

**ИСЛОМ КАРИМОВ НОМИДАГИ ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА
УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДА ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.03/10.12.2019.Т.03.03 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

ДЎСМАТОВ РАВШАН КОМИЛЖОНОВИЧ

**ЧАСТОТАВИЙ РОСТЛАНУВЧИ АСИНХРОН ЭЛЕКТР ЮРИТМА
АСОСИДА ЮҚОРИ КУЧЛАНИШЛИ НАСОС ҚУРИЛМАСИНИНГ
ЭНЕРГИЯ САМАРАДОРЛИГИНИ ОШИРИШ**

05.05.02 – «Электротехника. Электр энергия станциялари, тизимлари.
Электротехник мажмуалари ва қурилмалар»
(техника фанлари)

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2021

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
автореферати мундарижаси**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD) по
техническим наукам**

**Contents of the dissertation abstract of doctor of
philosophy (PhD) on technical sciences**

Дўсमतov Равшан Комилжонович

Частотавий ростланувчи асинхрон электр юритма асосида юқори
кучланишли насос қурилмасининг энергия самарадорлигини ошириш..... 3

Дусматов Равшан Камилжанович

Повышение энергоэффективности высоковольтной насосной установки на
основе частотно-регулируемого асинхронного электропривода 25

Dusmatov Ravshan Kamiljanovich

Improving energy efficiency of a high-voltage pumping unit based on a frequency-
controlled asynchronous electric drive 47

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works 50

**ИСЛОМ КАРИМОВ НОМИДАГИ ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА
УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДА ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.03/10.12.2019.Т.03.03 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

ДЎСМАТОВ РАВШАН КОМИЛЖОНОВИЧ

**ЧАСТОТАВИЙ РОСТЛАНУВЧИ АСИНХРОН ЭЛЕКТР ЮРИТМА
АСОСИДА ЮҚОРИ КУЧЛАНИШЛИ НАСОС ҚУРИЛМАСИНИНГ
ЭНЕРГИЯ САМАРАДОРЛИГИНИ ОШИРИШ**

05.05.02 – «Электротехника. Электр энергия станциялари, тизимлари.
Электротехник мажмуалари ва қурилмалар»
(техника фанлари)

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2021

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2020.4PhD/T1325 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Ислоҳ Каримов номидаги Тошкент давлат техника университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз тилида (резюме)) илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.tiiame.uz) ва «ZiyoNet» Ахборот таълим порталида (www.ziyounet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Хашимов Арипджан Адилович

техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Тоиров Олимжон Зувурович

техника фанлари доктори, профессор

Арипов Назиржон Мукаррамович

техника фанлари доктори, профессор

Етакчи ташкилот:

Навобий давлат кончилиқ институти

Диссертация химояси Тошкент давлат техника университети ҳузуридаги DSc.03/10.12.2019.T.03.03 рақамли илмий кенгашнинг 2021 йил «28» 01 соат 14⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади (Манзил: 100095, Тошкент, Университет кўчаси, 2-уй. Тел.: (99871) 246-46-00; факс: (99871) 227-10-32; e-mail: tstu_info@tdtu.uz).

Диссертация билан Тошкент давлат техника университети Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (131 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100095, Тошкент, Университет кўчаси, 2-уй. Тел.: (99871) 246-03-41).

Диссертация автореферати 2021 йил «14» январь да тарқатилди.
(2021 йил «12» январь даги 2 рақамли реестр баённомаси).



Қ.Р. Аллаев

Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш раиси
техника фанлари доктори, профессор, академик

О.Х. Ишназаров

Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш илмий котиби
техника фанлари доктори, профессор

М.И.Ибадуллаев

Илмий даражалар берувчи илмий
кенгаш қошидаги илмий семинар раиси,
техника фанлари доктори, профессор

КИРИШ (ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PHD) ДИССЕРТАЦИЯСИ АННОТАЦИЯСИ)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда частотавий ростланувчи юқори кучланишли асинхрон электр юритмали насос қурилмасининг энергия тежамкор иш режимларини оптималлаштириш асосида энергия самарадорликни аниқлашга алоҳида аҳамият берилмоқда. Ҳозирги кунда ривожланган мамлакатларда «... электр энергияси билан ишлайдиган насос қурилмалари самарадорлигини ошириш бўйича ташаббуслар энергия сарфини камайтириш ва шу билан бир қаторда атроф-муҳитга глобал таъсир этишга қарши курашишнинг асосий ечими ҳисобланади. Насос қурилмалари, айниқса, марказдан қочма насослар дунёдаги энергиянинг тахминан 20%ини истеъмол қилади»¹. Бу борада, жумладан энергия самарадор иш режимини таъминлайдиган, частотавий ростланувчи электр юритмали юқори кучланишли насос қурилмасини такомиллаштиришга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Жаҳонда юқори кучланишли асинхрон электр юритмали насос қурилмаларини частотавий бошқариш ҳамда уларнинг иссиқлик жараёнларини аниқ ва тез ҳисоблаш алгоритмининг тузишга қаратилган тадқиқотлар олиб борилмоқда. Ушбу йўналишда, жумладан, насос станцияларидаги юқори кучланишли асинхрон электр юритмали насос қурилмаларининг энергия самарадорлигини ошириш бўйича тадқиқотлар устувор ҳисобланади. Шу билан бирга, насос қурилмаларидаги электр юритмасининг статор пўлати, статор чулғами ва ротор иссиқлик ўтказувчанлигини аниқ ва тез ҳисоблаш алгоритмларини ишлаб чиқиш ва такомиллаштириш ҳам долзарб вазифалардан ҳисобланади.

Республикаимизда иқтисодиётнинг муҳим тармоқларидан бири ҳисобланган насос станцияларининг энергия истеъмоли иқтисодини ривожлантиришнинг технологик даражасини яхшилаш, жумладан, асинхрон электр юритмаларини частотавий ростлаш ва оптимал иш режимларини аниқлаш бўйича тадқиқотлар ва жорий қилиш чора-тадбирлари амалга оширилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасининг янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида “... иқтисодиётнинг энергия сарфланувчанлиги ва ресурс сарфланувчанлигини қисқартириш, иқтисодиёт тармоқларида энергия сарфланувчанлигини пасайтиришнинг мақсадли кўрсаткичлари бўйича амалга оширилаётган энергия тежамкор технологияларни ишлаб чиқаришга кенг жорий қилиш”² вазифалари белгиланган. Мазкур вазифаларни амалга ошириш, жумладан частота ўзгартиргичнинг функционал схемасини ва насос станциясининг оптимал иш режимларини ишлаб чиқиш орқали қўшимча энергия тежаш имкониятларини

¹<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261916311576>

²Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги “2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасининг ривожлантиришнинг бешта устувор йўналиши бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги ПФ-4947-сон Фармони.

аниқлаш муҳим вазифалардан бири деб ҳисобланади.

Мазкур диссертация тадқиқоти муайян даражада Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 26 майдаги ПҚ-3012-сонли “2017-2021 йилларда иқтисодиёт тармоқларида ва ижтимоий соҳада тикланадиган энергетикани янада ривожлантириш, энергия самарадорлигини ошириш бўйича чора-тадбирлар дастури тўғрисида”, 2017 йил 23 августдаги ПҚ-3238-сонли “Замонавий энергия самарадор ва энергия тежамкор технологияларни келгусида жорий қилиш чора-тадбирлари тўғрисида”ги Қарорларида ва Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2018 йил 26 декабрдаги 1042-сонли “Ўзбекистон Республикаси сув хўжалиги вазирлиги тизимида моддий ва маънавий эскирган насос станцияларини босқичма-босқич замонавийлаштириш ва янгилаш, насос станцияларини ишлатиш ва бошқаришни автоматлаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги Қарорида ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация иши қисман хизмат қилади.

Тадқиқотнинг Республикада фан ва технологияларни ривожлантириш устувор йўналишларига мувофиқлиги. Мазкур тадқиқот Республикада фан ва технологияларни ривожлантириш устувор йўналишига мувофиқ бажарилган: II. “Энергетика, энергия ва ресурс тежамкорлик”.

Диссертация мавзуси бўйича чет эл илмий тадқиқотларини ўрганилганлиги.³ Ҳозирги вақтда саноат, қишлоқ хўжалиги ва коммунал сув таъминоти тизимларида насос қурилмаларининг энергия тежамкор автоматлаштирилган тизимларида частотавий ростланувчи электр юритмалари асосида насос қурилмасининг сув узатиш технологик жараёнини амалга оширишда энергия тежамкор технологиялар ишлаб чиқилган ва жорий қилинган. Жаҳоннинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасалари, жумладан Германиянинг Мюнхен техника университети, мамлакатимизда Тошкент давлат техника университети ва яна бошқа университетларда бу борада кенг камровли илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда

Дунёнинг етакчи олимлари, жумладан Смит К., Франк М., Готтер Г., Булгаков А.А., Ильинский Н.Ф., Шрейнер Р.Т., Белов М.П., Ключев В.И., Фигаро Б.И., Браславский И.Я., Hanitsch R., Ftrreira F.J., Auingtr H., Sitmjn G.R., Heinrich W., ва бошқа бир қатор олимлар ва амалиётчилар, шу жумладан Ричагов В.В, Флоринский М.М., Минаев А.В., Карелин В.Я., Юньков М.Г., Лезнов Б.С., Walker С., Jahns Т.М., Walters D.G. тадқиқотлари сув ва бошқа суюқликларни бир жойдан бошқа жойга олиб қуйиш учун мўлжалланган насос қурилмаларининг гидромеханик ва электромеханик ускуналари энергия самарадорлигини ошириш бўйича назарий ва амалий вазифалар масалаларига бағишланган.

³Диссертация мавзуси бўйича чет эл илмий тадқиқотларини ўрганилганлиги: <https://www.twirpx.com>, <http://cyberleninka.ru>, www.researchgate.net, <https://uc-ciee.org>, <http://www.sci-hab.la>, www.dissercat.com, <http://elibrary.ru> ва бошқа манбаалар.

Республикамиз олимлари орасидан академиклар Хамудханов М.З., Фазилов Х.Ф., Абдуллаев Ж.А., Камалов Т.С., Хашимов А.А., Аллаев К.Р., Захидов Р.А., Насиров Т.Х., профессорлар Ситдиқов Р.А., Арипов Н.М., Хошимов Ф.А., Алимходжаев К.Т., Бобожанов М.К., Хамудханов М.З. ва бошқа олимларнинг саноатда энергетик ресурслардан самарали фойдаланиш ва электр энергия истеъмоли режимларини оптималлаштириш масалаларига бағишланган илмий ишларини қайд этиш мумкин.

Сезиларли муваффақиятларга қарамай, эълон қилинган ишлар таҳлили шуни кўрсатадики, уларда насос қурилмаларининг частотавий ростланувчи электр юритмалари энергия самарадорлигини ошириш бўйича тадқиқотлар етарли даражада ўрганилмаган. Мазкур ишда аксарият ўтказилган тадқиқотлар умумий саноат мақсадлари учун мўлжалланган қуйи кучланишли асинхрон электр юритмаларни ўрганишга тегишли бўлган. Юқори кучланишли асинхрон электр юритмалар конструктив тузилиши бўйича қуйи кучланишли асинхрон электр юритмалар билан қўплаб умумийликка эга, бироқ шу билан бирга уларнинг тузилишида ҳам, технологик ишлатиш режимларида ҳам ўзининг яққол ифодаланган специфик хусусиятлари мавжуд.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент давлат техника университетида амалга оширилган ОТ-Ф2-62 рақамли “Микропроцессор бошқарувли автоматлаштирилган электр юритмалар асосида энергия тежамкор технологияларни ишлаб чиқиш ва яратиш ҳамда электр машиналар ва кабелли техниканинг энергетик самарадорлигини ошириш” (2017-2020 йй.) мавзусидаги илмий-тадқиқот иши режаси доирасида бажарилган.

Тадқиқот мақсади: частотавий ростланувчи юқори кучланишли асинхрон электр юритмали насос қурилмасининг асосий иш режимлари кўрсаткичларини тадқиқ қилишга мўлжалланган энергия исрофларини камайтирувчи усулларни ишлаб чиқиш ва амалиётга жорий этиш.

Тадқиқот вазифалари:

- частотавий ростланувчи юқори кучланишли асинхрон электр юритмали насос қурилмасининг энергия тежамкор иш режимларини амалга оширишга доир керакли ва етарлича шарт-шароитларни таҳлил қилиш;

- частотавий ростланувчи юқори кучланишли асинхрон электр юритмали насос қурилмасининг турли механик юклама миқдорларида механик, электр ва энергетик кўрсаткичларини аниқлаш услубини ишлаб чиқиш;

- эквивалент иссиқлик схемалари, йўналтирилган графлар ҳамда граф инверсияси асосида частотавий ростланувчи юқори кучланишли асинхрон электр юритмали насос қурилмасида кечадиган иссиқлик жараёнларини ҳисоблаш усулини ишлаб чиқиш;

- насос қурилмасининг энергия тежамкор, автоматлаштирилган, частотавий ростланувчи электр юритмасининг функционал схемасини ишлаб

чиқиш ва унинг иш режимлари экспериментал тадқиқотларини ўтказиш ҳамда амалий қўлланилиши учун тегишли тавсиялар бериш.

Тадқиқот объекти насос қурилмаларининг юқори кучланишли частотавий ростланувчи асинхрон электр юритмаларидан иборат.

Тадқиқот предмети частотавий ростланувчи электр юритма, энергия тежамкор иш режимлари, частотавий ростлагичли электр юритмали насос қурилмаси функционал схемаси, электр юритманинг иссиқлик жараёнларини ҳисоблаш услублари киради.

Тадқиқот усуллари. Электр машиналари ва электр юритма назарияси, электр машиналарининг қизиш ва электр юритмаларни оптимал бошқариш назарияси асосида насос қурилмаларининг гидромеханик ва электромеханик иш кўрсаткичларини ҳисоблаш усулларидан фойдаланилган. Математик аппарат асосида жадваллар, матрица ва итерация усулларидан фойдаланилган ҳолда олинган ҳисоб-китоблар амалдаги насос қурилмаларида лаборатория ва табиий шароитдаги экспериментал тадқиқотлар билан текширилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

- юқори кучланишли частотавий ростланувчи асинхрон электр юритмали насос қурилмасининг валга турли механик юклама миқдорлари билан статик иш режими учун асосий кўрсаткичларини ҳисоблаш услуби ишлаб чиқилган;

- частотавий ростланувчи асинхрон электр юритманинг статор чулғами, статор пўлати ва ротор ҳарорати ошишини ҳисоблаш алгоритми ишлаб чиқилган;

- йўналтирилган графлар ҳамда граф инверсияси асосида юқори кучланишли частотавий ростланувчи асинхрон электр юритманинг иссиқлик жараёнларини ҳисоблаш усули ишлаб чиқилган;

- энергия самарадор иш режимини таъминлайдиган, частотавий ростланувчи электр юритмали юқори кучланишли насос қурилмасининг функционал схемаси частотавий ростлагич ва иссиқлик узатувчанликни аниқловчи датчиклар асосида такомиллаштирилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари юқори кучланишли частотавий ростланувчи асинхрон электр юритмаларнинг турли механик юклама миқдорларида стационар иш режимлари учун асосий кўрсаткичларини ҳисоблашнинг муҳандислик услуби ишлаб чиқилганлигидан иборат.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги мунтазам таҳлилга, математик усуллар ва моделларнинг тўғри қўлланилишига асосланган замонавий тадқиқот усуллари қўлланилиши орқали асосланган хулосалар ва тавсиялар билан тасдиқланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти частотавий ростланувчи асинхрон электр юритманинг статор чулғами, статор пўлати ва ротор ҳарорати ошишини ҳисоблашнинг математик моделини ишлаб чиқиш билан тавсифланади; энергия самарадор иш режимини таъминлайдиган, частотавий ростланувчи электр юритмали юқори кучланишли насос қурилмасининг

функционал схемаси частотавий ростлагич ва иссиқлик узатувчанликни аниқловчи датчиклар асосида такомиллаштирилгани билан изоҳланади.

Олинган натижаларнинг амалий аҳамияти частотавий ростланадиган асинхрон электр юритмали юқори кучланишли насос қурилмасида иссиқлик ўтказувчанликни аниқ ва тез ҳисоблаш алгоритмини тадқиқ қилиш ҳамда энергия самарадор иш режимини таъминлайдиган, частотавий ростланувчи электр юритмали юқори кучланишли насос қурилмасини функционал схемаси частотавий ростлагич ва иссиқлик узатувчанликни аниқловчи датчиклар асосида такомиллаштиришга эришиш, бу пировардида сув ва энергетик ресурслардан оқилона фойдаланиш имконини бериш билан изоҳланади.

Ишнинг асосий амалий яқуни насос қурилмасининг технологик кўрсаткичлари, шунингдек асинхрон электр юритма валига турли механик юклама миқдорлари учун энергетик ва иссиқлик кўрсаткичлари ўзгаришлари ҳисобга олинган ҳолда, тежамкор частотавий ростланувчи электр юритма амалга оширилиши билан автоматлаштирилган юқори кучланишли частотавий ростланувчи асинхрон электр юритмаларидан оптимал фойдаланиш бўйича тавсиялар асосланганлигидан иборат.

Тадқиқот натижаларининг татбиқ қилиниши. Частотавий ростланувчи асинхрон электр юритмасини такомиллаштириш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

частотавий ростланувчи асинхрон электр юритманинг ҳарорати ошишини ҳисоблаш алгоритми МАХАМ - СИРСИҚ” АЖ жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси “Ўзкимёсаноат”АЖнинг 2019 йил 21 октябрдаги 03-6520-сон маълумотномаси). Натижада насос қурилмасининг иссиқлик жараёнларининг ҳисоблаш вақтини 2 баробарга қисқартириш ва аниқлик даражасини ошириш имконини берган;

юқори кучланишли насос қурилмасининг энергия тежамкор иш режимлари “МАХАМ - СИРСИҚ” АЖ жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси “Ўзкимёсаноат”АЖнинг 2019 йил 21 октябрдаги 03-6520-сон маълумотномаси). Натижа йилига 379318 кВт·соат электр энергияни тежаш имконини берган;

юқори кучланишли частотавий ростланувчи асинхрон электр юритмаси “МАХАМ - СИРСИҚ” АЖда жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси “Ўзкимёсаноат”АЖнинг 2019 йил 21 октябрдаги 03-6520-сон маълумотномаси.). Натижа йилига 125,6 млн. сўм иқтисод қилиш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари илмий-техник конференцияларда, шу жумладан, 6 та халқаро конференцияда ва 1 та Республика конференциясида маъруза қилинган ва муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 11 та илмий иш чоп этилган. Улардан 4таси илмий мақола, шу жумладан Ўзбекистон Республикасининг Олий аттестация комиссияси

томонидан асосий илмий натижаларни эълон қилиш тўғрисида тавсия қилинган 3та мақола Республика журналларида, 1та мақола чет эл (шулардан 1та мақола Scopus рўйхатида бўлган) журналларида чоп этилган, шунингдек ихтиро учун 1 та ариза топширилган.

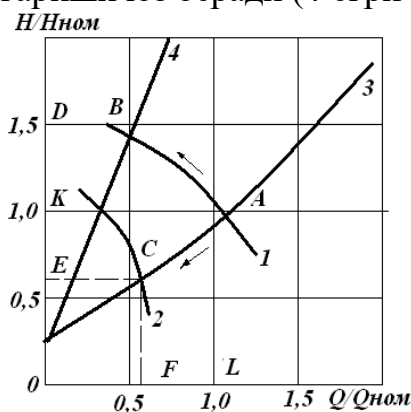
Диссертациянинг ҳажми ва тузилиши. Диссертация ишининг таркиби кириш, бешта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 113 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида ўтказилган тадқиқотнинг долзарблиги ва муҳимлиги асосланган, мақсад ва вазифалари белгиланган, тадқиқот объекти ва предмети тавсифланган, тадқиқотнинг Республика фан ва технологияларини ривожлантириш устувор йўналишларига мувофиқлиги кўрсатилган, тадқиқот натижаларининг илмий янгилиги ва амалий аҳамияти баён қилинган, ишончилиги, назарий ва амалий аҳамияти асосланган, илмий тадқиқот натижаларининг ишлаб чиқаришга ва ўқув жараёнига жорий қилинганлиги тўғрисида маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **“АСИНХРОН ЭЛЕКТР ЮРИТМАЛАРИДА ЭНЕРГИЯНИ ТЕЖАШНИНГ УМУМИЙ МАСАЛАЛАРИ”** деб номланган биринчи бобида асинхрон электр юритмаларининг энергетик самарадорлигини оширишнинг асосий йўналишлари таҳлил қилинган.

1-расмда дросселлаш ва частотавий ростлашда марказдан қочма насоснинг унумдорлик тавсифлари кўрсатилган. 1-эгри чизик номинал айланиш частотасида ростланмайдиган электр юритмаси ишлашини тавсифлайди, 3-эгри чизик тўсма қопқоқ тўлиқ очилган ҳолатда магистрал ишлашини тавсифлайди. Сув сарфланиши ва босими миқдорлари 1-расмда номинал сарфланиш $Q_{ном}$ ва номинал босим $H_{ном}$ асосий миқдорлари сифатида фойдаланилганда нисбий бирликларда келтирилган. Номинал сарфланиш ва номинал босимда насос А нуқтада ишлайди, насос томонидан сарфланадиган қувват эса $0КАL$ тўғрибурчак майдонига мутаносиб бўлади. Мисол учун $0,6 H_{ном}$ ни ташкил этадиган сув сарфланиши кўрсатилган. Дросселлаш орқали ростлаш ҳисобига магистрал қаршилигининг ўзгариши юз беради (4-эгри чизик).



1-расм. Дросселлаш ва частотавий ростлашда марказдан қочма насоснинг унумдорлик тавсифлари.

Насос 1-эгри чизик В нуктасида ишлайди, бу босим ошишига олиб келади, у номиналдан кўпроқ бўлади, насоснинг $ODBF$ тўғрибурчак майдониға пропорционал куввати эса номинал сарфланишда истеъмол қилинадиган кувватдан жиддий фарқ қилмайди, тааллуқли равишда, камайтирилган сарфланишда энергия истеъмоли ҳам бир оз ўзгаради ёки деярли ўзгармайди.

Сув сарфланишини (узатилишини) дросселлаш орқали ростлашда тизимда босим ошиб боради ва энергия сарфланишини пасайтириш имкони бўлмайди. Насосларда частотавий ростланувчи асинхрон электр юритмасининг қўлланилиши нафақат электр энергия тежалишига, балки ундан технологик автоматлаштирилган тизим билан биргаликда фойдаланишга ҳам ёрдам бериши, бу сарфланишдан қатъий назар тизимда ўзгармас босим сақланишини таъминлайди ва кераксиз ортиқча босимга йўл қўймаслик имконини беради.

Диссертациянинг “**НАСОС ҚУРИЛМАЛАРИНИНГ КЎЧМАС (СТАЦИОНАР) ИШ РЕЖИМИДА ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯ ЙЎҚОТИЛИШИ**” деб номланган иккинчи бобида насос қурилмаларининг стационар режимда ишлаш вақтида электр энергиясининг йўқотилиш сабаблари таҳлил қилинган.

Марказдан қочма насослар ва қувур йўллари тавсифларини солиштириш шунини тасдиқлайдики, узатилиш камайтирилганда талаб қилинадиган босим ҳам камаяди, насос томонидан кучайтириладиган босим эса ошиб боради. Ушбу босимлар миқдорларидаги фарқ талаб қилинадиган миқдордан юқори босим оширилиши ҳисобланади:

$$\Delta H = H_H - H_C,$$

бунда, H_H - насос қурилмаси томонидан кучайтириладиган босим; H_C - қувур йўли босими. ΔH миқдорлари қанча катта бўлса, насос ва қувур йўлининг тавсифлари шунча тик бўлади ҳамда қанча катта бўлса, насоснинг амалдаги узатилиши ҳисоб-китобга нисбатан шунча кам бўлади.

Босим ошишининг насос ва қувур йўлининг тиклигини тавсифлайдиган сарфланиш Q ва H_ϕ, H_{CT} кўрсаткичларига боғлиқлиги қуйидаги шаклга эга:

$$\Delta H = \Delta H_\phi \left(1 - \left(\frac{Q}{Q_0} \right)^2 \right),$$

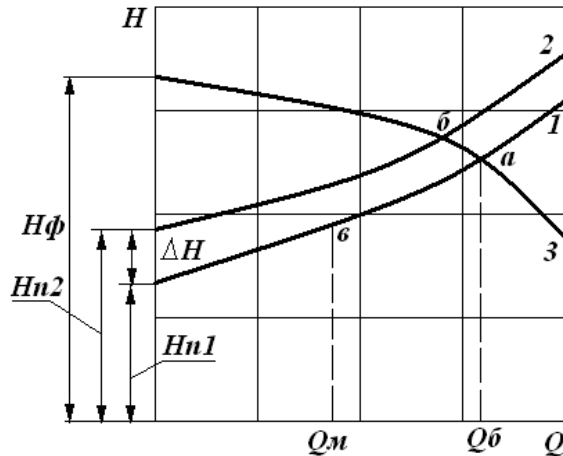
бунда, $\Delta H_\phi = H_\phi - H_{CT}$; H_ϕ - ноль узатишдаги сохта босим; H_{CT} - суёқликни узатиш ва қабул қилиш геодезик белгилари фарқи билан боғлиқ статик босим.

ΔH босим очиб-ёпувчи механизмлар (кулфлар) ва сурилма қопқоқларда, дроссель босимли коммуникацияларда йўқотилади. Насос қурилмаси t вақт давомида ΔH босим оширилган ҳолатда ишлатилганда, фойдасиз йўқотиладиган электр энергия миқдори, $kВт \cdot ч$, қуйидагига тенг бўлади:

$$\Delta W = \frac{\rho g Q \Delta H}{1000 \eta} t = \Delta N t,$$

бунда, ρ - суюқ муҳит зичлиги, $кг/м^3$; g - эркин тушиш тезлашиши, $м/с^2$; η - насос қурилмасининг фойдали иш коэффициентини.

Насос қурилмаси босимнинг статик кўрсаткичларидан оширилган ҳолда ишлаши сувни чиқариб ташлайдиган тизимларнинг насос қурилмалари учун хосдир. Насос қурилмаси, қувур йўли ва резервуарнинг биргаликда ишлаш жадвали 2-расмда тақдим этилган.



2-расм. Ўзгарувчан статик босимли насос қурилмаси, қувур йўли ва резервуарларнинг биргаликда ишлаш тавсифи.

Даврий ишлаш режимида насос қурилмаси ишга туширилганда статик босим $H_{ст}$ га тенг бўлади, ишлашдан тўхтатилганда эса, тегишли равишда, $H_{т2}$ га тенг бўлади. Шу туфайли тортиб чиқаришнинг дастлабки даврида қувур йўли тавсифи 1-ҳолатни, охирида эса – 2-ҳолатни эгаллайди. Бунда, доимий айланиш частотаси билан ишлайдиган насоснинг ишчи нуқтаси насос қурилмасининг босим тавсифи бўйлаб “а” нуқтадан “б” нуқтагача силжиб ўтади, яъни насос H_a дан H_b гача ўзгарувчан босим билан ишлайди. Босимнинг динамик ва статик кўрсаткичлари бир вақтда ошган ҳолатда электр энергия йўқотилишларини аниқлаш қуйидаги ифода бўйича амалга оширилади:

$$\Delta W_{\Sigma} = N_{\delta} T w^*,$$

бунда, N_{δ} - қурилманинг энг кўп сарфланадиган қуввати, $кВт$;

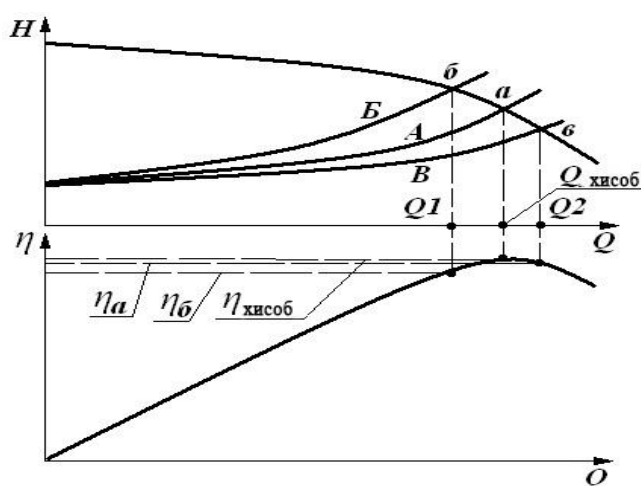
$w^* = \frac{1}{4} H_{ст} \left[\frac{H_{\phi}^*}{H_{ст}^*} - 1 \right] (1 - \lambda)(1 + \lambda)^2$ - ΔH босим ошиши туфайли юзага келган электр энергиянинг нисбий йўқотилишларини тавсифловчи кўрсаткич; λ - нисбатан минимал сув узатилиши; $H_{ст}^*$ - қувур йўли тавсифининг тиклигини тавсифловчи нисбий статик босим; H_{ϕ}^* - насос тавсифининг тиклигини тавсифловчи насоснинг сохта босими.

Истеъмолчига узатиладиган сувнинг бир қисми қувур йўли арматурасидаги зич бўлмаган жойлар орқали фойдасиз оқиб кетади. Сирқиб чиқишлар ва ишлаб чиқаришдан ташқари сарфланишлар умумий сув сарфининг 20-25% га етади. Тармоқда юқори босим мавжудлиги сув сирқиб чиқишлари ва ишлаб чиқаришдан ташқари сув сарфланишларини қуйидаги миқдорга ошириши аниқланган:

$$\Delta Q = Q_2 - Q_1 = Q_1 \left(\sqrt{H_2/H_1} - 1 \right)$$

бунда, Q_1 — H_1 меъёрий босимдаги сарфланиш; Q_2 — H_2 юқори босимдаги сарфланиш.

Насос қурилмасининг номинал миқдордан фарқли фойдали иш коэффициентини билан ишлаши сарфланадиган қувват оширилишига олиб келади. Насос қурилмаси ва қувур йўлининг биргаликда ишлаш графиги 3-расмда кўрсатилган.



3-расм. Насоснинг номинал миқдордан фарқли фойдали иш коэффициенти билан ишлаш тавсифи.

Насос қурилмаси “б” нуқтада керакли миқдорда суюқлик узатилиши учун талаб қилингандан кўпроқ босим билан ишлайди. Бундай режим босим ошишига ва сув сирқиб чиқишлари кўпайишига, бу эса электр энергиясининг сезиларли даражада ортиқча сарфланишига олиб келади. Бундан ташқари, насос қурилмаси номинал миқдорларидан пастроқ фойдали иш коэффициенти билан ишлайди: $\eta_b < \eta_{НОМ}$. Насос қурилмасининг ҳисоб-китобдан кўпроқ узатилиши ва ҳисоб-китобдан пастроқ босим билан ишлаши “в” ишчи нуқтага мос келади. Бундай ҳолатда ҳам насос қурилмаси номинал миқдорлардан пастроқ фойдали иш коэффициенти билан ишлайди: $\eta_b < \eta_{НОМ}$.

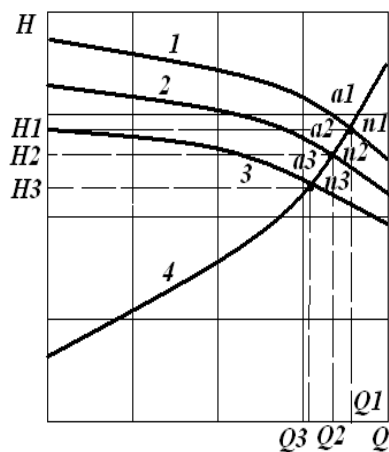
“а” нуқта насос қурилмасининг номинал ҳисоб-китоб режимида ишлашига мос келади. Насос қурилмасининг номинал миқдордан $\mu_{НОМ}$ фарқли фойдали иш коэффициенти $\mu_{факт}$ билан ишлаш жараёнида йўқотиладиган энергия миқдори қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$\Delta W = \frac{\gamma Q H}{102 \eta_{НОМ}} t \left(\frac{\eta_{НОМ}}{\eta_{факт}} - 1 \right).$$

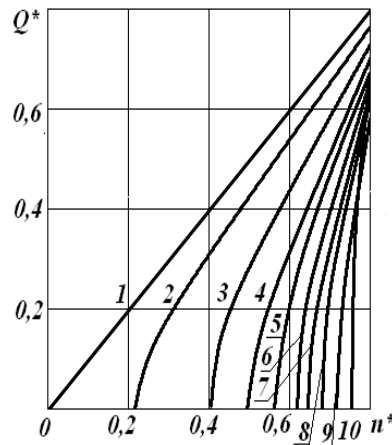
Бир вақтда параллель ишлаётган насос қурилмаларининг минимум умумий энергия сарфлашлари насослар ўртасида юкларни тўғри тақсимлаш мезони ҳисобланади. Тавсиф графиклари $N = f(Q)$ пастга букилган эгри чизиқлар шаклига эга аксарият насослар учун минимум энергия сарфланиши параллель ишлаётган насос қурилмаларидан ҳар бирининг қувват ўсишлари қуйидагига тенг бўлган ҳолатда таъминланади:

$$\frac{dN_1}{dQ} = \frac{dN_2}{dQ} = \frac{dN_3}{dQ} = \dots = \frac{dN_n}{dQ}$$

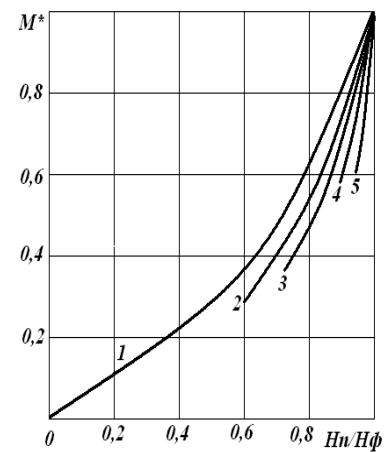
4-расмда насоснинг босимли қувур йўлида унинг айланиш тезлигини ростлаш режимида ишлаши тақдим қилинган.



4-расм. Насоснинг айланиш тезлигини ростлаш режимида ишлаши



5-расм. Насос узатилишининг айланиш тезлигига қараб ўзгариши



6-расм. Насос қаршилик пайтининг айланиш тезлигига қараб ўзгариши

Ўз айланиш тезлигини n_1, n_2, n_3 изчил ўзгартирадиган насоснинг 1, 2, 3-тавсифларининг қувур йўли 4-тавсифи билан кесилиши ишчи нуқталар a_1, a_2, a_3 ҳолатини белгилайди. Ушбу нуқталарга насоснинг босим H_1, H_2, H_3 ва узатилиш Q_1, Q_2, Q_3 кўрсаткичлари миқдорлари тўғри келади.

Насоснинг айланиш тезлигига қараб, узатилишнинг нисбий ўзгариши қуйидаги шаклга эга:

$$Q^* = \sqrt{\frac{n^{*2} - (H_{\Pi}^*/H_{\Phi}^*)}{1 - (H_{\Pi}^*/H_{\Phi}^*)}},$$

бунда, $Q^* = Q/Q_0$ - нисбий узатилиш; $n^* = n/n_{НОМ}$ - насос айланишининг нисбий тезлиги; H_{Π}^*/H_0 - нисбий статик босим; H_{Φ}^*/H_0 - суюқлик кўтарилишининг нисбий сохта баландлиги. 5-расмда насос узатилиши ўзгаришининг H_{Π}/H_{Φ} нисбатининг турли миқдорлари учун айланиш тезлигига график боғлиқлиги келтирилган.

6-расмда насос қурилмаси қаршилик моменти ўзгаришининг H_{Π}/H_{Φ} нисбатининг турли миқдорлари учун айланиш тезлигига график боғлиқлиги келтирилган. Юритманинг энергетик кўрсаткичлари – юритмадаги йўқотишлар ва унинг фойдали иш коэффициентини механик тавсифи турига боғлиқ бўлади.

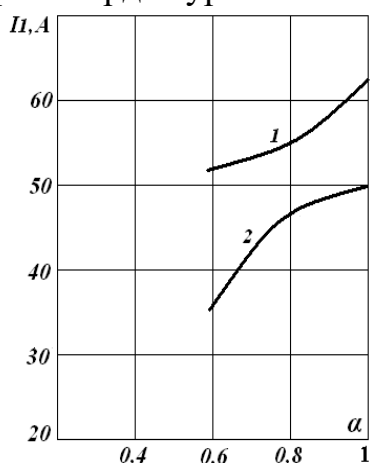
Насоснинг механик тавсифи нисбий birlikларда қуйидаги формула билан ифодаланади:

$$M_C^* = \frac{Q^* H^*}{\eta^* n^*}$$

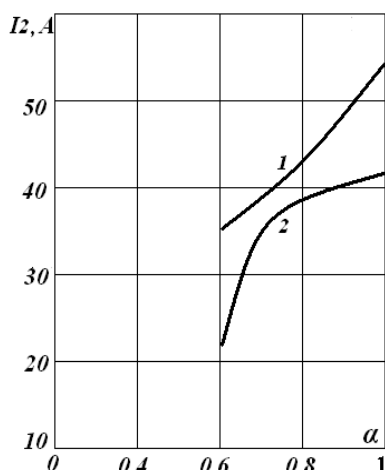
Тавсифдан кўришиб турибдики, насоснинг қаршилик моменти қанча кўп бўлса, H_{Π}/H_{Φ} нисбати шунча юқори бўлади.

Насос қурилмаларида сирпаниш энергияси йўқотилишларисиз ростланувчи электр юритмалар қўлланилиши энг тежамкор усул бўлиб, улардан фойдаланиш насос қурилмаси бошқарувининг функционал имкониятларини кенгайтиради ва уларнинг энергия тежамкор иш режимларида ишлатилишига ёрдам беради.

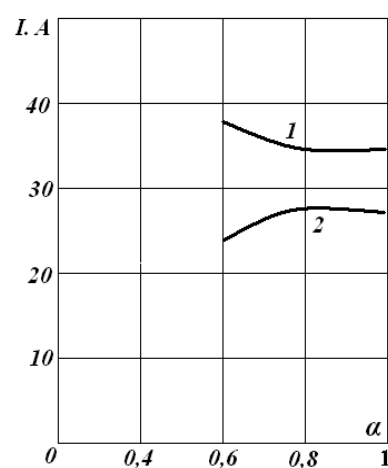
Диссертациянинг “**ЧАСТОТАВИЙ РОСТЛАНУВЧИ ЮҚОРИ КУЧЛАНИШЛИ АСИНХРОН ЭЛЕКТР ЮРИТМАЛИ НАСОС ҚУРИЛМАСИНИНГ ТУРҒУН ИШ РЕЖИМИДАГИ АСОСИЙ КЎРСАТКИЧЛАРИ**” деб номланган учинчи бобида юқори кучланишли асинхрон электр юритма учун частота функциясидаги асосий кўрсаткичлар ўзгариши кўриб чиқилган. Насос қурилмасининг частотавий ростланувчи асинхрон электр юритмаси статик иш режими учун электр юритма валига қаршилик моментининг турли миқдорларида олинган маълумотлар асосида статор, ротор тоқлари ва магнитловчи тоқ ўзгаришлари; фаол, реактив, тўлиқ қувватлар ва умумий қувватлар йўқотилишлари; қувват коэффициентлари ва частота функциясидаги фойдали харакатларининг графиклари 7-14-расмларда кўрсатилган.



7-расм. Насос қурилмаси частотавий ростланувчи асинхрон электр юритманинг $M_C = M_{CH}$ (1) ва $M_C = 0,65M_{CH}$ (2) частота

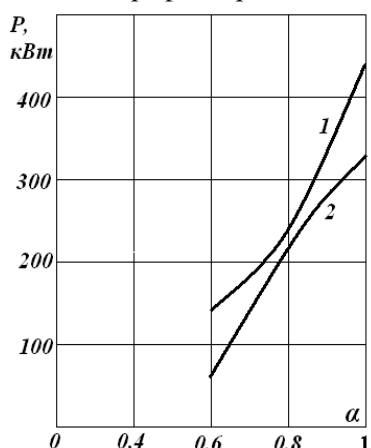


8-расм. Насос қурилмаси частотавий ростланувчи асинхрон электр юритманинг $M_C = M_{CH}$ (1) ва $M_C = 0,65M_{CH}$ (2) частота



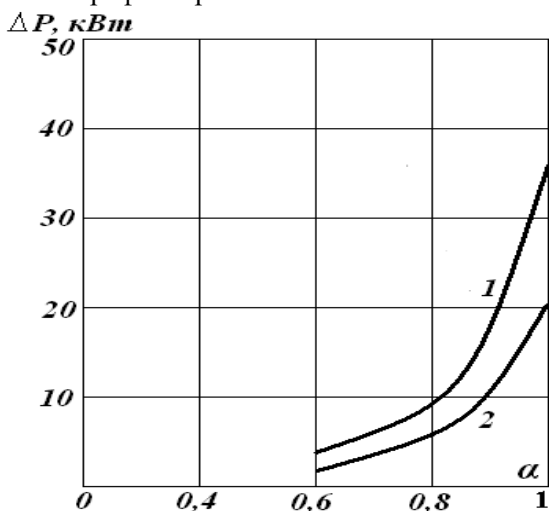
9-расм. Насос қурилмаси частотавий ростланувчи асинхрон электр юритманинг $M_C = M_{CH}$ (1) ва $M_C = 0,65M_{CH}$ (2) частота

функциясидаги статор токлари ўзгаришлари графиклари



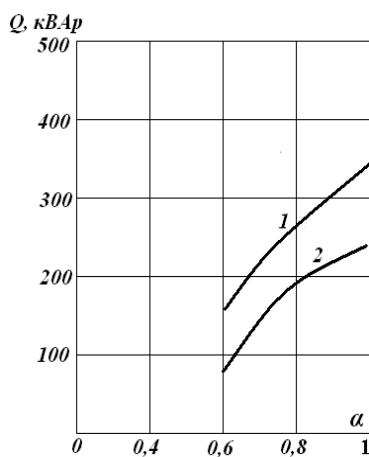
10-расм. Насос қурилмаси частотавий ростланувчи асинхрон электр юритманинг

$M_C = M_{CN}$ (1) ва $M_C = 0,65M_{CN}$ (2) частота функциясидаги фаол қувватлари ўзгаришлари графиклари



13-расм. Насос қурилмаси частотавий ростланувчи асинхрон электр юритманинг $M_C = M_{CN}$ (1) ва $M_C = 0,65M_{CN}$ (2) частота функциясидаги қувватларнинг умумий йўқотилишлари ўзгаришлари графиклари

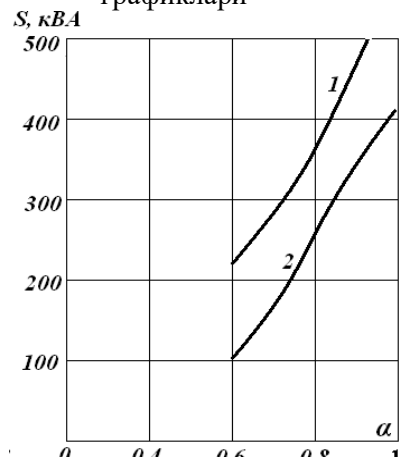
функциясидаги ротор токлари ўзгаришлари графиклари



11-расм. Насос қурилмаси частотавий ростланувчи асинхрон электр юритманинг $M_C = M_{CN}$ (1)

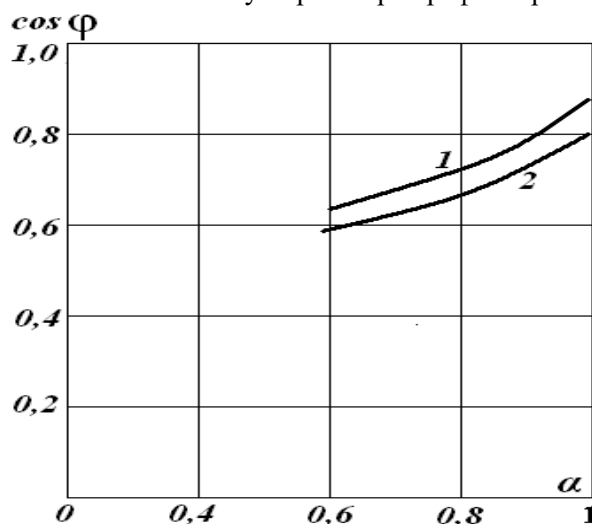
ва $M_C = 0,65M_{CN}$ (2) частота функциясидаги реактив қувватлари ўзгаришлари графиклари

функциясидаги магнитловчи токлари ўзгаришлари графиклари



12-расм. Насос қурилмаси частотавий ростланувчи асинхрон электр юритманинг $M_C = M_{CN}$ (1)

ва $M_C = 0,65M_{CN}$ (2) частота функциясидаги тўлиқ қувватлари ўзгаришлари графиклари

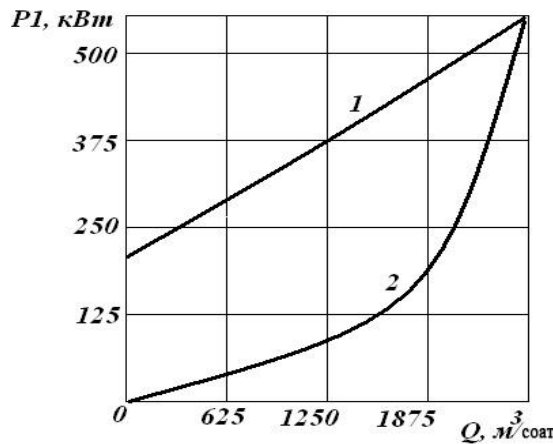


14-расм. Насос қурилмаси частотавий ростланувчи асинхрон электр юритманинг $M_C = M_{CN}$ (1) ва $M_C = 0,65M_{CN}$ (2) частота функциясидаги қувватларнинг коэффициентлари ўзгаришлари графиклари

Насос қурилмасининг частотавий ростланувчи асинхрон электр юритмаси статик иш режимининг асосий статик кўрсаткичлари таҳлили шуни тасдиқлайдики, электр юритма валига статик момент ўзгаришида улар ночизикли қонун бўйича ўзгаради. Частотавий бошқаришнинг тежамли қонунидан фойдаланиш туфайли частотавий ростлашнинг бутун диапазонида электр юритманинг қувват коэффициенти деярли ўзгармайди, бу эса

ишлатиш кўрсаткичларига ижобий таъсир этади.

15-расмдан кўриниб турганидек, частотавий ростлаш дросселлаш орқали ростлашга нисбатан анча тежамлидир.



15-расм. Насос узатилишини дросселлаш орқали ростлашда (1-эгри чизик) ва частотавий ростлашда (2-эгри чизик) сарфланадиган актив қувватлар боғлиқлиги

Частотавий ростланувчи асинхрон электр юритма жорий қилинганида электр энергия тежалиши тизимда сарфланишидан қатъий назар, H ўзгармас босим сақланишини таъминлайди, бу дросселлаш орқали ростлаш учун хос бўлган кераксиз ортиқча босимга йўл қўймаслик имконини беради.

Диссертациянинг “**ЧАСТОТАВИЙ РОСТЛАНУВЧИ АСИНХРОН ЭЛЕКТР ЮРИТМАЛИ НАСОС ҚУРИЛМАЛАРИДА ИССИҚЛИК ЖАРАЁНЛАРИНИ ҲИСОБЛАШ УСУЛЛАРИ**” деб номланган тўртинчи бобида асинхрон юқори кучланишли машинанинг эквивалент иссиқлик схемалари усули бўйича иссиқлик ҳисоб-китоби кўриб чиқилган. Эквивалент иссиқлик схемалари усули ички иссиқлик манбаларига эга ҳарорат майдони қисмларининг ички иссиқлик манбаларисиз ҳарорат майдони қисмларига эквивалент алмашинувини назарда тутди.

Шаклланган эквивалент иссиқлик схемасига мувофиқ, учта иссиқлик тенгламасидан иборат барқарорлашмаган қизиш режими иссиқлик баланси тенгламалари тизими тузилган:

$$\left. \begin{aligned} C_1 \frac{d\Theta_{1f}}{dt} + \Lambda_{11f} \Theta_{1f} - \Lambda_{12f} \Theta_{2f} - \Lambda_{13f} \Theta_{3f} &= P_{1f} \\ C_2 \frac{d\Theta_{2f}}{dt} - \Lambda_{21f} \Theta_{1f} + \Lambda_{22f} \Theta_{2f} - \Lambda_{23f} \Theta_{3f} &= P_{2f} \\ C_3 \frac{d\Theta_{3f}}{dt} - \Lambda_{31f} \Theta_{1f} - \Lambda_{32f} \Theta_{2f} + \Lambda_{33f} \Theta_{3f} &= P_{3f} \end{aligned} \right\}$$

бунда,

$\Theta_{1f}, \Theta_{2f}, \Theta_{3f}$ - статор чулғами, статор пўлати ва ротор ҳароратлари ошиши,

$^{\circ}C$; P_{1f}, P_{2f}, P_{3f} - статор чулғами, статор пўлати ва ротор қувватлари йўқотилиши, кВт;

C_1, C_2, C_3 - статор чулғами, статор пўлати ва ротор иссиқлик сиғимлари,
 $\text{кДж} / \text{кг} \cdot ^\circ \text{С}$;

$\Lambda_{12f} = \Lambda_{21f}$ - статор чулғами ва статор пўлати ўртасида ариқчадаги изоляция орқали иссиқлик ўтказувчанлиги, $\text{кВт} / \text{м} \cdot ^\circ \text{С}$;

$\Lambda_{13f} = \Lambda_{31f}$ - статор чулғами ва ротор ўртасида ҳаво тирқиши орқали иссиқлик ўтказувчанлиги, $\text{кВт} / \text{м} \cdot ^\circ \text{С}$;

$\Lambda_{23f} = \Lambda_{32f}$ - статор пўлати ва ротор ўртасида иссиқлик ўтказувчанлиги,
 $\text{кВт} / \text{м} \cdot ^\circ \text{С}$

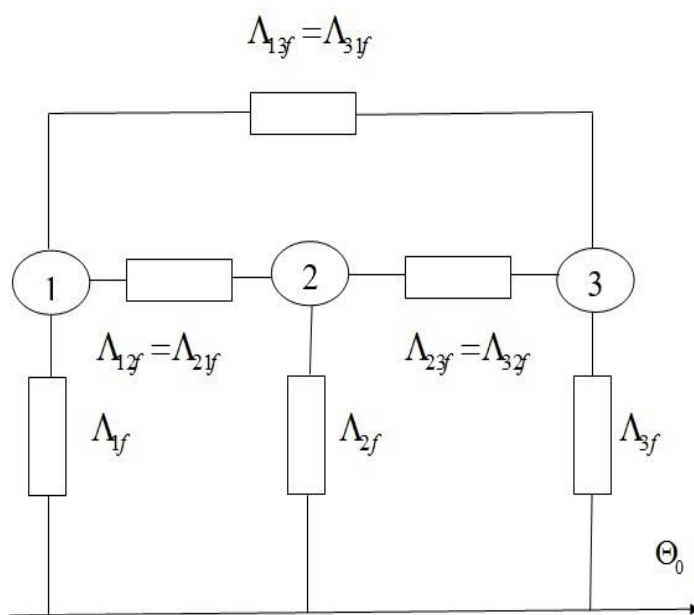
$\Lambda_{1f}, \Lambda_{2f}, \Lambda_{3f}$ - статор чулғами, статор пўлати ва роторнинг атроф-муҳитга иссиқлик узатиши, $\text{кВт} / \text{м} \cdot ^\circ \text{С}$;

$\Lambda_{11f} = \Lambda_{1f} + \Lambda_{12f} + \Lambda_{13f}$ - статор чулғамининг умумий иссиқлик ўтказувчанлиги, $\text{кВт} / \text{м} \cdot ^\circ \text{С}$;

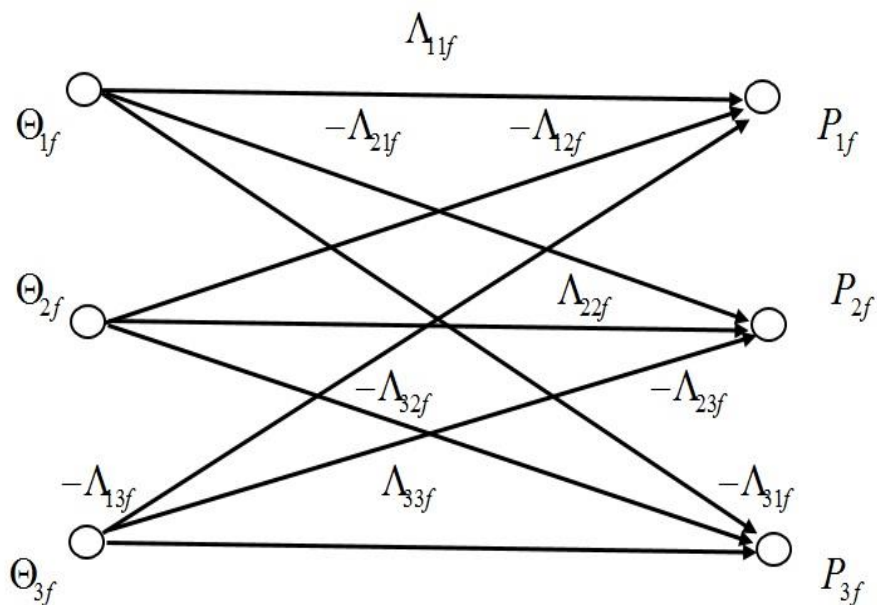
$\Lambda_{22f} = \Lambda_{2f} + \Lambda_{21f} + \Lambda_{23f}$ - статор чулғамининг умумий иссиқлик ўтказувчанлиги, $\text{кВт} / \text{м} \cdot ^\circ \text{С}$;

$\Lambda_{33f} = \Lambda_{3f} + \Lambda_{31f} + \Lambda_{32f}$ - роторнинг умумий иссиқлик ўтказувчанлиги,
 $\text{кВт} / \text{м} \cdot ^\circ \text{С}$

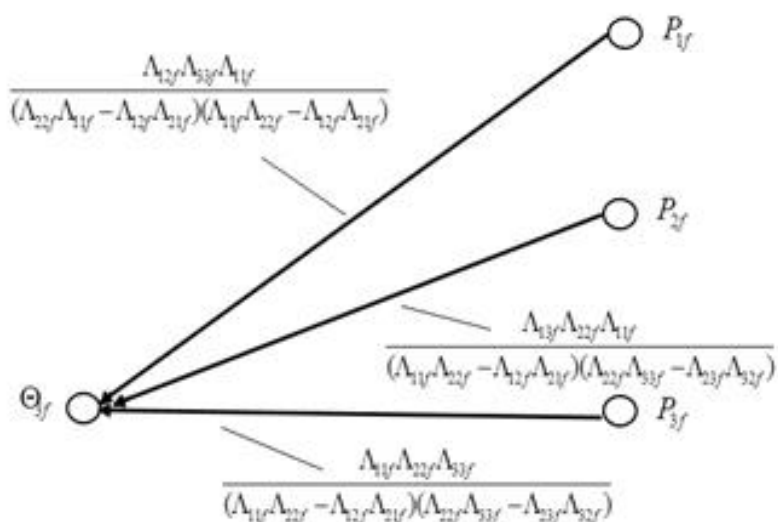
Иссиқлик баланси тенгламалари тизимига мувофиқ эквивалент иссиқлик схемаси 16-расмда келтирилган кўринишга эга. Ушбу иссиқлик схемаси 17-расмда тасвирланган графга айлантирилиши мумкин. Граф инверсиясини кетма-кет бажариш, узеллар ва ҳалқаларни кетма-кет истисно қилиш орқали 18-расмда кўрсатилган статор пўлати қизиш жараёнининг иссиқлик модели якуний кўринишини оламиз.



16-расм. Юқори кучланишли асинхрон электрюртимнинг эквивалент иссиқлик схемаси



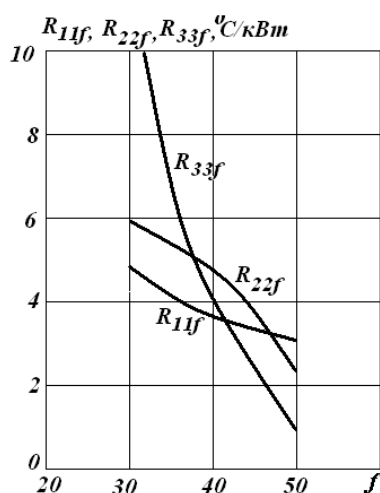
17-расм. Эквивалент иссиқлик схемасининг графи



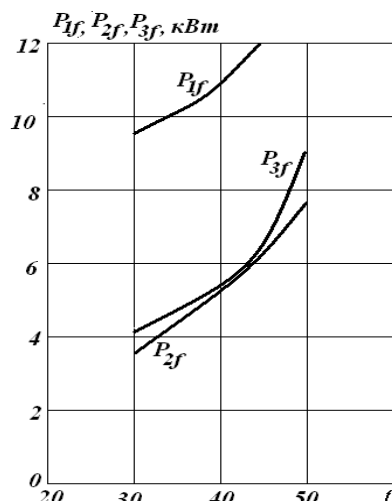
18-расм. Статор пўлати қизиш жараёнининг якуний модели

Тақдим қилинган математик графали модель ишлаб чиқилган алгоритм ёрдамида етарли даражада осон дастурланади, бу эса химояланган асинхрон электр юритманинг асосий қисмлари: статор чулғами, статор пўлати ва ротор ҳароратларини турли частота ва юклама миқдорларида ошишининг сон қийматларини аниқлаш имконини беради.

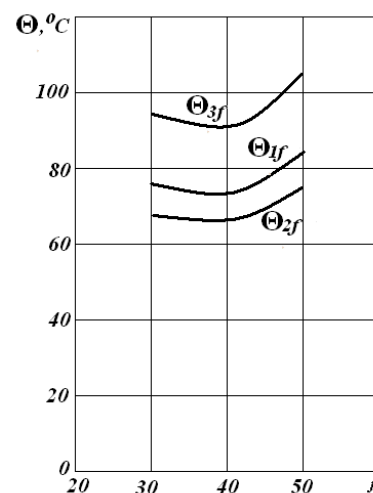
19-расмда 30-50 Гц диапазонида частотавий бошқарувда А4-457-УХ-8УЗ туридаги асинхрон электр юритмалар учун умумий иссиқлик қаршилиқларининг ўзгаришлари тақдим қилинган. Кўриниб турганидек, частота миқдорлари камайтирилгани сари асинхрон электр юритмалари иссиқлик жисмларининг умумий иссиқлик қаршилиқлари юқорилаб боровчи хусусиятга эга.



19-расм. Частота функциясида А4-457-УХ-8УЗ туридаги частотавий ростланувчи асинхрон электр юритмаси иссиқлик жисмларининг умумий иссиқлик қаршилиқлари ўзгаришлари



20-расм. Частота функциясида А4-457-УХ-8УЗ туридаги частотавий ростланувчи асинхрон электр юритмаси иссиқлик жисмларининг қувватлари йўқотилишлари ўзгаришлари



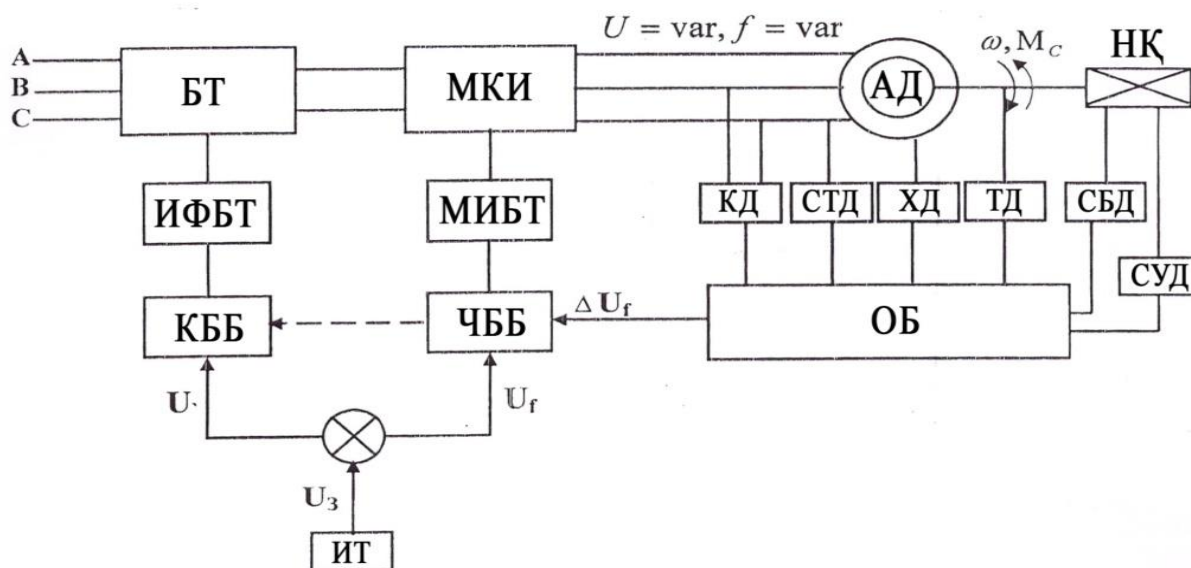
21-расм. Частота функциясида А4-457-УХ-8УЗ туридаги частотавий ростланувчи асинхрон электр юритмаси иссиқлик жисмларининг ҳарорат ошишлари ўзгаришлари

20-расмда 30-50 Гц диапазонида частотавий бошқарув қонуни амалга оширилганида, частотавий бошқарувда асинхрон электр юритмаларининг иссиқлик жисмлари қувватлари йўқотилишларининг ўзгаришлари тақдим қилинган. Частота камайганида мазкур асинхрон электр юритмалари иссиқлик жисмлари қувватларининг барча йўқотилишлари ночизикли қонун бўйича ω^2 га пропорционал равишда камаяди.

Олинган иссиқлик модели ёрдамида ҳар бир иссиқлик жисми учун частотавий ростланувчи асинхрон электр юритмаларининг алоҳида қисмларида Θ_{1f} , Θ_{2f} , Θ_{3f} ҳароратларни ошиши аниқланган (21-расм). Частота ўзгариши бошланишида асинхрон электр юритмалари барча иссиқлик жисмлари ҳароратларининг ошиши 40 Гц частотада камаяди ва бу электр юритма валидаги механик юклама қувватининг иссиқлик йўқотилишлари камайиши билан боғлиқдир. Насос қурилмасига ўрнатилган А4-457-УХ-8УЗ туридаги частотавий ростланувчи асинхрон электр юритмасининг иссиқлик жисмлари, шу жумладан статор чулғами Θ_{1f} ҳароратлари ошириб юборилишининг таҳлили 30-50 Гц частотани ростлашнинг оптимал диапазони эканлигини кўрсатади.

Диссертациянинг **“ЧАСТОТАВИЙ РОСТЛАНУВЧИ ЮҚОРИ КУЧЛАНИШЛИ АВТОМАТЛАШТИРИЛГАН ЭЛЕКТР ЮРИТМАЛИ НАСОС ҚУРИЛМАСИНИ ЭКПЕРИМЕНТАЛ ТАДҚИҚ ЭТИШ ВА ЭНЕРГИЯ ТЕЖАМКОР ИШ РЕЖИМЛАРИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ”** деб номланган бешинчи бобида электр юритманинг таркибий схемаси тузилиши кўриб чиқилган ва унинг ишининг физикавий моделланиши амалга оширилган. Насос қурилмасининг частотавий ростланувчи асинхрон электр юритмасига қўйиладиган талаблар асосида тегишли тескари боғланишларга

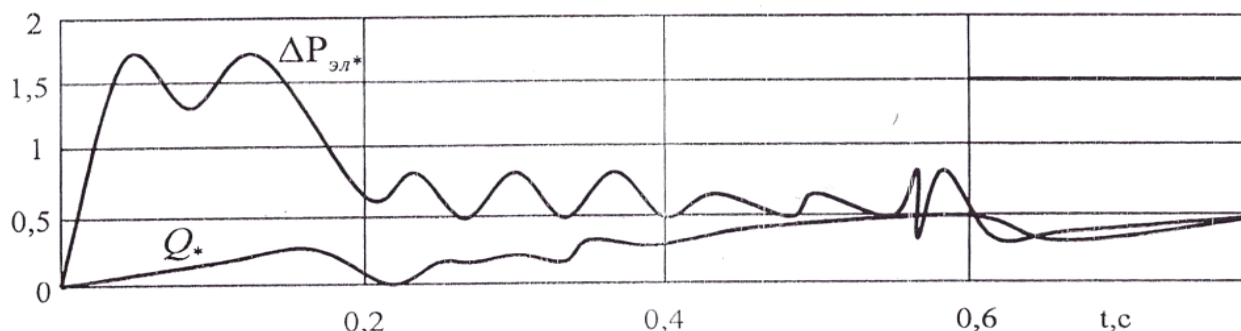
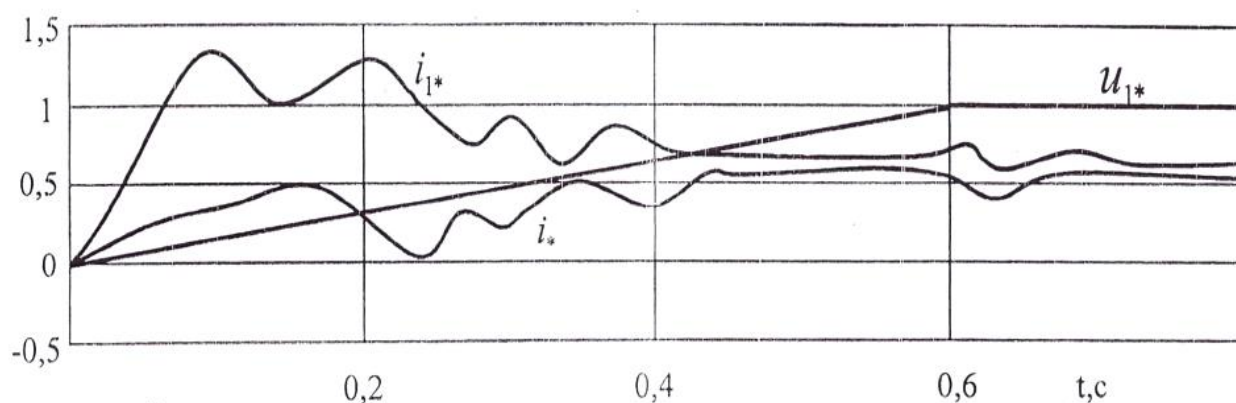
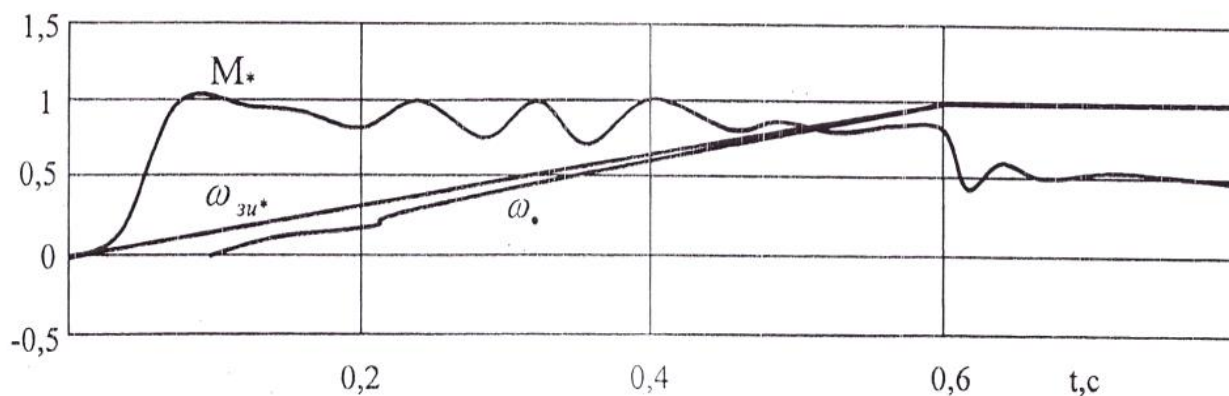
эга электр юритма таклиф қилинган бўлиб, унинг таркибий схемаси 22-расмда кўрсатилган.



22-расм. Насос қурилмасининг автоматлаштирилган частотавий ростланувчи асинхрон электр юритмасининг функционал схемаси

22-расмда қуйидаги шартли белгилар қабул қилинган: БТ – бошқарилувчи тўғрилагич; МКИ – мустақил кучланиш инвертори; АД – асинхрон мотор; НҚ – насос қурилмаси; ИФБТ – импульс-фазали бошқарув тизими; МИБТ – мустақил инверторнинг бошқариш тизими; КД – кучланиш датчиги; ТД – тезлик датчиги; СТД – статор токи датчиги; ХД – ҳарорат датчиги; СБД – сув босими датчиги; СУД – сув узатиш датчиги; КББ – кучланишни бошқариш блоки; ЧББ – частотани бошқариш блоки; ОБ – оптимизациялаш блоки; ИТ – интенсивлик топширгичи; U – кучланишни бошқариш сигнали; U_f – частотани бошқариш сигнали; U_3 – вазифа сигнали; ΔU_f – частотага тузатиш киритувчи миқдор.

Тезлик частотавий ростланувчи асинхрон электр юритма статик иш режимларида электр энергиянинг катта тежалиши билан бир қаторда равон ишга туширилиш ва тўхтатилишни амалга ошириш имконини беради. 23-расмда асинхрон электр юритмасини $M_{C^*} = 0,5M_{НОМ}$ ва $T_{3И} = 0,6$ с ҳолатида частотавий оҳиста ишга тушириш режими тавсифлари тақдим қилинган бўлиб, у минимал энергия йўқотишлар миқдорига мувофиқдир. Тавсифдан кўриниб турганидек, электрмагнит моментининг максимал миқдори электр юритмасининг номинал моментига тенг: $M_{МАКС} = 1$.



23-расм. Асинхрон электр юритмани оҳиста ишга тушириш
режими тавсифлари

Ушбу режимда энергия йўқотилишлари ва реактив қувват $T_{3и} = 0,12$ с. ҳолатида частотавий ишга туширишга нисбатан камроқ бўлиб, электр йўқотилишлар максимал миқдори 10 баробар камаяди, реактив қувват сарфланиши эса 30 баробар пасаяди. Интеграл тавсифларни солиштириш оҳиста ишга тушириш режимидан фойдаланилганда эришилган самарадорликни тасдиқлайди: $T_{3и} = 0,6$ с. кўрсаткичда энергия йўқотилишлар $T_{3и} = 0,12$ с. кўрсаткич билан частотавий ишга туширишдаги энергия йўқотилишлардан 2,8 баробар камроқдир.

Шундай қилиб, асинхрон электр юритманинг энг оддий бошқариш тизимлари $T_{3и}$ кўрсаткичини танлаш орқали электр юритманинг электрмеханик ва электр координатлари ўтиш жараёнлари сифат кўрсаткичларига, шунингдек энергетик кўрсаткичларига таъсир этиш имконини беради.

ХУЛОСА

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертация мавзуси “Частотавий ростланувчи асинхрон электр юритма асосида юқори кучланишли насос қурилмасининг энергия самарадорлигини ошириш” илмий иши натижалари бўйича қуйидаги хулосалар тақдим этилган:

1. Асинхрон электр юритмали юқори кучланишли насос қурилмасининг энергия самарадорлигини оширишнинг асосий йўналишларини таҳлил қилиш асосида, марказдан қочма насосларда босимли қувур йўли тармоғида сарфланиш миқдоридан қатъий назар доимий босим таъминлашнинг энг қулай усули частотавий ростланувчи асинхрон электр юритма қўлланилиши эканлиги аниқланган.

2. Насос қурилмалари номинал кўрсаткичлардан фарқли режимларда ишлаганда уларда электр энергия йўқотилишлари ошишига сабаб бўладиган режим кўрсаткичлари аниқланган, шунингдек уларни тежамкор бошқариш асосида камайтириш йўллари белгиланган, натижада насос қурилмасининг энергетик кўрсаткичлари турли частоталарда электрмеханик тизимнинг энергия самарадорлигини аниқлаш имконини беради

3. Частотавий ростланувчи юқори кучланишли асинхрон электр юритманинг валидаги қаршилик моментининг турли миқдорларида асосий электр ва энергетик кўрсаткичлари аниқланган ва таҳлил қилинган. Натижа қаршилик моментининг турли миқдорлари учун олинган таҳлиллар орқали самарадорликни кўриш имконини беради

4. Эквивалент иссиқлик схемаларинг графали модели асосида частотавий ростланувчи асинхрон электр юритманинг барқарорлашган қизиш режимини тадқиқ қилиш ҳамда иссиқлик кўрсаткичларини ва иссиқлик жисмлари ҳароратлари ошириб юборилиши миқдорларини ҳисоблашнинг компьютерга мўлжалланган содда ва қулай усули ишлаб чиқилган, натижа қаршилик моменти ва частотанинг турли миқдорлари учун тез ва юқори аниқликдаги хулосалар олиш имконини беради

5. Автоматлаштирилган частотавий ростланувчи юқори кучланишли асинхрон электр юритма тизимининг статик иш режимлари оптималлаштирилган ҳолда функционал схемаси, шунингдек сув тортиш насос станциялари насос қурилмалари учун унинг самарали қўлланилишига доир амалий тавсиялар ишлаб чиқилган, натижа электр механик тизимни энергия тежамкор бошқариш имконини беради.

6. “МАХАМ - СИРСИҚ” АЖда насос қурилмаларининг энергия тежамкор юқори кучланишли частота ростлагич орқали ростланувчи асинхрон электр юритмаси жорий қилинган. Натижада “МАХАМ -

SHIRCHIQ” АЖ заводи сув айланиш тизимининг насос қурилмаси бўйича йилига 379318 кВт*соат электр энергия иқтисод қилинган, молиявий самарадорлик 125,6 млн. сўмни ташкил этган.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЁНЫХ СТЕПЕНЕЙ
DSc.03/10.12.2019.Т.03.03 ПРИ ТАШКЕНТСКОМ
ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ ИМЕНИ
ИСЛАМА КАРИМОВА**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

ДУСМАТОВ РАВШАН КАМИЛЖАНОВИЧ

**ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ
НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ ЧАСТОТНО-
РЕГУЛИРУЕМОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА**

05.05.02 – «Электротехника. Электроэнергетические станции, системы.
Электротехнические комплексы и установки»

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Ташкент – 2021

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № В2020.4.PhD/T1325

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете имени Ислама Каримова.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета (www.tdtu.uz) и Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziynet.uz).

Научный руководитель:

Хашимов Арипджан Адылович

доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Тоиров Олимжон Зувурович

доктор технических наук, профессор

Арипов Назиржон Мукаррамович

доктор технических наук, профессор

Ведущая организация:

Навоийский государственный горный институт

Защита диссертации состоится « 23 » 01 2021 г. 11⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.03/10.12.2019.T.03.03 при Ташкентском государственном техническом университете. (Адрес: 100095, г.Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел: (99871) 246-46-00; факс: (99871) 227-10-32; e-mail: tstu_info@tdtu.uz)

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного технического университета (регистрационный номер 191). (Адрес: 100095, г. Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел.: 246-03-41)

Автореферат диссертации разослан « 14 » январь 2021 г.
(протокол рассылки № « 4 » от « 12 » январь 2021 г.).



К.Р. Аллаев
Председатель Научного совета по присуждению учёных степеней, д.т.н., профессор, академик

О.Х. Ишназаров
Ученый секретарь Научного совета по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

М.И. Ибадуллаев
Председатель научного семинара при научном совете по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор.

ВВЕДЕНИЕ (АННОТАЦИЯ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PHD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире особое внимание уделяется определению энергоэффективности на основе оптимизации энергосберегающих режимов частотно-регулируемого высоковольтного асинхронного электропривода насосного устройства. Сегодня в развитых странах «... инициативы по повышению эффективности электронасосного оборудования являются ключевым решением для снижения потребления энергии и в то же время борьбы с глобальным воздействием на окружающую среду. Насосное оборудование, особенно центробежные насосы, потребляет около 20% мировой энергии.»¹ В связи с этим особое внимание уделяется совершенствованию высоковольтного насосного оборудования с частотно-регулируемым электроприводом, обеспечивающего энергоэффективный режим работы.

По всему миру ведутся исследования по разработке алгоритма частотного регулирования насосных устройств высоковольтного асинхронного электропривода, а также точного и быстрого расчета их тепловых процессов. Исследования в этой области, в том числе повышение энергоэффективности высоковольтных асинхронных электроприводных насосных агрегатов на насосных станциях, являются приоритетными. В то же время разработка и совершенствование алгоритмов точного и быстрого расчета теплопроводности стали статора, обмотки статора и ротора электропривода в насосном оборудовании также являются актуальными задачами.

В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017-2021 годы определены задачи «... сокращения энергоемкости и ресурсоемкости экономики, широкое внедрение в производство энергосберегающих технологий, реализуемых по целевым параметрам снижения энергоемкости в отраслях экономики»². Реализация этих задач, включая повышение надежности работы перекачивающих насосных установок, улучшение технико-эксплуатационных и энергосберегающих показателей, обеспечение технического и экономически обоснованного планирования их работы, во многом определяется разработкой новых технических решений автоматизированных частотно-регулируемых электроприводов насосных установок, что несомненно является одной из востребованных актуальнейших задач.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в постановлениях Президента Республики Узбекистан № ПП-3012 от 26 мая 2017 года «О программе мер по дальнейшему развитию возобновляемой энергетики, повышению энергоэффективности в отраслях экономики и социальной сферы на 2017-

¹<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261916311576>

²Указ Президента Республики Узбекистан № ПП - 4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан»

2021 годы», № ПП-3238 от 23 августа 2017 года «О мерах дальнейшему внедрению современных энергоэффективных и энергосберегающих технологий» и Постановления Кабинета Министров Республики Узбекистан № 1042 от 26 декабря 2018 года «О мерах по поэтапной модернизации и замене физически и морально устаревших насосных станций, автоматизации эксплуатации и управления насосных станций организаций в системе министерства водного хозяйства Республики Узбекистан», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в этой сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики: II. «Энергетика, энерго- и ресурсосбережение».

Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации. ³

Научные исследования, направленные на повышение энергетической эффективности технологий производственных процессов на основе частотно-регулируемого электропривода и на разработку систем управления технологическими процессами, а также на внедрение энерго- и ресурсосберегающих технологий, проводятся во многих научных центрах и высших образовательных учреждениях мира, в том числе, в California Institute of Technology (США), University of Texas at Austin (США), Imperial College London (Англия), University of Cambridge (Великобритания), TU Dortmund University (Германия), Dresden University of Technology (Германия), McGill University (Канада), Schneider Electric (Франция), Hyundai Heavy Industries Co (Корея), Kyushu University (Япония), Корпорация Триол (Россия), Московский энергетический институт (Россия), Томский политехнический университет (Россия), ООО «Научно-технический центр», Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, Ташкентский государственный технический университет (Узбекистан).

В результате мировых исследований по совершенствованию и внедрению энергосберегающих технологий, методов управления гидромеханическими и электромеханическими оборудованиями насосных установок получен ряд научных результатов, в том числе разработаны частотно-регулируемые электроприводы насосных установок на основе совершенствования алгоритма управления (University of Cambridge, Великобритания); разработано оптимальное управление технологическим процессом средствами регулируемого электропривода (Aalborg University, Дания); : нечеткий логический подход для энергосберегающих электроприводов общепромышленных механизмов (McGill University, Канада); интегрированная информационная система энерготехнологического

³Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации выполнен на основе <https://www.twirpx.com>, <http://cyberleninka.ru>, www.researchgate.net, <https://uc-ciee.org>, <http://www.sci-hab.la>, www.dissercat.com, <http://elibrary.ru> и других источниках.

менеджмента (Schneider Electric, Франция); автоматизированные системы управления сложными технологическими процессами на основе интеллектуальных технологий (Data Flow Systems, Inc., США).

В мировых исследованиях по разработке энерго- и ресурсосберегающих режимов функционирования гидромеханического оборудования и электроприводов насосных установок, по повышению энергоэффективности технологического процесса их водоподачи, а также по ряду приоритетных направлений проводятся научные работы по разработке частотно – регулируемых электроприводов; разработке оптимальной структуры управления частотно – регулируемым электроприводом; усовершенствованию законов частотного управления при скалярном и векторном управлении асинхронных электродвигателей.

Степень изученности проблемы. В настоящее время в системах промышленного, сельскохозяйственного и коммунального водоснабжения разработаны и внедрены энергосберегающие технологии при реализации технологического процесса водоподачи насосной установки на основе частотно – регулируемых электроприводов в энергосберегающих автоматизированных системах насосных установок. Обширные исследования проводятся в ведущих мировых исследовательских центрах и высших учебных заведениях, в том числе в Мюнхенском техническом университете в Германии, Ташкентском государственном техническом университете и других университетах нашей страны.

Ведущие ученые мира, в том числе Смит К., Франк М., Готтер Г., Булгаков А.А., Ильинский Н.Ф., Шрейнер Р.Т., Белов М.П., Ключев В.И., Фигаро Б. И., Браславский И.Я., Ханич Р., Фтррейра Ф.Дж., Ауингтр Х., Ситмин Г.Р., Генрих В. и ряд других ученых и практиков, в том числе Ричагов В.В., Флоринский М.М., Минаев А. .В., Карелин В.Я., Юньков М.Г., Лезнов Б.С., Уолкер К., ЯнсТМ, Вальтерс Д.Г. посвятили свои исследования теоретическим и практическим задачам гидромеханического и электромеханического оборудования насосных устройств, предназначенных для транспортировки воды и других жидкостей из одного места в другое.

Можно отметить научные работы ученых нашей республики по вопросам эффективного использования энергоресурсов в промышленности и оптимизации режимов энергопотребления. Среди них академики Хамудханов М.З., Фазилов Х.Ф., Абдуллаев Ж.А., Камалов Т.С., Гашимов А.А., Аллаев К.Р., Захидов Р.А., Насиров Т.Х. ., профессора Ситдииков Р.А., Арипов Н.М., Хошимов Ф.А., Алимходжаев К.Т., Бободжанов М.К., Хамудханов М.З.

Наряду с этим, несмотря на имеющиеся достижения по рассматриваемому вопросу, анализ опубликованных работ показал, что в них в недостаточной мере проведены исследования по повышению энергоэффективности частотно-регулируемых электроприводов насосных установок. При этом большинство проводимых исследований относились к изучению низковольтных асинхронных электроприводов общепромышленного назначения. Высоковольтные асинхронные

электропривода имеют много общего по конструктивному выполнению с низковольтными асинхронными электроприводами, но наряду с этим они также обладают своими явно выраженными специфическими особенностями, как в конструктивном исполнении, так и в их технологических режимах эксплуатации.

Связь диссертационного исследования с планами научно – исследовательских работ высшего учебного заведения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках плана № ОТ-Ф2-62 научно-исследовательской работы по теме «Разработка и создание энергосберегающих технологий на базе автоматизированных электроприводов с микропроцессорным управлением и повышение энергоэффективности электрических машин и кабельного оборудования» (2017-2020 гг.), проводимой в Ташкентском государственном техническом университете.

Цель исследования: Разработка и практическая реализация рациональных по энергопотерям методов исследования основных режимных параметров частотно-регулируемых высоковольтных асинхронных электроприводов насосных установок.

Задачи исследования:

- анализ необходимых и достаточных условий реализации энерго-сберегающих режимов работы частотно - регулируемого высоковольтного асинхронного электропривода насосной установки;

- разработка методики определения механических, электрических и энергетических параметров частотно-регулируемого высоковольтного асинхронного электропривода насосной установки при различных значениях его механической нагрузки;

- разработка метода расчета тепловых процессов, протекающих в частотно-регулируемом высоковольтном асинхронном электроприводе насосной установки, на основе применения эквивалентных тепловых схем и сигнально-полусных графов;

- разработка функциональной схемы энергосберегающего автоматизированного частотно-регулируемого электропривода насосной установки и проведение экспериментальных исследований его режимов работы с выдачей соответствующих рекомендаций для практического применения.

Объектом исследования являются высоковольтные частотно-регулируемые асинхронные электроприводы насосных установок.

Предметами исследования являются частотно-регулируемый электропривод, энергосберегающие рабочие режимы, функциональная схема автоматизированного высоковольтного асинхронного электропривода насосной установки, методы расчета тепловых процессов электропривода.

Методы исследования. Использовались методы расчета электромеханических и гидромеханических показателей работы насосных установок на основе теорий электрических машин и электропривода, теории

нагрева электрических машин и оптимального управления электроприводами. Расчеты, полученные на основе математического аппарата с использованием графов, матричных и итерационных методов, проверены лабораторными и натурными экспериментальными исследованиями на действующих насосных установках.

Научная новизна результатов, полученных в диссертации, заключается в следующем:

- разработана методика расчета основных параметров высоковольтного частотно-регулируемого асинхронного электропривода насосной установки для стационарного режима работы с различными значениями механической нагрузки на валу, которая позволяет определить эффективность энергетических показателей электромеханической системы насосной установки при различных частотах;

- разработан алгоритм расчета превышения температуры обмотки статора, стали статора и ротора частотно-регулируемого асинхронного электропривода, который дает возможность получить с высокой точностью и быстродействием значение момента сопротивления при различных значениях частоты;

- разработана методика расчета тепловых процессов высоковольтного частотно-регулируемого асинхронного электропривода на основе сигнально-полусных графов и их инверсии, которая позволяет определить энергетические потери в тепловых режимах с учетом режимов работы регулируемого асинхронного электропривода;

- усовершенствована функциональная схема высоковольтного насосного агрегата с частотно-регулируемым электроприводом, обеспечивающая энергоэффективную работу, на базе частотного регулятора и датчиков, регистрирующих теплопередачу.

Практические результаты исследования заключаются в разработке инженерной методики расчета основных параметров высоковольтных частотно-регулируемых асинхронных электроприводов для стационарных режимов их функционирования при различных значениях механических нагрузок.

Достоверность результатов исследований подтверждается выводами и рекомендациями, обоснованных применением современных методов исследования, основанным на системном анализе, корректным применением математических методов и моделей. Достоверность также подтверждена путем сравнения расчетных и экспериментальных данных, полученных в процессе исследований на насосных установках, с использованием сертифицированных измерительных приборов.

Научная и практическая значимость результатов исследований заключается в следующем:

- определены режимные параметры, повышающие энергетические потери в насосных установках при их работе в режимах отличающихся от

номинального, а также показаны пути уменьшения энергетических потерь за счет применения экономичного способа управления;

- определены и проанализированы основные электрические и энергетические параметры частотно-регулируемого асинхронного электропривода для различных значений момента сопротивления на валу двигателя;

- на основе графовой модели эквивалентных тепловых схем разработан компьютерно-ориентированный метод расчета установившегося режима нагрева частотно-регулируемого асинхронного электропривода, обеспечивающий простоту и наглядность проведения исследований и вычислений как тепловых параметров, так и величин превышения температур тепловых тел.

- разработана функциональная схема автоматизированного частотно-регулируемого высоковольтного асинхронного электропривода с оптимизацией ее динамических и статических режимов работы, а также выработаны практические рекомендации эффективного его применения для насосных установок перекачивающих насосных станций.

Основным практическим итогом работы является обоснование рекомендаций по оптимальной эксплуатации автоматизированных высоковольтных частотно-регулируемых асинхронных электроприводов с реализацией экономичного частотного управления электроприводом, с учетом изменения технологических параметров насосной установки, а также энергетических и тепловых параметров для различных значений механической нагрузки на валу двигателя.

Внедрение результатов исследования. На основании научных результатов совершенствования частотно-регулируемого асинхронного электропривода:

- алгоритм расчета превышения температуры частотно-регулируемого асинхронного электропривода внедрен АО «МАКСАМ - ЧИРЧИК» (справка АО «Узкимиосаноат» Республики Узбекистан от 21 октября 2019 г. № 03-6520). В результате удалось в 2 раза сократить время расчета тепловых процессов насосного устройства и повысить уровень точности;

- энергосберегающие режимы работы высоковольтных насосных устройств внедрены в АО «МАКСАМ - ЧИРЧИК» (справка АО «Узкимиосаноат» Республики Узбекистан от 21 октября 2019 г. №03-6520). В результате потребление электрической энергии в год снизилось на 379 318 кВт·ч;

- высокочастотный частотно-регулируемый асинхронный электропривод внедрен в АО «МАКСАМ - ЧИРЧИК» (справка АО «Узкимиосаноат» Республики Узбекистан от 21 октября 2019 года № 03-6520). В итоге сэкономлено 125,6 млн. сум.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования докладывались и обсуждались на научно – технических конференциях, в том числе на 6 международных и 1 республиканской конференциях.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликовано всего 11 научных работ. Из них 4 научных статей, в том числе 3 в республиканских и 1 в зарубежных журналах (из них 1 статья опубликована в журнале индексируемом в базе Scopus), рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан о публикациях основных научных результатов, а также подана 1 заявка на изобретение.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы, приложений. Объем диссертации составляет 113 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во **введении** обоснована актуальность работы, освещено состояние вопроса, сформулированы цель и задачи исследования, даны характеристики объекту и предмету исследования, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий в Республике, изложены научная новизна и практические результаты исследования, обоснована достоверность, теоретическая и практическая значимость, приведены сведения об внедрениях результатов научных исследований в производство и учебный процесс.

В первой главе «**ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДАХ**» проанализированы основные направления повышения энергетической эффективности асинхронных электроприводов.

На рис. 1 показаны характеристики производительности центробежного насоса при дроссельном и частотном регулировании. Кривая 1 характеризует работу нерегулируемого электропривода на номинальной частоте вращения, кривая 3 определяет работу магистрали при полностью открытой заслонке. Значения расхода и напора воды приведены на рис. 1 в относительных единицах при использовании в качестве базовых величин номинальный расход $Q_{ном}$ и номинальный напор $H_{ном}$. При номинальном расходе и напоре насос работает в точке А, а мощность, потребляемая насосом, пропорциональна площади прямоугольника O KAL. Для примера показан расход воды, составляющий $0,6 H_{ном}$. За счет дроссельного регулирования происходит изменение сопротивления магистрали (кривая 4).

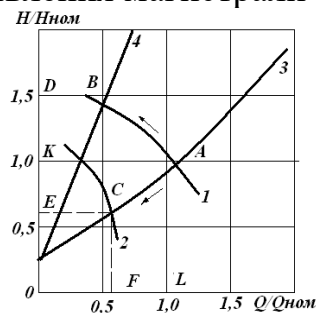


Рис. 1. Характеристики производительности центробежного насоса при дроссельном и частотном регулировании

Насос работает в точке В кривой 1, что приводит к возрастанию напора, который становится больше номинального, а мощность насоса, пропорциональная площади прямоугольника $QDBF$, несущественно отличается от мощности, потребляемой при номинальном расходе, следовательно, и энергопотребление при уменьшенном расходе изменяется незначительно или практически не изменяется.

При дроссельном регулировании расхода (подачи) воды возрастает напор (давление) в системе и практически не удается снизить энергопотребление. Показано, что применение частотно-регулируемого асинхронного электропривода в насосах способствуют не только экономии электроэнергии, но и использованию его совместно с системой технологической автоматизации, что обеспечивает поддержание постоянного давления в системе независимо от расхода и позволяет избегать ненужных избытков давления.

Во второй главе **«ПОТЕРИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СТАЦИОНАРНОМ РЕЖИМЕ РАБОТЫ НАСОСНЫХ УСТАНОВОК»** проанализированы причины потерь электроэнергии при работе насосных установок в стационарном режиме.

. Сравнение характеристики центробежных насосов и трубопроводов показывает, что при уменьшении подачи требуемый напор также уменьшается, а развиваемый насосом напор увеличивается. Разность значений этих напоров и есть превышение напора сверх требуемого:

$$\Delta H = H_H - H_C,$$

где H_H - напор, развиваемый насосным агрегатом; H_C - напор трубопровода.

Значения ΔH тем больше, чем выше характеристики насоса и трубопровода, и тем больше, чем меньше фактическая подача насоса по сравнению с расчетной.

Зависимость превышения напора от расхода Q и параметров H_ϕ, H_{CT} , характеризующих крутизну характеристик насоса и трубопровода, имеет следующий вид:

$$\Delta H = \Delta H_\phi \left(1 - \left(\frac{Q}{Q_\phi} \right)^2 \right),$$

где $\Delta H_\phi = H_\phi - H_{CT}$; H_ϕ - фиктивный напор при нулевой подаче; H_{CT} - статический напор, обусловленный разностью геодезических отметок подачи и приема жидкости.

Напор ΔH теряется в затворах и задвижках, дросселирующих напорные коммуникации. При работе насосного агрегата в течение времени t с превышением напора ΔH количество бесполезно теряемой электроэнергии, $kВт \cdot ч$, равно

$$\Delta W = \frac{\rho g Q \Delta H}{1000 \eta} t = \Delta N t,$$

где ρ - плотность жидкой среды, $\text{кг}/\text{м}^3$; g - ускорение свободного падения, $\text{м}/\text{с}^2$; η - коэффициент полезного действия насосного агрегата.

Работа насосного агрегата с превышением статической составляющей напора характерна для насосных установок систем водоотведения. График совместной работы насоса, трубопровода и резервуара показан на рис. 2.

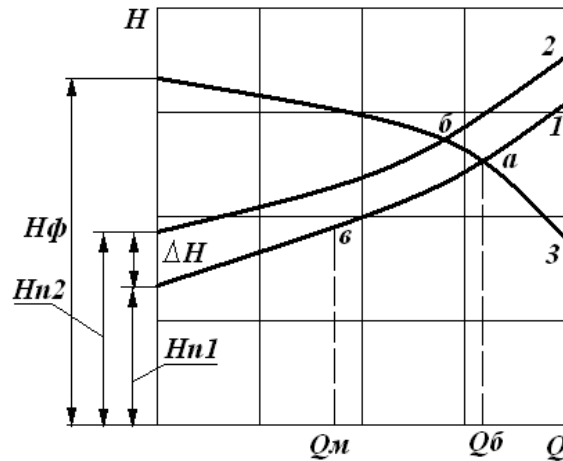


Рис. 2. График совместной работы насоса, трубопровода и резервуаров с переменным статическим напором

В циклическом режиме при включении в работу насоса статический напор равен H_{n1} , а при отключении соответственно становится равным H_{n2} . Поэтому характеристика трубопровода в начальный период откачки занимает положение 1, а в конце - положение 2. При этом рабочая точка насоса, работающего с постоянной частотой вращения, перемещается по напорной характеристике насоса от точки а до точки б, то есть насос работает с переменным напором от H_a до H_b . Определение потерь электроэнергии в случае одновременного превышения статических и динамических составляющих напора осуществляется по выражению

$$\Delta W_{\Sigma} = N_{\phi} T w^*,$$

где N_{ϕ} - наибольшая потребляемая мощность установки, кВт ;

$w^* = \frac{1}{4} H_{\Pi}^* \left[\frac{H_{\phi}^*}{H_{\Pi}^*} - 1 \right] (1 - \lambda)(1 + \lambda)^2$ - параметр, характеризующий относительные потери электроэнергии, вызванные превышением напора ΔH ; λ - относительная минимальная водоподача; H_{Π}^* - относительный статический

напор, характеризующий крутизну характеристики трубопровода; H_ϕ^* - фиктивный напор насоса, характеризующий крутизну характеристики насоса.

Часть воды, подаваемой потребителю, бесполезно вытекает через неплотности в трубопроводной арматуре. Утечки и непроизводительные расходы достигают 20 - 25% общего расхода воды. Установлено, что наличие повышенного напора в сети увеличивает утечки и непроизводительные расходы на значение

$$\Delta Q = Q_2 - Q_1 = Q_1 \left(\sqrt{H_2/H_1} - 1 \right)$$

где Q_1 — расход при нормальном напоре H_1 ; Q_2 - то же при повышенном напоре H_2 .

Работа насоса с КПД, отличающимся от номинального, влечет за собой увеличение потребляемой мощности. График совместной работы насосной установки и трубопровода показан на рис. 3.

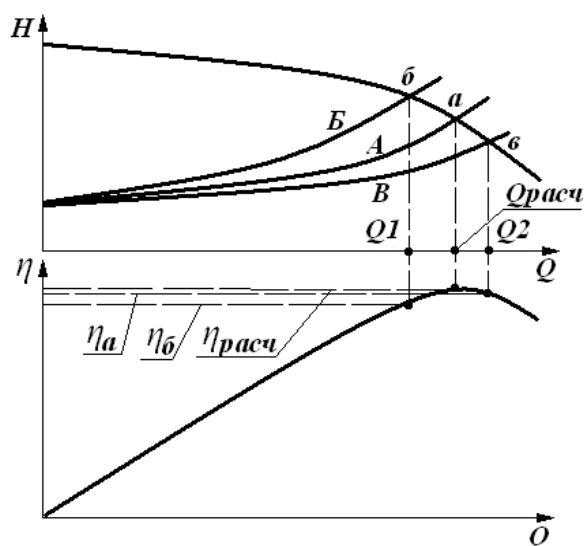


Рис. 3. Работа насоса при КПД, отличающемся от номинального

В точке б насосная установка работает с напором, большим, чем это требуется для подачи нужного количества жидкости. Такой режим влечет за собой повышение напора и увеличение утечек, что определяет существенный перерасход электроэнергии. Кроме того, насос работает с КПД, более низким, чем его номинальные значения $\eta_б < \eta_{НОМ}$. Работе насоса с подачей больше расчетной и напором ниже расчетного соответствует рабочая точка в. В этом случае насос также работает с КПД ниже номинального $\eta_в < \eta_{НОМ}$. Точка а соответствует работе насоса в номинальном расчетном режиме. Количество энергии, теряемой в процессе работы

насосного агрегата с КПД $\mu_{факт}$, отличающимся от номинального значения $\mu_{НОМ}$ определяется по формуле

$$\Delta W = \frac{\gamma Q H}{102 \eta_{НОМ}} t \left(\frac{\eta_{НОМ}}{\eta_{факт}} - 1 \right).$$

Критерием правильного распределения нагрузок между насосами является минимум суммарных энергозатрат одновременно работающих параллельно насосных агрегатов. Большинство насосов, у которых графики характеристик $N = f(Q)$ имеют вид вогнутых вниз кривых, обеспечивают минимум энергозатрат, в процессе увеличения мощности каждого из параллельно работающих насосных агрегатов, что может быть выражено как

$$\frac{dN_1}{dQ} = \frac{dN_2}{dQ} = \frac{dN_3}{dQ} = \dots = \frac{dN_n}{dQ}$$

На рис. 4 представлены характеристики работы насоса в напорный трубопровод в режиме регулирования его скорости вращения.

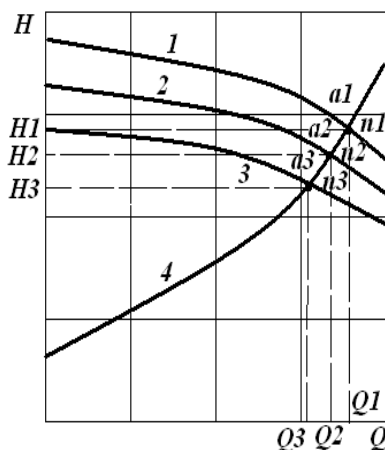


Рис. 4. График работы насоса, при регулировании его скорости вращения

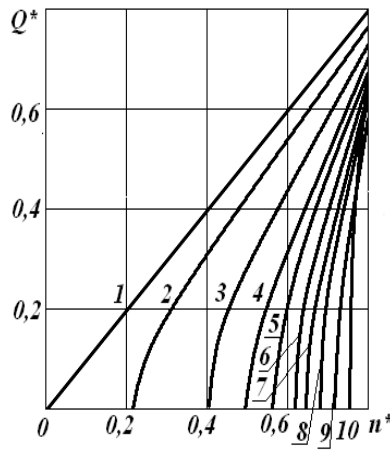


Рис. 5. Изменение подачи насоса в зависимости от скорости вращения

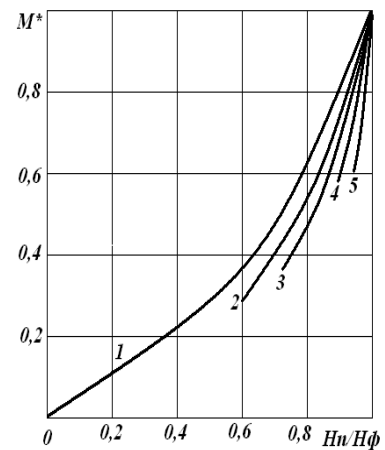


Рис. 6. Изменение момента сопротивления насоса в зависимости от скорости вращения

Точки пересечения характеристик 1, 2, 3 насоса с характеристикой 4 трубопровода при изменении скорости вращения n_1, n_2, n_3 , определяют положение рабочих режимных точек a_1, a_2, a_3 . Этим точкам соответствуют значения рабочих параметров насоса: напора H_1, H_2, H_3 и подачи Q_1, Q_2, Q_3 . Относительное изменение подачи в зависимости от скорости вращения насоса имеет следующий вид:

$$Q^* = \sqrt{\frac{n^{*2} - (H_{\Pi}^*/H_{\Phi}^*)}{1 - (H_{\Pi}^*/H_{\Phi}^*)}},$$

где $Q^* = Q/Q_0$ - относительная подача; $n^* = n/n_{НОМ}$ - относительная скорость вращения насоса; H_{Π}^*/H_0 - относительный статический напор; H_{Φ}^*/H_0 - относительная фиктивная высота подъема жидкости. На рис. 5 приведена графически зависимость изменения подачи насоса от его скорости вращения для различных значений отношения H_{Π}/H_{Φ} .

На рис. 6 приведены графические зависимости изменения момента сопротивления насоса от его скорости вращения для различных значений отношения H_{Π}/H_{Φ} . От вида механической характеристики зависят энергетические показатели привода - потери в приводе и его КПД.

Механическая характеристика насоса в относительных единицах выражается формулой

$$M_C^* = \frac{Q^* H^*}{\eta^* n^*}$$

Из характеристики видно, что момент сопротивления насоса тем больше, чем выше соотношение H_{Π}/H_{Φ} .

Применение регулируемых электроприводов без потери энергии скольжения в насосных установках является самым экономичным способом, что расширяет функциональные возможности управления насосными агрегатами и способствуют их эксплуатации в энергосберегающих режимах работы.

В третьей главе **«ПАРАМЕТРЫ СТАТИЧЕСКОГО РЕЖИМА РАБОТЫ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО ВЫСОКОВОЛЬТНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ»** рассмотрим изменение основных параметров в функции частоты для высоковольтного асинхронного двигателя. На основании полученных данных при различных значениях момента сопротивления на валу двигателя, для статического режима работы частотно-регулируемого асинхронного двигателя насосной установки построены графики изменения токов статора, ротора и намагничивания; активных, реактивных, полных мощностей и суммарных потерь мощностей; коэффициентов мощности и полезного действия в функции частоты, показанные на рис. 7-14.

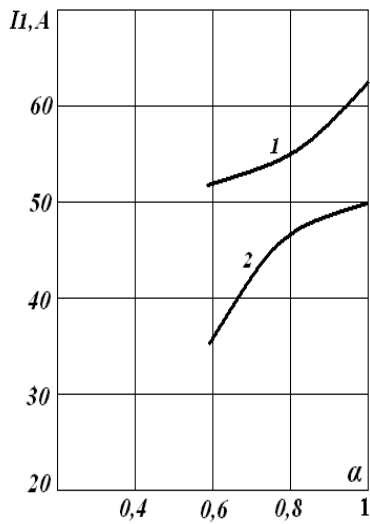


Рис. 7. Графики изменения токов статора частотно-регулируемого АД насосной установки в функции частоты при $M_C = M_{сн}$ (1) и $M_C = 0,65M_{сн}$ (2)

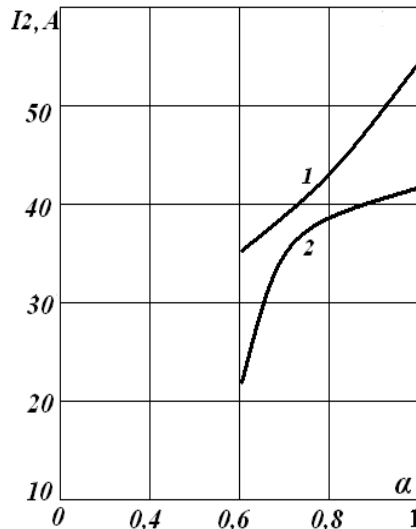


Рис. 8. Графики изменения токов ротора частотно-регулируемого АД насосной установки в функции частоты при $M_C = M_{сн}$ (1) и $M_C = 0,65M_{сн}$ (2)

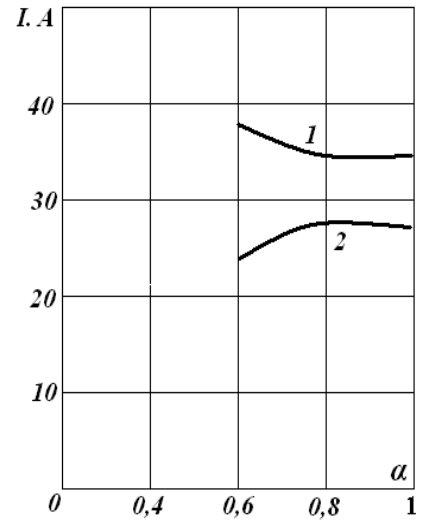


Рис.9. Графики изменения токов намагничивания частотно-регулируемого АД насосной установки в функции частоты при $M_C = M_{сн}$ (1) и $M_C = 0,65M_{сн}$ (2)

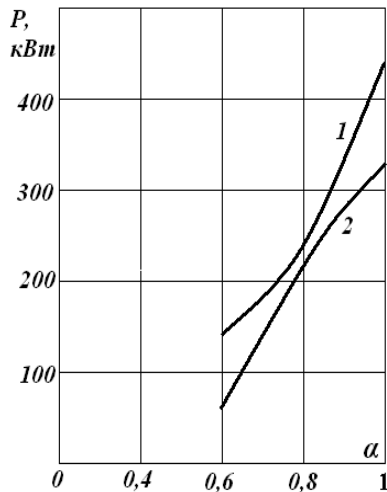


Рис.10. Графики изменения активных мощностей частотно-регулируемого АД насосной установки в функции частоты при $M_C = M_{сн}$ (1) и $M_C = 0,65M_{сн}$ (2)

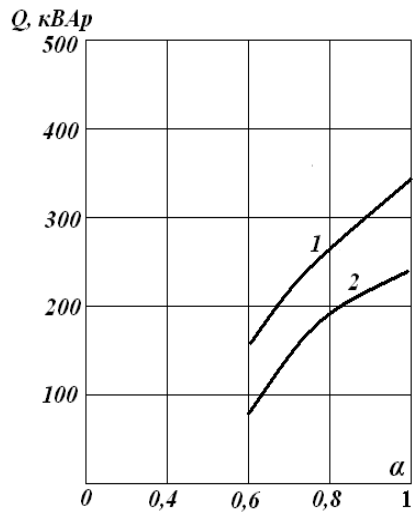


Рис. 11. Графики изменения реактивных мощностей частотно-регулируемого АД насосной установки в функции частоты при $M_C = M_{сн}$ (1) и $M_C = 0,65M_{сн}$ (2)

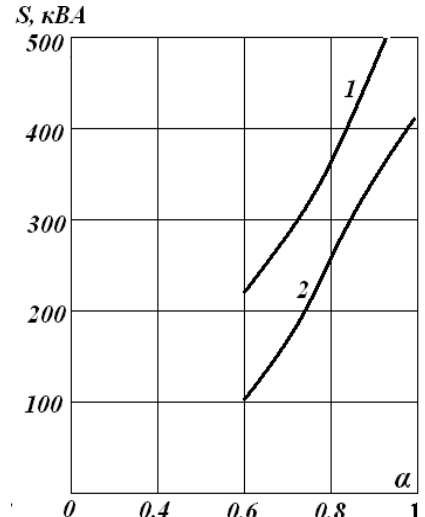


Рис. 12. Графики изменения полных мощностей частотно-регулируемого АД насосной установки в функции частоты при $M_C = M_{сн}$ (1) и $M_C = 0,65M_{сн}$ (2)

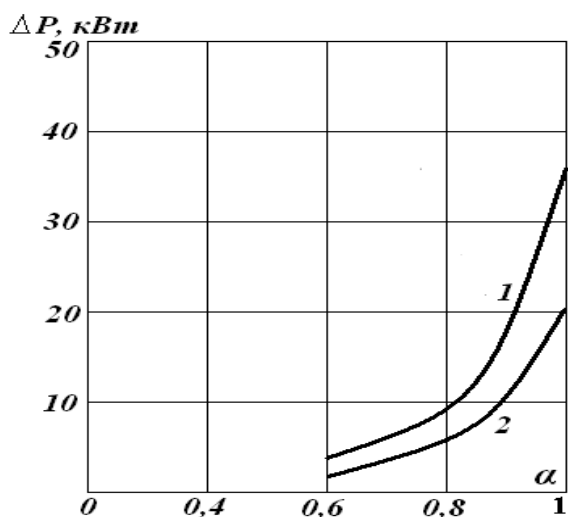


Рис. 13. Графики изменения суммарных потерь мощностей частотно-регулируемого АД насосной установки в функции частоты при $M_c = M_{cn}$ (1) и $M_c = 0,65M_{cn}$ (2)

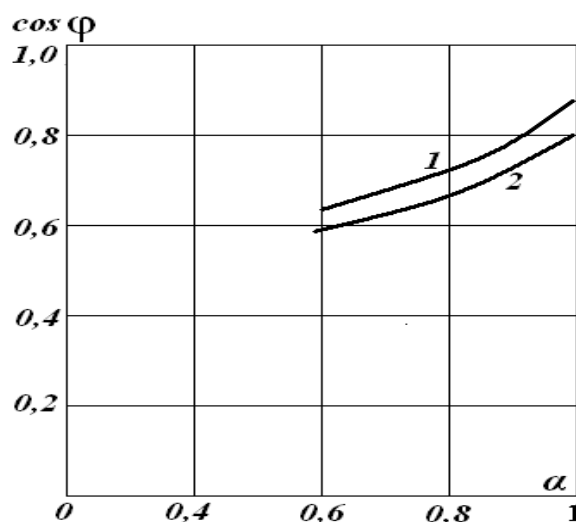


Рис. 14. Графики изменения коэффициентов мощностей частотно-регулируемого АД насосной установки в функции частоты при $M_c = M_{cn}$ (1) и $M_c = 0,65M_{cn}$ (2)

Анализ основных статических параметров режима работы частотно-регулируемого асинхронного двигателя насосной установки показывает, что при изменении статического момента на валу двигателя они действуют по нелинейному закону. Благодаря использованию экономичного закона частотного управления, во всем диапазоне регулирования частоты коэффициент мощности двигателя почти не изменяется, что положительно влияет на эксплуатационные показатели.

Из рис. 15 видно, что частотное регулирование намного экономичнее дроссельного.

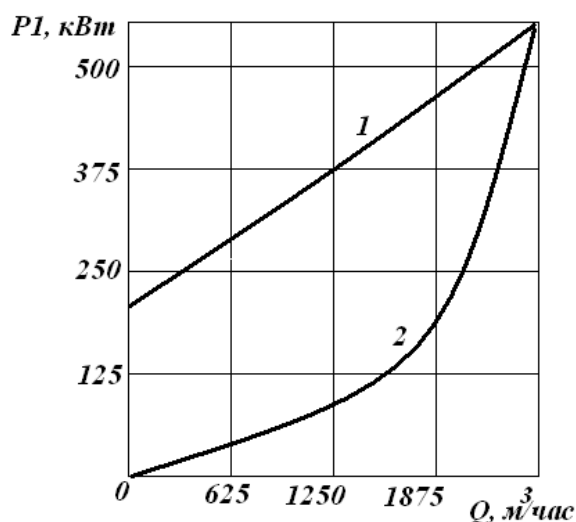


Рис. 15. Зависимости потребляемых активных мощностей при дроссельном (кривая 1) и частотном (кривая 2) регулирования подачи насоса

Экономия электроэнергии при внедрении частотно-регулируемого асинхронного электропривода обеспечивает поддержание постоянного давления H в системе независимо от расхода, что позволяет избежать ненужных избытков давления, свойственных дроссельному регулированию.

В четвёртой главе «РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫХ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЯХ» рассмотрен тепловой расчет асинхронной высоковольтной машины по методу эквивалентных тепловых схем (ЭТС). Метод ЭТС предусматривает эквивалентную замену элементов температурного поля с внутренними источниками тепла на элементы без них.

В соответствии с сформированной эквивалентной тепловой схемой получена система уравнений теплового баланса неустановившегося режима нагрева, состоящая из трех тепловых уравнений:

$$\left. \begin{aligned} C_1 \frac{d\Theta_{1f}}{dt} + \Lambda_{11f} \Theta_{1f} - \Lambda_{12f} \Theta_{2f} - \Lambda_{13f} \Theta_{3f} &= P_{1f} \\ C_2 \frac{d\Theta_{2f}}{dt} - \Lambda_{21f} \Theta_{1f} + \Lambda_{22f} \Theta_{2f} - \Lambda_{23f} \Theta_{3f} &= P_{2f} \\ C_3 \frac{d\Theta_{3f}}{dt} - \Lambda_{31f} \Theta_{1f} - \Lambda_{32f} \Theta_{2f} + \Lambda_{33f} \Theta_{3f} &= P_{3f} \end{aligned} \right\},$$

где $\Theta_{1f}, \Theta_{2f}, \Theta_{3f}$ - превышение температур обмотки статора, стали статора и ротора, $^{\circ}\text{C}$;

P_{1f}, P_{2f}, P_{3f} - потери мощности в обмотках статора, стали статора и ротора, кВт;

C_1, C_2, C_3 тепловые емкости обмоток статора, стали статора и ротора, $\text{кДж} / \text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}$;

$\Lambda_{12f} = \Lambda_{21f}$ - тепловая проводимость между обмоткой статора и сталью статора через пазовую изоляцию, $\text{кВт} / \text{м} \cdot ^{\circ}\text{C}$;

$\Lambda_{13f} = \Lambda_{31f}$ - тепловая проводимость между обмоткой статора и ротора через воздушный зазор, $\text{кВт} / \text{м} \cdot ^{\circ}\text{C}$

$\Lambda_{23f} = \Lambda_{32f}$ - тепловая проводимость между сталью статора и ротором, $\frac{\text{кВт}}{^{\circ}\text{C}}$;

$\Lambda_{1f}, \Lambda_{2f}, \Lambda_{3f}$ - теплоотдачи обмоток статора, сталью статора и ротора в окружающую среду, $\text{кВт} / \text{м} \cdot ^{\circ}\text{C}$

$\Lambda_{11f} = \Lambda_{1f} + \Lambda_{12f} + \Lambda_{13f}$ - суммарная тепловая проводимость обмоток статора, $\text{кВт} / \text{м} \cdot ^{\circ}\text{C}$

$\Lambda_{22f} = \Lambda_{2f} + \Lambda_{21f} + \Lambda_{23f}$ - суммарная тепловая проводимость обмотки статора $\text{кВт} / \text{м} \cdot ^{\circ}\text{C}$;

$\Lambda_{33f} = \Lambda_{3f} + \Lambda_{31f} + \Lambda_{32f}$ - суммарная тепловая проводимость ротора, $\text{кВт} / \text{м} \cdot ^{\circ}\text{C}$

Эквивалентная тепловая схема, соответствующая системе уравнений теплового баланса, имеет следующий вид, приведенный на рис. 16. Эта тепловая схема может быть преобразована в граф, изображенный на рис. 17.

Путем последовательного выполнения инверсии графа и последовательного исключения узлов и петель, получим окончательный вид тепловой модели процесса нагрева стали статора, показанной на рис. 18.

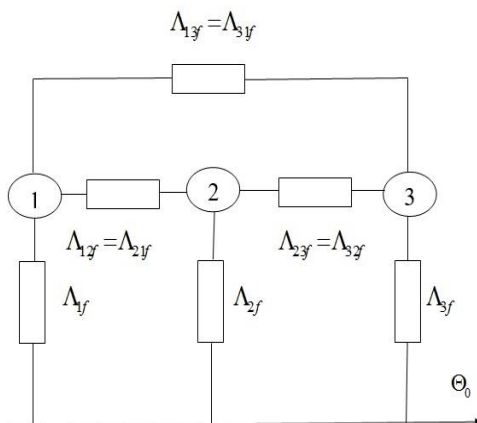


Рис. 16. Эквивалентная тепловая схема высоковольтного электропривода

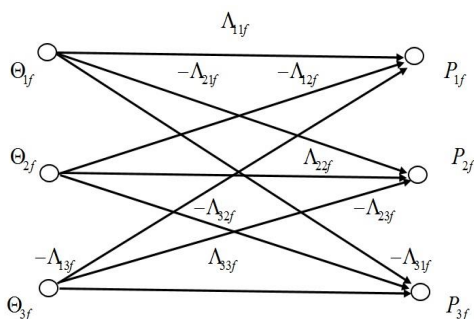


Рис. 17. Графовая модель эквивалентной тепловой схемы

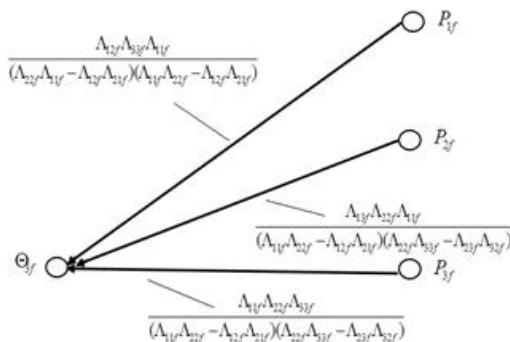


Рис. 18. Окончательный вид тепловой модели процесса нагрева стали статора

Представленная математическая графовая модель с помощью разработанного алгоритма достаточно легко программируется, что позволяет определить численные значения превышения температур основных частей защищенного асинхронного двигателя: обмоток статора, стали статора и ротора, при различных значениях частоты и нагрузки.

На рис. 19 представлены изменения суммарных тепловых сопротивлений для АД типа А4-457-УХ-8УЗ при частотном управлении в диапазоне 30-50 Гц. Как видно, суммарные тепловые сопротивления тепловых тел АД с уменьшением значения частоты имеют характер возрастания.

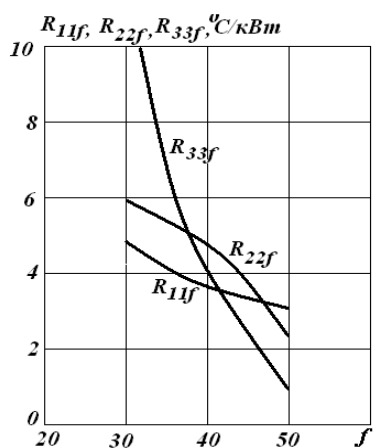


Рис. 19. Изменения суммарных тепловых сопротивлений тепловых тел частотно-регулируемого асинхронного двигателя типа А4-457-УХ-8У3 в функции частоты

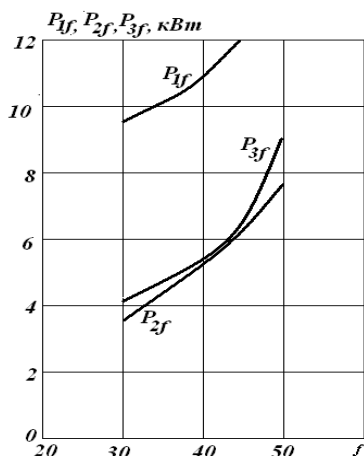


Рис. 20. Изменения потерь мощностей тепловых тел частотно-регулируемого асинхронного двигателя типа А4-457-УХ-8У3 в функции частоты

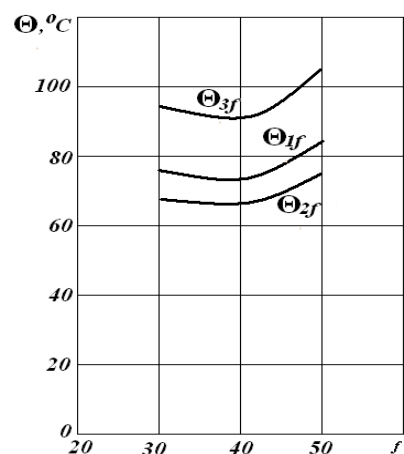


Рис. 21. Изменения превышения температуры тепловых тел частотно-регулируемого асинхронного двигателя типа А4-457-УХ-8У3 в функции частоты

На рис. 20 представлены изменения потери мощностей тепловых тел АД при частотном управлении, когда реализуется закон управления частотой в диапазоне 30-50 Гц. Все потери мощности тепловых тел данного АД с уменьшением частоты пропорционально ω^2 по нелинейному закону уменьшаются.

С помощью полученной тепловой модели для каждого теплового тела определены превышения температуры Θ_{1f} , Θ_{2f} , Θ_{3f} в отдельных частях частотно-регулируемого АД (рис. 210). Превышения температуры всех тепловых тел АД в начале изменения частоты, при частоте 40 Гц уменьшаются, и это связано с уменьшением тепловых потерь мощности механической нагрузки на валу двигателя. Анализ превышения температур тепловых тел, в частности, обмотки статора Θ_{1f} частотно-регулируемого АД типа А4-457-УХ-8У3, установленной в насосной установке, показывает, что оптимальным диапазоном регулирования частоты являются 30-50 Гц,

В пятой главе «РАЗРАБОТКА И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО ВЫСОКОВОЛЬТНОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ» рассмотрено создание структурной схемы электропривода и реализовано физическое моделирование его работы. В соответствии с требованиями, предъявляемыми к частотно-регулируемому асинхронному электроприводу насосной установки, предложен электропривод с необходимыми обратными связями, структурная схема которого показана на рис. 22.

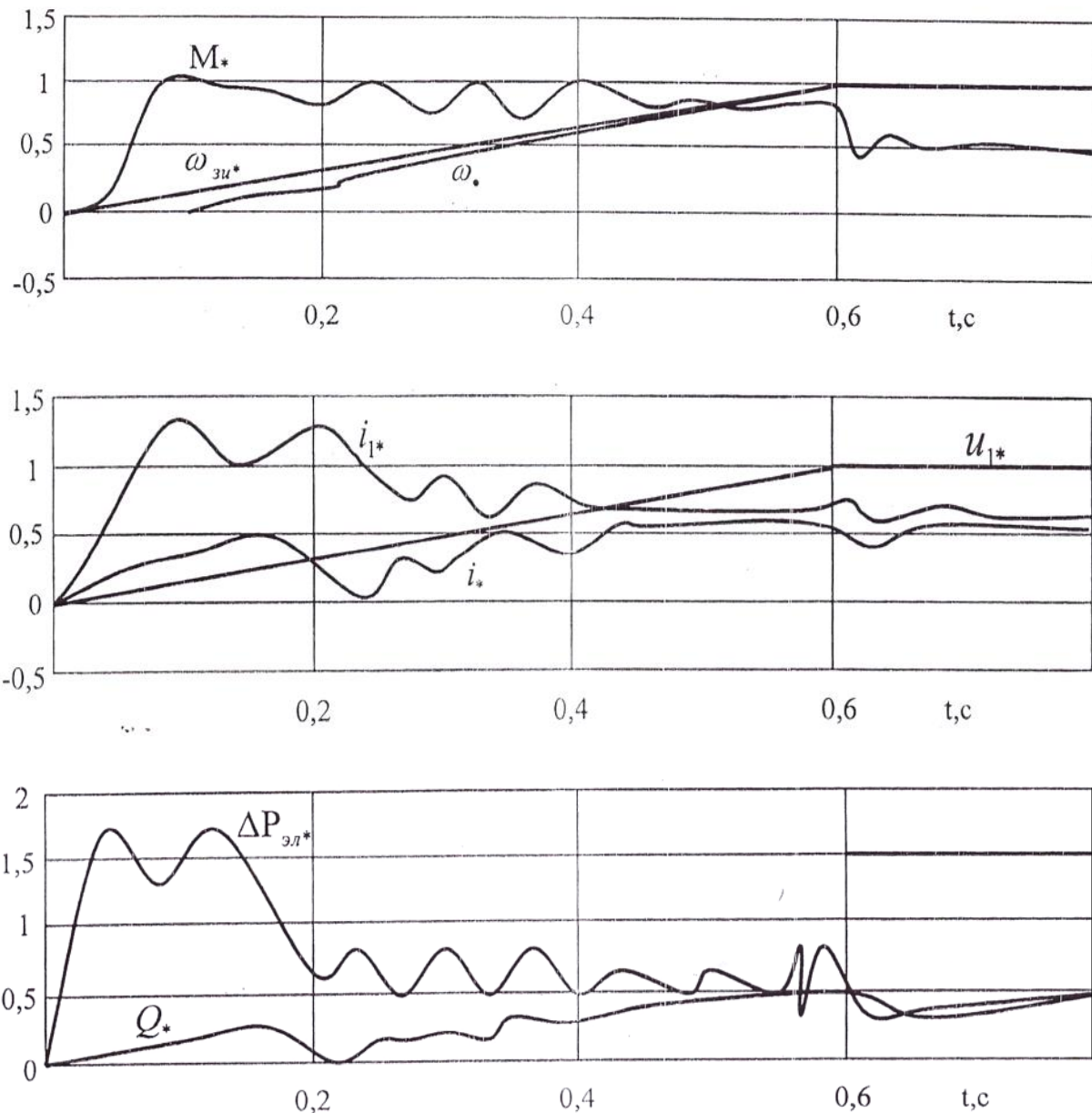


Рис. 23. Характеристики режима мягкого частотного пуска электропривода

Потери энергии и реактивная мощность в этом режиме меньше по сравнению с частотным пуском при $T_{3И} = 0,12$ с, максимальное значение электрических потерь уменьшается в 10 раз, а потребление реактивной мощности снижается в 30 раз. Сопоставление интегральных характеристик показывает выигрыш в режиме мягкого пуска: при параметре $T_{3И} = 0,6$ с потери энергии в 2,8 раза меньше потерь энергии, чем при частотном пуске с параметром $T_{3И} = 0,12$ с.

Таким образом, простейшие системы управления АД позволяют путем подбора параметра $T_{3И}$ воздействовать на показатели качества переходных процессов электромеханических и электрических координат, а также на энергетические параметры электропривода.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенных исследований в рамках настоящей диссертационной работы на тему: «Повышение энергоэффективности высоковольтной насосной установки за счет частотно-регулируемого асинхронного электропривода» сформулированы следующие основные результаты и выводы:

1. На основе анализа основных направлений повышения энергетической эффективности асинхронного электропривода высоковольтной насосной установки установлено, что наиболее приемлемый режим работы центробежных насосов, обеспечивающих поддержание постоянства давления в напорной трубопроводной сети независимо от расхода, наиболее эффективно реализуется применением частотно-регулируемого асинхронного электропривода.

2. Выявлены режимные параметры, приводящие к увеличению потерь электроэнергии в насосных установках в режимах, отличных от номинальных условий их функционирования, определены пути их сокращения за счет экономичного регулирования, что в результате дает возможность повысить энергоэффективность электромеханической системы при различных частотах энергетических параметров насосной установки.

3. Определены и проанализированы основные электрические и энергетические параметры частотно - регулируемого высоковольтного электропривода при различных значениях момента сопротивления на валу его асинхронного двигателя, позволяющие повысить эффективность.

4. Разработаны машинно-ориентированные методы расчета установившегося режима нагрева частотно-регулируемого асинхронного двигателя на базе графовой модели эквивалентных тепловых схем, обеспечивающие простоту и наглядность проведения исследований и вычислений как тепловых параметров, так и величин превышения температур тепловых тел.

5. Разработана функциональная схема автоматизированного частотно-регулируемого высоковольтного асинхронного электропривода с оптимизацией статических режимов работы, а также выработаны практические рекомендации эффективного его применения для насосных установок перекачивающих насосных станций.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARD OF SCIENTIFIC DEGREES
DSc.03/10.12.2019.T.03.03 AT THE TASHKENT STATE TECHNICAL
UNIVERSITY BY NAME ISLAM KARIMOV**

TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY

DUSMATOV RAVSHAN KAMILJANOVICH

**INCREASING THE ENERGY EFFICIENCY OF A HIGH-VOLTAGE
PUMPING UNIT AT THE EXPENSE OF FREQUENCY
ADJUSTABLE ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVE**

**05.05.02 - Electrical engineering. Electric power stations, systems.
Electrotechnical complexes and installations.
(technical science)**

**THE AUTHOR'S ABSTRACT OF THE DISSERTATION OF THE DOCTOR OF
PHILOSOPHY (PhD) ON ENGINEERING SCIENCE**

Tashkent - 2021

The theme of the dissertation of doctor of philosophy (PhD) on technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under № B2020.4.PhD/T1325.

The dissertation has been prepared at the Tashkent state technical university.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website of the Scientific Council (www.tdtu.uz) and on Information-education portal «ZiyoNet» (www.ziyo.net.uz).

Scientific supervizer:

Hashimov A.A.

Doctor of Technical Sciences, Professor

Official opponents:

Toirov O.Z.

Doctor of Technical Sciences, Professor

Aripov N.M.

Doctor of Technical Sciences, Professor

Leading organization:

Navoi State Mining Institute

The defense will take «29» 01 2021 y. in 11⁰⁰ at the meeting of Scientific Council DSc.03/10.12.2019.T.03.03 at the Tashkent State Technical University, University str., Tashkent 100095, Uzbekistan. Phone/Fax: (99871) 227-10-32, e-mail: tstu_info@tdtu.uz.

The doctoral (PhD) dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of the Tashkent State Technical University (Registration number 197). (Address: 2, University str., Tashkent 100095, Uzbekistan. Phone/Fax: (99871) 246-03-41.

Abstract of the dissertation was distributed on «14» january 2021 year.
(mailing report № «1» of «12» january 2021 year)



K.R. Allaev

Chairman of Scientific Council on award of scientific degrees,
Doctor of technical sciences, Professor, Academician

O.X. Ishnazarov

Scientific secretary of the Scientific Council
on awarding scientific degrees,
Doctor of technical sciences, Professor.

M.I. Ibadullaev

Chairman of the scientific seminar under Scientific Council
on awarding scientific degrees,
Doctor of technical sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract of the thesis of the Doctor of Philosophy (PhD))

Object of research are the high-voltage asynchronous engines of pump installations working in a long mode with variable mechanical loading on a shaft.

Object of research is working out of a design procedure and the analysis of key parameters of the high-voltage asynchronous engine, including and thermal parameters.

Scientific novelty of research consists in the following:

The design procedure of key parameters of the high-voltage frequency-regulated asynchronous engine is developed for its stationary operating mode with various values of mechanical loading on a shaft.

The design procedure of thermal processes of the high-voltage frequency-regulated asynchronous engine on the basis of signaling-polar counts is developed; It is realized in the form of a function chart *энергосберегающего* the automated high-voltage frequency-regulated synchronous electric drive working in a mode of economic frequency management.

Practical results of research consist in working out of an engineering design procedure of key parameters of high-voltage frequency-regulated asynchronous engines for their stationary mode for various values of mechanical loading

Reliability of the received results of research. Proves to be true coincidence of the received theoretical and experimental results to use of modern means and techniques of carrying out of researches.

The scientific and practical importance of results of research consists in reception of law of change of electric, power and thermal parameters of high-voltage frequency-regulated asynchronous engines as mechanical power on their shaft;

In the proof of expediency of application energy safety the technical devices providing optimization of power parameters of high-voltage asynchronous engines at various values of their mechanical power on a shaft;

In working out of a design procedure of a thermal condition of the basic active parts of high-voltage frequency-regulated asynchronous engines on the basis of signaling-polar counts.

Structure and dissertation volume. The dissertation work consists of an introduction, five chapters, a conclusion, a bibliography, annexes. The volume of the thesis is 113 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Хашимов О.О., Дусматов Р.К. Исследование пусковых энергетических параметров частотно-регулируемого асинхронного электропривода насосных агрегатов // Проблемы информатики и энергетики. – Ташкент, 2018. № 4. С. 34-38. (05.00.00; №5).
2. Хашимов О.О., Дусматов Р.К. Методика составления графовой модели теплового состояния асинхронного двигателя на основе его эквивалентной тепловой схемы // Вестник Туринского политехнического университета в городе Ташкенте. Выпуск 1/2019. С. 24-27. (05.00.00; № 25).
3. Хамудханов М.М., Абдуллабеков И.А., Дусматов Р.К. Разработка системы автоматического управления насосной установки на основе частотно – регулируемого электропривода // Узбекский журнал «Вестник ТашГТУ».– Ташкент, 2019. – № 2. С. 68-75. (05.00.00; № 16).
4. Hashimov A.A., Dusmatov R.K.. Calculation and analysis of the thermal state of the frequency-controlled induction motor pump unit. International Journal of Advanced Research in Science Engineering and Technology, № 2019 y, s.456-501.(05.00.00; № 08).

II бўлим (II часть; II part)

5. M.M. Khamudkhanov, I.A. Abdullabekov, R.K.Dusmatov, N.B. Khamudkhanov, B.KH. Fayzullayev. Controls of the modes of operation of the pumping station with application of frequency- controlled electric drive. Web of Conferences , II International scientific conference. MIP: Engineering-2020: modernization, innovations, progress: advanced technologies in material science, mecha-nical and automation engineering
6. Умаров Ш.Б., Файзуллаев Б.Х., Дусматов Р.К. Математические модели стабилизированных источников питания на базе инверторов тока. Современные технологии: Актуальные вопросы, достижения и инновации. Пенза 2017. С. 42-46
7. Хашимов О.О. Дусматов Р.К. Энергосберегающей частотно-регулируемый асинхронный электропривод насосных агрегатов. “Проблемы повышения эффективности работы современного производства и энерго - ресурсосбережения”. 3-4октябрь. 2018г Андижан.
8. Хашимов А.А., Дусматов Р.К. Расчет и анализ теплового состояния частотно-регулируемого асинхронного двигателя насосной установки. Международного научно-техническая конференция

- “Энергоэффективность-основа развития энергетики Узбекистана”
21.12.2018. С 45-48.
9. Хашимов А.А., Дусматов Р.К. Некоторые аспекты теплового состояния частотно-регулируемого высоковольтного асинхронного электродвигателя. XXIV Международная научно-практическая конференция. “ИННОВАЦИЯ-2019”.
 10. Хашимов А.А., Дусматов Р.К. Расчет и анализ теплового состояния частотно-регулируемого асинхронного двигателя насосной установки. Международного научно-технической конференция “Энергоэффективность - основа развития энергетики Узбекистана-2019”.
 11. Хамудханов М.М., Дусматов Р.К. Регулировочные свойства системы преобразователь частоты-асинхронный двигатель. Международная научно-практическая конференция «Наука, исследования, разработка» Сборник статей. Познань 2020. С. 84-88.

Автореферат «_____» журнали таҳририятида
таҳрирдан ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнлар ўзаро
мувофиқлаштирилди.

Бичими: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитураси.
Рақамли босма усулда босилди.
Шартли босма табағи: 3. Адади 100. Буюртма № 6/21.

Гувоҳнома № 10-3719
“Тошкент кимё технология институти” босмаҳонасида чоп этилган.
Босмаҳона манзили: 100011, Тошкент ш., Навоий кўчаси, 32-уй.