

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

**ИЛМИЙ-ТЕХНИКА МАРКАЗИ
МАСЪУЛИЯТИ ЧЕКЛАНГАН ЖАМИЯТИ**

ИЗЗАТИЛЛАЕВ ЖЎРАБЕК ОЛИМЖОНОВИЧ

**ҚАЙТА ТИКЛАНУВЧИ ЭНЕРГИЯ МАНБАЛАРИ АСОСИДАГИ
МИКРО ЭЛЕКТР ТИЗИМЛАР**

05.05.01 – Энергетика тизимлари ва мажмуалари

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

Тошкент – 2021

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

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

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

Иззатиллаев Жўрабек Олимжонович

Қайта тикланувчи энергия манбалари асосидаги микро электр
тизимлар..... 3
.....

Иззатиллаев Журабек Олимжонович

Микроэлектрические системы на основе возобновляемых источников
энергии..... 121
.....

Izzatillaev Jurabek Olimjonovich

Micro electrical grids based on renewable energy sources..... 39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works..... 42

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

**ИЛМИЙ-ТЕХНИКА МАРКАЗИ
МАСЪУЛИЯТИ ЧЕКЛАНГАН ЖАМИЯТИ**

ИЗЗАТИЛЛАЕВ ЖЎРАБЕК ОЛИМЖОНОВИЧ

**ҚАЙТА ТИКЛАНУВЧИ ЭНЕРГИЯ МАНБАЛАРИ АСОСИДАГИ
МИКРО ЭЛЕКТР ТИЗИМЛАР**

05.05.01 – Энергетика тизимлари ва мажмуалари

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

Тошкент – 2021

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2020.4.PhD/T85 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Илмий-техника маркази МЧЖида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз тилида (резюме)) Илмий кенгашнинг (www.tdtu.uz) веб-саҳифасида ва «ZiyoNet» ахборот-таълим порталида (www.ziyounet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Муратов Хаким Махмудович
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Гойибов Тўлқин Шерназарович
техника фанлари доктори, профессор

Болтаев Отабек Ташмухамматович
техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD),
доцент

Етакчи ташкилот:

«Ўзэнергоинжиниринг» АЖ

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

Диссертация билан Тошкент давлат техника университетининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (___ рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100095, Тошкент, Университет кўчаси, 2-уй. Тел./факс: (99871) 227-03-41).

Диссертация автореферати 2021 йил «__» _____ да тарқатилди.
(2021 йил «__» _____ даги _____ рақамли реестр баённомаси).

Қ.Р. Аллаев
Илмий даражалар берувчи илмий
кенгаш раиси т.ф.д., профессор, академик

О.Х. Ишназаров
Илмий даражалар берувчи илмий
кенгаш илмий котиби т.ф.д.,
профессор

М.И. Ибадуллаев
Илмий даражалар берувчи илмий
кенгаш қошидаги илмий семинар
раиси, т.ф.д., профессор

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD)диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда экологик мувозанатни барқарорлаштириш ва энергия ресурсларини ташкил этувчи турли углеводородли ёқилғиларни тежаш, ноанъанавий ва қайта тикланувчи энергия манбаларидан фойдаланиш, ишлаб чиқарилган электр энергиясини истеъмолчиларга сифатли ҳамда узлуксиз етказиб бериш кўламини кенгайтириш каби масалаларга алоҳида аҳамият берилмоқда. Ҳозирги кунда ривожланган мамлакатларда «... замонавий энергетика саноати учта асосий, аммо кўпинча зиддиятли вазифаларни ҳал қилиши керак: хавфсизликни таъминлаш, энергия самарадорлигини ошириш ва экологик тозалик учун курашиш»¹. Бу борада, жумладан, атроф-муҳитга зарарсиз ҳолда истеъмолчиларнинг электр таъминоти тизимини ривожлантириш ва микро электр тизимларни яратишга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Жаҳонда ривожланган мамлакатларнинг энергетика соҳасида микро электр тизимларни жорий этиш орқали истеъмолчиларнинг электр таъминоти мустаҳкамлигини ошириш, электр энергиясини узатишда ортикча исрофга йўл қўймаслик ҳамда экологик жиҳатдан соф (арзон) электр энергия ишлаб чиқарилишига қаратилган тадқиқотлар олиб борилмоқда. Ушбу йўналишда, жумладан, ҳудуддаги энергетик ресурслар салоҳиятидан келиб чиққан ҳолда қайта тикланувчи энергия манбалари асосидаги микро электр тизимларни яратишнинг техник-иқтисодий ва экологик асосларини ҳамда улардан фойдаланиш самарадорлигини ошириш усуллари бўйича тадқиқотлар устувор ҳисобланади. Шу билан бирга, интеллектуаллаштирилган автоном микро электр тизимларни яратиш, иш режимини бошқариш алгоритми ва электр энергия истеъмолининг қисқа муддатли башоратлаш усулини ишлаб чиқиш, энергетик ва иқтисодий-экологик самарадорлигини аниқлаш долзарб вазифалардан ҳисобланади.

Республикамизда иқтисодиётнинг муҳим тармоқларидан бири ҳисобланган энергетика соҳасида қайта тикланувчи энергия манбаларидан фойдаланган ҳолда сифатли электр энергия ишлаб чиқариш, истеъмолчиларга электр энергияси етказиб бериш ишончилигини ошириш, электр энергия исрофини камайтириш, энергия тежайдиган технологияларни жорий қилиш чора-тадбирлари амалга оширилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар Стратегиясида, жумладан, «... иқтисодиётда энергия ва ресурслар сарфини камайтириш, ишлаб чиқаришга энергия тежайдиган технологияларни кенг жорий этиш, қайта тикланадиган энергия манбаларидан фойдаланишни кенгайтириш...»² вазифалари белгиланган. Мазкур вазифаларни амалга ошириш, жумладан қайта тикланувчи энергия манбалари асосида энергия ва ресурс тежайдиган автоном

¹ <https://www.elec.ru/interview/intellektualnye-mikroseti-svyazuyushee-zveno-mezhd/>

² Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947 сон “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида” ги Фармони.

микро электр тизимларни яратиш, электр энергия ишлаб чиқарилишига таъсир этувчи омилларни аниқлаш ва микро электр тизим иш режимларини оптималлаштириш муҳим масалалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сонли «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида» ги Фармони, 2017 йил 26 майдаги ПҚ-3012-сон «2017-2021 йилларда қайта тикланувчи энергетикани янада ривожлантириш, иқтисодиёт тармоқлари ва ижтимоий соҳада энергия самарадорлигини ошириш чора-тадбирлари дастури тўғрисида», 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» ва 2019 йил 4 октябрдаги ПҚ-4477-сон «2019-2030 йиллар даврида Ўзбекистон Республикасининг «яшил» иқтисодиётга ўтиш стратегиясини тасдиқлаш тўғрисида» ги Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

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

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Микро электр тизимларни жорий этиш орқали электр таъминоти ишончилигини ва самарадорлигини оширишга йўналтирилган илмий изланишлар жаҳоннинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасалари, жумладан National Technical University of Athens (Юнонистон), Swiss Federal Institute of Technology (Швейцария), University of California (АҚШ), Aalborg University (Дания), Imperial College London (Англия), Россия Фанлар Академиясининг Юқори ҳароратлар қўшма институти, Миллий тадқиқот университети «МЭИ» ва Санкт-Петербург давлат политехника университети (Россия), Ислом Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети, Илмий-техника маркази масъулияти чекланган жамиятида (Ўзбекистон) кенг қамровли илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда.

Микро электр тизимларда электр энергия манбалари сифатида қайта тикланувчи энергия манбаларидан оқилона фойдаланиш усуллари ва воситаларининг илмий асосларини ечишга қаратилган назарий ҳамда илмий муаммоларни ҳал қилишда ҳорижлик бир қатор машҳур олимлар, В.П. Харитонов, П.П. Безруких, В.В. Елистратов, В.И. Виссарионов, О.С. Попел, Д.С. Стребков, В.И. Велькин, В.В. Харченко, Е.Н. Соснина, Б.В. Лукутин ва бошқалар катта ҳисса қўшишган. Микро электр тизимлар асосини ташкил қилувчи интеллектуал электр тармоқларни ривожлантириш ва амалиётга жорий этиш муаммолари юзасидан эса В.В. Волобуева, Н.И. Воропай, Б.Б. Кобец, П.В. Глущенко, J.M. Guerrero, N.D. Hatzigiorgiou, S.A. Parathanassiou, K. Fukushima, Y. Parag каби олимлар томонидан кўп изланишлар олиб борилган.

Республикамизда қайта тикланувчи энергия манбаларидан фойдаланиш, электр тизимлари самарадорлиги ва ишончилигини ошириш борасида Х.Ф.

Фозилов, Ж.А. Абдуллаев, Р.А. Заҳидов, Т.Х. Носиров, Қ.Р. Аллаев, Х.М. Муратов, Ф.А. Ҳошимов, Р.А. Ситдиқов, Т.Ш. Гойиқов, Р.Р. Авезов, Ў.А. Таджиев, М.М. Муҳаммадиев ва бошқа олимлар илмий изланишлар олиб бориб, бир қатор ижобий натижаларга эришишган.

Сезиларли муваффақиятларга қарамай, Ўзбекистон Республикасида қайта тикланувчи энергия манбалари асосидаги микро электр тизимларни яратиш ва истеъмолчиларнинг электр таъминоти самарадорлиги ҳамда ишончилигини ошириш масалалари етарли даражада ўрганилмаган. Мазкур ишда марказий электр узатиш тармоқларига уланмаган қайта тикланувчи энергия манбалари асосидаги микро электр тизимларни яратиш, микро электр тизим иш ҳолатларини моделлаштириш, бошқариш алгоритми микро электр тизимларида электр энергия истеъмолининг қисқа муддатли башоратлаш усулини ишлаб чиқиш, энергетик ва иқтисодий-экологик жиҳатдан афзалликларга оид масалалар атрофлича кўриб чиқилиб, унинг ечимлари таклиф этилган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Илмий-техника маркази масъулияти чекланган жамияти илмий-тадқиқот ишлари режасининг ЁАЗ-ФА-Ф0-015 «Чархпалак паррагининг оптимал жойлашган бурчагини аниқлаш асосида микро ГЭС энергия самарадорлигини ошириш» (2015-2016) ва БФ2-001-рақамли «Интеллектуал электр тармоқларининг энергия самарадорлигини баҳолаш услублари ва назариясини ривожлантириш ҳамда уларнинг иш режимларини оптимал бошқариш тизими моделини ишлаб чиқиш» (2017-2020) мавзусидаги фундаментал лойиҳалар доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади қайта тикланувчи энергия манбалари асосидаги микро электр тизими иш ҳолатларини моделлаштириш ва унинг техник-иқтисодий кўрсаткичларини баҳолашдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

Ўзбекистон Республикаси электр энергетикаси тизимидаги мавжуд электр тармоқларининг жорий ҳолатини объект танлаш нуқтаи назаридан ўрганиш;

қайта тикланувчи энергия манбалари асосидаги микро электр тизимлар иш режимини бошқариш учун математик модель ва алгоритм ишлаб чиқиш;

қайта тикланувчи энергия манбалари асосидаги микро электр тизим структураси ва иш ҳолатини тадқиқ қилиш учун имитацион модель ишлаб чиқиш;

микро электр тизимларда электр энергия истеъмолининг қисқа муддатли башоратлаш усулини ишлаб чиқиш;

қайта тикланувчи энергия манбалари асосидаги микро электр тизимнинг энергетик ва иқтисодий-экологик самарадорлигини аниқлаш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида Уйчи тумани электр таъминоти корхонасига қарашли 10 кВли «Шимолий Фарғона канали» номли электр узатиш тармоғи автоном микро электр тизим сифатида танлаб олинган.

Тадқиқотнинг предметини истеъмолчилар электр таъминотига қайта тикланувчи энергия манбалари асосидаги автоном микро электр тизимларни қўллаш таъсирини техник-иқтисодий асослаш усули ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида микро электр тизимларни техник-иқтисодий баҳолаш учун корхона маълумотларини қайта ишлашда математик статистика, иқтисодий самарадорликни баҳолаш, гуруҳли аргументларни ҳисобга олиш, сунъий нейрон тармоқлар, интерполяция ва кўрсаткичларнинг боғланишларини қуришда математик моделлаштириш усуллари қўлланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

қайта тикланувчи энергия манбалари асосидаги микро электр тизимининг иш ҳолатларини эътиборга олган ҳолда микро электр тизими таркибига кирувчи элементларнинг математик моделлари ва унинг қувват баланси ишлаб чиқилган;

қайта тикланувчи энергия манбалари асосидаги микро электр тизими таркибига кирувчи электр энергия манбаларини бошқариш алгоритми ишлаб чиқилган;

қайта тикланувчи энергия манбалари асосидаги микро электр тизимларда электр энергия истеъмолининг қисқа муддатли башоратлаш усули ишлаб чиқилган;

қайта тикланувчи энергия манбалари асосидаги микро электр тизимларда солиқларни инобатга олган ҳолда инвестицион лойиҳаларни иқтисодий жиҳатдан самарадорлигини баҳолаш услуби такомиллаштирилган.

Тадқиқотнинг амалий натижаси қуйидагилардан иборат:

интеллектуал тармоқларни электр энергетика тизимида қўллаш, энергия самарадорлигини ошириш, электр энергетика тизимидаги исрофларни камайтириш, тизимнинг ишончилигини ошириш, энергетика объектларининг атроф-муҳитга бўлган таъсирини камайтириш ва энергия манбаларининг қайта тикланувчи турларидан фойдаланиш имкониятлари ҳамда иқтисодий жиҳатдан самарадорлиги оширилган;

қайта тикланувчи энергия манбалари асосидаги микро электр тизимларда электр энергия оқими ва йўналишини аниқлаш (соатлик, суткалик, ойлик ва йиллик) бўйича ва Ўзбекистон Республикаси минтақаларида жойлашган электр энергия манбаларини аниқлаш бўйича ЭҲМ учун дастурлар ишлаб чиқилган;

қайта тикланувчи энергия манбалари асосидаги микро электр тизимларда электр энергия балансини шакллантирувчи усул ишлаб чиқилган;

қайта тикланувчи энергия манбалари асосидаги микро электр тизимининг блок-схемаси ишлаб чиқилган;

қайта тикланувчи энергия манбалари асосидаги микро электр тизимида электр энергия истеъмолини башоратлаш усули ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончилиги қабул қилинган таққослаш мезонларига асосланади ва аналитик формулалар билан тасдиқланиб, назарий ва экспериментал маълумотларнинг қиёсий таҳлилини, ишлаб чиқаришга жорий этиш орқали асосланганлиги, шунингдек, микро электр тизимида ишлаб чиқарилаётган суткалик қувватлар ҳамда иқтисодий кўрсаткичларни акс эттирувчи функцияларни ифодаловчи компьютер дастурининг амалиётга жорий этилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти қайта тикланувчи энергия манбалари

асосидаги микро электр тизим ва унинг элементларининг математик модели, микро электр тизимларда электр энергия балансини шакллантирувчи усул ва микро электр тизимининг блок-схемаси ишлаб чиқилганлиги, энергия истеъмолини башоратлаш кўрсаткичлари аниқлигини ошириш усули ишлаб чиқилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти республика электр энергетика тизимидаги марказлаштирилган электр таъминотида уланмаган истеъмолчиларни қайта тикланувчан энергия манбалари ёрдамида электр энергияси билан таъминланиши ҳисобига микро электр тизим ишончилигининг ортиши, электр энергия истеъмолини башоратлаш усуллари аниқлигининг ошиши натижасида электр энергия истеъмоли қийматининг тўғри аниқланиши ва корхонанинг электр энергия исрофи ҳамда эксплуатацион харажатларини камайтиришдан иборат.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Қайта тикланувчи энергия манбалари асосидаги автоном микро электр тизимларни яратиш, уларнинг самарадорлигини ошириш ва электр энергия истеъмолини башоратлаш усуллари ишлаб чиқилганлиги бўйича олинган илмий натижалар асосида:

қайта тикланувчи энергия манбалари асосидаги микро электр тизимда электр энергия ишлаб чиқариш қувватини баҳолаш ва электр энергия манбалари асосидаги қувват балансини шакллантириш орқали микро электр тизим ҳамда унинг элементларининг математик модели «Наманган ҲЭТК» АЖга қарашли Уйчи туман электр таъминоти корхонасига жорий қилинган (Ўзбекистон Республикаси Энергетика вазирлигининг 2020 йил 30 сентябрдаги 03-13-5198-сон маълумотномаси). Натижада микро электр тизимдаги электр энергия манбаларига таъсир этувчи турли иқлимий омиллар ва ҳар хил режимларни баҳолаш имконини берган;

қайта тикланувчи энергия манбалари асосидаги микро электр тизимдаги электр станцияларни бошқариш алгоритми «Наманган ҲЭТК» АЖга қарашли Уйчи туман электр таъминоти корхонасига жорий қилинган (Ўзбекистон Республикаси Энергетика вазирлигининг 2020 йил 30 сентябрдаги 03-13-5198-сон маълумотномаси). Натижада тизим операторлари учун микро электр тизимнинг суткалик иш режимлари тўғрисида ишончли ахборот бериш имконияти яратилган;

қайта тикланувчи энергия манбалари асосидаги микро электр тизимларда электр энергия истеъмолининг қисқа муддатли башоратлаш усули «Наманган ҲЭТК» АЖга қарашли Уйчи туман электр таъминоти корхонасига жорий қилинган (Ўзбекистон Республикаси Энергетика вазирлигининг 2020 йил 30 сентябрдаги 03-13-5198-сон маълумотномаси). Натижа корхонада электр энергия истеъмолини башоратлашдаги нисбий хатоликни 8,33% гача камайтириш имконини берган;

қайта тикланувчи энергия манбалари асосидаги автоном микро электр тизим «Наманган ҲЭТК» АЖга қарашли Уйчи туман электр таъминоти корхонасига жорий қилинган (Ўзбекистон Республикаси Энергетика вазирлигининг 2020 йил 30 сентябрдаги 03-13-5198-сон маълумотномаси). Натижа корхона учун йилига ўртача 92,132 млн. сўм миқдорида фойда олиш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари 10 та, жумладан 6 та халқаро ва 4 та республика илмий-амалий анжуманлари ва семинарларда апробациядан ўтган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 25 та илмий иш, шу жумладан, хорижий журналларда 3 та мақола (Scopus маълумотлар базасига киритилган журналларда 2 та мақола), Ўзбекистон Республикаси ОАКнинг докторлик диссертациялари (PhD) нинг асосий илмий натижаларини чоп этиш бўйича тавсия этилган республика журналларида 7 та мақола, 3 та ЭҲМ дастурлари учун гувоҳнома, илмий анжуманлар тўпламларида 12 та тезис мавжуд.

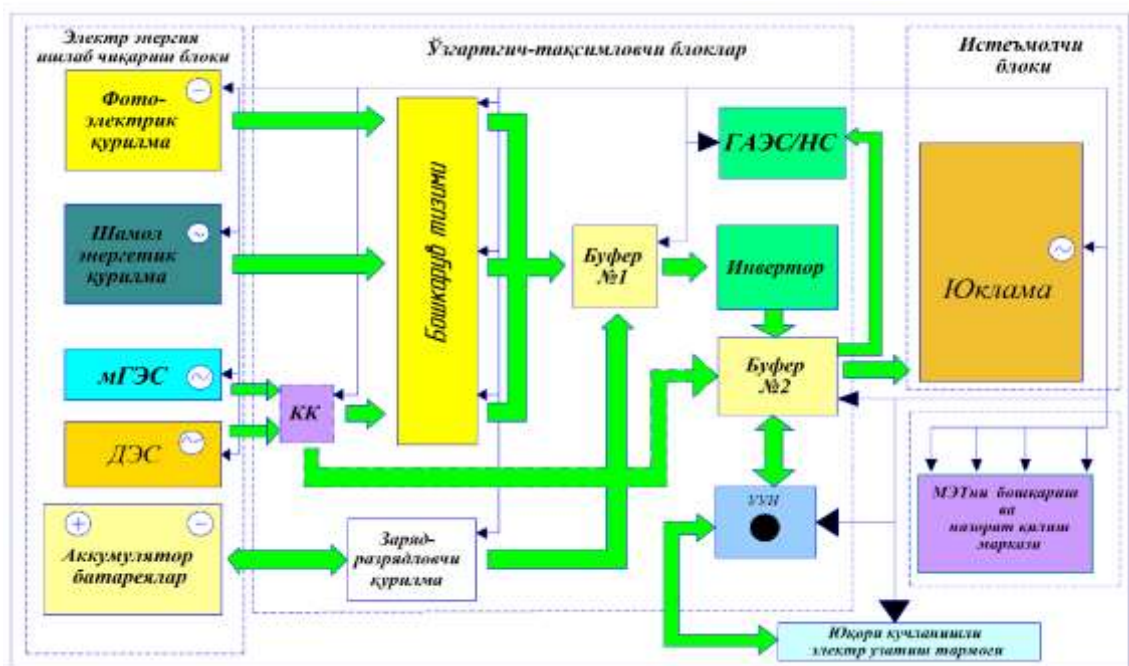
Диссертациянинг ҳажми ва тузилиши. Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 120 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация тадқиқотининг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари, объекти ва предмети тавсифланган, Ўзбекистон Республикасида фан ва технологиялар ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиқ берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Ўзбекистон Республикаси электр энергетика тизимидаги мавжуд электр тармоқларнинг жорий ҳолатини таҳлил қилиш ва замонавий микро электр тизимларни яратиш истиқболлари**» деб номланган биринчи бобида Ўзбекистонда мавжуд электр узатиш тармоқларининг жорий ҳолати, ҳудудий энергия узелларидаги электр энергия ишлаб чиқариш салоҳияти, мамлакатимиздаги қайта тикланувчи энергия манбаларининг имкониятлари ҳамда интеллектуал электр тармоқлари концепцияси асосидаги микро электр тизимларини яратиш бўйича олиб борилган тадқиқотлар таҳлили баён этилган. Тадқиқот иши доирасида, қайта тикланувчи энергия манбалари асосидаги микро электр тизимларнинг замонавий ҳолати бўйича адабиётлар таҳлили шуни кўрсатмоқдаки, бир нечта электр энергия манбалари асосидаги микро электр тизимларнинг рационал таркибини аниқлаш ва уларнинг ишлаш режимлари самарадорлигини ошириш ҳамда микро электр тизимларда электр энергия истеъмолини нисбатан аниқроқ башоратлаш муаммолари етарлича ўрганилмаган. Олиб борилган илмий таҳлиллар асосида диссертация ишининг мақсад ва вазифалари шакллантирилган.

Мамлакатимиздаги қайта тикланувчи энергия манбаларининг потенциалини инобатга олган ҳолда микро электр тизимнинг блок-схемаси ишлаб чиқилган (1-расм).



1-расм. Микро электр тизим блок-схемаси.

Микро электр тизимларни локал (ёки паст кучланишли) электр узатиш тармоқларига интеграциялашда бир нечта блокларга ажратилган. Электр энергия ишлаб чиқариш блокида электр станциялари, ўзгарткич-тақсимловчи блокда ишлаб чиқарилган электр энергия қийматини ўзгартирувчи (инвертор, контроллер ва ҳ.к. лар), ростловчи ва тақсимловчи электр қурилма, истеъмолчи блокида эса электр энергия истеъмолчилари жойлашган.

Диссертациянинг «Микро электр тизим иш режимларини бошқаришнинг математик моделини ишлаб чиқиш» деб номланган иккинчи бобида микро электр тизимда электр энергия ишлаб чиқариш қувватини баҳолаш ва қувват балансини шакллантириш асосида микро электр тизимнинг математик модели ишлаб чиқилган. Микро электр тизимда асосий электр энергия манбалари сифатида ФЭС, ШЭС, МГЭС ва ДЭС (АКБ) танлаб олинган.

Фотоэлектрик панелни моделлаштириш. Кун давомида ФЭП томонидан ишлаб чиқариладиган ўртача электр энергия (кВт·соат):

$$W_{\text{ФЭП}} = H_T \cdot S_{\text{ФЭП}} \cdot \eta_{\text{ФЭП}} \cdot \eta_{\text{инв}} \cdot [1 - \beta(T_{\text{ФЭМ}} - 25)] \cdot (1 - \lambda); \quad (1)$$

бунда, $W_{\text{ФЭП}}$ - ФЭПнинг кун давомидаги ишлаб чиқарган электр энергияси (кВт·соат); H_T - умумий нурланиш йиғиндиси (GTI) (кВт·соат/м²); $S_{\text{ФЭП}}$ - ФЭПнинг нурланишни қабул қилувчи сирт юзаси (м²); $\eta_{\text{ФЭП}}$ - ФЭМнинг 25 °С ФИКи; $\eta_{\text{инв}}$ - ФЭПга ўрнатилган инверторнинг ФИКи; β - ФЭМнинг ҳарорат коэффиценти (1/°С); $T_{\text{ФЭМ}}$ - ФЭМ сиртининг ҳарорати (°С); λ - чангланиш, ёмғир, шамол ва ток ўтказувчи симлардаги энергия йўқотишлар йиғиндиси.

ФЭС томонидан ишлаб чиқариладиган йиллик электр энергия миқдори (Вт·соат):

$$W_{\text{ФЭС}}^{\text{кут.}} = \sum_{i=1}^k H_{T_i} \cdot S_{\text{ФЭП}} \cdot \eta_{\text{ФЭП}} \cdot \eta_{\text{инв}} \cdot [1 - \beta(T_{\text{ФЭМ}} - 25)] \cdot (1 - \lambda) \cdot N_{\text{ФЭП}}; \quad (2)$$

бунда $N_{\text{ФЭП}}$ - ФЭПлар сони (дона).

Шамол энергетик қурилмасини моделлаштириш. Шамол оқимининг ўртача солиштирма қуввати қуйидагича аниқланади:

$$P_{\text{ўр.сол}}(t) = \frac{1}{2} \frac{dm}{dt} v_{\text{ўрм}}^2 = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot C_p(\lambda, \beta) \cdot v_{\text{ўрм}}^3(t); \quad (3)$$

бунда ρ -ҳавонинг зичлиги ($\text{кг}/\text{м}^3$); A -Омета ротор юзаси (м^2); $v_{\text{ўр}}$ - шамолнинг ўртача йиллик тезлиги ($\text{м}/\text{с}$); $C_p(\lambda, \beta)$ -роторнинг λ (нисбий тезлик) ва β (паррақларнинг бурилиш бурчаги (тандаж бурчаги)) функцияси ҳисобланадиган қувват (аэродинамик, шамолдан фойдаланиш) коэффиценти. Назарий жиҳатдан қувват коэффицентининг максимал қиймати $C_p = 16/27 = 0,593$ га тенг бўлиб, одатда Betz коэффиценти деб ҳам аталади. Кичик қувватли ШЭҚ учун $C_p \approx 0,35$ ($\eta \approx 0,85$).

Шамол энергетик қурилмасининг номинал қуввати:

$$P_{\text{ном}}(t) \approx P_{\text{ўр.сол}} \cdot \eta_{\text{ред}} \cdot \eta_{\text{ген}} = \frac{1}{2} \rho A C_p(\lambda, \beta) \cdot v_{\text{ўрм}}^3(t) \cdot \eta_{\text{ред}} \cdot \eta_{\text{ген}} \cdot \eta_{\text{инв}}; \quad (4)$$

бунда $\eta_{\text{ред}}$ - редукторнинг ФИК (%); $\eta_{\text{ген}}$ - генераторнинг ФИК (%); $\eta_{\text{инв}}$ - инверторнинг ФИК (%).

Шамол электр станциясининг ўртача йиллик ишлаб чиқариладиган (кутилаётган) ўртача электр энергия миқдори, (Вт · соат):

$$W_{\text{ШЭС}}^{\text{кут}} = T_{\text{ШЭС}} \cdot \sum_{i=1}^m F_i(v) \cdot P_{\text{ном}}(t); \quad (5)$$

бунда, $T_{\text{ШЭС}}$ -йил давомида ШЭСнинг ўрнатилган қувватдан фойдаланиш соатлари; m -шамол тезлигининг градациялар сони; $F_i(v)$ - градациялар бўйича тезликнинг такрорийлиги; $P_{\text{ном}}$ -ШЭС иш тавсифини белгиловчи, жорий шамол тезлиги учун чиқувчи қувват (Вт).

Микрогидроэнергетик қурилмани моделлаштириш. микроГЭСнинг қуввати дарё сув оқимининг параметрларига, станция ва электр станцияларининг тавсифларига боғлиқ:

$$P_{\text{мГЭС}}(t) = \rho \cdot g \cdot Q_{\text{хис.}}(t) \cdot K_{\text{сарф}} \cdot H(t) \cdot \eta_{\text{ген}}; \quad (6)$$

бунда, $P_{\text{мГЭС}}(t)$ -микроГЭСнинг ўрнатилган қуввати (Вт); ρ -сувнинг зичлиги ($\text{кг}/\text{м}^3$); g –эркин тушиш тезланиши ($\text{м}/\text{с}^2$); $Q_{\text{хис.}}(t)$ - сув сарфи ($\text{л}/\text{с}$); $K_{\text{сарф}}$ – сарф коэффиценти, тўғонли ГЭС учун сарф коэффиценти бирга тенг, деривацион

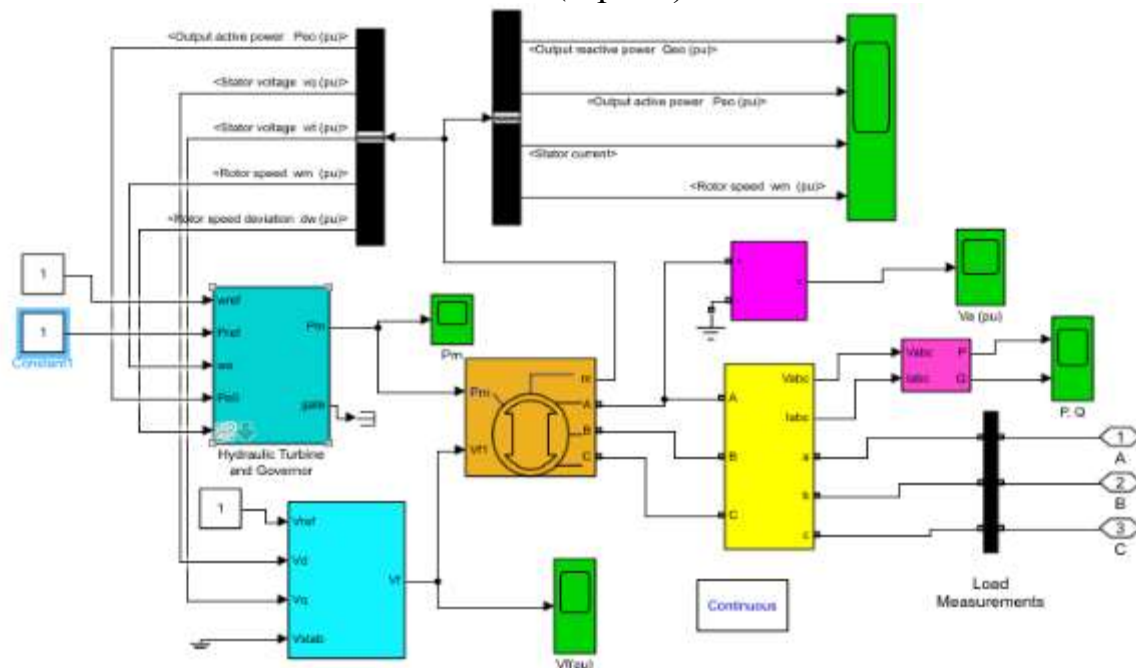
канал учун бирдан нисбатан кам; $\eta_{ген}$ - электр генераторнинг ФИК (%); $H(t)$ – (Нетто) босим (м).

МикроГЭСнинг йиллик ишлаб чиқариши кутилаётган электр энергияси миқдори:

$$W_{МГЭС}^{кут.}(t) = T_{иш} \cdot \sum_{i=1}^m P_{МГЭСi}(t); \quad (7)$$

бунда, $T_{иш}$ - микроГЭСнинг йил давомидаги ишлаш вақти, (соат).

Микро электр тизими таркибидаги микроГЭСнинг имитацион модели MATLAB/Simulinkда ишлаб чиқилган (2-расм).



2-расм. МикроГЭСнинг имитацион модели.

Дизель-генератор энергетик қурилмасини моделлаштириш. Дизель-генератор қурилмасини танлашда, қурилманинг нархи, дизель агрегати ишининг ишончлилиги ва узоқ муддат ишлашига таъсир кўрсатувчи кўпгина омилларни инобатга олиш керак. Микро электр тизимда электр энергиясига бўлган талаб ортган вақтларда электр энергия танқислигини қоплаш учун дизель агрегатидан фойдаланилади ва унинг ёқилғи сарфи куйидаги формуладан ҳисобланади:

$$F_{ДЭС}(t) = F_S P_{ДЭС}(t) + F_i P_{ДЭС,ном}, \quad \forall t \in T; \quad (8)$$

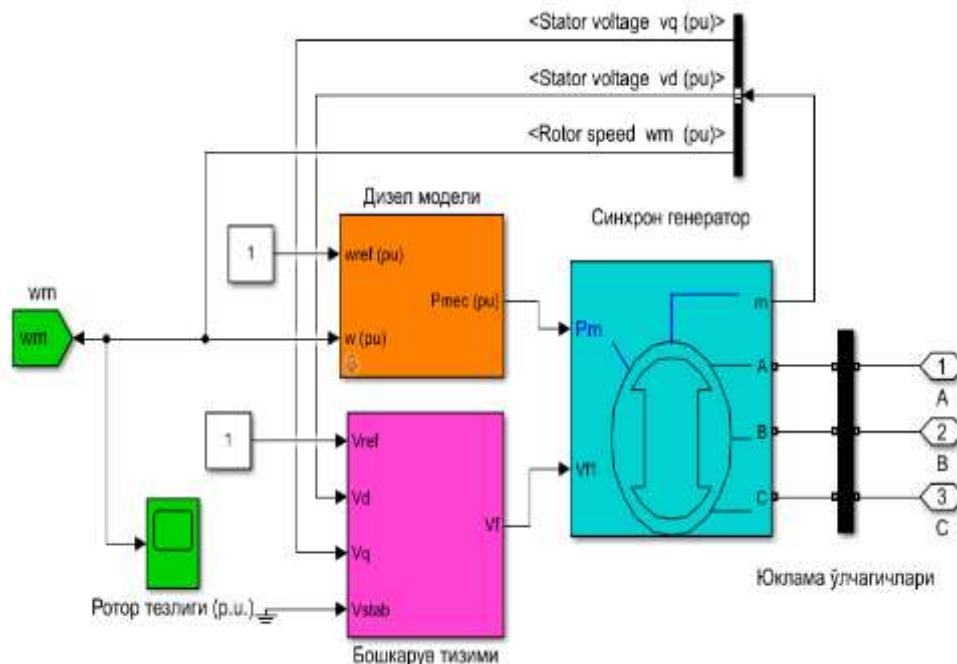
бунда, $F_{ДЭС}$ – ёнилғи сарфи (л/соат) салт ёқилғи истеъмоли билан аниқланади. F_S – юклама қиймати нолга тенг бўлганда ёқилғи сарфи (л/соат); F_i – аниқ бир дизель генератори учун солиштирма ёқилғи сарфи, (л/кВт·соат); $P_{ДЭС}$ – дизель генераторидан чиқувчи кувват; $P_{ДЭС,ном}$ – дизель генераторининг номинал куввати (Вт); T –моделлаштиришдаги барча босқичларнинг вақти (соат).

Суткалик графикнинг i – босқичида дизель-генератор ишлаб чиқарадиган электр энергия миқдори (кВт·соат):

$$W_{\text{иш.ч}_i} = P_{\text{истеъмоли}} \cdot t_i; \quad (9)$$

бунда: t_i - суткалик графикнинг i – босқичида ДЭС ишлаш вақти, соат.

3-расмда ДЭСнинг намунавий модели Simulink ёрдамида ишлаб чиқилган. Параметрлари сифатида ростлагичнинг кучайтириш коэффициенти, айланишлар сонини ростловчи доимий катталиқ, механик ташкил этувчи доимий катталиқ, момент бўйича секинлатиш ва чеклаш олинган.



3-расм. ДЭСнинг имитацион модели.

Электр энергиясини захираловчи қурилмани моделлаштириш. Электр энергиясини захираловчи қурилмаларнинг турларига кўра, микро электр тизимларида асосан учта мақсад учун фойдаланилиши тадқиқ этилди: 1. Электр таъминоти сифатини таъминлаш. 2. Заҳира қувват манбаи вазифасини бажариш. 3. Электр энергетика тизимлари иш режимини бошқариш.

Аккумулятор батареясининг (A_{AB}) автономлиги қуйидаги ифода орқали ҳисобланади:

$$A_{AB} = \frac{N_{AB} \cdot U_{\text{ном}} \cdot Q_{\text{ном}} \left(1 - \frac{SOC_{\text{min}}}{100}\right) \cdot 24 \frac{\text{соат}}{\text{кун}}}{L_{\text{ўрт}} \cdot \left(100 \frac{\text{Вт} \cdot \text{соат}}{\text{кВт}}\right)}; \quad (10)$$

бунда, N_{AB} - батареялар блокидаги батареялар сони (дона); $U_{\text{ном}}$ – битта батареядаги номинал кучланиш (В); $Q_{\text{ном}}$ - битта батареянинг номинал сифими ($A \cdot \text{соат}$); $L_{\text{prim-ўр}}$ – сутка давомидаги ўртача қиймат;

Аккумулятор батареясининг ички энергияси:

$$W_{AB}^B = C_{AB}^B \cdot U_{AB}^B; \quad (11)$$

бунда, C_{AB}^B - вақт оралиғининг бошланиши Δt даги аккумулятор батареясининг сифими (А·соат); U_{AB}^B - вақт оралиғининг бошланиши Δt даги аккумулятор батареясидаги кучланиш (В).

Микро электр тизимда ишлаб чиқарилиши кутилаётган электр энергия миқдори (кВт·соат):

$$W_{MЭТ} = W_{ФЭП}^{кут.} + W_{ШЭС}^{кут.} + W_{МГЭС} + W_{ДЭС} + W_{AB}^B; \quad (12)$$

Микро электр тизимдаги қувват функцияси қуйидагича ифодаланади:

$$P_{\Sigma}(t) = P_{ФЭС \max}(t) + P_{ШЭС \max}(t) + P_{МГЭС \max}(t) + P_{ДЭС \max}(t) + P_{AB \max}(t) - \sum \Delta P(t) - P_{юк}(t); \quad (13)$$

бунда $P_{юк}(t)$ – истеъмолчилар юкласи (кВт); $\sum \Delta P(t)$ -микро электр тизимдаги умумий қувват исрофи (кВт).

$$\sum \Delta P(t) = \Delta P_{ФЭС}(t) + \Delta P_{ШЭС}(t) + \Delta P_{МГЭС}(t) + \Delta P_{ДЭС}(t) + \Delta P_{AB}(t) + \Delta P_{KM}(t) + \Delta P_{инв}(t) + \Delta P_{тр}(t) + \Delta P_{хт/кт}(t); \quad (14)$$

бунда $\Delta P_{ФЭС}$ - ФЭСдаги қувват исрофи (кВт); $\Delta P_{ШЭС}$ -ШЭСсидаги қувват исрофи (кВт); $\Delta P_{МГЭС}$ -микроГЭСдаги қувват исрофи (кВт); $\Delta P_{ДЭС}(t)$ -ДЭСдаги қувват исрофи (кВт); $\Delta P_{AB}(t)$ –аккумулятор батареясидаги қувват исрофи (кВт); $\Delta P_{KM}(t)$ –кучланишни мўтадиллашдаги қувват исрофи (кВт); $\Delta P_{инв}(t)$ –инвертордаги қувват исрофи (кВт); $\Delta P_{тр}(t)$ –трансформатордаги қувват исрофи (кВт); $\Delta P_{хт/кт}(t)$ – ҳаво (кабель) электр узатиш тармоғидаги қувват исрофи (кВт).

Қувват функцияси $P_{\Sigma}(t)$ ўзгарувчан функция бўлиб, агар унинг ишораси мусбат (+) бўлса, у ҳолда микро электр тизимда ишлаб чиқарилаётган қувват тўғридан-тўғри истеъмолчиларни таъминлаш ва аккумулятор батареясини зарядлаш учун етарлидир.

$$P_{\Sigma}(t)^+ = \begin{cases} P_{\Sigma}(t); (P_{\Sigma}(t) > 0) \wedge (Q_{AB}^{max} - Q_{AB}^{TM}(t)) \geq \eta_{AB} \cdot \eta_{ўзг} \cdot P_{\Sigma}(t) \cdot \Delta t \\ \frac{Q_{AB}^{max} - Q_{AB}^{TM}(t)}{\Delta t}; (P_{\Sigma}(t) > 0) \wedge (Q_{AB}^{max} - Q_{AB}^{TM}(t)) < \eta_{AB} \cdot P_{\Sigma}(t) \cdot \Delta t \\ 0; (P_{\Sigma}(t) < 0) \end{cases} \quad (15)$$

Агар унинг ишораси манфий (-) бўлса, у ҳолда микро электр тизимда ишлаб чиқарилаётган қувват тўғридан-тўғри истеъмолчиларни таъминлаш учун етарли миқдорда эмас ва етишмаётган қувват аккумулятор батареясидан олинади.

$$P_{\Sigma}(t)^- = \begin{cases} P_{\Sigma}(t); (P_{\Sigma}(t) < 0) \wedge (Q_{AB}^{min} - Q_{AB}^{TM}(t)) \geq \frac{P_{\Sigma}(t) \cdot \Delta t}{\eta_{инв}} \\ \frac{Q_{AB}^{min} - Q_{AB}^{TM}(t)}{\Delta t} \cdot \eta_{инв}; (P_{\Sigma}(t) < 0) \wedge (Q_{AB}^{min} - Q_{AB}^{TM}(t)) < \frac{P_{\Sigma}(t) \cdot \Delta t}{\eta_{инв}} \\ 0; (P_{\Sigma}(t) > 0) \end{cases} \quad (16)$$

Аккумулятор батареясининг ҳақиқий сифими (А·соат) куйидагича ифодаланади:

$$Q_{AB}(t) = Q_{AB}(t - 1) + (P_{\Sigma}(t)^+ + P_{\Sigma}(t)^-) \cdot \Delta t; \quad (17)$$

Агар аккумулятор батареяси орқали таъминланаётган вақтда ҳам қувват танқислиги вужудга келса, у ҳолда ДЭС ишга туширилади. ДЭС ишга тушириш вақтини аниқлаш ФЭС, ШЭС ва микроГЭСлардан чиқувчи қувватларни ростлаш учун “**микро электр тизими қувват баланси**” (МЭТҚБ) деган тушунча киритилади:

$$P_{\text{МЭТҚБ}}(t) = P_{\text{юк}}(t) + \sum \Delta P(t) - P_{\text{ШЭС}}^{\text{max}}(t) - P_{\text{ФЭС}}^{\text{max}}(t) - P_{\text{МГЭС}}^{\text{max}}(t) - (P_{\Sigma}(t)^+ + P_{\Sigma}(t)^-); \quad (18)$$

Диссертациянинг «**Микро электр тизимдаги электр энергия манбаларининг самарали таркибини танлаш ва иш режимларини бошқариш алгоритминини ишлаб чиқиш**» деб номланган учинчи бобда электр энергия манбаларини танлаб олишда асосан қандай турдаги мезонларга эътибор қаратиш лозимлиги ва микро электр тизим суткалик иш режимини бошқариш алгоритми келтириб ўтилган.

Микро электр тизимларида ўрнатилган электр станциялари самарадорлигини баҳолашда “ўрнатилган қувватдан фойдаланиш мезони” дан фойдаланилди. Ҳар бир турдаги энергетик қурилма учун шундай турдаги ресурс тури танлаб олиндики, бу даражада келувчи ресурсларнинг нисбатан самаралироғи аниқланади:

$$K_{\text{ўқфм.}i,j} \rightarrow \text{max}; \quad (19)$$

Қайта тикланувчи энергия манбалари асосидаги микро электр тизимларида қайта тикланувчи энергия манбаларининг рационал таркиби ва сонини аниқлаш масаласини математик жиҳатдан шакллантириш йиллик электр энергиясини истеъмол қилиш ва ўрнатиладиган қурилмалар сонини ҳисобга олган ҳолда электр энергия ишлаб чиқаришнинг умумий ҳажмини акс эттирадиган объектив функциянинг максимал миқдорини аниқлаш учун қисқартирилади.

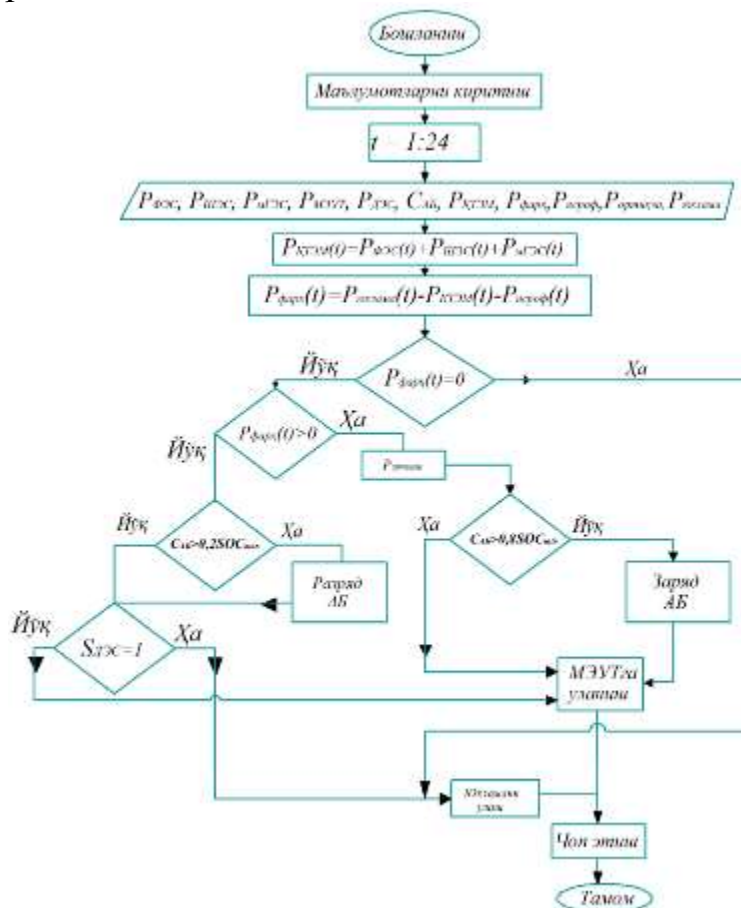
$$f(n) = \sum_{i=1}^I W_{i \text{ йил}} n_i \rightarrow \text{max}; \quad i = \overrightarrow{1, \dots, I} \quad (20)$$

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^I W_{i \text{ йил}} n_i \leq k_n W_{\text{йил}}^{\text{ист}} \\ n_i \leq n_i^{\text{max}}; \end{cases} \quad (21)$$

бунда $W_{i \text{ йил}}$ — i -қайта тикланувчи энергия ресурслари истеъмол қиладиган энергетик қурилманинг йиллик ишлаб чиқарадиган электр энергияси миқдори (кВт·соат/йил); n_i — i -ресурс истеъмол қиладиган электр таъминоти манбаларининг сони (дона); i —фойдаланиладиган ресурс тури; I — микро электр

тизимдаги кўпгина ресурслар тури; $W_{\text{йил}}^{\text{ист}}$ – микро электр тизимдаги йиллик электр энергия истеъмоли (кВт·соат/йил); $k_n=1,05-1,15$ –ҳақиқий қийматга нисбатан ҳисобланган қийматларнинг хатолигини инобатга олувчи доимий коэффициент.

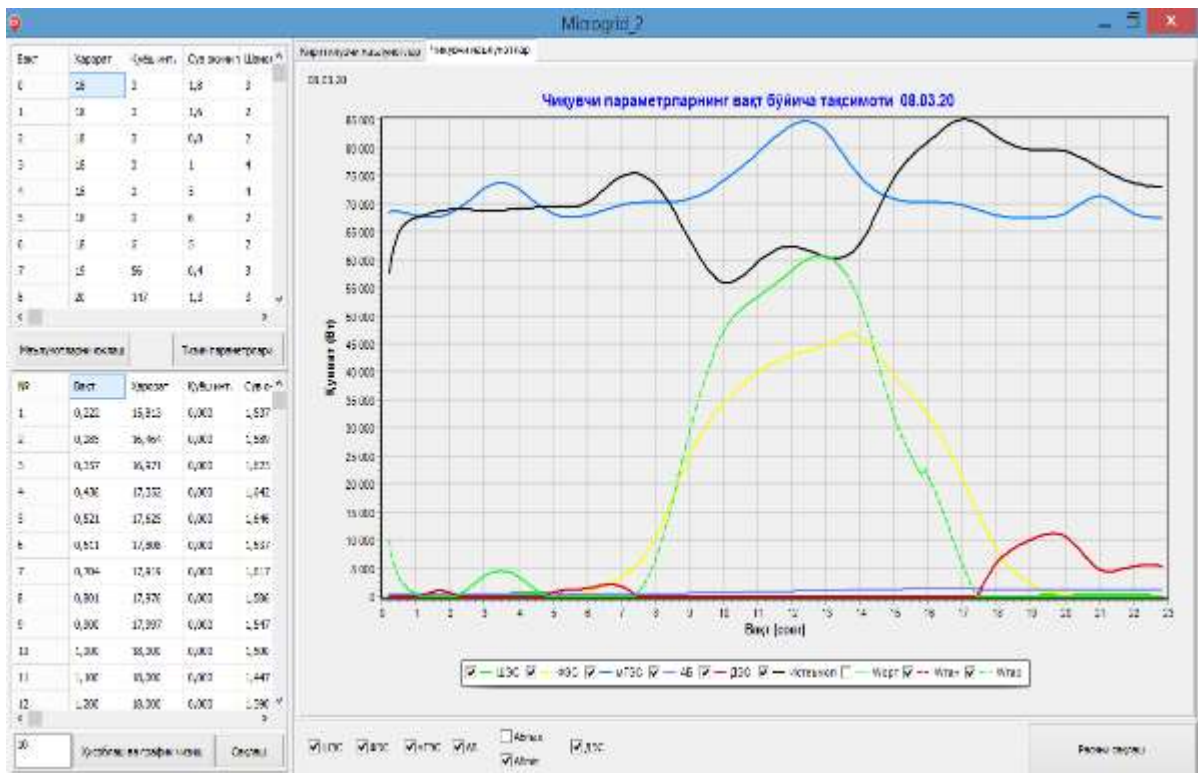
4-расмда микро электр тизим суткалик иш режимларини бошқариш алгоритми келтирилган.



4-расм. Микро электр тизим иш режимини бошқариш алгоритми.

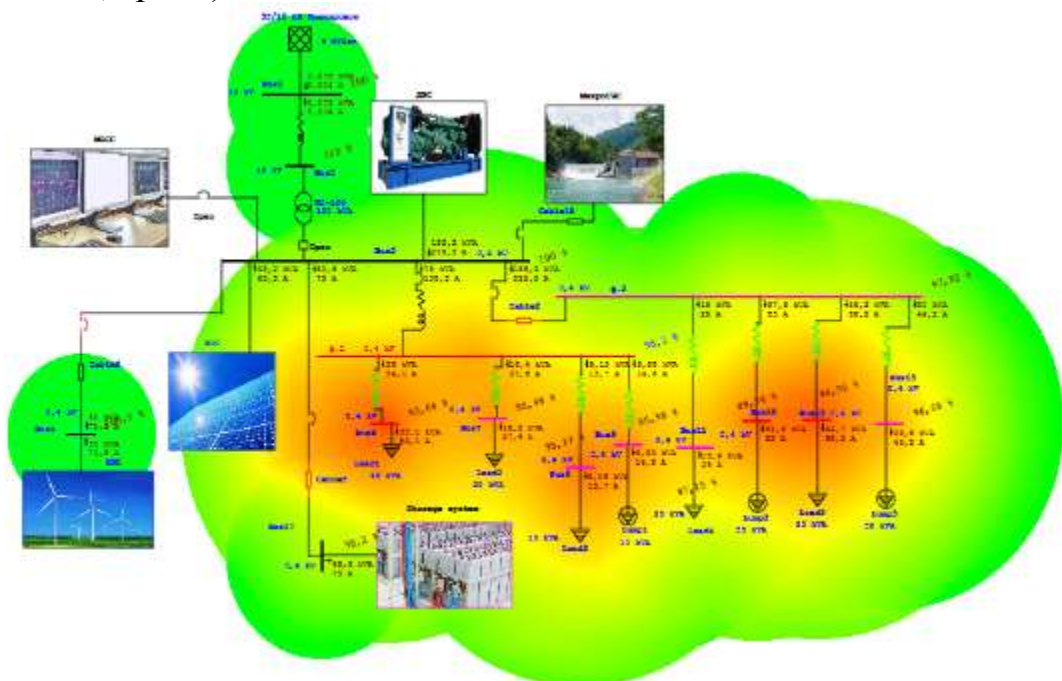
бунда $W_{\text{н.АБ}}$ - аккумулятор батареясининг номинал қиймати (кВт·соат); $P_{\text{ФЭС}}$, $P_{\text{ШЭС}}$, $P_{\text{МГЭС}}$ ва $P_{\text{ДЭС}}$ – ФЭС, ШЭС, микроГЭС ва ДЭСларининг жорий қуввати, Вт; $P_{\text{юклама}}$ – истеъмол қилинаётган юкламанинг жорий қуввати (кВт); $P_{\text{ортиқча}}$ - микро электр тизимда ҳосил бўлган ортиқча қувват (кВт); $P_{\text{ҚТЭМ}}$ -қайта тикланувчи энергия манбалари ишлаб чиқарадиган қувват (кВт). $S_{\text{дэс}}$ –дизель электр станциясини тавсифловчи катталик: $S_{\text{дэс}}=1$ да дизель электр станцияси ишлайди.

Микро электр тизимда электр энергия ишлаб чиқарилишига асосий таъсир этувчи омиллар (шамол тезлиги, қуёш нурланиши, сув оқимининг тезлиги, атроф-муҳит ҳарорати ва ҳ.к)ларни инобатга олган ҳолда микро электр тизимларнинг суткалик иш режимини аниқлаш учун ЭҲМ дастурлари ишлаб чиқилган (DGU 05535 ва DGU 08884) (5-расм).



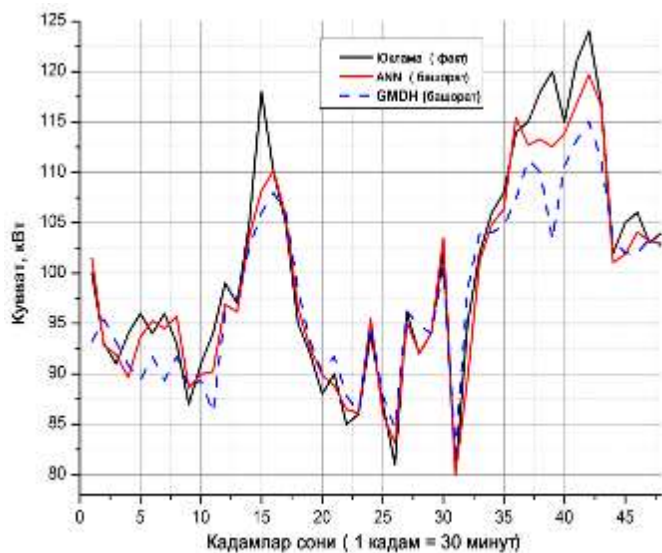
5-расм. Микро электр тизимнинг суткалик иш режими.

Микро электр тизим (объекти) сифатида «Наманган ҲЭТК» АЖ Уйчи туман электр таъминотидаги тасарруфидаги 10 кВли «Шимолий Фарғона канали» электр узатиш тармоғи (фидери) танлаб олинган. Яъни микро электр тизими марказий электр тармоғига уланган ва автоном (қайта тикланувчи энергия манбалари асосидаги электр манбалар орқали) электр энергияси билан таъминланаётганда ўткинчи жараёнлар, исрофлар ва қувватлар оқими ҳамда иш режимлари Electrical Transient Analyzer Program (ETAP) дастури ёрдамида ҳисобланди (6-расм).

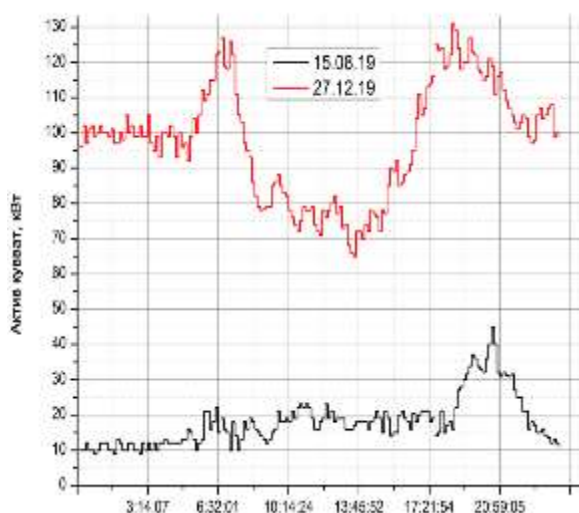


6-расм. Микро электр тизимда кучланиш тушуви ва қувватлар оқими.

Шимолий Фарғона канали фидеридаги электр энергия истеъмолини башоратлашда интеллектуал усуллар орасидан сунъий нейрон тармоқлар (ANN, Neural Net Fitting (Matlab) ва аргументларни гуруҳли ҳисобга олиш (GMDH, GMDH Shell DS 3.8.9) усуллари танлаб олинди. Ҳисоблаш натижаларига кўра, нисбий хатолик Neural Network Fittingда 8,33%ни, GMDH эса 13,87% ни ташкил этди (7-расмга қаранг).



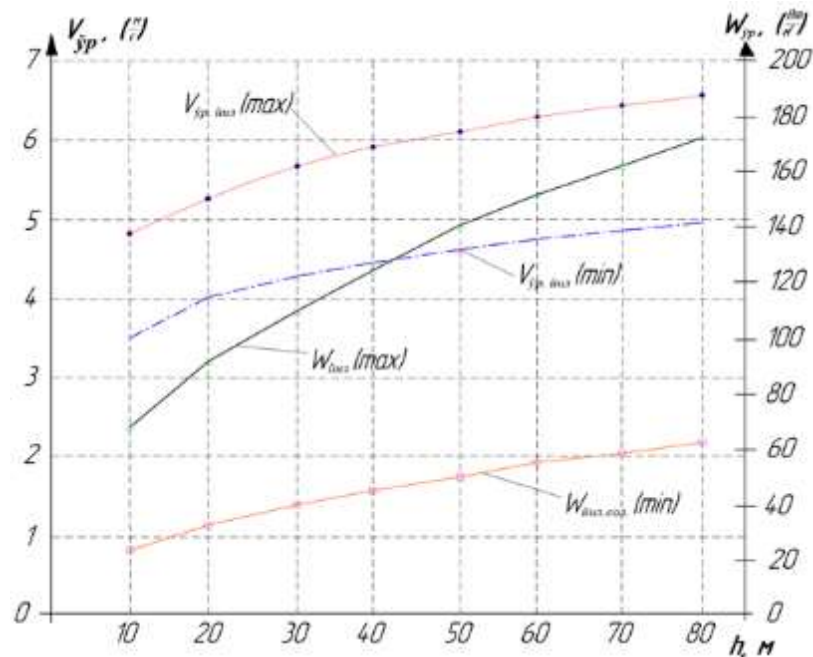
7-расм. ф.ШФКдаги электр энергия истеъмолининг ўзгариш графиги.



8-расм. Ёзги ва қишки мавсум ларда ф.ШФКдаги фаол қувватнинг энг катта қиймати.

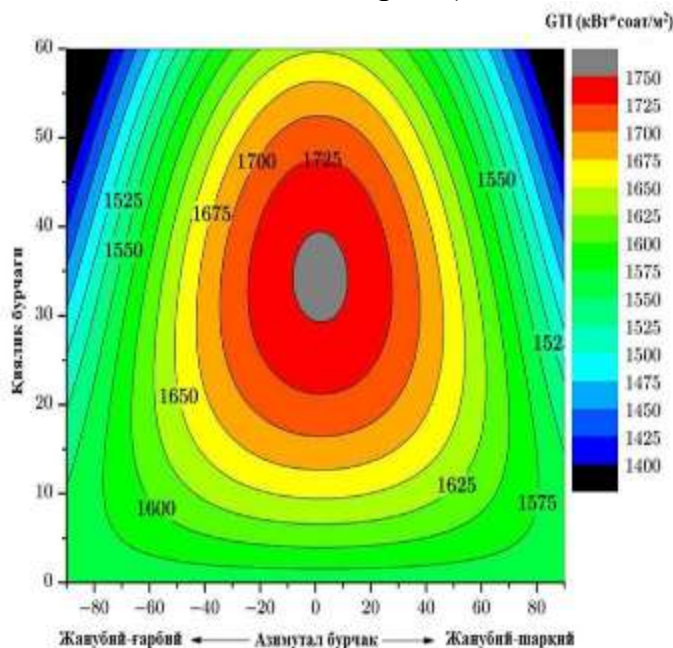
Диссертациянинг «Қайта тикланувчи энергия манбалари асосидаги микро электр тизимнинг техник-иқтисодий самарадорлигини баҳолаш» деб номланган тўртинчи бобида Шимолий Фарғона канали фидерида уланган электр энергия истеъмолчилари учун автоном микро электр тизимни яратишнинг техник-иқтисодий ва экологик жиҳатдан самарадорлиги аниқланган. Дастлаб, Шимолий Фарғона канали фидерининг ёз ва қиш мавсумларидаги фаол қувватнинг энг катта қийматлари ҳамда йиллик электр энергияси истеъмоли аниқланган (8-расм).

Худудда қайта тикланувчи энергия манбаларининг потенциалини аниқлаш мақсадида синов ишлари олиб борилган. Хусусан, Хелман қонунидан фойдаланган ҳолда $h=10\div 80$ м баландликлар оралиғида шамол тезликлари ҳисобланиб (9-расм), микро электр тизим учун учун АН10000 маркали шамол электр қурилмаси (“шамол гули” ҳам инобатга олинган) танлаб олинди.

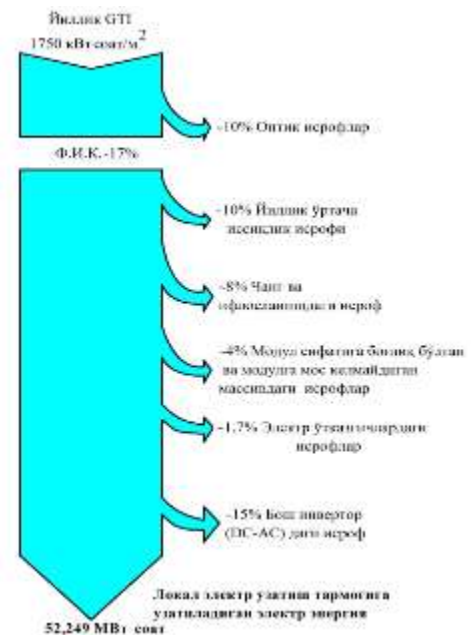


9-расм. Шамол тезлигининг йил давомидаги ўртача ўзгариши v_{yp} (м/с) ва шамол оқимининг солиштирма қуввати $W_{сол}$. (Вт/м²).

Метеорологик тадқиқот натижаларига асосан танлаб олинган ҳудуд учун горизонтал сиртга тушаётган йиллик қуёш нурланишининг оғиш бурчагига боғлиқлиги аниқланди (10-расм).



10-расм. Ҳудуд учун ясси сирт юазасига тушувчи йиллик GTI қиймати сиртнинг ўрнатилиш йўналиши ва горизонтга нисбатан қиялик бурчагига боғлиқлиги.



11-расм. Сенкей диаграммаси. 50 кВтли ФЭС ишлаб чиқарадиган ўртача йиллик электр энергияси миқдори.

Ассимиляцияцион таҳлил натижаларига кўра, қуввати 50 кВт (ФИК 15,42% бўлган КК280Р-3СD3СG маркали 1662×990 мм² ва $P_{max}=280$ Вт) бўлган қуёш

фотоэлектрик станциясининг ўртача йиллик унумдорлиги 52,2 МВт·соатни ташкил этди (11-расм).

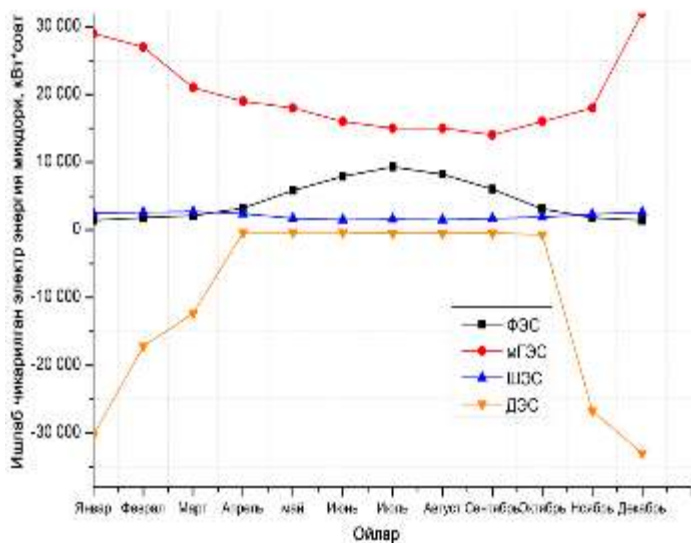
Микро электр тизимда микроГЭСдан фойдаланиш мақсадида танлаб олинган ҳудуд яқинидан ўтувчи Шимолий Фарғона каналининг сув сарфи (гидрографи) ўлчанди. Ҳисоблаш натижаларига кўра, микроГЭС куриш учун техник потенциал мавжудлиги аниқланди ва Россиянинг “МНТО ИНСЭТ” корхонаси томонидан ишлаб чиқарилаётган микроГЭС тури танлаб олинди (1-жадвал)³.

1-жадвал.

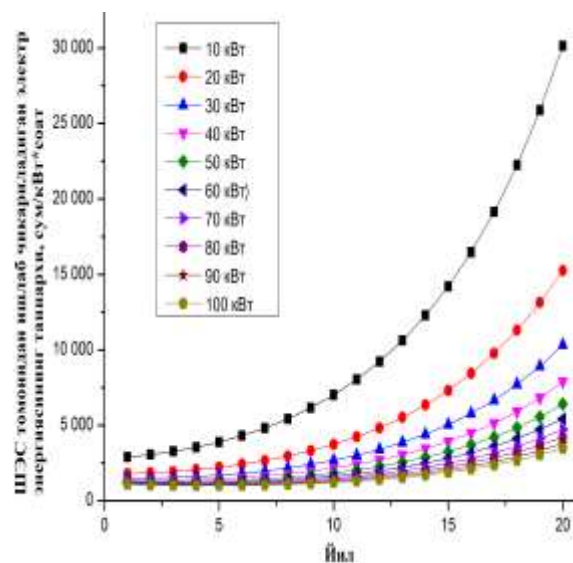
Парракли гидротурбинали мГЭСнинг техник тавсифи.

Параметр-лари	$P_{\text{НОМ}}$, кВт	Сув босими, м	Сув сарфи, м ³ /с	ω , мин ⁻¹	$U_{\text{НОМ}}$, В	f , Гц
микроГЭС 50Пр	10÷50	2,0-6,0	0,3-0,8	600	230, 400	50
		4,0-10,0	0,4-0,9	750		

Автоном микро электр тизимдаги электр станциялари йил давомида ўртача қуйидаги миқдорда электр энергияси ишлаб чиқариш имкониятига эга эканлиги аниқланди (12-расм).

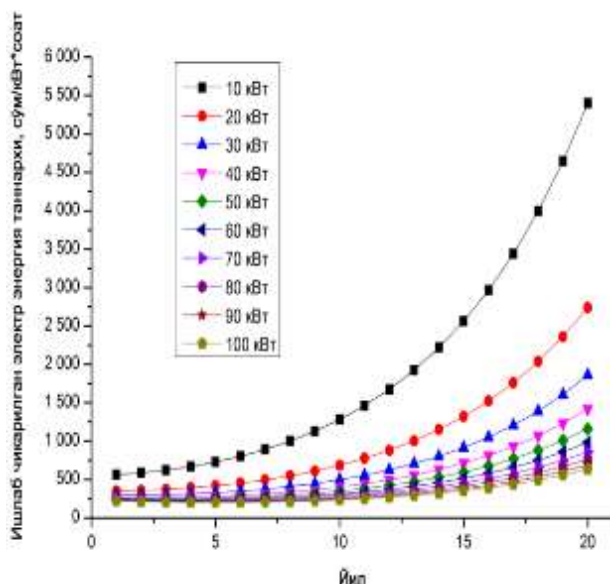


12-расм. Микро электр тизимдаги электр энергия манбалари ишлаб чиқарадиган йиллик ўртача электр энергия миқдори (кВт·соат).

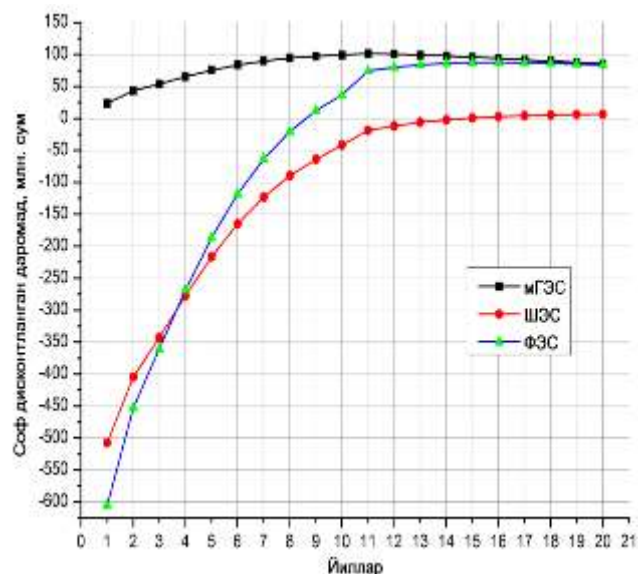


13-расм. Шамол элеткр станцияси ишлаб чиқараётган электр энергия таннархининг унинг қувватига боғлиқлик графиги.

Келгусида микро электр тизимда энергетика бозорини шакллантириш мақсадида, электр энергия манбаларининг турли хил қувватларда ишлаб чиқарадиган электр энергиясининг таннархи аниқланди (13- ва 14-расм).



14-расм. Фотоэлектрик станция ишлаб чиқараётган электр энергия таннархининг унинг қувватига боғлиқлик графиги.



15-расм. Микро электр тизимдаги электр станцияларнинг ўзини қоплаш муддати.

Микро электр тизимни қуриш самарадор бўлиши учун: ички меъёрий даромад (ВНД) ва соф дисконтланган даромад (ЧДД) → тахга, $T_{\text{хис}} \rightarrow 0$ га интилиши керак. Олиб борилган тадқиқот натижаларига асосан микро электр тизимдаги электр станцияларнинг ўзини қоплаш муддати аниқланди (15-расм).

Ҳисоблашлар услубида бир нечта (электр қурилмаларини кредитга олиш имконияти, инфляция, ишчи кучи ва келгуси киритилиши мумкин бўлган турли хил солиқлар ва бошқа) омиллар инобатга олинган (2-жадвалга қаранг).

2-жадвал.

Танлаб олинган ҳудуддаги микро электр тизимида ишлаб чиқариладиган электр энергиясининг таннархи.

№	Микро электр тизимдаги электр энергия манбаларининг тури	Ўрнатилган қувват (кВт)	Йиллик ўртача ишлаб чиқариладиган электр энергияси миқдори (кВт·соат)	1 кВт·соат электр энергияси таннархи (сўм/кВт·соат)	
				1 та ишчи кучи ҳисобга олинган	1 та ишчи кучи ҳисобга олинмаган
1.	МикроГЭС	50	240 000	108,05	47,78
2.	ШЭС	50	25 000	2974,37	2356,61
3.	ФЭС	50	52 000	1051,2	753,9
4.	ДЭС	50	75 350	2788,5	2579,4

Ҳисоблаш натижаларига кўра, техник ва иқтисодий жиҳатдан танлаб олинган ҳудуддаги автоном микро электр тизими учун электр энергия манбаи сифатида микроГЭСни танлаб олиш мақбул вариантлиги аниқланди.

ХУЛОСА

«Қайта тикланувчи энергия манбалари асосидаги микро электр тизимлар» мавзусидаги техника фанлари фалсафа доктори (PhD) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижалари асосида қуйидаги хулосалар тақдим этилган:

1. Ўзбекистон Республикаси электр энергетикаси тизимидаги мавжуд электр тармоқлари объект танлаш нуқтаи назаридан таҳлил қилинди. Натижада электр энергияси танқислиги вужудга келаётган Шарқий худудий энергия узелидаги қайта тикланувчи энергия ресурслари салоҳияти яхшироқ бўлган худуд (Шимолий Фарғона канали фидери) микро электр тизим учун танлаб олинган.

2. Қайта тикланувчи энергия манбалари асосидаги микро электр тизим структураси, иш режимлари, электр энергия манбаларини бошқариш учун умумий алгоритм, дастурий маҳсулот ва имитацион модель ишлаб чиқилган. Натижада ишлаб чиқилган дастур ва имитацион моделлар ёрдамида турли хил синов ва ҳисоблаш ишлари олиб борилиб, нисбатан мақбул вариант танлаб олинган.

3. Микро электр тизимларида қисқа муддатлар учун электр энергия истеъмолини башоратлаш учун сунъий нейрон тармоқларидан фойдаланиш афзаллиги аниқланди. Натижада микро электр тизимларида келгуси кунлик (соатлик) электр энергияси истеъмолининг ўзгариш графиги тўғрисида нисбатан реал ахборот (нисбий хатолиги 8,33%) олиш имконияти яратилган.

4. Қайта тикланувчи энергия манбалари асосидаги микро электр тизими экологик жиҳатдан нисбатан соф ҳисобланиб, танланган худуд учун атроф-муҳитга зарарли газлар чиқишини сезиларли даражада йилига 359,13 кг CO₂, 0,99 кг CH₄ ва 1,98 кг N₂O камайтириш имконини берган.

5. Ушбу диссертация доирасида олиб борилган илмий-тадқиқот ишларининг натижалари «Наманган ҲЭТК» АЖ Уйчи туман электр таъминоти корхонасида автоном микро электр тизимини яратиш учун жорий этилган. Натижада олинувчи йиллик иқтисодий самара 92,132 миллион сўмни ташкил этган.

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

**ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР**

ИЗЗАТИЛЛАЕВ ЖУРАБЕК ОЛИМЖОНОВИЧ

**МИКРОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ
ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ**

05.05.01 –«Энергетические системы и комплексы»

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

ТАШКЕНТ – 2021

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована за B2020.4.PhD/T85 в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан.

Докторская диссертация выполнена в обществе с ограниченной ответственностью «Научно-технический центр».

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

Научный консультант:	Муратов Хаким Махмудович доктор технических наук, профессор
Официальные оппоненты:	Гайибов Тулкин Шерназарович доктор технических наук, профессор
	Болтаев Отабек Ташмухамматович доктор философии по техническим наукам (PhD), доцент
Ведущая организация:	«Узэнергоинжиниринг» АО

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

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного технического университета (регистрационный номер ___). Адрес: 100095, г. Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел. : (99871) 246-46-00.

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

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

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

М.И. Ибадуллаев
Преседатель научного семинара
при Научном совете по
присуждению учёных степеней,
д.т.н., профессор.

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации на соискание ученой степени доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире особое внимание уделяется таким вопросам, как стабилизация экологического баланса и экономии различных углеводородных видов топлива, использованию нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, расширению масштабов качественного и непрерывного снабжения потребителей производимой электроэнергии. В современных развитых странах «... современной энергетической отрасли необходимо решить три основных, но часто противоречащих друг другу задач: обеспечение безопасности, повышение энергоэффективности и борьба за экологическую чистоту»¹. В связи с этим особое внимание в мировой практике уделяется использованию возобновляемых источников энергии, а также исследованиям в этой области, включая разработку экологически чистых систем электроснабжения.

В мире в энергетическом секторе развитых стран проводятся исследования по повышению надежности электроснабжения потребителей за счет внедрения микроэлектрических систем, предотвращения чрезмерных потерь при передаче электроэнергии и производстве экологически чистой (дешевой) электроэнергии. В этом направлении, в частности, приоритетными являются исследования технико-экономических и экологических основ создания микроэлектрических сетей на основе возобновляемых источников энергии, а также методов повышения эффективности их использования, вытекающих из внутренних возможностей региона. В то же время создание интеллектуальных автономных микроэлектрических систем, разработка алгоритма управления рабочих режимов, разработка метода краткосрочного прогнозирования потребления электроэнергии и определение энергетической и экономически-экологической эффективности является одной из актуальных задач.

В энергетическом секторе республики, который является одним из важнейших секторов экономики, в стране приняты меры по производству экологически чистой электроэнергии с использованием возобновляемых источников, а также по повышению надежности электроснабжения потребителей, сокращению потерь энергии, внедрению энергосберегающих технологий. В частности, в Стратегии действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017 - 2021 годах определены такие задачи как «... сокращение энергоемкости и ресурсоемкости экономики, широкое внедрение в производство энергосберегающих технологий, расширение использования возобновляемых источников энергии, повышение производительности труда в отраслях экономики»². Одним из важных вопросов является реализация этих задач, включая создание автономных микроэлектрических систем на основе возобновляемых источников энергии,

¹ <https://www.elec.ru/interview/intellektualnye-mikroseti-svyazuyushee-zveno-mezhd/>

² Указ Президента Республики Узбекистан 07.02.2017 г. № УП-4947 О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан

выявление факторов, влияющих на производство электроэнергии в этой микроэнергетической системе и оптимизация режимов работы микроэлектрической системы.

Данное диссертационное исследование служит в определенной мере для выполнения задач, предусмотренных в следующих Указах и Постановлениях Президента РУз: №УП-4947 от 07.02.2017 г. «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», №ПП-3012 от 26.05.2017 г. «О программе мер по дальнейшему развитию возобновляемой энергетики, повышению энергоэффективности в отраслях экономики и социальной сфере на 2017-2021 годы», №ПП-4422 от 22.08.2019 г. «Об ускоренных мерах по повышению энергоэффективности отраслей экономики и социальной сферы, внедрению энергосберегающих технологий и развитию возобновляемых источников энергии», №ПП-4477 от 04.10.2019 г. «Об утверждении стратегии по переходу Республики Узбекистан на «зеленую» экономику на период 2019–2030 годов», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в этой сфере.

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

Степень изученности проблемы. Научные исследования, направленные на решение актуальных задач по повышению надежности электроснабжения в микроэлектрических системах, осуществляются в ведущих научных центрах и высших образовательных учреждениях мира, в том числе в National Technical University of Athens (Греция), Swiss Federal Institute of Technology (Швейцария), University of California (США), Aalborg University (Дания), Imperial College London (Англия), Объединенный институт высоких температур Российской академии наук (ОИВТ РАН), Национальный исследовательский университет «МЭИ» и Санкт-Петербургский государственный политехнический университет (Россия), Ташкентский государственный технический университет им. И.А. Каримова и ООО Научно-технический центр (Узбекистан) и другие.

При решении задач по исследованию научных основ, методов и средств рационального использования возобновляемых источников энергии свой вклад внесли известные ученые: В.П. Харитонов, П.П. Безруких, В.В. Елистратов, В.И. Виссарионов, О.С. Попель, Д.С. Стребков, В.И. Велькин, В.В. Харченко, Е.Н. Соснина, Б.В. Лукутин и др. О проблемах разработки и реализации микроэлектрических систем, составляющих основу интеллектуальных сетей, занимались В.В. Волобуева, Н.И. Воропай, Б.Б. Кобец, П.В. Глущенко, J.M. Guerro, N.D. Hatzargyriou, S.A. Papathanassiou, K. Fukushima, Y. Parag и другие.

Также многочисленные исследования по повышению эффективности и надежности возобновляемых источников энергии и электрических систем Республики были проведены узбекскими учеными, такими как Х.Ф. Фазилов, Ж.А. Абдуллаев, Р.А. Захидов, Т.Х. Насиров, К.Р. Аллаев, Х.М. Муратов, Ф.А. Хашимов, Р.А. Сытдинов, Т.Ш. Гаиров, Р.Р. Аvezов, М.М. Мухаммадиев, У.А. Таджиев, и другими.

Несмотря на значительные успехи, проблема применения микроэлектрических систем и повышения эффективности, а также надежности электроснабжения потребителей в Республике Узбекистан изучена недостаточно. В данной работе подробно рассмотрены вопросы создания микроэлектрических систем на основе возобновляемых источников энергии, не подключенных к центральным сетям электропередачи, их экономические, технические и экологические преимущества и предложены пути их решения.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация. Настоящая диссертационная работа выполнена в соответствии с планами научно-исследовательских работ АО «Узбекэнерго» в рамках фундаментальных научных проектов молодых ученых ЁАЗ-ФА-Ф0-015 «Повышение энергоэффективности микроГЭС на основе определения оптимального угла расположения лопастей водяного колеса» (2015-2016) и БФ2-001 «Развитие методов и теории оценки энергоэффективности интеллектуальных электрических сетей и разработка модели оптимального управления их режимов работы» (2017-2020).

Целью исследования является моделирование рабочих режимов микроэлектрических систем на основе возобновляемых источников энергии и оценка их технико-экономических показателей.

Задачи исследования: В соответствии с целью были поставлены следующие задачи:

анализ существующих электрических сетей в электроэнергетической системе Республики Узбекистан с точки зрения выбора объекта;

разработка математической модели и алгоритма управления режимов работы микроэлектрических систем на основе возобновляемых источников энергии;

разработка имитационной модели для исследования структуры и рабочего состояния микроэлектрической системы на основе возобновляемых источников энергии;

разработка метода краткосрочного прогнозирования потребления электроэнергии в микроэлектрических системах;

определение энергетической и экономико-экологической эффективности микроэлектрической системы на основе возобновляемых источников энергии.

Объектом исследования является 10 кВная линия электропередач ШФК принадлежащая Уйчинскому районному электроснабжающему предприятию выбранная как автономная микроэлектрическая система.

Предметом исследования является метод технико-экономического обоснования применения влияния автономной микроэлектрической системы на основе возобновляемых источников энергии для электроснабжения потребителей.

Методы исследования. Во время исследования применены методы для оценки технико-экономических показателей микроэлектрических систем, метод математической статистики для переработки данных предприятия, метод оценки

экономической эффективности, метод группового учёта и искусственных нейронных сетей и метод интерполяции.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработаны математические модели элементов, входящих в микроэлектрическую систему, и ее энергетический баланс с учетом условий работы микроэлектрической системы на основе возобновляемых источников энергии;

разработан алгоритм использования источников электрической энергии, входящих в состав микроэлектрической системы на основе возобновляемых источников энергии;

разработан метод краткосрочного прогнозирования потребления электрической энергии в микроэлектрических системах на основе методов группового учета аргументов и искусственных нейронных сетей.

усовершенствована методика оценки экономической эффективности инвестиционных проектов с учетом налогов на микроэлектрические системы на основе возобновляемых источников энергии.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

использования интеллектуальных сетей в электроэнергетической системе, повышения энергоэффективности и надежности систем, снижения потери электрической энергии и воздействия энергетических объектов на окружающую среду, а также дальнейшее расширение возможностей использования возобновляемых источников энергии, увеличена эффективность с экономической точки зрения;

разработана программа воздействия для определения расхода и направления электрической энергии в микроэлектрической системе (ежечасно, ежедневно, ежемесячно и ежегодно);

разработана программа для определения расположения источников электрической энергии в регионах Республики Узбекистан;

разработан способ формирования баланса электрической энергии в микроэлектрических системах;

разработана блок-схема микроэлектрической системы на основе возобновляемых источников энергии;

Достоверность результата исследования обосновывается принятыми критериями сравнения и подтвержденными аналитическими формулами результатов сравнительного анализа теоретических и экспериментальных данных, а также по результатам внедрения компьютерной программы, представляющей функции, отражающие суточные мощности и экономические показатели, вырабатываемые в микроэлектрических системах, что достигается внедрением в практику.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов выполненных исследований объясняется рекомендациями, разработанными по результатам обоснования перспектив применения микроэлектрических систем.

Практическая значимость результатов исследования объясняется тем, что потребители, не подключенные к централизованному электроснабжению в

энергосистеме республики, могут самостоятельно снизить потери и затраты электроэнергии.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных научных результатов по созданию микроэлектрических систем в области возобновляемых источников энергии:

математическая модель микроэлектрической системы на основе возобновляемых источников энергии внедрен в Уйчинском районном энергоснабжающем предприятии, принадлежащем АО «Наманганский ХЭТК» (Справка от Министерства энергетики Республики Узбекистан от 30 сентября 2020 года, № 03-13-5198). В результате, это позволило оценить различные климатические факторы и различные профили, влияющие на источники в микроэлектрической системе;

алгоритм управления электроэнергией в микроэлектрической системе на основе возобновляемых источников энергии внедрен в Уйчинском районном энергоснабжающем предприятии, принадлежащем АО «Наманганский ХЭТК» (Справка от Министерства энергетики Республики Узбекистан от 30 сентября 2020 года, № 03-13-5198). В результате, системные операторы получают возможность предоставлять достоверную информацию о суточных режимах работы микроэлектрической системы;

метод краткосрочного прогнозирования потребления электроэнергии в микроэлектрических системах на основе возобновляемых источников энергии внедрен в Уйчинском районном энергоснабжающем предприятии, принадлежащем АО «Наманганская ХЭТК» (Справка от Министерства энергетики Республики Узбекистан от 30 сентября 2020 года, № 03-13-5198). В результате это позволило снизить относительную погрешность прогноза потребления электроэнергии на предприятии на 8,33%.

автономные микроэлектрические системы на основе возобновляемых источников энергии внедрено в Уйчинском районном энергоснабжающем предприятии, принадлежащем АО «Наманганский ХЭТК» (Справка от Министерства энергетики Республики Узбекистан от 30 сентября 2020 года, № 03-13-5198). Результаты показывают, что в течение года можно сэкономить 92,132 миллиона сумов.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования прошли апробацию 10-ю научными работами, в том числе на 6 международных и 4 республиканских научно-технических и научно-практических конференциях и семинарах.

Опубликованность результатов исследований. По теме диссертации опубликовано 25 печатных работ, в том числе 3 статьи в зарубежных журналах (2 статьи в научных журналах, включенных в базу данных Scopus), 7 статей в республиканских журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций (PhD), 3 авторских свидетельства о регистрации программ для ЭВМ, 12 статей в сборниках научных конференций.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Объем текста диссертации составляет 120 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении приводится обоснование актуальности и востребованности диссертационного исследования, описание цели и основных задач, а также объектов и предметов, соответствующих приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, научная новизна и практические результаты, теоретическая и прикладная значимость результатов, сведения об опубликованных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Анализ современного состояния существующих электрических сетей в электроэнергетической системе Республики Узбекистан и перспективы создания современных микроэлектрических систем»** проанализировано современное состояние существующих сетей передачи электроэнергии в Узбекистане, потенциал производства электроэнергии в региональных энергетических узлах, возможностей использования возобновляемых источников энергии в нашей стране и исследования по созданию микроэлектрических систем на основе концепции интеллектуальных электрических сетей. В рамках научно-исследовательской работы проведен анализ литературы по современному состоянию микроэлектрических систем на основе возобновляемых источников энергии, который свидетельствует о том, что проблемы определения рационального состава микроэлектрических систем на основе нескольких источников электроэнергии и повышения эффективности их режимов работы, а также прогнозирование электрической нагрузки недостаточно изучены. На основе проведенного научного анализа сформулированы цели и задачи диссертационной работы.

С учетом потенциала возобновляемых источников энергии в нашей стране была разработана блок-схема микроэлектрической системы (рис. 1). Интеграция микроэлектрической системы в локальные (или низковольтные) сети электропередачи условно делится на несколько блоков.

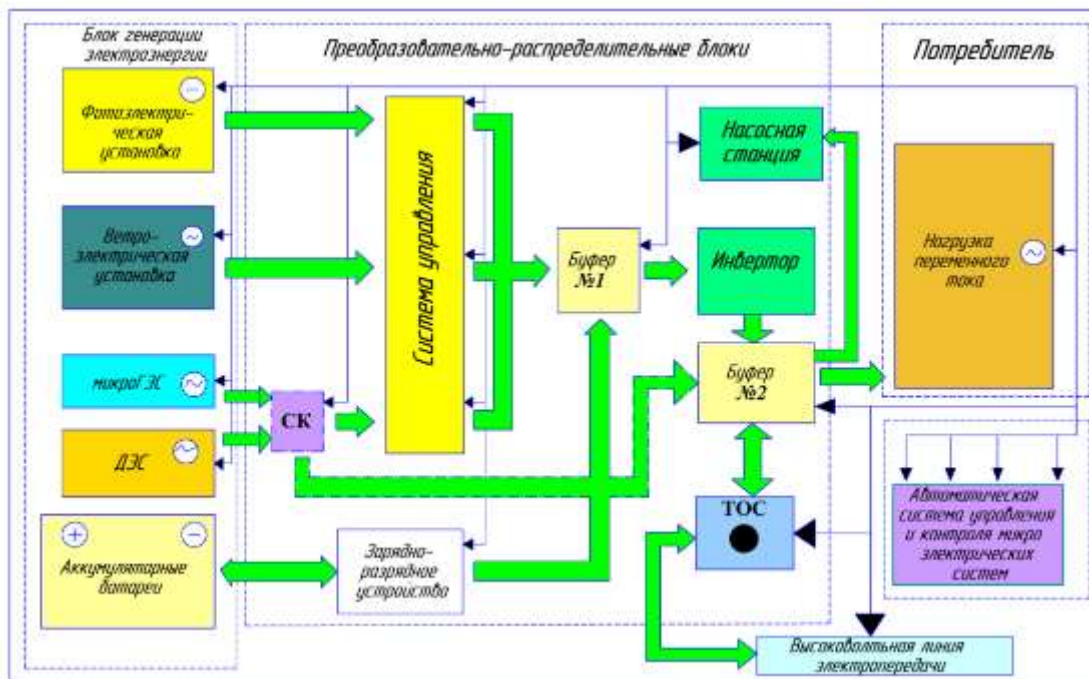


Рис.1. Блок-схема микроэлектрической системы.

В блоке генерации электроэнергии находится источник электрической энергии, а преобразовательное-распределительные (инвертор, контроллер и др.) в блоке электрического устройства, которые изменяют, регулируют и распределяют величину электрической энергии, в блоке потребитель-различные типы потребителей электрической энергии.

Во второй главе диссертации «**Разработка математической модели для управления режимами работы микроэлектрической системы**» приводится разработанная математическая модель микроэлектрической системы, основанная на оценке генерирующих мощностей в них и формировании баланса мощности. В качестве основных источников электрической энергии в предлагаемой микроэлектрической системе выбраны ФЭС, ВЭС, мГЭС и ДЭС (АБ).

Моделирование фотоэлектрической панели. Среднее количество вырабатываемой электрической энергии ФЭП в течение дня определяется по формуле:

$$W_{\text{ФЭП}} = H_T \cdot S_{\text{ФЭП}} \cdot \eta_{\text{ФЭП}} \cdot \eta_{\text{инв}} \cdot [1 - \beta(T_{\text{ФЭМ}} - 25)] \cdot (1 - \lambda); \quad (1)$$

где $W_{\text{ФЭП}}$ - электрическая энергия, вырабатываемая ФЭП в течение дня (кВт·ч); H_T - общая суммарная радиация (GTI) (кВт·ч/м²); $S_{\text{ФЭП}}$ - площадь лучевоспринимающей поверхности ФЭП (м²); $\eta_{\text{ФЭП}}$ - КПД ФЭП при температуре 25°C; $\eta_{\text{инв}}$ - КПД инвертора ФЭП; β - температурный коэффициент фотоэлектрической модули (ФЭМ) (1/°C); $T_{\text{ФЭП}}$ - температура поверхности ФЭМ (°C); λ - суммарная потеря от запыления, дождя, ветра и в линиях электропередач.

Годовая ожидаемая выработка электроэнергии ФЭП (кВт·ч):

$$W_{\text{ФЭС}}^{\text{ожид.}} = \sum_{i=1}^k H_{T_i} \cdot S_{\text{ФЭП}} \cdot \eta_{\text{ФЭП}} \cdot \eta_{\text{инв}} \cdot [1 - \beta(T_{\text{ФЭМ}} - 25)] \cdot (1 - \lambda) \cdot N_{\text{ФЭП}}; \quad (2)$$

где $N_{\text{ФЭП}}$ - количество ФЭП (шт).

Моделирование ветроагрегата. Средняя удельная мощность ветроэнергетического устройство определяется из выражения:

$$P_{\text{ср.уд}}(t) = \frac{1}{2} \frac{dm}{dt} v_{\text{ср}}^2 = \frac{1}{2} \rho A C_p(\lambda, \beta) \cdot v_{\text{ср}}^3(t); \quad (3)$$

где ρ – плотность воздуха (при нормальных условиях 1,226 кг/м³; A – площадь ометания ротора, м²; $C_p(\lambda, \beta)$ – коэффициент мощности, который является функцией λ (относительной скорости) и β (угла разворота лопастей (угол тандажа)) ротора. Теоретическое максимальное значение коэффициента мощности C_p , также известного как коэффициент Betz, равен 0,593; $v_{\text{ср}}$ - среднегодовая скорость ветра, м/с.

Номинальная мощность ВЭУ определяется как:

$$P_{\text{ном}}(t) \approx P_{\text{ср.уд}} \cdot \eta_{\text{ред}} \cdot \eta_{\text{ген}} = \frac{1}{2} \rho A C_p(\lambda, \beta) \cdot v_{\text{ср}}^3(t) \cdot \eta_{\text{ред}} \cdot \eta_{\text{ген}} \cdot \eta_{\text{инв}}; \quad (4)$$

где $\eta_{\text{ред}}$ – КПД редуктора (%); $\eta_{\text{ред}}$ – КПД редуктора (%); $\eta_{\text{ген}}$ – КПД генератора (%); $\eta_{\text{инв}}$ – КПД инвертора (%).

Годовая ожидаемая выработка электроэнергии ВЭС в точке описывается выражением (кВт·час):

$$W_{\text{ВЭС}}^{\text{ожид}} = T_{\text{ВЭС}} \cdot \sum_{i=1}^m F_i(v) \cdot P_{\text{ном}}(t); \quad (5)$$

где $T_{\text{ВЭС}}$ – годовое число часов использования установленной мощности ВЭУ (час); m – количество градаций скоростей ветра; $F_i(v)$ – повторяемость скорости по градациям; $P_{\text{ном}}$ - выходная мощность при данной скорости ветра, определяемая по рабочей характеристике ВЭУ (Вт).

Моделирование микрогидроэлектростанции. Мощность микроГЭС зависит от параметров водного потока реки, характеристик станции, и ее энергоустановок:

$$P_{\text{мГЭС}}(t) = \rho \cdot g \cdot Q_{\text{рас}}(t) \cdot K_{\text{рас}} \cdot H(t) \cdot \eta_{\text{ген}}; \quad (6)$$

где $P_{\text{мГЭС}}(t)$ – установленная мощность мГЭС (кВт); ρ – плотность воды (кг/м³); g – ускорение свободного падения (м/с²); $Q_{\text{рас}}$ – расчетный расход воды (л/час); $K_{\text{рас}}$ – коэффициент расхода (отношение расхода воды Q , проходящего через

микроГЭС, к расчетному расходу реки Q_p , для плотинной микроГЭС коэффициент расхода равен единице, а для деривационной значительно меньше единицы; $H(t)$ – (Нетто) давление (м).

Годовая ожидаемая выработка электроэнергии микроГЭС описывается выражением:

$$W_{\text{мГЭС}}^{\text{ожид.}}(t) = T_{\text{раб}} \cdot \sum_{i=1}^m P_{\text{мГЭС}i}(t); \quad (7)$$

где $T_{\text{раб}}$ – рабочее время мГЭС в течение года (час).

Разработана имитационная модель микроГЭС в составе микроэлектрической системы в среде MATLAB/Simulink (рис. 2).

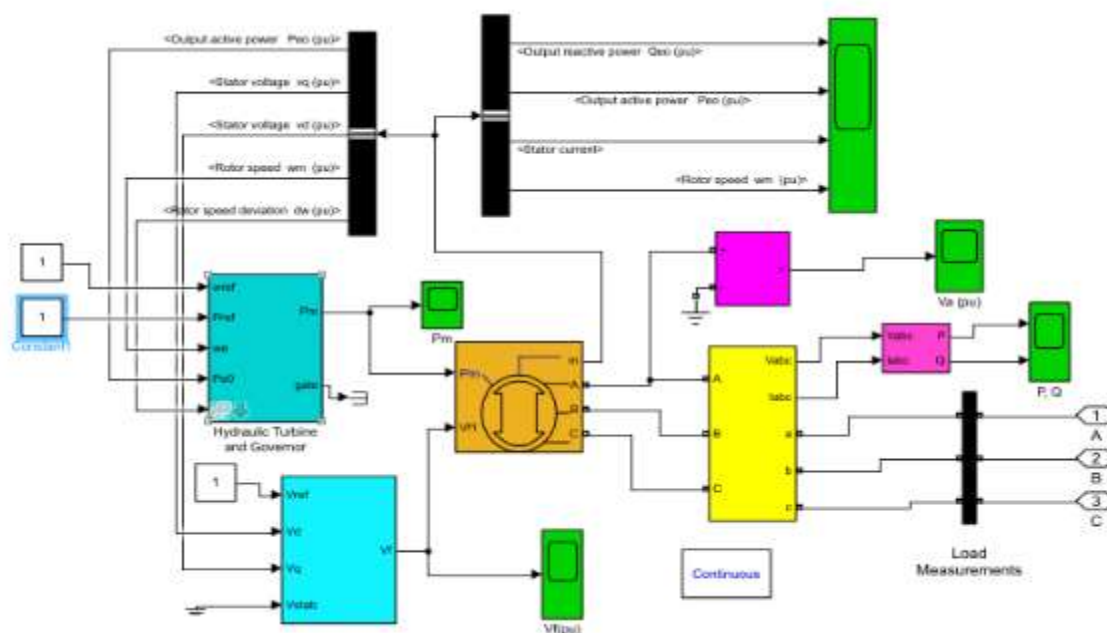


Рис.2. Имитационная модель микроГЭСа.

Моделирование дизельного генератора. При выборе дизельного генератора необходимо учитывать множество факторов, влияющих на стоимость агрегата, надежность работы дизельного агрегата и его длительную работу. Дизельный агрегат используется для покрытия дефицита электроэнергии в микроэлектрической системе, когда спрос на электроэнергию увеличивается, и для вычисления расхода топлива берётся следующая формула:

$$F_{\text{дЭС}}(t) = F_S P_{\text{дЭС}}(t) + F_i P_{\text{дЭС,ном}}, \quad \forall t \in T; \quad (8)$$

где расход топлива $F_{\text{дЭС}}$ определяется холостым потреблением топлива (л/час); F_S - расход топлива при нулевой нагрузке (л/час); F_i - удельный расход топлива конкретного дизельного генератора (л/кВт·ч); $P_{\text{дЭС}}$ и $P_{\text{дЭС,ном}}$ – выходная мощность дизельного генератора и номинальная мощность (кВт), соответственно. T – набор всех этапов времени моделирования.

Электрическая энергия, вырабатываемая дизельного генератора в i – этапе суточного графика:

$$W_{дэс_i} = P_{потри} \cdot t_i; \quad (9)$$

где t_i – время работы ДЭС в i – этапе суточного графика, час.

Имитационная модель ДЭС была разработана с использованием Simulink (рис.3). Параметрами являются коэффициент усиления регулятора, постоянная величина, регулирующая количество оборотов, постоянная величина механического компонента, замедление и ограничение крутящего момента.

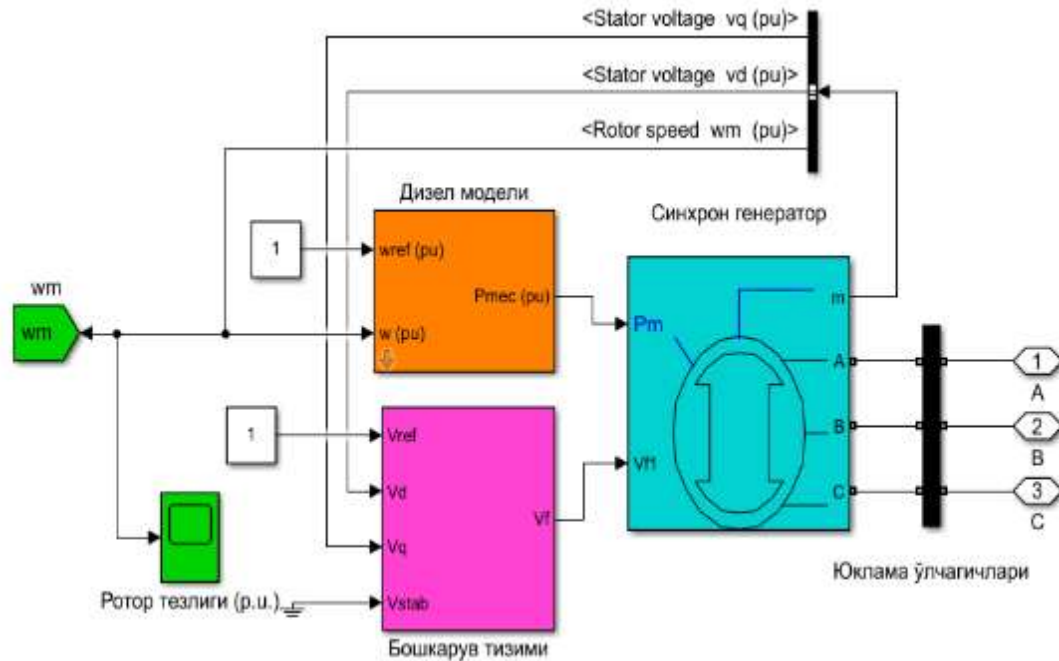


Рис.3. Имитационная модель ДЭС.

Моделирование АБ. В зависимости от типов устройств накопления энергии их использование в микроэлектрических системах изучается в основном для трех целей: 1. Обеспечение качества электроснабжения. 2. Выполнение функции резервного источника питания. 3. Управление рабочими режимами энергосистемы.

Автономность аккумулятора (A_{AB}) рассчитывается с помощью следующего уравнения:

$$A_{AB} = \frac{N_{AB} \cdot U_{ном} \cdot Q_{ном} \left(1 - \frac{SOC_{min}}{100}\right) \cdot 24 \frac{\text{час}}{\text{день}}}{L_{prim-cp} \left(100 \frac{\text{Вт}\cdot\text{ч}}{\text{кВт}}\right)}; \quad (10)$$

где N_{AB} – это количество батарей в блоке батарей (шт.); $U_{ном}$ – это номинальное напряжение одной батареи (В); $Q_{ном}$ – это номинальная емкость одной батареи (А·ч); а $L_{prim, cp}$ – это среднесуточное значение.

Внутренняя энергия аккумуляторной батареи:

$$W_{AB}^B = C_{AB}^B \cdot U_{AB}^B; \quad (11)$$

где, C_{AB}^B – ёмкость аккумуляторной батареи во время начала интервала Δt (А·ч);
 U_{AB}^B - напряжение аккумуляторной батареи во время начала интервала Δt (В).

Ожидаемая генерация количества электрической энергии в микроэлектрической систем (кВт·ч):

$$WMЭС = WФЭП_{ожд.} + WBЭС_{ожд.} + W_{мГЭС} + W_{дЭС} + W_{АББ}; \quad (12)$$

Функция мощности находится как:

$$P_{\Sigma}(t) = P_{ФЭП \max}(t) + P_{ВЭУ \max}(t) + P_{мГЭС \max}(t) + P_{дЭС \max}(t) + P_{АБ \max}(t) - \sum \Delta P(t) - P_H(t); \quad (13)$$

где $P_H(t)$ – нагрузка потребителя (кВт); $\sum \Delta P(t)$ – суммарная мощностная потеря микроэлектрической системы (кВт);

$$\sum \Delta P(t) = \Delta P_{ФЭП}(t) + \Delta P_{ВЭУ}(t) + \Delta P_{мГЭС}(t) + \Delta P_{АБ}(t) + \Delta P_{СН}(t) + \Delta P_{инв}(t) + \Delta P_{тр}(t) + \Delta P_{ВЛ/КЛ}(t); \quad (14)$$

где $\Delta P_{АБ}(t)$ – электрические потери в аккумуляторных батареях (кВт); $\Delta P_{СН}(t)$ – электрические потери в стабилизаторе напряжения (кВт); $\Delta P_{инв}(t)$ – электрические потери в инверторах (кВт); $\Delta P_{ВЛ}(t)$ – электрические потери в воздушных (или кабельных) линиях (кВт).

Функция мощности $P_{\Sigma}(t)$ является знакопеременной функцией. Если $P_{\Sigma}(t)$ имеет положительный знак (+), следовательно, генерируемой мощности от источников, использующих ВИЭ, достаточно для прямого снабжения потребителя и заряда АБ.

$$P_{\Sigma}(t)^+ = \begin{cases} P_{\Sigma}(t); (P_{\Sigma}(t) > 0) \wedge (Q_{АБ}^{max} - Q_{АБ}^{TM}(t)) \geq \eta_{АБ} \cdot \eta_{вып} \cdot P_{\Sigma}(t) \cdot \Delta t \\ \frac{Q_{АБ}^{max} - Q_{АБ}^{TM}(t)}{\Delta t}; (P_{\Sigma}(t) > 0) \wedge (Q_{АБ}^{max} - Q_{АБ}^{TM}(t)) < \eta_{АБ} \cdot P_{\Sigma}(t) \cdot \Delta t \\ 0; (P_{\Sigma}(t) < 0) \end{cases} \quad (15)$$

Если же $P_{\Sigma}(t)$ имеет отрицательный знак (-), то генерируемой мощности недостаточно для потребителя, и остаток недостающей мощности извлекается из АБ.

$$P_{\Sigma}(t)^- = \begin{cases} P_{\Sigma}(t); (P_{\Sigma}(t) < 0) \wedge (Q_{АБ}^{min} - Q_{АБ}^{TM}(t)) \geq \frac{P_{\Sigma}(t) \cdot \Delta t}{\eta_{инв}} \\ \frac{Q_{АБ}^{min} - Q_{АБ}^{TM}(t)}{\Delta t} \cdot \eta_{инв}; (P_{\Sigma}(t) < 0) \wedge (Q_{АБ}^{min} - Q_{АБ}^{TM}(t)) < \frac{P_{\Sigma}(t) \cdot \Delta t}{\eta_{инв}} \\ 0; (P_{\Sigma}(t) > 0) \end{cases} \quad (16)$$

где выражение фактической емкости АБ:

$$Q_{AB}(t) = Q_{AB}(t - 1) + (P_{\Sigma}(t)^+ + P_{\Sigma}(t)^-)\Delta t; \quad (17)$$

В случае недостатка мощности от источников, использующих ВИЭ и АБ, в работу включается ДЭС. Для определения момента включения ДЭС и регулирования выходной мощности ВЭС и ФЭС вводится понятие «балансовой мощности в микроэлектрической системе (БММЭС)».

$$P_{\text{БММЭС}}(t) = P_{\text{н}}(t) + \sum \Delta P(t) - P_{\text{ВЭС}}^{\text{max}}(t) - P_{\text{ФЭС}}^{\text{max}}(t) - P_{\text{МГЭС}}^{\text{max}}(t) - (P_{\Sigma}(t)^+ + P_{\Sigma}(t)^-); \quad (18)$$

Третья глава диссертационного исследования «Выбор эффективного состава источников электрической энергии в микроэлектрической системе и разработка алгоритма управления режимами работы» посвящена вопросам типов критериев, которые следует учитывать при выборе источников питания, а также алгоритму управления рабочим режимом микро электрической системы в течение суток.

При оценке эффективности установленной электроэнергии в микро электрических системах использовался критерий «коэффициент использования установленной мощности». Для каждого типа энергетического устройства выбирается такой тип ресурса, на котором относительно более эффективно идентифицируются поступающие ресурсы:

$$K_{\text{киум},i,j} \rightarrow \text{max}; \quad (19)$$

Математическая постановка задачи формируется определением рационального состава и количества возобновляемых источников энергии в микроэлектрических системах, сводится к определению максимального объема объектной функции, отражающей общий объем производства электроэнергии с учетом годового потребления электроэнергии и количества устанавливаемых устройств.

$$f(n) = \sum_{i=1}^I W_{i \text{ год}} n_i \rightarrow \text{max}; \quad i = \overrightarrow{1, \dots, I} \quad (20)$$

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^I W_{i \text{ год}} n_i \leq k_{\text{н}} W_{\text{год}}^{\text{потреб.}} \\ n_i \leq n_i^{\text{max}}; \end{cases} \quad (21)$$

где $W_{i \text{ год}}$ —количество электрической энергии, вырабатываемой в год энергетическим устройством, потребляющим ресурсы i -ВИЭ (кВт·час/год); n_i —количество источников питания, потребляющих ресурс (единицы); I —тип используемых ресурсов в микроэлектрической системе; $W_{\text{год}}^{\text{потреб.}}$ —годовое потребление электрической энергии (кВт·час/год); $k_{\text{н}}=1,05-1,15$ —коэффициент полезного действия; n_i^{max} — i —источники питания (единицы) по типу ресурса

(компенсированное потребление с использованием точно такого же типа ресурса).

Алгоритм управления режимами работы микроэлектрической системы с ВИЭ представлен на рис.4.

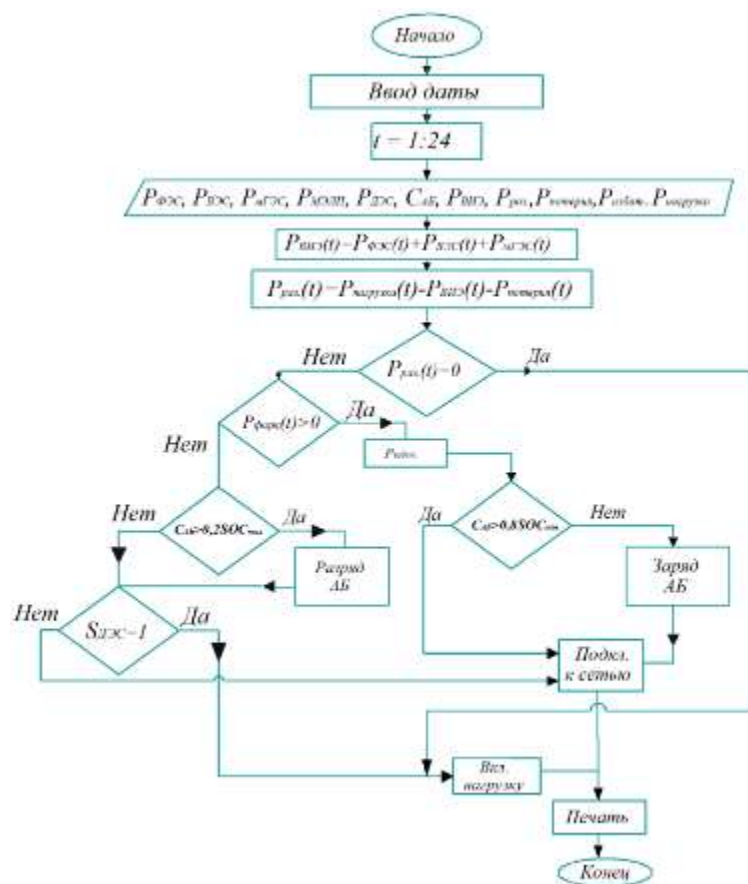


Рис.4. Алгоритм для управления потоками электроэнергии в микроэлектрической системе с ВИЭ.

где $W_{н.АБ}$ – номинальное значение АБ (Вт·ч); $P_{ФЭС}$, $P_{ВЭС}$, $P_{МГЭС}$ и $P_{ДЭС}$ - текущие мощности в ФЭС, ВЭС, МГЭС и ДЭС (Вт), $P_{нагрузка}$ -текущее значение потребляемой нагрузки (Вт); $P_{избыт.}$ -избыток мощности, вырабатываемой микроэлектрической системой (Вт); $P_{ВИЭ}$ – генерируемые мощности с источников ВИЭ (Вт); $S_{дэс}$ -величина, характеризующая дизельную электростанцию: если $S_{дэс}=1$ тогда дизельная электростанция работает.

В микроэлектрической системе разработана программа воздействия для определения суточного режима работы микроэлектрической системы с учетом факторов, который оказывает основное влияние на генерацию электрической энергии (03.06.2020 г. DGU 20200853) (рис.5).

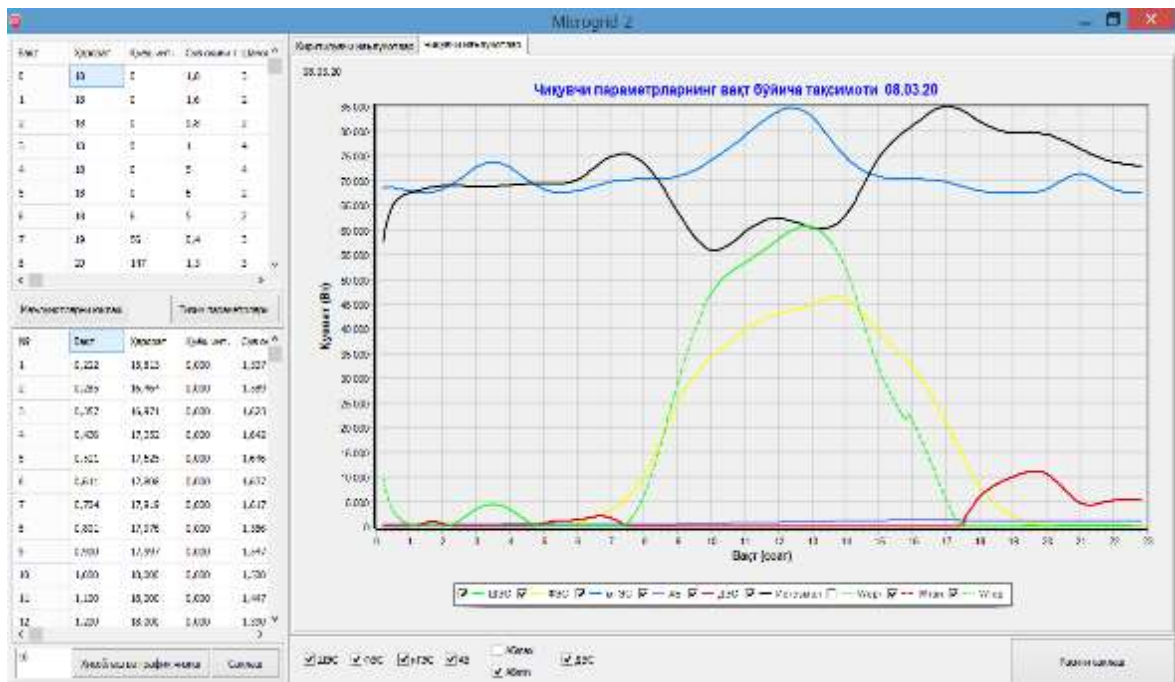


Рис. 5. Суточний режим роботи мікроелектричної системи.

В качестве микроэлектрической системы (объекта) рассматривается 10 кВная линия электропередачи электроэнергии ШФК в системе Наманганской ХЭТК. То есть при подключении микроэлектрической системы к центральной электрической сети и снабжения электроэнергией через источник электроэнергии на базе автономных и возобновляемых источников энергии, рассчитывались потоки переходных процессов, потери и мощности, а также режимов работы (с использованием Electrical Transient Analyzer Program (ETAP)) (рис.6).

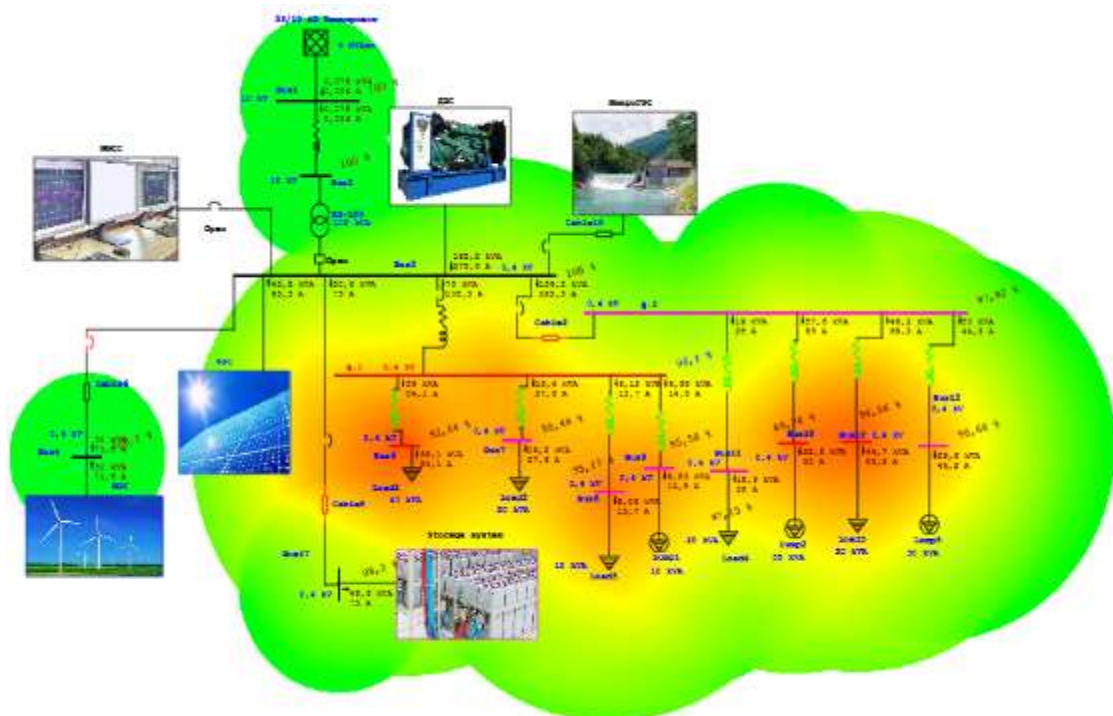


Рис.6. Падение напряжения и силового тока в микроэлектрической системе.

Среди традиционных методов прогнозирования электрических нагрузок в ШФК использованы методы искусственных нейронных сетей (ANN, Neural Net Fitting (Matlab) и группового учета аргументов (GMDH, Shell DS 3.8.9). По результатам расчета относительная погрешность составила 8,33% в нейронной сети и 13,87% в МГУА (рис.7).

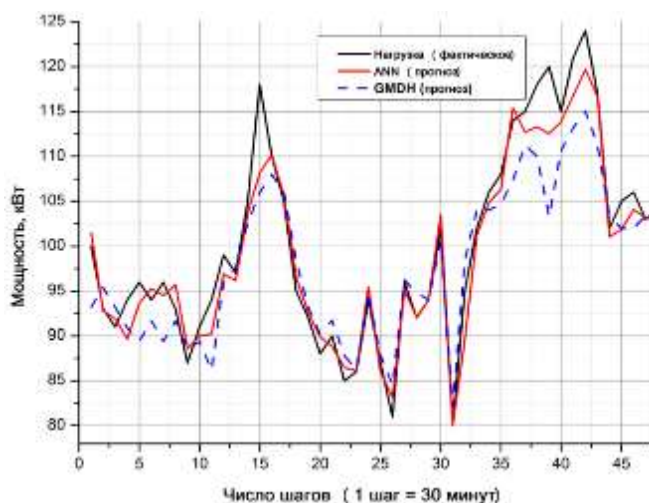


Рис.7. Изменение активной мощности в течение суток в ф.ШФК.

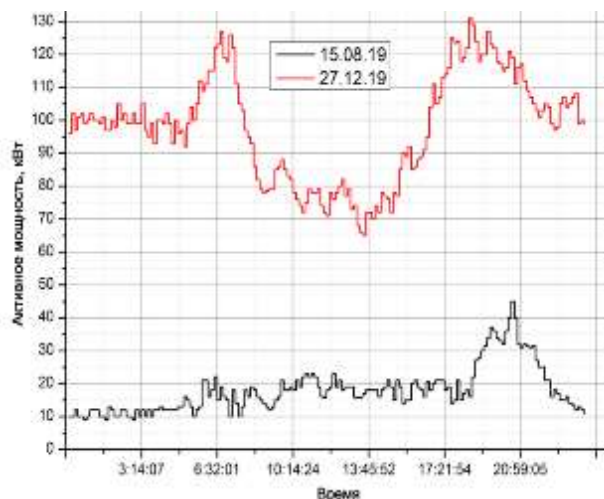


Рис.8. Зимние и летние максимумы в ф.ШФК.

В четвертой главе диссертации «**Оценка технико-экономической эффективности микроэлектрической системы на основе возобновляемых источников энергии**» определена целесообразность, и экологическая эффективность создания автономной микроэлектрической системы на основе ВИЭ на территории линии электропередачи, подключенной к 10 кВной ф.ШФК в Уйчинском районе Наманганской области. Первоначально было определено потребление электроэнергии на этой линии электропередачи в летнее и зимнее время года, а также в течение года (рис 8).

Для того чтобы определить потенциал ВИЭ в этом регионе, были проведены испытания. Используя закон Хельмана, была рассчитана скорость ветра в диапазоне $h=10\div 80$ м (рис. 9) и выбрано ветроэнергетическое устройство марки АН10000 (а также определена «роза ветров») для данного региона.

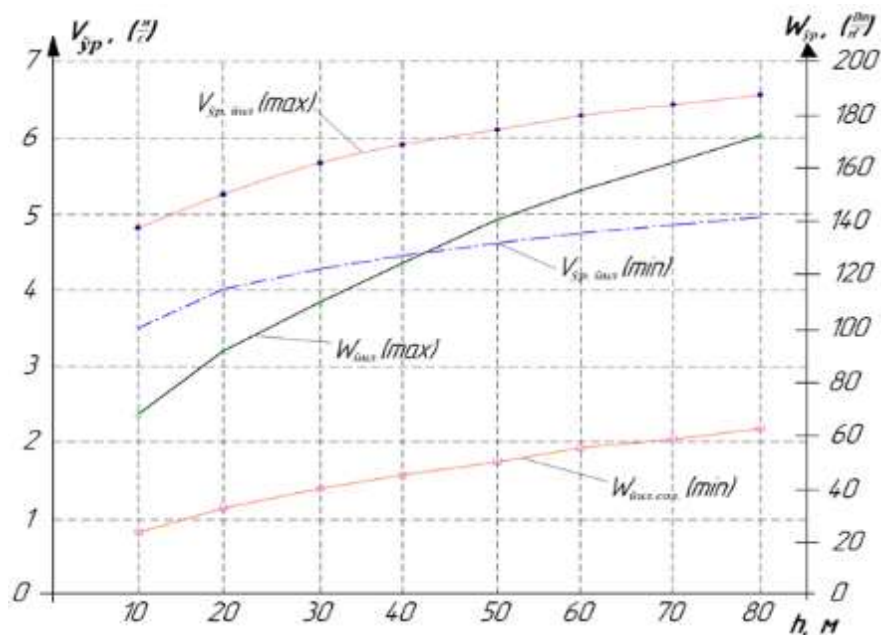


Рис. 9. Среднее изменение скорости ветра в течение года составляет v_{cp} (м/с); сравнительная мощность ветрового потока - $W_{уд}$. ($Вт/м^2$).

По результатам метеорологических исследований было установлено, что годовое солнечное излучение, падающее на горизонтальную поверхность для выбранного участка, связано с углом отклонения (рис.10).

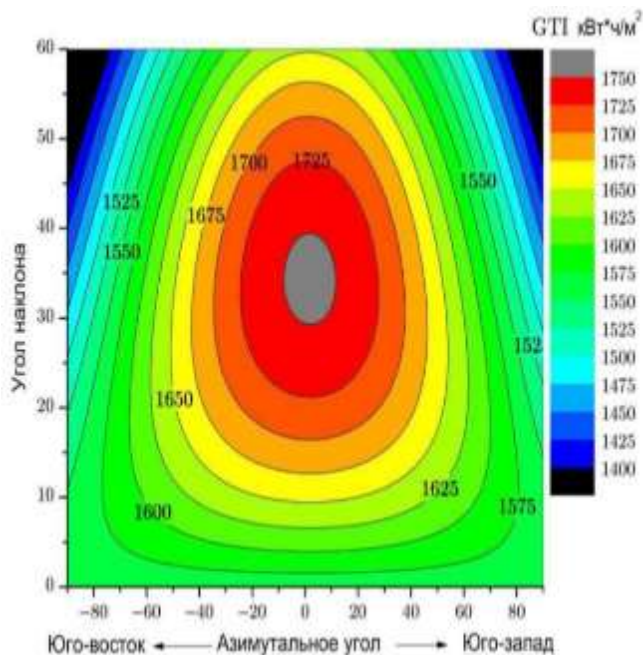


Рис. 10. Зависимость поступления годового GTI на фронтальную поверхность от направления угла наклона к горизонту для выбранной территории.

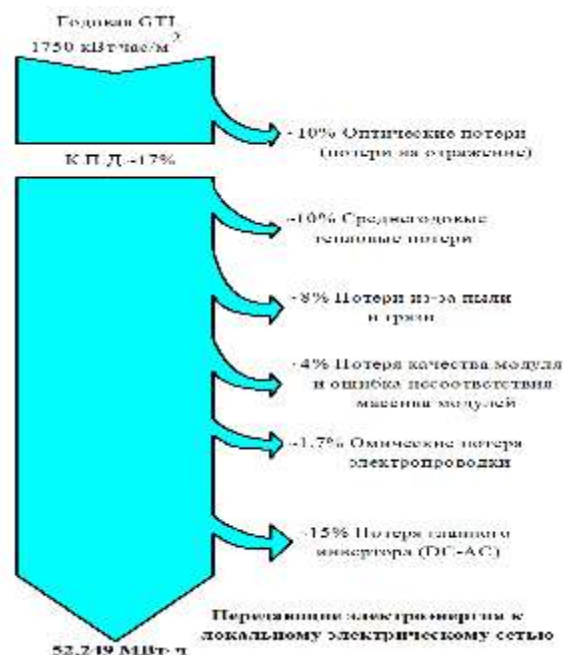


Рис. 11. Диаграмма Санкея. Определение среднегодовой производительности 50 кВт СФЭС, учитывающей различные виды потери энергии.

Согласно результатам ассимиляционного анализа, мощность составляет 50 кВт среднегодовой производительности солнечной фотоэлектрической

станции (СФЭС) (КПД 15,42% КК280Р-3СD3СG марки 1662×990 мм² и $P_{\max}=280$ Вт) составляет 52,2 МВт·ч (рис.11).

Измерен расход воды (гидрограф) Северного Ферганского канала, проходящего близко к выбранной территории, с целью использования микроГЭС в микроэлектрической системе. По результатам расчета определен один из оптимальных вариантов построения микроГЭС, а также выбран тип микроГЭС, производимый в компании «МНТО ИНСЭТ» (табл.1).

Таблица 1.

Технические характеристики микроГЭС гидротурбины с лопастью

Параметры	$P_{\text{ном}},$ кВт	Напор, м	Расход воды, м ³ /с	$\omega,$ мин ⁻¹	$U_{\text{ном}},$ В	$f,$ Гц
МикроГЭС 50Пр	10÷50	2,0-6,0	0,3-0,8	600	230,	50
		4,0-10,0	0,4-0,9	750	400	

Было определено, что электростанция в автономной микроэлектрической системе в среднем в течение года вырабатывает следующее количество электрической энергии (рис.12).

В дальнейшем для формирования энергетического рынка в системе микро электрической системы была определена стоимость электроэнергии, производимой различными источниками (рис. 13 и 14).

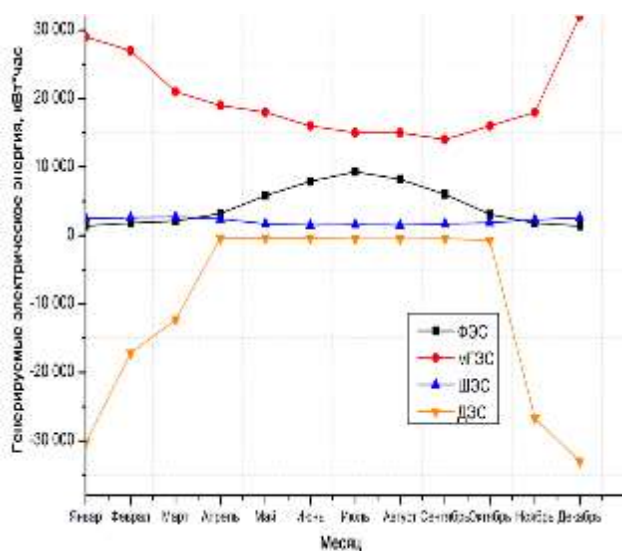


Рис. 12. Среднегодовое количество электроэнергии, вырабатываемой электрическими источниками в микроэлектрической системе.

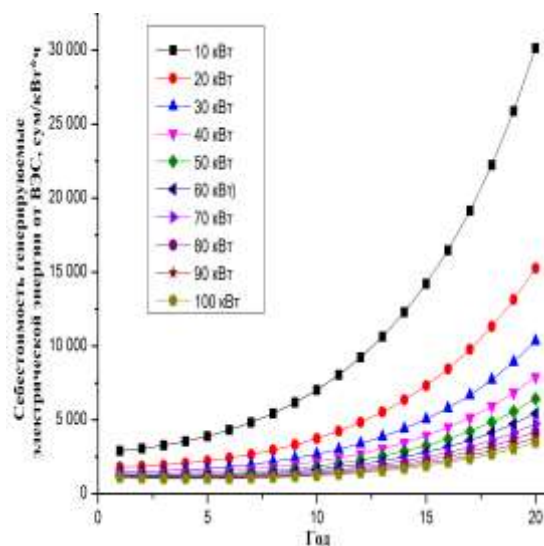


Рис. 13. График зависимости цены электроэнергии, вырабатываемой ВЭС, от её мощности.

Для того чтобы построение микроэлектрической системы было эффективным: $VНД$ и $ЧДД \rightarrow \max$, необходимо искать $T_{\text{расч}} \rightarrow 0$. По результатам

проведенных исследований был определён срок окупаемости источников микроэлектрической системы (рис. 15).

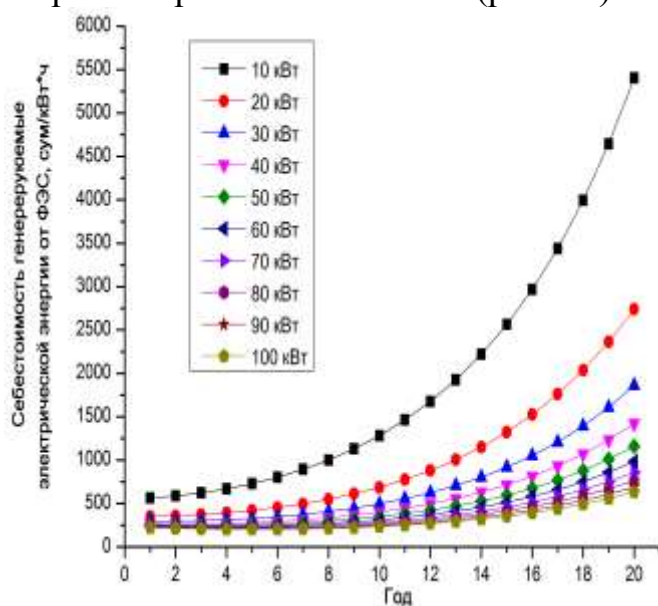


Рис.14. График электрической энергии, которую производит ФЭС, привязанный к её мощности.

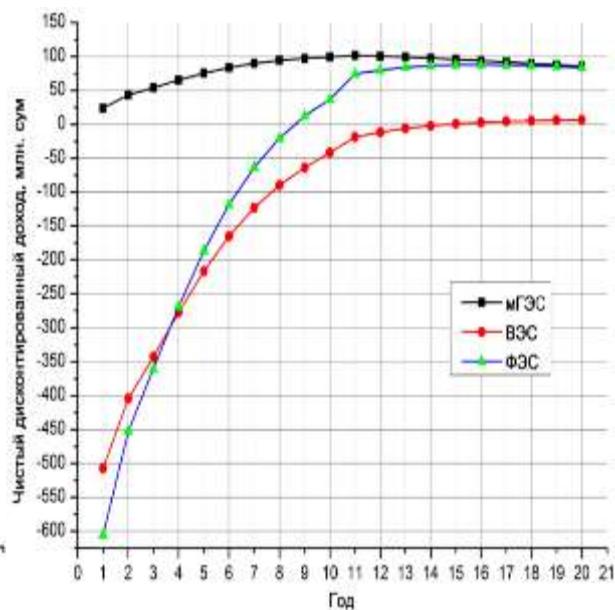


Рис. 15. Срок окупаемости микроэлектрической системы.

В методике расчетов учитывается несколько факторов (в том числе возможность кредитования электроустановок, инфляция, рабочая сила и различные налоги, которые могут быть введены в будущем, и др.) (табл.2).

Таблица 2.

Себестоимость электроэнергии, произведенной в микроэлектрической системе на выбранном участке, сум на 1 кВт·ч

№	Источники энергии в микроэлектрической системе и их мощности	Установленная мощность (кВт)	Количество произведенной электроэнергии (кВт·ч/год)	Себестоимость электроэнергии (сум/кВт·ч)	
				С учетом рабочей силы	Без учета рабочей силы
1.	МикроГЭС	50	240 000	108,05	47,78
2.	ВЭС	50	25 000	2974,37	2356,61
3.	ФЭС	50	52 000	1051,2	753,9
4.	ДЭС	50	75 350	2788,5	2579,4

По результатам расчета определен оптимальный вариант выбора микроГЭС в качестве источника электроэнергии для автономной микроэлектрической системы в технически и экономически выбранном регионе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам исследования, проведенного в диссертации на тему «Микроэлектрические системы на основе возобновляемых источников энергии», были представлены следующие выводы:

1. Проведен анализ существующих электрических сетей в электроэнергетической системе Республики Узбекистан с точки зрения выбора объекта. В результате для микроэлектрической системы был выбран регион, с наиболее лучшим потенциалом возобновляемых источников энергии из Восточного регионального энергетического узла, где наблюдается дефицит электроэнергии.

2. Разработана структура микроэлектрической системы на основе возобновляемых источников энергии, режим работы, общий алгоритм управления источниками электрической энергии, программный продукт и (имитационная) модель. В результате были проведены различные испытания и расчеты с использованием разработанного программного обеспечения и имитационных моделей, и был использован относительно приемлемый вариант.

3. Определено преимущество использования искусственных нейронных сетей для краткосрочного прогнозирования потребления электрической нагрузки в микроэлектрических системах. В результате микроэлектрические системы получили возможность получать относительно реальную информацию (8,33% относительной погрешности) об изменении графика очередных суточных (часовых) нагрузок.

4. Микроэлектрическая система, основанная на возобновляемых источниках энергии, считается экологически чистой, для выбранного участка это позволило значительно снизить выход вредных газов в окружающую среду (359,13 кг CO₂ в год, 0,99 кг CH₄ и 1,98 кг N₂O).

5. Результаты научно-исследовательской работы, проведенной в рамках данной диссертации, были внедрены в Уйчинское районное энергоснабжающее предприятие, принадлежащее АО «Наманганский ХЭТК» для создания автономной микроэлектрической системы. Результаты показывают, что в течение года можно сэкономить 92,132 миллиона сум.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARD SCIENTIFIC DEGREE
DSc 03/10.12.2019.T.03.03 AT THE TASHKENT STATE TECHNICAL
UNIVERSITY NAMED AFTER ISLAM KARIMOV**

**LIMITED LIABILITY COMPANY
SCIENTIFIC TECHNICAL CENTRE**

IZZATILLAEV JURABEK OLIMJONOVICH

**MICROELECTRICAL GRIDS BASED ON RENEWABLE ENERGY
SOURCES**

05.05.01 - Energy systems and complexes

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

Tashkent– 2021

The title of the doctoral dissertation (PhD) has been registered by the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2020.4.PhD/T85

The dissertation has been prepared at the Limited Liability Company Scientific-Technical Centre.

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

Scientific supervisor:

Muratov Khakim Makhmudovich
Doctor of Technical Sciences, Professor

Official opponents:

Gaibov Tulkin Shernazarovich
Doctor of Technical Sciences, Professor

Boltaev Otabek Tashmukhammadovich
Doctor of Philosophy (PhD) in Technical Science, docent

Leading organization:

JSC «Uzenergoengineering»

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

The dissertation (PhD) is available at the Information Resource Centre of the Tashkent State Technical University (Registration number____). (Address: 2, University str., Tashkent 100095, Uzbekistan. Phone/Fax: (99871) 246-03-41.

Abstract of the dissertation is posted «__» _____ 2021 year.
(mailing protocol № «__» dated «__» _____ 2021 year)

K.R. Allaev

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

O.Kh. Ishnazarov

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

M.I. Ibadullaev

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

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

The aim of the research is to model the operating modes of microelectrical grids based on renewable energy sources and to evaluate their technical and economic indicators.

Research Tasks. The following tasks were set in accordance with the goal:
existing electric networks analysis in the electric power system of the Republic of Uzbekistan from the point of object selection;

development of a mathematical model and algorithm for controlling the operating modes of microelectrical grids based on renewable energy sources;

development of a simulation model for studying the structure and operating state of microelectrical grids based on renewable energy sources;

development of a method for short-term forecasting for electricity consumption in microelectrical grids;

enhancement of the energy, economic, and environmental efficiency of the microelectrical grids based on renewable energy sources.

The object of the research is 10 kV power transmission line of the SHFC which belong to the Uychi district power Supply enterprise selected as an autonomous microelectrical grid.

The scientific novelty of the research is as follows:

mathematical models of the elements included in the microelectric system and its energy balance were developed, taking into account the operating conditions of the microelectrical grid based on renewable energy sources;

the algorithm was developed for the use of electric energy sources that are part of a microelectrical grid based on renewable energy sources;

a short-term forecasting method was developed for the electric energy consumption in microelectrical grid based on the methods of group accounting of arguments and artificial neural networks.

the methodology for assessing the economic efficiency of investment projects was improved taking into account taxes on microelectrical grid based on renewable energy sources.

Implementation of the research results. The following implementations were done based on the obtained scientific results for the creation of microelectrical grid in the field of renewable energy sources:

a mathematical model of a microelectrical grid was implemented based on renewable energy sources in the Uychi district energy supply enterprise owned by JSC «Namangan HETK» (Certificate from the Ministry of Energy of the Republic of Uzbekistan dated September 30, 2020, No. 03-13-5198). As a result, it was possible to evaluate different climatic factors and profiles that affect the sources in the microelectrical grid;

the algorithm for managing electricity in a microelectrical grid was implemented based on renewable energy sources in the Uychi district energy Supply enterprise owned by JSC «Namangan HETK» (Certificate from the Ministry of Energy of the Republic of Uzbekistan dated September 30, 2020, No. 03-13-5198). As a result,

system operators were able to provide reliable information on the daily operating modes of the microelectrical grid;

based on renewable energy sources, a short-term forecasting method of electricity consumption in the microelectrical grid was introduced in the Uychi district energy Supply enterprise owned by JSC «Namangan HETK» (Certificate from the Ministry of Energy of the Republic of Uzbekistan dated September 30, 2020, No. 03-13-5198). As a result, this allowed us reducing the relative error in the forecast of the electricity consumption at the enterprise by 8.33%.

based on renewable energy sources, an autonomous micro electrical grid were introduced at the enterprise of JSC «Namangan HETK» (Certificate № 03-13-5192 from 09/30/2020 Ministry of Energy Republic of Uzbekistan). The result was 92,132 million sum which made it possible to obtain economic efficiency.

Structure and volume of the thesis. The thesis structure consists of an introduction, four chapters, conclusions, the list of used literature, and applications. The size of the dissertation is 120 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Иззатиллаев Ж.О., Юсупов З.Э. Ўзбекистонда электр энергиясини ишлаб чиқариш самарадорлигини оширувчи омиллар ва энергетикада атроф-муҳит масалалари // Тош ДТУ хабарлари. Тошкент, 2014. № 4. Б.71-76. (05.00.00; №16)
2. Муратов Х.М., Иззатиллаев Ж.О., Тураев А.И. Ўзбекистон ягона электр энергетика тизимида “Интеллектуал тармоқлар” ни қўллаш истикболлари // Энергетика ва информатика муаммолари. Тошкент, 2015. №3. Б.74-81. (05.00.00; №5)
3. Муратов Х.М., Иззатиллаев Ж.О., Тураев А.И. Ўзбекистонда электр станцияларни модернизациялаш орқали айрим энергия узеллардаги электр энергия танқислигини юмшатиш ва ёқилғи-энергетика ресурслари ҳаражатларини камайтириш имкониятлари // Тош ДТУ хабарлари, 2016. №1. Б. 61-69. (05.00.00; №16)
4. Муратов Х.М., Иззатиллаев Ж.О., Мамджанов А.Б. Ўзбекистонда атроф-муҳитни муҳофаза қилиш ва энергия самарадорликни ошириш учун Smart grid механизмлари // ФарПИ Илмий-техника журнали. 2017. № 2, Б. 80-86. (05.00.00; №20)
5. Муратов Х.М., Иззатиллаев Ж.О., Усманов Н.О. Микро тармоқли электр энергетика тизимини яратиш истикболлари // Энергия ва ресурс тежаш муаммолари. 2017. №3 Б. 71-78. (05.00.00; №21)
6. Avezova N.R., Rakhimov E.Yu., Izzatillaev J.O. Resource Indicators Used for Solar Photovoltaic Plants in Uzbekistan Part 1. // Applied Solar Energy, 2018, Vol. 54, № 4, pp. 273–278. (05.00.00; №4)
7. Izzatillaev J.O. Determination of power flows in microgrids with renewable energy sources by using of special computer programs // Applied Solar Energy, 2020, Vol. 56, № 2, pp. 149–155. (05.00.00; №4)

II бўлим (II часть; II part)

8. Иззатиллаев Ж.О., Кодиров Д.Б. Развитие малой энергетикеи Узбекистана с помощью микросетей на основе мини-ГЭС // Вести в электроэнергетике. Москва, 2015. № 5. С. 23-29.
9. Muratov Kh.M., Yusupov Z.E., Izzatillaev J.O. Smart Grid and Environmental Protection / “ISEM 2014”. 2nd International Symposium on Environment and Morality. Adiyaman University, Turkey, 24-26 October, 2014., p. 904-911
10. Иззатиллаев Ж.О., Электр энергетикани Smart Grid концепцияси асосида инновацион ривожлантириш / Республика ёш олимлар илмий-амалий конференция-2014, 2014., 18-декабр, Маъруза тезислари тўплами, Тошкент. 2014 й, б. 31.
11. Юсупов З.Э., Иззатиллаев Ж.О. Прогнозирование развития единой

электроэнергетической системы Узбекистана на базе концепции Smart Grid / INNOVATION-2014, Халқаро илмий анжуман, Тошкент, 2014 й., 23-24 октябрь, Илмий мақолалар тўплами, Тошкент, 2014 й., б. 156-158.

12. Юсупов З.Э., Иззатиллаев Ж.О., Кодиров Д.Б. Интеллектуальная энергетика и проблемы развития Smart Grid в Узбекистане / Сборник материалов I Все Российской научно-практической конференции «Энергетика и энергосбережение: Теория и практика», Интернет ресурс: <http://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/energ/2014/energ/pages/sections.htm/pages/sections.htm> г. Кемерово, 3-5 декабря, 2014 г.

13. Иззатиллаев Ж.О. Ақли микро тармоқларни қуриш истиқболлари / Республика ёш олимлар илмий-амалий конференция-2015. 2015. 22-декабрь, Маъруза тезислари тўплами, Тошкент, 2015 й., б. 60-63.

14. Иззатиллаев Ж.О. Қайта тикланувчи энергия манбалари асосидаги микро тармоқларни яратиш истиқболлари / Ишлаб чиқариш корхоналарининг энергия тежамкорлик ва энергия самарадорлик муаммоларини ечишда инновацион технологияларнинг аҳамияти Республика илмий-амалий анжумани, Қар МИИ, 2016 й., 15-16 апрель, Республика илмий-амалий анжумани 1-китоб, - Карши, 2016 й., б. 219-221.

15. Izzatillaev J.O., Yusupov Z.E. Development perspectives of micro grid in Uzbekistan / "ISITES 2016", 4rd International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science, Alanya/Antalya, Turkey. 3-5 November.

16. Иззатиллаев Ж.О. Роль мульти агентных систем при создании микросетей / INNOVATION-2017, Халқаро илмий анжуман, Тошкент, 2017 й., 23-24 октябрь, Илмий мақолалар тўплами, Тошкент, 2017 й.

17. Yusupov Z.E., Izzatillaev J.O., Nuri Almagrani Ali Almagrahi, The deployment of Smart grid as an emerging power system in Uzbekistan / «ICESE'17 Conference, 1 International conference on Energy systems engineering, Korabuk, Turkey. 2-4 November. 2017 y.

18. Авезова Н.Р., Иззатиллаев Ж.О., Рахимов Э.Ю., Болиев Б.Б. Перспектива применения микросетей гибридного электроснабжения в Узбекистане / Проблемы современный возобновляемый источников энергии» - Карши, 18-19 мая. 2018. стр. 139-142.

19. Иззатиллаев Ж.О., Эгамбердиев Н.А., Хакимов И.А. «Математическая модел для определения потока и количества электрической энергии в микросети». /Программа для ЭВМ/ № DGU 05535, 27.07.2018 г.

20. Izzatillaev J.O., Yusupov Z.E. Short-Term Load Forecasting in Grid-Connected Microgrid / International Istanbul Smart Grids and Cities Congress 2019, Istanbul. <http://www.icsgistanbul.com/>

21. Иззатиллаев Ж.О., Рахимов Э.Ю. «Программа для определения расположения источников электрической энергии в регионах Республики Узбекистан». /Программа для ЭВМ/ № DGU 07614, 24.01.2020 г.

22. Izzatillaev J.O., Boliev B.B. Типы и преимущество микросетей на основе гибридных возобновляемых источников энергии / Международная научно-практическая конференция Ауэзовская чтения - 17: «Фундаментальные и

прикладные научные исследования: Актуальные вопросы и достижения», г. Шымкент, 11-12 апреля, 2019 г., стр. 139-142

23. Иззатиллаев Ж.О. Автоном микро электр тармоқларда электр энергия исрофини аниқлашда замонавий дастурлардан фойдаланишнинг афзалликлари / Муқобил энергия манбаларидан фойдаланишнинг жорий ҳолати ва истиқболлари, Республика илмий-амалий анжумани, Наманган ш., 2020 й., 22-23 апрель, б. 219-222

24. Иззатиллаев Ж.О. Микро электр тармоқда инвестицион лойиҳаларни иқтисодий жиҳатдан самарадорлигини баҳолаш / Международная конференция «Фундаментальные и прикладные вопросы физики», г. Ташкент, 22-23 сентября, 2020 г. стр. 193-199

25. Муратов Х.М., Иззатиллаев Ж.О. «Программное обеспечение по определению суточного режима работы микроэлектросетей на основе ВИЭ». /Программа для ЭВМ/ № DGU 08884, 29.08.2020 г.