (масалан, роторнинг тебраниши, статор кучланишининг юкори частотали ташкил этувчилари ва х.к.) таъсири туфайли (3.22) дифференциал тенгламанинڭ экстремал қийматларини аниқлаш жараёнида аниқликлик даражаси бирмунча паст бўлади. Аналогик автоматик бошқариш тизимларига нисбатан техник жиҳозланиши нуктаи назардан мураккаброк бўлган рақамли бошқариш тизимларида бу камчилик деярли бартараф этилади.

### 3.8. Асинхрон моторларни статор токининг минимум ток режимида ишлашнинг таъминловчи экстремал автоматик бошқариш тизими

Куйида 3.19—расмда статор токининг энг кичик кийматида ишлайдиган экстремал автоматик бошқариладиган асинхрон электр юритманинг блок схемаси тасвирланган.

Экстремал автоматик асинхрон электр юритма тизимининг таркибий тузилиши: асинхрон мотор  $M$  ва унинг статор чулғамига тиристорли кучланиш ўзгарткич  $ТҚЎ$  нинг куч схемаси  $КС$  уланган,  $ТҚЎ$  нинг бошқариш тизими  $БТ$  жамловчи қурилма  $ЖҚ$  нинг чиқиш қисмига уланган.  $ЖҚ$  нинг биринчи кириш қисмига вазифаловчи сигнал  $U_B$  берилади, кучланиш ўлчов ўзгарткичи  $КУЎ$  нинг кириш қисми статор чулғамига берилаётган линия кучланишига уланади,  $КУЎ$  нинг чиқиш қисми эса биринчи дифференциалловчи қурилма  $1ДҚ$  нинг кириш қисмига уланади,  $1ДҚ$  нинг чиқиш қисми эса бўлувчи блок  $ББ$  нинг биринчи кириш қисмига уланади,  $1ДҚ$  нинг чиқиш қисми эса хотира қурилма  $ХҚ$  нинг кириш қисмига уланади,  $ЭСҚ$  нинг чиқиш қисми эса  $ЖҚ$  нинг иккинчи кириш қисмига уланади, ток ўлчов ўзгарткичи  $ТУЎ$  нинг кириш қисми статор чулғами фазасига уланган, чиқиш қисми эса иккинчи дифференциалловчи қурилма  $2ДҚ$  нинг кириш қисмига уланган.  $2ДҚ$  нинг чиқиш қисми эса  $ББ$  нинг иккинчи кириш қисмига уланган.

Асинхрон электр юритма энергетик кўрсаткичларининг номинал кийматларига якин бўлган кийматларда ишлаши мотор валида юкланишнинг кийматига қараб кучланишнинг ростлаш натижасида статор токининг энг кичик кийматида эришиш асосида амалга оширилади. Ўлчов ўзгарткичлари сифатида кучланиш ва ток трансформаторларидан фойдаланиш мумкин.

Электр юритма ишлаётганида  $КУЎ$  ва  $ТУЎ$  ларнинг чиқиш қисмларида линия кучланиши ва фаза тоқларининг ўзгартирилган ва вақт бўйича узлуксиз бўлган сигналлар ҳосил қилинади ва бу сигналларни  $1ДҚ$  ва  $2ДҚ$  дифференциалловчи қурилмаларда вақт бўйича дифференциаланган кийматларини  $ББ$  нинг мос кириш қисмларига юборилади.  $ББ$  да бу сигналларни бўлиш амали бажарилади:

$$\frac{dI_1}{dt} : \frac{dU_a}{dt} = \frac{dI_1}{dU_a} \neq 0 \text{ ва бу сигнал } ХҚ \text{ га эслаб қолиш учун юборилади.}$$

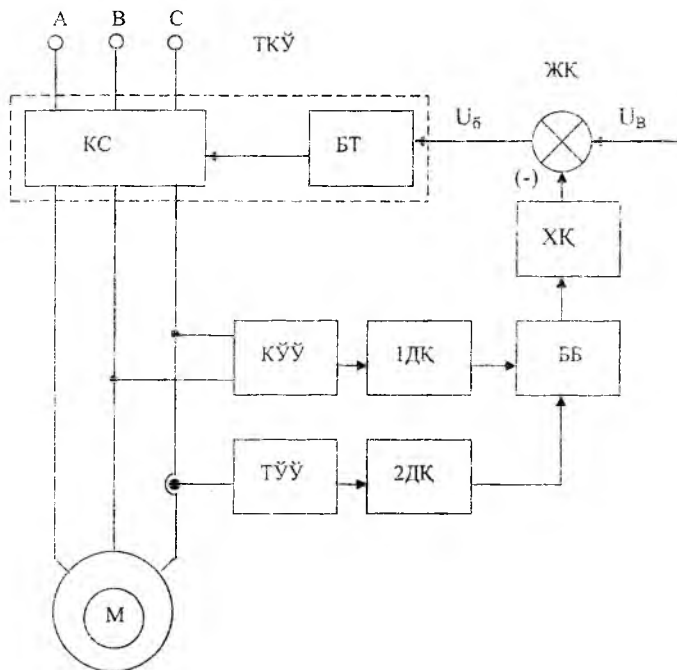
$ХҚ$  да бу сигнал олдинги эслаб қолingan худди шунингдек сигнал билан солиштирилади, агар ўзаро фарқланса, у ҳолда  $ЖҚ$  га юборилади ва бу сигнал  $U_0$  - бошқарув сигналини шакллантиришда иштирок этади, яъни

$$U_0 = U_B - \frac{dI_1}{dU_a} \text{ БТ нинг кириш қисмига юборилади ва натижада } ТҚЎ \text{ нинг}$$

$КС$  чиқиш қисмида кучланиш киймати ўзгаради.  $КУЎ$  ва  $ТУЎ$  ларнинг



чикиш қисмларида янги линия қучланиши ва янги фаза токи қийматларига мос сигналлар ҳосил бўлади. Бу сигналларнинг дифференциалланиши ва бўлиш амаллари бажарилиши қайд қилинган юкланиш учун  $\frac{dI_i}{dU} = 0$  шартини бажаришга олиб келади. Асинхрон мотор энергетик кўрсаткичларининг номинал қийматга яқин қийматда ишлай бошлайди.



3.190–расм. Статор токининг энг кичик қийматида ишлайдиган экстремал автоматик бошқариладиган асинхрон электр юритманинг блок схемаси

ХК да сақланган  $\frac{dI_i}{dU_i} \neq 0$  қиймат манфий тескари боғланиш сигнали

сифатида то мотор валида юкланиш ўзгаргунча иштирок этади. Мотор валидаги юкланиш ўзгарганида ушбу цикл қайтадан такрорланиб, юкланишнинг янги қиймати учун энергетик кўрсаткичларининг оптимал қийматда бўлиши таъминланади.

#### 4. ЧАСТОТАНИ ЎЗГАРТИРИБ ТЕЗЛИГИ РОСТЛАНАДИГАН АСИНХРОН МОТОРНИНГ ЭНЕРГИЯ ТЕЖАМКОР ИШ РЕЖИМИДА ИШЛАШИНING НАЗАРИЙ АСОСЛАРИ

##### 4.1. Частотани ўзгартириб тезлиги ростланадиган асинхрон мотор турғун иш режимининг асосий кўрсаткичлари

2.1-параграфда келтирилган асинхрон мотор асосий кўрсаткичларининг мотор валидаги юкланиш куввати киймати таъсирида ўзгариш тавсифлари, асинхрон мотор статор чулғамига берилаётган кучланиш частотасининг ўзгармас номинал ҳолати, яъни  $\alpha = 1$  учунгина тўғридир.  $\alpha = 1$  ҳолатда юкланиш моментининг номинал кийматидан ҳар қандай кам кийматида ҳам моторнинг магнит тизими тўйинмаган ҳолда бўлади. 2.1 – расмдаги асинхрон моторнинг универсал магнитлаш тавсифидан ва (2.8) тенгламадан кўришиб турибдики, частотанинг камайиши магнит окимининг ошишига ва аксинча частотанинг камайиши магнит окимининг камайишига олиб келади.

Илк бор акад. М.П. Костенко асинхрон моторнинг тезлигини статор чулғами кучланиши (токи) частотасини ўзгартириб ростлаш имкониятларини назарий исботлаб берди ва у частота ва юкланишнинг ҳар қандай кийматларида ҳам асинхрон моторнинг оптимал режимда ишлашини таъминловчи статор чулғами кучланишни ўзгартириш конунини таклиф этди

$$\gamma = \alpha \sqrt{\mu_c}, \quad (4.1)$$

бу ерда,  $\gamma = \frac{U_1}{U_{1H}}$  – статор чулғами кучланишининг нисбий киймати;

$\alpha = \frac{f_1}{f_{1H}}$  – статор чулғами кучланиши (токи) частотасининг нисбий

киймати;  $\mu = \frac{M_c}{M_{cH}}$  – асинхрон мотор валидаги юкланиш моментининг нисбий киймати;  $U_1$ ,  $f_1$  ва  $M_c$  – статор чулғами кучланишининг ҳақиқий киймати, частотаси ва юкланиш моментининг ҳақиқий киймати;  $U_{1H}$ ,  $f_{1H}$  ва  $M_{cH}$  – статор чулғами кучланиши, частотаси ва юкланиш моментининг номинал кийматлари.

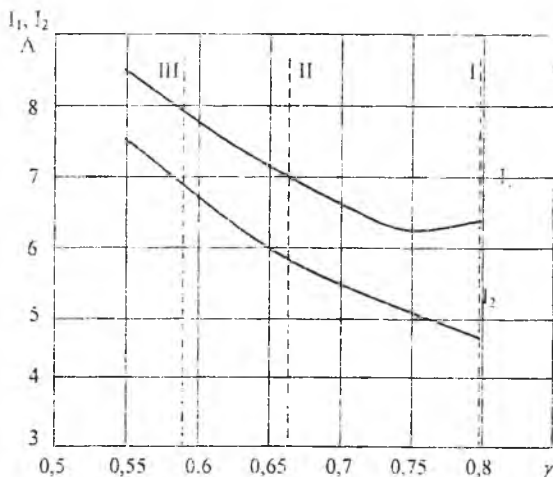
Ярим ўтказгичли частота ўзгарткичлар асосида яратилган частотани ўзгартириб тезлиги ростланадиган асинхрон электр юритмалари ишлашининг назарий асослари ва амалиётга татбиқ қилиниши каби долзарб масалалар акад. М.З. Ҳомидхонов ва унинг илмий мактаби томонидан изчил ечимини топди ва ҳозирда эса унинг шоғирдлари томонидан проф. О.О. Ҳошимов бошчилигида Ўзбекистонда электр

механиканинг бу йўналиши амалиёт билан чамбарчас боғланган ҳолда ривожлантирилиб келинмоқда.

Частотага боғлиқ равишда кучланишни ўзгартириш қонуни асинхрон мотор магнит тизимининг тўйинишини ва статор чулғамининг актив қаршилигида кучланиш пасайишини ҳисобга олинади. Бу қонунга асос қилиб олинган физик катталик бу моторнинг момент бўйича юкланиш даражасини, яъни частотанинг турли қийматларида ҳам

$$b_H = \frac{M_{MAX}}{M_H} = const \text{ бўлишига эришишдан иборатдир.}$$

Асинхрон моторларнинг юқорида келтирилган асосий кўрсаткичларини ҳисоблаш формулалари, тезлиги частотани ўзгартириб бошқариладиган асинхрон моторлар учун ҳам том маънода тааллуқлидир.



4.1 -расм. Юкланиш қиймати  $\mu = 0,7$  бўлган 4A100L4УЗ русумидаги асинхрон мотор статор ва келтирилган ротор тоқларининг частотанинг  $\alpha = 0,8$  нисбий қийматида кучланишнинг ростилашига боғлиқ равишда ўзгариш тавсифлари

4.1-расмда 4A100L4УЗ русумли асинхрон мотор статор ва ротор тоқларининг, юкланиш моментининг  $\mu_c = 0,7$  қиймати ва частотанинг  $\alpha = 0,8$  нисбий қиймати учун (2.18) ва (2.26) формулалар ёрдамида статор кучланишини бошқаришнинг уч асосий қонуният асосида амалга оширилган тавсифлари келтирилган (I, II, III пунктлар чизиклар билан кучланишни ростилаш чегаралари кўрсатилган).

Амалиётда кенг қўлланиладиган статор кучланишини частотага боғлиқ равишда ростлашнинг **биринчи қонуният**и кучланишни частотага пропорционал равишда ростлашдан иборат, яъни

$$\gamma = \alpha, \quad (4.2)$$

шунда асинхрон мотор статор пўлати билан ротор пўлати оралиғидаги ҳаволи тиркичдаги магнит окимининг қиймати тенглигича қолади.

Масалан, частотанинг  $\alpha = 0,8$  қийматида  $\gamma = 0,8$  бўлиб,  $U_1 = 176$  В га тенг бўлади ва  $I_1 = 6,4$  А ва  $I_2 = 4,6$  А қийматларига тенг бўлиб, мос равишда номинал қийматларининг 0,76 ва 0,65 қисмларини ташкил этади.

Статор кучланишини частотага боғлиқ равишда ростлашнинг **иккинчи қонуният**и биринчи қонуниятнинг мотор валидаги юкланиш моментининг реал қийматини ҳисобга олувчи (4.1) ифода ёрдамида амалга оширилади. Бу қонуният бўйича частотага мос равишда кучланишни ростлаганимизда асинхрон моторнинг валидаги статик моментига нисбатан момент бўйича юкланганлик даражаси доимий бўлиб сақланиб қолди. Асинхрон мотор статор пўлати билан ротор пўлати оралиғидаги ҳаволи тиркичдаги магнит окимининг қиймати юкланиш моментининг  $\sqrt{\mu_c}$  қийматига қўпайтмасига фаркли бўлади.

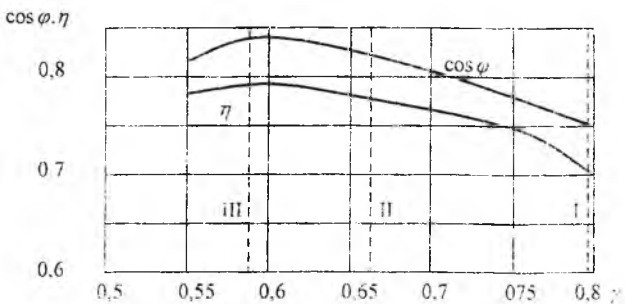
Энди статор кучланишининг нисбий қиймати  $\gamma = 0,67$ ,  $U_1 = 147,3$  В га тенг бўлади ва  $I_1 = 6,9$  А ва  $I_2 = 5,8$  А қийматларига тенг бўлиб, мос равишда номинал қийматларининг 0,82 ва 0,82 қисмларини ташкил этади.

Статор кучланишини частотага боғлиқ равишда ростлашнинг **учинчи қонуният**и мотор валидаги юкланиш моментининг реал қийматини ҳисобга олган ҳолда қувват ва фойдали иш коэффициентларининг ҳам оптимал қийматларда бўлишини ҳисобга олувчи умумлашган қонуният бўйича моторни бошқаришни кўзда тутиб, асосий чекланувчи кўрсаткич сифатида келтирилган ротор токи учун  $I_2 = I_{2H}$  шарт бажарилиши талаб этилади. Бу ҳолда ротордаги қувват исрофи номиналга тенг бўлиб, иссиқлик ҳолати жихатдан мотор рухсат этилган маъқул иш режимида бўлади. Бу қонуниятни кучланиш  $\gamma$  нинг қийматини частота қиймати  $\alpha$  га ва юкланиш қиймати  $\mu_c$  га боғлиқлик ифодасини, келтирилган ротор токининг номинал қийматига тенг бўлиши шартини, яъни  $I_2 = I_{2H}$  тенгликни ҳисобга олган ҳолда (1.6) ва (1.18) тенгламаларни ўзаро биргаликда ечиб қуйидаги кўринишда ёзамиз

$$\gamma = \sqrt{\frac{(\mu_c(b_H + \sqrt{b_H^2 - 1}))^2 + 1}{2 \cdot b_H \cdot (b_H + \sqrt{b_H^2 - 1})}} \alpha^2. \quad (4.3)$$

(4.3) ифода бўйича ҳисобланган  $\gamma = 0,58$ ,  $U_1 = 127,6$  В га тенг бўлади ва  $I_1 = 8$  А ва  $I_2 = 7,03$  А қийматларига тенг бўлиб, мос равишда номинал қийматларининг 0,95 ва 1,0 қисмларини ташкил этади.

4.2 — расмда юкланиш қиймати  $\mu = 0,76$  бўлган 4A100L4У3 русумидаги асинхрон мотор қувват ва фойдали иш коэффициентларининг частотанинг  $\alpha = 0,8$  нисбий қиймагида кучланишни ростланишнинг уч қонунят бўйича ўзгариш тавсифлари келтирилган.



4-2-расм. Юкланиш қиймати  $\mu = 0,7$  бўлган 4A100L4УЗ русумидаги асинхрон мотор қувват ва фойдали иш коэффициентларининг частотанинг  $\alpha = 0,8$  нисбий қийматида қўллашнинг релстанцияга боғлиқ равишда ўзгариш тавсифлари

**Биринчи конуният** бўйича кучланишни частотага пропорционал равишда ростлаганимизда  $\gamma = 0,8$  бўлиб,  $U_1 = 176$  В га тенг бўлади ва  $\cos \varphi = 0,74$  ва  $\eta = 0,7$  кийматларига тенг бўлади. **Иккинчи конуният** бўйича  $\gamma = 0,67$  бўлиб,  $U_1 = 147,3$  В га тенг бўлади ва  $\cos \varphi = 0,81$  ва  $\eta = 0,77$  кийматларига тенг бўлади.

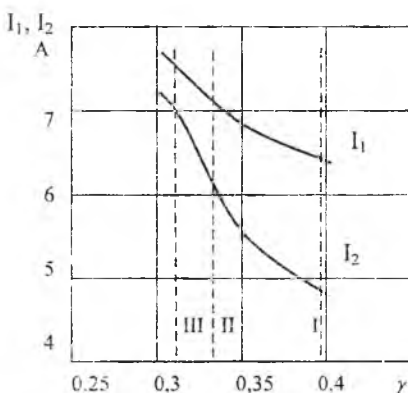
Учинчи конуният, яъни (3.3) бўйича кучланишни частотага пропорционал равишда ростлаганимизда  $\gamma = 0.58$  бўлиб,  $U_1 = 127,6$  В га тенг бўлади ва  $\cos \varphi = 0,84$  ва  $\eta = 0,78$  қийматларига тенг бўлади.

4.3–расмда асинхрон мотор статор ва ротор тоқларининг, юқланиш моментининг  $\mu_c = 0,7$  киймати ва частотанинг  $\alpha = 0,4$  нисбий киймати учун (2.18) ва (2.26) формула ёрдамида статор кучланишини бошқаришнинг **уч асосий қонуният** асосий амалга оширилган тавсифлари келтирилган.

**Биринчи конуният** бўйича кучланишни частотага пропорционал равишда ростлаганимизда  $\gamma = 0,4$  бўлиб,  $U_1 = 88$  В га тенг бўлади ва  $I_1 = 6,3$  А ва  $I_2 = 4,7$  А кийматларига тенг бўлиб, мос равишда номинал кийматларининг 0,75 ва 0,67 қисмларини ташкил этади.

**Иккинчи қонуният** бўйича кучланишни частотага пропорционал равишда ростлаганимизда  $\gamma = 0,33$  бўлиб  $U_1 = 73,6$  В га тенг бўлади ва  $I_1 = 7$  А ва  $I_2 = 6$  А қийматларга тенг бўлиб, мос равишда номинал қийматларининг 0,837 ва 0,86 қисмларини ташкил этади.

**Учинчи қонуният**, яъни (4.3) бўйича кучланишни частотага пропорционал равишда ростлаганимизда  $\gamma = 0,31$  бўлиб  $U_1 = 68,2$  В га тенг бўлади ва  $I_1 = 7,6$  А ва  $I_2 = 7$  А қийматларга тенг бўлиб, мос равишда номинал қийматларининг 0,9 ва 1,0 қисмларини ташкил этади.

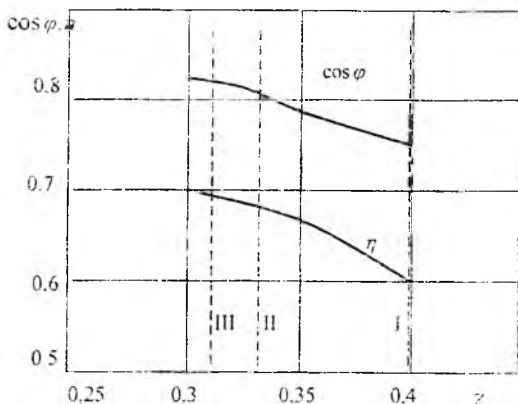


4.3- расм. Юкланиш қиймати  $\mu_c = 0,7$  бўлган 4A100L4УЗ русумидаги асинхрон мотор статор ва келтирилган ротор тоқларининг частотанинг  $\alpha = 0,4$  нисбий қийматида кучланишнинг ростланишига боғлиқ равишда ўзгариш тавсифлари

4.4-расмда асинхрон мотор қувват ва фойдали иш коэффициентларининг, юкланиш моментининг  $\mu_c = 0,7$  қиймати ва частотанинг  $\alpha = 0,4$  нисбий қиймати учун (2.28) ва (2.40) формулалар ёрдамида статор кучланишини бошқаришнинг уч асосий қонуниятлари асосида амалга оширилган тавсифлари келтирилган.

**Биринчи қонуният** бўйича кучланишни частотага пропорционал равишда ростлаганимизда  $\gamma = 0,4$  бўлиб,  $U_1 = 88$  В га тенг бўлади ва  $\cos \varphi = 0,76$  ва  $\eta = 0,6$  қийматларига тенг бўлади.

**Иккинчи қонуният** бўйича  $\gamma = 0,33$  бўлиб  $U_1 = 72,6$  В га тенг бўлади ва  $\cos \varphi = 0,8$  ва  $\eta = 0,68$  қийматларига тенг бўлади. **Учинчи қонуният** бўйича кучланишни частотага пропорционал равишда ростлаганимизда  $\gamma = 0,31$  бўлиб,  $U_1 = 68,2$  В га тенг бўлади ва  $\cos \varphi = 0,82$  ва  $\eta = 0,7$  қийматларига тенг бўлади.



4.4-расм. Юкланиш киймати  $\mu = 0,7$  бўлган 4A100L4У3 русумидаги асинхрон мотор кувват ва фойдали иш коэффициентларининг частотанинг  $\alpha = 0,4$  нисбий кийматида кучланишнинг ростланишига боғлиқ равишда ўзгариш тавсифлари

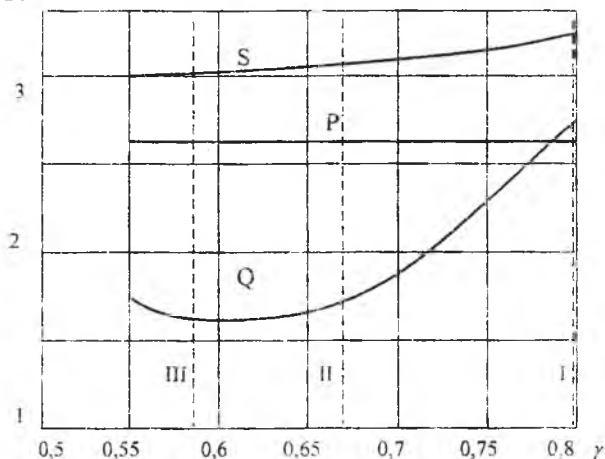
4.5-расмда асинхрон моторнинг тармокдан олаётган актив, реактив ва тўлиқ кувватларининг юкланиш моментининг  $\mu = 0,7$  киймати частотанинг  $\alpha = 0,8$  нисбий киймати учун (2.29), (2.32) ва (2.35) формулалар ёрдамида статор кучланишини бошқаришнинг уч асосий қонуниятлари асосида ҳисобланган тавсифлари келтирилган.

**Биринчи қонуният** бўйича кучланишни частотага пропорционал равишда ростлаганимизда  $\gamma = 0,8$  бўлиб,  $U_1 = 176$  В га тенг бўлади ва  $P = 2,6$  кВт,  $Q = 2,7$  кВар ва  $S = 3,4$  кВА қийматларига тенг бўлади. **Иккинчи қонуният** бўйича кучланишни частотага пропорционал равишда ростлаганимизда  $\gamma = 0,67$  бўлиб,  $U_1 = 147,3$  В га тенг бўлади ва  $P = 2,6$  кВт,  $Q = 1,7$  кВар ва  $S = 3,1$  кВА қийматларига тенг бўлади.

**Учинчи қонуният** бўйича кучланишни частотага пропорционал равишда ростлаганимизда  $\gamma = 0,58$  бўлиб,  $U_1 = 127,6$  В га тенг бўлади ва  $P = 2,6$  кВт,  $Q = 1,6$  кВар ва  $S = 3,1$  кВА қийматларига тенг бўлади.

4.6-расмда асинхрон моторнинг тармокдан олаётган актив, реактив ва тўлиқ кувватларининг юкланиш моментининг  $\mu = 0,7$  киймати частотанинг  $\alpha = 0,4$  нисбий киймати учун (2.29), (2.32) ва (2.35) формулалар ёрдамида статор кучланишини бошқаришнинг уч асосий қонуниятлари асосида ҳисобланган тавсифлари келтирилган.

S, Q, P  
кВА, кВар  
кВт



4.5-расм. Юкланиш киймати  $\mu = 0,7$  бўлган 4А100L4У3 русумидаги асинхрон мотор истеъмол қилаётган умумий, реактив ва актив қувватларнинг частотанинг  $\alpha = 0,8$  нисбий кийматида кучланишнинг ростланишига боғлиқ равишда ўзгариш тавсифлари

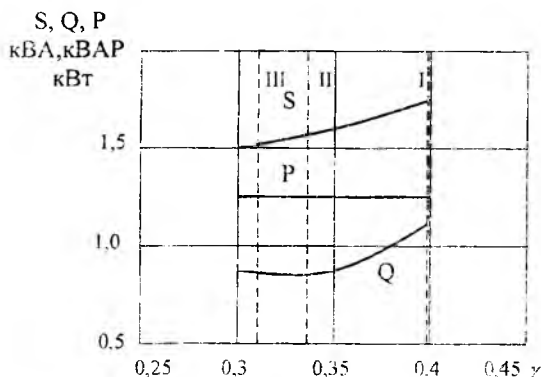
**Биринчи қонуният** бўйича кучланишни частотага пропорционал равишда ростлаганимизда  $\gamma = 0,4$  бўлиб,  $U_1 = 88$  В га тенг бўлади ва  $P = 1,25$  кВт,  $Q = 1,7$  кВар ва  $S = 1,8$  кВА кийматларига тенг бўлади. **Иккинчи қонуният** бўйича кучланишни частотага пропорционал равишда ростлаганимизда  $\gamma = 0,33$  бўлиб,  $U_1 = 73,6$  В га тенг бўлади ва  $P = 1,25$  кВт,  $Q = 0,83$  кВар ва  $S = 1,15$  кВА кийматларига тенг бўлади.

**Учинчи қонуният** бўйича кучланишни частотага пропорционал равишда ростлаганимизда  $\gamma = 0,31$  бўлиб,  $U_1 = 68,2$  В га тенг бўлади ва  $P = 1,25$  кВт,  $Q = 1,4$  кВар ва  $S = 1,5$  кВА кийматларига тенг бўлади.

Частотани ўзгартириб тезлиги ростланадиган асинхрон моторнинг энергетик кўрсаткичларини, частотанинг турли кийматларида ва мотор валидаги юкланиш моментининг реал кийматларида, номинал кийматларига тенг ёки яқин кийматларида ишлашнинг таъминловчи кучланишнинг ростлашнинг учинчи қонунияти кучланишнинг ростлашнинг умумий оптимал қонуниятидир. Частотани ўзгартириб тезлиги ростланадиган асинхрон моторларни минимум статор токи, минимум қувват исрофи ва минимум реактив қувват истеъмоли каби оптимал



бошқариш турлари таклиф этилаётган частотага мос равишда кучланишнинг  
ростлашнинг учинчи қонуниятининг хусусий ҳолларидир.

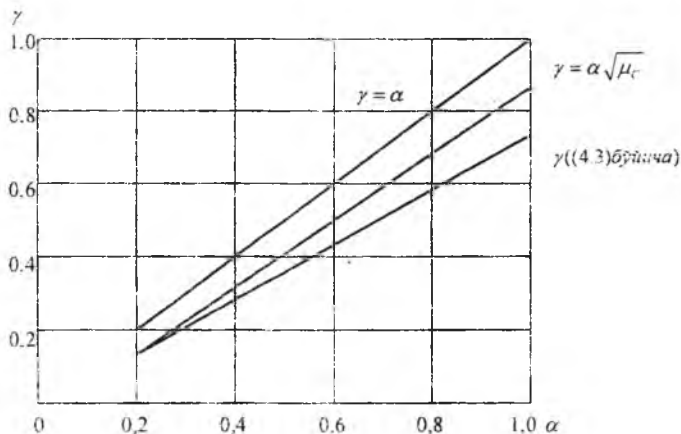


1.6–расм. Юкланиш қиймати  $\mu = 0,7$  бўлган 4А100L4У3 русумидаги асинхрон мотор  
истеъмол қилаётган умумий, реактив ва актив қувватларнинг частотанинг  
 $\alpha = 0,4$  нисбий қийматида кучланишнинг ростлашшига боғлиқ равишда ўзгариш  
тавсифлари

4.7–расмда юкланиш моменти  $\mu_c = 0,7$  бўлган асинхрон мотор  
тезлигини частотани ўзгартириб бошқаришда, кучланишни ростлашнинг  
уч турдаги қонуниятини қўлланилишидаги кучланишнинг частотага  
боғлиқ ўзгариш тавсифлари келтирилган. Тавсифлар таҳлили шуни  
кўрсатадики, кучланишни учинчи қонуният асосида ростлаганимизда  
бошқа турдаги қонуниятларга нисбатан статор кучланиши қиймати энг  
кичик бўлади.

4.8–расмда юкланиш моменти  $\mu_c = 0,7$  бўлган асинхрон мотор  
тезлигини статор кучланиши (токи) частотасини ўзгартириб бошқаришда  
кучланишни ростлашнинг уч турдаги қонуниятини қўлланилган механик  
тавсифлари келтирилган.

Статор кучланишининг энг кичик қийматларида ҳам моторнинг реал  
юкланиш моменти тенг бўлган электромагнит моменти нисбатан  
юкланиш кўрсаткичи ўзгармас ва номинал қийматига тенглигича қолади,  
яъни моторнинг статик момент бўйича захираси сақланиб қолади.



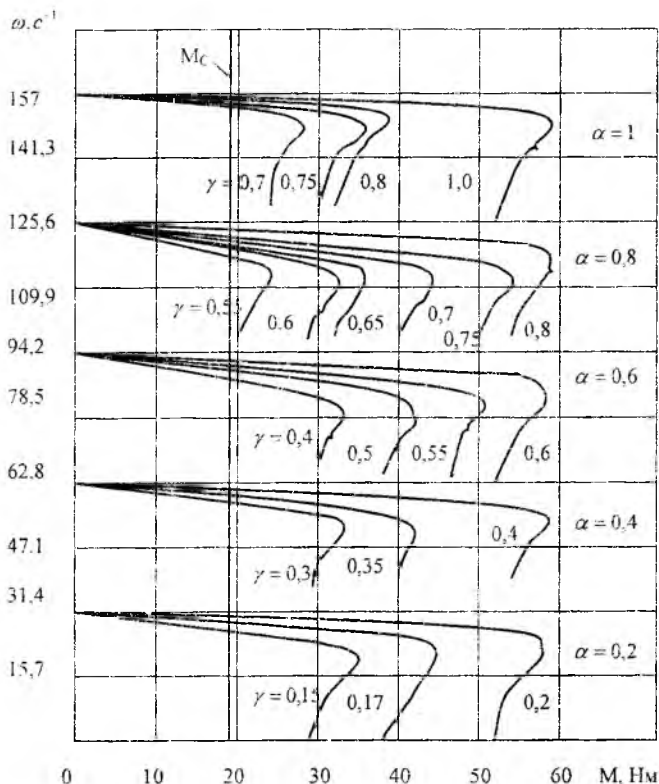
4.7-расм. Юкланиш киймати  $\mu = 0.7$  бўлган 4A100L4УЗ русумидаги асинхрон мотор частотанинг ўзгаришига мос равишда кучланишни ростилашнинг уч турдаги қонунийлигини қўлланилганидаги статор кучланишининг ўзгариш тавсифлари

Энди асинхрон моторнинг юкланиш моменти  $\mu_c = 0.3$  киймати ва частотанинг  $\alpha = 1$  нисбий киймати учун (2.18) ва (2.26) формулалар ёрдамида статор кучланишини ростилашнинг **уч асосий қонуниятлари** асосида статор ва ротор тоқларининг кийматларини ҳисоблаймиз.

Кучланишни ростилашнинг **биринчи қонуният**и бўйича частотанинг  $\alpha = 1$  кийматида  $\gamma = 1$  бўлиб,  $U_1 = 220$  В га тенг бўлади ва  $I_1 = 4$  А ва  $I_2 = 2$  А кийматларига тенг бўлиб, мос равишда номинал кийматларининг 0,47 ва 0,28 қисмларини ташкил этади.

Статор кучланишини частотага боғлиқ равишда ростилашнинг **иккинчи қонуният**и бўйича статор кучланишининг нисбий киймати  $\gamma = 0,556$  бўлиб,  $U_1 = 120,5$  В бўлади ва  $I_1 = 4,4$  А ва  $I_2 = 3,6$  А кийматларига тенг бўлиб, мос равишда номинал кийматларининг 0,52 ва 0,51 кийматларини ташкил этади.

Статор кучланишини частотага боғлиқ равишда ростилашнинг **учинчи қонуният**и бўйича ростилаганимизда келтирилган ротор тоқи  $I_2 = I_{2н}$  шarti бажарилиши талаб этилади ва шунда  $\gamma = 0,4$  бўлиб,  $U_1 = 88$  В га тенг бўлади ва  $I_1 = 6,3$  А ва  $I_2 = 7,03$  А кийматларга тенг бўлиб, мос равишда номинал кийматларининг 0,75 ва 1,0 қисмларини ташкил этади.



4.8–расм. Юкланиш киймати  $\mu_c = 0,7$  бўлган тезлиги частотани ўзгартириб бошқариладиган 4A100 L4Y3 русумидаги асинхрон моторнинг механик тавсифлари

4.9 – расмда асинхрон мотор статор ва келтирилган ротор тоқларининг юкланиш моменти  $\mu_c = 0,3$  частотанинг  $\alpha = 1$  нисбий киймати учун статор кучланишини ростлашнинг уч асосий қонуниятлари асосида ҳисобланган тавсифлари келтирилган.

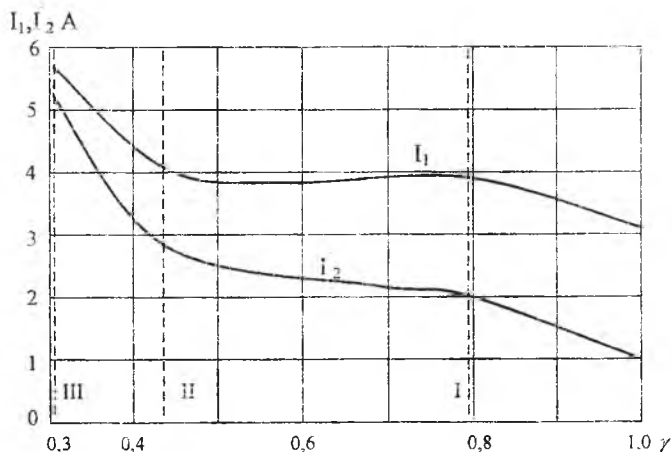
Асинхрон моторнинг юкланиш моменти  $\mu_c = 0,3$  киймати ва частотанинг  $\alpha = 0,8$  нисбий киймати учун (2.18) ва (2.26) формулалар ёрдамида статор кучланишини ростлашнинг уч асосий қонуниятлари асосида статор ва ротор тоқларининг қийматларини ҳисоблаймиз.

Кучланишни ростлашнинг биринчи қонуниятлари бўйича частотанинг  $\alpha = 0,8$  кийматида  $\gamma = 0,8$  бўлиб,  $U_1 = 176$  В га тенг бўлади ва  $I_1 = 4$  А ва

$I_2 = 2$  А қийматларига тенг бўлиб, мос равишда номинал қийматларининг 0,47 ва 0,28 қисмларини ташкил этади.

Статор кучланишини частотага боғлиқ равишда ростлашнинг **иккинчи қонунияти** бўйича статор кучланишининг нисбий қиймати  $\gamma = 0,44$  бўлиб,  $U_1 = 96,4$  В бўлади ва  $I_1 = 3,8$  А ва  $I_2 = 2,8$  А қийматларига тенг бўлиб, мос равишда номинал қийматларининг 0,45 ва 0,4 қийматларини ташкил этади.

Статор кучланишини частотага боғлиқ равишда ростлашнинг **учинчи қонунияти** бўйича ростлаганимизда келтирилган ротор токи  $I_2 = I_{2H}$  шarti бажарилиши талаб этилади ва шунда  $\gamma = 0,3$  бўлиб,  $U_1 = 66$  В га тенг бўлади ва  $I_1 = 5,7$  А ва  $I_2 = 5,3$  А қийматларга тенг бўлиб, мос равишда номинал қийматларининг 0,67 ва 0,75 қисмларини ташкил этади.



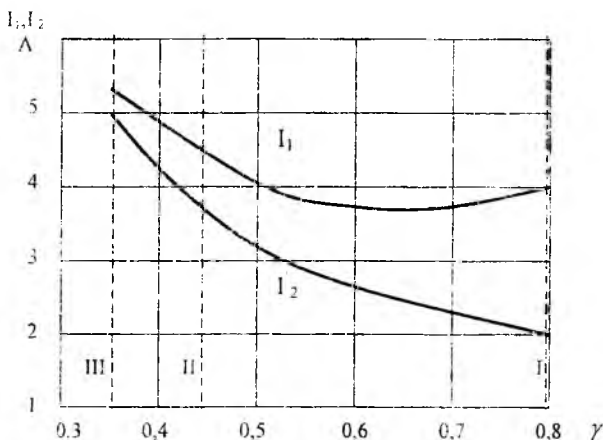
4.9–расм. Юкланиш моментининг нисбий қиймати  $\mu_c = 0,3$  бўлган 4А100Л4У3 русумидаги асинхрон мотор статор ва келтирилган ротор тоқларининг частотанинг  $\alpha = 1$  нисбий қийматида кучланишнинг ростлавишига боғлиқ равишда ўзгариш тавсифлари

4.10 – расмда асинхрон мотор статор ва келтирилган ротор тоқларининг юкланиш моменти  $\mu_c = 0,3$  частотанинг  $\alpha = 0,8$  нисбий қиймати учун статор кучланишини ростлашнинг уч асосий қонунияти асосида ҳисобланган тавсифлари келтирилган.

Асинхрон моторнинг юкланиш моменти  $\mu_c = 0,3$  қиймати ва частотанинг  $\alpha = 0,6$  нисбий қиймати учун (2.18) ва (2.26) формулалар

ёрдамида статор кучланишини ростлашнинг уч асосий қонуниятлари асосида статор ва ротор тоқларининг қийматларини ҳисоблаймиз.

Кучланишни ростлашнинг **биринчи қонуният** бўйича частотанинг  $\alpha = 0,4$  қийматида  $\gamma = 0,4$  бўлиб,  $U_1 = 176$  В га тенг бўлади ва  $I_1 = 4$  А ва  $I_2 = 2$  А қийматларига тенг бўлиб, мос равишда номинал қийматларининг 0,47 ва 0,28 қисмларини ташкил этади.



4.10 – расм. Юкланиш моментининг нисбий қиймати  $\mu_c = 0,3$  бўлган 4А100L4У3 русумидаги асинхрон мотор статор ва келтирилган ротор тоқларининг частотанинг  $\alpha = 0,8$  нисбий қийматида кучланишнинг ростланишига боғлиқ равишда ўзгарish тавсифлари

Статор кучланишини частотага боғлиқ равишда ростлашнинг **иккинчи қонуният** бўйича статор кучланишининг нисбий қиймати  $\gamma = 0,22$  бўлиб,  $U_1 = 48,2$  В бўлади ва  $I_1 = 4,7$  А ва  $I_2 = 4$  А қийматларига тенг бўлиб, мос равишда номинал қийматларининг 0,56 ва 0,57 қийматларини ташкил этади.

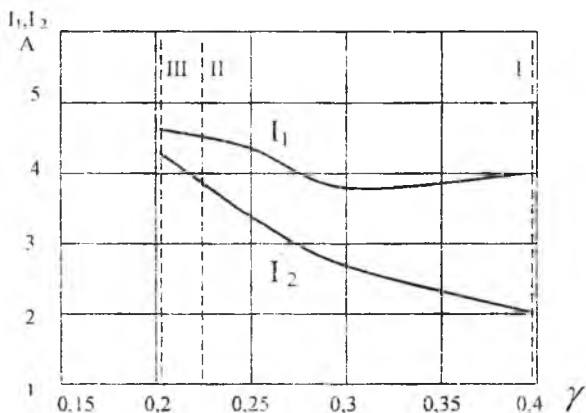
Статор кучланишини частотага боғлиқ равишда ростлашнинг **учинчи қонуният** бўйича ростлаганимизда келтирилган ротор тоқи  $I_2 \leq I_{2н}$  шarti бажарилиши талаб этилади ва шунда  $\gamma = 0,2$  бўлиб,  $U_1 = 44$  В га тенг бўлади ва  $I_1 = 4,8$  А ва  $I_2 = 4,3$  А қийматларга тенг бўлиб, мос равишда номинал қийматларининг 0,57 ва 0,61 қисмларини ташкил этади.

4.11 – расмда асинхрон мотор статор ва келтирилган ротор тоқларининг юкланиш momenti  $\mu_c = 0,3$  частотанинг  $\alpha = 0,4$  нисбий

қиймати учун статор кучланишини ростлашнинг уч асосий қонуният асосида ҳисобланган тавсифлари келтирилган.

Асинхрон моторнинг юкланиш моменти  $\mu_c = 0.3$  қиймати ва частотанинг  $\alpha = 0.2$  нисбий қиймати учун (2.18) ва (2.26) формулалар ёрдамида статор кучланишини ростлашнинг **уч асосий қонуниятлари** асосида статор ва ротор тоқларининг қийматларини ҳисоблаймиз.

Кучланишни ростлашнинг **биринчи қонуният** бўйича частотанинг  $\alpha = 0.2$  қийматида  $\gamma = 0.2$  бўлиб,  $U_1 = 44$  В га тенг бўлади ва  $I_1 = 4$  А ва  $I_2 = 2$  А қийматларига тенг бўлиб, мос равишда номинал қийматларининг 0,47 ва 0,28 қисмларини ташкил этади.



4.11 – расм. Юкланиш моментининг нисбий қиймати  $\mu_c = 0.3$  бўлган 4А100Л4УЗ русумидаги асинхрон мотор статор ва келтирилган ротор тоқларининг частотанинг  $\alpha = 0.4$  нисбий қийматида кучланишнинг ростланишига боғлиқ равишда ўзгариш тавсифлари

Статор кучланишини частотага боғлиқ равишда ростлашнинг **иккинчи қонуният** бўйича статор кучланишининг нисбий қиймати  $\gamma = 0.116$  бўлиб,  $U_1 = 24.1$  В бўлади ва  $I_1 = 4.7$  А ва  $I_2 = 4$  А қийматларига тенг бўлиб, мос равишда номинал қийматларининг 0,56 ва 0,57 қийматларини ташкил этади.

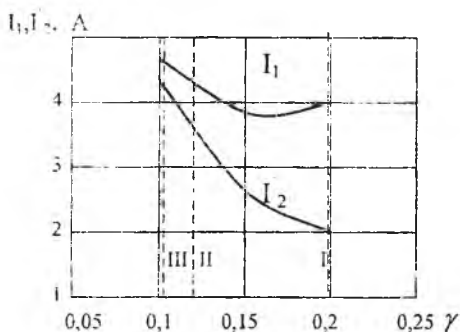
Статор кучланишини частотага боғлиқ равишда ростлашнинг **учинчи қонуният** бўйича ростлаганимизда келтирилган ротор тоқи  $I_2 = I_{2н}$  шarti бажарилиши талаб этилади ва шунда  $\gamma = 0.1$  бўлиб,  $U_1 = 22$  В га тенг бўлади ва  $I_1 = 4.8$  А ва  $I_2 = 4.3$  А қийматларга тенг бўлиб, мос равишда номинал қийматларининг 0,57 ва 0,61 қисмларини ташкил этади.

4.12 – расмда асинхрон мотор статор ва келтирилган ротор тоқларининг юкланиш моменти  $\mu_c = 0,3$  частотанинг  $\alpha = 0,2$  нисбий киймати учун статор кучланишини ростлашнинг уч асосий қонуниятлари асосида ҳисобланган тавсифлари келтирилган.

Асинхрон моторнинг юкланиш моменти  $\mu_c = 0,3$  киймати ва частотанинг  $\alpha = 1$  нисбий киймати учун (2.28) ва (2.40) формулалар ёрдамида статор кучланишини ростлашнинг уч асосий қонуниятлари асосида қувват ва фойдали иш коэффициентлари кийматларини ҳисоблаймиз.

Кучланишни ростлашнинг **биринчи қонуният** бўйича частотанинг  $\alpha = 1$  кийматида  $\gamma = 1$  бўлиб,  $U_1 = 220$  В га тенг бўлади ва  $\cos \varphi = 0,52$  ва  $\eta = 0,5$  кийматларига тенг бўлади.

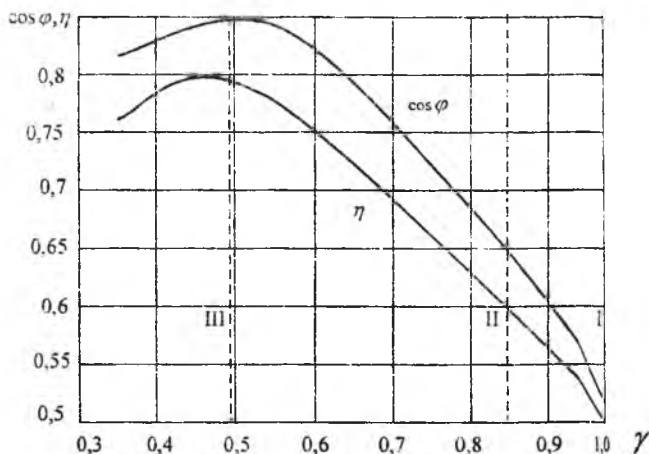
Статор кучланишини частотага боғлиқ равишда ростлашнинг **иккинчи қонуният** бўйича статор кучланишининг нисбий киймати  $\gamma = 0,55$  бўлиб,  $U_1 = 120,5$  В бўлади ва  $\cos \varphi = 0,84$  ва  $\eta = 0,78$  кийматларига тенг бўлади.



4.12 – расм. Юкланиш моментининг нисбий киймати  $\mu_c = 0,3$  бўлган 4А100Л4УЗ русумидаги асинхрон мотор статор ва келтирилган ротор тоқларининг частотанинг  $\alpha = 0,2$  нисбий кийматида кучланишнинг ростланишига боғлиқ равишда ўзгариш тавсифлари

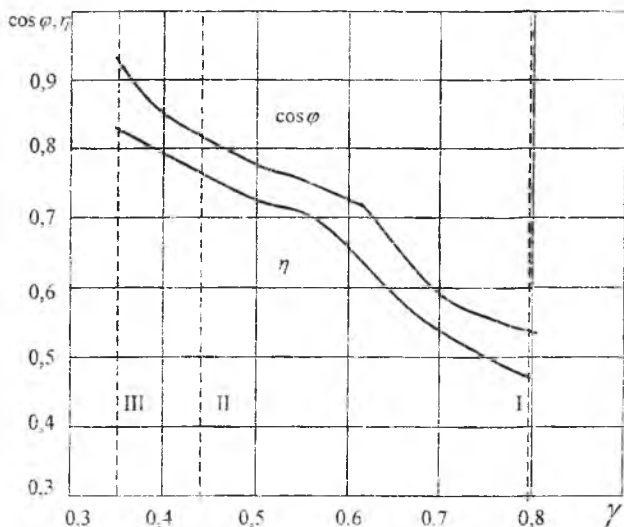
Статор кучланишини частотага боғлиқ равишда ростлашнинг **учинчи қонуният** бўйича ростлаганимизда келтирилган ротор тоқи  $I_2 = I_{2н}$  шarti бажарилиши талаб этилади ва шунда  $\gamma = 0,5$  бўлиб,  $U_1 = 110$  В га тенг бўлади ва  $\cos \varphi = 0,84$  ва  $\eta = 0,78$  кийматларига тенг бўлади.

Статор кучланишинин частотага боғлиқ равишда реллашнинг ўсishi, шунинг учунчи конунияти бўйича реллаганимизда келтирилган ротор токи  $I_2 = I_{2н}$  шарти бажарилиши талаб этилади ва шунда  $\gamma = 0,35$  бўлиб,  $U_1 = 77$  В га тенг бўлади ва  $\cos \varphi = 0,93$  ва  $\eta = 0,81$  кийматларига тенг бўлади.



105





4.14- расм. Юкланиш моментининг нисбий киймати  $\mu_c = 0,3$  бўлган 4A100L4УЗ русумидаги асинхрон мотор кувват ва фойдали иш коэффициентларининг частотанинг  $\alpha = 0,8$  нисбий кийматида кучланишнинг ростланишига боғлиқ равишда ўзгариш тавсифлари

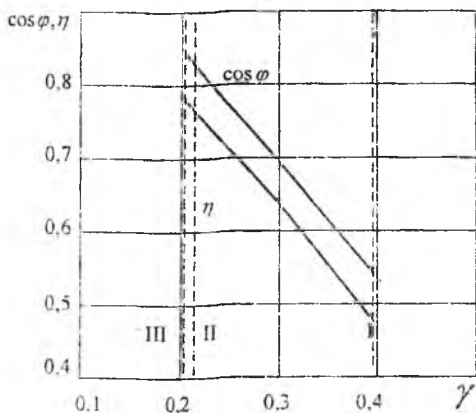
4.14 - расмда асинхрон мотор кувват ва фойдали иш коэффициентлари-ининг юкланиш momenti  $\mu_c = 0,3$  частотанинг  $\alpha = 0,8$  нисбий киймати учун статор кучланишини ростлашнинг уч асосий конунияти асосида ҳисобланган тавсифлари келтирилган.

Асинхрон моторнинг юкланиш momenti  $\mu_c = 0,3$  киймати ва частотанинг  $\alpha = 0,4$  нисбий киймати учун (2.28) ва (2.40) формулалар ёрдамида статор кучланишини ростлашнинг **уч асосий конуниятлари** асосида кувват ва фойдали иш коэффициентлари кийматларини ҳисоблаймиз.

Кучланишни ростлашнинг **биринчи конунияти** бўйича частотанинг  $\alpha = 0,4$  кийматида  $\gamma = 0,8$  бўлиб,  $U_1 = 88$  В га тенг бўлади ва  $\cos \varphi = 0,52$  ва  $\eta = 0,5$  кийматларига тенг бўлади.

Статор кучланишини частотага боғлиқ равишда ростлашнинг **иккинчи конунияти** бўйича статор кучланишининг нисбий киймати  $\gamma = 0,22$  бўлиб,  $U_1 = 48,4$  В бўлади ва  $\cos \varphi = 0,82$  ва  $\eta = 0,76$  кийматларига тенг бўлади.

Статор кучланишини частотага боғлиқ равишда ростлашнинг учинчи қонунияти бўйича ростлаганимизда келтирилган ротор токи  $I_2 = I_{2H}$  шarti бажарилиши талаб этилади ва шунда  $\gamma = 0,2$  бўлиб,  $U_1 = 44$  В га тенг бўлади ва  $\cos \varphi = 0,86$  ва  $\eta = 0,79$  қийматларига тенг бўлади.



4.15—расм. Юкланиш моментининг нисбий қиймати  $\mu_c = 0,3$  бўлган 4А100L4УЗ русумидаги асинхрон мотор қувват ва фойдали иш коэффициентларининг частотанинг  $\alpha = 0,4$  нисбий қийматида кучланишнинг ростлашига боғлиқ равишда ўзгариш тавсифлари

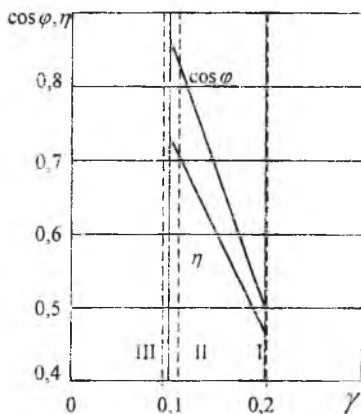
4.15—расмда асинхрон мотор қувват ва фойдали иш коэффициентларининг юкланиш momenti  $\mu_c = 0,3$  частотанинг  $\alpha = 0,4$  нисбий қиймати учун статор кучланишини ростлашнинг уч асосий қонунияти асосида ҳисобланган тавсифлари келтирилган.

Асинхрон моторнинг юкланиш momenti  $\mu_c = 0,3$  қиймати ва частотанинг  $\alpha = 0,2$  нисбий қиймати учун (2.28) ва (2.40) формулалар ёрдамида статор кучланишини ростлашнинг уч асосий қонуниятлари асосида қувват ва фойдали иш коэффициентлари қийматларини ҳисоблаймиз.

Кучланишни ростлашнинг биринчи қонунияти бўйича частотанинг  $\alpha = 0,2$  қийматида  $\gamma = 0,2$  бўлиб,  $U_1 = 44$  В га тенг бўлади ва  $\cos \varphi = 0,52$  ва  $\eta = 0,5$  қийматларига тенг бўлади.

Статор кучланишини частотага боғлиқ равишда ростлашнинг иккинчи қонунияти бўйича статор кучланишининг нисбий қиймати  $\gamma = 0,11$  бўлиб,  $U_1 = 24,2$  В бўлади ва  $\cos \varphi = 0,81$  ва  $\eta = 0,75$  қийматларига тенг бўлади.

Статор кучланишини частотага боғлиқ равишда ростлашнинг учинчи қонунияти бўйича ростлаганимизда келтирилган ротор токи  $I_2 = I_{2н}$  шarti бажарилиши талаб этилади ва шунда  $\gamma = 0,1$  бўлиб,  $U_1 = 22$  В га тенг бўлади ва  $\cos \varphi = 0,87$  ва  $\eta = 0,77$  кийматларига тенг бўлади.



4.16 – расм. Юкланиш моментининг нисбий қиймати  $\mu_c = 0,3$  бўлган 4A100L4У3 русумидаги асинхрон мотор қувват ва фойдали иш коэффициентларининг частотанинг  $\alpha = 0,2$  нисбий қийматида кучланишнинг ростланишига боғлиқ равишда ўзгариш тавсифлари

4.16–расмда асинхрон мотор қувват ва фойдали иш коэффициентларининг юкланиш momenti  $\mu_c = 0,3$  частотанинг  $\alpha = 0,2$  нисбий қиймати учун статор кучланишини ростлашнинг уч асосий қонунияти асосида ҳисобланган тавсифлари келтирилган.

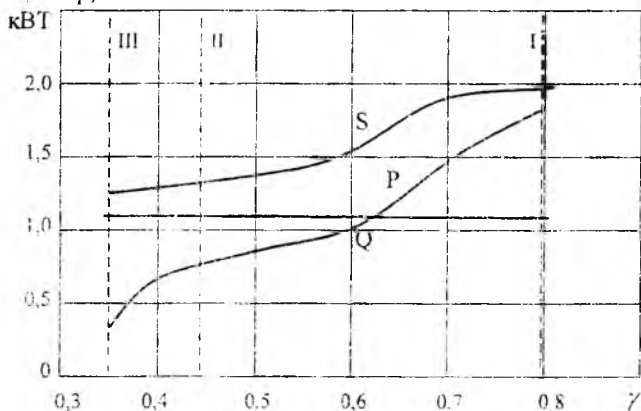
4.17–расмда асинхрон моторнинг тармоқдан истеъмол қилаётган актив, реактив ва тўлиқ қувватларининг юкланиш моментининг  $\mu_c = 0,3$  қиймати ва частотанинг  $\alpha = 1$  нисбий қиймати учун (2.29), (2.32) ва (2.35) формулалари ёрдамида статор кучланишини бошқаришнинг уч асосий қонуниятлари асосида ҳисобланган қийматлари асосида қурилган тавсифлари келтирилган.

**Биринчи қонуният** бўйича кучланишни частотага пропорционал равишда ростлаганимизда  $\gamma = 1$  бўлиб,  $U_1 = 220$  В га тенг бўлади ва  $P = 1,4$  кВт,  $Q = 1,6$  кВар ва  $S = 2,7$  кВА қийматларига тенг бўлади.

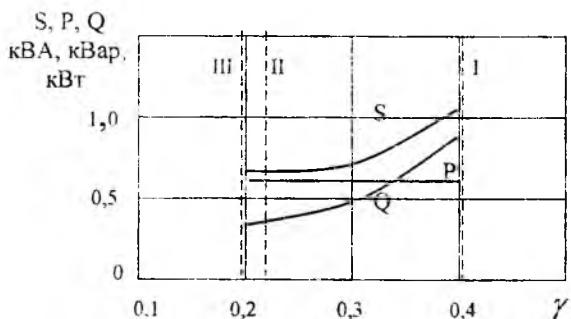


Учинчи конуният бўйича кучланишни частотага пропорционал равишда ростлаганимизда  $\gamma = 0,35$  бўлиб,  $U_1 = 77$  В га тенг бўлади ва  $P = 1,1$  кВт,  $Q = 0,4$  кВАР ва  $S = 1,2$  кВА кийматларига тенг бўлади.

S, P, Q  
кВА, кВАР,  
кВт



4.18-расм. Юкланиш моменти киймати  $\mu_c = 0,3$  бўлган 4А100Л4У3 русумидаги асинхрон мотор истеъмол қилаётган тўлиқ, актив ва реактив қувватларнинг частотанинг  $\alpha = 0,8$  нисбий кийматида кучланишнинг ростланишига боғлиқ равишда ўзгариш тавсифлари



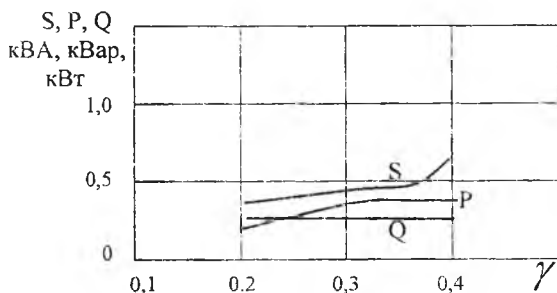
4.19-расм. Юкланиш моменти киймати  $\mu_c = 0,3$  бўлган 4А100Л4У3 русумидаги асинхрон мотор истеъмол қилаётган тўлиқ, актив ва реактив қувватларнинг частотанинг  $\alpha = 0,4$  нисбий кийматида кучланишнинг ростланишига боғлиқ равишда ўзгариш тавсифлари

4.19–расмда асинхрон моторнинг тармоқдан истеъмол қилаётган актив, реактив ва тўлиқ қувватларининг юкланиш моментининг  $\mu_c = 0,3$  қиймати ва частотанинг  $\alpha = 0,4$  нисбий қиймати учун (2.29), (2.32) ва (2.35) формулалари ёрдамида статор кучланишини бошқаришнинг уч асосий қонуниятлари бўйича ҳисобланган қийматлари асосида қурилган тавсифлари келтирилган.

**Биринчи қонуният** бўйича кучланишни частотага пропорционал равишда ростлаганимизда  $\gamma = 0,4$  бўлиб,  $U_1 = 88$  В га тенг бўлади ва  $P = 0,54$  кВт,  $Q = 0,9$  кВар ва  $S = 1,06$  кВА қийматларига тенг бўлади.

**Иккинчи қонуният** бўйича кучланишни частотага пропорционал равишда ростлаганимизда  $\gamma = 0,22$  бўлиб,  $U_1 = 48,4$  В га тенг бўлади ва  $P = 0,54$  кВт,  $Q = 0,4$  кВар ва  $S = 0,7$  кВА қийматларига тенг бўлади.

**Учинчи қонуният** бўйича кучланишни частотага пропорционал равишда ростлаганимизда  $\gamma = 0,2$  бўлиб,  $U_1 = 44$  В га тенг бўлади ва  $P = 0,54$  кВт,  $Q = 0,3$  кВАР ва  $S = 0,6$  кВА қийматларига тенг бўлади.



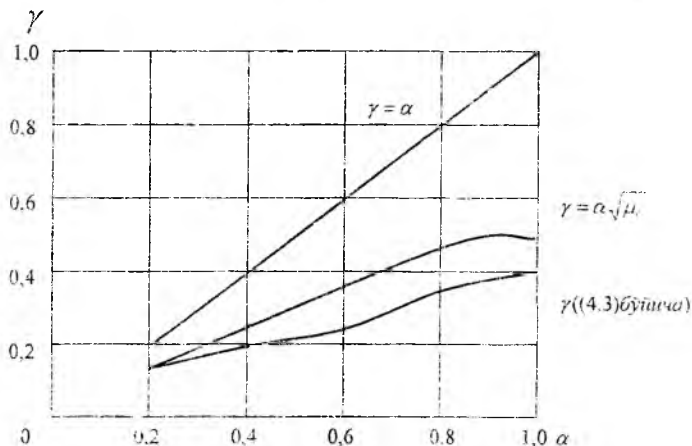
4.20–расм. Юкланиш momenti қиймати  $\mu_c = 0,3$  бўлган 4A100L4Y3 русумидаги асинхрон мотор истеъмол қилаётган тўлиқ, актив ва реактив қувватларнинг частотанинг  $\alpha = 0,2$  нисбий қийматида кучланишнинг ростланишига боғлиқ равишда ўзгариш тавсифлари

4.20–расмда асинхрон моторнинг тармоқдан истеъмол қилаётган актив, реактив ва тўлиқ қувватларининг юкланиш моментининг  $\mu_c = 0,3$  қиймати ва частотанинг  $\alpha = 0,2$  нисбий қиймати учун (2.29), (2.32) ва (2.35) формулалари ёрдамида статор кучланишини бошқаришнинг уч асосий қонуниятлари асосида ҳисобланган қийматлари асосида қурилган тавсифлари келтирилган.

**Биринчи қонуният** бўйича кучланишни частотага пропорционал равишда ростлаганимизда  $\gamma = 0,2$  бўлиб,  $U_1 = 44$  В га тенг бўлади ва  $P = 0,27$  кВт,  $Q = 0,45$  кВар ва  $S = 0,53$  кВА қийматларига тенг бўлади.

**Иккинчи қонуният** бўйича қучланишни частотага пропорционал равишда ростлаганимизда  $\gamma = 0,11$  бўлиб,  $U_1 = 24,2$  В га тенг бўлади ва  $P = 0,27$  кВт,  $Q = 0,26$  кВар ва  $S = 0,4$  кВА қийматларига тенг бўлади.

**Учинчи қонуният** бўйича қучланишни частотага пропорционал равишда ростлаганимизда  $\gamma = 0,1$  бўлиб,  $U_1 = 22$  В га тенг бўлади ва  $P = 0,27$  кВт,  $Q = 0,25$  кВАР ва  $S = 0,3$  кВА қийматларига тенг бўлади.



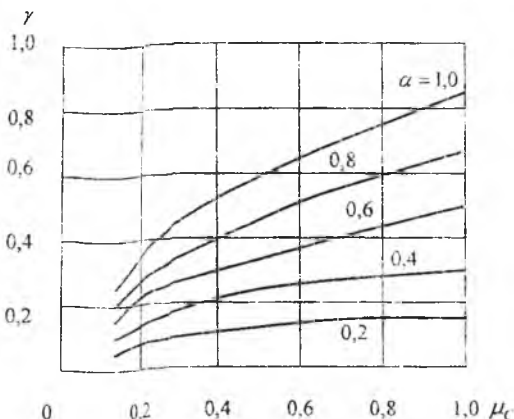
4.21-расс. Юкланиш моменти қиймати  $\mu_c = 0,3$  бўлган 4А100Л4УЗ русумидаги асинхрон мотор статор қучланиши частотасининг ўзгаришига мос равишда статор қучланишини ростлашнинг уч қонуният бўйича стагор қучланишининг ўзгариш тавсифлари

Асинхрон мотор валидаги юкланиш моментининг  $\mu_c = 0,3$  га тенг қийматида статор қучланиши (гоки) частотасининг нисбий қийматини 0,2 дан то 1,0 оралигида ростлаш давомида статор қучланишини уч қонуният асосида бошқариш тавсифлари 4.21 -- расмда келтирилган.

Тавсифлар тахлили шуни кўрсатадики, статор қучланиши учинчи қонуният асосида ростланганида қолган икки қонуният бўйича ростлашга нисбатан қучланиш қиймати барча частоталарда ҳам кичик бўлади ва бу эса мос равишда моторнинг реактив қувват истеъмоли ҳам камроқ бўлишини англатади. Масалан, частотанинг нисбий қиймати  $\alpha = 1$  бўлганида учинчи қонуният бўйича  $\gamma = 0,4$  га тенг бўлса, иккинчи қонуният бўйича эса  $\gamma = 0,5$  бўлади ва асинхрон моторнинг истеъмоли килаётган реактив қуввати 7% га кам бўлади, биринчи қонуниятга нисбатан эса қарийб 40% га кам бўлади.

#### 4.2. Частотани ўзгартириб тезлиги ростланадиган асинхрон моторни реактив қувватининг минимал қиймати истеъмолида бошқариш

Олдинги бўлимларда қайд қилинганидек, асинхрон моторларнинг реал юкланиш моменти бўйича юкланганлик даражаси юкланишнинг номинал қийматига нисбатан  $0,1 \div 1,0$  ораликда ўзгаради деб қараймиз. Юкланиш моменти<sup>нинг</sup> номинал қийматидан кам бўлиши моторнинг гармокдан истеъмол қилаётган реактив қувватининг ошишига олиб келади ва натижада моторнинг қувват коэффициенти пасаяди.



4.22-расм. Частотани ўзгартириб тезлиги ростланадиган 4А100Л4УЗ русумли асинхрон моторнинг частотанинг турли қийматларида тармокдан истеъмол қилаётган реактив қувватини минимал бўлишини таъминловчи статор кучланишининг юкланиш моменти таъсирини

Частотани ўзгартириб тезлиги ростланадиган асинхрон мотор реактив қуввати истеъмолининг мотор валидаги юкланиш моменти билан ўзаро боғлаб, минимал қийматига келтириб автоматик бошқариш асинхрон электр юритмаларда энергия тежамкорликка эришишнинг асосий йўналишларидан биридир.

Частотани ўзгартириб тезлиги ростланадиган асинхрон моторларнинг частотанинг берилган қийматида, яъни  $f_1 < f_{1H}$  қийматларидан бирида ишлаётган вақтида мотор истеъмол қилаётган реактив қувват қийматининг минимал бўлишини (2.14) ифода асосида қуйидаги кўринишда ёзамиз:



$$\gamma = \alpha^4 \sqrt{\mu_c^2 [(b_H + \sqrt{b_H^2 - 1}) \lg \varphi_H - 1]} . \quad (4.4)$$

4.22–расмда (4.2) ифода бўйича частотанинг  $\alpha = 0,1 \div 1,0$  кийматлари учун ҳисобланган асинхрон моторнинг тармоқдан истеъмол қилаётган реактив қувватини минимал бўлишини таъминловчи статор кучланиши оптимал кийматларининг  $\mu_c$  га боғлиқлик тавсифлари келтирилган.

### 4.3. Реактив қувват истеъмоли минимум бўлган режимда ишлайдиган частотани ўзгартириб тезлиги ростланадиган автоматлаштирилган асинхрон электр юритма

4.23–расмда келтирилган частотани ўзгартириб тезлиги ростланадиган асинхрон моторни экстремал автоматик бошқариш тизимининг блок схемаси, юкланишнинг барча реал қийматларида мотор истеъмол қилаётган реактив қувват миқдорини минимал бўлишини ва мотор энергетик кўрсаткичларини номинал қийматларига якин қийматларда бўлишини таъминлайди.

Частотани ўзгартириб тезлиги ростланадиган асинхрон моторни экстремал автоматик бошқариш тизими қуйидаги асосий таркибий қисмлардан иборат: асинхрон мотор М, тиристорли частота ўзгарткич ЧЎ куч схемаси КС орқали уч фазали электр тармоғига уланган. ЧЎ нинг частотани ўзгарттирувчи бошқарув тизими ЧБТ га вазифаловчи сигнал  $U_B$  берилади, биринчи функционал ўзгарткич 1ФЎ нинг биринчи кириш қисмига  $U_B$  берилади, иккинчи кириш қисми хотира қурилма ХҚ нинг чиқиш қисмига уланган, чиқиш қисми эса ЧЎ нинг кучланишни ўзгарттирувчи бошқарув тизими КБТ нинг кириш қисмига уланган, қувват ўлчов ўзгарткичи КЎЎ нинг кириш қисми асинхрон мотор М нинг статор чулғамига уланган ва шу кириш қисмига иккинчи функционал ўзгарткич 2ФЎ нинг кириш қисми уланган, 2ФЎ нинг чиқиш қисми эса кўпайтириш блоки КБ нинг иккинчи кириш қисмига уланган, КЎЎ нинг чиқиш қисми кўпайтириш блоки КБ нинг кириш қисмига уланган, КБ нинг чиқиш қисми эса биринчи дифференциалловчи қурилма 1ДҚ нинг кириш қисмига уланган бўлса, чиқиш қисми эса бўлувчи блок ББ нинг биринчи кириш қисмига уланади, ББ нинг иккинчи кириш қисмига иккинчи дифференциалловчи қурилма 2ДҚ нинг чиқиш қисми уланган, 2ДҚ нинг кириш қисмига кучланиш ўлчов ўзгарткичи КЎЎ нинг чиқиш қисми уланган ва КЎЎ нинг кириш қисми эса асинхрон мотор М нинг линия кучланишига уланган.

Асинхрон мотор энергетик кўрсаткичларининг оптимал қийматларида бўлиши, мотор валидаги юкланишнинг қийматига мос равишда статор чулғамидаги кучланишни ростлаш натижасида моторнинг

[illegible]

Асинхрон мотор ишлаб турган пайтда кувват ва кучланиш ўлчов ўзгарткичлари  $K_{\omega}$  ва  $K_{\phi}$  чиқиш қисмларида доимий сигнал мавжуд бўлади.  $K_{\omega}$  дан чиқаётган линия кучланиши сигнали 2ДҚ да вақт бўйича дифференциалланиб, ББ нинг иккинчи кириш қисмига юборилади. Функционал ўзгарткич 2ФЎ да фаза кучланиши билан токи орасидаги бурчак  $\varphi$  нинг  $\sin \varphi$  қийматига мос сигнал олинади ва кўпайтириш блоки КБ нинг иккинчи кириш қисмига узатилади ва у ерда  $K_{\omega}$  нинг чиқиш қисмидан КБ нинг биринчи кириш қисмига юборилган умумий кувват  $S$  га пропорционал сигнал билан кўпайтмаси  $Q(t) = S(t) \sin \varphi$  – моторнинг реактив кувват истеъмолини беради.  $Q(t)$  сигнал 1ДҚ да вақт бўйича дифференциалланиб, ББ нинг кириш қисмига юборилади.



юкланиши ва частота кийматлари учун минимал реактив қувват истеъмоли режимида ишлашини таъминлайди.

Юкланиш кийматининг то янги кийматига ўтгунга қадар  $\frac{dQ}{dt} \neq 0$  сигнал

ХҚ да сақланиб туради ва юкланиш киймати ўзгарганида ҳосил бўладиган кейинги тенгсизлик  $\frac{dQ}{dt} \neq 0$  киймати ХҚ га сақлаш учун юборилади.

Асинхрон моторнинг янги юкланиш ва частота кийматлари учун минимал реактив қувват истеъмоли режими жорий қилинади.

4.23–расмда келтирилган реактив қувват истеъмоли минимум бўлган режимида ишлайдиган частотани ўзгартириб тезлиги ростланадиган автоматлаштирилган асинхрон электр юритманинг блок схемасига ток ўлчов ўзгарткичи ТЎЎ, момент ўлчов ўзгарткичи МЎЎ, ҳисоблаш қурилмалари ХҚ1 ва ХҚ2 ва мантикий қурилмалар МҚ воситасида бу электр юритманинг ишлаши ротор токини номинал кийматидадан оширмасдан бошқариш имконини беради (4.24–расм).

ТЎЎ нинг чиқиш қисмидан  $I_1$  га пропорционал сигнал МЎЎ нинг кириш қисмига узатилади, КЎЎ чиқиш қисмидан олинган  $U_d$  га пропорционал сигнал ХҚ1 нинг биринчи кириш қисмига узатилади. ХҚ1 нинг иккинчи кириш қисмига МЎЎ нинг чиқиш қисмидан  $U_c$  га пропорционал сигнал узатилади, учинчи кириш қисмига эса частота кийматига пропорционал вазифаловчи сигнал  $U_b$  юборилади. ХҚ1 да асинхрон мотор номинал кўрсаткичи  $b_H$  ва (1.6) формула асосида ҳисобланган  $b_c$  кўрсаткич ХҚ2 нинг кириш қисмига юборилади ва бу ҳисоблаш қурилмасида (1.18) формула асосида ротор токининг нисбий киймати  $\frac{I_2}{I_{2H}}$  ҳисобланади ва сигнал мантикий қурилма МҚ нинг кириш

қисмига узатилади, агар унинг киймати бирдан катта бўлса, ХҚ нинг иккинчи кириш қисмига юборилади ва бу қурилманинг чиқиш қисмини ёпиб тиристорли кучланиш ростлагичнинг бошқарув тизимида берилётган бошқарув кучланиши  $U_b$  ни узишга сигнал беради ва натижада асинхрон электр юритма тармоқдан узилади. Агар МҚ нинг чиқиш қисмидаги сигнал бирдан кичик бўлса, у ҳолда ХҚ га бошқарув кучланишини узиш тўғрисида сигнал берилмайди ва асинхрон электр юритма нормал иш режимида ишлашини давом эттиради.

#### 4.4. Частотани ўзгартириб тезлиги ростланадиган асинхрон моторларни минимум қувват исрофи режимида бошқариш

Статор чулғами кучланиши частотаси  $f_1 < f_{ин}$  бўлганида, юкланиш моментининг  $\mu_c = 0,1 \div 1,0$  қийматларида асинхрон мотор магнитланиш тавсифининг чизикли қисмида ишлайди. Частотаси ўзгартирилиб тезлиги ростланадиган асинхрон мотор қувват исрофининг минимал қийматида ишлаш шарти қуйидаги ифода бўйича магнит оқимини ростлаш натижасида таъминланади:

$$\frac{d \sum \Delta p_i}{d \phi} = 0, \quad (4.5)$$

бу ерда  $\sum \Delta p_i = \frac{\sum \Delta p_i}{\sum \Delta p_H}$  частота қиймати номиналдан фаркли бўлган частотада ишлаётган моторнинг нисбий умумий қувват исрофи;  
 $\phi = \frac{\Phi_H}{\Phi_H}$  - магнит оқимининг нисбий қиймати.

Магнит оқимининг ошиши натижасида статор токининг актив танқил этувчисининг камайиб бориши мотордаги электрик қувват исрофларининг камайишига олиб келади. Магнит оқимининг жуда катта қийматга эга бўлиши магнитланиш токининг ошишига сабаб бўлади ва магнит қувват исрофларининг кўпайиши юзага келади. Магнит оқимининг қандайдир бир қийматида электрик ва магнит қувват исрофлари ўзаро тенг бўлади. мотор минимум қувват исрофида ишлайди ва бу режимни амалга ошириш (4.5) шарти бажарилиши асосида амалга оширилади.

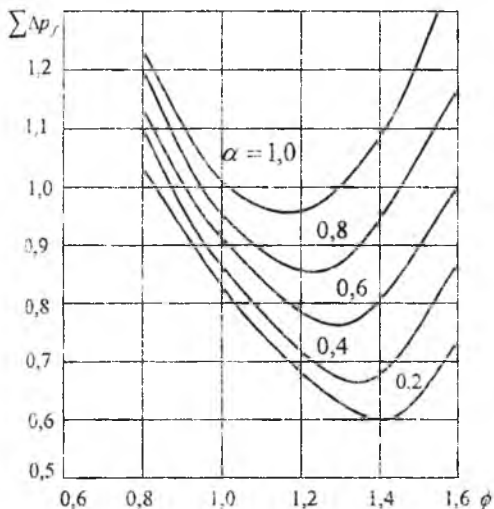
Частотаси ўзгартирилиб тезлиги ростланадиган асинхрон моторнинг частотанинг  $f_1 < f_{ин}$  барча қийматларида юкланишнинг  $\mu_c = 0,1 \div 1,0$  оралиғида ўзгариши учун асинхрон моторнинг электр магнит ФИК энг катта қийматга эга бўлади ва унинг механик ФИК юкланиш қийматининг ошишига пропорционал равишда фақат ошиб боради.

Асинхрон мотор номинал частотада ишлаётганида юкланиш моментининг барча ўзгариш ораликларида минимал қувват режимида ишлаш учун магнит оқимининг номинал қийматидан катта бўлиши талаб этилади ва бу эса ўз навбатида статор чулғами кучланишини номинал қийматидан юқорига қараб ростлаш зарурлигини кўрсатади. Асинхрон мотор магнитланиш тавсифининг нозикли қисмида ишлайди, яъни моторнинг магнит тизими тўйинган бўлади.

4.25-расмда юкланиш momenti  $\mu_c = 1,0$  бўлганида частота нисбий қийматининг  $\alpha = 0,2 \div 1,0$  оралиғида ўзгартириб тезлиги ростланганида

асинхрон мотор қувват исрофларининг магнит окимиға боғлиқ ҳисобланган тавсифлари келтирилган.

Асинхрон мотор номинал частотада ва номинал юкланиш билан ишлаётганида магнит окимининг  $\phi = 1,2$  қийматида бўлиши моторнинг қувват исрофи минимал бўлишини таъминлайди. Частота қийматининг камайиб бориши билан минимум қувват исрофи тавсифининг минимал нуктаси магнит окимининг ошиши томонига қараб силжиб боради. Масалан, частотанинг нисбий қиймати  $\alpha = 0,2$  бўлганида асинхрон мотор қувват исрофининг минимал қиймати магнит окимининг  $\phi = 1,4$  қийматига тўғри келади.



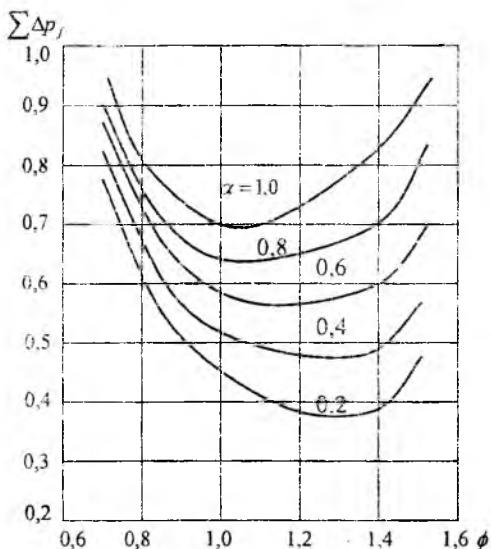
4.25–расм. Частотаси ўзгартирилиб тезлиги ростланадиган 4А1001.4У3 русумли асинхрон мотор валидаги юкланиш моменти  $\mu_c = 1,0$  бўлгандаги частотанинг  $\alpha = 0,2 \div 1,0$  ўзгариши оралигида ростланганидаги қувват исрофларининг магнит окимиға боғлиқ равишда ўзгариш тавсифлари

Тавсифлар таҳлили шуни кўрсатадики, асинхрон мотор номинал юкланиш моментиди тезлиги частотани ўзгартириб ростланганида моторнинг магнит тизими тўйинган бўлади ва унинг минимал қувват исрофи режимида ишлаши учун статор чулғамига берилаётган кучланишни номинал қийматидан юкорига қараб ростлаш керак бўлади.

4.26–расмда юкланиш моменти  $\mu_c = 0,8$  бўлганида частота нисбий қийматининг  $\alpha = 0,2 \div 1,0$  оралигида ўзгартириб тезлиги ростланганида асинхрон мотор қувват исрофларининг магнит окимиға боғлиқ ўзгариш

тавсифлари келтирилган. Асинхрон мотор частотанинг  $\alpha = 1,0$  қийматида ишлаётганида магнит окимининг  $\phi = 1,05$  қийматида моторнинг қувват исрофи минимал бўлишини таъминлайди ва моторнинг магнит тизими тўйинмаган бўлади.

Частотанинг бошқа қийматларида, яъни частотанинг номинал қийматидан камайиб бориши билан минимум қувват исрофи тавсифларининг минимал нукталари магнит окимининг ошиши томонига қараб силжиб боради ва моторнинг магнит тизими тўйинган ҳолда бўлади. Масалан,  $\alpha = 0,2$  бўлганида асинхрон мотор қувват исрофининг минимал қиймати магнит окимининг  $\phi = 1,32$  қийматига тўғри келади.

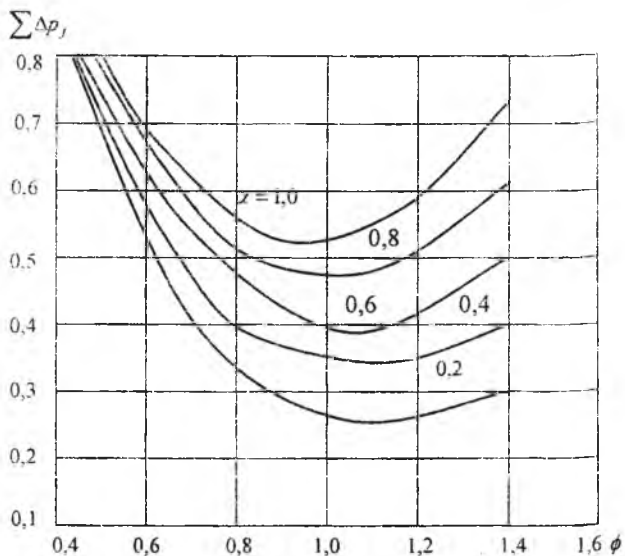


4.26–расм. Частотаси ўзгартирилиб тезлиги ростланадиган 4A100L4УЗ русумли асинхрон мотор валидаги юкланиш моменти  $\mu_c = 0,86$  бўлгандаги частотанинг  $\alpha = 0,2 \div 1,0$  ўзгариши оралиғида ростлангандаги қувват исрофларининг магнит окимиغا боғлиқ равишда ўзгариш тавсифлари

4.27–расмда юкланиш моменти  $\mu_c = 0,6$  бўлганида частота нисбий қийматининг  $\alpha = 0,2 \div 1,0$  оралиғида ўзгартириб тезлиги ростланганда асинхрон мотор қувват исрофларининг магнит окимиغا боғлиқ ўзгариш тавсифлари келтирилган.

Асинхрон мотор частотанинг  $\alpha = 1,0$  қийматида ишлаётганида магнит окимининг  $\phi = 0,9$  қийматида моторнинг қувват исрофи минимал бўлиши таъминланади ва моторнинг магнит тизими тўйинмаган бўлади.

Частотанинг номинал қийматидан камайиб бориши билан минимум қувват исрофи минимал нукталари магнит окимининг ошиши томонига қараб силжиб боради, частотанинг кўриладиган барча қийматларида магнит окимининг қиймати номиналдан катта бўлади ва моторнинг магнит тизими тўйинган бўлади. Масалан,  $\alpha = 0,2$  бўлганида асинхрон мотор қувват исрофининг минимал қиймати магнит окимининг  $\phi = 1,2$  қийматига тўғри келади.



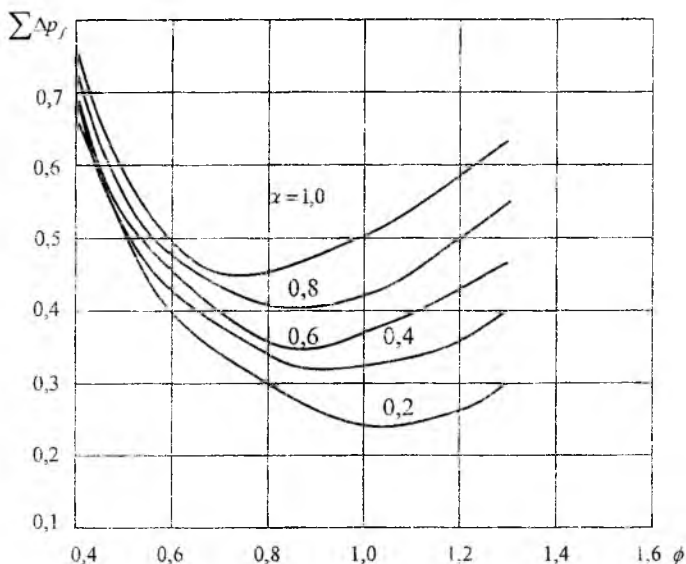
4.27–расм. Частотаси ўзгартирилиб тезлиги ростланадиган 4A100L4УЗ русумли асинхрон мотор валидаги юкланиш momenti  $\mu_c = 0,6$  бўлгандаги частотанинг  $\alpha = 0,2 \div 1,0$  ўзгариши оралигида ростланганидаги қувват исрофларининг магнит окимиға боғлиқ равишда ўзгариш тавсифлари

4.28–расмда юкланиш momenti  $\mu_c = 0,4$  бўлганида частота нисбий қийматининг  $\alpha = 0,2 \div 1,0$  оралигида ўзгартириб тезлиги ростланганида асинхрон мотор қувват исрофларининг магнит окимиға боғлиқ ўзгариш тавсифлари келтирилган.

Асинхрон мотор частотанинг  $\alpha = 1,0$  қийматида ишлаётганида магнит окимининг  $\phi = 0,76$  қийматида моторнинг қувват исрофи минимал



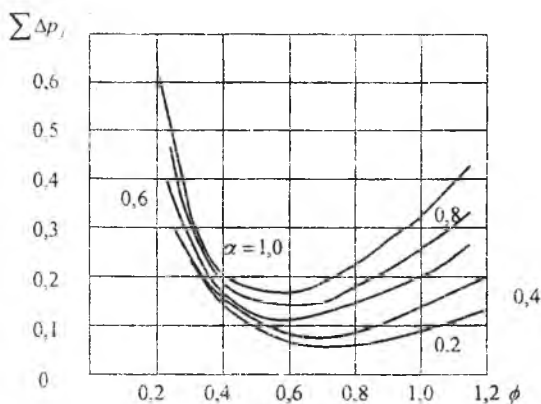
бўлишини таъминлайди.  $\alpha = 0,8$  бўлганида  $\phi = 0,8$ ,  $\alpha = 0,6$  бўлганида эса  $\phi = 0,85$  ва моторнинг магнит тизими тўйинмаган ҳолда бўлади. Частотанинг қиймати  $\alpha = 0,4$  бўлганида  $\phi = 1,0$ ,  $\alpha = 0,2$  бўлганида  $\phi = 1,1$  ва моторнинг магнит тизими тўйинган ҳолатда бўлади.



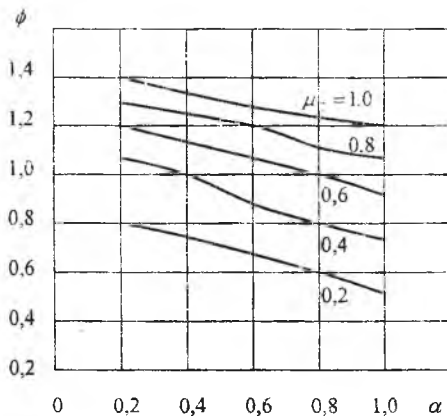
4.28–расм. Частотаси ўзгартирилиб тезлиги ростланганидан 4A100L4Y3 русумли асинхрон мотор валидаги юкланиш momenti  $\mu_c = 0,4$  бўлгандаги частотанинг  $\alpha = 0,2 \div 1,0$  ўзгариши оралиғида ростланганидаги қувват исрофларининг магнит оқимиға боғлиқ равишда ўзгариш тавсифлари

4.29–расмда юкланиш momenti  $\mu_c = 0,2$  бўлганида частота нисбий қийматининг  $\alpha = 0,2 \div 1,0$  оралиғида ўзгартирилиб, тезлиги ростланганида асинхрон мотор қувват исрофларининг магнит оқимиға боғлиқ ўзгариш тавсифлари келтирилган.

Асинхрон мотор частотанинг  $\alpha = 1,0$  қийматида ишлаётганида магнит оқимининг  $\phi = 0,5$  қийматида моторнинг қувват исрофи минимал бўлишини таъминлайди,  $\alpha = 0,8$  бўлганида  $\phi = 0,6$ ,  $\alpha = 0,6$  бўлганида эса  $\phi = 0,7$ ,  $\alpha = 0,4$  бўлганида  $\phi = 0,75$  ва  $\alpha = 0,2$  бўлганида  $\phi = 0,8$  га тенг бўлиши моторнинг магнит тизими тўйинмаган режимда ишлашини англатади.



4.29–расм. Частотаси ўзгартирилиб тезлиги ростланадиган 4A100L4УЗ русумли асинхрон мотор валидаги юкланиш momenti  $\mu_c = 0,2$  бўлгандаги частотанинг  $\alpha = 0,2 \div 1,0$  ўзгариши оралиғида ростланганидаги қувват исрофларининг магнит оқимиға боғлиқ равишда ўзгариш тавсифлари



4.30–расм. Юкланиш momenti  $\mu_c = 0,2 \div 1,0$  оралиғида ўзгарувчи 4A100L4УЗ русумли асинхрон мотор тезлиги частотанинг  $\alpha = 0,2 \div 1,0$  қийматларида ростланганида қувват исрофининг минимал қийматларда бўлишини таъминловчи магнит оқимининг оптимал қийматларининг частотаға боғлиқ ўзгариш тавсифлари

Юкорида келтирилган 4.25, 4.26.4.27. 4.28. 4, 29 – расмлардаги тавсифлар асосида частотани ўзгартириб тезлиги ростланадиган асинхрон моторнинг юкланиш моментининг турли кийматлари учун кувват исрофлари минимал бўлишини таъминловчи магнит окимининг оптимал кийматларининг частотага боғлиқ равишда ўзгариш тавсифлари 4.30 – расмда келтирилган.

#### 4.5. Минимум кувват исрофи режимида ишлайдиган частотани ўзгартириб тезлиги ростланадиган автоматлаштирилган асинхрон электр юритма

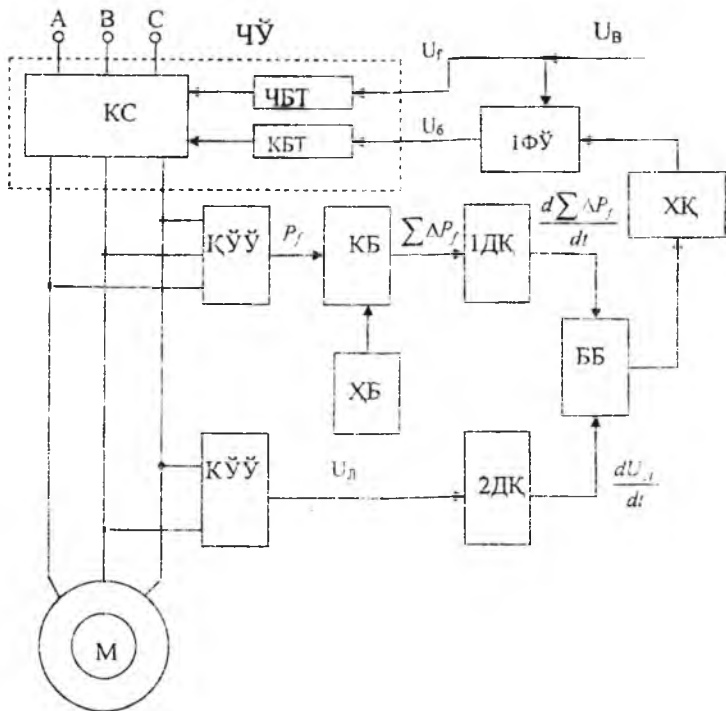
4.30–расмдаги тавсифлар тахлили ва 2.14–расмда тезлиги ростланмайдиган минимум кувват исрофи режимида ишлайдиган экстремал автоматик бошқариладиган асинхрон электр юритма блок схемаси асосида ярагилажак минимум кувват исрофи иш режимида ишлайдиган частотани ўзгартириб тезлиги ростланадиган асинхрон моторли автоматлаштирилган электр юритманинг блок схемаси 4.31 – расмда келтирилган.

Асинхрон электр юритма куйидаги асосий ташкил этувчи қисмлардан иборат: асинхрон мотор  $M$ , билвосита тиристорли частота ўзгарткич  $Ч\ddot{U}$  ва унинг частота бошқарув тизими  $ЧБТ$  ва кучланиш бошқарув тизими  $КБГ$ , юкланиш моменти характериға қараб мос частотаға мос равишда кучланишни  $\gamma = \alpha$  ифода бўйича ростловчи функционал ўзгарткич  $1\Phi\ddot{U}$ , актив кувват ўлчов ўзгарткичи  $К\ddot{U}\ddot{U}$ , кўпайтирув блоки  $КБ$ , биринчи дифференциалловчи қурилма  $1ДК$ , хотира қурилма  $ХК$ , ҳисоблаш блоки  $ХБ$ , бўлиш блоки  $ББ$ , кучланиш ўлчов ўзгарткичи  $К\ddot{U}\ddot{U}$ , иккинчи дифференциалловчи қурилма  $ДК$ .

Бу автоматлаштирилган асинхрон электр юритма блок схемасидаги қурилмалари ва блокларини ягона микропроцессорли тизимға бириктириш электр юритманинг функционал имкониятларини ва тезкорлигини ошириши билан бирға конструктив ихчамликка ҳам олиб келади.

4.32–расмда келтирилган минимум кувват исрофи иш режимида ишлайдиган частотани ўзгартириб тезлиги ростланадиган асинхрон моторли автоматлаштирилган электр юритма блок схемасига ток ўлчов ўзгарткичи  $Т\ddot{U}\ddot{U}$ , момент ўлчов ўзгарткичи  $М\ddot{U}\ddot{U}$ , ҳисоблаш қурилмалари  $ХК1$  ва  $ХК2$ , мантикий қурилма  $МК$  ва коммутацион қурилма  $КК$  қўшимча қурилмаларни қўшиш натижасида бу электр юритманинг ишлаши ротор токини номинал кийматидан оширмасдан бошқариш имконини беради (4.32 – расм).  $Т\ddot{U}\ddot{U}$  нинг чиқиш қисмидан  $I_1$  га пропорционал сигнал  $М\ddot{U}\ddot{U}$  нинг кириш қисмиға узатилади,  $К\ddot{U}\ddot{U}$  чиқиш қисмидан олинган  $U_1$  га

пропорционал сигнал ХҚ1 нинг биринчи кириш қисмига узатилади, ХҚ1 нинг иккинчи кириш қисмига МЎЎ нинг чиқиш қисмидан  $\mu_c$  га пропорционал сигнал узатилади, учинчи кириш қисмига эса частота кийматига пропорционал вазифаловчи сигнал  $U_B$  юборилади.



4.31–расм. Кувват исрофи минимум бўлган режимда ишлайдиган частотани ўзгартириб тезлиги ростланадиган асинхрон моторли автоматлаштирилган электр юритманинг блок схемаси

ХҚ1 да асинхрон мотор номинал кўрсаткичи  $b_H$  ва (1.6) формула асосида ҳисобланган  $b_c$  кўрсаткич ХҚ2 нинг кириш қисмига юборилади ва бу ҳисоблаш қурилмасида (1.18) формула асосида ротор токининг нисбий киймати  $\frac{I_2}{I_{2H}}$  ҳисобланади ва сигнал мантикий қурилма МК нинг кириш қисмига узатилади, агар унинг киймати бирдан катта бўлса, ХҚ нинг

The diagram illustrates a control system for a synchronous motor (M). The motor is connected to a three-phase power source (A, B, C) through a switch (КС). The motor's output is fed into a control system (ФУ) which includes a feedback loop (ХБ) and a control loop (ХК). The control system also includes a reference input (U<sub>r</sub>) and a feedback signal (U<sub>f</sub>). The motor's output is also fed into a control system (ФУ) which includes a feedback loop (ХБ) and a control loop (ХК). The control system also includes a reference input (U<sub>r</sub>) and a feedback signal (U<sub>f</sub>).

126

#### 4.6. ЧАСТОТАНИ ЎЗГАРТИРИБ ТЕЗЛИГИ РОСТЛАНДИГАН АСИНХРОН МОТОРЛАРНИ МИНИМУМ СТАТОР ТОКИ РЕЖИМИДА БОШҚАРИШ

Бу усулда частотани ўзгартириб тезлиги ростланадиган асинхрон моторларни бошқариш минимум қувват исрофи усулига анча яқин бўлиб, асинхрон мотор статор чулғамидаги актив қувват исрофини энг кичик қийматида бўлишини таъминлайди. Шу билан бирга асинхрон моторнинг минимум статор токи режимини жорий қилиш минимум қувват исрофлари режимини жорий қилишдан кўра анчагина осондир.

Магнит оқимининг статор чулғами кучланиши билан ночизикли коэффициент орқали боғланганлигини ҳисобга оладиган бўлсак, у ҳолда номинал иш режимига тўғри келадиган статор токининг номинал қийматига нисбати кўринишидаги ифодасини магнит оқими ўзгариши бўйича дифференциаллаб нолга тенглаштирамиз:

$$\frac{d\left(\frac{I_1}{I_{1H}}\right)}{d\phi} = 0, \quad (4.6)$$

Статор токининг минимал қийматда бўлганидаги моторнинг электромагнит, энергетик ва эксплуатацион кўрсаткичлари моторнинг минимум қувват исрофи режимдаги кўрсаткичларидан бироз фарқ қилади.

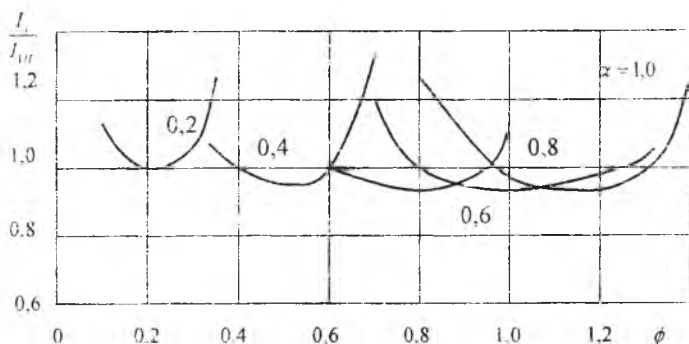
Магнит оқимининг ошиши натижасида статор токининг актив ташкил этувчисининг камайиб бориши статор токининг умумий қиймати камайишига олиб келади. Магнит оқимининг маълум бир қийматида статор токи минимум қийматли режимда ишлайди ва бу режимни амалга ошириш (3.4) шarti бажарилиши асосида амалга оширилади.

Частотаси ўзгартириб тезлиги ростланадиган асинхрон моторнинг частотанинг  $f_1 < f_{1H}$  барча қийматларида юкланиш моментининг  $0,2 < \mu_c < 1,0$  оралиғида ўзгариши учун статор токининг энг кичик қийматга эга бўлиши магнит майдонини ростлаш асосида амалга оширилади.

Асинхрон мотор номинал частотада ишлаётганида юкланиш моментининг барча ўзгариш оралиқларида статор токининг минимал қийматда бўлиши учун магнит оқимининг номинал қийматидан катта бўлиши талаб этилади ва бу эса ўз навбатида статор чулғами кучланишини номинал қийматидан юқорига қараб ростлаш зарурлигини кўрсатади.

Асинхрон мотор магнитланиш тавсифининг ночизикли қисмида ишлайди, яъни моторнинг магнит тизими тўйинган бўлади.

4.33–расмда юкланиш моменти  $\mu_c = 1,0$  бўлганида частота нисбий қийматининг  $\alpha = 0,2 - 1,0$  оралиғида ўзгартириб тезлиги ростланганида асинхрон мотор статор токининг магнит окимига боғлиқ ўзгариш тавсифлари келтирилган. Асинхрон мотор номинал частотада ва номинал юкланиш билан ишлаётганида магнит окимининг  $\phi = 1,2$  қийматида бўлиши статор токининг минимал бўлишини таъминлайди. Частота қийматининг камайиб бориши билан статор токи тавсифининг минимал нуктаси магнит окимининг камайиши томонига қараб силжиб боради. Масалан,  $\alpha = 0,2$  бўлганида статор токининг минимал қиймати магнит окимининг  $\phi = 0,22$  қийматига тўғри келади.

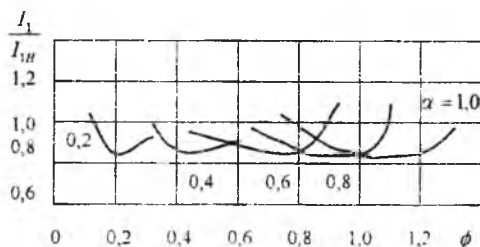


4.33–расм. Частотаси ўзгартирилиб тезлиги ростланадиган 4A100L4Y3 русумли асинхрон мотор валидаги юкланиш моменти  $\mu_c = 1,0$  тенг бўлгандаги тезлиги частотанинг  $\alpha = 0,2 - 1,0$  ўзгариши оралиғида ростлангандаги статор токининг магнит майдонига боғлиқ равишда ўзгариш тавсифлари

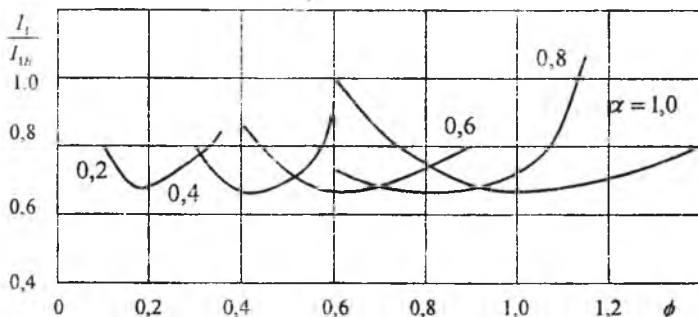
Тавсифлар таҳлили шуни кўрсатадики, асинхрон мотор номинал юкланиш моментида тезлиги частотани ўзгартириб ростланганида частота қиймати  $\alpha = 0,8$  ва  $\alpha = 1,0$  бўлганида моторнинг магнит тизими тўйинган бўлади ва статор токининг минимал бўлиши учун статор чулғамига берилётган кучланишни номинал қийматидан юқорига қараб ростлаш зарур.

4.34–расмда юкланиш моменти  $\mu_c = 0,8$  бўлганида частота нисбий қийматининг  $\alpha = 0,2 - 1,0$  оралиғида ўзгартириб тезлиги ростланганида статор токининг магнит окимига боғлиқ ўзгариш тавсифлари келтирилган. Асинхрон мотор частотанинг  $\alpha = 1,0$  қийматида ишлаётганида магнит окимининг  $\phi = 1,15$  қийматида бўлиши статор токининг минимал бўлишини таъминлайди ва моторнинг магнит тизими тўйинган бўлади.

Частотанинг бошқа кийматларида, яъни частотанинг номинал кийматидан камайиб бориши билан статор токи тавсифларининг минимал нукталари магнит оқимининг камайиши томонига қараб силжиб боради ва моторнинг магнит тизими тўйинмаган ҳолда бўлади. Масалан,  $\alpha = 0,2$  бўлганида статор токининг минимал киймати магнит оқимининг  $\phi = 0,21$  кийматига тўғри келади.



4.34–расм. Частотаси ўзгартирилиб тезлиги ростланадиган 4А100L4У3 русумли асинхрон мотор валидаги юкланиш momenti  $\mu_c = 0,8$  тенг бўлгандаги тезлиги частотанинг  $\alpha = 0,2 - 1,0$  ўзгариши оралиғида ростлангандаги статор токининг магнит майдонига боғлиқ равишда ўзгариш тавсифлари



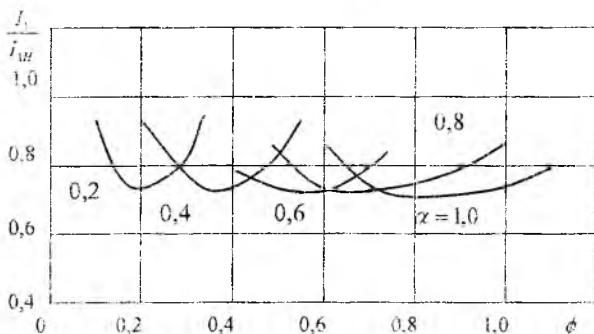
4.35–расм. Частотаси ўзгартирилиб тезлиги ростланадиган 4А100L4У3 русумли асинхрон мотор валидаги юкланиш momenti  $\mu_c = 0,6$  тенг бўлгандаги тезлиги частотанинг  $\alpha = 0,2 - 1,0$  ўзгариши оралиғида ростлангандаги статор токининг магнит майдонига боғлиқ равишда ўзгариш тавсифлари

4.35–расмда юкланиш momenti  $\mu_c = 0,6$  бўлганида частота нисбий кийматининг  $\alpha = 0,2 - 1,0$  оралиғида ўзгартириб тезлиги ростланганда статор токининг магнит оқимига боғлиқ ўзгариш тавсифлари келтирилган.



Асинхрон мотор частотанинг  $\alpha = 1,0$  нисбий кийматида ишлаётганда магнит оқимининг  $\phi = 1,0$  нисбий кийматида бўлиши статор токининг минимал бўлишини таъминлайди ва моторнинг магнит тизими тўйинмаган бўлади.

Частотанинг номинал кийматидан камайиб бориши билан статор токи тавсифларининг минимал нукталари магнит оқимининг камайиши томонига қараб силжиб боради, частотанинг қўрилаётган барча кийматларида магнит оқимининг киймати номиналдан кичик бўлади, моторнинг магнит тизими эса тўйинмаган ҳолда бўлади. Масалан,  $\alpha = 0,2$  бўлганида асинхрон мотор статор токининг минимал киймати магнит оқимининг  $\phi = 0,19$  нисбий кийматига тўғри келади.

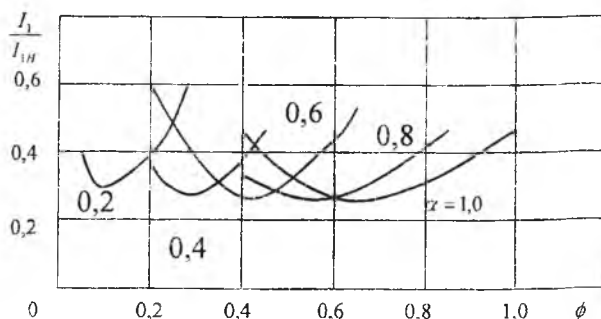


4.36–расм. Частотаси ўзгартириб тезлиги ростланадиган 4А100L4УЗ русумли асинхрон мотор валидаги юкланиш momenti  $\mu_c = 0,4$  тенг бўлгандаги тезлиги частотанинг  $\alpha = 0,2 - 1,0$  ўзгариши оралиғида ростлангандаги статор токининг магнит майдонига боғлиқ равишда ўзгариш тавсифлари

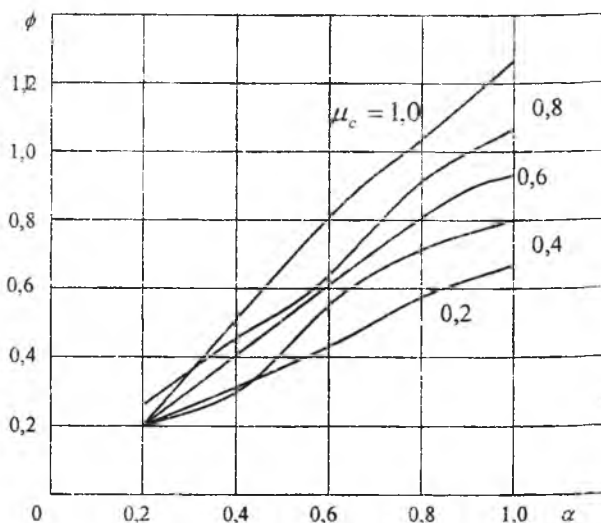
4.36–расмда юкланиш momenti  $\mu_c = 0,4$  бўлганида частота нисбий кийматининг  $\alpha = 0,2 - 1,0$  оралиғида ўзгартириб тезлиги ростлангандаги статор токининг магнит оқимига боғлиқ ўзгариш тавсифлари келтирилган.

Асинхрон мотор частотанинг  $\alpha = 1,0$  нисбий кийматида ишлаётганида магнит оқимининг  $\phi = 0,86$  кийматида бўлиши статор токининг минимал бўлишини таъминлайди,  $\alpha = 0,8$  бўлганида  $\phi = 0,7$ ,  $\alpha = 0,6$  бўлганида эса  $\phi = 0,58$  га тенг бўлади. Частотанинг нисбий киймати  $\alpha = 0,4$  бўлганида  $\phi = 0,38$ ,  $\alpha = 0,2$  бўлганида  $\phi = 0,2$  га тенг бўлади.

4.37–расмда юкланиш momenti  $\mu_c = 0,2$  бўлганида частота нисбий кийматини  $\alpha = 0,2 - 1,0$  оралиғида ўзгартириб, ўзгариш тавсифлари келтирилган. Асинхрон мотор частотанинг барча кийматларида магнит оқимининг киймати номиналдан кичик бўлади.



4.37–расм. Частотаси ўзгартирилиб тезлиги ростланадиган 4A100L4У3 русумли асинхрон мотор валидаги юкланиш моменти  $\mu_c = 0,2$  тенг бўлгандаги тезлиги частотанинг  $\alpha = 0,2 - 1,0$  ўзгариши оралиғида ростлангандаги статор токининг магнит майдонига боғлиқ равишда ўзгариш тавсифлари



4.38–расм. Юкланиш моменти  $\mu_c = 0,2 + 1,0$  оралиғида ўзгарувчи 4A100L4У3 русумли асинхрон мотор тезлиги частотанинг  $\alpha = 0,2 + 1,0$  қийматларида ростланганида статор токининг минимал қийматларда бўлишини таъминловчи магнит майдонининг оптимал қийматларининг частотага боғлиқ равишда ўзгариш тавсифлари

Частотанинг нисбий қиймати  $\alpha = 1,0$  бўлганида  $\phi = 0,61$  қийматида статор токининг минимал бўлиши таъминланади.  $\alpha = 0,8$  бўлганида  $\phi = 0,57$ ,  $\alpha = 0,2$  бўлганида эса  $\phi = 0,15$  га тенг бўлиши моторнинг магнит тизимининг тўйинмаган режимда бўлишини аниқлатади.

Частотани ўзгартириб тезлиги ростланадиган асинхрон мотор юкланиш моментининг турли қийматлари учун статор токи қийматининг минимал бўлишини таъминловчи магнит оқимининг оптимал қийматларининг частотага боғлиқ равишда ўзгариш тавсифлари 4.38–расмда тасвирланган.

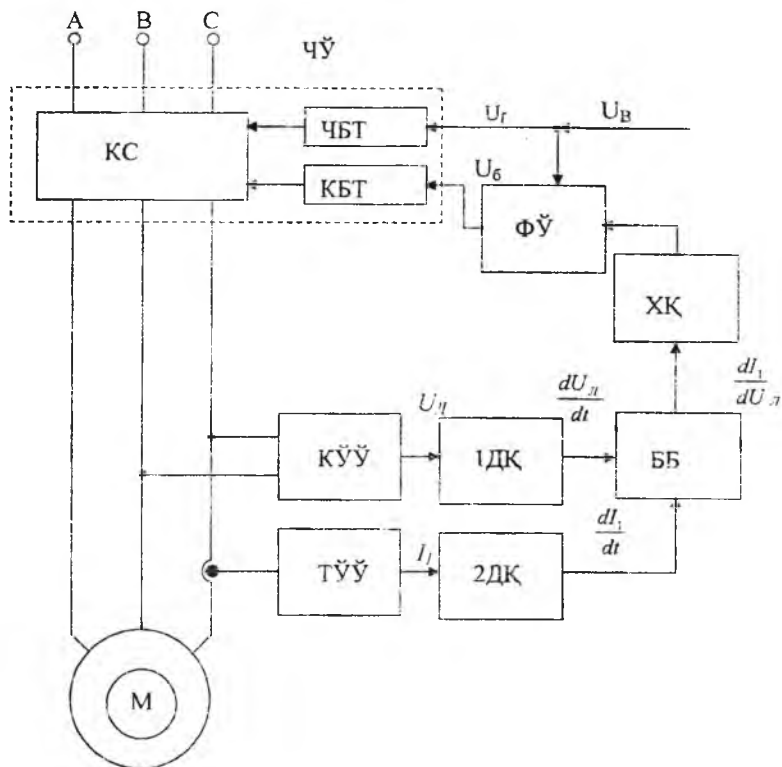
#### 4.7. Статор токининг энг кичик қийматида ишлайдиган частотани ўзгартириб тезлиги ростланадиган автоматлаштирилган асинхрон электр юритма

4.39–расмда статор токининг энг кичик қийматида ишлайдиган частотани ўзгартириб тезлиги ростланадиган автоматлаштирилган асинхрон электр юритманинг блок схемаси тасвирланган.

Автоматлаштирилган электр юритма тизимининг таркибий тузилиши: асинхрон мотор  $M$  ва унинг статор чулғамига билвосита тиристорли частота ўзгарткич  $Ч\ddot{U}$  нинг куч схемаси  $КС$  уланган,  $Ч\ddot{U}$  нинг частотани бошқариш тизими  $ЧБТ$  га тўғридан тўғри вазифаловчи қурилмадан берилаётган вазифаловчи сигнал  $U_b$  уланган, кучланишни бошқариш тизими  $КБТ$  га функционал ўзгарткич  $\Phi\ddot{U}$  нинг биринчи кириш қисми орқали  $U_b$  сигнал берилади, иккинчи кириш қисмига хотира қурилма  $ХҚ$  нинг чиқиш қисми уланган,  $ХҚ$  нинг кириш қисмига бўлиш блокларининг чиқиш қисми уланган,  $ББ$  нинг иккинчи кириш қисмига биринчи дифференциалловчи қурилма  $1ДҚ$  нинг чиқиш қисми уланган,  $2ДҚ$  нинг кириш қисмига кучланиш ўлчов ўзгарткичи  $КУ\ddot{U}$  нинг чиқиш қисми уланган,  $КУ\ddot{U}$  нинг кириш қисми эса статор чулғамига берилаётган линия кучланишига уланган,  $ББ$  нинг биринчи кириш қисми иккинчи дифференциалловчи қурилма  $2ДҚ$  нинг чиқиш қисмига уланган,  $2ДҚ$  нинг кириш қисми эса ток ўлчов ўзгарткичи  $ТУ\ddot{U}$  нинг чиқиш қисмига уланган,  $ТУ\ddot{U}$  нинг кириш қисми эса статор токи занжирига уланган.

Асинхрон электр юритма қуйидаги тарзда ишлайди. Вазифаловчи сигнал  $U_b$   $ЧБТ$  га бошқарув частотага мос сигнални узатади ва бу сигнал бир пайтда  $1\Phi\ddot{U}$  га ҳам берилиб, юкланиш momenti характериға мос равишда  $\gamma = \alpha$  ифода бўйича ростлаб  $КБТ$  га узатилади.  $Ч\ddot{U}$  нинг куч схемаси  $КС$  нинг чиқиш қисмидан асинхрон мотор  $M$  нинг статор чулғамига мотор валидаги юкланиш моментига мос частотали кучланиш берилади. Мотор валидаги юкланиш номинал қийматда бўлса, яъни  $\mu_c = 1,0$  бўлганида, у ҳолда  $ХҚ$  нинг чиқиш қисмидаги сигнал  $\frac{dI}{dt} = 0$

бўлади. Юкланиш momenti  $\mu_c < 1,0$  бўлса, у ҳолда ТЎЎ да статор токига мос эквивалент сигнал ҳосил қилинади.



4.39-расм. Статор токининг энг кичик қийматида ишлайдиган частотани ўзгартириб тезлиги ростланадиган автоматлаштирилган асинхрон электр юритманинг блок схемаси

Бу сигнал 2ДҚ нинг кириш қисмига юборилади ва у ерда вақт бўйича дифференциалланиб,  $\frac{dI_1}{dt}$  ББ нинг биринчи кириш қисмига юборилади ва шунингдек ББ нинг иккинчи кириш қисмига КЎЎ дан олинган кучланиш 2ДҚ да вақт бўйича дифференциалланган  $\frac{dU_{\eta}}{dt}$  сигнал берилади. ББ да бўлиш амали бажарилиб вақт бўйича боғланмаган  $\frac{dI_1}{dU_{\eta}}$  сигнал ҳосил

килинади.  $\frac{dI_1}{dU_{\Delta}} = 0$  шартининг бажарилиши асинхрон моторнинг минимал статор токи режимда ишлашини таъминлайди. Бу шартнини бажарилмаслиги  $\frac{dI_1}{dU_{\Delta}}$  нинг маълум қийматга эга бўлишига олиб келади ва бу сигнал ХҚ орқали ФЎ нинг иккинчи кириш қисмига узатилади. Бу ерда реал юкланиш моменти ва частотани ҳисобга олган ҳолда моторнинг минимал статор токи режимда ишлашини таъминловчи бошқарув кучланишини юзага келтиришда иштирок этади  $U_B = U_B \mp \frac{dI_1}{dU_{\Delta}}$ . Сигнал  $\frac{dI_1}{dU_{\Delta}}$  ХҚ да кейинги юкланиш моменти ва шунингдек частота қийматининг ўзгаришига кадар сақланиб турилади.

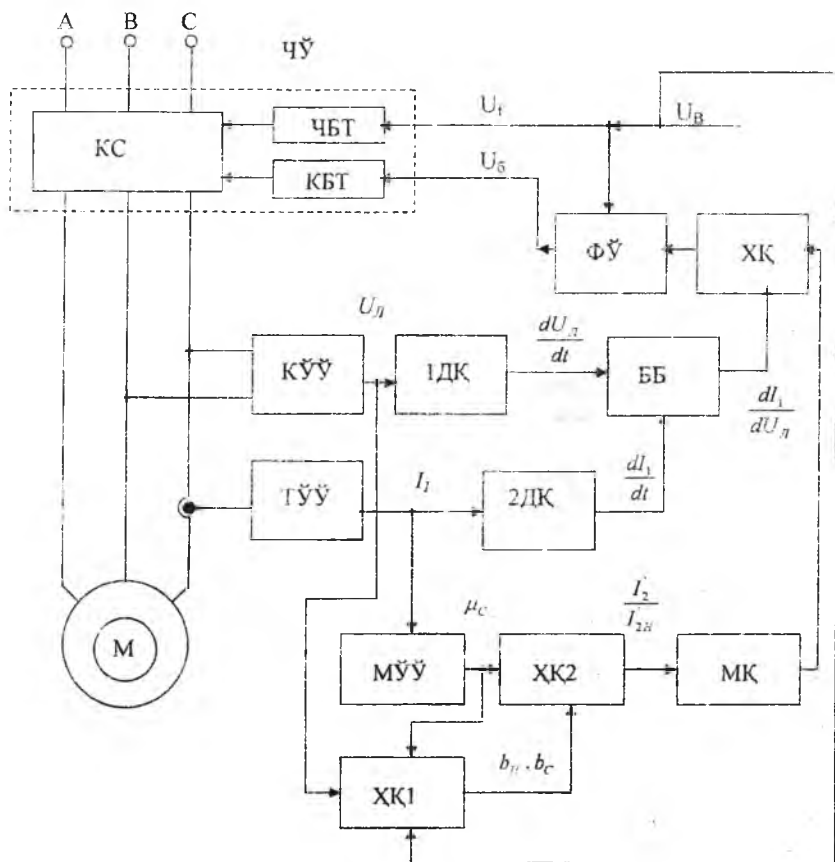
Бу автоматлаштирилган асинхрон электр юритма блок схемасидаги қурилмалари ва блокларини ягона микропроцессорли тизимга бириктириш электр юритманинг функционал имкониятларини ва тезкорлигини ошириши билан бирга конструктив ихчамликка ҳам олиб келади.

4.39-расмда келтирилган статор токининг энг кичик қийматида ишлайдиган частотани ўзгартириб тезлиги ростланадиган автоматлаштирилган асинхрон электр юритманинг блок схемасига момент ўлчов ўзгарткичи МЎЎ, ҳисоблаш қурилмалари ХҚ1 ва ХҚ2 ва, мантикий қурилмалар МҚ веситасида бу электр юритманинг ишлаши ротор токини номинал қийматидан оширмасдан бошқариш имконини беради (4.40 – расм).

ТЎЎ нинг чиқиш қисмидан  $I_1$  га пропорционал сигнал МЎЎ нинг кириш қисмига узатилади, КЎЎ чиқиш қисмидан олинган  $U_1$  га пропорционал сигнал ХҚ1 нинг биринчи кириш қисмига узатилади, ХҚ1 нинг иккинчи кириш қисмига ва ХҚ2 нинг биринчи кириш қисмига МЎЎ нинг чиқиш қисмидан  $\mu_c$  га пропорционал сигнал узатилади. ХҚ1 даги асинхрон мотор номинал кўрсаткичи  $b_n$  ва (1.6) формула асосида ҳисобланган  $b_c$  кўрсаткич ХҚ2 нинг иккинчи кириш қисмига юборилади ва бу ҳисоблаш қурилмасида (2.18) формула асосида ротор токининг нисбий қиймати  $\frac{I_2}{I_{2H}}$  ҳисобланади ва сигнал мантикий қурилма МҚ нинг кириш қисмига узатилади.

Агар унинг қиймати бирдан катта бўлса, у ҳолда ХҚ ни ёпиш учун сигнал берилади ва унинг чиқиш қисмидаги сигнал битта олдинги сигнални қайтариб бошқарув тизимида берилаётган бошқарув кучланиши  $U_b$  ни узатади ва натижада асинхрон электр юритма статор токининг минимумга яқин қийматда ишлайди. Агар МҚ нинг чиқиш қисмидаги

сигнал бирдан кичик бўлса, у ҳолда ХҚ га бошқарув кучланишини узиш тўғрисида сигнал берилмайди ва асинхрон электр юритма статор токининг минимум қийматда ишлашини давом эттиради.



4.40—расм. Статор токининг энг кичик қийматида ишлайдиган ва ротор токи қийматини номинал қийматидан кичик ёки тенг бўлишини таъминловчи экстремал автоматик бошқариладиган асинхрон электр юритманинг блок-схемаси

## ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

1. Булгаков Г.Г. Частотное управление асинхронными электродвигателями. - М: Энергоиздат, 1982. - 216 с.
2. Закладной А.Н., Праховник А.В., Соловей А.И. Энергосбережение средствами промышленного электропривода. - Киев, Дия, 2002. - 344 с.
3. Имамназаров А.Т. Расчет нагрева асинхронных двигателей с помощью преобразованных эквивалентных тепловых схем. // Энергия в ресурсе тежаш муаммолари. - Тошкент, 2005. № 1, Б. 20 – 25.
4. Имомназаров А.Т., Аъзамова Г.А. Анализ работы асинхронного двигателя с минимальным потреблением реактивной мощности. - В сб. трудов 7-Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Энергетика: управление, качество и эффективность использования энергоресурсов. Россия, Благовещенск-2013. С. 493 – 496.
5. Имамназаров А.Т., Пулатов А.А., Аъзамова Г.А. Математическая модель процесса плавки металла в ИТП на основе линейных графов. - В сб. трудов 6-Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Энергетика: управление, качество и эффективность использования энергоресурсов. Россия, Благовещенск-2011г. С. 145 – 149.
6. Имомназаров А.Т., Аъзамова Г.А. Анализ работы асинхронного двигателя с минимальным потреблением реактивной мощности. - В сб. трудов Международной научно – технической конференции «Современное состояние и перспективы развития энергетики». Ташкент, ТашГТУ, 2013.
7. Имомназаров А.Т., Аъзамова Г.А. Оптимальный алгоритм модели. - В сб. трудов Международной научно – технической конференции «Современное состояние и перспективы развития энергетики». – Ташкент, ТашГТУ, 2011.
8. Имомназаров А.Т., Аъзамова Г.А. Ўзбекистонда электр механика фанларининг шаклланиш босқичлари. - ТошДТУ хабарлари, № ½, 2011.
9. Имомназаров А.Т. Асинхрон моторларнинг минимум кувват исрофи режимида ишлаши асослари // ТошДТУ хабарлари. – Тошкент, 2005, № 2, 33 – 38 б.
5. Имомназаров А.Т. Асинхрон моторлар валидаги юкланиш моменти қийматини аниқлашнинг аналитик усули // ТошДТУ хабарлари. – Тошкент, 2005, №4.
10. Петров Ю.П. Оптимальное управление электроприводами. - М. – Л.: Госэнергоиздат, 1961. - 187 с.
11. Сандлер А.С., Сарбатов Р.С. Автоматическое частотное управление асинхронными двигателями. - М.: Энергия, 1974. 328 с.
12. Сыромятников И.М. Режимы работы асинхронных и синхронных двигателей. М.: Энергоатомиздат, 1984. - 240 с.

13. Фрейдович З.М. Опыт повышения  $\cos\phi$  асинхронных электродвигателей для привода компрессора. В кн. Информационные материалы Энергосбыта-Узбекэнерго, 05.1948. - Ташкент, 1948. С. 11-22.
14. Хамудханов М.З. Частотное управление асинхронными электроприводами при помощи автономного инвертора. - Т.: Фан, 1959. - 336 с.
15. Хамудханов М.З., Хашимов А.А. Теория и методы расчета частотно-регулируемых асинхронных электроприводов. Т.: Фан, 1969. 230 с.
16. Хамудханов М.З., Хашимов А.А. Динамика регулируемого асинхронного электропривода. - Т.: Фан, 1971. - 204 с.
17. Хашимов А.А. Электромеханические и тепловые процессы частотно-управляемого асинхронного электропривода. - Т.: Фан, 1976. - 104 с.
18. Хашимов А.А. Режимы работы частотно-регулируемых асинхронных электроприводов.- Т.: Фан, 1987. - 176 с.
19. Хашимов А.А., Имамназаров А.Т., Серов А.Е. Электромагнитные и тепловые процессы в частотно-управляемых асинхронных электродвигателях. - В кн.: Автоматизированные электроприводы, силовые полупроводниковые приборы, преобразовательная техника. М.: Энергоатомиздат, 1983. С. 223-231.
20. Хашимов А.А., Имамназаров А.Т., Серов А.Е. Исследование электромагнитных и тепловых процессов частотно — управляемых асинхронных электродвигателей. // М.: Электротехника, №6, 1981. С. 15-17.
21. Хашимов А.А., Имамназаров А.Т., Сабиров Ш.М., Самиев И.С. Устройство для поддержания допустимой температуры частотно — регулируемого асинхронного электродвигателя. А.С. СССР № 1700673, 22.08.1991г.
22. Хашимов А.А., Имамназаров А.Т., Сабиров Ш.М. Частотно-регулируемый асинхронный электропривод с экстремальным управлением. Патент Российской Федерации № 2069034, 10.11.1996г.
23. Хашимов А.А., Имамназаров А.Т., Пулатов А.А. Тепловые режимы работы индукционных тигельных печей.- Т.: «Fan va texnologiya», 2013. 116 с.
24. Хашимов А.А., Пулатов А.А., Аъзамова Г.А. Вопросы энергосбережения в процессе расплавления металла в индукционных тигельных печах. - В сб. трудов Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика». Россия, Томск- 2011.
25. Эффективное использование электроэнергии. Под ред. К. Смита. М.: Энергоиздат, 1981. - 400 с.



26. Хошимов О.О. Имомназаров А.Т. Электр юритма асослари. I - қисм. – Тошкент. ТошДТУ, 2004. - 194 б.
27. Хошимов О.О. Имомназаров А.Т. Электромеханик қурилмалар ва мажмуаларнинг элементлари. - Тошкент. «ЎАЖБНТ» Маркази. 2004, 94 б.
28. Хошимов О.О.. Имомназаров А.Т. Электромеханик тизимларда энергия тежамкорлик. Тошкент, «ЎАЖБНТ» Маркази, 2004, 96 б
29. Imomnazarov A.T. Sanoat korxonalarining elektr jihozlari. Kasb – hunar kollejlari uchun darslik.- T.: «Sharq» NMAK, 2005. - 134 b.
30. Imomnazarov A.T. Sanoat korxonalaridagi elektr jihozlariga xizmat ko'rsatish va tamirlash. – T.: «TURON IQBOL», 2006. 175 b.
31. Imomnazarov A.T. Sanoat korxonalari va fuqarolik binolarining elektr jihozlari. – T.: «ILM ZIYO», 2006. 185 b.
32. Imomnazarov A.T. Neft va gaz konlarining elektr jihozlari. – T.: «CHO'LPON», 2007. 145 b.
33. Imomnazarov A.T. Eлектромеханик тизимларнинг элементлари. – T.: «Ta'lim», 2009. 155 b.
34. Imomnazarov A.T. Elektr tarmoqlarni ta'mirlash texnologiyasi. – T.: IQTISOD-MOLIYA, 2010. 145 b.
35. Imomnazarov A.T. Kon korxonalarining elektr jihozlari va elektr ta'minoti. – T.: IQTISOD-MOLIYA, 2010. 165 b.
36. David Y. Proctor, III Herbert N. Hickok. Horizontal NEVA frame motorsextending their mechanical life and reliability. – IEEE Transactions on industry applications, 1984, vol. IA-20, N 1, p. 61-66.
37. Jimon A.A., Findlay R.D. Stray losses in induction machines. Part I i, calculation and reduction. – IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, 1985, vol. PAS-104, N 6, 1506-1512.
38. Kazuju Atsumi. Toshiba low-voltage three-phase inductionmotors, world energy series. –Toshiba Review, 1985, N 152, Summer, p. 11-15.
39. Darby E.S. Electuic Motor Rewinding Should Maintain or Enhance Efficiency.-IEEE Transactions on Industry Applications. 1986, January/February, vol. IA-22, N 1, p. 126-132.
40. Designing a World - Class Motor. – Appliance, 1986, May, part. 2, p. 21.
41. Frank M. Bruce, Richard J. Gracfe, Arthur Lutz, Michael D. Panlener. Reduced-voltage starting of squirrel-cage induction motors.-IEEE Transactions on industry applications, 1984, vol. IA-20, N 1, p. 46-55.

# М У Н Д А Р И Ж А

|                                                                                                                                        |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>КИРИШ</b>                                                                                                                           | <b>3</b>  |
| <b>1. САНОАТ ҚУРИЛМАЛАРИДА ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯДАН ТЕЖАМКОРЛИК БИЛАН ФОЙДАЛАНИШ</b> .....                                                    | <b>4</b>  |
| 1.1. Энергия тежамкорлигининг умумий муаммолари .....                                                                                  | 4         |
| 1.2. Саноат қурилмаларида электр энергияни пассив усулда .....                                                                         | 6         |
| 1.3. Саноат қурилмаларида электр энергияни актив усулда иктисод қилиш .....                                                            | 8         |
| 1.4. Асинхрон моторли электр юритмаларда энергия тежамкорликка эришишнинг пассив ва актив усуллари .....                               | 9         |
| <b>2. АСИНХРОН МОТОРЛАРНИНГ ТУРГУН ИШ РЕЖИМИДА ЭНЕРГИЯ ТЕЖАМКОРЛИККА ЭРИШИШНИНГ НАЗАРИЙ АСОСЛАРИ</b> .....                             | <b>12</b> |
| 2.1. Асинхрон мотор тургун иш режимининг асосий кўрсаткичлари                                                                          | 12        |
| 2.2. Асинхрон моторларнинг статор чулғамларини «учбурчақ» уланишдан «юлдузча» уланишга ўтказишнинг иктисодий самарадорлиги .....       | 32        |
| 2.3. Статор чулғамлари секциялардан иборат асинхрон моторларнинг энергетик тавсифлари .....                                            | 45        |
| 2.4. Асинхрон моторларнинг консруктив тузилишини мукамаллаштириш натижасида энергия тежамкорликка эришиш .....                         | 49        |
| 2.5. Таъмирланган асинхрон моторларнинг энергетик кўрсаткичларини номиналга якин қийматларда бўлишига эришишнинг амалий усуллари ..... | 54        |
| 2.6. Асинхрон мотор қувват коэффициентини сунъий компенсациялаш .....                                                                  | 56        |
| 2.7. Фаза роторли асинхрон моторларни синхрон иш режимига ўтказиб қувват коэффициентини ошириш .....                                   | 57        |
| <b>3. ТЕЗЛИГИ РОСТЛАНМАЙДИГАН ЭКСТРЕМАЛ ЭНЕРГИЯ ТЕЖАМКОР АСИНХРОН МОТОРЛИ АВТОМАТИК БОШҚАРИШ ТИЗИМЛАРИНИ ЯРАТИШ АСОСЛАРИ</b> .....     | <b>62</b> |
| 3.1. Экстремал автоматик бошқариш тизимларини яратишнинг назарий асослари .....                                                        | 62        |
| 3.2. Асинхрон мотор валидаги юкланиш моменти қийматини аниқлашнинг аналитик усули .....                                                | 67        |

|                                                                                                                                                             |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.3. Асинхрон мотор реактив қувватининг минимал қиймати бўйича экстремал бошқариладиган автоматик бошқариш тизимини яратиш асослари .....                   | 70         |
| 3.4. Асинхрон моторларни минимум реактив қувват истеъмоли режимида ишлашини таъминловчи экстремал автоматик бошқариш тизими .....                           | 76         |
| 3.5. Асинхрон моторларнинг минимум қувват исрофи режимида ишлашининг асослари .....                                                                         | 78         |
| 3.6. Асинхрон моторларни минимум қувват исрофи режимида ишлашини таъминловчи экстремал автоматик бошқариш тизими .....                                      | 83         |
| 3.7. Асинхрон моторларнинг статор токининг энг кичик қиймати режимида ишлашининг асослари .....                                                             | 86         |
| 3.8. Асинхрон моторларни статор токининг минимум ток режимида ишлашини таъминловчи экстремал автоматик бошқариш тизими .....                                | 89         |
| <b>4. ЧАСТОТАНИ ЎЗГАРТИРИБ ТЕЗЛИГИ РОСТЛАНДИГАН АСИНХРОН МОТОРНИНГ ЭНЕРГИЯ ТЕЖАМКОР ИШ РЕЖИМИДА ИШЛАШИНING НАЗАРИЙ АСОСЛАРИ .....</b>                       | <b>91</b>  |
| 4.1. Частотани ўзгартириб тезлиги ростланадиган асинхрон мотор гурғун иш режимининг асосий кўрсаткичлари .....                                              | 91         |
| 4.2. Частотани ўзгартириб тезлиги ростланадиган асинхрон моторни реактив қувватининг минимал қиймати истеъмолида бошқариш .....                             | 112        |
| 4.3. Реактив қувват истеъмоли минимум бўлган режимида ишлайдиган частотани ўзгартириб тезлиги ростланадиган автоматлаштирилган асинхрон электр юритма ..... | 114        |
| 4.4. Частотани ўзгартириб тезлиги ростланадиган асинхрон моторларни минимум қувват исрофи режимида бошқариш .....                                           | 118        |
| 4.5. Минимум қувват исрофи режимида ишлайдиган частотани ўзгартириб тезлиги ростланадиган автоматлаштирилган асинхрон электр юритма .....                   | 123        |
| 4.6. Частотани ўзгартириб тезлиги ростланадиган асинхрон моторларни минимум статор токи режимида бошқариш .....                                             | 127        |
| 4.7. Статор токининг энг кичик қийматида ишлайдиган частотани ўзгартириб тезлиги ростланадиган автоматлаштирилган асинхрон электр юритма .....              | 132        |
| <b>Фойдаланилган адабиётлар рўйхати .....</b>                                                                                                               | <b>136</b> |

**Имомназаров Абдуқаххор Туробович**  
**Аъзамова Гулнора Абдуқаххаровна**

## **АСИНХРОН МОТОРЛАРНИНГ ЭНЕРГИЯ ТЕЖАМКОР ИШ РЕЖИМЛАРИ**

Мухаррирлар: М.М.Ботирбекова,  
Д.А.Муратова

Техник муҳаррир: Ш.Ў.Зуллонов

---

Подписано к печати 28.11.2014 г. Формат 60х84 1/16.  
Объем 7,95 п.л. Тираж 50 экз. Заказ № 457.

---

Отпечатано в типографии ТГТУ. г.Ташкент, ул.Талабалар 54.