

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ФАНЛАР АКАДЕМИЯСИ
ЭНЕРГЕТИКА МУАММОЛАРИ ИНСТИТУТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.02/30.12.2021.Т.143.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР
УНИВЕРСИТЕТИ**

ЗОХИДОВ ОДИЛ УМИРЗОКОВИЧ

**КОНЧИЛИК КОРХОНАЛАРИДА АСИНХРОН ГЕНЕРАТОРЛИ
МИКРО ГЭС АСОСИДА АВТОНОМ ЭЛЕКТР ТАЪМИНОТИ
ТИЗИМИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

05.05.01 – Энергетика тизимлари ва мажмуалари

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

Тошкент – 2023

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата диссертации доктор философии (PhD)

Content of the dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

Зоҳидов Одил Умирзокович

Кончилик корхоналарида асинхрон генераторли микро ГЭС асосида автоном электр таъминоти тизимини ишлаб чиқиш..... 3

Зоҳидов Одил Умирзокович

Разработка системы автономного электроснабжения на основе микро ГЭС с асинхронным генератором в горных предприятиях.....23

Zokhidov Odil Umirzokovich

Development of an autonomous power supply system based on a micro HPP with an asynchronous generator at mining enterprises.....43

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works.....47

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ФАНЛАР АКАДЕМИЯСИ
ЭНЕРГЕТИКА МУАММОЛАРИ ИНСТИТУТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.02/30.12.2021.Т.143.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР
УНИВЕРСИТЕТИ**

ЗОХИДОВ ОДИЛ УМИРЗОКОВИЧ

**КОНЧИЛИК КОРХОНАЛАРИДА АСИНХРОН ГЕНЕРАТОРЛИ
МИКРО ГЭС АСОСИДА АВТОНОМ ЭЛЕКТР ТАЪМИНОТИ
ТИЗИМИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

05.05.01 – Энергетика тизимлари ва мажмуалари

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

Тошкент – 2023

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертациясининг мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2023.1.PhD/Т3139 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Навоий давлат кончилиқ ва технологиялар университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.energetika.uz) ҳамда «ZiyoNet» ахборот-таълим порталига (www.ziynet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Қаршибаев Асқарбек Илашевич
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Арипов Назиржон Мукарамович
техника фанлари доктори, профессор

Халиков Салихжон Субханович
техника фанлари номзоди, доцент

Етақчи ташкилот:

**“Тошкент ирригация ва қишлоқ
хўжалигини механизациялаш
муҳандислари институти” Миллий
тадқиқот университети**

Диссертация ҳимояси Ўзбекистон Республикаси Фанлар академияси Энергетика муаммолари институти ҳузуридаги DSc.02/30.12.2021.Т.143.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2023 йил «___» _____ соат ____ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100076, Тошкент шаҳри, Мухтор Ашрафий 1-тор кўчаси, 9-А. Тел.: (99871) 283-23-08; факс: (99871) 283-23-08; e-mail: energetika_in@umail.uz).

Диссертация билан Ўзбекистон Республикаси Фанлар академияси Энергетика муаммолари институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (___ рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100076, Тошкент шаҳри, Мухтор Ашрафий 1- тор кўчаси, 9-А. Тел.: (99871) 283-23-08).

Диссертация автореферати 2023 йил «___» _____ кuni тарқатилди.
(2023 йил «___» _____ даги _____ рақамли реестр баённомаси).

Х.М. Муратов
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш раиси
техника фанлари доктори, профессор

К.Ш. Кадиров
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш котиби, техника фанлари
бўйича фалсафа доктори, катта илмий ходим

О.Х. Ишназаров
Илмий даражалар берувчи
кенгаш қошидаги илмий семинар раиси,
техника фанлари доктори, профессор

КИРИШ (Фалсафа доктори (PhD) диссертация аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда мавжуд энергия ресурсларини тежаш ва қайта тикланувчи энергия манбаларидан оқилона фойдаланиш ҳамда янгидан-янги муқобил энергия манбаларини аниқлашга алоҳида аҳамият берилмоқда. Ҳозирги кунда ривожланган мамлакатларда қайта тикланувчи ва ноанъанавий энергия манбаларидан фойдаланиш жуда яхши йўлга қўйилган¹. Шу сабабли бугунги кунда муқобил энергия манбаларини Республикамиздаги мавжуд марказлашган энергия тизимини узлуксиз, ишончли ва сифатли ҳолатда истеъмолчиларга етказиб бериш учун захира электр энергия манбаи сифатида қўллаш мумкинлигига алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Жаҳонда ҳозирги вақтда, кончилик корхоналарининг электр энергия истеъмоли самарадорлигини ошириш ва барқарор экологик мувозанатни таъминлаш мақсадида ноанъанавий ҳамда қайта тикланувчи энергия манбаларидан самарали фойдаланиш, қўлланилаётган ёқилғи маҳсулотларини тежаш, ишлаб чиқарилган электр энергиясини кончилик ва саноат корхоналари электр ускуналарига сифатли етказиб бериш имкониятлари ва усулларини яратишга қаратилган тадқиқотлар олиб борилмоқда. Ушбу йўналишда, жумладан, кончилик корхоналари ҳудудидаги мавжуд энергетик ресурслар салоҳиятидан келиб чиққан ҳолда ноанъанавий энергия манбалари ёрдамида электр таъминоти ёрдамчи тизимларини яратишнинг техник-иқтисодий ва экологик асосларини ҳамда улардан фойдаланиш самарадорлигини ошириш усуллари бўйича тадқиқотлар олиб бориш муҳим вазифалардан саналади. Шу билан бирга, кончилик корхоналарида қўшимча энергия манбаларини ҳосил қилиш асосида корхонанинг электр энергия сарфини тежаш имкониятларини яратиш долзарб вазифалардан ҳисобланади.

Республикамизда иқтисодиётнинг муҳим тармоқларидан бири ҳисобланган энергетика тизимида кончилик корхоналари учун муқобил энергия манбаларидан фойдаланган ҳолда узлуксиз электр энергия ишлаб чиқариш, электр энергия исрофини камайтириш, энергия тежамкор технологияларни жорий қилиш чора-тадбирлари амалга оширилмоқда. 2022-2026-йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегиясида, жумладан «Саноат тармоқларида йўқотишларни камайтириш ва ресурсларни ишлатиш самарадорлигини ошириш бўйича ...», замонавий энергия тежамкор технологиялар, асбоб-ускуналар ва қайта тикланувчи энергия манбаларини жорий этиш, қайта тикланувчи энергия манбалари қурилмаларини ишлаб чиқариш ва энергия самарадорликни ошириш бўйича лойиҳаларни

¹ <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X19300082>

молиялаштириш» вазифалари белгиланган². Мазкур вазифаларни амалга ошириш, жумладан қайта тикланувчи энергия манбалари асосида энергия ва ресурс тежайдиган энергия манбаларини яратиш, электр энергия ишлаб чиқаришга салбий таъсир этувчи омилларни аниқлаш ва микро гидроэлектрстанция (микро ГЭС)лар учун мос генератор танлаш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 22 августдаги ПҚ-4422-сон «Иқтисодиёт тармоқлари ва ижтимоий соҳанинг энергия самарадорлигини ошириш, энергия тежовчи технологияларни жорий этиш ва қайта тикланувчи энергия манбаларини ривожлантиришнинг тезкор чора-тадбирлари тўғрисида», 2019 йил 4 октябрдаги ПҚ-4477-сон «2019-2030 йилларда Ўзбекистон Республикасининг «яшил» иқтисодиётга ўтиш стратегиясини тасдиқлаш тўғрисида» ва 2022 йил 9 сентябрдаги Ўзбекистон Республикаси Президентининг ПФ-220-сонли “Энергия тежовчи технологияларни жорий қилиш ва кичик қувватли қайта тикланувчи энергия манбаларини ривожлантириш бўйича қўшимча чора-тадбирлар” тўғрисидаги Фармонларини ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу илмий тадқиқот иши муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республикада фан ва технологияларни ривожлантириш устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот Республика фан ва технологияларни ривожлантиришнинг 2. «Энергетика, энергия тежамкорлик ва муқобил энергия манбалари» устувор йўналишига мос келади.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Энергетика соҳасида электр таъминоти тизими барқарорлигини таъминлаш ва янгидан-янги муқобил энергия манбаларини яратиш ва уни саноат, қишлоқ хўжалиги ҳамда кончилик корхоналарида қўшимча электр энергия манбаси сифатида қўллаш каби илмий масалаларни ҳал қилишга бир қатор хорижий олимлар, жумладан: А. Novak, К. Seok, V. Schnitzer, Б. Кобец, П. Глуценко, J. Guerrero, N. Hatziargyriou, S. Papathanassiou, К. Fukushima, M. Rieta А. Носков, Л. Пантелеева, А.-З. Джендубаев, П. Свит, Б. Лукутин, А. В. Богачев, С. Ганджа, М. Глазырин, Б. Семкин, В. Харитонов, Б. Хрустов, П. Безруких, В. Елистратов, В. Виссарионов, О. Попел, Д. Стребков, В. Велькин, В. Харченко, Е. Соснина, В. Волобуева, Н. Воропай, В. Алексеев, Б. Андерсен ва бошқалар ўзларининг илмий изланишлари ҳамда тадқиқотлари билан катта ҳисса қўшишган.

Саноат, қишлоқ хўжалиги ва кончилик корхоналарида истеъмол қилинадиган электр энергиясини анъанавий ва ноанъанавий энергия манбаларидан биргаликда, узвий боғлиқ ҳолда фойдаланиш соҳасидаги илмий муаммоларни Ўзбекистоннинг таниқли олимлари: Р. Заҳидов,

² Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сон “2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистон тараққиёт стратегияси тўғрисида”ги Фармони

А.Раджабов, Қ.Аллаев, А.Мухаммадиев, Х.Муратов, М.Мухаммадиев, Ш.Қличев, К.Алимходжаев, Н.Арипов, Ф.Ҳошимов, А.Мирзабаев, О.Ишназаров, А.Қаршибаев, О.Тоиров, А.Исаков, Ш.Музафаров, С.Эргашев, Н.Авезова, Р.Авезов, О.Сиддиқов, Д.Қодиров ва бошқалар томонидан илмий изланишлар олиб борилган ҳамда ижобий натижаларга эришилган.

Сезиларли муваффақиятларга қарамай, кончилик корхоналари худудларида мавжуд сув оқимлари потенциалидан электр энергия ишлаб чиқиш тизимларини яратиш ва электр ускуналарни узлуксиз ҳамда қўшимча электр энергияси билан таъминлаш масалалари етарли даражада ўрганилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Навоий давлат кончилик ва технологиялар университети илмий тадқиқот ишлари режасининг 06/2020-Э «Разработка генераторных установок на инженерных сооружениях НГМК» (2020-2022) мавзусидаги илмий тадқиқот иши режаси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади кончилик корхоналари шароитида асинхрон генераторли микро ГЭС қурилмаси асосида автоном электр таъминоти тизимини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

муқобил энергия манбалари асосида қўлланилаётган микро ГЭСларнинг мавжуд турларини ривожлантириш масалаларини таҳлил қилиш;

микро ГЭС қурилмаси томонидан ишлаб чиқариладиган электр энергия қувватини ҳисоблашнинг математик моделини ишлаб чиқиш;

замонавий компьютер дастури асосида микро ГЭС қурилмасининг имитацион моделини ишлаб чиқиш;

фаза роторли асинхрон генераторли микро ГЭС қурилмасининг такомиллаштирилган физик моделини ишлаб чиқиш;

микро ГЭС қурилмасининг қувватини ҳисоблаш ва иш режимларини бошқариш алгоритминини яратиш;

кончилик корхоналари шароитида фаза роторли асинхрон генераторли микро ГЭСларнинг иш режимларини микроконтроллёрли автоматик бошқариш схемаси ва қўллаш усулини ишлаб чиқиш;

Тадқиқотнинг объекти сифатида Навоий кон-металлургия комбинати АЖга қарашли Шимолий кон бошқармаси, 3-сонли гидрометаллургия заводига техник ва ичимлик суви етказиб берувчи “Босимли сув захира ҳовузлари (БСЗҲ)” участкаси сув узатувчи қувурларида фаза роторли асинхрон генераторли микро ГЭС қурилмаси асосида қўшимча электр энергия ишлаб чиқариш манбаи олинган.

Тадқиқотнинг предмети НКМК АЖнинг 3-сонли гидрометаллургия заводига сув келувчи қувурлари учун яратилган фаза

роторли асинхрон генераторли микро ГЭС қурилмаси ва унинг дастурий таъминоти ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида электр машиналар назарияси, электр юритмалар назарияси, автоматик бошқаришлар назарияси, электр аппаратлари назарияси ҳамда асинхрон генераторни математик моделини яратишда кинематик, динамик ва экспериментал тадқиқ қилиш усулларида фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

асинхрон генераторли микро ГЭС қурилмасининг сув оқими параметрлари ўзгариши асосида ишлаб чиқарадиган электр энергия қувватини ҳисоблашнинг такомиллаштирилган математик модели ишлаб чиқилган;

замонавий дастурий таъминот асосида асинхрон генераторли микро ГЭС қурилмасининг номинал катталикларини аниқлаш имконини берувчи имитацион ва такомиллаштирилган физик моделлари ишлаб чиқилган;

микро ГЭС қурилмаси ишлаб чиқараётган электр энергиясини барқарор қийматини таъминловчи автоматлаштирилган бошқариш схемаси микроконтроллёрли конденсаторлар блоги асосида ишлаб чиқилган;

кончилик корхоналарида математик ҳисоблашлар ва ишончлилик назариялари асосида микро ГЭС қурилмаси ёрдамида электр энергия истеъмоли самарадорлигини ошириш имконини берувчи усул ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижаси қуйидагилардан иборат:

кончилик корхоналари шароитида фаза роторли асинхрон генераторли микро ГЭС қурилмасининг иш режимларини микроконтроллёрли автоматик бошқаришнинг такомиллаштирилган схемаси ишлаб чиқилган;

муқобил энергия манбалари асосида фаза роторли асинхрон генераторли микро ГЭС қурилмасининг қувватини ҳисоблаш ва иш режимларини бошқариш алгоритми ишлаб чиқилган.

микро ГЭС қурилмасининг ёпиқ конструкцияли, тўғри куракли ишчи филдиракли гидротурбинаси ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилига экспериментал ва назарий маълумотларнинг мувофиқлигини ҳисобга олиб, фаза роторли асинхрон генераторнинг такомиллаштирилган схемаси асосида электр таъминоти тизимининг узлуксизлигини, энергия самарадорлиги ҳамда ишончлилигини таъминловчи микро ГЭС қурилмасини ишлаб чиқилганлиги ва амалиётга жорий этилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти фаза роторли асинхрон генератор қурилмаси учун сув оқими миқдори, тезлиги, тушиш баландлиги ва бошқа параметрларини ҳисобга олган ҳолда ишлаб чиқарадиган электр энергиясининг қувватини башоратлашнинг математик модели, замонавий

дастурий таъминот асосида йиғилган имитацион модели ва тажриба-синовларни ўтказиш имконини берувчи физик моделлари ишлаб чиқилган ҳамда кончилик корхоналарида муқобил энергия манбалари асосида электр энергия истеъмоли самарадорлигини ошириш имконини берувчи усул ишлаб чиқилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти кончилик корхоналари шароитида фаза роторли асинхрон генераторли микро ГЭС қурилмасининг иш режимларини микроконтроллёрли автоматик бошқаришнинг такомиллаштирилган схемаси ишлаб чиқилганлиги, қурилманинг қувватини ҳисоблаш ва иш режимларини бошқариш алгоритми ишлаб чиқилганлиги ва қурилманинг ёпиқ конструкцияли, тўғри куракли ишчи ғилдиракли гидротурбинаси ишлаб чиқилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Муқобил энергия манбалари асосида фаза роторли асинхрон генераторли микро ГЭСнинг электр тизимларини яратиш ҳисобига электр энергия истеъмоли самарадорлигини ошириш усулларини такомиллаштириш ҳақидаги маълумотлар таҳлили бўйича олинган илмий натижалар асосида:

муқобил энергия манбалари асосидаги фаза роторли асинхрон генераторли микро ГЭС қурилмаси Навоий кон-металлургия комбинати АЖ, Шимолий кон бошқармаси, 3-сонли гидрометаллургия заводига техник ва ичимлик суви етказиб берувчи босимли сув захира ҳовузи (БСЗХ) объекти қувурларидаги эркин сув оқимларида жорий этилган (“Навоий кон-металлургия комбинати” АЖнинг 2022 йил 20 сентябрдаги 23.01-01-07/606-сон маълумотномаси). Натижада, ГМЗ-3 заводи таркибидаги БСЗХ объектида жойлашган электр ускуналарининг йиллик электр энергия сарфини 5,3 % га тежаш имконини берган;

фаза роторли асинхрон генераторли микро ГЭС қурилмасининг такомиллаштирилган схемаси “Навоий кон-металлургия комбинати” АЖ 3-сонли гидрометаллургия заводига техник сув етказиб берувчи қувурида жорий қилинган (“Навоий кон-металлургия комбинати” АЖ нинг 2022 йил 20 сентябрдаги 23.01-01-07/606-сон маълумотномаси). Натижада, фаза роторли асинхрон генераторли микро ГЭС қурилмаси ёрдамида ишлаб чиқилган электр энергия ҳисобига йиллик 78 840 000 сўм иқтисодий самарадорликка эришилган;

“Кончилик корхоналарида муқобил энергия манбалари асосида электр энергия истеъмоли самарадорлигини ошириш усуллари” деб номланган услубий кўрсатмаси “Навоий давлат кончилик ва технологиялар университети”нинг “Кончилик электр механикаси” кафедрасида 5312200 “Кончилик электр механикаси” ва 5320300 “Технологик машиналар ва жиҳозлар (кончилик)” бакалавриат таълим йўналишлари талабалари учун ўқув жараёнида “Кончилик корхоналари электр таъминоти ва электрлаштириш” фани амалиёт ва тажриба машғулотларини бажаришда методик қўлланма сифатида ўқув жараёнига тадбиқ қилинган (“Навоий

давлат кончилик ва технологиялар университетининг 2023 йил 7 февридаги 07/02-сонли маълумотномаси). Натижада, ўқув жараёнига тадбиқ қилинган методик қўлланма талабаларни тажриба ва амалий машғулотларини бажариш учун қимматли ва керакли маълумотларга бой бўлган янги ўқув адабиёти яратилган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари 9 та илмий-амалий конференцияларда, жумладан, 3 та халқаро конференцияларда ва 6 та Республика илмий-амалий анжуманларида апробациядан ўтган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация иши мавзуси бўйича жами 20 та илмий иш чоп этилган. Шу жумладан, 9 та илмий мақола, шундан хорижий журналларида 2 та мақола, республика журналларида 7 та мақола чоп этилган, ЭҶМ учун 2 та дастурий таъминот гувоҳномаси олинган.

Диссертациянинг ҳажми ва тузилиши. Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 117 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация ишининг долзарблиги ва зарурияти асослаб берилган, тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари тавсифланган, тадқиқот объекти ҳамда предмети аниқланган, тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мувофиқлиги белгилаб олинган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари аниқланган, олинган натижаларнинг ишончлилиги асосланган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш, чоп этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Кончилик корхоналарида электр энергия истеъмоли самарадорлигини ошириш муаммоларининг таҳлили**» деб номланган биринчи бобида Республикаимиз иқтисодиётининг муҳим тармоқларидан бири бўлган кончилик корхоналарида электр энергия истеъмоли самарадорлигини ошириш мақсадида дунёнинг ривожланган мамлакатларида қўлланилаётган куёш электр станциялари, шамоил генераторлари, микро ва кичик ГЭСлардан фойдаланиш тажрибалари ўрганилиб, қўшимча ва захира электр энергия манбаларининг мавжуд потенциали ўрганилиб таҳлил қилинган.

Саноат ва кончилик корхоналарида ишлаб чиқариш ҳажмини ортиши туфайли электр энергияга бўлган талаб ўз-ўзидан ортади, бу эса ишлаб чиқариш ва кончилик корхоналарида қўшимча ва муқобил энергия манбаларини қўллаш бугунги куннинг муҳим талаби эканлигини яна бир бор исботлаган. Жаҳон тажрибасидан ва илмий изланишлар ҳамда адабиётлар таҳлили натижасида шуни айтишимиз мумкинки, бугунги кунда кончилик ва ишлаб чиқариш объектларида мавжуд сув оқимларининг потенциалидан

замонавий конструкцияли, янги турдаги микро ва кичик ГЭСларни ишлаб чиқиш зарурлиги асослаб берилган.

Таҳлиллар натижаси шуни кўрсатадики кончилик корхоналарида мавжуд сув оқимларидан қанча миқдорда электр энергия ишлаб чиқариш имкониятларини назарий ва экспериментал ҳисоблаш ҳамда баҳолаш имконини берувчи услубий тавсиялар ишлаб чиқилиши зарурлиги таъкидланган.

“Кончилик корхоналарида муқобил энергия манбалари асосида электр энергия истеъмоли самарадорлигини ошириш усуллари” деб номланган иккинчи бобида “Навоий кон металлургия комбинати” АЖнинг таркибий тузилиши ҳақида қисқача маълумот берилди ва кончилик корхоналарининг муҳандислик иншоотларида мавжуд сув оқимларининг имкониятларидан оқилона фойдаланиш эвазига электр энергия истеъмоли самарадорлигини ошириш мақсадида қўлланилиши таклиф қилинаётган мавжуд хорижий ва маҳаллий кичик ҳамда микро ГЭСларнинг турлари, уларнинг таснифи ўрганилиб таҳлил қилинган.

Микро ГЭС қурилмасининг динамик катталикларини моделлаштириш услубини ҳосил қилиш учун дастлаб сув узатувчи қувурнинг ички диаметрини Q -унумдорлик, m^3/c , v_1 -сув оқими тезлиги, P_{max} - сув оқими ҳосил қилувчи максимал босим, (Pa), k_x - хавфсизлик коэффициенти, d_t - қувурнинг ташқи диаметри (м), σ_{max} - қувурнинг мустаҳкамлик чегараси (МПа) каби катталиклар асосида ҳисоблашимиз зарур. Қувур ички диаметрининг аниқланган қиймати асосида қувур ички юзаси ва қувурдан оқиб ўтаётган сув юзасини аниқлашимиз мумкин.

Микро ГЭС қурилмаси ишчи ғилдираги куракларига урилаётган сув оқимини юзасини аниқлашнинг математик модели қуйида (1) келтирилган:

$$S_2 = \frac{\frac{\pi}{4} \cdot d_i^2 \cdot \sqrt{(g \cdot \frac{V}{Q})^2 + 2gh\eta - 2 \cdot g \cdot \frac{V}{Q} \cdot \sqrt{2gh\eta} \cdot \sin\alpha}}{\sqrt{(\sqrt{2gh\eta} + \frac{\sqrt{2gh\eta} \cdot \cos\alpha \cdot g \cdot V}{g \cdot V - Q \cdot \sqrt{2gh\eta} \cdot \sin\alpha})^2 + (g \cdot \frac{V}{Q})^2}}; \text{ м}^2, \quad (1)$$

бу ерда, d_i - қувурнинг ички диаметри; V – сув оқимининг қувур юзасидан чиқаётган ҳажми; h – сув оқимининг тушиш баландлиги каби катталиклар асосида микро ГЭС қурилмаси ишчи ғилдираги куракларига сув оқимининг урилиш юзаси қийматини айти вақтдаги аниқ катталиқдаги қийматини аниқлашнинг такомиллаштирилган математик модели ишлаб чиқилган.

Микро ГЭС қурилмасининг динамик жараёнларини ҳисоблашда дастлаб чархпалак кўринишидаги микро ГЭС гидротурбинасининг айланиш марказига нисбатан вужудга келадиган айлантурувчи куч моменти қуйидаги (2) формула ёрдамида топилади:

$$\sum M(F_k) = M_{ayl} = M_1 + M_2 \quad (2)$$

бу ерда: M_{ayl} - барабанны айлантурувчи момент, Н*м. $\sum M(F_k)$ - ишчи ғилдираклар ва сув оқимининг инерциялари ҳосил қилувчи айлантурувчи

момент, Н*м. M_1 - сув тўлишида ҳосил бўлувчи момент. M_2 - сув тўкилишида ҳосил бўлувчи момент (Н*м).

Микро ГЭС қурилмаси ёрдамида сув оқими потенциалдан унинг номинал параметрлари асосида электр энергия олишни ҳисоблашда қуйидаги (3) формула мавжуд. Мавжуд формула ёрдамида қувурдан чиқаётган сув оқими қуввати аниқланган:

$$dP_1 = gHQ\eta_M \quad (3)$$

бу ерда, g – эркин тушиш тезланиши, м/с²; H – сув оқимининг тушиш баландлиги, м; Q – сув оқими унумдорлиги (сарфи) м³/сек; η_M – микро ГЭСнинг ФИК. Юқоридаги (3) формуладаги сув оқими унумдорлиги ўрнига, сув оқими тезлиги ва сув оқимининг куракка урилиш юзаси қийматларини келтириб қўйиш натижасида, микро ГЭС қурилмаси томонидан ишлаб чиқариладиган электр энергия қуввати қийматини ҳисоблашнинг такомиллаштирилган математик модели (4) ифодаси аниқланган:

$$dP_1 = gHQ\eta_M = gH\eta_M v_1 dS = gH\eta_M v_1 \frac{\frac{\pi}{4} d_i^2 * \sqrt{(g \frac{V}{Q})^2 + 2gh\eta - 2 * g \frac{V}{Q} * \sqrt{2gh\eta * \sin\alpha}}}{\sqrt{(\sqrt{2gh\eta} + \frac{\sqrt{2gh\eta * \cos\alpha * g * V}}{g * V - Q * \sqrt{2gh\eta * \sin\alpha}})^2 + (g \frac{V}{Q})^2}} \quad (4)$$

бу ерда, v – сув тезлиги, м/сек; S – сув оқимининг куракка урилиш юзаси.

Юқоридаги кетма-кетликда ҳисобланган барча параметрлар ягона тенгламалар тизимига киритилган ва ҳар қандай параметрнинг ўзгариши қолганларининг ҳам мос равишда ўзгаришига сабаб бўлган.

Такомиллаштирилган (4) математик модел ифодаси асосида ишлаб чиқилган усул ёрдамида кончилик корхоналарининг муҳандислик иншоотларида мавжуд сув оқимларининг назарий катталиклари: қувур диаметри – d (мм), сув оқими унумдорлиги - Q (м³/сек), зўриқма - H (м., сув устуни баландлиги), сув ўтказувчи қувур узунлиги l (м), сув оқими тезлиги v (м/сек) каби кўрсаткичлари ёрдамида, ўрнатилиши таклиф қилинган микро ГЭС гидротурбинасининг ишлаб чиқарувчи қуввати - P (кВт)ни катта хатоликларсиз аниқлаш имконияти яратилган.

Юқоридагиларни ҳисобга олган ҳолда микро ГЭС қурилмаси учун танланадиган генератор параметрларини аниқлаш ва моделлаштириш имкониятини берувчи такомиллаштирилган математик моделлар яратиш зарурлиги асослаб берилган.

Мазкур тадқиқотнинг **“Микро ГЭС қурилмасининг иш режимлари асосида генератор параметрларини ҳисоблаш ва моделлаштириш”** деб номланган учинчи бобида кончилик корхоналари, аниқроғи Навоий кон металлургия комбинати АЖ нинг 3-сонли гидро-металлургия заводи (ГМЗ-3) ҳудудига техник ва ичимлик сувини етказиб берувчи БСЗХ объекти ҳудудида қўлланилаётган электр ускуналарига микро ГЭС ёрдамида ишлаб чиқарилаётган электр энергиясининг номинал параметрлари маълум кўрсаткичлари ёрдамида танланиши асосланган.

Микро ГЭСларда қўлланиладиган генератор қурилмаси ўзининг асосий вазифаси электр энергияси ишлаб чиқаришдан ташқари сифатли электр токи қийматини ишончли бошқариш ва узлуксиз равишда етказиб берувчи муҳим электр ускунаси ҳисобланиши исботланган.

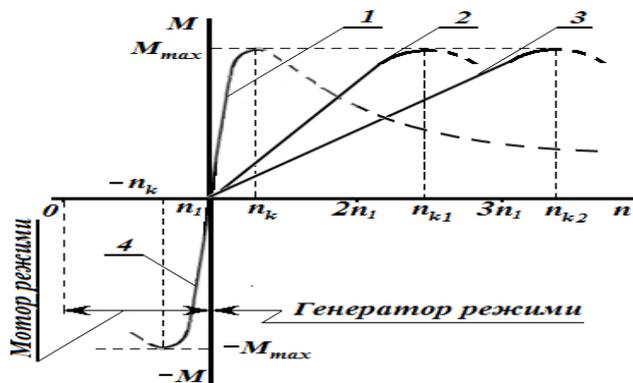
СГларнинг юқорида санаб ўтилган бир қанча ижобий тавсифларига қарамадан микро ГЭСларда СГларни автоном ёки тармоққа параллел режимда қўлланилса генератор ишончли ишлаши учун қуйидаги талабларни бажаришимиз шартлиги таъкидланган:

- генераторнинг статор чўлғами электр юритувчи кучи (ёки клеммаларидаги фаза кучланиши) қиймати тармоқ фаза кучланишига тенг бўлиши;

- унинг частотаси тармоқдаги кучланиш частотасига тенг бўлиши;

- генератор фазалари кетма-кетлиги тармоқ фазалари кетма-кетлиги билан бир хил бўлиши;

СГни тармоққа улаш онда уланувчи клеммалар орасида потенциаллар фарқи минимал бўлиши шарт. Бу талабларни бажариш электр таъминоти тизимини ташкил қилишда бир қанча қийинчиликларни келтириб чиқаради. Синхрон генераторлар конструктив жиҳатдан мураккаб тузилишга эга, массаси оғир ва таннархи анча қиммат эканлиги илмий ишнинг юқоридаги қисмларида асосланган.



1-расм. Асинхрон машинанинг механик тавсифлари

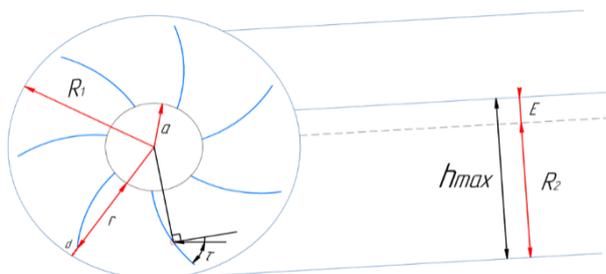
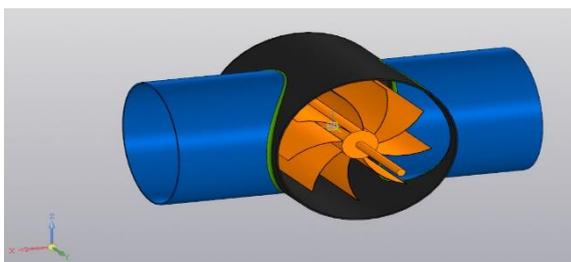
Бундай талаб сув оқимининг ўзгариш шароитига мос равишда ўрнатиладиган микро ГЭСларнинг ҳар қандай шароитда ҳам ротор айланиш тезлигини ўзгармас бўлишини ва ишончли миқдорда электр энергия ишлаб чиқаришини таъминлаш учун микро ГЭС фақат тўғонли бўлиши зарур ва демак сув оқим параметрларини бошқаришни йўлга қўйиш, генератор ротори айланиш тезлигини ўзгармас сақлаш ёки генератор механик тавсифидаги ишчи диапазонини кенгайтириш заруратини юклаган.

Ушбу камчиликларни бартараф этиш учун микро ГЭСларда СГ ўрнига асинхрон генератор ишлатиш таклиф этилган.

Юқорида келтирилган талабларни ижобий ҳал этиш учун микро ГЭСларда генератор сифатида фаза роторли асинхрон машинани қўллаш таклиф этилган.

Бундай электр станцияларда фаза роторли асинхрон генераторни ишлатиш, нафақат роторнинг айланиш тезлиги диапазонини бир неча марта оширади (1-расмда $n_1 \div n_k$ диапазон $n_1 \div n_{k2}$ гача ошади), шу билан бирга микро ГЭСни ишончли эксплуатация қилиш имкони туғилади, сув оқими параметрлари ўзгарганда ҳам тармоққа ўзгармас миқдордаги энергияни узатиш имкони яратилади. Қуйидаги (2) расмда ёпиқ конструкцияли микро

ГЭС қурилмасининг эгри куракли тури, қурилманинг ён томондан қирқими ва тузилиши тасвирланган:



а) Ёпиқ конструкцияли эгри куракли микро ГЭСнинг умумий кўриниши

б) Ёпиқ конструкцияли эгри куракли микро ГЭСнинг қирқими

2-расм. Ёпиқ конструкцияли микро ГЭС қурилмасининг умумий ва ён томондан кўриниши

Юқоридаги (2) расмда R_1 -гидротурбина радиуси; a – гидротурбина барабани радиуси; r – ишчи ғилдиракнинг эгрилик радиуси; τ – ишчи ғилдиракка сув оқимининг урилиш бурчаги; d – ишчи ғилдирак кураги ва гидротурбина асоси орасидаги масофа; h_{max} – сув оқимининг сув сарфига боғлиқ ҳолда қувурдаги баландлиги; R_2 – қувур радиуси; ϵ – сув сатҳининг ўзгариш баландлиги тасвирланган.

Микро ГЭС гидротурбинаси ишчи ғилдираги валига сув оқимининг α ва τ бурчақлардаги таъсир қилувчи моментни, сув оқимининг горизонтал қувурда оқиши жараёнида оқим баландлиги ва ишчи ғилдирак марказлари орасидаги фарқни ҳисобга олувчи коэффициент орқали қуйидагича аниқланган:

$$M = \frac{\rho V}{t} \cdot \vartheta \cdot \left(R_1 - \frac{k(r+a+d)}{3} \right) \cdot \sin \theta \cdot \sin \alpha \quad (5)$$

ρ - суюқлик зичлиги, кг/м³;

V - суюқлик ҳажми, м³;

t - вақт, соат;

$\sin \theta$ – сув оқимининг ишчи ғилдиракка урилиш бурчаги;

$\sin \alpha$ - ишчи ғилдирак курагининг эгрилик бурчаги.

Ёпиқ конструкцияли микро ГЭС қурилмасидаги сув оқими сарфи қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$Q = \frac{V}{t} \quad (6)$$

Ёпиқ конструкцияли микро ГЭС қурилмасида сув оқими номинал катталиклари ва сув оқимининг ишчи ғилдиракка таъсир қилувчи катталиқлар асосида микро ГЭС ишчи ғилдираги механик моментини аниқлаш:

$$M_{\text{мех}} = \rho Q \vartheta \cdot \left(\frac{3R_1 - k(r+a+d)}{3} \right) \cdot \sin \theta \cdot \sin \alpha \quad (7)$$

$$\sum M_{o1}(F_k) = M_{o1} \quad (8)$$

Юқоридаги (8) формуладан ёпиқ конструкцияли микро ГЭС ишчи ғилдираги куракларига таъсир қилувчи кучлар ва ҳосил бўлган моментлар орасидаги боғланишнинг қуйидаги ифодасини аниқлаймиз:

$$-F_1 \cdot \frac{x_1}{3} + F_2 \sin \alpha \cdot \frac{x_2}{3} + F_3 \sin 2\alpha \cdot \frac{x_3}{3} = M_{01} \quad (9)$$

Микро ГЭС ишчи ғилдираги биринчи, иккинчи ва учинчи куракларига таъсир қилувчи кучларни аниқлаш ифодалари:

$$F_1 = P_1 \cdot S_1 = P_1 \cdot \frac{R \cdot \sin 10^\circ}{2 \sin 80^\circ} \cdot D_1 \quad (10)$$

$$F_2 = P_2 \cdot S_2 = P_2 \cdot R \cdot \sin 36^\circ \cdot D_1 \quad (11)$$

$$F_3 = P_3 \cdot S_3 = P_3 \cdot (R \cdot \sin 72^\circ - R \cdot \sin 36^\circ) \cdot D_1 \quad (12)$$

бу ерда F_1, F_2, F_3 – гидротурбина ишчи ғилдирагининг куракларига суюқликнинг таъсир қилувчи кучлари, Н;

x_1, x_2, x_3 – ишчи ғилдирақларга урилувчи сув баландликлари;

$\sin \alpha$ – гидротурбина ишчи ғилдираги биринчи ва иккинчи кураклари орасидаги бурчак;

$\sin 2\alpha$ – гидротурбина ишчи ғилдираги биринчи ва учинчи кураклари орасидаги бурчак;

D_1 – микро ГЭС гидротурбинаси диаметри;

S_1, S_2, S_3 – гидротурбина ишчи ғилдирақлари куракларига суюқликнинг урилиш юзалари; Қуйидаги (13) формулада ёпиқ конструкцияли маълум эгрилик радиусига эга микро ГЭС валида ҳосил қилинаётган айланиш momenti формуласи келтирилган:

$$M_{01} = R^3 \left(\frac{-P_1 \cdot \sin^2 10^\circ}{3 \sin 80^\circ} + \frac{2 P_2 \cdot \sin^2 36^\circ}{3} + \frac{2 P_3 \cdot (\sin 72^\circ - \sin 36^\circ) \sin 72^\circ}{3} \right) \quad (13)$$

Натижада айланиш моментининг натижавий ифодаси формуласи қуйидаги кўринишга эга:

$$M_{02} = R^3 \left(\frac{2}{3} P_2 \cdot \sin 36^\circ + \frac{2}{3} P_3 (\sin 72^\circ - \sin 36^\circ) \right) \quad (14)$$

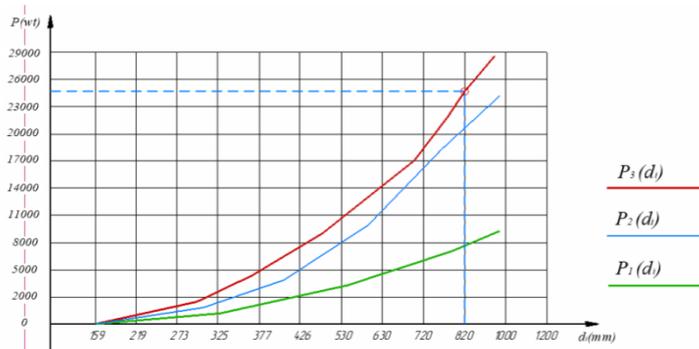
Ёпиқ конструкцияли эгри ва тўғри куракли микро ГЭСлар учун юқоридаги тенгламалар ва формулалар асосида қуйидаги муносабатларни ҳосил қиламиз: $\frac{M_{02}}{M_{01}} > 1$ $M_{02} > M_{01}$ $M_{02} \sim P_4$ $M_{01} \sim P_3$ $P_4 > P_3$

Юқоридаги формулалардан фойдаланиб микро ГЭС қурилмаси ишлаб чиқарадиган қувватни қуйидаги формулалар ёрдамида аниқлаймиз:

$$P_3 = \rho Q \vartheta \pi \left(\frac{3R_1 - k(r+a+d)}{90} \right) \cdot \sin \theta_1 \cdot \sin \alpha \cdot \eta_T \cdot K_{\alpha 1} \quad (15)$$

$$P_4 = \rho Q \vartheta \pi \left(\frac{3R_1 - k(r+a+d)}{90} \right) \cdot \sin \theta_2 \cdot \eta_T \cdot K_{\alpha 2} \quad (16)$$

Юқоридаги ифодаларда P_3 эгри куракли микро ГЭС қурилмаси қувватини ҳисоблашнинг математик модели, P_4 эса тўғри куракли микро ГЭС қурилмаси қувватини ҳисоблашнинг математик модели келтирилган. Илмий тадқиқот ишида такомиллаштирилган микро ГЭС қурилмалари томонидан ишлаб чиқиладиган қувватлар фарқи (3) расмда тасвирланган:



3-расм. Қувурга ўрнатилган, эгри ва тўғри куракли микро ГЭС қурилмаларида ишлаб чиқариладиган ҳисобий қувват қийматлари

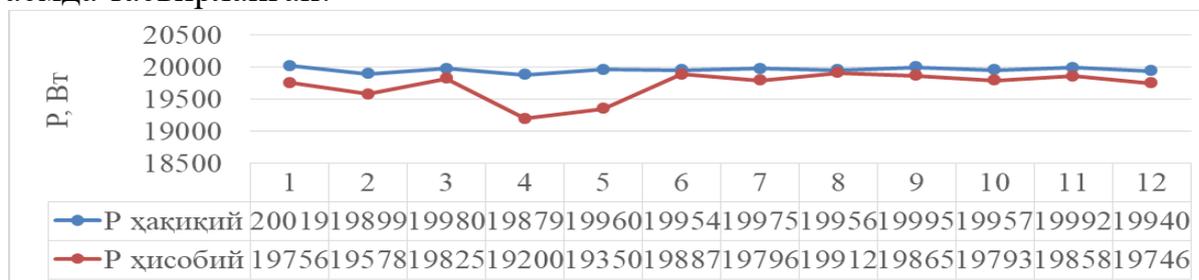
Ишлаб чиқилган (16) математик моделнинг адекватлиги текширилганда юклама режимида ишлаб турган микро ГЭС қурилмасининг ишчи қуввати қийматларини ваттметр ёрдамида аниқланган қийматлар билан математик модел орқали ҳисобланган қийматларини солиштирсак, фарқлар 3,42 % дан ошмаган (1-жадвал).

1-жадвал

Моделлаштириш натижалари ва микро ГЭС ишлаб чиқараётга электр энергиясининг ҳақиқий қийматлари

Вақт t, соат	Генератор ҳақиқий ишлаб чиқараётган қуввати, P (Вт)	Микро ГЭС генераторининг ҳисобий ишлаб чиқариш қуввати қиймати, t, (Вт)	Хатоликлар	
			Абсолют, P, (Вт)	Нисбий (%)
1	20019	19756	263	1,3
2	19899	19578	321	1,61
3	19980	19825	155	0,78
4	19879	19200	679	3,42
5	19960	19350	610	3,1
6	19954	19887	67	0,33
7	19975	19896	79	0,4
8	19956	19812	44	0,22
9	19995	19865	130	0,65
10	19957	19793	164	0,82
11	19992	19858	134	0,67
12	19940	19746	194	0,97

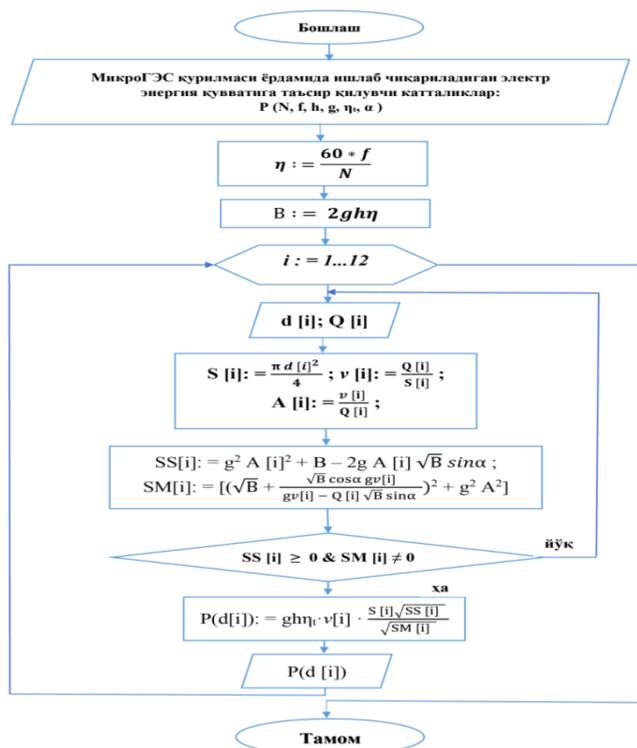
Такомиллаштирилган математик модел асосида микро ГЭС қурилмаси ишлаб чиқараётган электр энергия қиймати 12 соат давомида ҳар соатлик юклама қиймати ва математик моделдан олинган натижалар куйида (4) расмда тасвирланган:



4-расм. Микро ГЭС томонидан ишлаб чиқарилаётган электр энергия қувватининг ҳақиқий ва ҳисобий қийматлари фарқи

Навоий кон-металлургия комбинати АЖнинг, муҳандислик иншоотларида мавжуд сув оқимларидан электр энергия ишлаб чиқариш мақсадида қўлланилиши таклиф қилинаётган микро ГЭС қурилмасини математик моделлаштириш ва сув оқимидан олинаётган электр

Энергиясининг қувватини ҳисоблаш алгоритми қуйидаги 5-расмда тасвирланган:



5-Расм. Микро ГЭС қурилмаси қувватини ҳисоблаш алгоритми

f - ишлаб чиқариладиган ток частотаси, Гц;

r – гидротурбина ишчи ғилдирагининг радиуси, м;

Q – унумдорлик, яъни бирлик вақтда оқиб чиқувчи сув ҳажми, м³/сек;

H - сув оқиб тушувчи баландлик, м.

Кончилик корхоналарининг кам босимли сув оқимларида қўлланилиши таклиф қилинаётган микро ГЭС қурилмасини бошқариш, қурилма ёрдамида ишлаб чиқарилаётган электр энергияси миқдорларини назорат қилиш ва текшириб туриш имкониятини берувчи бошқарув алгоритми тузилди ва C++ электрон дастури ёрдамида дастурлаштирилди ҳамда электрон дастурлаш гувоҳномаси олинди.

Микро ГЭС қурилмасини бошқариш учун тузилган алгоритмдаги амаллар кетма-кетлиги қуйидагича бажарилади:

1. Микро ГЭС қурилмаси ёрдамида ишлаб чиқариладиган электр энергия қувватига таъсир қилувчи катталиклар $P(N, f, h, g, \eta, \alpha)$ дастур хотирасига киритилади.

2. $M, v, S, \eta, f, r, Q, H$ каби сув оқимининг бир қатор номинал параметрлари микро ГЭС қурилмасининг электр энергия ишлаб чиқариш номинал қуввати P ни аниқлаш учун математик формулалари ёрдамида сон қийматларини аниқлаш мақсадида дастур хотирасига киритилади.

Натижада юқоридаги (4) формула бўйича C++ дастури ёрдамида микро ГЭС қурилмаси ишлаб чиқарадиган электр энергия қуввати ҳисобланади.

Берилган алгоритм ёрдамида кончилик корхоналарида электр энергия ишлаб чиқарилиши таклиф этилаётган микро ГЭС қурилмасининг қуйидаги электр ва номинал кўрсаткичларини ишончли ва узлуксиз режимда электрон ҳисоблаш машиналари (компьютерлар) ёрдамида сифатли равишда назорат қилиш имконияти мавжуд:

M -айланма ҳаракат ҳосил қилувчи момент, айл/мин;

ϑ – гидротурбина ишчи ғилдирагининг айланма тезлиги, м/сек;

S_2 - ишчи ғилдиракнинг сув тегадиган юзаси, м²;

η - генераторнинг айланиш частотаси ёки гидротурбина ишчи ғилдирагининг айланиш частотаси, айл/мин;

Микро ГЭС қурилмаси қувватини ҳисоблашнинг математик модели асосида алгоритми тузилди ва дастур муваффақиятли ишлади, шундан сўнг микро ГЭС қурилмаси иш режимларини бошқариш схемасини ишлаб чиқишимиз зарурлиги асосланган.

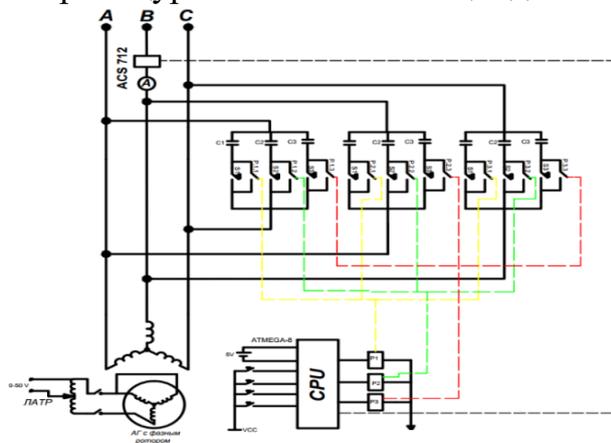
Микро ГЭСларда генератор сифатида синхрон машиналар ва қисқа туташган асинхрон машиналардан фойдаланишнинг ҳам ўзига яраша камчиликлари мавжудлиги, синхрон генераторни тизим билан синхронлаш шартларини бажариш, генератор томонидан ишлаб чиқарилаётган кучланишни ростлаш қийинлиги, бундан ташқари синхрон машиналарнинг массаси оғирлиги, таннархининг қимматлиги ва мураккаб тузилишга эга эканлиги ҳам моторни микро ГЭСларда қўллашда қатор қийинчиликларни келтириб чиқаради. Юқоридагиларни ҳисобга олган ҳолда биз микро ГЭСларда фаза роторли асинхрон моторларни генератор режимида қўллашни таклиф қиламиз ва генераторни автоматлаштирилган бошқарув блоги куйидаги (б) расмда тасвирланган:



б-расмда фаза роторли асинхрон моторни генератор режимида ишлатишни бошқаришнинг микроконтроллёрли бошқарув блоги ва блокнинг ички тузилиш схемаси кўрсатилган.

б-расм. Фаза роторли асинхрон генераторини автоматлаштирилган микроконтреллёрли бошқарув блоги схемаси

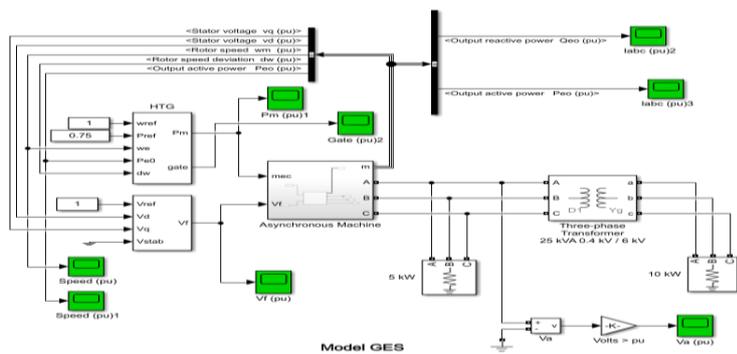
Ушбу 7- расмда кўрсатилган микроконтроллёрли бошқарув блогида фаза роторли асинхрон моторни микро ГЭСларда қўллаш ва сув тезликларига боғлиқ бўлмаган ҳолда ишлаб чиқараётган электр энергия қувватини ўзгартирмасдан тизимга ва истеъмолчиларга етказиб бериш мақсадида SIEMENS TIAPORTAL дастури ёрдамида яратилган микроконтроллёрли бошқарув ёрдамида амалга ошириш қурилмаси ишлаб чиқилди.



7-расм. Фаза роторли асинхрон генераторини автоматлаштирилган микроконтреллёрли бошқарув схемаси

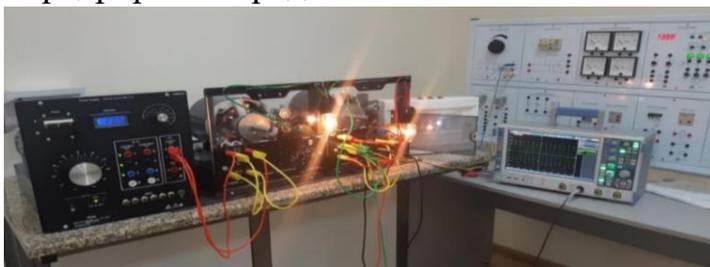
Юқоридаги натижалар асосида фаза роторли асинхрон генераторли микро ГЭС қурилмасининг иммитацион ва физик модели ишлаб чиқилди.

Куйидаги 8-расмда кўрсатилган MatLAB дастурида йиғилган SIMULINKда микро ГЭСда генератор режимида қўлланилиши таклиф қилинаётган фаза роторли асинхрон генератор ишлатилиб дастур ёрдамида синаб кўрилди.



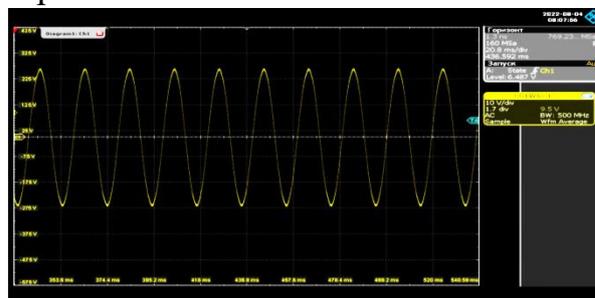
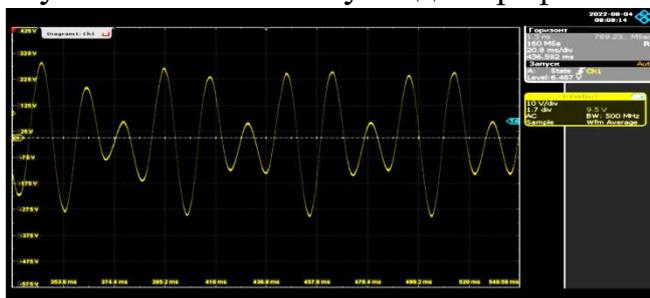
8-расм. MatLAB дастурий таъминоти пакетиди йиғилган микро ГЭС қурилмасининг SIMULINK графиги

Генератор ишга туширилгандан 3-5 секунд ўтгандан сўнг генератор роторида ҳосил бўлган реактив қувватни компенсация қилиш мақсадида ротор клеммаларига кетма-кет уланган конденсаторлар ишга тушади, натижада конденсаторлар ротор талаб қиладиган реактив қувватни компенсация қилади ва генератор ишлаб чиқараётган қувват қийматини барқарорлаштиради.



9-расм. Фаза роторли асинхрон генераторни синаб кўриш учун йиғилган физик модел

Қуйидаги (10) расмда ROLDE & SCHWARZ маркали осциллограф қурилмаси ёрдамида олинган график, микро ГЭСда қўлланилаётган фаза роторли асинхрон моторнинг генератор режимида ишлаб чиқараётган кучланишининг синусоидал графиги тасвирланган:



10-расм. Фаза роторли асинхрон генераторли микро ГЭС қурилмасини физик синов модели ёрдамида генератор ишлаб чиқараётган кучланишнинг гармоникалари

Микро ГЭС қурилмасининг экспериментал модели MatLAB дастури ёрдамида фаза роторли асинхрон генераторнинг роторидаги реактив қувватни компенсация қилувчи конденсаторлар ва ўлчов ҳамда автоматик бошқарув қурилмаларидан йиғилди.

Бу эса биз таклиф қилаётган фаза роторли асинхрон генераторни ишончли ишлаш схемасини яратиш имконини беради. 8-расмда йиғилган имитацион модел дастур ёрдамида текшириб ишлатиб кўрилгандан сўнг экспериментал микро ГЭСнинг физик модели қуйида (9) расмда келтирилган:

Навоий кон-металлургия комбинати АЖнинг муҳандислик иншоотларида сув оқимлари имкониятларидан оқилона фойдаланиш мақсадида ўрнатилган микро ГЭС қурилмасининг математик модели, иммитацион ва физик моделлари ёрдамида номинал катталиклар ҳисобланадиган сув оқими тезлиги, баландлиги, қолаверса микро ГЭС ишчи ғилдираги диаметри, ғилдиракнинг конструктив тузилиши ва ишчи ғилдиракка сувнинг урилиш юзаси каби омилларга таянган ҳолда қурилма томонидан ишлаб чиқариладиган электр энергия қувватини тез ва аниқ ҳисоблаш имконини беради.

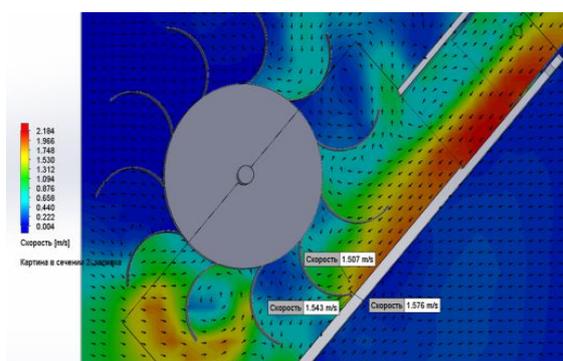
“Кончилик корхоналарида муқобил энергия манбалари асосида электр энергия истеъмоли самарадорлигини экспериментал тадқиқ қилиш” деб номланган тўртинчи бобда ишлаб чиқилган фаза роторли асинхрон генераторли микро ГЭС қурилмаси ва уни автоматлаштирилган микроконтроллёрли бошқарув блоги НКМК АЖ, ГМЗ-3 заводи, БСЗҲи объектига қўллаш асосида олинган экспериментал тадқиқот натижалари (17) формула асосида келтирилган:

$$\Delta N_i = (\gamma \cdot \Delta Q_i \cdot \Delta H_i) / 102 = 9.81 \cdot \Delta Q_i \cdot \Delta H_i, \text{ (кВт)}, \quad (17)$$

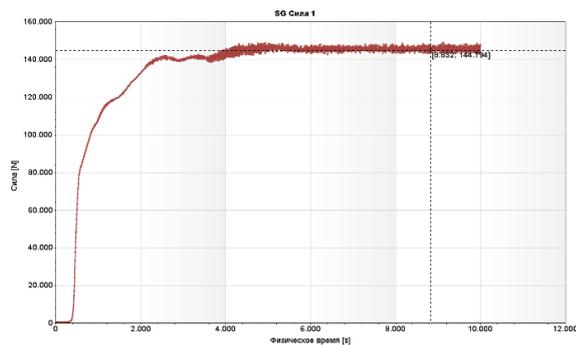
17-формуладаги сув оқими унумдорлигини оқим тезлиги ва қувур кўндаланг кесим юзалари билан тенглаштириб қуйидаги (18) формула келтирилган:

$$\Delta P_i = (\gamma \cdot \Delta v_i \cdot \Delta S_i \cdot \Delta H_i) / 102 = 9.81 \cdot \Delta v_i \cdot \Delta S_i \cdot \Delta H_i, \text{ (кВт)}, \quad (18)$$

Иммитацион, физик моделлар ёрдамида синовлардан кейин фаза роторли асинхрон генераторли микро ГЭС қурилмаси ишчи ғилдирагидаги куракларни сонини ва жойлашиш бурчакларини аниқлаш мақсадида SolidWorks Flow Simulation дастури ёрдамида синовлар ўтказилди ва оптимал кураклар сони 10 та ва конструкцияси ёпиқ ҳамда тўғри куракли ишчи ғилдирак тайёрланиши иқтисодий ва техник жиҳатдан ўринли деб ҳисобланди.



а) Гидротурбинадаги сув оқимининг ҳаракат тезлиги



б) Гидротурбина ишчи ғилдирагига таъсир қилувчи айлантирувчи кучнинг ўзгариш графиги

11-расм. Микро ГЭС қурилмасида сув оқими тезлиги ва ишчи ғилдиракка таъсир қилувчи кучнинг Solid Works Flow Simulation дастурида ҳосил қилинган ўзгариши тасвири

Микро ГЭС қурилмаси томонидан сув оқимининг қиймати ўзгарувчи параметрлари асосида ишлаб чиқарилиши мумкин бўлган электр энергия қуввати аниқлангандан сўнг ҳисобланган қувват ва генератор айланиш моменти, генераторнинг қувват коэффиценти ва фойдали иш коэффицентлари асосида қурилмага ўрнатиладиган генератор турини ва маркасини аниқлашимиз зарур. Илмий тадқиқот натижаларини жорий этиш ва микро ГЭС қурилмасининг иқтисодий самарадорлиги (2) жадвалда келтирилган:

2-жадвал

Қуввати 25 кВт бўлган фаза роторли асинхрон генераторли микро ГЭС учун сарфланадиган харажатлар

Материал номи	Сарфланган харажат миқдори
Фаза роторли асинхрон генератор 25 кВт, 380 В, 200 айл/мин	92 000 000
Реактив қувватни компенсация қилувчи конденсатор	9 x 590 000 = 5 310 000
Микро ГЭС асоси	2 660 000
Ишчи ғилдирак	3 060 000
1000 мм диаметрдаги пўлат қувур	3 000 000
Қўшимча сарфланган харажатлар	2 500 000
Умумий харажат	108 530 000
Йиллик соф фойда, сўм	78 840 000
Харажатларни қоплаш муддати	1,38 йил

2-жадвалда келтирилган ҳисоблашлар натижасидан кўришимиз мумкинки, микро ГЭС қурилмасини тайёрлаш ва ўрнатишга сарфланган харажатлар қурилма томонидан ишлаб чиқарилаётган йиллик электр энергияси ҳисобидан сарфланган харажатларни ўртача 1,38 йилда қоплаши ҳисоблашлар ёрдамида асосланган.

ХУЛОСАЛАР

Илмий тадқиқот ишини бажаришда қўйилган масалаларни ҳал қилиш бўйича олиб борилган илмий изланишлар натижасида қуйидаги хулосалар тақдим этилган:

1. Муқобил энергия манбаларининг имкониятларидан самарали фойдаланаётган ривожланган давлатлар тажрибалари ҳамда мамлакатимизда қўлланилаётган микро ГЭСларнинг конструкциялари, иш режимлари, қўлланилиш соҳалари кенг қамровли ўрганилган ва мавжуд турлари атрофлича таҳлил қилинган. Натижада мамлакатимизнинг ишлаб чиқариш ва кончилик корхоналарида мавжуд сув оқимларида микро ГЭСларнинг замонавий ва энергиясамарадор турларини такомиллашган конструкциясини ишлаб чиқиш ва амалиётга жорий этиш зарурлиги асослаб берилган.

2. Кончилик корхоналарида мавжуд сув оқимлари имкониятларидан самарали фойдаланиш мақсадида фаза роторли асинхрон генераторли микро

ГЭСлар ёрдамида ишлаб чиқариладиган электр энергия қувватини ҳисоблашнинг сув оқими параметрлари ўзгаришига мос равишда ҳисоблашнинг математик модели ишлаб чиқилган. Натижада, такомиллаштирилган модел микро ГЭС қурилмаси ишлаб чиқарадиган электр энергия қувватини ҳисоблашнинг аниқлик даражасини ошириш имконини берган.

3. Фаза роторли асинхрон генераторли микро ГЭС қурилмасининг имитацион модели MatLab дастурий таъминотида яратилган. Натижада ҳосил қилинган имитацион модел микро ГЭС қурилмасини компьютер дастурларида синаб текшириб кўриш ва экспериментлар ўтказиш имконини берган.

4. Микро ГЭС қурилмаларида тажриба синов ишларини ва экспериментларни ўтказиш мақсадида фаза роторли асинхрон генераторли микро ГЭС қурилмасининг такомиллаштирилган физик модели ишлаб чиқилган. Натижада йиғилган физик модел асосида микро ГЭС қурилмасини турли хил иш режимларида синаб кўриш имкониятлари яратилган.

5. Микро ГЭС қурилмасининг иш режимларини ва қурилма томонидан ишлаб чиқарилаётган электр энергия қуввати миқдорини ҳисоблашнинг математик модели асосида алгоритм ишлаб чиқилган. Натижада, микро ГЭС қурилмаси қувватини ҳисоблаш ва иш режимларини бошқариш учун тузилган алгоритм асосида C++ ЭХМ дастури ёрдамида қурилма томонидан ишлаб чиқариладиган электр энергия қийматини тезкор ҳисоблашни бошқариш алгоритм дастури ишлаб чиқилган ва дастурий таъминот гувоҳномаси олинган.

6. Кончилик корхоналари шароитида фаза роторли асинхрон генераторли микро ГЭСларнинг иш режимларини микроконтроллёрли автоматлаштирилган бошқариш блоги ва схемаси ишлаб чиқилган. Натижада ишлаб чиқарилган автоматлаштирилган бошқарув блоги асосида микро ГЭС қурилмаси иш режимлари ва ишлаб чиқарилаётган электр энергиянинг қуввати ўзгармас ва сифатли тарзда ишлаб чиқарилиши таъминланган.

7. Кончилик корхоналарида муқобил энергия манбалари асосида электр энергия истеъмоли самарадорлигини ошириш имконини берувчи усул ишлаб чиқилган. Натижада ишлаб чиқилган усул методик қўлланма шаклида НДКТУ ўқув жараёнига таълим сифатини ва талабалар-билим кўникмаларини ошириш мақсадида жорий қилинган.

8. Тадқиқот натижалари “Навоий кон-металлургия комбинати” АЖ, 3-сонли гидрометаллургия заводининг “Босимли сув захира ҳовузи” объектидан ГМЗ-3 заводига етказиб берилувчи сув оқимларига жорий этилган бўлиб, иқтисодий самарадорлик битта микро ГЭС қурилмаси учун 78 840 000 сўмни ташкил этган. Натижада БСЗХ объекти йиллик электр энергия истеъмоли 5,3 % миқдорда электр энергия самарадорлигига эришилган.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ
ДОКТОРА НАУК DSc.02/30.12.2021.Т.143.01 ПРИ ИНСТИТУТЕ
ПРОБЛЕМ ЭНЕРГЕТИКИ АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ
УЗБЕКИСТАН**

**НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

ЗОХИДОВ ОДИЛ УМИРЗОКОВИЧ

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОНОМНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ
НА ОСНОВЕ МИКРО ГЭС С АСИНХРОННЫМ ГЕНЕРАТОРОМ В
ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

05.05.01 – Энергетические системы и комплексы

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

Ташкент - 2023

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан под номером В2023.1.PhD/Т3139.

Диссертация выполнена в Навоийском государственном горно-технологическом университете.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на сайте Ученого совета (www.energetika.uz) и информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziynet.uz).

Научный руководитель:

Каршибаев Аскарбек Илашевич
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Арипов Назиржон Мукарамович
доктор технических наук, профессор

Халиков Салихжон Субханович
кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация:

**“Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства”
Национальный исследовательский университет**

Защита диссертации состоится «___» _____ 2023 г. в ___ часов на заседании Научного совета DSc.02/30.12.2021.T.143.01 при Институте проблем энергетики Академии наук Республики Узбекистан. (Адрес: 100076, г. Ташкент, ул. М.Ашрафий, 1-пр, 9-А. Тел./факс: (+99871) 283-23-08, (+99871) 283-23-08, e-mail: energetika_in@umail.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Института проблем энергетики АН РУз (зарегистрирован под номером ____). (Адрес: 100076, г. Ташкент, ул. М.Ашрафий, 1-пр, 9-А. Тел.: (+99871) 283-23-08, факс: (+99871) 283-23-08).

Автореферат диссертации разослан «___» _____ 2023 года.

(протокол рассылки № ___ от «___» _____ 2023 года).

Х.М. Муратов

Председатель Научного совета по присуждению
учёных степени, д.т.н., профессор

К.Ш. Кадиров

Ученый секретарь научного совета
по присуждению учёных степеней, доктора
философии (PhD) по техническим наукам с.н.с.

О.Х. Ишназаров

Председатель научного семинара при Научном
совете по присуждению учёных степени,
д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация к диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире особое значение придается сохранению существующих энергоресурсов и рациональному использованию возобновляемых источников энергии, а также выявлению новых альтернативных источников энергии. В настоящее время использование возобновляемых и нетрадиционных источников энергии хорошо налажено в развитых странах¹. Поэтому сегодня особое внимание уделяется возможности использования альтернативных источников энергии в качестве резервного источника электроэнергии для снабжения существующей централизованной энергосистемы потребителей нашей Республики в бесперебойном, надежном и качественном состоянии.

В настоящее время в мире проводятся исследования по созданию возможностей и методов эффективного использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, экономии на используемых топливных продуктах, качественной подачи произведенной электроэнергии на электрооборудования горных и промышленных предприятий с целью повышения эффективности потребления электроэнергии и обеспечения стабильного экологического баланса. В этом направлении важными задачами считаются исследования технико-экономических и экологических основ создания вспомогательных систем электроснабжения с использованием нетрадиционных источников энергии, основанных на потенциале существующих энергоресурсов на территории горных предприятий, а также методов повышения эффективности их использования. В то же время создание возможностей для экономии энергопотребления предприятия на основе выработки дополнительных источников энергии на горных предприятиях является одной из актуальных задач.

В энергетической системе, которая считается одним из важнейших секторов экономики нашей республики, реализуются меры по непрерывной выработке электроэнергии с использованием альтернативных источников энергии для горных предприятий, сокращению потерь электроэнергии, внедрению энергоэффективных технологий. В стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы определены задачи, в том числе «О снижении потерь в отраслях промышленности и повышении эффективности использования ресурсов..., внедрении современных энергосберегающих технологий, оборудования и возобновляемых источников энергии, производстве оборудования возобновляемых источников энергии и финансирования проектов повышения энергоэффективности»². Одной из важных проблем является реализация этих задач, включая создание энерго и ресурсосберегающих источников энергии на основе возобновляемых источников энергии, выявление факторов, негативно влияющих на

¹ <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X19300082>

² Указ Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года № ПФ-60 «О Новой Стратегии развития Республики Узбекистан на 2022-2026 годы»

производство электрической энергии, и выбор подходящих генераторов для микро гидроэлектростанции (микроГЭС) являются важными требованиями.

УП-4422 Президента Республики Узбекистан от 22 августа 2019 года «Об оперативных мерах по повышению энергоэффективности отраслей экономики и социальной сферы, внедрению энергосберегающих технологий и развитию возобновляемых источников энергии», УП-4477 от 4 октября 2019 года «Об утверждении Стратегии перехода к «зеленой» экономике Республики Узбекистан на 2019-2030 годы» и Постановления Президента Республики Узбекистан УП-220 от 9 сентября 2022 г. «О дополнительных мерах по внедрению энергосберегающих технологий и развитию маломощных возобновляемых источников энергии», данная научно-исследовательская работа служит в определенной степени реализацией в вышеуказанных и других нормативных правовых документах задач.

Соответствие исследований приоритетам развития науки и техники в республике. Это исследование соответствует приоритетному направлению 2. «Энергетика, энергосбережение и альтернативные источники энергии» развития науки и техники Республики.

Уровень изученности проблемы. Ряд зарубежных ученых, в том числе: А.Новак, К.Сок, В.Шницер, Б.Кобес, П.Глущенко, Дж.Герреро, Н.Хациаргириу, С.Папатанассиу, К.Фукусима, М.Рита, А.Носков, Л.Пантелеева, А.-З.Джендубаев, П.Свит, Б.Лукутин, А.Б. Богачев, С.Ганджа, М.Глазырин, Б.Семкин, В.Харитонов, Б.Хрустов, П.Безруков, В.Елистратов, В.Виссарионов, О.Попель, Д.Стребков, В.Велкин, В.Харченко, Е.Соснина, В.Волобуева, Н.Воропай, В.Алексеев, Б.Андерсен и другие внесли значительный вклад в свои исследования, а также в исследовательский работы в решение таких научных вопросов, как обеспечение стабильности системы электроснабжения в энергетической сфере и создание новых альтернативных источников энергии и ее использование в качестве дополнительного источника электроэнергии на промышленных, сельскохозяйственных и горных предприятиях.

Известные ученые Узбекистана определили научные проблемы в области совместного, неразрывно связанного использования традиционных и нетрадиционных источников энергии электроэнергии, потребляемой на промышленных, сельскохозяйственных и горных предприятиях: Р.Захидов, А.Раджабов, К.Аллаев, А.Мухаммадиев, Х.Муратов, М.Мухаммадиев, Ш.Кличев, К.Алимходжаев, Н.Арипов, Ф.Хошимов, А.Мирзабаев, О.Ишназаров, А.Карсибаев, А.Тоиров, А.Исаков, Ш.Музафаров, С.Эргашев, Н.Авезова, Р.Авезов, О.Сиддиков, Д.Кадыров и другие провели научные исследования и были достигнуты положительные результаты.

Несмотря на значительные положительные результаты, в регионах расположения горных предприятий недостаточно изучены вопросы создания систем выработки электроэнергии за счет потенциала существующих водных потоков и обеспечения электрооборудования бесперебойной и дополнительной электроэнергией.

Связь диссертационного исследования с исследовательскими планами высших учебных заведений, в котором выполнена диссертация. Диссертационное исследование было выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ по теме “Разработка генераторных установок на инженерных сооружениях НГМК” (2020-2022) плана научно-исследовательских работ Навоийского государственного горно-технологического университета от 06/2020.

Целью исследования является разработка автономной системы электроснабжения на основе микро ГЭС с асинхронным генератором в условиях горных предприятий.

Задачи исследования:

анализ существующих типов микро ГЭС, использующих альтернативные источники энергии;

разработка математической модели для расчета мощности устройства микро ГЭС асинхронным генератором с фазным ротором;

разработка имитационной модели микро ГЭС асинхронным генератором с фазным ротором;

разработка физической модели микро ГЭС асинхронным генератором с фазным ротором;

разработка алгоритма управления режимом работы и расчёта мощности микро ГЭС;

разработка схемы и методики автоматического управления режимами работы микро ГЭС асинхронными генераторами с фазным ротором в условиях горных предприятий;

Объектом исследования является дополнительная электроэнергия на основе устройства микро ГЭС асинхронным генератором с фазным роторным в водоподкачивающих трубах участка «Напорные запасные резервуары (НЗР)», обеспечивающего поставку технической и питьевой воды на гидрометаллургический завод №3 Северного рудоуправления АО «Навоийский горно-металлургический комбинат».

Предметом исследования является устройство микро ГЭС асинхронным генератором с фазным ротором и его программное обеспечение, созданные для водопровода гидрометаллургического завода №3 АО «НГМК».

Методы исследования. В процессе исследования для создания математической модели асинхронного генератора использовалась теория электрических машин, теория электроприводов, теория автоматического управления, теория электрических устройств, кинематические, динамические и экспериментальные методы исследования.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработана математическая модель расчета мощности вырабатываемой электроэнергии микро ГЭС на основе изменения параметров течения воды;

разработаны имитационная и усовершенствованная физическая модели, определяющие номинальные параметры установки микро ГЭС с асинхронным генератором на основе современных программных обеспечений;

разработана автоматизированная схема управления микроконтроллерный блок конденсаторов, обеспечивающая устойчивые параметры электроэнергии, вырабатываемой установкой микро ГЭС;

разработан способ повышения эффективности потребления электроэнергии с помощью установки микро ГЭС в горных предприятиях на основе математических расчетов и теории надёжности.

Практический результат исследования заключается в следующем:

на основе условиях горных предприятий разработана усовершенствованная схема автоматического управления режимами работы микро ГЭС асинхронным генератором с микроконтроллером;

на основе альтернативных источников энергии разработан алгоритм расчета мощности устройства микро ГЭС асинхронным генератором с фазным ротором и управлением режимами работы;

разработана гидротурбина закрытой конструкции с прямолопастным рабочим колесом устройства микро ГЭС;

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследования объясняется тем, что с учетом совместимости экспериментальных и теоретических данных построена микро ГЭС, обеспечивающая непрерывность, энергоэффективность и надежность системы электроснабжения на основе усовершенствованной схемы асинхронного генератора с фазным ротором.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования заключается в разработке математической модели прогнозирования мощности вырабатываемой электроэнергии для устройства асинхронного генератора с фазным ротором с учетом количества расхода воды, скорости, высоты падения и других параметров, имитационная модель собрана на основе современного программного обеспечения, и физических моделей, позволяющих проводить эксперименты, что объясняется тем, что разработан метод, позволяющий повысить эффективность потребления электроэнергии горнодобывающими предприятиями на основе альтернативных источников энергии.

Практическая значимость результатов исследований объясняется разработкой усовершенствованной схемы автоматического управления режимами работы микро ГЭС асинхронным генератором с фазным ротором в условиях горных предприятий, алгоритма расчета мощности устройство и регулирование режимов работы, а также разработка гидротурбинного устройства с замкнутой конструкцией и прямолопастным рабочим колесом.

Внедрение результатов исследований. На основании научных результатов, полученных в результате анализа данных по совершенствованию методов повышения эффективности потребления

электроэнергии за счет создания электросистемы микро ГЭС асинхронным генератором с фазным роторным на основе альтернативных источников энергии:

устройство микро ГЭС асинхронным генератором с фазным ротором на альтернативных источниках энергии внедрено на объекте безнапорных вод в трубопроводах технического и хозяйственно-питьевого водоснабжения гидromеталлургического завода №3 Северного рудоуправления АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» (2022 АО «Навоийский горно-металлургический комбинат») справка № 23.01-01-07/606 от 20 сентября). В результате напорная вода на установке ГМЗ-3 позволила сэкономить 5,3 % годового потребления электроэнергии электрооборудованием, расположенным в напорных запасных резервуарах;

усовершенствованная схема устройства микро ГЭС асинхронным генератором с фазным ротором была внедрена в трубопровод подачи технической воды на гидromеталлургический завод № 3 Северного рудоуправления АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» (АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» от 20 сентября, 2022 23.01-01-07/606- ссылка на номер). В результате достигнута годовая экономическая эффективность в размере 78 840 000 сумов за счет электроэнергии, выработанной с использованием микро ГЭС асинхронным генератором с фазным ротором;

Методическое пособие «Методы повышения эффективности потребления электроэнергии на основе альтернативных источников энергии на горнодобывающих предприятиях» была внедрена на кафедре «Горная электромеханика» Навоийского государственного горно-технологического университета в качестве методического пособия при внедрении практики и экспериментального обучения по специальности «Электроснабжение и электрификация горных предприятий» в учебный процесс для студентов образовательных направлений бакалавриата «Технологические машины и оборудование (горное дело)» 5312200 справка 07/02 Технологического университета от 7 февраля 2023 года). В результате методическое пособие, применяемое к образовательному процессу, является ценной и богатой необходимой информацией для того, чтобы студенты могли осуществлять свой опыт и практические занятия, а новая учебная литература была создана таким образом, чтобы они получали необходимые конкретные навыки из методического пособия.

Апробация работы. Результаты исследования одобрены на 9 научно-практических конференциях, в том числе на 3 международных и 6 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов. Всего по теме диссертации опубликовано 20 научных работ. В том числе 9 научных статей, из них 2 статьи в зарубежных журналах, 7 статей в республиканских журналах, а также получены 2 свидетельства на программу ЭВМ.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Объем диссертации составляет 117 страницы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и необходимость диссертационной работы, описываются цели и задачи исследования, определяются объект и предмет исследования, соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и техники республики, определяется научная новизна и практические результаты исследования, обосновывается достоверность полученных результатов, приводится внедрение результатов исследования в практику, опубликованные работы и информация о структуре диссертации.

В первой главе диссертации, озаглавленной **“Анализ проблем повышения эффективности потребления электроэнергии на горных предприятиях”**, приведены эксперименты с использованием солнечных электростанций, ветрогенераторов, микро и малых гидроэлектростанций, используемых в развитых странах мира с целью повышения эффективности потребления электроэнергии на горных предприятиях, один из важнейших секторов экономики.

В связи с увеличением объемов производства на производственных и горных предприятиях спрос на электроэнергию увеличивается само по себе, что еще раз доказывает, что использование дополнительных и альтернативных источников энергии на производственных и горных предприятиях является важным требованием сегодняшнего дня. Исходя из мирового опыта и в результате научных исследований и анализа литературы, мы можем сказать, что необходимость разработки современных структурных, новых типов микро и малых гидроэлектростанций была обоснована исходя из потенциала существующих сегодня водных потоков на горнодобывающих и производственных объектах.

Результаты анализа показывают, что необходима разработка методических рекомендаций, позволяющих провести теоретический и экспериментальный расчет и оценку возможностей производства электроэнергии из существующих водных потоков на горных предприятиях.

Во второй главе **“Методические основы повышения эффективности потребления электроэнергии на основе альтернативных источников энергии на горных предприятиях”** дана краткая информация о структуре АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» и целях повышения эффективности потребления электроэнергии в обмен на рациональное использование возможностей существующих водных потоков в инженерных сооружениях горных предприятий. Изучена и проанализирована классификация предлагаемых к использованию типов существующих зарубежных и отечественных малых и микро ГЭС.

В целях рационального использования альтернативных источников энергии изучены существующие потенциалы солнечного, ветрового и водного стоков и их КПД на территории горных предприятий, а также предложено производство электроэнергии из существующих водных потоков в инженерных сооружениях АО «НГМК», признаны экономически эффективными, и методы рационального использования существующих водотоков на горных предприятиях и подчеркнуто, что местные микро ГЭС должны быть разработаны и внедрены на горных предприятиях.

Для создания методики моделирования динамических параметров микро ГЭС сначала определяют внутренний диаметр водовода по Q-коэффициенту, m^3/c , v_1 -расходу воды, P_{max} -максимальному давлению, создаваемому водой поток (Pa), k_x - коэффициент запаса прочности, - d_t наружный диаметр трубы (м), σ_{max} - предел прочности трубы (МПа), который необходимо рассчитать. На основании определенного значения внутреннего диаметра трубы можно определить внутреннюю поверхность трубы и поверхность протекающей по трубе воды.

Математическая модель для определения поверхности удара водного потока о шарики рабочего колеса устройства микро ГЭС приведена ниже (1):

$$s_2 = \frac{\frac{\pi}{4} * d_i^2 * \sqrt{(g * \frac{V}{Q})^2 + 2gh\eta - 2 * g * \frac{V}{Q} * \sqrt{2gh\eta * \sin\alpha}}}{\sqrt{(\sqrt{2gh\eta} + \frac{\sqrt{2gh\eta * \cos\alpha} * g * V}{g * V - Q * \sqrt{2gh\eta * \sin\alpha}})^2 + (g * \frac{V}{Q})^2}}; \quad m^2, \quad (1)$$

где, d_i - внутренний диаметр трубы; V - объем воды, вытекающей с поверхности трубы; разработана усовершенствованная математическая модель для определения величины поверхности воздействия потока воды на лопасти рабочего колеса устройства микро ГЭС по таким параметрам, как h - высота потока воды.

При расчете динамических процессов микро ГЭС крутящий момент турбины микроГЭС в виде диска находится по следующей формуле (2):

$$\sum M(F_k) = M_{ayl} = M_1 + M_2 \quad (2)$$

где : M_{ayl} - крутящий момент вращения барабана, Н*м. $\sum M(F_k)$ - вращающий момент, формирующий рабочие колеса и инерцию потока воды, Н*м. M_1 - момент образования, когда вода заполнена, M_2 - момент, возникающий при разливе воды (Н*м).

Следующая (3) формула для расчета выработки электроэнергии из потенциала стока воды микро ГЭС по ее номинальным параметрам. Используя существующую формулу, расход воды, выходящей из водопровода:

$$dP_1 = gHQ\eta_m \quad (3)$$

где, g - ускорение свободного падения, m/c^2 ; H - высота потока воды, м; Q - производительность (расход) потока воды, $m^3/сек$; η_m - ФИК микро ГЭС. Вместо производительности водного потока в формуле (3) выше было определено выражение усовершенствованной математической модели (4) для

нахождения значения мощности, вырабатываемой устройством микро ГЭС в результате скорости водного потока и водного значения поверхности соударения потока.

$$dP_1 = gHQ\eta_M = gH\eta_M v_1 dS = gH\eta_M v_1 \frac{\frac{\pi}{4} d_i^2 \sqrt{(g \frac{V}{Q})^2 + 2gh\eta - 2g \frac{V}{Q} \sqrt{2gh\eta} \sin\alpha}}{\sqrt{(\sqrt{2gh\eta} + \frac{\sqrt{2gh\eta} \cos\alpha * g * V}}{g * V - Q * \sqrt{2gh\eta} \sin\alpha})^2 + (g \frac{V}{Q})^2}} \quad (4)$$

здесь v – скорость воды, м/с; S – поверхность воздействия водного потока на рабочее колесо гидротурбины.

Все параметры, рассчитанные в приведенной выше последовательности, входят в систему единых уравнений, и изменение любого параметра вызывает соответствующее изменение остальных.

С помощью метода, разработанного на основе выражения усовершенствованной математической модели (4), были определены теоретические величины расходов воды в инженерных сооружениях горных предприятий: диаметр трубы - d (мм), производительность потока воды - Q ($\text{м}^3/\text{с}$), напряжение - N (м., высота столба воды), длина водопровода l (м), скорость потока воды v (м/с), мы сможем определить вырабатываемую мощность электро энергию предлагаемой микро ГЭС - P (кВт) незначительных ошибок.

С учетом вышеизложенного обоснована необходимость создания усовершенствованных математических моделей, позволяющих определять и моделировать параметры генератора, выбираемого для микро ГЭС.

В третьей главе этого исследования под названием **“Расчет и моделирование параметров генератора на основе режимов работы микро ГЭС”** обосновано то, что номинальные параметры электроэнергии, вырабатываемой с помощью микро ГЭС по отношению к электрооборудованию, применяемому в горных предприятиях, точнее на территории объекта “Напорные запасные резервуары (НЗР)”, поставляющий техническую и питьевую воду на территорию гидromеталлургического завода №3 (ГМЗ-3) АО “Навоийский горно-металлургический комбинат” выбираются на основе определенных показателей.

Генераторное устройство, используемое на микро ГЭС, является важным электротехническим оборудованием, основной функцией которого является надежный контроль и непрерывная подача электроэнергии высокого качества, помимо производства электроэнергии.

Несмотря на ряд положительных характеристик СГ, перечисленных выше, при использовании СГ в автономном или сетевом режиме на микро ГЭС необходимо выполнение следующих требований для надежной работы генератора:

- электрический ток обмотки статора генератора (или фазное напряжение на его зажимах) должен быть равен фазному напряжению сети;
- его частота должна быть равна частоте напряжения в сети;

- последовательность фаз генератора должна быть такой же, как последовательность фаз сети;

В момент подключения СГ к сети разность потенциалов между клеммами подключения должна быть минимальной. Выполнение этих требований создает ряд трудностей в организации системы электроснабжения. Синхронные генераторы конструктивно сложны, тяжелы и дороги.

Для преодоления этих недостатков предлагается использовать на микро ГЭС вместо СГ асинхронный генератор.

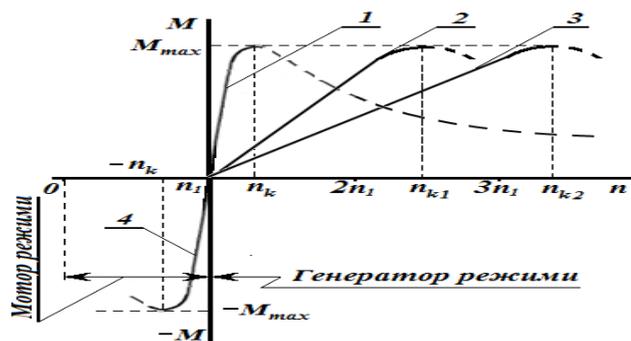


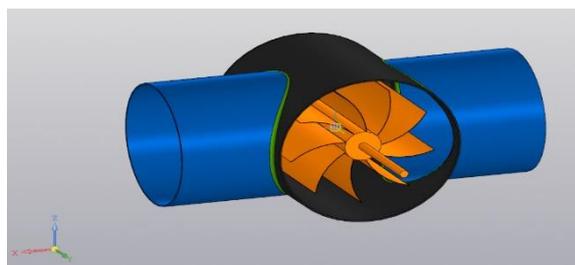
Рисунок 1. Механические характеристики асинхронной машины

Для того чтобы микро ГЭС, устанавливаемые в соответствии с изменяющимися условиями водного потока, сохраняли неизменной скорость вращения ротора и вырабатывали надежное количество электроэнергии, микро ГЭС должна быть только запружена, а значит, необходимо наладить управление параметрами расхода воды и

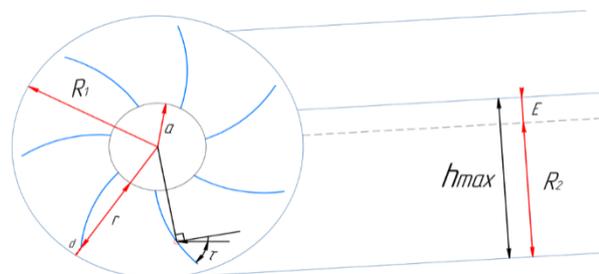
поддерживать постоянную скорость вращения ротора генератора или накладывать необходимое расширение рабочего диапазона в механическом описании генератора.

Для положительного решения этих требований мы предлагаем использовать асинхронную машину с фазным ротором в качестве генератора на микро ГЭС.

Применение в таких электростанциях асинхронного генератора с фазным ротором не только увеличивает в несколько раз диапазон скоростей вращения ротора (на рис. 1 диапазон $n_1 \div n_{k2}$ увеличивается до $n_1 \div n_{k2}$), в то же время появляется возможность надежно эксплуатировать микро ГЭС, расход воды даже при изменении ее параметров, появляется возможность передавать в сеть постоянное количество энергии. На рисунке (2) ниже показана закрытая микро ГЭС с изогнутыми лопастями, вид сбоку и конструкция станции:



а) Общий вид микро ГЭС закрытой конструкции с криволинейными лопастями



б) Поперечный разрез микро ГЭС с криволинейной лопастью

Рисунок 2. Общий и боковой вид микро ГЭС с закрытой конструкцией

На рисунке (2) выше R_1 — радиус гидротурбины; a — радиус барабана гидротурбины; r — радиус кривизны рабочего колеса; τ — угол воздействия потока воды на рабочее колесо; ϑ — расстояние между лопастью рабочего колеса и основанием гидротурбины; $h_{\text{макс}}$ — высота напора воды в трубе в зависимости от расхода воды; p_2 — радиус трубы; ε — описывается высота изменения уровня воды.

Гидротурбина микро ГЭС определяется коэффициентом, учитывающим разницу между расходом воды α и τ центрами рабочего колеса и высотой расхода воды в горизонтальной трубе при течении воды в горизонтальной трубе.

$$M = \frac{\rho V}{t} \cdot \vartheta \cdot \left(R_1 - \frac{k(r+a+d)}{3} \right) \cdot \sin \theta \cdot \sin \alpha \quad (5)$$

ρ — плотность жидкости, кг/м³;

V — объем жидкости, м³;

t — время, час;

$\sin \theta$ — угол попадания потока воды на рабочее колесо;

$\sin \alpha$ — угол кривизны рабочего колеса лопасти.

Расход воды в устройстве микро ГЭС с закрытой конструкцией определяется по следующей формуле:

$$Q = \frac{V}{t} \quad (6)$$

Определение механического момента рабочего колеса микро ГЭС исходя из номинальных значений расхода воды и значений воздействующего на рабочее колесо расхода воды в замкнутой конструкции микро ГЭС:

$$M_{\text{мех}} = \rho Q \vartheta \cdot \left(\frac{3R_1 - k(r+a+d)}{3} \right) \cdot \sin \theta \cdot \sin \alpha \quad (7)$$

$$\sum M_{o1}(F_k) = M_{o1} \quad (8)$$

Из приведенной выше формулы (8) определяем следующее выражение связи между силами, действующими на лопасти рабочего колеса микро ГЭС с замкнутой конструкцией, и возникающими моментами:

$$- F_1 \cdot \frac{x_1}{3} + F_2 \sin \alpha \cdot \frac{x_2}{3} + F_3 \sin 2\alpha \cdot \frac{x_3}{3} = M_{o1} \quad (9)$$

Выражения для определения сил, действующих на первую, вторую и третью лопасти рабочего колеса микро ГЭС:

$$F_1 = P_1 \cdot S_1 = P_1 \cdot \frac{R \cdot \sin 10^\circ}{2 \sin 80^\circ} \cdot D_1 \quad (10)$$

$$F_2 = P_2 \cdot S_2 = P_2 \cdot R \cdot \sin 36^\circ \cdot D_1 \quad (11)$$

$$F_3 = P_3 \cdot S_3 = P_3 \cdot (R \cdot \sin 72^\circ - R \cdot \sin 36^\circ) \cdot D_1 \quad (12)$$

где F_1 , F_2 , F_3 — силы, действующие на лопасти рабочего колеса гидротурбины, Н;

x_1 , x_2 , x_3 — высоты попадания воды на рабочие колеса;

$\sin \alpha$ — угол между первой и второй лопастями рабочего колеса гидротурбины;

$\sin 2\alpha$ — угол между первой и третьей лопатками рабочего колеса гидротурбины;

D_1 — диаметр гидротурбины микро ГЭС;

S_1, S_2, S_3 – поверхности удара жидкости о лопатки рабочих колес гидротурбин; Следующая формула (13) дает формулу для крутящего момента, создаваемого валом микро ГЭС с определенным радиусом кривизны замкнутой конструкции:

$$M_{01} = R^3 \left(\frac{-P_1 \cdot \sin^2 10^\circ}{3 \sin 80^\circ} + \frac{2 P_2 \cdot \sin^2 36^\circ}{3} + \frac{2 P_3 \cdot (\sin 72^\circ - \sin 36^\circ) \sin 72^\circ}{3} \right) \quad (13)$$

Определяем связь между силами, моментами и поверхностями, образующимися в рабочем колесе гидротурбины микро ГЭС с определенным радиусом кривизны по приведенным выше формулам и проверяем уравнения случая, когда лопатки рабочего колеса не изгибаются при правильной конструкции.

Формула полученного выражения результирующего крутящего момента имеет следующий вид:

$$M_{02} = R^3 \left(\frac{2}{3} P_2 \cdot \sin 36^\circ + \frac{2}{3} P_3 (\sin 72^\circ - \sin 36^\circ) \right) \quad (14)$$

На основании приведенных выше уравнений и формул составим следующие соотношения для микро ГЭС с криволинейными и прямыми лопатками закрытой конструкции: $\frac{M_{02}}{M_{01}} > 1$ $M_{02} > M_{01}$ $M_{02} \sim P_4$

$$M_{01} \sim P_3 \quad P_4 > P_3$$

Используя приведенные выше формулы, определяем мощность, вырабатываемую микро ГЭС, по следующим формулам:

$$P_3 = \rho Q \vartheta \pi \left(\frac{3R_1 - k(r+a+d)}{90} \right) \cdot \sin \theta_1 \cdot \sin \alpha \cdot \eta_T \cdot K_{\alpha 1} \quad (15)$$

$$P_4 = \rho Q \vartheta \pi \left(\frac{3R_1 - k(r+a+d)}{90} \right) \cdot \sin \theta_2 \cdot \eta_T \cdot K_{\alpha 2} \quad (16)$$

В приведенных выше выражениях представлены P_3 математическая модель для расчета мощности криволинейного микро ГЭС и математическая модель для расчета мощности P_4 прямолопастного микро ГЭС. Разность мощностей, развиваемых усовершенствованными микро ГЭС в ходе исследований, представлена на рисунке (3):

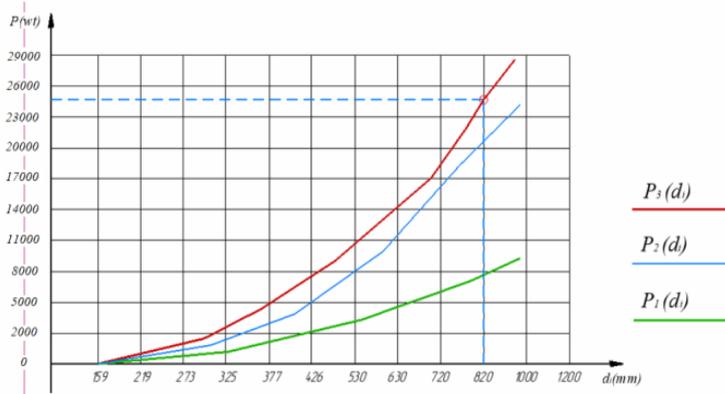


Рисунок 3. Расчетные значения мощности, вырабатываемой трубчатыми, криволинейными и прямолопастными микро ГЭС

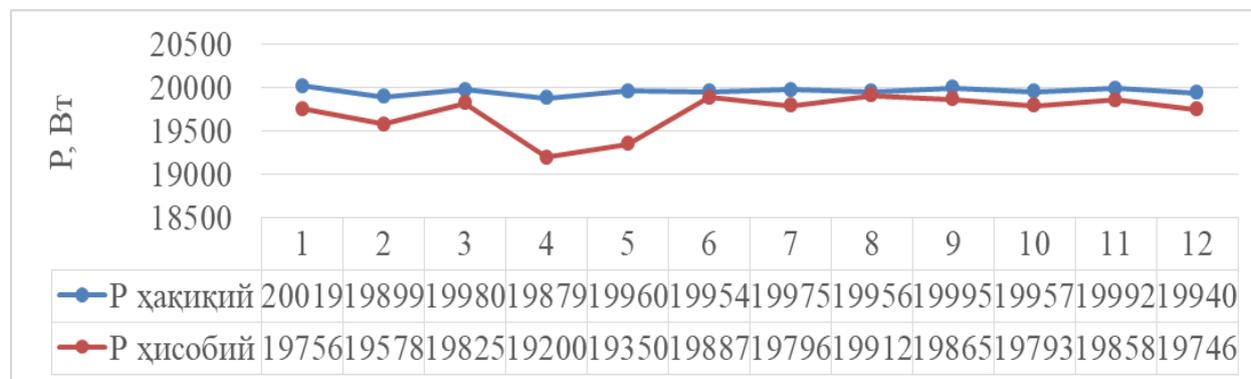
При проверке адекватности разработанной (16) математической модели, если сравнить значения рабочей мощности микро ГЭС, работающей в режиме нагрузки, со значениями, определяемыми ваттметром, и значениями, рассчитанными по математической модели различия не превышают 1,07 % (табл. 1).

Таблица 1

Результаты моделирования и фактические значения, полученные на микро ГЭС

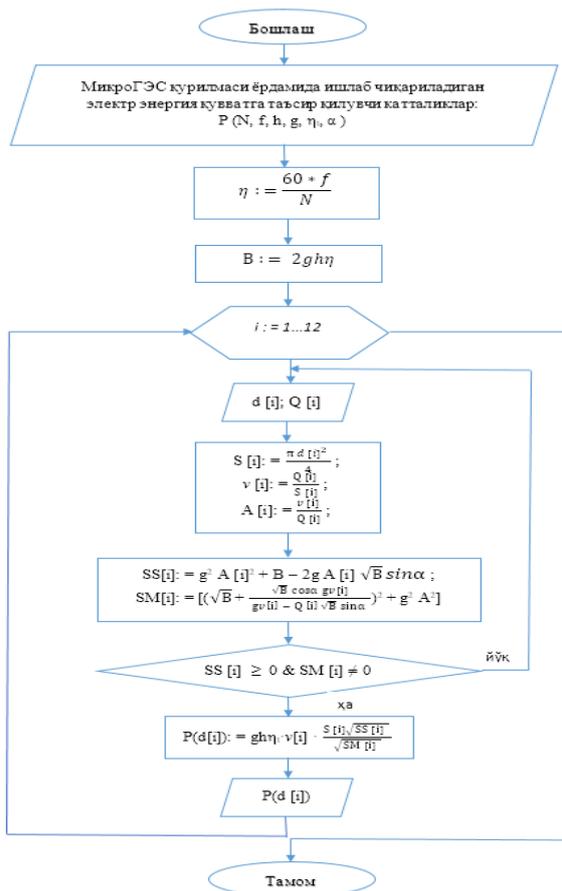
Время Т час	Фактическая мощность, вырабатываемая генератором, Р (Вт)	Расчетная мощность микро ГЭСа, Р, (Вт)	Ошибки	
			Абсолютные, Р, (Вт)	Относительные, Р (%)
1	20019	19756	263	1,3
2	19899	19578	321	1,61
3	19980	19825	155	0,78
4	19879	19200	679	3,42
5	19960	19350	610	3,1
6	19954	19887	67	0,33
7	19975	19896	79	0,4
8	19956	19812	44	0,22
9	19995	19865	130	0,65
10	19957	19793	164	0,82
11	19992	19858	134	0,67
12	19940	19746	194	0,97

На основе усовершенствованной математической модели стоимость электроэнергии, произведенной микро ГЭС, почасовое значение нагрузки в течение 12 часов и результаты, полученные из математической модели, показаны на рисунке (4) ниже:



4-Рисунок. Проверка адекватности математической модели микро ГЭС асинхронным генератором с фазным ротором

Алгоритм математического моделирования от существующих потоков воды в инженерных сооружениях, который предлагается использовать в АО “Навоийский горно-металлургический комбинат”, с целью выработки электрической энергии из существующих потоков воды в инженерных сооружениях и расчета мощности электроэнергии из потока воды описан на рисунке 5 ниже. С помощью приведенного алгоритма можно качественно контролировать следующие электрические и номинальные показатели предлагаемой микро ГЭС для производства электроэнергии на горных предприятиях в надежном и непрерывном режиме с помощью электронных вычислителей (ЭВМ)/



5-рисунок. Алгоритм расчета мощности устройства микро ГЭС

Учитывая изложенное, предлагаем использовать асинхронные двигатели с фазным ротором на микро ГЭС в генераторном режиме, а блок автоматизированного управления генератором изображен на рисунке (6) ниже:



6-расм. Структурная схема автоматизированного микроконтроллерного управления асинхронным генератором с фазным ротором

показан микроконтроллерный блок управления работой асинхронного двигателя с фазным ротором в генераторном режиме и схема внутренней структуры блока. Последовательность работы автоматизированного блока управления представлена на рисунке 7 ниже:

В результате электрическая мощность, вырабатываемая микро ГЭС, рассчитывается с помощью программы C++ по приведенной выше формуле (4). На основе математической модели расчета мощности микро ГЭС был создан алгоритм и программа успешно отработала, после чего необходимо разработать схему управления режимами работы микро ГЭС. Использование синхронных машин и короткозамкнутых асинхронных машин в качестве генераторов на микро ГЭС имеет свои недостатки, трудно соблюсти условия синхронизации синхронного генератора с системой, сложно регулировать напряжение, вырабатываемое генератором, кроме того, масса синхронных машин тяжела, дорога и имеет сложную конструкцию, что вызывает ряд трудностей при ее использовании в микро ГЭС.

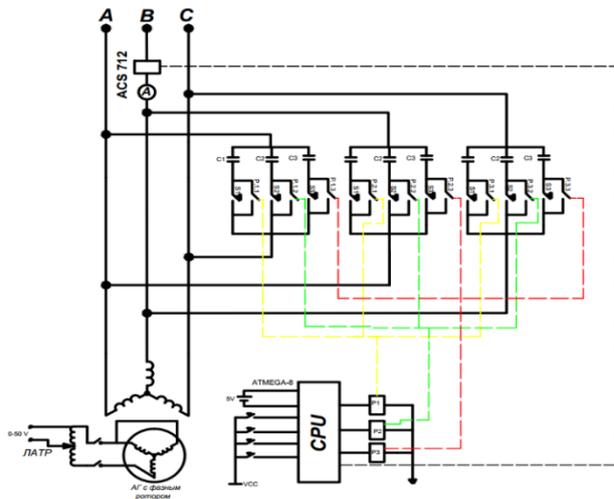


Рисунок 7. Автоматизированная микроконтроллерная схема управления асинхронным генератором с фазным ротором

Использованием программного обеспечения SIEMENS TIAPORTAL было разработано устройство управления микроконтроллером, чтобы использовать асинхронный двигатель с фазным ротором в микро ГЭС и подавать вырабатываемую им электроэнергию в систему и потребителей без изменения скорости воды. На основании вышеизложенных результатов разработана имитационная и физическая модель устройства микро ГЭС асинхронным генератором с фазным ротором.

Асинхронный генератор с фазным ротором, предложенный для использования в режиме генератора на микро ГЭС, собранный в программе MatLAB, показанной на рисунке 8 ниже, был протестирован с помощью программы.

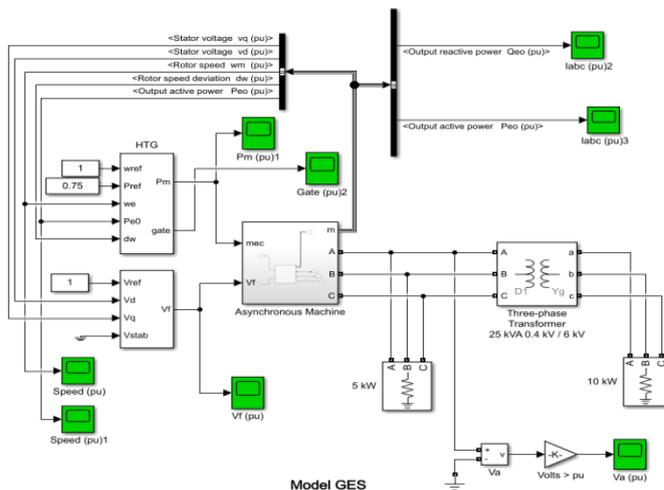


Рисунок 8. График SIMULINK микро ГЭС, собранный в программном комплексе MatLAB

Экспериментальная модель микро ГЭС была собрана с помощью программы MatLAB из конденсаторов и устройств измерения и автоматического регулирования, компенсирующих реактивную мощность в роторе асинхронного генератора с фазным ротором.

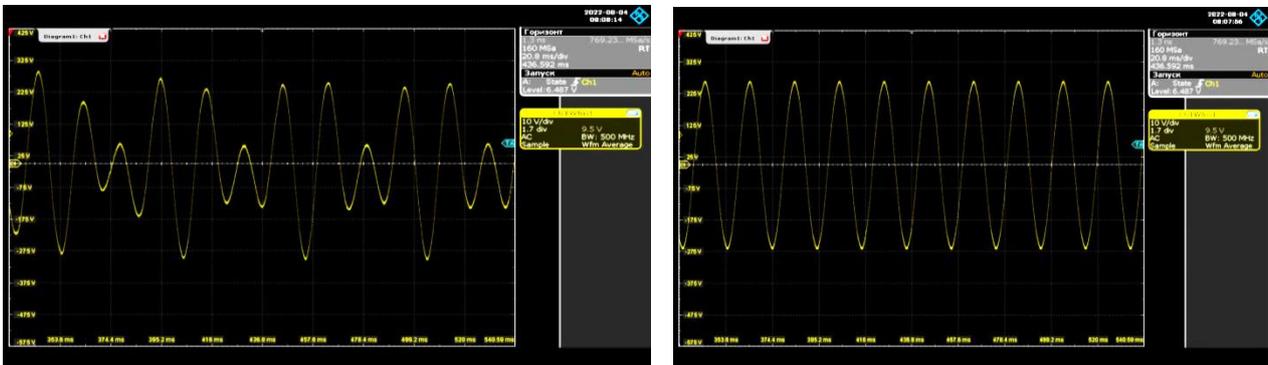


Рисунок 9. Физическая модель для испытания асинхронного генератора с фазным ротором

Через 3-5 секунд после запуска генератора конденсаторы, подключенные последовательно к выводам ротора, начинают компенсировать реактивную мощность, вырабатываемой в роторе генератора, в результате чего конденсаторы компенсируют требуемую ротором реактивную мощность и стабилизируют значение мощности, вырабатываемой генератором. Это позволяет создать надежную схему работы предлагаемого нами асинхронного генератора с фазным ротором.

Физическая модель экспериментальной микро ГЭС показана на рисунке (9) после того, как имитационная модель, собранная на рисунке 8, проверена и использована программным обеспечением :

На рисунке ниже (10) показан синусоидальный график напряжения, вырабатываемого асинхронным двигателем с фазным ротором, используемого в микро ГЭС в режиме генератора, полученный с помощью прибора осциллографа марки ROLDE&SCHWARZ:



а) Гармоника, полученная без конденсатора

б) Гармоника с помощью конденсаторов

Рисунок 10. Гармоники напряжения, вырабатываемого генератором, на физической лабораторной модели устройства микро ГЭС асинхронным генератором с фазным ротором

С помощью математической модели микро ГЭС, установленной в инженерных сооружениях АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» с целью рационального использования возможностей потоков воды, номинальные значения скорости потока воды, высоты, диаметра рабочего колеса микро ГЭС, конструктивная структура колеса и воздействие воды на рабочее колесо рассчитываются с использованием имитационных и физических моделей, что позволяет быстро и точно рассчитать электрическую энергию, вырабатываемой устройством на основе таких факторов как поверхность.

Результаты экспериментального исследования по формуле (17), полученные на базе устройства микро ГЭС асинхронного генератора с фазным ротором, и его применение к объекту НЗР, завод ГМЗ-3, АО «НГМК», автоматизированный микроконтроллерный блок управления, были представлены в четвертой главе под названием «Экспериментальное исследование эффективности потребления электроэнергии на основе

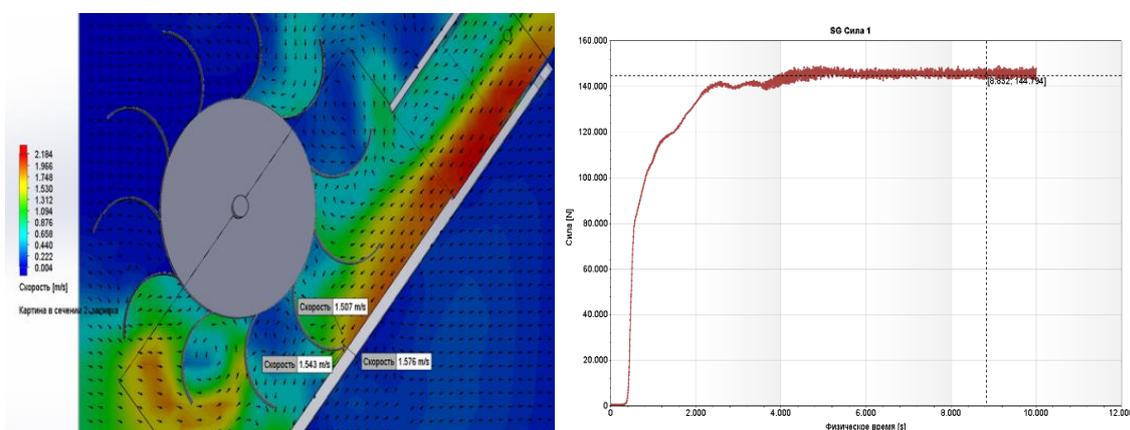
альтернативных источников энергии на горных предприятиях” ниже по формуле:

$$\Delta N_i = (\gamma \cdot \Delta Q_i \cdot \Delta H_i) / 102 = 9.81 \cdot \Delta Q_i \cdot \Delta H_i, \text{ (кВт)}, \quad (17)$$

Приравнивая расход воды в формуле 17 к расходу и площади поперечного сечения трубы, получаем следующую формулу (18):

$$\Delta P_i = (\gamma \cdot \Delta v_i \cdot \Delta S_i \cdot \Delta H_i) / 102 = 9.81 \cdot \Delta v_i \cdot \Delta S_i \cdot \Delta H_i, \text{ (кВт)}, \quad (18)$$

Программе SolidWorks Flow Simulation с целью определения количества и углов расположения лопастей в рабочем колесе устройства микро ГЭС асинхронным генератором с фазным ротором , а также оптимальное количество лопастей 10 и экономически, и технически целесообразно изготовить рабочее колесо с закрытыми и правильными лопастями.



а) Скорость потока воды в гидротурбине

б) График изменения вращающей силы, действующей на рабочее колесо гидротурбины

Рисунок 11. График изменения расхода воды и силы, действующей на рабочее колесо микро ГЭС, созданная в программе Solid Works Flow Simulation

После определения электрической мощности, которую может вырабатывать микро ГЭС по параметрам переменного расхода воды, необходимо определить тип и марку генератора, который будет установлен на устройстве, исходя из расчетной мощности и оборотов генератора момент, коэффициент мощности генератора и коэффициенты полезной работы. Внедрение результатов научных исследований и экономическая эффективность микро ГЭС (2) представлены в таблице:

Затраты на микро ГЭС асинхронным генератором с фазным ротором
мощностью 25 кВт

Название материала	Сумма расходов
Асинхронный генератор с фазным ротором 25 кВт , 380 В, 200 об/мин	92 000 000
Компенсатор реактивной мощности мощности	9 x 590 000 = 5 310 000
Основа микро ГЭС	2 660 000
Рабочее колесо	3 060 000
Стоимость стальная труба диаметром 1000 мм	3 000 000
Дополнительные расходы	2 500 000
Общая стоимость	108 530 000
Годовая чистая прибыль, сум	78 840 000
Срок окупаемости	1,38 года

Из результатов расчетов, представленных в таблице 2, мы видим, что затраты на подготовку и монтаж микро ГЭС окупает расходы от годовой электроэнергии, произведенной устройством в среднем за 1,38 года.

ВЫВОДЫ

По результатам научного исследования, проведенного для решения вопросов, возникших в ходе выполнения научно-исследовательской работы, можно сделать следующие выводы:

1. Всесторонне изучен опыт развитых стран, эффективно использующих потенциал альтернативных источников энергии, а также конструкции, режимы работы, области применения используемых в нашей стране микро ГЭС и тщательно проанализированы существующие типы. В результате обоснована необходимость разработки и внедрения в практику современных и энергоэффективных типов микро ГЭС на действующих водотоках производственных и горных предприятий нашей страны.

2. С целью эффективного использования возможностей существующих водотоков на горных предприятиях разработана математическая модель расчета электрической мощности, вырабатываемой микро ГЭС асинхронным генератором с фазным ротором по изменению параметров водных потоков. В результате усовершенствованная модель позволила повысить уровень точности расчета электроэнергии, вырабатываемой микро ГЭС.

3. В программе MatLab создана имитационная модель устройства микро ГЭС асинхронным генератором с фазным ротором. В результате

смоделированная модель позволила протестировать микро ГЭС в компьютерных программах и провести эксперименты.

4. Для проведения опытно-промышленных испытаний и экспериментов на устройствах микро ГЭС разработана усовершенствованная физическая модель устройства микро ГЭС асинхронным генератором с фазным ротором. В результате на основе собранной физической модели можно протестировать устройство микро ГЭС в разных режимах работы.

5. На основе математической модели разработан алгоритм расчета режимов работы микро ГЭС и величины мощности, вырабатываемой станцией. В результате на основе алгоритма расчета мощности устройства микро ГЭС и управления режимами работы была разработана программа-алгоритм управления для быстрого расчета значения вырабатываемой устройством электрической энергии с помощью программы С++ ЭСМ и получен сертификат программного обеспечения.

6. В условиях горных предприятий разработан автоматизированный блок управления и схема с микроконтроллерами режимов работы микро ГЭС асинхронным генератором с фазным ротором. На основе полученного в результате автоматизированного процесса управления устройством микро ГЭС обеспечивается неизменность режимов работы и мощности вырабатываемой электроэнергии высококачественным способом.

7. Разработан метод повышения эффективности потребления электроэнергии горными предприятиями на основе альтернативных источников энергии. В результате методика, разработанная в виде методического пособия, была внедрена в учебный процесс НГГТУ с целью повышения качества обучения и познавательных навыков студентов.

8. Результаты исследований были применены к расходам воды, подаваемой на завод ГМЗ-3 от объекта «НЗР» гидрометаллургического завода № 3 АО «Навоийский горно-металлургический комбинат», и экономическая эффективность составила 78 840 000 сум на один микро ГЭС. В результате годовое потребление электроэнергии достигло энергоэффективности в 5,3%.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING DEGREE OF DOCTOR OF
SCIENCE DSc.02/30.12.2021.T.143.01
AT INSTITUTE OF ENERGY PROBLEMS OF ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN**

NAVOI STATE UNIVERSITY OF MINING AND TECHNOLOGIES

ZOKHIDOV ODIL UMIRZOKOVICH

**DEVELOPMENT OF AN AUTONOMOUS POWER SUPPLY SYSTEM
BASED ON A MICRO HPP WITH AN ASYNCHRONOUS GENERATOR
AT MINING ENTERPRISES**

05.05.01 – Energy systems and complexes

**ABSTRACT DISSERTATION OF DOCTOR
OF PHILOSOPHY (PhD) AT TECHNICAL SCIENCES**

Tashkent – 2023

The topic of dissertation of doctor of philosophy (PhD) in technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2023.1.PhD/T3139

Dissertation has been prepared at the Institute of Energy Problems of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan.

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

Scientific adviser:

Karshibaev Askarbek Ilashevich
doctor of technical sciences, professor

Official opponents:

Aripov Nazirjon Mukaramovich
doctor of technical sciences, professor

Halikov Salikhjon Subkhanovich
candidate of technical sciences, associate professor

Leading organization:

“Tashkent institute of irrigation and agriculture mechanization engineers” National Research University

The defense will take «__» _____ 2023 y. in _____ at the meeting of Scientific Council DSc 02/30.12.2021.T.143.01 at the Institute of Energy Problems of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan. (Address: 100076, Tashkent, Mukhtor Ashrafiy street 1-way, 9-A. Tel.: (99871) 283-23-08; fax: (99871) 283-23-08; e-mail: energetika_in@umail.uz).

The doctoral dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of the Institute of Energy Problems of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan (Registration number _____). (Address: 100076, Tashkent, Mukhtor Ashrafiy street 1-way, 9-A. Tel.: (99871) 283-23-08; fax: (99871) 283-23-08).

Abstract of the dissertation was distributed on «__» _____ 2023 year.

(mailing report № «__» on «__» _____ 2023 year).

Kh.M. Muratov

Chairman of scientific council for degrees,
Doctor of technical sciences, professor

K.Sh. Kadirov

Scientific secretary of the scientific
council on awarding scientific degrees, senior researcher

O.Kh. Ishnazarov

Chairman of the scientific seminar,
Doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of the dissertation for the degree PhD)

The purpose of the study is the development of an autonomous power supply system based on a micro hydroelectric power station with an asynchronous generator in the conditions of mining enterprises.

Objectives of the study:

analysis of issues of development of existing types of micro hydroelectric power stations, which are used based on alternative energy sources;

development of a mathematical model for calculating the power of a micro HPP device with a phase rotor asynchronous generator;

development of immutation and physical models of micro HPS with phase rotor asynchronous generator;

development of an improved physical model of a micro HPP device with a phase rotor asynchronous generator;

development of an algorithm for controlling the operating mode of an asynchronous generator with a phase rotor;

development of the scheme and application method of automatic control of micro hydroelectric power plants with phase rotor asynchronous generators in the conditions of mining enterprises with a microcontroller;

As the object of the study, a source of additional electrical energy production was obtained on the basis of a micro GES device with an asynchronous generator with a phase rotor in the water transfer pipes of the "pressurized water reserve pools (BSZH)" section of the Navoi mining and Metallurgical Combine JSC, technical and drinking water supplier to hydrometallurgical plant No. 3.

The subject of the study is a micro GES device with a phase rotor asynchronous generator created for water-coming pipelines to the hydrometallurgical plant No. 3 of NMMC AJ and its software.

Methods of research. In the process of research, kinematic, dynamic and experimental research methods were used in the theory of electric machines, the theory of electric drives, the theory of automatic controls, the theory of electrical apparatus, and the creation of a mathematical model of the asynchronous generator.

The scientific novelty of the study is the following:

an improved mathematical model for calculating the electric power produced by an asynchronous generator micro HPP device based on the change in water flow parameters was developed;

on the basis of modern software, simulated and improved physical models have been developed that allow determining the nominal sizes of the micro HPP device with an asynchronous generator;

an automated control scheme that ensures a stable value of the electricity produced by the micro HPP device was developed based on a block of capacitors with a microcontroller;

in mining enterprises, based on mathematical calculations and reliability theories, a method has been developed that allows to increase the efficiency of electricity consumption with the help of a micro hydropower plant.

The practical result of the study is as follows:

in order to increase the energy efficiency and reliability of the system in the conditions of mining enterprises, an improved scheme of a micro HPP device with a phase rotor asynchronous generator has been developed;

based on the use of alternative energy sources in mining enterprises, a mathematical model for calculating the power of a micro HPP device with a phase rotor asynchronous generator is developed depending on the electrical and mechanical performance;

for research on the structure and working condition of electrical systems of micro-hydroelectric power plants based on alternative energy sources, immutation and physical models have been developed;

based on alternative energy sources, an algorithm for controlling the operating mode of a micro GES device with a phase rotor asynchronous generator has been developed.

Reliability of research results. Given the conformity of experimental and theoretical data to the reliability of the research results, it is explained by the fact that on the basis of an improved scheme of an asynchronous generator with a phase rotor, a micro GES device was developed and introduced into practice, which ensures continuity, energy efficiency and reliability of the power supply system.

Scientific and practical significance of the research results. The scientific significance of the research results is explained by the fact that the energy efficient construction, improved layout and mathematical model of the asynchronous generator device with a phase rotor have been developed to control the operating mode, an algorithm has been developed to solve it, and physical and immutation models have been developed to research the working condition.

The practical significance of the research results is characterized by increasing the energy efficiency of the system in exchange for the use of a phase rotor asynchronous generator device in the conditions of mining enterprises, reducing waste in the system, reducing the impact of energy objects on the environment, reducing economic costs in exchange for the application of alternative energy sources.

The structure and scope of the dissertation. The composition of the dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, A list of used literature and applications. The volume of the dissertation is 117 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; part I)

1. Alimkhadjaev K. T., Zokhidov O.U. Asynchronous Generators with PhaseWound Rotor for Power Stations Operating Parallel to a Network. // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology, Vol. 6, Issue 11, November 2019. (05.00.00; № 8)
2. Алимходжаев К.Т., Зоҳидов О.У. Оценка применения и показателей асинхронных генераторов на маломощных гидроэлектростанциях. // Композицион материаллар илмий-техник ва амалий журнали, 3-сон, Тошкент 2019й. (05.00.00; № 13)
3. Атауллаев Н.О., Зоҳидов О.У., Идиева А.А. Разработка вертикальных ветрогенераторов в условиях Узбекистана. // Композицион материаллар илмий-техник ва амалий журнали, 4-сон, Тошкент 2019й. (05.00.00; № 13)
4. Алимходжаев К.Т., Зоҳидов О.У., Бобокулов А.Н. Микро ГЭСларда асинхрон генераторни тармоққа улаб ишлатиш имкониятлари. // Научно-технический и производственный журнал “Горный вестник Узбекистана”.- Навои, 2020.- №1. – С.106-108. (05.00.00; № 7)
5. Зарипов Ш.У., Зоҳидов О.У. Анализ потенциала и эффективных источников возобновляемой энергии Узбекистана. // Научно-технический и производственный журнал “Горный вестник Узбекистана”.- Навои., 2020.- №4. –С.103-104. (05.00.00; № 7)
6. Toshov B.R., Khamzayev A.A., Zokhidov O.U., Namozova Sh.R. Modernization and Development of the Ball Mill Electric Drive Control System. // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 8, Issue 5 , May 2021. (05.00.00; № 8)
7. Каршибаев А.И., Зоҳидов О.У., Хамзаев А.А. Муқобил энергия манбалари асосида электр энергия самарадорлигини оширишнинг экспериментал тадқиқотлари // Қарши муҳандислик - иқтисодиёт институти, Инновацион технологиялар илмий-техник журнали. Махсус сон-2, 2022 йил, 72-76 бет.(05.00.00; № 38)

II бўлим (II часть; part II)

1. Алимходжаев К.Т., Зоҳидов О.У. Кичик ГЭСларда асинхрон генераторларни амалдаги тармоққа улаб ишлатишни жорий этишнинг дастурий таъминоти. Ўзбекистон Республикаси адлия вазирлиги ҳузуридаги интеллектуал мулк агентлиги. ЭҲМ дастури учун гувоҳнома. № DGU 07264, 26.09.2019. DGU 1197.

2. Қаршибаев А.И., Зоҳидов О.У., Халилов А.Ж., Усмонов М.З. Микро ГЭС қурилмаси ёрдамида ишлаб чиқариладиган электр энергия қувватини ҳисоблашнинг дастурий таъминоти. Ўзбекистон Республикаси адлия вазирлиги ҳузуридаги интеллектуал мулк агентлиги. ЭҲМ дастури учун гувоҳнома. № DGU 18400, 29.07.2022. DGU 2022 4170.

3. Хамзаев А.А., Зоҳидов О.У., Полвонов Н.О., Умаров А.А. Марказдан қочма насос электр юритмаларининг иш режимларида энергия тежамкор усуллар таҳлили. // Бухоро муҳандислик-технология институти, Фан ва технологиялар тараққиёти илмий – техникавий журнал. ISSN 2181-8193. №3/2022, ст.161-167. (05.00.00; № 24).

4. Зоҳидов О.У., Джураев Р.У., Хамзаев А.А., Умаров А.А. Марказдан қочма насосларда ресурс тежамкорлигини ошириш усулларининг таҳлили. // Қарши муҳандислик-иқтисодиёт институти, Инновацион технологиялар илмий журнали. 3 сон 2022 йил, 54-59 бет. (05.00.00; № 38)

5. Меркулов М.В., Зоҳидов О.У. Исследование потенциала и эффективности применения возобновляемой энергии на горных предприятиях Республики Узбекистан. XV Международная научно-практическая конференция «Новые идеи в науках о Земле» том 4., г. Москва. 1-2 апреля 2021 г.

6. Меркулов М.В., Зарипов Ш.У., Зоҳидов О.У. Исследование потенциала и эффективности применения возобновляемой энергии на горных предприятиях Республики Узбекистан. Евразийский горный конгресс, 11-12 ноябрь, Наваи-2021. Стр. 338-341.

7. Karshibayev A.I., Zokhidov O.U. Konchilik korxonalarida elektr energiya iste'moli samaradorligini oshirishda asinxron generatorli mikro GESlarni qo'llash. Yevroosiyo konchilik kongressi, 11-12 noyabr, Navoiy-2021. 260-261 betlar.

8. Зоҳидов О.У., Рашидов Б.В., Бикузин Т.Ш. Исследование потенциала и эффективности применения альтернативных источников энергии на горных предприятиях. Илм, таълим ва ишлаб чиқариш интеграцияси асосида табиий ресурслардан фойдаланиш муаммолари ва уларнинг инновацион ечимлари. Нукус ш., 12 ноябрь 2021 йил., 239-243 бетлар.

9. Karshibayev A.I., Zokhidov O.U. Elektr energiya iste'moli samaradorligini oshirishda asinxron generatorli mikro GESlarni qo'llash. Илм, таълим ва ишлаб чиқариш интеграцияси асосида табиий ресурслардан

фойдаланиш муаммолари ва уларнинг инновацион ечимлари. Нукус ш., 12 ноябрь 2021 йил., 252-255 бетлар.

10. Amrillayev G'. T., Badriyev A.O., Zokhidov O.U. Konchilik korxonalarida muqobil energiya manbalari asosida elektr energiya samaradorligini oshirish. O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Navoiy bo'limi tashkil etilganining 5 yilligiga bag'ishlangan "Fan, ta'lim va ishlab chiqarish integratsiyasi – rivojlanish va taraqqiyot garovi" II- jild 2022 yil 9-10 iyun, Navoiy sh., 48-50 bet.

11. Karshibayev A.I., Zokhidov O.U. Konchilik korxonalarida muqobil energiya manbalari asosida elektr energiya iste'moli samaradorligini oshirish. "Zarafshon vohasini kompleks innovatsion rivojlantirish yutuqlari, muammolari va istiqbollari" Xalqaro ilmiy-amaliy anjumani. Navoi, 27-28 Oktyabr 2022. –B. 287-291.

12. Karshibayev A.I., Zokhidov O.U. Faza rotorli asinxron generatorlarni mikro GES qurilmalarida qo'llash imkoniyatlari. «Актуальные проблемы энергетики в условиях цифровизации экономики», Международная научно-практическая конференция. Бухара, 24-26 ноябрь 2022., -С. 410-413.

13. Каршибаев, А.И., Зохилов О.У. Кончилилик корхоналари шароитида фаза роторли асинхрон генераторли микро ГЭС қурилмаларини қўллаш методикаси. Журнал «Интернаука», Internauka.org, г. Москва №1(63), ISSN: 2587-862X, январь 2023г. Технические науки, проблемы и решения. Сборник статей по материалам LXVIII международной научно-практической конференции.

Босишга рухсат этилди: 17.04.2023 йил.
Бичими 60x84 ¹/₁₆, «Times New Roman»
гарнитурда рақамли босма усулида босилди.
Шартли босма табағи 3,3. Адади: 100. Буюртма: № 94.
Тел (99) 832 99 79; (99) 817 44 54.
“IMPRESS MEDIA” МЧЖ босмаҳонасида босилди.
Тошкент ш., Яккасарой тумани, Қушбеги кўчаси, 6-уй.

