

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМий ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.03/10.12.2019.Т.03.03 РАҚАМЛИ ИЛМий КЕНГАШ**

НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ

ХОЛБОЕВ ГОЛИБЖОН ОЛИМОВИЧ

**ЭЛЕКТР ТАРМОҚЛАРИНИНГ ТАҚСИМЛАШ ҚУРИЛМАЛАРИДА
АВТОМАТИК ЗАҲИРАЛАРНИ КИРИТИШ ТИЗИМЛАРИНИ
ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

05.05.01 - Энергетика тизимлари ва мажмуалари

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

ТОШКЕНТ-2022

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

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

**Content of dissertation abstract of doctor of philosophy (Phd)
On Technical Sciences**

Холбоев Голибжон Олимович

**Электр тармоқларидаги тақсимлаш қурилмаларида захирани
автоматик қиритиш тизимини такомиллаштириш..... 3**

Холбоев Голибжон Олимович

**Совершенствование систем автоматического ввода резерва на
распределительных устройствах в электрических
сетях..... 24**

Kholboev Golibjon Olimovich

**Improvement of automatic reserve input systems on distribution
devices in electric networks..... 44**

Эълон қилинган ишлар руйхати

Список опубликованных работ

List of pulished works..... 48

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМий ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.03/10.12.2019.Т.03.03 РАҚАМЛИ ИЛМий КЕНГАШ**

НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ

ХОЛБОЕВ ГОЛИБЖОН ОЛИМОВИЧ

**ЭЛЕКТР ТАРМОҚЛАРИНИНГ ТАҚСИМЛАШ ҚУРИЛМАЛАРИДА
АВТОМАТИК ЗАҲИРАЛАРНИ КИРИТИШ ТИЗИМЛАРИНИ
ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

05.05.01 - Энергетика тизимлари ва мажмуалари

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

ТОШКЕНТ-2022

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2021.4.PhD/Т1969 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Навоий давлат кончилик институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.tdtu.uz) ва “ZiyoNet” Ахборот-таълим порталида жойлаштирилган (www.ziyounet.uz).

Илмий раҳбар:

Баранова Марина Петровна
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Худаяров Музаффар Бурхонович,
техника фанлари доктори, катта илмий ходим

Мирзаев Абдурашид Тўхтасинович,
техника фанлари номзоди, доцент

Етакчи ташкилот:

«Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖ

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат техника университети ҳузуридаги DSc03/10.12.2019.Т.03.03Cc03 рақамли Илмий кенгашнинг 2022 йил “__” _____ соат _____ даги мажлисида бўлиб ўтади (Манзил: 100095, Тошкент шаҳри, 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 университетининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (___рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100095, Тошкент шаҳри, Университет кўчаси, 2. тел.: (99871) 246-03-41.)

Диссертация автореферати 2022 йил “__” _____ куни тарқатилган.
(2022 йил “__” _____ даги ___рақамли реестр баённомаси).

К.Р. Аллаев
илмий кенгаш раиси
техника фанлари доктори, профессор, академик

О.Х. Ишназаров
илмий кенгаш илмий котиби
техника фанлари доктори, профессор

Т.Ш. Ғойибов
илмий семинар раиси
техника фанлари доктори, профессор

КИРИШ

(фалсафа доктори (PhD) диссертациясига автореферат)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда электр таъминотидаги узилишлар қимматбаҳо жиҳозларнинг, айниқса электрон бошқариш тизимларининг бутунлай издан чиқишига, уларнинг узоқ вақт туриб қолишига олиб келишини ҳисобга олганда корхона ва ишлаб чиқариш истеъмолчиларини сифатли энергия билан таъминлашга алоҳида аҳамият берилмоқда. Ҳозирги кунда ривожланган мамлакатларда «... юқори тезликда автоматик захираларни киритишни амалга ошириш энергия йўқотишларини камайтиради ва энергия тизимидаги электр жиҳозларининг хизмат муддатини оширади. Натижада, 110-1150 кВ электр узатиш линияларида 74,6 ГВар, 0,4-60 кВ электр узатиш линияларида эса 67 Гвар миқдорида юқори тезликда автоматик захираларни киритиш қурилмаларига эҳтиёж мавжуд»¹. Бу борада, жумладан, минимал кучланиш ҳимояси билан жиҳозланган юқори кучланишли тақсимлаш қурилмаларини яратиш, микропроцессорли бошқариладиган электр таъминоти тизимининг захирасини юқори тезликда автоматик киритиш ва тез ишловчи захирани автоматик киритиш тизимларини ишлаб чиқиш ва юқори кучланишли тақсимлаш қурилмаларидан фойдаланишга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Жаҳонда истеъмолчилар электр таъминотининг ишончлилигини ошириш ва тез ишловчи захирани автоматик киритиш тизимларини ишлаб чиқиш, юқори кучланишли тақсимлаш қурилмаларида микропроцессорли бошқариш қурилмасини такомиллаштириш ва ишончлилигини ошириш, тез ишловчи захирани автоматик улаш тизимини қўллашга қаратилган илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда. Ушбу йўналишда, жумладан, электр таъминоти тизимидаги кучланиш тушуви ёки электр энергияси узатилишидаги узилишлар ва авария ҳолатларида электр энергияси узлуксизлигини таъминлаш бўйича тадқиқотлар устивор ҳисобланади. Шу билан бирга, релели ҳимоя ишлаши ва таъсирлар натижасида электр таъминоти тармоқларида авариялар содир бўлганда истеъмолчи корхонанинг узлуксиз ишлаб туришини таъминлаш, тез ишловчи захирани автоматик киритиш тизимларида юзага келадиган ўткинчи жараёнларни аниқлаш долзарб вазифалардан ҳисобланади.

Мамлакатимизда иқтисодиётнинг муҳим тармоғи бўлган энергетика соҳасини ривожлантириш соҳанинг технологик даражасини янгилаш, жумладан, электр таъминотидаги қисқа муддатли узилишлар вақтида жиҳозларининг барқарор ишлашини таъминлаш ва тез ишловчи захирани автоматик киритиш тизимларини моделлаштириш, истеъмолчиларни узлуксиз ва сифатли электр энергияси билан таъминлаш ва энергия истеъмолини камайтириш ишлари амалга оширилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «...иқтисодиётда энергия ва ресурслар сарфини камайтириш, ишлаб чиқаришга энергия тежайдиган технологияларни кенг жорий этиш, қайта

¹ <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9396323>

тикланадиган энергия манбаларидан фойдаланишни кенгайтириш...»² каби вазифалар белгиланган. Ушбу вазифаларни амалга оширишда, жумладан тез ишловчи захирани автоматик киритиш қурилмаларини такомиллаштириш асосида электр таъминоти самарадорлигини ошириш имконини берувчи ҳамда энергия ва ресурсларни тежашга олиб келувчи тизимларни ишлаб чиқиш муҳим масалалардан ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги «Ўзбекистон Республикасини янада ривожланириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги ПФ-4947-сон Фармони, 2019 йил 22 августдаги «Иқтисодиёт тармоқлари ва ижтимоий соҳанинг энергия самарадорлигини ошириш, энергия тежовчи технологияларни жорий этиш ва қайта тикланувчи энергия манбаларини ривожлантиришнинг тезкор чора-тадбирлари тўғрисида»ги ПҚ-4422 сон, 2017 йил 23 августдаги «Замонавий энергия самарадор ва энергия тежайдиган технологияларни янада жорий этиш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ПҚ-3238 сонли, 2017 йил 8 ноябрдаги «Энергия ресурсларидан оқилона фойдаланишни таъминлаш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ПҚ-3379 сон қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологияларни ривожлантиришнинг II. «Энергетика, энергия ва ресурс тежамкорлик» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Истеъмолчилар электр таъминотининг ишончлилигини ва сифатини оширишга дунёнинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасаларида, жумладан Cambridge University (Буюк Британия), Technische Universität Dresden (Германия), Калифорния технология институти (АҚШ), Москва энергетика институти, Санкт-Петербург политехника университети (Россия), Киев Политехника институти (Украина), Тошкент давлат техника университетидан кенг кўламли илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Жаҳон амалиётида электр юритмалари ва электр таъминоти тизимлари муаммоларини баҳолаш ва ишлаш ишончлилиги куйидаги олимларнинг ишларида ўрганилган: В.А.Андреев, В.Ф. Шишкин, Н.И. Овчаренко, С.И. Степанов, А.В. Беляев, И.В. Белоусенко, Г. Я. Вагин, П.П. Вершинин, И.А. Глебов, А.А. Галитсин, С.И. Гамазин, В.А. Жуков, А.Б. Карабейников, Б.И. Кудрин, Л. Я. Хашпер, М.А. Шаббад, Ж.С. Дас, Ф. Карлссон, Л. Гуасч, Д. Агуилар ва бошқалар.

Республикамизда Ҳ.Ф. Фазилов, Ж.А. Абдуллаев, Т.Х. Насиров, К.Р. Аллаев, Т.Ш. Ғойибов, Р.А. Ситдиқов, Ш.В. Ҳамидов, Ҳошимов, А.Д. Таслимов, О.Х. Ишназаров, О.З.Таиров ва шу каби бошқа олимлар саноат корхоналарини сифатли электр энергияси билан таъминлаш муаммоларини ҳал этиш билан шуғулланиб келмоқдалар.

² Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожланириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида» ги Фармони <https://lex.uz/docs/3107042>

Сезиларли муваффақиятларга қарамай, кон-металлургия саноати асосий технологик жиҳозларининг тўхтатмасдан, замонавий технологияларни қўллаган ҳолда электр таъминоти тизимининг заҳирасини автоматик киритишни такомиллаштириш, шунингдек электр таъминоти тизимидаги авария ҳолатларида электр энергияси узлуксизлигини таъминлаш орқали ишлаб чиқаришнинг иқтисодий самарадорлигини ошириш масалалари етарлича ўрганилмаган. Мазкур ишда, тез ишловчи заҳирани автоматик киритиш тизимларини такомиллаштириш, шунингдек электр таъминоти тизимидаги авария ҳолатларида истеъмолчида электр энергиясининг узлуксизлигини таъминлаш ечимлари таклиф этилган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасаси илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Навоий кон-металлургия комбинати илмий-тадқиқот режасининг №07/2020-Е «Навоий кон-металлургия комбинати объектларида минимал кучланиш ҳимояси билан жиҳозланган юқори кучланишли тақсимлаш қурилмаларида заҳирани автоматик киритиш тизимларини такомиллаштириш» лойихаси доирасида бажарилган (2020-2021).

Тадқиқотнинг мақсади электр таъминоти самарадорлиги ва ишончилигини ошириш учун электр таъминоти тақсимлаш қурилмаларида заҳиранинг автоматик улаш тизимларини такомиллаштиришдан иборат.

Тадқиқот вазифалари:

электр таъминоти самарадорлиги ва ишончилигини ошириш учун электр таъминоти тақсимлаш қурилмаларидаги мавжуд заҳирада автоматик улаш тизимларини таҳлил қилиш;

тез ишловчи заҳирани автоматик улаш тизимлари иш алгоритми ва имитацион моделини ишлаб чиқиш;

тез ишловчи заҳирани автоматик киритиш тизимлари ишлаганда юзага келадиган ўткинчи жараёнларни таҳлил қилиш;

тез ишловчи заҳирани автоматик киритиш тизимларини ишлаб чиқиш ва юқори кучланишли тақсимлаш қурилмаларида қўллаш;

электр таъминотидаги қисқа муддатли узилишлар натижасида ишлаб чиқаришга етказиладиган зарарни техник-иқтисодий асослаш усулини ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида электр таъминотидаги тақсимлаш қурилмаларида тез ишловчи заҳирани автоматик улаш тизими олинган.

Тадқиқотнинг предмети электр таъминотининг тақсимлаш қурилмаларидаги авариялар сабаблари ва режим параметрларини аниқлаш усуллари ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида электротехниканинг назарий асослари, тизимли таҳлил, қарорлар қабул қилиш, ҳисоб-китоблар ва тарқатиш тармоқларини шакллантириш қоидалари, статистик, дифференциал ва интеграл ҳисоблаш ҳамда имитация усуллари қўлланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

тез ишловчи заҳирани автоматик киритиш қурилмаси релели ҳимоя ва элементларнинг боғланишлари асосида такомиллаштирилган;

тез ишловчи заҳиранинг автоматик киритиш тизими самарадорлигини ошириш усули микропроцессорли бошқариш асосида ишлаб чиқилган;

тез ишловчи заҳиранинг автоматик киритиш тизимини бошқариш алгоритми технологик жараённинг талабларинини инобатга олиш асосида ишлаб чиқилган;

электр таъминотидаги авария ҳолатларининг сабаблари ва ҳисоблаш усули дисперсия ва омиллар таҳлили асосида такомиллаштирилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

электр энергияси билан таъминлаш самарадорлиги ва ишончилигини ошириш имконини берувчи заҳирани автоматик улаш технологик тизими такомиллаштирилган;

электр таъминотини таъсир этувчи омилларни аниқлаш асосида тез ишловчи заҳирани автоматик улаш имитацион модели ишлаб чиқилган;

тез ишловчи заҳирани автоматик улаш қурилмасини юқори кучланишли тақсимлаш қурилмаларида қўллаш усули такомиллаштирилган;

марказий тақсимлаш пунктида тез ишловчи заҳирани автоматик улаш тизими рақамли бошқариш асосида техник-иқтисодий кўрсаткичлари аниқланган.

Тадқиқот натижаларининг ишончилиги тез ишловчи заҳирани автоматик улаш тизимининг параметрларини ҳамда уларнинг иш режимлари кўрсаткичларини аниқлашнинг назарий ва амалий усуллари, шунингдек уларни техник-иқтисодий асослашнинг замонавий ёндошув ва усулларидан фойдаланилганлиги, экспериментал тадқиқот натижаларининг бошқа олимлар томонидан эришилган натижаларга моҳиятан мос келиши билан асосланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти тез ишловчи заҳирани автоматик улашнинг такомиллаштирилган тизими, имитация модели ва электр таъминоти ишончилигини оширадиган тақсимлаш қурилмаларида уларнинг ишлаш алгоритминини ишлаб чиқиш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти электр таъминоти самарадорлигини оширишга имкон берадиган ва пировардида ресурсларни тежашга олиб келадиган юқори кучланишли тақсимлаш қурилмаларида тез ишловчи заҳирани автоматик улаш техникасини ишлаб чиқиш ва жорий этиш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Электр таъминоти тизимининг ишончилигини ошириш ва бошқариш усулини такомиллаштириш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

электр тармоқларининг тақсимлаш қурилмаларида тез ишловчи заҳирани автоматик улаш схемаси 4-Гидрометаллургия заводида (Навоий ком-металлургия комбинати ДК 2021 йил 25 июндаги 02-07-05/6659-сон маълумотномаси) жорий қилинган. Натижада, электр таъминоти қисқа муддатли узилишлар ҳолатларида ишга тушириш мосламасининг ишлаш вақтини 37 миллисекундгача қисқартириш имкони яратилган;

технологик жараённинг аварияли тўхтаб қолиши натижасида етказилган зарарни ҳисоблаш усули 4-Гидрометаллургия заводида (Навоий ком-металлургия комбинати ДК 2021 йил 25 июндаги 02-07-05/6659-сон маълумотномаси) жорий қилинган. Натижада технологиянинг тўхтаб қолиши ва қайта ишлаш режасидан ортда қолишидан ишлаб чиқаришга етказиладиган зарарни 2195 тонна рудага камайтириш имкони яратилган;

минимал кучланишдан ҳимояланган юқори кучланишли тақсимлаш қурилмаларида тез ишловчи заҳирани автоматик улаш усули 4-Гидрометаллургия заводида (Навоий ком-металлургия комбинати ДК 2021 йил 25 июндаги 02-07-05/6659-сон маълумотномаси) жорий қилинган. Натижада кучланиш пасайишлари сабабли аварияли тўхташлар йўқлиги йилига 282,9 млн. сўм харажатларни тежаш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари 3 та халқаро ва 3 та республика илмий-амалий анжуманларида апробациядан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича 14 та илмий иш чоп этилган бўлиб, шундан 8 та илмий мақола, жумладан, республика журналларида 7 та ва хорижий журналларда 1 та илмий мақола, компьютер дастурий маҳсулоти учун 1 та сертификат олинган.

Диссертациянинг ҳажми ва тузилиши. Диссертация иши кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 129 бетни ташкил қилади.

ДИССЕРТАСИНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

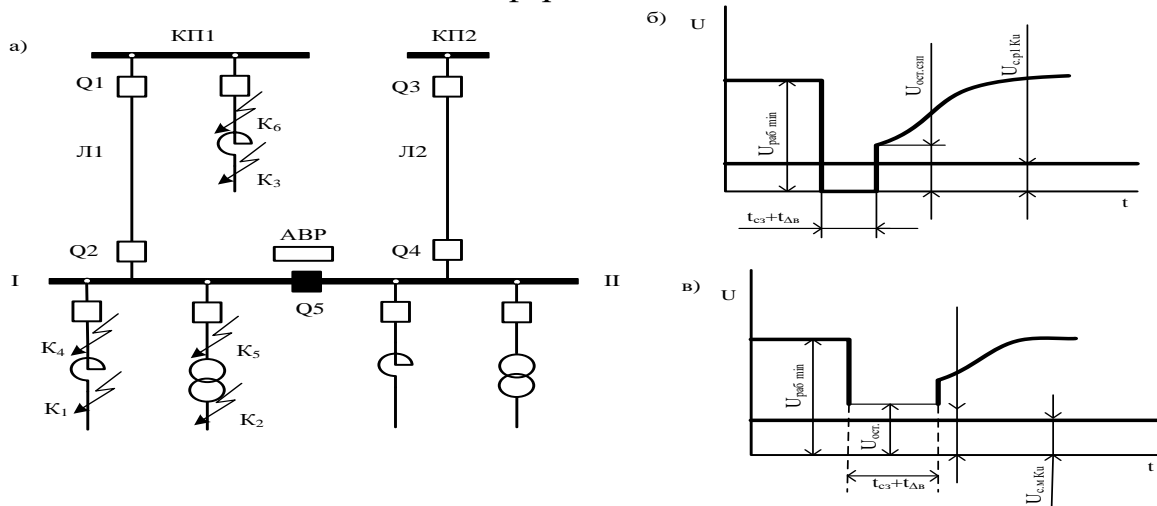
Кириш қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва талаблилиги асосланади, мақсад ва вазифалар шакллантирилади, тадқиқот объекти ва предмети аниқланади, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикаси фан ва техникасини ривожлантиришнинг устувор йўналишларига мувофиқлиги белгиланади, илмий янгилик ва амалий аҳамиятга эга бўлган тадқиқот натижаларини аниқлайди, олинган натижаларнинг ишончлилигини асослайди, олинган натижаларнинг назарий ва амалий аҳамиятини очиб беради, тадқиқот натижаларини амалиётга татбиқ этиш рўйхатини, ишнинг апробацияси натижаларини, маълумотларни очиб беради, шунингдек чоп этилган илмий ишлар ва диссертациянинг тузилиши келтирилади.

Диссертациянинг биринчи бобида **“Заҳирани автоматик киритишни энергия самарадорлигидан фойдаланиш муаммолари ҳолатининг замонавий таҳлили”** турли тоифадаги корхоналарда қисқа муддатли электр таъминотидаги узилишлар таҳлили олиб борилган. Заҳира манбаини автоматик улаш қурилмалари учун асосий параметрлар аниқланди. “Электр қурилмаларининг тузилиш қоидалари”га мувофиқ автоматик ва телемеханик қурилмаларга қўйиладиган талаблар кўриб чиқилди. Ишлаш тамойиллари, ишлайдиган Заҳирани автоматик улаш (ЗАУ) қурилмалари конструкцияси аниқланди ва заҳира манбаини автоматик улашнинг мавжуд тизимлари камчиликлари кўриб чиқилди. Масаланинг жаҳон амалиётидаги ҳозирги ҳолати батафсил таҳлил қилинган. ТИЗАУ қурилмаларининг асосий

функционал вазифалари аниқланган. Амалдаги ЗАУ тизимларининг (АПСШ, тиристорли ЗАУ, SUE3000 билан ЗАУ, HSTDSUE3000 комплекси ва бошқалар) афзалликлари ва камчиликларини қиёсий таҳлил қилиш натижалари келтирилган.

Тадқиқотларни кўриб чиқиш шуни кўрсатадики, асосий ускуналарнинг ишлашини тўхтатмасдан заҳирани автоматик улаш тизимларини замонавий микропроцессор технологияларидан фойдаланган ҳолда металлургия саноатининг технологик жараёнини такомиллаштириш масалалари етарли даражада ўрганилмаган. Саноат корхоналарининг функционал электр жиҳозларини турли хил режимларида электротехник комплексларнинг барқарор ишлашини таъминлашга қаратилган, қисқа ва сезиларли узилишлар ҳолатида электр таъминоти тизимини дастлабки ҳолатига қайтариш имконияти таҳлили ўтказилди. Энергия тизимларининг барқарорлигига қўйиладиган талабларда ҳисобга олинган энг муҳим узилишлар аниқланган ва улар уч гуруҳга (I, II и III) бўлинган.

ЗАУ учун асосий сезиш параметри кучланиш қиймати ҳисобланади. Кўпгина ҳолларда кучланишни пасайтириш ўрнатмалари $0,7U_{ном}$ деб қабул қилинади. Бу шикастланган участкани ажратиш учун коммутация аппаратларини алмашлаб улаш бажариладиган кучланишдир. Одатда максимал токли ҳимоя ҳар доим ҳам қисқа туташувни қисқа вақт давомида юзага келадиган юклама токидан фарқлай олмайди.



1-расм. Икки шинали секцияда заҳирани автоматик улаш схемаси (а), кучланиш графиги (б, в).

1-а расмда ЗАУга мисол келтирилган. Нормал схемага кўра, Q_5 секция ўчиргичи ўчирилган ҳолатда туради, секциялар бир-бирига ўзaro секцияланган. Ҳар бир секция ўз қувват манбаига эга. Q_5 секция ўчиргичи ўчишига қадар, ишлаш принципига кўра, ЗАУ қурилмаси биринчи навбатда, агар у уланган секция шинасида кучланиш йўқолганидан кейин ўчмаган бўлса, Q_2 ёки Q_4 кириш ўчиргичини ўчиради. Қўшиш учун биз минимал кучланиш релесини қўллаймиз. ЗАУ схемасида вақтни кечиктириш учун вақт релеси қўлланилади. Заҳираланган I шина секциясида ЗАУ шина қисмида кучланиш узилиб қолганда Q_5 ни ёқиш буйруғини беради, Q_2 кириш ўчиргичи ўчгандандан сўнг, бир томонлама қувват таъминоти амалга оширилади.

1-б, ва 1-в расмда I шина секциясида кучланишнинг ўзгариши ва ишлаш моменти кўрсатилган:

$$U_{c.p.1} < U_{ост.к.} / (K_{отс} K_u), \quad (1)$$

бунда $K_{отс} = 1, 1 \dots 1, 2$.

K4-K5 тугунларида қисқа туташув содир бўлганда, ЗАУ тақиқланади. Бундай ҳолда, I шина секциянинг кучланиши деярли нолга тушади ва минимал кучланиш релеси ишлаши учун шароит яратилади. ЗАУ схемасидан ёкиладиган Q_5 ўчиргич, ЗАУ пайтида тезлаштирилган реле ҳимоясига эга бўлиши керак. Агар ЗАУ ишлагандан сўнг заҳира манбасидаги юклама ортиши туфайли электродвигател ўз-ўзидан ишга тушмаса унда юкламанинг маълум бир қисмини ўчириш учун минимал кучланиш ҳимоясидан фойдаланиш тавсия этилади.

МДХ мамлакатларида, шунингдек хорижий мамлакатларда ҳам кон металлургия корхоналарини электр таъминоти тизимларининг барқарорлиги бўйича муаммоларнинг ҳозирги ҳолати таҳлили шуни кўрсатдики, кўпгина мамлакатларда электр таъминоти тизими ўткинчи жараёнларнинг давомийлиги, автоматлаштириш қурилмалари эскирганлиги ва электр таъминотининг энергия барқарорлиги учун талабларнинг ортиши билан характерланади.

Диссертациянинг иккинчи бобида **“Заҳирани автоматик улашнинг мавжуд тизимларини такомиллаштириш”**ни ишга тушириш қурилмаларининг (ИТҚ) мавжуд алгоритмлари камчиликлари кўрсатилган бўлиб, қувват қийматларини интеграл тарзда ҳисоблаш муддати узунлиги туфайли тезкорликни амалга оширишга имкон бермайди.

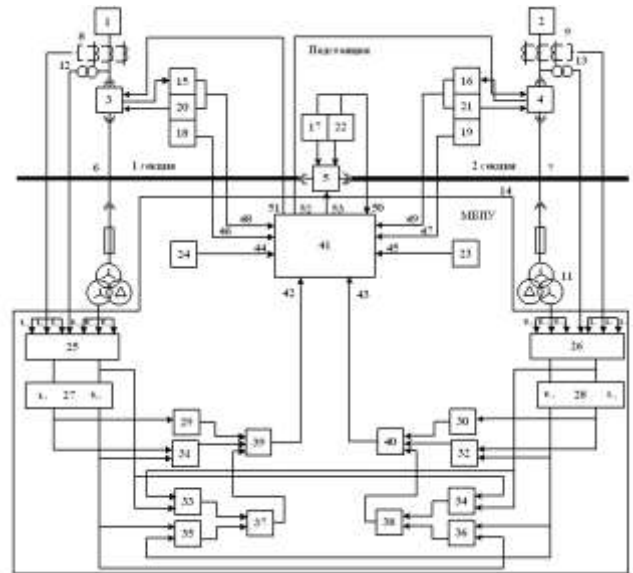
ТҚ манбалари ва истеъмолчилари тармоғида турли хил авария ҳолатларида Тез ишловчи заҳирани автоматик улаш блокировкаси ишлаши учун барча зарур режимларни ҳисобга олган ҳолда, мосламаларининг параметрларини реал вақт режимида ўлчаш билан амалга ошириладиган Тез ишловчи заҳирани автоматик улашнинг икки хил қувват манбалари схемаси билан ишлаш принципи таклиф этилди. Тез ишловчи заҳирани автоматик улашни ишга тушириш усуллари икки вариантда тақдим этилган - "кучланиш бўйича бошлаш" ва "бурчак бўйича бошлаш". Авария жараёнининг бошланиш пайтидаги режимларни ишончли, тез ва аниқ аниқлаш имконини берувчи такомиллаштирилган алгоритм таклиф этилди.

Уч фазали қисқа туташув ҳолатларида Тез ишловчи заҳирани автоматик улаш ишончилигини оширадиган, махсус иш алгоритми билан жиҳозланган қувват йўналишли релесининг ишга тушириш мосламасида қўлланилиши асосланиб берилди. Ушбу усул таъминлаш манбаси томонидаги қисқа туташувларни ажратиш имконини беради.

Электр тармоғидаги ножўя таъсирларда, двигателли юкламаларнинг электр таъминоти ишончилигини ошириш мақсадида, ўзаро таъсир мантиғи ва Тез ишловчи заҳирани автоматик улашнинг асосий созламалари аниқлаб берилди. Самарали созлаш параметрларга эга, аналог ва дискрет сигналлари киритилган, созланган ва ишга туширилган Тез ишловчи заҳирани автоматик улашни ишга тушириш қурилмаси таклиф этилди.



а)



б)

2-расм. ТИЗАУ қурилмасининг физик симуляция модели (а) ва блок диаграммаси (б).

Асосий ва заҳира таъминлаш манбаларига эга бўлган, турли режимларни назорат қилиш мақсадида ток ва кучланиш аналог сигналларини рақамли сигналга айлантириб берадиган функцияли, модернизация қилинган ва зарур бўлганда кириш ва секция ўчиргичларига ўчириш ва қўшиш командаларини берадиган тезкор ишга тушириш қурилмали тизимида Тез ишловчи заҳирани автоматик улаш схемаси ишлаб чиқилди. (2-расм). Ушбу схемага мувофиқ ишга тушириш қурилмаси тавсия этилган алгоритмли дастурий таъминот томонидан бошқарилади. Бундай ҳолда, мустақил энергия манбаига эга бўлган хотира базасида авария ҳолатлари ва подстанция иш режими параметрларининг осциллограммалари сақланади.

Тез ишловчи заҳирани автоматик улаш алгоритмининг асосий вазифаси - технологик жараён электр таъминотини бузмасдан, бир шина секциясидан бошқа бир шина секциясига тезкор ўтказишдан иборат.

Диссертациянинг учинчи бобида **“Заҳирани автоматик улаш жараёнини моделлаштириш ва технологик жараёнларнинг узилишидаги зарарни аниқлаш усули”** Навоий кон-металлургия комбинати акциядорлик жамиятининг синхрон двигателли электр тармоқлари ўткинчи жараёнларини ҳисоблаш усуллари ва ўткинчи жараёнларни ҳисоблашлардаги асосий усулларга бағишланган.

Тез ишловчи заҳирани автоматик улашни ҳисобга олган ҳолда корxonанинг электр таъминоти тизимидаги ўткинчи жараёнлар таҳлил қилинди, синхрон электр двигатель (СД) юкламаларининг параметрларини ҳисобга олган ҳолда асосий ҳисоблаш усуллари аниқланди. Турли координата тизимлари (d, q) ёрдамида СД учун юклама режимлари вектор диаграммаларини қуриш ва ўткинчи жараёнлар вақтида СДларнинг иш режимларини ҳисоблаш шартлари асослаб берилди.

Тез ишловчи заҳирани автоматик улаш тизими ишлаш режимларининг математик модели ва алгоритми ишлаб чиқилди. Қурилманинг ишлаш

режимлари бўйича экспериментал тадқиқотлар ўтказилди. Минимал вақт оралиғида Тез ишловчи захирани автоматик улашнинг оптимал ишлаш режимлари аниқланди. Электр таъминоти қисқа муддатга узилиб қолганда технологик жиҳозларнинг узлуксиз ишлаши мумкинлиги асослаб берилди.

2019-2020 йиллардаги НКМК 4-Гидрометаллургия заводи марказий тақсимлаш пунктининг авариявий тўхталишлари статистик таҳлили асосида, ҳар бир алоҳида ҳолатда ўчиш сабабларини ҳисобга олган ҳолда Тез ишловчи захирани автоматик улашни амалга ошириш зарурати кўрсатилган. Электр қурилмаларнинг авариявий иш режимлари таҳлил қилинганда, 4-Гидрометаллургия заводининг 6кВ кучланишли марказий тақсимлаш пунктида кучланишнинг йўқолишига асосий сабаб “Самарқанд ҳудудий электр тармоқлари” АЖга қарашли 110кВ кучланишли Л-Зармитан ва Л-Ишонч ҳаво электр узатиш тармоқларининг аварияли ўчишлари, ташқи электр тармоғида рўй берадиган кучланиш тушувлари натижасида паст кучланишли асинхрон двигателларнинг ўчиб қолиши, технологик жараёнларнинг узилишига эса асосан юқори кучланишли синхрон двигателларнинг ўчиши кўпроқ сабаб бўлганлиги аниқланди.

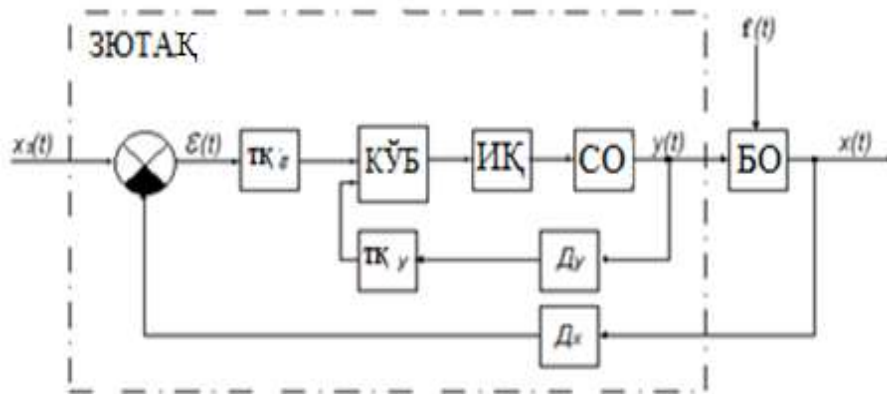
Электр таъминоти узилишларида технологик жиҳозларнинг тўхташидан етказилган зарарни ҳисоблаш усули ишлаб чиқилган бўлиб, унга кўра электр таъминотининг қисқа муддатли узилиш ҳолларида корхонага етказилган зарарни юқори самарадорлик билан ҳисоблаш мумкин.

Тез ишловчи захирани автоматик улашни ўз эҳтиёжи трансформаторига улаш мақсадида ресурсни тежовчи уч фазали трансформатор қўлланилган. Ушбу трансформатор диссертация иши муаллифи томонидан ихтиро қилинган ва Ўзбекистон Республикаси Адлия вазирлиги ҳузуридаги Интеллектуал мулк агентлигининг қарори билан патент берилган (ихтирога патент бериш тўғрисидаги қарор IAP 2021 0342/7 22.10.21й., халқаро патент квалификацияси H01F29/02 (2006.01)).

Уч фазали трансформаторнинг чўлғамларини схемасини танлаш жараёнида экспериментал иш олиб борилди ва оптимал кўрсаткичлар танланди. Юклама сифатида 2,2 кВт қувватли электр двигатели олиниб 0,4 кВ/6 кВ кучайтирувчи трансформатор орқали уланиб текширилди.

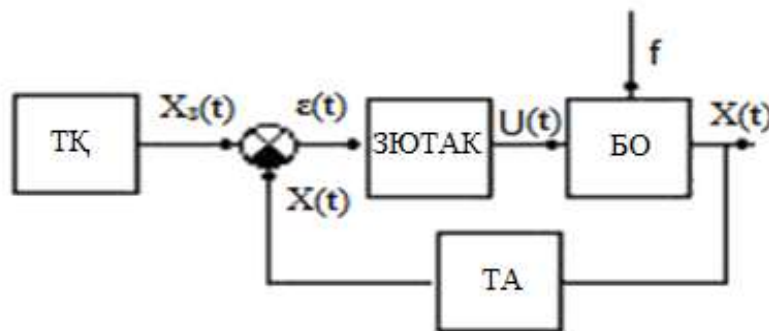
4-Гидрометаллургия заводининг 6кВ кучланишли марказий тақсимлаш пунктида Тез ишловчи захирани автоматик улашни қўллашда бир қатор муҳим ҳисобларни бажариш керак. Аввало, электр таъминоти узилиб қолган пайтдаги ўткинчи жараёнларни, хусусан восита юкламасининг тўхтамасдан ишлашини таъминлашга имкон берадиган вақтни аниқлаш керак.

Автоматик бошқаришнинг вазифаси бошқарув объектида (БО) технологик жараён давомида параметрларнинг маълум бир қийматини сақлаб туришдан иборат. Ушбу ишда захирани юқори тезликда киритиш қурилмаси бўлган СД бошқарув объекти сифатида кўриб чиқилди, бошқариладиган қиймат эса кучланиш бўлиб, унинг рақамли қиймати БО талабларига жавоб бериши керак.



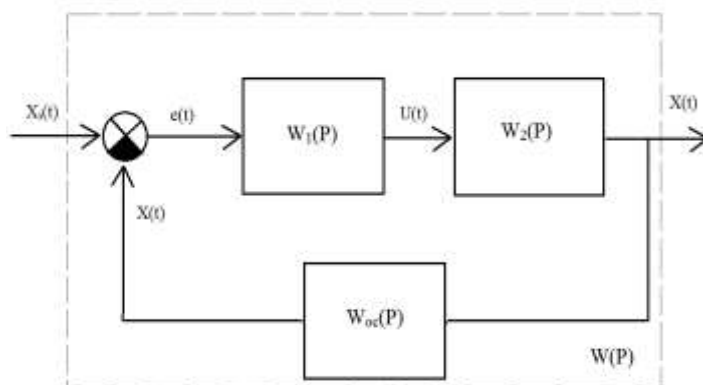
3-расм. Тез ишловчи захирани автоматик улаш қурилмаси билан синхрон двигателнинг кучланишини автоматик тартибга солиш схемаси.

3-расмда Д - сенсор - сигнални ўлчаш учун мўлжалланган; КУ - тузатиш мосламаси; УПБ – кучайтиргич-ўзгартирувчи блок; РО - созлаш органи; ИУ - ижрочи қурилма.



4-расм. Тез ишловчи захирани автоматик улаш қурилмаси Синхрон двигатель (СД) Автоматик тизим бошқаруви (АТБ) схемаси.

Кириш сигнали (кучланиш) $X_s(t)$ АТБ СД чиқишидаги қиймат $X(t)$ билан таққосланади. Таққословчининг чиқишидан фарқ (бурилиш) $e(t) = X_s(t) - X(t)$ захирани юқори тезликда киритиш қурилмасини (АЦП, ЦАП, УУ ва бошқалар) бирлаштирган Р бошқарув мосламасининг киришига берилади. Агар $e(t) \neq 0$, у ҳолда $e(t) = 0$ ёки $X_s(t) = X(t)$. тенглик таъминланмагунча $u(t)$ ишлайдиган бошқарув мосламаси ўзгаради, (4-расм).



5-расм. Синхрон двигатель автоматик тизим бошқарувининг структура схемаси

Тизимнинг $X_s \rightarrow X W(p)$ канал бўйлаб узатиш функциясини аниқлаймиз:
Ушбуни билган ҳолда:

$$e(p) = X_s(p) - X(p) = X_s(p) - W_{oc}(p)X(p) \quad (2)$$

Бошқа томондан,

$$e(p) = \frac{U(p)}{W_1(p)} \quad U(p) = \frac{X(p)}{W_2(p)}$$

Ушбу тенгламалардан ниҳоят қуйидагиларни олиш мумкин:

$$W(p) = \frac{X(p)}{X_s(p)} = \frac{W_1(p)W_2(p)}{1 + W_1(p)W_2(p)W_{oc}(p)} \quad (3)$$

СД тез ишловчи захирани автоматик улашни ўз ичига олган автоматик тизим бошқаруви (АТБ) ни тадқиқот қилиш учун, СД учун олинган, инерцион қисми (паст ўтказувчан филтър) ўз ичига олган узатиш функциялари қўлланилади.

$$W_2(p) = \frac{k_1}{T_s T_M p^2 + T_M p + 1} * \frac{k_2}{T_1 p + 1} \quad (4)$$

ПИ-регуляторининг (Тез ишловчи захирани автоматик улаш) узатиш функцияси қуйидаги формула билан аниқланади:

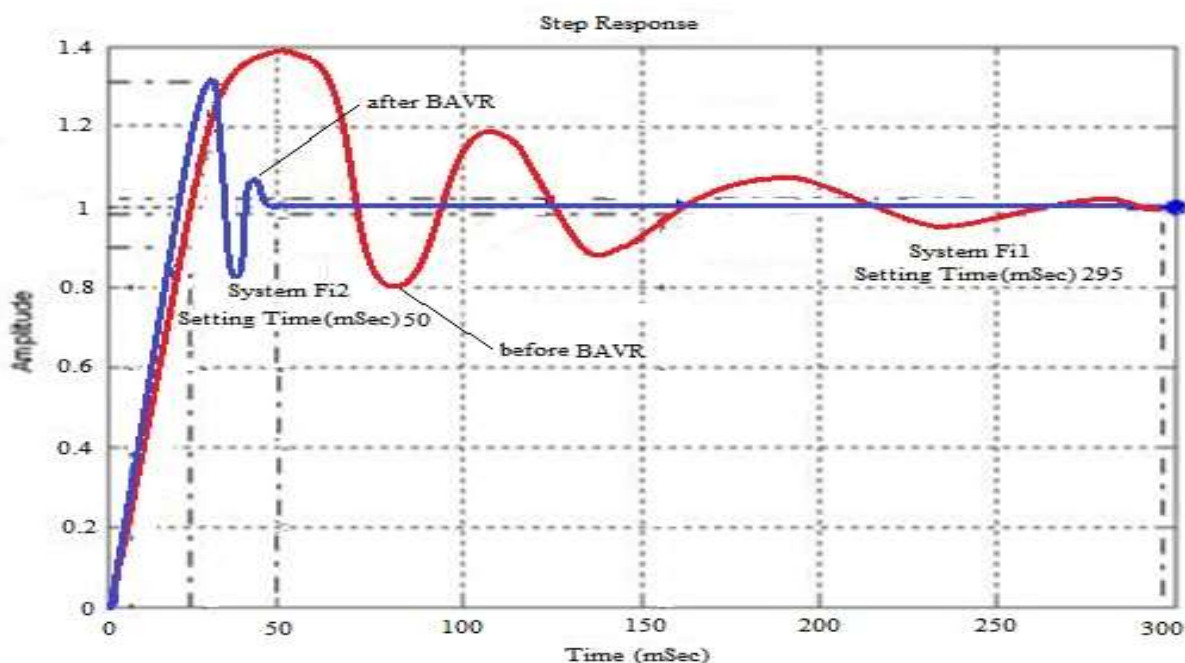
$$W_1(p) = k_p + \frac{k_i}{p} \quad (5)$$

T_s , T_M , T_1 , k_p ва k_i коэффициентлари заифлашув тезлиги эгри чизиғидан аниқланди. $T_1=10,9$; $T_M=10,1$; $T_s=3,05$; $k_1=1,02$; $k_2=1,14$; $k_p=1,21$ ва $k_i=0,098$.

Тескари Лаплас конвертациясидан фойдаланиб, биз тизимнинг ўтиш функциясини аниқлаймиз:

$$h(t) = L^{-1} \left\{ W(p) \frac{1}{p} \right\} \quad (6)$$

ПИД-регулятори ёрдамида автоматик бошқарув тизимининг ўткинчи жараёнининг характеристикасини тузамиз (6-расм):



6-расм. Тез ишловчи захирани автоматик улаш қурилмаси Автоматик ростлаш тизими (АРТ) Синхрон двигателининг ўткинчи жараёни

Натижада учта сифат кўрсаткичининг яхшиланишини кўриш мумкин, жумладан автоматик бошқарув тизими 6 мартага, қайта сошлаш бўйича 10% га камайишга эришилди, тебраниш бўйича эса жараён 3 баробарга яхшиланди.

7-расмда кўрсатилган кириш ўчиргичларини ўчиришни ва секцион ўчиргични қўшишни кўзда тутган I с.ш. Тез ишловчи захирани автоматик улаш алгоритмини амалга ошириш учун бир қатор шартлар бажарилиши керак:

- кувват йўналиш релесидан Тез ишловчи захирани автоматик улаш учун рухсат бўлиши керак, чунки кувват йўналиш релеси фақат электр манбаи томонидан узилиш бўлганда алмашлаб улашга рухсат беради, аксинча I с.ш. ўзида ёки ундан таминланаётган чиқиш тармоқларида аварияли ҳолат юз берса Тез ишловчи захирани автоматик улаш қурилмаси блокланади;

- кириш ўчиргичлари ва секция ўчиргичидан Тез ишловчи захирани автоматик улашга рухсат бўлиши керак;

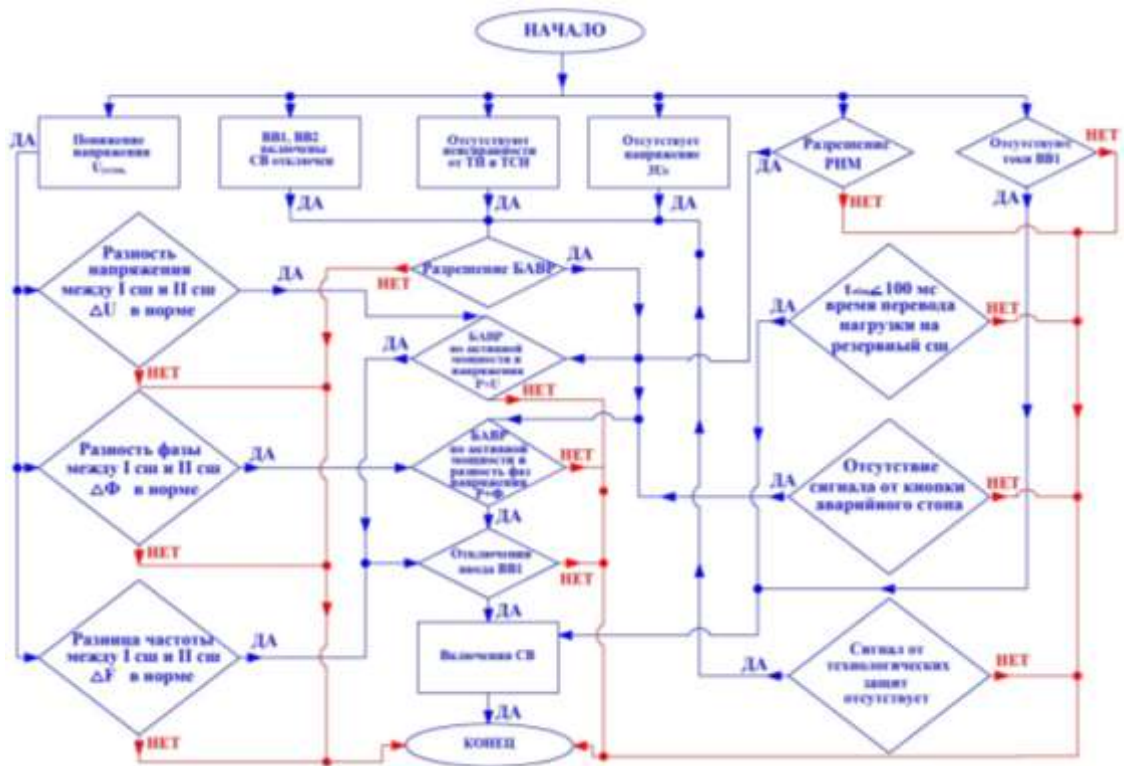
- кучланиш занжирларида ҳеч қандай носозлик, шунингдек, нол кетма-кетлик кучланиши $3U_0$ бўлмаслиги керак;

- I с.ш. да шикастланиш, қисқа туташув бўлмаслиги керак;

- кучланиш частотасининг фарқи I с.ш. ва II с.ш. стандарт қийматлардан ошмаслиги керак;

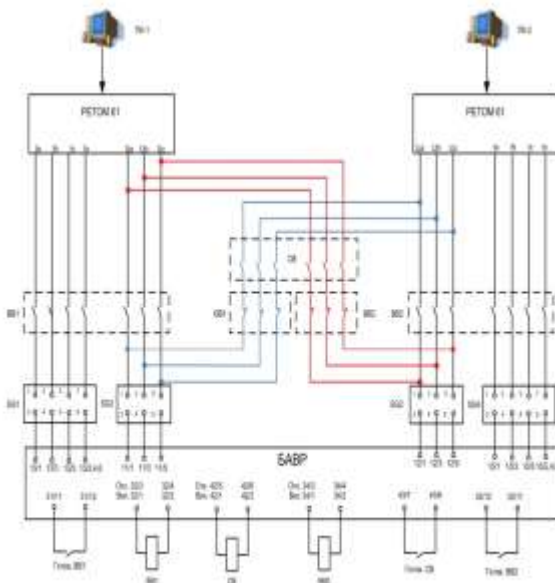
- I с.ш. тўғри кетма-кет кучланиши меъёрий қийматларга тушиши керак;

- кучланишлар фарқи ΔU I с.ш. ва II с.ш. меъёрий қийматларга эга бўлиши керак.



7-расм. Тез ишловчи захирани автоматик улаш ишлаш алгоритми

Тажрибалар учун (6-расмга қаранг) РЕТОМ-61 типдаги иккита синов қурилмаси ишлатилган. Тез ишловчи захирани автоматик улаш қурилмасининг ишга тушириш қурилмасини регистрария қилиш учун икки секцияли подстанциянинг иккита кириш ўчиргичи ва битта секция ўчиргичини ишлашини иммитация қилувчи стенд тайёрланди (8-расмга қаранг).



a)



б)

8-расм. ТИЗАУ ишга тушириш қурилмасини регистрария қилиш структура схемаси (a) ва ТИЗАУ ни физик имитация қилиш модели (б).

Тез ишловчи захирани автоматик улаш қурилмасини I (II) с.ш. ни таминловчи тармоқда юқори кучланиш йўқолганда ва қувват йўналиши бўйича, шунингдек қисқа туташув ҳолатларидаги текширишлар ўтказилди.

Аварияли тўхташлар статистикаси таҳлил қилинди ва носозликларнинг асосий сабаблари аниқланди.

Электр таъминоти узилиб қолганда технологик ускуналарнинг тўхтаб қолиши натижасида етказилган зарарни ҳисоблаш амалга оширилди. Иш жараёнида

4-Гидрометаллургия заводининг 6 кВ кучланишли марказий тақсимлаш пунктида электр таъминотидаги узилишлар натижасида рудани қайта ишлаш ҳажмининг камайиши ва режадан ортда қолаётганлиги таҳлил қилинди ва таҳлиллар бўйича электр таъминотидаги узилишлар туфайли етказилган зарарни ҳисоблаш модели тузилди.

Технологик жараён электр таъминотининг қисқа муддатли узилиши туфайли аварияли тўхтаб қолиши натижасида етказилган зарарни (йўқотишларни) ҳисоблашда биз технологиянинг тўхтаб туриш муддатини ва 4-Гидрометаллургия заводининг марказий тақсимлаш пунктида 1 дақиқада қайта ишланган руда миқдорини, шунингдек, 2020 йилда 1 тонна рудани қайта ишлаш ўртача таннархи кўрсаткичини ҳисобга оламиз.

Бунда, ишлаб чиқаришни қайта ишлаш режасидан орқада қолишини аниқловчи формула қуйидаги кўринишда бўлади:

$$\begin{aligned} W_{\text{общ}} &= W_{\phi} + W_n; & W_n &= W_{\text{общ}} - W_{\phi}; \\ W_{\phi} &= (t_{\text{общ}} - t_{\text{ППР}} - t_{\text{П}} - t_{\text{ПКНЭ}}) \times m_{\phi} \times K_{\text{КИО}}; \\ m_{\phi} &= (V_m \times g_m \times K_{mz} - V_{m2} \times g_{m2} \times K_{mz2}) \times K_{\text{КИО}} \\ W_n &= t_{\text{пкнэ}} \times m \times K_{\text{КИО}} = (t_{\text{КНЭ}} + t_{\text{н.в.}}) \times m \times K_{\text{КИО}}, \\ t_{\text{пкнэ}} &= t_{\text{КНЭ}} + t_{\text{н.в.}} \end{aligned} \quad (7)$$

бу ерда $W_{\text{п}}$ - қайта ишлаш режасидан орқада қолган, тонна; $t_{\text{п}}$ - ишлаб чиқаришнинг тўхтаб қолиши, мин; m - 1 дақиқада қайта ишланган руда миқдори, тонна; $W_{\text{общ}}$ - завод ишлаб чиқариш қуввати, йилига 1 800 000 тонна; W_{ϕ} - йилига қайта ишланган руданинг ҳақиқий ҳажми, тонна; $t_{\text{п.в.}}$ - ички сабабларга кўра технологиянинг тўхтаб қолиши; $K_{\text{КИО}}$ - ускунадан фойдаланиш коэффициенти.

Электр таъминотининг қисқа муддатли узилишларида ускунанинг ишламай қолишидан келиб чиққан ишлаб чиқариш зарарининг тавсифи ва модели тузилди. Бунинг учун 7-формула бўйича ҳисобланган қийматларни ҳисобга оламиз, яъни қайта ишлаш режасидан ($W_{\text{п}}$) ортда қолиш ва 2020 йилда 1 тонна рудани қайта ишлашнинг ўртача қиймати:

$$K = W_{\text{п}} \times n = (W_{\text{общ}} - W_{\phi}) \times K_{\text{кио}} \times n \quad (8)$$

бу ерда K – ишлаб чиқаришнинг тўхтаб туришидан кўрилган зарар, минг сўм; n - 2020 йилда 1 тонна рудани қайта ишлашнинг ўртача қиймати, 129 минг сўм.

Диссертациянинг **“Микропроцессорли Тез ишловчи захирани автоматик улашни жорий этишнинг иқтисодий мақсадга мувофиқлиги”** тўртинчи бобида 4-Гидрометаллургия заводининг марказий тақсимлаш

пунктида Тез ишловчи захирани автоматик улаш тизимини жорий этишнинг иқтисодий мақсадга мувофиқлиги таҳлил асосида кўриб чиқилди.

“Навоий КМК” АЖнинг Зармитан олтин руда зонаси корхоналарининг авариявий тўхтаб қолиши натижасида кўрилган зарар таҳлил қилиниб, асосий сабаб сифатида электр таъминотидаги қисқа муддатли узилишлар эканлиги аниқланди. Тез ишловчи захирани автоматик улашни жорий этишнинг иқтисодий мақсадга мувофиқлигини асослаш бажарилди. Тез ишловчи захирани автоматик улаш жорий этилишидан олдин ва кейин ҳисобланган натижаларидан олинган самара далил асоси сифатида ишлатилди.

Юқори кучланишли тарқатиш тармоқларида микропроцессор блокли тез ишловчи захирани автоматик улаш қурилмаси ва ўта юқори тезликдаги ўчиргичлардан фойдаланиш бўйича тавсиялар ишлаб чиқилди. Ишга тушириш жараёнида тизим ҳолати ва элементларнинг функционал ўзаро таъсири диаграммалари олинди ва шарҳланди.

Ишлаб чиқариш жараёнига Тез ишловчи захирани автоматик улаш қурилмаларини жорий этиш тавсия этилди, иқтисодий самара кўрсатилди ва исботланди, бу корхонага электр таъминотидаги қисқа муддатли узилишлардан етказиладиган зарарни қоплаш харажатларини камайтиришда, электр таъминоти билан таъминланган истеъмолчиларнинг узлуксиз ишлашини таъминлашда ифодаланади. 4-Гидрометаллургия заводининг марказий тақсимлаш пункти электр таъминотидаги узилиш ҳолатларини ўрганиш шуни кўрсатдики, уларнинг барчаси, умуман олганда, қисқа муддатли, аммо технологик жараённи тиклаш учун кўп вақт талаб этилади. Бундай ўчишлар корхоналарга катта зарар етказди.

1-жадвалда умумий тўхташ вақтини, қайта ишлаш режасидан орқада қолишни, шунингдек тўхташдан зарарни пул кўринишида кўрсатадиган, электр таъминотидаги қисқа муддатли узилишлардан технологик жараёнларнинг тўхташ таҳлили маълумотлари келтирилган.

1-жадвал.

2020 йил учун асосий сабаб электр таъминотидаги қисқа муддатли узилишидан бўлган “Навоий КМК” АЖ 4-Гидрометаллургия заводи ишлаб чиқаришининг авариявий тўхтаб қолиши натижасида кўрилган зарарлар таҳлили.

т/р	Ўчириш вақти	Тармоқни ёқиш вақти	технологияни ёқиш вақти	Ўчган ишлаб чиқариш объекти	Технология-лар тўхташи, <i>минутда</i>	Қайта ишлаш режасидан орқада қолиш, <i>тоннада</i>	Пул шаклидаги зарар, <i>сумда</i>
1	21.01.20й. 18:37да	18:3	18:57	4-ГМЗ, бош корпус МБ №1	20	27,1	3 490 209,4
2	21.01.20й. 20:14 да	20:14	20:27	4-ГМЗ, бош корпус МБ №1	13	29,2	3 758 687,0
3	21.01.20й. 23:07да	23:07	23:21	4-ГМЗ, бош корпус МБ№1	14	41,7	5 369 552,9
4	25.01.20й. в 12:50да	17:32	19:12	4-ГМЗ, бош корпус МБ№1	100	208,3	26847 764,6

т/р	Ўчриш вақти	Тармоқни ёқиш вақти	технологияни ёқиш вақти	Ўчган ишлаб чиқариш объекти	Технология-лар тўхташи, минута	Қайта ишлаш режасидан орқада қолиш, тоннада	Пул шаклидаги зарар, сўмда
				4-ГМЗ, бош корпус МБ№1	98	204,2	26310 809,3
5	08.02.20й 19:48да	19:48	20:05	4-ГМЗ, бош корпус МБ№1	17	35,4	4 564 120,0
6	04.03.20да 01:11да	1:11	2:13	4-ГМЗ, бош корпус МБ№1	55	114,6	14766 270,5
				4-ГМЗ, бош корпус МБ№1	62	129,2	16645 614,0
7	20.03.20й. в 08:15	8:15	8:32	4-ГМЗ, бош корпус МБ№1	17	35,4	4 564 120,0
8	20.03.20й. 12:17да	12:17	12:33	4-ГМЗ, бош корпус МБ№1	16	33,3	4 295 642,3
9	21.03.20й. 10:57да	10:57	11:17	4-ГМЗ, бош корпус МБ№1	20	41,7	5 369 552,9
10	29.03.20г. в 23:40	23:40	23:56	4-ГМЗ, бош корпус МБ№1	16	33,3	4 295 642,3
11	31.03.20й. 22:13да	22:13	22:27	4-ГМЗ, бош корпус МБ№1	14	29,2	3 758 687,0
Жами I квартал					7соат. 42мин.	962,5	124036 672,4
12	01.04.20й. 05:47да	5:47	7:00	4-ГМЗ, бош корпус МБ№1	73	147,54	18 995 688
13	08.04.20й. 18:27да	18:27	18:46	4-ГМЗ, бош корпус МБ№1	19	39,6	5 101 075,3
14	08.04.20й. 21:49да	21:49	28:57	4-ГМЗ, бош корпус МБ№1	68	135,6	17 490209,4
15	03.05.20й. 06:31да	6:31	6:48	4-ГМЗ, бош корпус МБ№1	17	35,4	4 564 120,0
16	04.05.20й. 14:45да	15:30	15:45	4-ГМЗ, бош корпус МБ№1	60	125,0	16108 658,8
17	08.05.20й. 18:33да	18:33	20:32	4-ГМЗ, бош корпус МБ№1	43	89,6	11544 538,8
				4-ГМЗ, бош корпус МБ№1	119	247,9	31948 839,9
18	09.05.20й. 01:22да	1:22	1:37	4-ГМЗ, бош корпус МБ№1	15	31,3	4 027 164,7
19	09.05.20й. 06:52да	6:52	7:05	4-ГМЗ, бош корпус МБ№1	13	27,1	3 490 209,4
20	17.05.20й. 13:00да	13:20	13:52	4-ГМЗ, бош корпус МБ№1	32	66,7	8 591 284,7
21	14.06.20й. 19:08да	19:08	19:25	4-ГМЗ, бош корпус МБ№1	17	35,4	4 832 597,6
22	23.06.20й. 15:54да	15:54	16:25	4-ГМЗ, бош корпус МБ№1	91	158,3	20404 301,1
23	23.06.20й. 16:19да	16:39	17:39	4-ГМЗ, бош корпус МБ№1		189,6	24431 465,8
24	26.06.20й. 19:07да	19:07	19:23	4-ГМЗ, бош корпус МБ№1	16	33,3	4 295 642,3
Жами II квартал					10соат. 33мин.	1362,34	175 825 795,44
25	05.09.20й. 17:21да	17:21	17:45	4-ГМЗ, бош корпус МБ№1	24	50,0	6 443 463,5

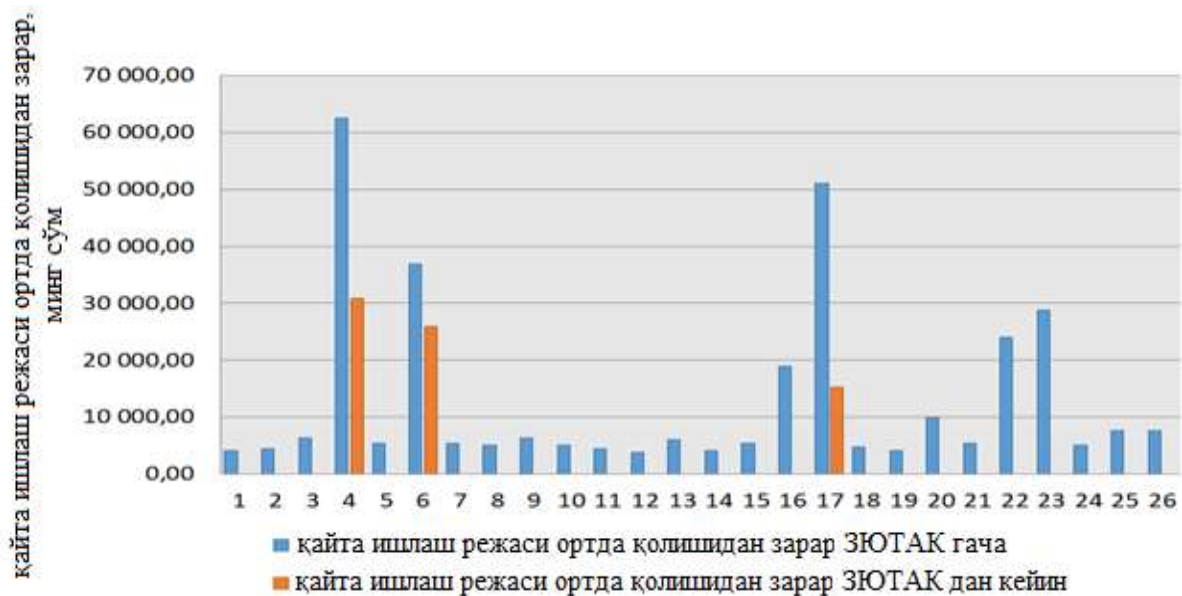
т/р	Ўчириш вақти	Тармоқни ёқиш вақти	технологияни ёқиш вақти	Ўчган ишлаб чиқариш объекти	Технология-лар тўхташи, минута	Қайта ишлаш режасидан орқада қолиш, тоннада	Пул шаклидаги зарар, сўмда
26	08.09.20й. 14:13да	14:13	14:37	4-ГМЗ, бош корпус МБ№1	24	50,0	6 443 463,5
Жами III квартал					0соат. 48мин.	100,0	12886 927,0
Ўчишлар бўлмади							
Жами IV квартал					0соат. 0мин.		
Жами 2020 йил					18соат. 03мин.	2424,64	312 749 394,8

Жадвалдаги маълумотлар таҳлили шуни кўрсатдики, 2020 йилда 110кВ кучланишли ҳаво электр узатиш тармоқларининг ўчиши сабабли электр таъминотидаги қисқа муддатли узилиш туфайли технологик жараёнда 26 та тўхташ содир бўлган. Бу линияларга техник хизмат кўрсатишни “Самарқанд ҳудудий электр тармоқлари корхонаси” АЖ амалга оширади. Технологик линияларнинг умумий тўхтаб қолиш муддати 18 соат 03 дақиқани, қайта ишлаш режаси бўйича ортада қолгани эса 2424,64 тоннани ташкил этди. 2020 йилда технологияг тўхтаб қолиши натижасида кўрилган зарар 312,75 миллион сўмни ташкил этди.

Қуйидаги қиёсий графиклар 4-Гидрометаллургия заводининг марказий тақсимлаш пунктида Тез ишловчи заҳирани автоматик улашни жорий этиш самарадорлигини кўрсатади.



9-расм. 4-ГМЗ 6кВ кучланишли марказий тақсимлаш пунктида Тез ишловчи заҳирани автоматик улаш ишга туширилгунга қадар (2020) ва ишга туширилгандан кейин (2021) рудани қайта ишлаш режасидан орқада қолиш натижаларининг қиёсий графиги.



10-расм. 4-ГМЗ 6кВ кучланишли марказий тақсимлаш пунктида Тез ишловчи заҳирани автоматик улаш жорий қилинганидан олдин (2020) ва кейин (2021) рудани қайта ишлаш режасининг орқада қолиши натижасида етказилган зарар.

9-расмдан 4-Гидрометаллургия заводи 6кВ кучланишли марказий тақсимлаш пунктида Тез ишловчи заҳирани автоматик улаш тизимини жорий қилиш рудани қайта ишлаш режасидан ортда қолишнинг 2193,6 тоннага қисқаришига олиб келиши, 10-расмдан эса қайта ишлаш режасидан ортда қолишдан келиб чиқадиган зарарнинг 282,98 млн. сўмга камайиши кўриниб турибди.

ХУЛОСА

«Электр тармоқларидаги тақсимлаш қурилмаларида заҳирани автоматик киритиш тизимини такомиллаштириш» мавзисидаги техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертация бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижалари асосида қўйидаги хулосалар тадим этилган:

1. Навоий кон-металлургия комбинатининг турли тоифадаги бўлинмаларида электр таъминотидаги узилишлар оқибатлари таҳлили ўтказилган ва тез ишловчи заҳирани автоматик улаш қурилмаларининг асосий функционал вазифаларига аниқлик киритилган. Мавжуд заҳирани автоматик улаш тизимларининг афзалликлари ва камчиликларини қиёсий таҳлили қилинган. Натижада, ишончлилиги ошиши керак бўлган истеъмолчилар учун электр таъминоти схемаларига қўйиладиган талаблар аниқланган ва замонавий микропроцессорли қурилмалар катта имкониятларга эга эканлигини изоҳлаб берилган.

2. Навоий кон-металлургия комбинатига қаршли 4-гидрометаллургия заводининг электр таъминоти тизимининг тез ишловчи заҳирани автоматик улашни ўтқинчи жараёнларнинг таҳлили ўтказилган. Натижада синхрон

моторларнинг электр таъминоти тизимларини самарадорлигини ошириш бўйича асосий усуллар аниқланган.

3. Тез ишловчи захирани автоматик улаш тизимининг ишлаш режимлари учун имитация модели ва бошқариш алгоритми ишлаб чиқилган. Натижада минимал коммутация вақти билан тез ишловчи захирани автоматик улашнинг самарали ишлаш режимлари аниқланган ва электр таъминотидаги қисқа муддатли узилишларда технологик ускуналарнинг узлуксиз ишлаши мумкинлиги асосланган.

4. Навоий кон-металлургия комбинатига қарашли 4- гидрOMETаллургия заводи авариявий тўхташларининг статистик таҳлили ўтказилган. Натижада тез ишловчи захирани автоматик улашни жорий этиш зарурати кўрсатилган ва электр таъминотидаги узилишларда технологик жиҳозларнинг тўхтаб қолиши натижасида етказилган зарарни ҳисобга олиш методикаси ишлаб чиқилган.

5. Фавқулодда вазиятларда технологик жараёнларнинг узлуксизлигини таъминловчи ва технологик жараённинг тўхтаб қолиш вақтини қисқартирувчи минимал кучланиш ҳимояси билан жиҳозланган микропроцессорли тез ишловчи захирани автоматик улашни қўллаш бўйича амалий тавсиялар ишлаб чиқилган. Натижада 4-ГМЗ корхонасида олтин сақловчи рудаларни қайта ишлаш ҳажмини йилига 2195 тоннага ошириш имкони яратилган.

6. Навоий кон-металлургия комбинатига қарашли 4-гидрOMETаллургия заводининг 6кВ кучланишли марказий тақсимлаш пунктида тез ишловчи захирани автоматик улаш тизими жорий этилган. Натижада электр таъминотидаги қисқа муддатли узилишларда корхонага етказиладиган зарарни йилига 282,9 млн. сўмгача камайтириш имкони яратилган.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
ДОКТОРА НАУК DSc.03/10.12.2019.Т.03.03 ПРИ
ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ
УНИВЕРСИТЕТЕ**

НАВОИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ

ХОЛБОВЕВ ГОЛИБЖОН ОЛИМОВИЧ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВВОДА
РЕЗЕРВА НА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ В
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ**

05.05.01 – Энергетические системы и комплексы

**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 номером B2021.4.PhD/T1969.

Докторская диссертация выполнена в Навоийском государственном горном институте.

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

Научный руководитель:	Баранова Марина Петровна доктор технических наук, профессор
Официальные оппоненты:	Худаяров Музаффар Бурхонович, доктор технических наук, старший научный сотрудник Мирзаев Абдурашид Тухтасинович, кандидат технических наук, доцент
Ведущая организация:	АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат»

Защита диссертации состоится «__» _____ 2021__ г. в ____ 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 - ____). (Адрес: 100095, Ташкент, ул. Университетская, 2. тел.: (99871) 246-03-41.)

Автореферат диссертации разослан «__» _____ 2021 года.
(протокол рассылки № «__» от «__» _____ 2021 г.)

К.Р. Аллаев
председатель научного совета
д.т.н., профессор, академик

О.Х. Ишназаров
ученый секретарь научного совета
д.т.н., профессор

Т.Ш. Гайибов
председатель научного семинара
д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация к диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире проблема качественного энергоснабжения предприятий и промышленных потребителей -- весьма актуальная задача с учетом того, что сбои в подаче электроэнергии могут привести к полному выходу из строя и длительному простоем дорогостоящего оборудования, особенно систем электронного управления. В настоящее время в нашей стране и за рубежом большое внимание уделяется исследованиям «...причин сбоев в электроснабжении ...»³, которые часто приобретают массовый характер. В частности, анализ процесса электроснабжения Навоийского горно-металлургического комбината (НГМК) показывает, что любые нарушения процесса электропитания приводят к снижению производственных показателей предприятия из-за остановок основного технологического оборудования.

В современном мире схема электроснабжения потребителей должна обладать повышенной надежностью, поэтому падения напряжения или полное прекращение подачи электропитания являются самыми значимыми проблемами производственного цикла. Основной причиной, из-за которой нарушается устойчивость электроснабжения предприятий, в том числе обогащательных отраслей, являются кратковременные перебои в электропитании, которые происходят из-за аварий в сетях снабжения при срабатывании релейной защиты и других воздействий.

Исследования в этой области, в том числе вопросы обеспечения стабильной работы технологического процесса и основного оборудования гидromеталлургического производства при кратковременном нарушении электроснабжения, являются приоритетными. В связи с этим для рассматриваемой отрасли одной из важнейших задач является повышение эффективности и надежности систем энергоснабжения технологического оборудования за счёт совершенствования систем быстродействующих автоматических вводов резерва (БАВР).

В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017-2021 годы отмечены задачи «...сокращения энергоёмкости и ресурсоемкости экономики, широкое внедрение в производство энергосберегающих технологий, расширение использования возобновляемых источников энергии ...»⁴. Реализация этих задач, развитие цифровых технологий, в том числе разработка систем на основе усовершенствованных конструкций быстродействующих АВР, позволяющих повысить эффективность электроснабжения и приводящих к энерго- и ресурсосбережению, являются одними из наиболее важных вопросов.

Данное диссертационное исследование в определенной степени приводит к выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан № УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по

³ Сравнение основных причин перебоев электроснабжения в США и Европе. <http://digitalsubstation.com/blog/2015/10/15/sravnenie-osnovnyh-prichin-narusheniya-elektrosnabzheniya-v-ssha-i-evrope/>

⁴ Указ Президента Республики Узбекистан № УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан» <https://lex.uz/docs/3107042>

дальнейшему развитию Республики Узбекистан», Постановлениях Президента Республики Узбекистан № ПП-4422 от 22 августа 2019 года «Об ускоренных мерах по повышению энергоэффективности отраслей экономики и социальной сферы, внедрению энергосберегающих технологий и развитию возобновляемых источников энергии», № ПП-3238 от 23 августа 2017 года «О мерах по дальнейшему внедрению современных энергоэффективных и энергосберегающих технологий», № ПП-3379 от 8 ноября 2017 года «О мерах по обеспечению рационального использования энергоресурсов» и Постановлении Кабинета Министров от 12 января 2018 года №22 «О дополнительных мерах по совершенствованию порядка использования электроэнергии и природного газа», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в этой сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики: П. «Энергетика, энерго- и ресурсосбережение».

Степень изученности проблемы. В ведущих научных центрах и высших учебных заведениях мира, в том числе, Cambridge University (Великобритания), Technische Universität Dresden, (Германия), Калифорнийском технологическом институте (США), Московском энергетическом институте, Санкт-Петербургском политехническом университете (Россия), Киевском политехническом институте (Украина), Ташкентском государственном техническом университете ведутся широкомасштабные научно-исследовательские работы по повышению качества и оценке надёжности электроснабжения в электрических сетях.

В мировой практике проблемы оценки и надёжности работы электродвигателей и систем электроснабжения исследовали следующие ученые: В.А.Андреев, В.Ф. Шишкин, Н.И. Овчаренко, С.И. Степанов, А.В. Беляев, И.В. Белоусенко, Г.Я. Вагин, П.П. Вершинин, И.А. Глебов, А.А. Галицин, С.И. Гамазин, В.А. Жуков, А.Б. Карабейников, Б.И. Кудрин, Л.Я. Хашпер, М.А. Шабад, J.C. Das, F. Carlsson, L. Guasch, D. Aguilar и др.

В нашей республике вопросами управления режимами качества электроэнергии и надёжности электроснабжения в электрических сетях занимались и занимаются такие ученые, как Х.Ф. Фазылов, Ж.А. Абдуллаев, Т.Х. Насиров, К.Р. Аллаев, Т.Ш. Гайибов, Р.А. Ситдииков, Ш.В. Хамидов и др. Решением задач качественного электроснабжения промышленных предприятий занимаются Ф.А. Хашимов, А.Д. Таслимов, О.Х. Ишназаров, О.З. Таиров и др.

Несмотря на значительные успехи, недостаточно изученными являются вопросы совершенствования систем автоматического ввода резерва без остановки основного технологического оборудования горно-металлургического производства с применением современных технологий, а также повышения экономической эффективности производства в целом при обеспечении бесперебойного питания во время аварийных ситуаций в системе электроснабжения.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация.

Диссертационное исследование выполнено в рамках проектов, включенных в план научно-исследовательских работ Навоийского горно-металлургического комбината (протокол №16507 от 28.12.19г НТС НГМК, приказ НГМК №5 от 04.01.2020 г) 07/2020-Э «Совершенствование схемы автоматического включения резерва на высоковольтных распределительных устройствах, оснащенных защитой минимального напряжения на объектах НГМК» (2020-2021).

Целью исследования является совершенствование работы функционирования систем автоматического ввода резерва на распределительных устройствах в электрических сетях для повышения эффективности и надёжности электроснабжения.

Задачи исследования:

анализ существующих систем и устройств автоматического ввода резерва на распределительных устройствах в электрических сетях для повышения эффективности и надёжности электроснабжения для их усовершенствования;

разработка имитационной модели и алгоритма работы систем быстродействующего автоматического ввода резерва;

исследование и анализ переходных процессов при действии быстродействующего автоматического ввода резерва в системах электроснабжения НГМК;

разработка и внедрение систем быстродействующего автоматического ввода резерва на высоковольтных распределительных устройствах;

технико-экономическое обоснование ущерба производства от кратковременных нарушений электроснабжения для технологического оборудования НГМК. Оценка экономической целесообразности внедрения микропроцессорного быстродействующего АВР.

Объектом исследования являются системы и устройства быстродействующего автоматического ввода резерва на распределительных устройствах в электрических сетях.

Предметом исследования являются : статистика аварийных остановок и установление основных причин аварий на распределительных устройствах в электрических сетях для повышения эффективности и надёжности электроснабжения и их усовершенствования.

Методика исследований основана на положениях теоретических основ электротехники, методах системного анализа, принятия решений, расчётов и формирования распределительных сетей. Поставленные задачи решались применением статистических методов, методами дифференциального и интегрального исчисления, имитационного моделирования с использованием программного пакета Matlab и др.

Научная новизна диссертационного исследования:

усовершенствована система функционирования устройств быстродействующего АВР в комплексе с другими системами релейной

защиты и автоматики, раскрывающая взаимосвязи между их основными функциональными элементами при разных режимах работы;

разработана методика повышения эффективности автоматического ввода резерва на высоковольтных распределительных устройствах, которая улучшает показатели качества электроснабжения;

разработана имитационная модель и алгоритмы режимов работы систем быстродействующего автоматического ввода резерва;

выполнен статистический анализ аварийных остановок и установлены основные причины аварий электроснабжения предприятий НГМК, обоснована необходимость внедрения БАВР.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

усовершенствована технологическая система АВР, позволяющая повысить эффективность и надёжность электроснабжения объектов НГМК;

разработана имитационная модель быстродействующего автоматического ввода резерва для изучения влияющих факторов в схемах электроснабжения;

разработана методика по применению БАВР на высоковольтных взаиморезервируемых распределительных устройствах;

внедрена система быстродействующего АВР в производственный процесс на ЦРП-6кВ гидromеталлургического завода №4 Навоийского горно-металлургического комбината, что привело к снижению ущерба предприятия.

Достоверность результатов исследований. Достоверность научных результатов обоснована сравнительным анализом имитационной модели, теоретических и экспериментальных данных, подтвержденных аналитическими выражениями, а также внедрением методов эффективного автоматического ввода резерва на высоковольтных распределительных устройствах.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость исследования обосновывается разработкой усовершенствованной системы автоматического включения резерва, имитационной модели и алгоритма их работы на распределительных устройствах, повышающих надёжность электроснабжения.

Практическая значимость результатов исследования заключается в разработке и внедрении методики автоматического ввода резерва на высоковольтных распределительных устройствах, позволяющей повысить эффективность электроснабжения и приводящей, в конечном итоге, к ресурсосбережению.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных научных результатов по повышению надёжности электроснабжения на гидromеталлургическом заводе №4 Навоийского горно-металлургического комбината:

внедрена схема быстродействующего автоматического ввода резерва на распределительных устройствах электрических сетей (справка «Навоийского горно-металлургического комбината» 02-07-05/6659 от 25 июня 2021 года). В результате создана возможность существенно сократить время срабатывания

пускового устройства при кратковременных нарушениях электроснабжения;
принят метод расчета ущерба за счет аварийных остановок технологического процесса (справка «Навоийского горно-металлургического комбината» 02-07-05/6659 от 25 июня 2021 года). В результате создана возможность сокращения ущерба производства от простоя и отставания от плана переработки на 2195 тонн руды;

внедрена методика по автоматическому включению резерва на высоковольтных распределительных устройствах, оснащенных защитой минимального напряжения (справка «Навоийского горно-металлургического комбината» 02-07-05/6659 от 25 июня 2021 года). В результате создана возможность экономии затрат на аварийные остановки за счет отсутствия просадок напряжения в размере 282,9 млн. сумов в год;

внедрена в учебный процесс и практику научных исследований при подготовке магистерских и аспирантских диссертаций в ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет» —имитационная модель быстродействующего АВР для изучения различных факторов и параметров в схемах электроснабжения и методика применения устройства БАВР на высоковольтных взаиморезервируемых РУ (акт внедрения, утвержденный ректором ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет»).

Апробация работы. Результаты исследования были обсуждены на 3 международных и 3 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов. По теме диссертации опубликовано 14 научных работ, из них 8 научных статей, в том числе 7 -- в республиканских журналах и 1-в зарубежном журнале, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией РУз для публикации основных научных результатов докторских диссертаций (PhD) , получено 1 свидетельство на программный продукт для ЭВМ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы, приложения. Объем диссертации составляет 120 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и востребованность темы диссертации, сформулированы цели и задачи, выявлены объект и предмет исследования, определено соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, изложены научная новизна и практически важные результаты исследования, обоснована достоверность полученных результатов, раскрыты теоретическая и практическая значимость полученных результатов, приведены перечень внедрений в практику результатов исследования, результаты апробации работы, сведения по опубликованным научным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **“Анализ современного состояния проблемы энергоэффективного использования автоматического ввода резерва”** проведен анализ кратковременных нарушений электроснабжения на предприятиях различных категорий. Определены основные параметры, предъявляемые к устройствам автоматического ввода резервного питания. Рассмотрены требования к автоматическим и телемеханическим устройствам согласно «Правилам устройства электроустановок (ПУЭ)». Определены принципы действия конструкции действующих устройств АВР и выявлены недостатки существующих систем автоматических включений резервного питания. Проведен подробный анализ современного состояния вопроса в мировой практике по данному направлению исследований. Определены основные функциональные задачи устройств БАВР. Представлены результаты сравнительного анализа достоинств и недостатков существующих систем АВР (АПСШ, тиристорного АВР, АВР со SUE3000, комплекса HSTDSUE3000 и др).

Проведенный обзор исследований показывает, что недостаточно изучены вопросы по совершенствованию систем автоматического ввода резерва без остановки работы основного оборудования и технологического процесса металлургического производства с применением современных микропроцессорных технологий. Проведен анализ способности возвращения энергосистемы в исходное состояние при малых и значительных возмущениях, от которой зависит обеспечение устойчивой работы электротехнических комплексов в различных режимах функционирования электрооборудования промышленных предприятий. Определены наиболее важные возмущения, которые учитываются в требованиях к устойчивости энергосистем, и они разделены на три группы (I, II и III).

Основным реагирующим параметром для АВР считается величина напряжения. В большинстве случаев уставка по снижению напряжения принимается $0,7 U_{ном}$. Это то напряжение, при котором производятся переключения коммутационных аппаратов для отсечения поврежденного участка. Обычная максимально токовая защита не всегда может отличить короткое замыкание (КЗ) от токов перегрузки, возникающих кратковременно.

На рис. 1.а приведен пример АВР. По нормальной схеме секционный выключатель Q_5 находится в отключенном состоянии, секции между собой взаимозависимы. У каждой секции имеется свой источник питания. До отключения секционного выключателя Q_5 , по принципу действия устройство АВР сначала отключает вводный выключатель Q_2 или Q_4 , если он ещё не отключен после потери напряжения на секции шин, на которую он подключен. Для пуска применяем реле минимального напряжения. Для выдержки времени в схеме АВР применяется реле времени. В случае с резервируемой I секцией шин, АВР дает команду на включение Q_5 в случае исчезновения напряжения на секции шин, после отключения ввода Q_2 – выполняется одностороннее питание.

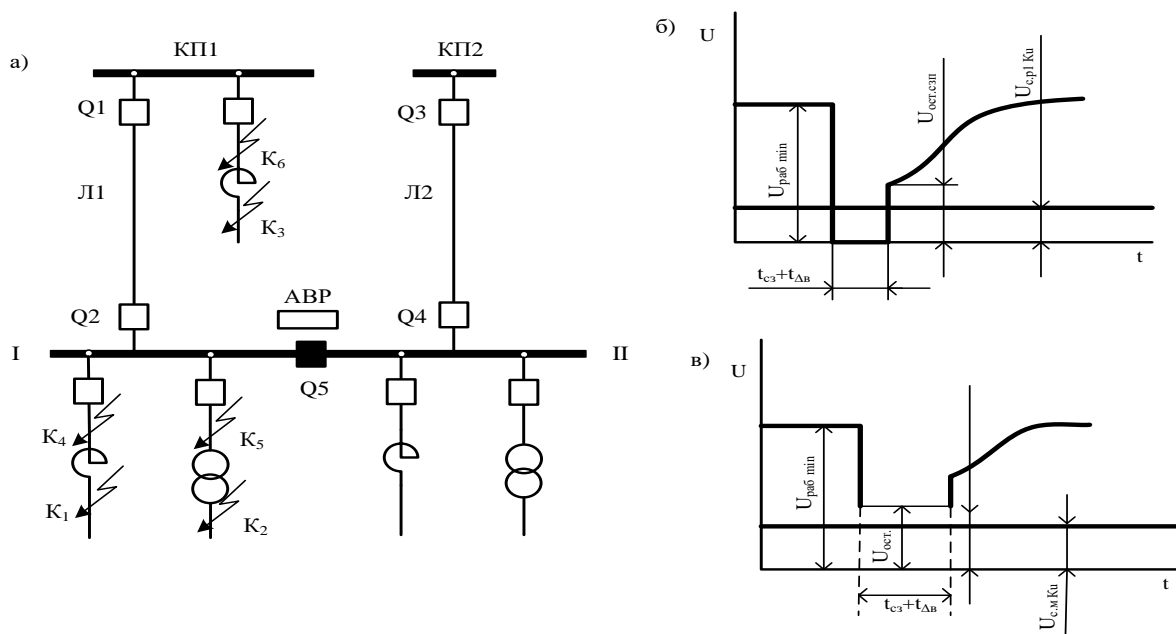


Рис. 1. Схема с двумя секциями шин с АВР (а), графики напряжения (б, в).

На рис. 1. б,в, представлено изменение напряжения на I секции шин и момент срабатывания:

$$U_{с.п.1} < U_{отс.к.} / (K_{отс} K_u), \quad (1)$$

где $K_{отс} = 1, 1 \dots 1, 2$.

В случае КЗ в узлах K_4 - K_5 запрещается действие АВР. При этом напряжение I секции шин уменьшается почти до нуля и создается условие для срабатывания реле минимального напряжения. Выключатель Q_5 , который включается от схемы АВР, обязательно должен иметь релейную защиту с ускорением при действии АВР. В случае, когда после отработки АВР на резервном источнике из-за перегруза не происходит самозапуск электродвигателей, тогда рекомендуется использовать защиту минимального напряжения для отключения части нагрузки.

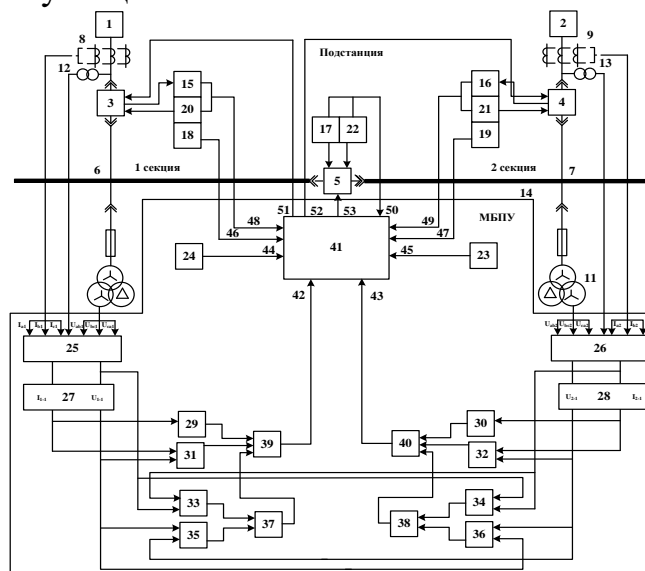
На основе анализа зарубежного и отечественного опыта использования БАВР определены цели и задачи исследования диссертационной работы.

Во второй главе диссертации «**Усовершенствование существующих систем автоматического ввода резерва**» показаны недостатки существующих алгоритмов пусковых устройств (ПУ) БАВР, которые не позволяют реализовать быстрое действие из-за длительности вычисления значений мощности интегральным путем.

Предложен принцип действия БАВР со схемой двух разных источников питания, с измерением в режиме реального времени параметров вводов РУ, с учетом всех необходимых режимов для срабатывания блокировки БАВР при различных аварийных режимах в сети источника и потребителей РУ. Способы пуска БАВР представлены в двух вариантах – «пуск по напряжению» и «пуск по углу». Предложен улучшенный алгоритм, позволяющий определять режимы надежно, быстро и точно в начале аварийного процесса.

Обосновано применение в пусковом устройстве реле направления мощности, снабженное особым алгоритмом работы, повышающим надежность работы БАПР в случаях трехфазных КЗ. Такой способ позволяет различить КЗ на шинах с питающей стороны.

Определены логика взаимодействия и оптимальные значения основных настроек БАПР для повышения надежности электроснабжения двигательной нагрузки при коротких возмущениях в сети. Предложен вариант ПУ БАПР с эффективной настройкой параметров, вводом аналоговых и дискретных сигналов, проведением наладки и эксплуатацией.



а)

б)

Рис.2 .Физическая имитационная модель (а) и структурная схема (б) устройства БАПР.

Разработана схема БАПР в системе с основными и резервными источниками питания, модернизированным быстродействующим ПУ, с функциями преобразования аналоговых сигналов тока и напряжения в цифровые сигналы для осуществления контроля различных режимов и, при необходимости, срабатывания БАПР, подачи команды на отключение вводов и синхронного включения секционного выключателя (рис. 2). При такой схеме работа пускового устройства управляется программным обеспечением с предлагаемым алгоритмом. В этом случае осуществляется регистрация аварийных событий с сохранением осциллограммы и параметров режима работы ПС в энергонезависимой памяти.

Основная задача алгоритма БАПР заключается в быстром переключении одной секции шин на другую без нарушений электропитания технологического процесса.

Третья глава диссертации **“Моделирование процесса автоматического ввода резерва и методика определения ущерба при нарушениях технологического процесса”** посвящена методам расчета переходных процессов электрических сетей Навоийского горно-металлургического комбината с синхронной двигательной нагрузкой и основным допущениям при расчетах переходных процессов.

В ходе работы проанализированы переходные процессы в системах электроснабжения предприятий при использовании в этих системах БАВР, определены основные допущения при выполнении расчетов с учетом параметров синхронного электродвигателя (СД). Для СД обоснованы условия построения векторных диаграмм для режимов нагрузок и для расчета режимов работы синхронных двигателей в момент переходных процессов с использованием разных систем координат (d, q).

Проведены экспериментальные исследования режимов работы устройства. Определены режимы работы БАВР в минимальных диапазонах времени. Обоснована возможность бесперебойной работы технологического оборудования при кратковременном прекращении электроснабжения (КНЭ).

На основе статистического анализа аварийных остановов ЦРП ГМЗ-4 НГМК за 2019-2020 гг., с учетом причин отключений в каждом случае, показана необходимость внедрения быстродействующего АВР. При анализе аварийных режимов работы электрооборудования установлено, что основной причиной потери напряжения в секциях ЦРП-6кВ является отключение двух электроснабжающих ЛЭП-110 кВ Л-Зармитан и Л-Ишонч Самаркандской ПТЭС, при провалах напряжения во внешней сети отключались низковольтные АД, а причиной нарушений технологических процессов являются высоковольтные СД.

Разработана методика учёта ущерба от простоев технологического оборудования при сбоях в электроснабжении, по которой можно с высокой эффективностью рассчитать ущерб предприятия при КНЭ.

Для подключения БАВР разработан ресурсосберегающий трёхфазный трансформатор. На данное изобретение получен патент (решение о выдаче патента на изобретение № IAP 2021 0342/7 от 22.10.21г., международная патентная квалификация H01F 29/02 (2006.01)). Данный трансформатор отличается от известных тем, что магнитопровод выполнен в виде O-образного магнитопровода с двумя ярами и двумя стержнями, первичная обмотка состоит из двух секций, намотанных на два стержня магнитопровода в одном направлении с одинаковым числом витков, при этом обе секции первичной обмотки концами соединены между собой в последовательную цепь, а начало обмоток секций и место их соединения служат вводами для источника питания; вторичная обмотка состоит из двух секций, намотанных на два стержня магнитопровода в одном направлении с одинаковым числом витков, концы обеих секций вторичной обмотки соединены между собой в последовательную цепь, а начало обмоток секций и место соединения служат выводами для питания нагрузки.

При применении БАВР к ЦРП-6кВ ГМЗ-4 необходимо выполнять ряд расчетов. Прежде всего, требуется определить переходные процессы в момент отключения питания, в частности, длительность, позволяющую сохранить работоспособность двигательной нагрузки без останова.

Задачей автоматического регулирования является поддержание определенного значения параметров, характеризующих протекание технологического процесса в объекте управления (ОУ). В работе в качестве

объекта управления рассмотрен синхронный двигатель с пусковым устройством БАВР, при этом управляемой величиной было напряжение, численное значение которого должно соответствовать требованиям ОУ.

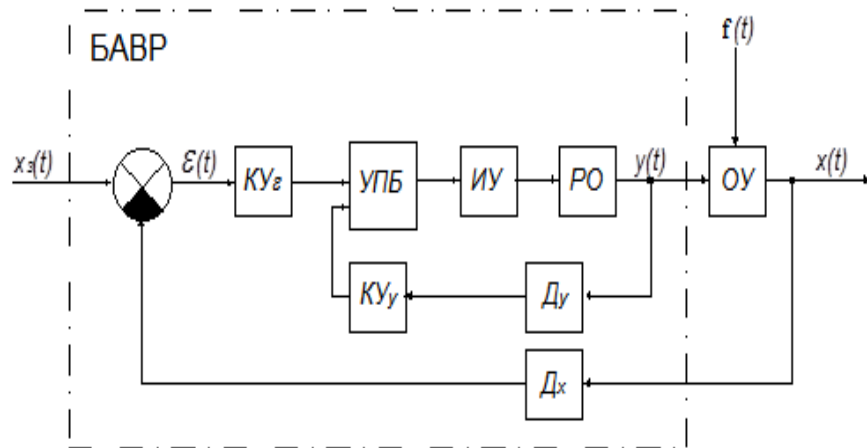


Рис. 3 . Схема автоматического регулирования напряжения синхронного двигателя с БАВР

На рис. 3 представлена схема автоматического регулирования напряжения синхронного двигателя с БАВР, где $Д$ – датчик – предназначен для измерения сигнала; $KУ$ – устройство коррекции; $УПБ$ – усилительно-преобразующий блок; $РО$ – регулирующий орган; $ИУ$ – исполнительное устройство.

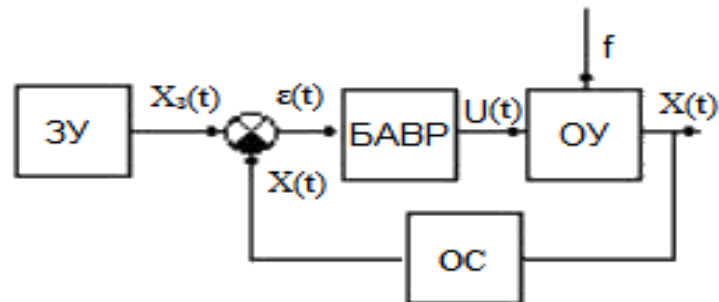


Рис. 4 . Схема АСУ СД с БАВР

На рис.4 представлена схема АСУ СД с БАВР, где входной сигнал (напряжения) $X_3(t)$, сравнивается со значением на выходе САУ СД $X(t)$. Разница (отклонения) $e(t) = X_3(t) - X(t)$ с выхода сравнивающего устройства подается на вход управляющего устройства Р, объединяющего в себе БАВР (АЦП, ЦАП, УУ и.т.п). Если $e(t) \neq 0$, то управляющее устройство меняет $u(t)$, которое действует до тех пор, пока не обеспечится равенство $e(t) = 0$, или $X_3(t) = X(t)$., (рис.4).

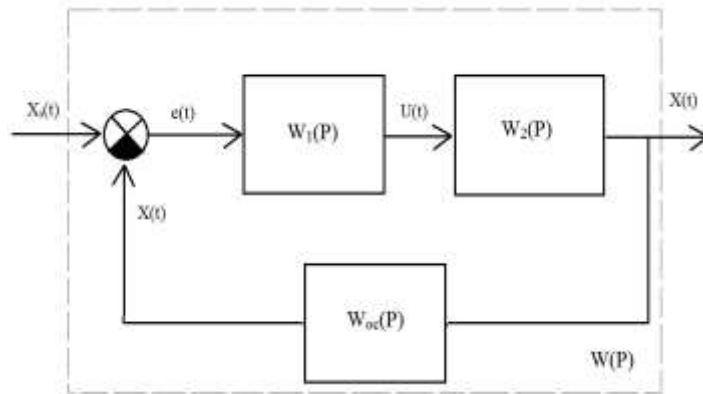


Рис. 5 .Структурная схема исходной системы АСУ СД

На рис.5 представлена структурная схема исходной системы АСУ СД, по которой определим передаточную функцию системы по каналу $X_s \rightarrow X$: $W(p)$

Зная, что:

$$e(p) = X_s(p) - X(p) = X_s(p) - W_{oc}(p)X(p) \quad (2)$$

с другой стороны,

$$e(p) = \frac{U(p)}{W_1(p)}, \quad U(p) = \frac{X(p)}{W_2(p)}$$

и совместно решая данные уравнения, получим:

$$W(p) = \frac{X(p)}{X_s(p)} = \frac{W_1(p)W_2(p)}{1 + W_1(p)W_2(p)W_{oc}(p)} \quad (3)$$

Для исследования САУ, содержащих БАПР СД, используются передаточные функции, полученные для СД, включающего в себя инерционную часть (фильтр низких частот).

$$W_2(p) = \frac{k_1}{T_s T_M p^2 + T_M p + 1} * \frac{k_2}{T_1 p + 1} \quad (4)$$

$$W_{oc}(p) = 1$$

Передаточная функция ПИ-регулятора (БАВР) определяется по формуле:

$$W_1(p) = k_p + \frac{k_i}{p} \quad (5)$$

Коэффициенты T_s , T_M , T_1 , k_p и k_i определяли по кривой степени затухания. $T_1 = 10,9$; $T_M = 10,1$; $T_s = 3,05$; $k_1 = 1,02$; $k_2 = 1,14$; $k_p = 1,21$ и $k_i = 0,098$.

Используя обратное преобразование Лапласа, определим переходную функцию системы:

$$h(t) = L^{-1} \left\{ W(p) \frac{1}{p} \right\} \quad (6)$$

Далее построим характеристику переходного процесса САУ с ПИД-регулятором (рис. 6):

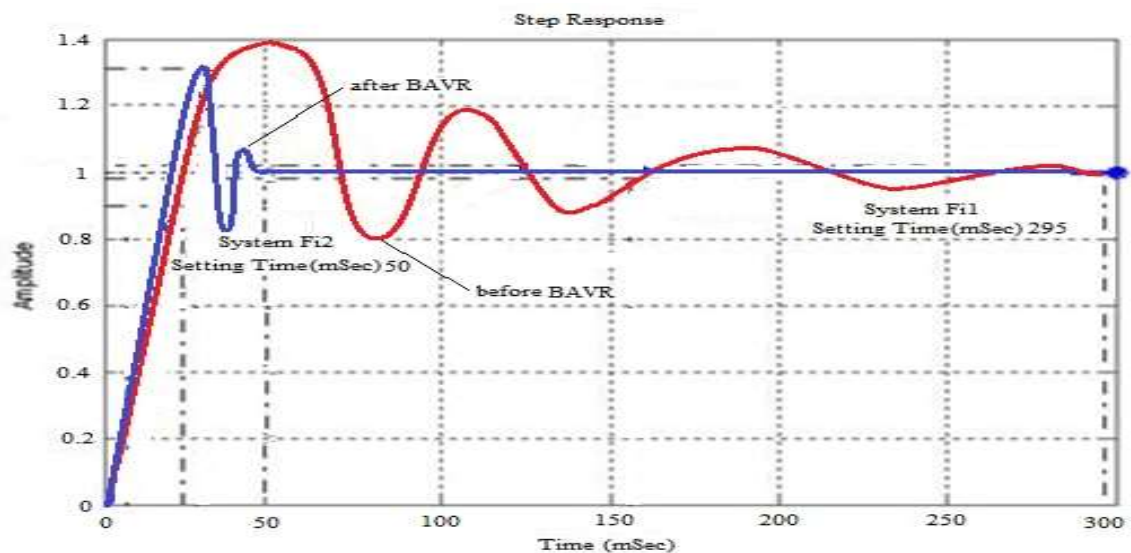


Рис. 6 . Переходный процесс САР СД с БАВР

Как видно из рис.6, улучшения происходят по трём показателям качества, в том числе, по времени САР на 6 раз, по перерегулированию на 10% сократилось, и по колебательности в 3 раза улучшался процесс.

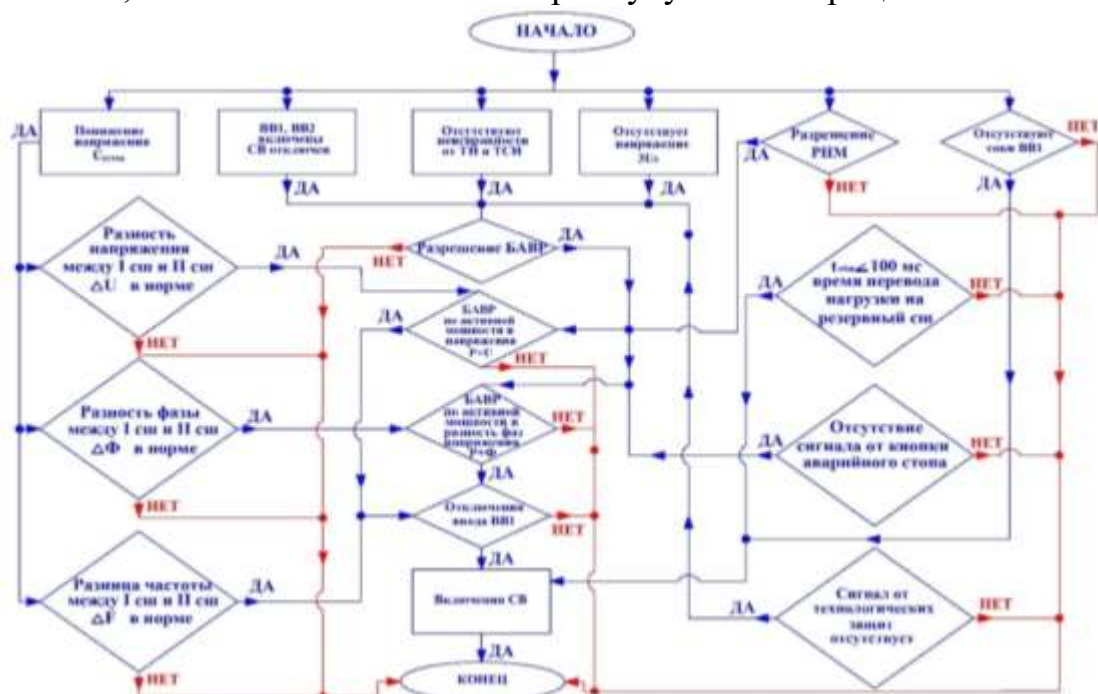


Рис. 7 . Алгоритм работы БАВР

Согласно данным, представленным на рис. 7, алгоритм работы БАВР I с.ш. для отключения вводного выключателя и включения секционного выключателя заключается в том, что необходимо выполнить ряд условий:

- иметь разрешение на БАВР от реле направления мощности, так как при отключении питающей линии или КЗ в электрических сетях источника питания РНМ разрешается перевод на БАВР, а при КЗ на I с.ш. или отходящих линиях от СШ1 РНМ срабатывает и блокирует действие БАВР;

- должна быть представлена возможность работы схемы от выключателей вводов и секционного, так как для срабатывания БАВР вводные выключатели должны быть включены, а секционный выключатель отключен;
- цепи напряжения не должны иметь неисправности, так же должно отсутствовать напряжение нулевой последовательности $3U_0$;
- на СШ1 должны отсутствовать повреждения, КЗ;
- разность частоты напряжения I с.ш. и II с.ш. не должна превышать нормативные значения ;
- напряжение прямой последовательности I с.ш. должно снизиться до нормативных значений;
- разность напряжений ΔU I с.ш. и II с.ш. должна иметь нормативные значения.

Для проведения экспериментальных исследований (см. рис. 6) были задействованы два испытательных устройства типа РЕТОМ-61. Для регистрации пускового устройства БАВР подготовлен стенд, имитирующий работу двух вводных и одного секционного выключателя типовой двухсекционной подстанции (см. рис. 8).

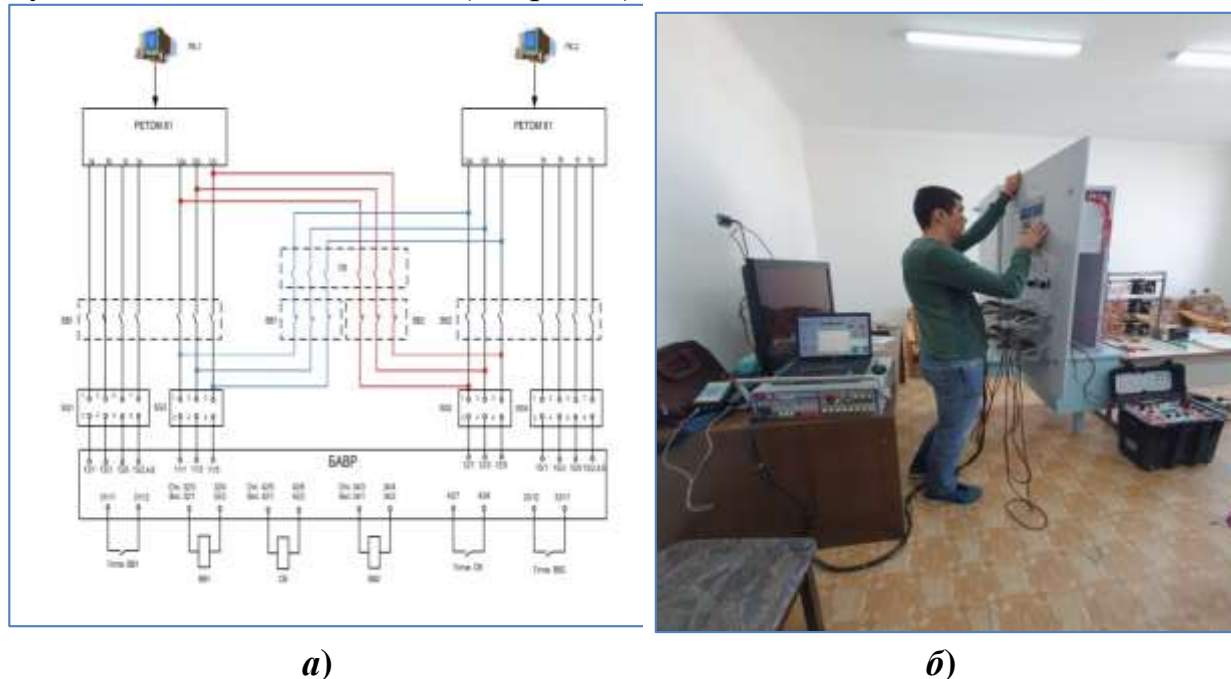


Рис. 8 . Структурная схема регистрации пускового устройства (а) и физическая имитационная модель БАВР (б)

Произведены проверки БАВР I с.ш.(II с.ш.) по напряжению и направлению мощности при потере питания в сети высокого напряжения и проверки при КЗ в сети питания.

Проанализирована статистика аварийных остановок и установлены основные причины аварий.

Выполнен расчет ущерба от простоев технологического оборудования при сбоях в электроснабжении. В ходе работы был проведен анализ уменьшения объема переработки руды и отставания от плана переработки из-за сбоев в электроснабжении на ЦРП-6кВ ГМЗ-4 и, согласно анализам, составлена модель расчета ущерба из-за сбоев электроснабжения.

При расчете ущерба (убытков) за счет аварийных остановок технологического процесса по вине КНЭ будем учитывать время простоя технологии и количество руды, перерабатываемой за 1 минуту в ЦРП ГМЗ-4, а также среднюю себестоимость переработки 1 тонны руды за 2020 год.

Для начала, рассмотрим зависимость отставания производства от плана переработки, которая в формульном обеспечении будет иметь вид:

$$\begin{aligned}
 W_{\text{общ}} &= W_{\phi} + W_{\text{п}}; & W_{\text{п}} &= W_{\text{общ}} - W_{\phi}; \\
 W_{\phi} &= (t_{\text{общ}} - t_{\text{ппр}} - t_{\text{п}} - t_{\text{пкнэ}}) \times m_{\phi} \times K_{\text{кио}}; \\
 m_{\phi} &= (V_m \times g_m \times K_{mz} - V_{m2} \times g_{m2} \times K_{mz2}) \times K_{\text{кио}} \\
 W_{\text{п}} &= t_{\text{пкнэ}} \times m \times K_{\text{кио}} = (t_{\text{кнэ}} + t_{\text{п.в.}}) \times m \times K_{\text{кио}}, \\
 t_{\text{пкнэ}} &= t_{\text{кнэ}} + t_{\text{п.в.}}
 \end{aligned} \tag{7}$$

где $W_{\text{п}}$ - отставание от плана переработки, тонн; $t_{\text{п}}$ - время простоя производства, мин; m - количество руды, перерабатываемой за 1 минуту, тонн.; $W_{\text{общ}}$ - производительность завода, 1 800 000 тонн в год; W_{ϕ} - фактический объем переработки руды в год, тонн.; $t_{\text{п.в.}}$ - время простоя технологии из-за внутренних причин; $K_{\text{кио}}$ - коэффициент использования оборудования.

Уравнение для определения ущерба производства от простоя оборудования при КНЭ получим на основе выражения 7. Соответственно, отставание от плана переработки ($W_{\text{п}}$), средняя себестоимость переработки 1 тонны руды за 2020 год:

$$K = W_{\text{п}} \times n = (W_{\text{общ}} - W_{\phi}) \times K_{\text{кио}} \times n, \tag{8}$$

где K - ущерб производства от простоя, тыс. сум; n - сред.себестоимость переработки 1 тонны руды за 2020 год, 129 тыс. сум

В четвертой главе диссертации «**Экономическая целесообразность внедрения микропроцессорного быстродействующего АВР**» рассмотрена экономическая целесообразность от внедрения БАВР на ЦРП ГМЗ-4 на основе анализа аварийных остановов за расчетный год.

Проанализирован ущерб от аварийных остановов предприятий Зармитанской золоторудной зоны «Навоийской ГМК» основной причиной которых являются КНЭ. Выполнено обоснование экономической целесообразности внедрения БАВР. В качестве доказательной базы полученного эффекта использованы расчетные результаты до и после внедрения БАВР.

Разработаны рекомендации по применению устройства БАВР с микропроцессорным блоком и сверхбыстродействующими выключателями на высоковольтных распределительных сетях. Получены и интерпретированы диаграммы состояния системы в процессе пуска и функционального взаимодействия элементов.

Рекомендовано внедрение устройств быстродействующего АВР в производственный процесс, показан и доказан экономический эффект, который выражается в снижении затрат на возмещение ущерба предприятия от КНЭ, обеспечении непрерывной работы потребителей, у которых перерыв в электроснабжении приводит к значительным ущербам и остановам

производства. Исследование случаев сбоя электроснабжения ЦРП-6кВ ГМЗ-4, показало, что все они в основном являются кратковременными, но для восстановления технологического процесса требуется много времени. Такие отключения приносят значительный ущерб для предприятий.

В табл. 1 представлены данные анализа отключений технологического процесса от КНЭ с указанием общего простоя, отставания от плана переработки, а также ущерба от останова в денежном выражении.

Таблица 1

Анализ ущерба от аварийных остановов производства гидрометаллургического завода №4 «Навоийский ГМК», основной причиной которых являются КНЭ, за 2020 г.

№ п/п	Время отключения	Время включения линии	Время включения технологии	Отключившиеся производства	Простой технологии, минут	Отставание от плана переработки, тонн	Ущерб в денежном выражении, сум
1	21.01.20г. в 18:37	18:37	18:57	ГМЗ-4, главный корпус МБ№1	20	27,1	3 490 209,4
2	21.01.20г. в 20:14	20:14	20:27	ГМЗ-4, главный корпус МБ№1	13	29,2	3 758 687,0
3	21.01.20г. в 23:07	23:07	23:21	ГМЗ-4, главный корпус МБ№1	14	41,7	5 369 552,9
4	25.01.20г. в 12:50	17:32	19:12	ГМЗ-4, главный корпус МБ№1	100	208,3	26 847 764,6
				ГМЗ-4, главный корпус МБ№2	98	204,2	26 310 809,3
5	08.02.20г. в 19:48	19:48	20:05	ГМЗ-4, главный корпус МБ№1	17	35,4	4 564 120,0
6	04.03.20г. в 01:11	1:11	2:13	ГМЗ-4, главный корпус МБ№1	55	114,6	14 766 270,5
				ГМЗ-4, главный корпус МБ№2	62	129,2	16 645 614,0
7	20.03.20г. в 08:15	8:15	8:32	ГМЗ-4, главный корпус МБ№2	17	35,4	4 564 120,0
8	20.03.20г. в 12:17	12:17	12:33	ГМЗ-4, главный корпус МБ№2	16	33,3	4 295 642,3
9	21.03.20г. в 10:57	10:57	11:17	ГМЗ-4, главный корпус МБ№1	20	41,7	5 369 552,9
10	29.03.20г. в 23:40	23:40	23:56	ГМЗ-4, главный корпус МБ№2	16	33,3	4 295 642,3
11	31.03.20г. в 22:13	22:13	22:27	ГМЗ-4, главный корпус МБ№2	14	29,2	3 758 687,0
Итого за I квартал					7ч. 42мин.	962,5	124 036 672,4
12	01.04.20г. в 05:47	5:47	7:00	ГМЗ-4, главный корпус МБ№1	73	147,54	18 995 688
13	08.04.20г. в 18:27	18:27	18:46	ГМЗ-4, главный корпус МБ№2	19	39,6	5 101 075,3

№ п/п	Время отключения	Время включения линии	Время включения технологии	Отключившиеся производства	Простой технологии, минут	Отставание от плана переработки, тонн	Ущерб в денежном выражении, сум
14	08.04.20г. в 21:49	21:49	28:57	ГМЗ-4, главный корпус МБ№2	68	135,6	17 490 209,4
15	03.05.20г. в 06:31	6:31	6:48	ГМЗ-4, главный корпус МБ№2	17	35,4	4 564 120,0
16	04.05.20г. в 14:45	15:30	15:45	ГМЗ-4, главный корпус МБ№2	60	125,0	16 108 658,8
17	08.05.20г. в 18:33	18:33	20:32	ГМЗ-4, главный корпус МБ№1	43	89,6	11 544 538,8
				ГМЗ-4, главный корпус МБ№2	119	247,9	31 948 839,9
18	09.05.20г. в 01:22	1:22	1:37	ГМЗ-4, главный корпус МБ№2	15	31,3	4 027 164,7
19	09.05.20г. в 06:52	6:52	7:05	ГМЗ-4, главный корпус МБ№2	13	27,1	3 490 209,4
20	17.05.20г. в 13:00	13:20	13:52	ГМЗ-4, главный корпус МБ№2	32	66,7	8 591 284,7
21	14.06.20г. в 19:08	19:08	19:25	ГМЗ-4, главный корпус МБ№2	17	35,4	4 832 597,6
22	23.06.20г. в 15:54	15:54	16:25	ГМЗ-4, главный корпус МБ№2	91	158,3	20 404 301,1
23	23.06.20г. в 16:19	16:39	17:39	ГМЗ-4, главный корпус МБ№2		189,6	24 431 465,8
24	26.06.20г. в 19:07	19:07	19:23	ГМЗ-4, главный корпус МБ№2	16	33,3	4 295 642,3
Итого за II квартал					10ч. 33мин.	1362,34	175 825 795,44
25	05.09.20г. в 17:21	17:21	17:45	ГМЗ-4, главный корпус МБ№1	24	50,0	6 443 463,5
26	08.09.20г. в 14:13	14:13	14:37	ГМЗ-4, главный корпус МБ№2	24	50,0	6 443 463,5
Итого за III квартал					0ч. 48мин.	100,0	12 886 927,0
отключений не было							
Итого за IV квартал					0ч. 0мин.		
Итого за 2020 год					18ч. 03мин.	2424,64	312 749 394,8

Как видно из табл. 1 за 2020 год было 26 остановов технологического процесса по причине КНЭ, из-за отключения питающих ЛЭП-110 кВ. Обслуживание данных линий осуществляется со стороны

электроснабжающих организаций, в нашем случае со стороны АО «Самаркандское предприятие территориальных электрических сетей». Общий простой технологических линий составил 18 часов 03 минуты, а отставание от плана переработки --2424,64 тонн в год. Ущерб от простоя технологии за 2020 год составил 312,75 млн.сум.

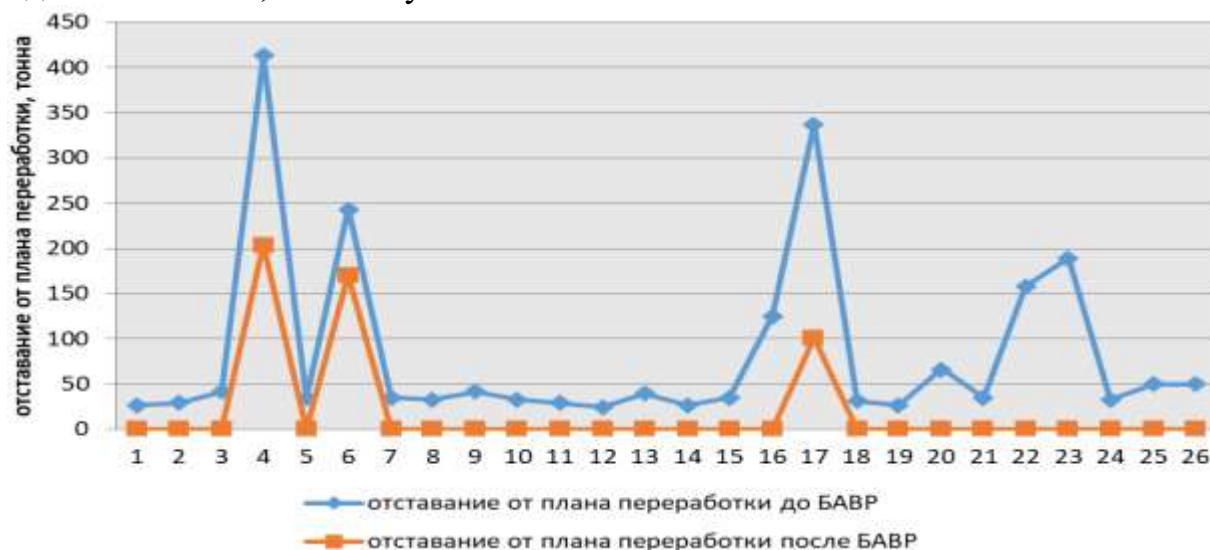


Рис. 9 . Сравнительный график результатов отставания от плана переработки руды до(2020г.) и после ввода БАВР(2021г.) на ЦРП-6кВ.

В ниже приведенных сравнительных графиках представлена эффективность внедрения БАВР на ЦРП ГМЗ-4.

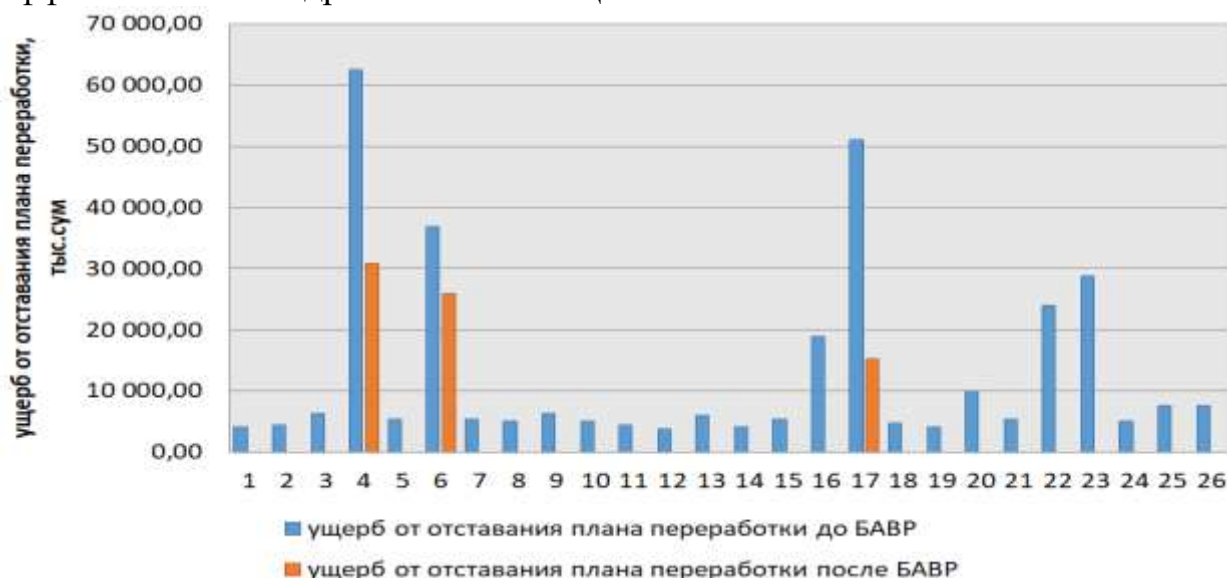


Рис. 10 . Ущерб от отставания плана переработки руды до (2020г.) и после ввода БАВР (2021г.) на ЦРП-6кВ.

Как видно из рис. 8, внедрение БАВР на ЦРП ГМЗ-4. приводит к снижению показателей отставаний от плана переработки на 2193,6 т руды, а из рис. 9 - к снижению ущерба от отставания плана переработки соответственно на 282,98 млн сум.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведен статистический анализ последствий нарушения электроснабжения на подразделениях НГМК различных категорий. Представлены результаты сравнительного анализа достоинств и недостатков существующих систем АВР (АПСШ, тиристорного АВР, АВР со SUE3000, комплекса HSTDSUE3000 и др). Сформулированы основные требования к БАВР.

2. Проведен анализ переходных процессов в системах электроснабжения гидromеталлургического завода №4 НГМК при использовании в этих системах БАВР, и на этой основе предложена усовершенствованная система быстродействующего автоматического ввода резерва, с соответствующим программным обеспечением для управления, позволяющая повысить эффективность и надежность систем электроснабжения.

3. Разработана имитационная модель и алгоритм работы систем БАВР. На основе полученных расчетных и экспериментальных данных определены эффективные режимы работы БАВР при минимальном времени переключения. Разработана методика и выполнен практический расчет ущерба от простоев технологического оборудования при сбоях в электроснабжении, в результате общий простой технологических линий составил 18 часов 03 минуты, отставание от плана переработки 2424,64 тонн в год, при этом ущерб от простоя технологии за 2020 год составил 312,75 млн.сум.

4. Разработаны практические рекомендации по использованию АВР с микропроцессорным блоком на высоковольтных распределительных устройствах НГМК, оснащенных защитой минимального напряжения, что обеспечивает непрерывность технологических процессов при аварийных ситуациях и сокращает простой технологического процесса до минимума, а также увеличивает переработку золотосодержащих руд на 2193,6 т в год.

5. Внедрена система быстродействующего АВР в производственный процесс на ЦРП-6кВ гидromеталлургического завода №4 Навойского горно-металлургического комбината, при этом экономический эффект, который выражается в снижении ущерба предприятия при кратковременных нарушениях электроснабжения, составил до 282,9 млн.сумов в год.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.03/10.12.2019.T.03.03 ON THE
ADMISSION OF SCIENTIFIC DEGREES AT THE
TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY**

NAVOI STATE MINING INSTITUTE

KHOLBOEV GOLIBJON OLIMOVICH

**IMPROVEMENT OF AUTOMATIC RESERVE INPUT SYSTEMS ON
DISTRIBUTION DEVICES IN ELECTRIC NETWORKS**

05.05.01 – Energy systems and complexes

**ABSTRACT OF DOCTORAL DISSERTATION (PhD)
ON TECHNICAL SCIENCES**

Ташкент – 2021

The theme of doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan un number № B2021.4.PhD/T1969

Dissertation has been prepared at the Navoi state mining institute.

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

Scientific supervisor: **Baranova Marina Petrovna**
doctor of technical sciences, professor

Official opponents: **Khudayarov Muzaffar Burkhonovich**
doctor of technical sciences, senior scientist

Mirzaev Abdurashid Tukhtasinovich
doctor of technical sciences, professor

Leading organization: **JSC «Almalyk Mining and Metallurgical Combine»**

The defense will take «__» _____ 2021 y. in _____ at the meeting of Scientific Council DSc 03/10.12.2019.T.03.03 at the Tashkent State Technical University and LLC «Scientific-Technical Center». Address: 2, University str. Tashkent 100095, Uzbekistan Phone/Fax: (99871)227-10-32; e-mail: tstu_info@tdtu.uz.

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

Abstract of the dissertation was distributed on «__» _____ 2022 year.
(mailing report № «__» on «__» _____ 2022 year).

K.R. Allaev

Chairman of scientific council for degrees,
Doctor of technical sciences, Professor, Academician

O.Z.Toirov

Scientific secretary of the Scientific Council
on awarding scientific degrees,
Doctor of technical sciences, Senior Scientific Researcher

T.Sh. Goyibov

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

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of the study is to improve the functioning of automatic transfer systems at switchgears in electrical networks to improve the efficiency and reliability of power supply.

Research objectives:

analysis of existing systems and devices for automatic transfer of reserve on switchgears in electrical networks to increase the efficiency and reliability of power supply for their improvement;

development of a simulation model and operation algorithm for high-speed automatic transfer switch systems;

research and analysis of transient processes under the action of high-speed automatic input of a reserve in the power supply systems of the NMMC;

development and implementation of high-speed automatic transfer switch systems for high-voltage switchgear;

feasibility study of production damage from short-term power supply interruptions for the process equipment of the NMMC. Evaluation of the economic feasibility of introducing a microprocessor-based high-speed ATS.

The object of the research is the systems and devices of high-speed automatic transfer switch on switchgears in electrical networks.

The subject of the study is: statistics of emergency stops and the establishment of the main causes of accidents at switchgears in electrical networks to improve the efficiency and reliability of power supply and their improvement.

The research methodology is based on the provisions of the theoretical foundations of electrical engineering, methods of system analysis, decision-making, calculations and the formation of distribution networks. The tasks were solved using statistical methods, methods of differential and integral calculus, simulation using the Matlab software package.

Scientific novelty of the dissertation research:

the system of functioning of high-speed ATS devices in combination with other relay protection and automation systems has been improved, revealing the relationship between their main functional elements under different operating modes;

a method for increasing the efficiency of automatic transfer of a reserve at high-voltage switchgear has been developed, which improves the indicators of the quality of power supply;

a simulation model and algorithms for the operating modes of high-speed automatic transfer switch systems have been developed;

a statistical analysis of emergency shutdowns was carried out and the main causes of power supply failures at NGMK enterprises were established, the necessity of introducing BAVR was substantiated.

The practical results of the study are as follows:

the technological system of automatic transfer switch has been improved, which makes it possible to increase the efficiency and reliability of power supply to the NGMK facilities;

a simulation model of high-speed automatic input of a reserve has been developed to study influencing factors in power supply circuits;

a methodology has been developed for the use of BAVR on high-voltage mutually redundant switchgears;

the system of high-speed automatic transfer switch was introduced into the production process at the central distribution center-6kV of the hydrometallurgical plant No. 4 of the Navoi Mining and Metallurgical Combine, which led to a decrease in the damage to the enterprise.

Reliability of research results. The reliability of scientific results is substantiated by a comparative analysis of a simulation model, theoretical and experimental data, confirmed by analytical expressions, as well as the introduction of methods for effective automatic transfer of a reserve at high-voltage switchgear.

Scientific and practical significance of the research results. The scientific significance of the study is substantiated by the development of an improved system for automatic switching on of the reserve, a simulation model and an algorithm for their operation on switchgears that increase the reliability of power supply.

The practical significance of the research results lies in the development and implementation of a technique for automatic transfer of a reserve at high-voltage switchgears, which makes it possible to increase the efficiency of power supply and ultimately lead to resource conservation.

The outline of the the thesis. The thesis consists of an introduction, five chapters, a conclusion, a list of used literature, and applications. The volume of the thesis is 128 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; part I)

1. Холбоев Г.О., Баранова М.П., Идиева А.А. Паст кучланишдан ҳимояланиш билан жиҳозланган юқори волтли тақсимлаш қурилмаларида автоматик заҳирали коммутация схемаларини такомиллаштириш // Горный вестник Узбекистан. – Навоий, 2020. – №2. – Б. 101-103. (05.00.00; №7).

2. Холбоев Г.О., Хамидов А.А., Атауллаев А.О., Расулова Б.И. Юқори кучланишли асинхрон электр двигателлари билан электр таъминоти тизимлари учун Тез ишловчи заҳирани автоматик улаш схемалари // Горный вестники Узбекистан. - Навоий, 2020. - №4. - Б. 100-102. (05.00.00; №7).

3. Холбоев Г.О., Баранова М.П., Хамидов А.А., Расулова Б.И. Минимал кучланиш ҳимояси билан жиҳозланган юқори кучланишли ўтказгичларда электр таъминоти тизимларининг математик моделларини компиляция қилиш // Горный вестник Узбекистан. - Навоий, 2021. - №2. - Б. 126-128. (05.00.00; №7).

4. Холбоев Г.О., Қаршибоев А.И., Раҳмонов Ф.Н., Хамидов А.А. Ҳаво электр узатиш линияларида муз ҳосил бўлишининг олдини олиш // энергия ва ресурсларни тежаш муаммолари. -Тошкент, 2019. - №3-4 –С-365-369. (05.00.00; №21).

5. Холбоев Г.О., Пак Ч., Нарзуллаев Б.Ш., Расулова Б.И. Фото-энергетикада наноматериаллар ва нанотехнологиялар // Ўзбекистон кончилик ахборотномаси. – Навоий, 2020. – №1. – Б. 109-110.(05.00.00; №7).

6. Холбоев Г.О., Воробиев А.Е., Воробев К.А., Хамидов А.А. Электр токи наносимларини самарали қўллашнинг истикболли йўлларини ўрганиш // Горный вестник Узбекистан. - Навоий, 2020. - №2. - Б. 113-116. (05.00.00; №7).

7. Холбоев Г.О., Исунц С.А., Қаршибоев А.А., Хамидов АА, Минимал кучланишдан ҳимояланган юқори кучланишли тақсимлаш қурилмаларидаги электр таъминоти тизимлари учун ҳолатнинг математик тенгламаларини таҳлил қилиш // Ўзбекистон кончилик ахборотномаси. - Навоий, 2021. - №3. - Б. 88-90 (05.00.00; №7).

8. Холбоев Г.О., Мурко И., Волков М. А., Гринюк Д. П., Баранова М. П. Кўмир чиқиндисидан кўмир-сув ёқилғисини тайёрлаш технологияси ва банка тегирмонларини такомиллаштириш // Mining Science and Technology (SCOPUS, IF=0.3). 2020. - №1. - Б. 4-11.

II бўлим (II часть; part II)

9. Холбоев Г.О., Қаршибоев А.И., Самадов А.Р. Саноат корхоналарига қарашли марказий тарқатиш қурилмаларида тўхташларни ҳисоблаш // Ўзбекистон Республикаси Адлия вазирлиги ҳузуридаги интеллектуал мулк агентлиги. ЭҲМ дастури учун гувоҳнома ДГУ 2021-12321.

10. Холбоев Г.О., Нарзуллаев Б. Ш., Расулова Б. И. Саноат корхоналарининг энергия самарадорлигини баҳолаш // Саноат корхоналарининг энергия самарадорлигини баҳолаш. Зарафшон комплекси инновацион ривожланиш ютуқлари, муаммолари ва истиқболлари”, мавзусидаги халқаро илмий-амалий анжуман материаллари. 2019 йил ноябр. 713-717 гача.

11. Холбоев Г.О., Баранова М.П., Минимал кучланиш химояси билан жиҳозланган юқори волтли электр узатиш мосламаларида автоматик заҳирали коммутация даврларини қўллаш // Фан ва таълим: тажриба, муаммолар, ривожланиш истиқболлари. Халқаро илмий-амалий конференция материаллари. Красноярск, 2020. С. 162-165.

12. Холбоев Г.О., Баранова М.П., Ибрагимова Х.И. Қайта тикланадиган манбалардан фойдаланган ҳолда электр энергиясини когенерация қилиш // Фан ва таълим: тажриба, муаммолар, ривожланиш истиқболлари. Халқаро илмий-амалий конференция материаллари. Красноярск, 2021 йил.

13. Холбоев Г.О., Баранова М.П., Ибрагимова Х.И. Электр тармоқларини электр энергияси билан таъминлашнинг ишончилигини ошириш // Фан ва таълим: тажриба, муаммолар, ривожланиш истиқболлари. “Фан ва таълим истиқболининг замонавий муаммолари” халқаро илмий-амалий конференция материаллари. Тошкент, 2021 йил.

14. Холбоев Г.О., Баранова М.П., Хамидов А.А. Электр тармоқларида ўтказгичларда автоматик заҳирали коммутация схемаларини такомиллаштириш // Муаммолар, истиқболлар ва минерал хом ашё ва техноген чиқиндиларни самарали қайта ишлашга инновацион ёндашув. Олмалик 2021. 318-319 дан.

15. Холбоев Г.О., Баранова М.П. Саноат корхоналарига қарашли марказий тарқатиш қурилмасининг самарадорлиги // Фан ва таълим: тажриба, муаммолар, ривожланиш истиқболлари. Халқаро илмий-амалий конференция материаллари. Красноярск, 2021 йил.

Автореферат «ТошДТУ хабарлари» ва «Энергия ва ресурс тежаш муаммолари» журналлари таҳририятида таҳрирдан ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнлари ўзаро мувофиқлаштирилди.