ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.28.12.2017.T.07.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ

ХУЖАМАТОВ ХАЛИМЖОН ЭРГАШЕВИЧ

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯ ТИЗИМЛАРИНИНГ ГИБРИД ЭНЕРГИЯ ТАЪМИНОТИ МАНБАЛАРИНИ АДАПТИВ БОШҚАРУВ МОДЕЛЛАРИ ВА ВОСИТАЛАРИ

05.04.01 – Телекоммуникация ва компьютер тизимлари, телекоммуникация тармоқлари ва қурилмалари. Ахборотларни тақсимлаш

ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD) ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент – 2019

УДК: 621.398.007(075)

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам

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

Хужаматов Халимжон Эргашевич
Телекоммуникация тизимларининг гибрид энергия таъминоти манбаларини адаптив бошқарув моделлари ва воситалари.....3

Хужаматов Халимжон Эргашевич
Модели и средства адаптивного управления гибридными источниками энергоснабжения телекоммуникационных систем.....21

Khujamatov Khalimjon Ergashevich
Models and devices for adaptive management of hybrid power sources of telecommunications systems…….……..39

Эълон қилинган ишлар рўйхати
Список опубликованных работ
List of published works……..……43

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.28.12.2017.T.07.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ

ХУЖАМАТОВ ХАЛИМЖОН ЭРГАШЕВИЧ

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯ ТИЗИМЛАРИНИНГ ГИБРИД ЭНЕРГИЯ ТАЪМИНОТИ МАНБАЛАРИНИ АДАПТИВ БОШҚАРУВ МОДЕЛЛАРИ ВА ВОСИТАЛАРИ

05.04.01 – Телекоммуникация ва компьютер тизимлари, телекоммуникация тармоқлари ва қурилмалари. Ахборотларни тақсимлаш

ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD) ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент – 2019

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертациясининг мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида B2018.4.PhD/T919 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент ахборот технологиялари университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.tuit.uz) ва «ZiyoNet» ахборот-таълим порталида (www.ziyonet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:	**Сиддиков Илхомжон Хакимович** техника фанлар доктори, профессор
Расмий оппонентлар:	**Абдуқаюмов Абдурашид** техника фанлари доктори, профессор
	Исаев Рихси Исаходжаевич техника фанлари номзоди, профессор
Етакчи ташкилот:	**Тошкент темир йўл муҳандислари институти**

Диссертация ҳимояси Тошкент ахборот технологиялари университети ҳузуридаги DSc.28.12.2017.T.07.02 рақамли Илмий кенгашнинг 2019 йил «___» _____ соат ____ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100202, Тошкент шаҳри, Амир Темур кўчаси, 108-уй. Тел.: (99871) 238-65-44; факс: (99871) 238-65-52; e-mail: tuit@tuit.uz).

Диссертация билан Тошкент ахборот технологиялари университети Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (___ рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100202, Тошкент, Амир Темур кўчаси, 108-уй. Тел.:(+99871) 238-65-44).

Диссертация автореферати 2019 йил «____»_____да тарқатилди.
(2019 йил «____» _____ даги ____ рақамли реестр баённомаси)

Х.Н.Зайнидинов
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш раиси ўринбосари, т.ф.д., доцент

Ж.Х. Джуманов
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш илмий котиби, т.ф.д., доцент

Н.Б. Усманова
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси, т.ф.д., доцент

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD диссертацияси аннотацияси))

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда телекоммуникация ва ахборот технологиялари тизимларини узлуксиз хизмат кўрсатишини таъминлашда уларнинг турли энергия таъминоти манбаларини қатъий алгоритм ва дастурий таъминотлар асосида бошқариш қурилмаларини такомиллаштиришга катта эътибор қаратилмоқда. Ушбу йўналишда, жумладан телекоммуникация тизимларини энергия билан таъминлашда барқарорлик, ишончлилик, турғунлик параметрларига боғлиқ бўлган гибрид энергия таъминотининг адаптив бошқариш моделлари, алгоритм ва дастурий таъминоти, техник воситалари ҳамда ахборот-ўлчов воситаларини ишлаб чиқишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Бу борада ривожланган мамлакатларда, жумладан АҚШ, Буюк Британия, Германия, Дания, Голландия, Япония, Хитой ва Россия ҳудудларида телекоммуникация тизимларини қуёш, шамол, аккумулятор батареялари ва дизель (газ) генераторлари каби гибрид энергия манбаларининг адаптив бошқариш тизимларини ишлаб чиқиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланмоқда.

Жаҳонда телекоммуникация тизимларини гибрид манбалар орқали энергия таъминоти узлуксизлигини таъминловчи бошқарув моделлари, воситалари ҳамда тизимларини такомиллаштиришга қаратилган қатор илмий тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Ушбу соҳада, жумладан Smart Grid тизимларида, истеъмолчи ҳамда бошқарув ва назорат қурилмалари учун сигналларни ўзгартириш талабларидан келиб чиққан ҳолда, гибрид энергия таъминоти манбаларини бошқариш, мониторинг қилиш, энергияни режалаштириш ва манбаларни бошқарувини таъминловчи микроконтроллерлар учун бошқариш алгоритми, дастурий таъминотлари ва техник ечимларини ишлаб чиқишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Шу билан бирга IoT технологияси асосида телекоммуникация тизимларининг гибрид энергия таъминоти манбаларини бошқарув жараёнининг масофавий мониторинг қурилмасини ишлаб чиқиш долзарб ҳисобланмоқда.

Республикамизда телекоммуникация ва ахборот технологиялари соҳасини янада такомиллаштиришга, телекоммуникация тизимлари гибрид энергия таъминот манбалари бошқарув тизимларини ишлаб чиқишга қаратилган кенг қамровли чора-тадбирлар амалга оширилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан « ... иқтисодиёт, ижтимоий соҳа, бошқарув тизимига ахборот-коммуникация технологияларини жорий этиш, ... иқтисодиётда энергия ва ресурслар сарфини камайтириш, ... ишлаб чиқаришга энергия тежайдиган технологияларни кенг жорий этиш»[1] вазифалари белгиланган. Мазкур вазифаларни амалга ошириш, жумладан телекоммуникация тизимлари гибрид энергия таъминот манбаларининг бошқариш жараёни имитацион моделини яратиш, бошқарувнинг адаптив жараёнини амалга оширишда қарор қабул қилишга тегишли бўлган бошқарув

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

сигналларини шакллантирувчи ахборот-ўлчов воситаларини ишлаб чиқиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони, 2015 йил 5 майдаги ПҚ-2343-сон «2015-2019 йилларда иқтисодиёт тармоқлари ва ижтимоий соҳада энергия сиғимини қисқартириш, энергияни тежайдиган технологиялар ва тизимларни жорий этиш чора-тадбирлари дастури тўғрисида»ги, 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 тўғрисидаги»ги Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли норматив-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 ресурслар тежамкорлиги» ва IV. «Ахборотлаштириш ва ахборот-коммуникация технологияларини ривожлантириш» устувор йўналишлари доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Телекоммуникация тизимлари гибрид энергия таъминоти манбалари адаптив бошқарув жараёнларини ташкил этиш тамойиллари, уларда қўлланилаётган турли физик табиатли сигнал датчиклари (ўлчанаётган физик катталик (электр ток, кучланиш ва б.) ни узатиш, унга ишлов бериш ва қайд қилиш учун сигналга (электр сигнал) айлантириб берадиган восита) асосида узлуксиз ва ишончли энергия таъминоти муаммолари ечими, ток қийматига мос келувчи кучланиш кўринишдаги сигналларни қабул қилиш, ишлов бериш ва узатиш жараёнлари тадқиқи бўйича кенг қамровли илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда.

Ушбу тадқиқот йўналишига H.Schaumburg, E.Ritchie, R.Hanitch, I.Rampias, Б.С.Сотсков, К.М.Поливанов, Л.Ф.Куликовский, Л.А.Островский, В.П.Миловзоров, Е.П.Осадчий, М.Ф.Зарипов, А.А.Преображенский, М.М.Белов, Н.Е.Конюхов, Е.С.Левщина, П.В.Новицкий, М.А.Ураксеев ва бошқа таниқли ҳорижий олимларнинг илмий ишлари бағишланган. Шунингдек, белгиланган муаммони тадқиқ қилиш масалаларига республикамиз олимлари Н.Р.Юсупбеков, Х.З.Игамбердиев, Р.К.Азимов, Ш.М.Гулямов, А.А.Абдукаюмов, Ю.Г.Шипулин, А.А.Халиков, С.Ф.Амиров, А.М.Плахтиев, Р.И.Исаев, И.Х.Сиддиков, Б.Махкамжонов ва бошқалар илмий ишлари бағишланган.

Олиб борилган таҳлил натижалари шуни кўрсатдики, телекоммуникация тизимларининг гибрид энергия таъминоти манбаларини адаптив бошқарувида замонавий техника ва технологияларни комплекс қўллаш, бошқарув ва мониторинг учун зарурий сигналларни шакллантириш жараёнларини моделлаштириш ва алгоритмлаш, манбалар имкониятини аниқлаш датчикларини тузилмавий ва параметрик лойиҳалаш, уларнинг янги

туркумларини ишлаб чиқиш ва амалиётга жорий этиш масалалари етарли даражада ўрганилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент ахборот технологиялари университети илмий тадқиқот режасининг №574049-EPP-1-2016-1-IT-EPPKA2 - CBHE - JP «Modernization of the Curricula in sphere of smart building engineering - Green Building (GREB)» (2016-2019), №VN 81182259 «Pilot project of Uzbekistan: Climate Change mitigation in rural areas of Uzbekistan - demonstration project at private farm Furqat of Pakhtakor district in the Mirzachul steppe» (2014-2017), №ИТД-17-015 «Ўзбекистон Республикаси телекоммуникациялар воситалари ва тармоқларининг ишлаш барқарорлигини тадқиқ қилиш» (2009-2011) ҳамда №БВ-А3-027 «Мустақил энергия манбали бинонинг электр таъминоти бошқарув тизимини ишлаб чиқиш ва жорий этиш» (2017-2018) лойиҳалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади телекоммуникация тизимларининг гибрид энергия таъминоти манбалари адаптив бошқариш моделларини ишлаб чиқиш ва бошқарув алгоритмларини такомиллаштиришдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

телекоммуникация тизимлари энергия таъминот манбалари турлари ҳамда уларни бошқариш усуллари ва воситаларини тадқиқ қилиш;

телекоммуникация тизимлари гибрид энергия таъминот тизимининг бошқариш воситаларини моделлаштириш, лойиҳалаш ва ишлаб чиқиш;

бошқарув тизими датчикларида қўлланиладиган физик-техник эффектларини ва датчикнинг тавсифларини тадқиқ қилиш ҳамда баҳолаш;

истеъмолчи юкламасига боғлиқ ҳолда гибрид энергия таъминоти манбаларини адаптив бошқариш имитацион модели, алгоритми ва дастурий таъминотини ишлаб чиқиш;

IoT технологияси асосида телекоммуникация тизимлари гибрид энергия таъминоти манбалари адаптив бошқарувини масофавий мониторинг қилиш модулини ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида телекоммуникация тизимларига мослаштирилган гибрид энергия таъминоти манбалари, уларни бошқариш қурилмалари ва датчиклари олинган.

Тадқиқотнинг предметини телекоммуникация тизимларининг гибрид энергия таъминоти манбаларини бошқариш, бошқарув сигналларига ишлов бериш ва уларни шакллантириш жараёнлари ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқотлар жараёнида электр ва магнит занжирларининг тақсимланган катталик ва параметрларини ҳисоблаш, хатоликлар назарияси, графлар, сигналларни узатиш назарияси, рақамли ишлов бериш ва узатиш, датчикларни лойиҳалаш, имитацион моделлаштириш усулларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

адаптив бошқарув сигналларини қабул қилиш ва шакллантириш датчигининг структураси, модели ва тадқиқот алгоритми ишлаб чиқилган;

телекоммуникация тизимларининг гибрид энергия таъминот манбаларини адаптив бошқарув жараёнининг имитацион модели ишлаб чиқилган;

истеъмолчи юкламаси токига боғлиқ ҳолда гибрид энергия таъминоти манбаларини адаптив бошқариш алгоритми ишлаб чиқилган;

IoT технологияси асосида телекоммуникация тизимларининг гибрид энергия таъминоти манбаларини адаптив бошқарувини масофавий мониторинг модули ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

телекоммуникация тизимларининг барқарор гибрид энергия таъминоти манбаларини адаптив бошқаруви талаблари асосида номинал қийматли бирламчи токни меъёрланган миқдордаги иккиламчи кучланиш кўринишидаги сигналга ўзгартириш датчиги ишлаб чиқилди;

телекоммуникация тизимларининг талабларига мос келувчи барқарор гибрид энергия таъминоти манбаларини адаптив бошқариш дастурий таъминоти ишлаб чиқилган;

сигнал ўзгартириш датчиклари, микроконтроллер бошқарув блоки ва IoT технологиялари асосида телекоммуникация объектлари энергия таъминотини масофадан мониторинг қилиш тизими структураси, маълумотлар базаси ва формати ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги энергия таъминоти манбаларининг адаптив бошқарув тизими учун ишлаб чиқилган датчигининг тузилиш тамойиллари, тадқиқот моделлари, статик ва динамик тавсифлари, олинган тадқиқотлар натижалари умумқабул қилинган мезонлар асосида қиёсий солиштириш орқали изоҳланган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти телекоммуникация тизимларининг барқарор гибрид энергия таъминоти бошқарув модели ва алгоритми, бирламчи ток қийматини иккиламчи кучланиш кўринишидаги чиқиш сигналига ўзгартириш датчикларини тадқиқ қилиш моделлари ва алгоритмларининг ишлаб чиқилганлиги ва адаптив бошқарув воситаси сигналининг меъёрланганлиги, чизиқлилиги ва юқори аниқлилиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти адаптив бошқарув орқали телекоммуникация тизимларини барқарор энергия таъминотининг функционал имкониятининг кенгайтирилганлиги, энергия ресурслар тежамкорлигини, меъёрланган чиқиш сигналини таъминлаш, адаптив бошқарувда манба имкониятларини баҳолаш датчикларини ҳамда адаптив бошқарув блокининг ишлаб чиқилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Телекоммуникация тизимларининг гибрид энергия таъминоти манбаларини адаптив бошқарув моделлари ва воситалари бўйича олинган натижалари асосида:

адаптив бошқарув сигналларини қабул қилиш ва шакллантириш датчигининг структураси, модели ва тадқиқот алгоритми Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлиги тасарруфидаги корхоналарда, хусусан Радиоалоқа, радиоэшиттириш ва

телевидение маркази ДУКга жорий этилган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2018 йил 12 декабрдаги 33-8/9328-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижасида телекоммуникация тизимларидаги аккумулятор батареяларининг ишлаш муддатини узайтириш, манбаларни бошқаруви қурилмасининг ишончлилик кўрсаткичини 2-4 фоизга ошириш имкони яратилган;

телекоммуникация тизимларининг гибрид энергия таъминот манбалари адаптив бошқарув жараёнининг имитацион модели ҳамда истеъмолчи юкламаси токига боғлиқ ҳолда гибрид энергия таъминоти манбаларини адаптив бошқариш алгоритми Ахборот технологиялари ва коммуникация-ларини ривожлантириш вазирлиги тасарруфидаги корхоналарда, хусусан «Ўзбектелеком» АК Тошкент филиалининг Янгибозор, Сирдарё филиалининг Гулистон туман телекоммуникациялар боғламаларига жорий этилган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2018 йил 12 декабрдаги 33-8/9328-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижасида телекоммуникация тизимларини барқарор энергия билан таъминлаш, энергия исътемоли миқдорини назорат қилиш ва бошқарувнинг аниқлик даражаси 0,5 фоиздан ошмаслик ҳамда энергия сарфини 3-4 фоизга тежаш имконияти яратилган;

IoT технологияси асосида телекоммуникация тизимлари гибрид энергия таъминоти манбаларининг ишлаб чиқилган масофавий мониторинг модули Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлиги тасарруфидаги корхоналарда, хусусан «Ўзбектелеком» АК Тошкент филиалининг Янгибозор, Сирдарё филиалининг Гулистон туман телекоммуникациялар боғламаларига жорий этилган (Ахборот технология-лари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2018 йил 12 декабрдаги 33-8/9328-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижасида мониторинг қилиш тизим структураси, маълумотлар базаси ва маълумотлар форматини ишлаб чиқиш орқали энергия кўрсаткичларини олдиндан баҳолаш, энергия самарадорлигини 3-4 фоизга ошириш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқотлар натижалари 14 та халқаро, 4 та республика илмий-амалий конференциялар ҳамда илмий семинарларида муҳокама қилинган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Тадқиқотлар мавзуси бўйича жами 32 та илмий ишлар, улардан 10 та мақолалар Ўзбекистон Республикаси ОАК тавсия этган журналларда, шу жумладан, 3 та хорижий, 7 та республика миқёсидаги журналларда чоп этилган ва 4 та ЭҲМ учун яратилган дастурий воситаларни қайд қилиш гувоҳномалари олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 117 бетни ташкил этади ва 49 та расм, 3 та жадвалдан иборат.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати асослаб берилган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикаси фан ва технологиялари тараққиётининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари белгилаб олинган, тадқиқот объекти ва предмети аниқланган, натижаларнинг ишончлилиги асослаб берилган, уларнинг назарий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларини амалга жорий қилиш ҳолати, нашр этилган ишлар ва диссертациянинг тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **«Телекоммуникация тизимларининг энергия таъминоти манбалари, уларнинг бошқарув датчиги ва воситалари таҳлили»** деб номланган биринчи бобида телекоммуникация тизимлари энергия таъминоти, гибрид энергия манбалари ва уларни бошқаришнинг ўзига хос хусусиятлари, адаптив бошқарувда қўлланиладиган замонавий датчик ва воситаларнинг имкониятлари таҳлил қилинган ҳамда кўриб чиқилган.

Ҳозирда телекоммуникация қурилмаларини барқарор ва сифатли энергия билан таъминлашда Smart Grid - ақлли энергия тизимлари қўлланилмоқда. Бу эса ўз навбатида кўплаб муаммоларни ечилишига, хусусан бир томонлама ахборот тизими, энергия сарфи назорати, ортиб бораётган энергияга талаб, ишончлилик ва хавфсизликни таъминлашга олиб келади.

Телекоммуникация тизимлари гибрид энергия таъминоти манбаларини истеъмолчининг эҳтиёжига боғлиқ равишда адаптив бошқарувини контроллерли бошқариш блоки ёрдамида амалга ошириш Smart Grid тизимларининг асоси ҳисобланади. Бунда ҳар бир энергия манбаидаги чиқиш кучланиши ҳамда истеъмолчига оқиб ўтаётган токлар тўғрисидаги маълумотлар контроллерли бошқариш блокига узлуксиз узатиб турилиши таълаб этилади. Телекоммуникация қурилмаларининг энергия эҳтиёжи тўғрисидаги маълумотларни контроллерли бошқариш блокига узлуксиз келиб туриши ҳамда ишлаб чиқарилаётган энергия ва истеъмолдаги энергия бир-бири билан солиштирилиб, қиёслаш асосида манбалардан фойдаланишнинг адаптив бошқарув жараёнлари амалга оширилади. Манбалардан қайси бирини улаш ёки узиш ишончлилик, тезкорлик, аниқлилик ва узлуксиз ишлаш мезонлари асосида амалга оширилади.

Гибрид энергия таъминоти манбаларини адаптив бошқарув жараёнини амалга ошириш учун контроллерли бошқариш блокини таҳлил қилиш, контроллерли бошқариш блоки учун ток қийматига мос келувчи сигнал датчикларини танлаш, бошқариш жараёнини тадқиқ қилиш ва алгоритмларини ишлаб чиқиш ҳамда IoT технологияси асосида гибрид энергия таъминоти манбаларини адаптив бошқаришни масофадан мониторинг қилиш талаб этилади.

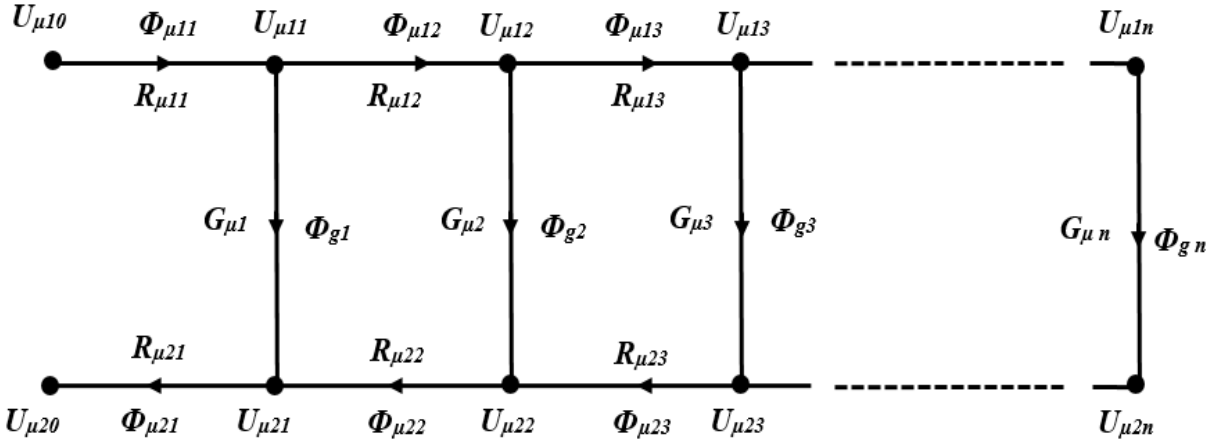
Датчикларнинг самарали турларини танлаш учун мавжуд бирламчи ток датчикларининг ишлаш тамойилларини атрофлича кўриб чиқишни талаб этади. Ушбу асосда телекоммуникация тизимлари гибрид энергия таъминоти манбаларини самарали бошқарувини амалга ошириш учун энергия ишлаб

чиқарувчи ва истеъмолчи талабларидан келиб чиқиб, адаптив бошқарув қурилмаси алгоритм ва моделларини ишлаб чиқиш лозим.

Адаптив бошқарув контроллерли бошқариш блокини гибрид энергия манбалари билан ўзаро мослаштириш, ток қийматини кучланиш кўринишидаги чиқиш сигналига ўзгартиришни таъминловчи физик-техник эффектларни ва датчикни асосли танлаш, уларнинг алгоритмини, моделини тадқиқ қилиш ва янги тузилишини ишлаб чиқиш талаб қилинади.

Диссертациянинг **«Гибрид энергия таъминоти манбаларининг адаптив бошқарув тизими датчикларининг моделлари»** деб номланган иккинчи боби адаптив бошқарувда қўлланиладиган датчикларни қуриш тамойиллари, сигнал ўзгартириш жараёнида датчикларининг моделлари ва тадқиқот алгоритмлари, сигналларни шакллантирувчи физик-техник эффектлар ва уларни моделлаштиришга бағишланган.

Тадқиқот натижалари шуни кўрсатдики, телекоммуникация тизимлари гибрид энергия таъминоти манбаларини адаптив бошқаришда тақсимланган параметрли датчиклар сезгирлик, тезкорлик, ишончлилик ва аниқлик кўрсаткичлари бўйича қўйилган талабларини тўлиқ қаноатлантиради. Датчикларни тавсифларини тадқиқ этиш жараёнида магнит оқими ўзгаришини тақсимланган параметрли магнит ўзгартириш занжири граф модели ёрдамида ҳисобланди (1-расм).



1-расм. Тақсимланган параметрли магнит ўтказгич тузилишида ўзгартириш жараёнининг граф модели

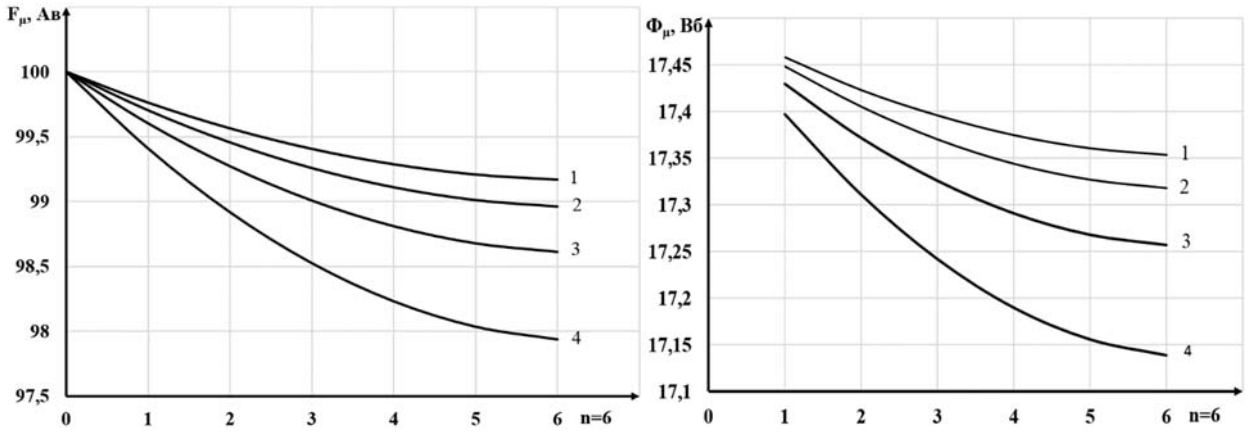
Граф модель асосида $\Phi_{M\breve{y}}$, $\Phi_{\mu 11}$, $\Phi_{\mu 21}$, $\Phi_{X.O}$, Φ_{g1} - магнит ўзаги ва ҳаво оралиғи орқали оқувчи магнит оқимлар ва $U_{\mu 10}$-$U_{\mu 1n}$-$U_{\mu 20}$-$U_{\mu 2n}$ - магнит юритувчи кучларга $G_{\mu 1}$-$G_{\mu 6}$ - ҳаво оралиғининг магнит қаршилиги ва $R_{\mu 11}$,-$R_{\mu 21}$-магнит ўзак юқори ва пастки қисмларининг магнит қаршиликлари таъсири тадқиқ қилинди. Магнит ўзгартириш занжири граф моделининг тегишли тугунлари учун магнит юритувчи кучлар қийматларини ҳисоблаш қуйидаги тенглама орқали амалга оширилади:

$$
\begin{aligned}
&\frac{U_{\mu 10}-U_{\mu 11}}{R_{\mu 11}}-\frac{U_{\mu 11}-U_{\mu 12}}{R_{\mu 12}}-U_{\mu 11}G_{\mu 1}=0;\\
&\text{..... ....}\\
&\frac{U_{\mu 14}-U_{\mu 15}}{R_{\mu 14}}-\frac{U_{\mu 15}-U_{\mu 16}}{R_{\mu 15}}-U_{\mu 15}G_{\mu 5}=0;\\
&\frac{U_{\mu 15}-U_{\mu 16}}{R_{\mu 15}}-U_{\mu 16}G_{\mu 6}=0.
\end{aligned}
\qquad (1)
$$

Бунда ҳар бир бўлаклардаги магнит оқимлари қуйидаги ифода асосида аниқланади:

$$
\Phi_{\mu n}=\frac{U_{\mu n}-U_{\mu n+1}}{R_{\mu}}. \qquad (2)
$$

(1) ва (2) ифодалар асосидаги аналитик ҳисоблашлар натижасида тақсимланган параметрли датчикнинг магнит юритувчи кучи $U_\mu=f(n)$ ва магнит оқимини $\Phi_\mu= f(n)$ граф модель бўлаклари сонига боғлиқлик масаласи тадқиқ қилинди (2-расм).



а) **б)**

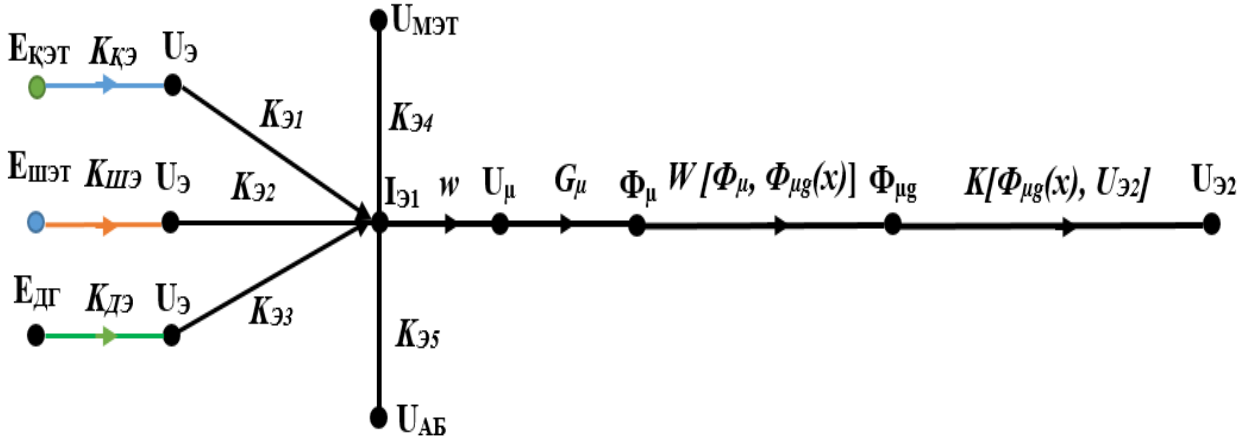
2-расм. Магнит юритувчи куч (а) ва магнит оқим ўзгариш графиги (б)

Расмдаги графиклардан кўриниб турибдики, датчикнинг геометрик ўлчамининг кичиклашиши (1 - 50 мм, 2 - 40 мм, 3 - 30 мм, 4 - 20 мм) билан магнит юритувчи куч ва магнит оқим қийматлари камайиб боради. Тадқиқот асосида, граф моделининг бўлаклар сони n = 6 тенг бўлганда, тақсимланган параметрли датчик магнит оқими миқдорининг аниқлигини унинг геометрик ўлчамларига боғлиқ равишда 0,68 - 1,55 фоизгача оширишга эришилди.

Энергияни ҳосил қилиш элементларида берилган кириш катталикларини энергияга ўзгартириш жараёни тузилмаларини қуриш ва уларнинг бошқариш мумкин бўлган барча вариантларини аниқлаш мос турдаги физик-техник эффектлар орқали амалга оширилади. Агар энергия ўзгариш жараёнларнинг боғланиш табиати берилган бўлса, у ҳолда унинг граф модели датчикни ўзгартириш тамойили, ўзаро алоқалари ва ишлатилган тузилмаларини ҳисобга

олиш асосида қурилади. Бунда барча энергия манбалари учун умумлашган граф моделини қуриш орқали манбаларни адаптив бошқариш жараёнини ташкил этиши мумкин бўлади.

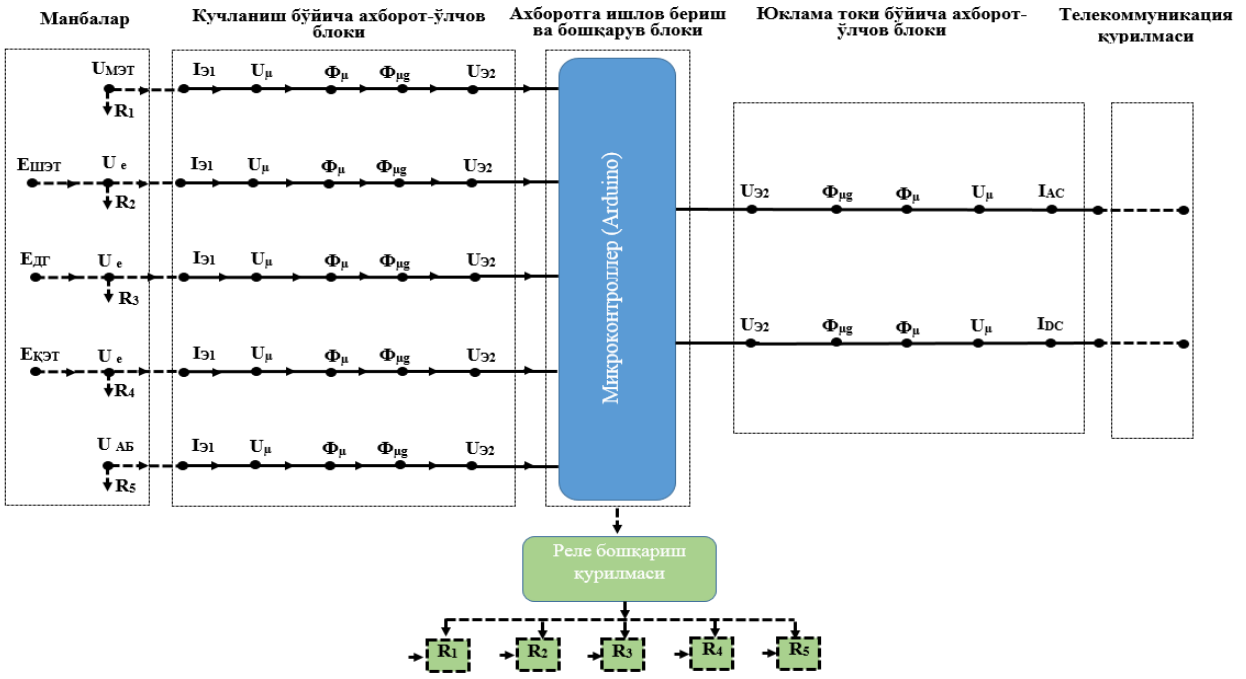
Гибрид энергия таъминоти манбалари орқали энергияни ишлаб чиқариш ва уларни адаптив бошқаришда қўлланувчи физик-техник эффектлар асосида бирламчи катталикларни чиқиш бошқарув сигналига ўзгартириш жараёнини граф модели ишлаб чиқилди (3-расм).



3-расм. Гибрид энергия манбаларини бошқариш сигналини шакллантиришнинг граф модели

бу ерда $E_{ҚЭТ}$, $E_{ШЭТ}$, $E_{ДГ}$ - қуёш, шамол ва дизель генератор э.ю.к.лари; $K_{ҚЭ}$, $K_{ШЭ}$, $K_{ДЭ}$ - қуёш, шамол ва дизель генератор э.ю.к.ни электр кучланишга ўзгартириш занжирлараро боғланиш коэффициенти; $U_{АБ}$ - аккумулятор батареясидаги электр кучланиш; $U_{МЭТ}$- марказлашган манбалардаги кучланиши; $K_{Э1}$-$K_{Э5}$- манба электр кучланишини бирламчи электр токга (кириш токига) ўзгартириш коэффициенти; w-чўлғамлар сони; G_M-магнит ўтказувчанлик; $K[\Phi_{\mu g}(x), U_{э2}]$- магнит оқим ва датчикнинг чиқиш кучланиши орасидаги занжирлараро боғланиш коэффициенти; $W_{\mu}[\Phi_{\mu}, \Phi_{\mu g}(x)]$-тарқалган параметрли магнит ўзгартириш занжирини узатиш функцияси.

Контроллерли бошқариш блоки ахборот-ўлчов блокларидан реал вақт режимида манбалар имконияти ва истеъмол меъёри тўғрисидаги ахборотларга таянган ҳолда бошқарув бўйича белгиланган дастур асосида қарор қабул қилади (4-расм). Бунда талаб этилаётган энергияни манбалардан телекоммуникация қурилмасигача узлуксиз равишда етказиб бериш жараёни бошқариш «кучланиш бўйича ахборот-ўлчов блоки» ва «юклама токи бўйича ахборот-ўлчов блокларидан» олинган ахборотларга мос равишда «ахборотга ишлов бериш ва бошқарув блоки» томонидан бажарилади.



4-расм. Гибрид энергия манбаларини адаптив бошқариш тизимининг тузилиши

Ишлаб чиқилган граф модель асосида энергия таъминоти манбаларининг физик катталиклари ва датчикнинг чиқиш сигнали орасидаги боғлиқлик қуйидагича ифодаланади:

$$U_{э2} = W(V_1(G \cdot U_{МЭТ}), V_2(K_{Э1} \cdot K_{КЭ} \cdot E_{КЭТ}), V_3(K_{Э2} \cdot K_{ШЭ} \cdot E_{ШЭТ}), V_4(K_{Э3} \cdot K_{ДЭ} \cdot E_{ДГ}), V_5(K_{Э4} \cdot K_{АЭ} \cdot E_{АБ})), \quad (3)$$

бу ерда $W=W_\mu[\Phi_\mu, \Phi_{\mu g}(x)]\cdot K[\Phi_{\mu g}(x), U_{э2}]\cdot G_\mu \cdot w$ - датчик занжирининг узатиш функцияси; $V_1(G\cdot U_{МЭТ})$, $V_2(K_{Э1}\cdot K_{КЭ}\cdot E_{КЭТ})$, $V_3(K_{Э2}\cdot K_{ШЭ}\cdot E_{ШЭТ})$, $V_4(K_{Э3}\cdot K_{ДЭ}\cdot E_{ДГ})$ ва $V_5(K_{Э4}\cdot K_{АЭ}\cdot E_{АБ})$ - мос равишда адаптив бошқарувда қуёш, шамол, дизель генератори ва аккумулятор энергия таъминоти манбасини бошқарув блоки томонидан уланиш эҳтимоллиги.

Хусусий ҳолда, телекоммуникация тизимининг асосий манбаси сифатида марказлашган энергия таъминоти қўлланилганда, 4-расмда келтирилган граф модели ва (3) ифода асосида чиқиш сигналининг аналитик ифодаси қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$U_{э2} = W(V_1(G \cdot U_{МЭТ}) = 4{,}44 \cdot f \cdot w_{КТ} \cdot \frac{I_{э1} \cdot w_{СЭ}}{\frac{\sum l_{Пўл}}{\mu\mu_0 S_{МЎ}} + \frac{\sum l_{X.O}}{\mu_0 S_{СЭ}}}, \quad (4)$$

бу ерда $I_{Э1}$-бирламчи чўлғамидан оқаётган электр ток; $w_{КТ}$ - қўзғатиш чўлғами ($w_{КТ}$=1); f - частота; $w_{сэ}$ - сезувчи элемент симиннг ўрамлар сони ($w_{ўс}$=1-20); $\sum l_{Пў}$- магнит ўзгартириш занжири пўлат қисмининг узунлиги; $\sum l_{х.о}$ - ҳаво оралиғининг узунлиги; $S_{МЎ}$ - магнит ўзакнинг кесими юзаси; $S_{СЭ}$ - датчик сезувчи элементи юзаси.

Энергия таъминоти манбаларининг имкониятлари ўзгарганда, телекоммуникация объектлари фаолиятига таъсир этмаган ҳолда энергия билан таъминлашни бошқа манбаларга ўтказишда ахборот-ўлчов блоки сезгирлигига қўйиладиган талаблар датчикнинг асосий кўрсаткичларидан бири ҳисобланади.

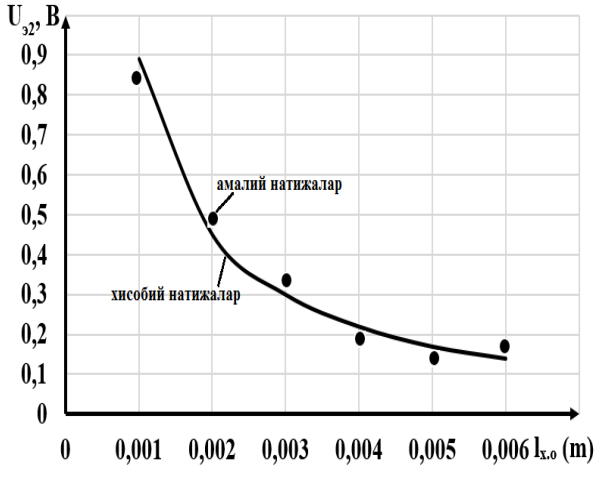
Датчикнинг сезгирлиги чиқиш сигналининг бирламчи кириш токига нисбати орқали аниқланади ҳамда датчик сезгир элементининг ҳаво оралиғи 0,002 м ва 0,04 м бўлган қийматларида мос равишда K_1 ва K_2 сезгирлик коэффициенти қуйидагича ҳисобланади:

$$K_1 = 1{,}2\frac{мВ}{А}; \qquad K_2 = 0{,}2\frac{мВ}{А}. \tag{5}$$

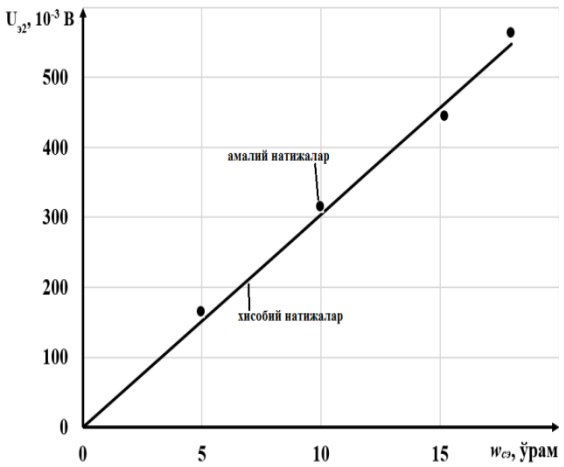
Ҳисоблашлар ва моделни тадқиқоти натижаларида сезгир элементнинг ҳаво оралиғини камайтириш орқали датчик сезгирлигини 6 мартагача оширишга эришилди.

Диссертациянинг **«Адаптив бошқарув тизими датчикининг тавсифлари ва сигнал воситаларини лойиҳалаш»** деб номланган учинчи боби адаптив бошқарув тизимида қўлланиладиган датчикларнинг статик ва динамик тавсифларини ҳамда ўзгартириш хатоликларини тадқиқ этишга бағишланган.

3-расмда тасвирланган граф модель ва ишлаб чиқилган аналитик ифодалар (3) ва (4) асосида ўтказилган тадқиқотлар шуни кўрсатдики, сезгир элементнинг ҳаво оралиғи $l_{x.o}$ катталашганда чиқиш кучланишининг $U_{эчиқ}$ қиймати кескин камаяди (5-расм). Тадқиқотлар натижасида сезгир элемент жойлашган ҳаво оралиқ $l_{x.o}$ = 0,002 ÷ 0,003 м ва сезгир элементнинг ўрамлар сони $w_{ўс}$ = 15 ÷ 16 га тенг бўлганда чиқиш кучланишининг рационал қиймати таъминланишига эришилди(6-расм).



5-расм. Датчикнинг ҳаво оралиғи ўзгаришидаги статик тавсифи



6-расм. Датчик чиқиш кучланишини ўрамлар сонига боғлиқлиги

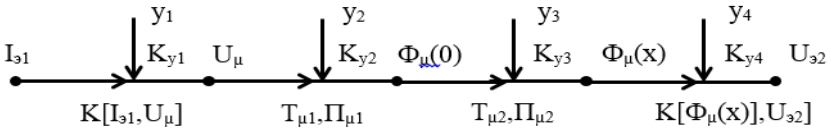
Датчикнинг чиқишидаги сигнални ҳосил қилувчи магнит оқими ўзгаришларга мос равишда динамик тавсиф қуйидаги ифода орқали тадқиқ этилади:

$$\Phi = \Phi_{макс}\left(e^{-\frac{Rt}{L}} - \cos(\omega t)\right) \pm \Phi_{кол} \cdot e^{-\frac{Rt}{L}}, \quad (6)$$

бу ерда R - актив қаршилик; L - реактив қаршилик; $\Phi_{макс}$ - максимал оқим; $\Phi_{қол}$ - қолдиқ магнит оқими.

Граф модель (6) аналитик ифода асосида олинган динамик тавсифлар шуни кўрсатадики, энергия таъминоти тизимидаги ўткинчи жараёнда юклама токнинг кескин ортиши магнит оқим амплитудаси қийматининг мос равишда ортиши билан изоҳланади. Тадқиқотлар кўрсатдики, датчикнинг қўзғатиш чўлғамига бирламчи ток берилгандан *0,03-0,04* сония вақт ўтгач, тақсимланган магнит ўзгартириш занжиридаги магнит оқим турғун ҳолатга эришади.

Манбаларни адаптив бошқариш датчикининг ишончлилигини баҳолаш мақсадида унинг хатоликларини тадқиқ қилиш ва баҳолаш граф модели ишлаб чиқилди (7-расм).



7-расм. Датчик хатолик манбаларини тадқиқ қилиш ва баҳолашнинг граф модели

бу ерда y_1-y_4 - таъсир этувчи катталиклар; Ky_1-Ky_4 - катталикларни мос равишда ўзгартириш занжирлари билан боғланиш коэффициентлари.

Датчикнинг ўртаквадратик хатолиги: 1. $I_{Э1} \rightarrow U_{\mu}$ ўзгартириш хатолиги, яъни δ_1=0,2 (±0,2% - бирламчи номинал қиймат), 2. $U_{\mu} \rightarrow \Phi_{\mu}$, яъни δ_2=0,1 ва *3.* $\Phi_{\mu} \rightarrow U_{э2}$, яъни δ_3=0,1 бўлган миқдорлар асосида қуйидагича аниқланди:

$$\delta_{\Sigma} = \sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2 + \delta_3^2} = \sqrt{0{,}2^2 + 0{,}1^2 + 0{,}1^2} = 0{,}24. \quad (9)$$

Ишлаб чиқилган датчиклар учун хатоликнинг энтропия оғиш қиймати қуйидаги формула асосида аниқланди:

$$\Delta = \delta_{\Sigma} \cdot K_э = 0{,}24 * 2{,}07 = 0{,}49, \quad (10)$$

бу ерда δ_{Σ} - хатолик оғиш қийматлари йиғиндиси, $K_э$ - энтропия коэффициенти (нормал тақсимланиш қонуни учун $K_э = 2{,}07$).

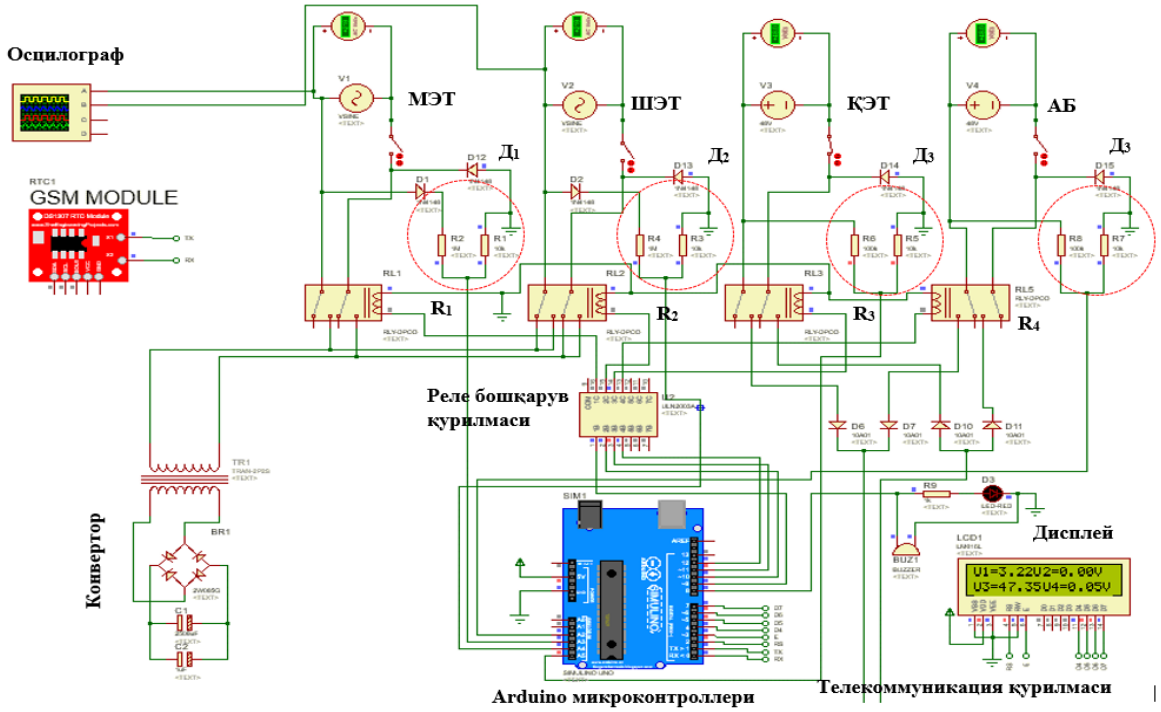
Ҳисоблашлар ва тадқиқотлар натижасида, токни кучланишга ўзгартириш датчикининг энтропия хатолиги $\Delta = 0{,}49$, амалий тадқиқотларда эса $\Delta = 0{,}5$ га тенглиги аниқланди.

Диссертациянинг **«Телекоммуникация тизимлари гибрид энергия таъминоти манбаларининг адаптив бошқаруви блокини лойиҳалаш ва амалиётда қўллаш»** деб номланган тўртинчи боби телекоммуникация тизимлари энергия манбаларини адаптив бошқариш имитацион модели, алгоритми ва дастурий таъминотини ишлаб чиқиш, бошқарув блоки орқали IoT технолгияси асосида масофали мониторингни амалга ошириш масалаларига бағишланган.

Қайта тикланувчан энергия таъминоти манбаларини телекоммуникация

тизимларининг марказлаштирилган электр тармоғига интеграциялашда электр энергиясини ишлаб чиқариш, сақлаш, узатиш ва истеъмол қилиш режимларини мувофиқлаштириш ҳамда электр катталик ва параметрларни тадқиқ қилиш мақсадида телекоммуникация тизимлари гибрид энергия таъминоти адаптив бошқарув иммитацион модели ишлаб чиқилди.

Имитацион моделлаштириш Proteus Professional 8.4 дастурий муҳитида амалга оширилди. Ушбу модель асосида манбаларни адаптив бошқариш элементлари ва қурилмалари виртуал блоклар кўринишида ифодаланиб, қурилмаларнинг реал функцияларини цимуляция қилинди ҳамда улар устида тадқиқотлар ўтказилди (8-расм).

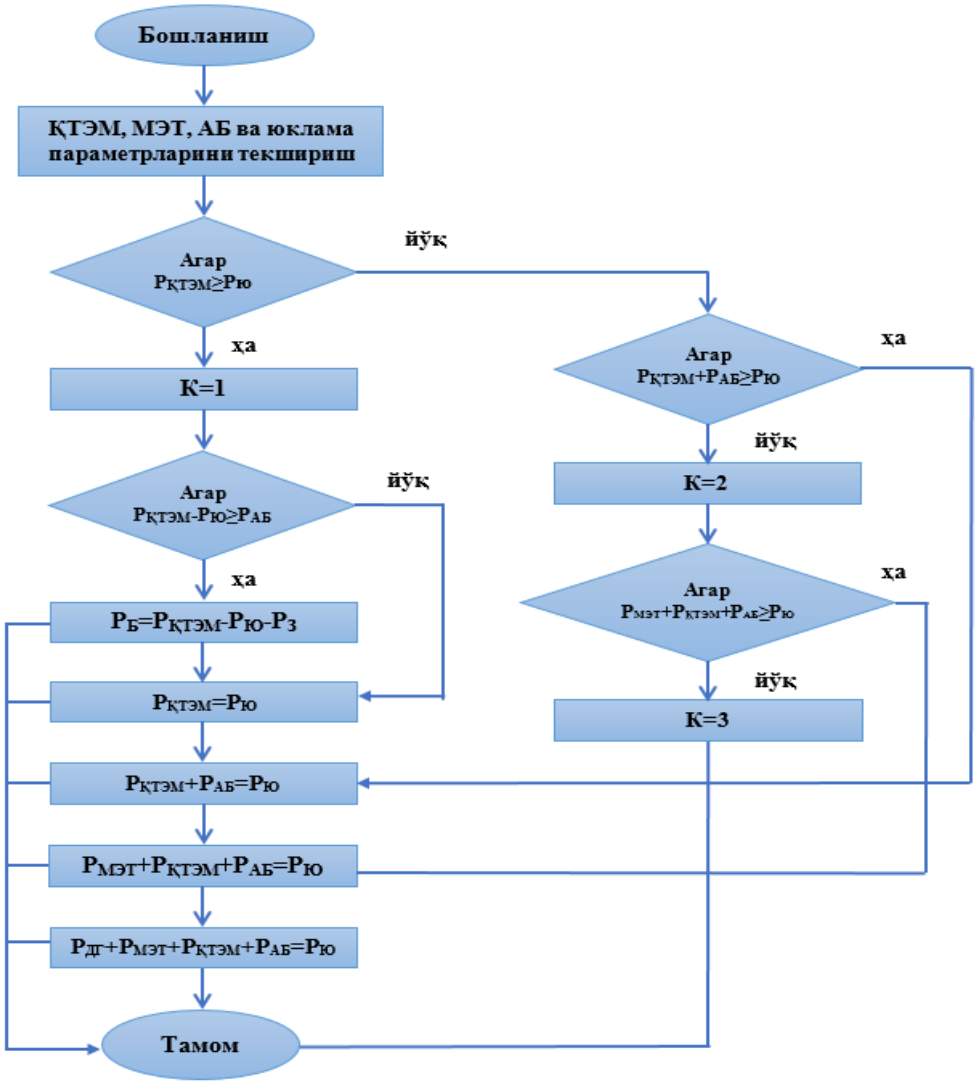


8-расм. Телекоммуникация тизимлари гибрид энергия таъминоти адаптив бошқарувининг иммитацион модели

Имитацион моделда энергия манбалари сифати марказлашган энергия таъминоти (МЭТ), шамол электр станцияси (ШЭТ), қуёш электр станцияси (ҚЭТ) ва аккумулятор батареяси (АБ) олинган. МЭТ ва ШЭТ конвертер орқали ҚЭТ ва АБ эса тўғридан тўғри реле бошқарув қурилмасига уланган. Arduino микроконтроллери асосий бошқарув элементи бўлиб, Д1-Д4 датчиклардан олинаётган манбалар катталиклари ҳамда телекоммуникация қурилмаси истеъмол талаби тўғрисидаги ахборотларга таянган ҳолда бошқарув қурилмаси орқали R1-R4 релелар бошқарилади. Бундан ташқари ишлаб чиқиладиган энергия миқдорини олдиндан башоратлаш, энергияни режалаштириш ва манбалар ҳолатини мониторинг қилиш учун GSM модуль орқали тегишли маълумотларни мониторинг серверига юборилади.

Телекоммуникация қурилмалари истеъмоли талабига асосан, манбаларни микроконтроллер асосида адаптив бошқариш алгоритми ишлаб чиқилди (9-расм). Энергия манбаларини бошқариш ва энергия оқимларини тақсимлаш

алгоритмидан фойдаланиш телекоммуникция тизимларни самарали, сифатли ва узлуксиз электр таъминоти билан таъминлашга имкон берди.



9-расм. Юклама токига боғлиқ ҳолда адаптив бошқарув алгоритми

Телекоммуникация тизимлари гибрид энергия таъминотини адаптив бошқарув алгоритми телекоммуникация қурилмаларига энергияни узлуксиз етказишни таъминлаш жараёнини бошқаришда қуйидаги қувват баланси тенгламасига асосланади:

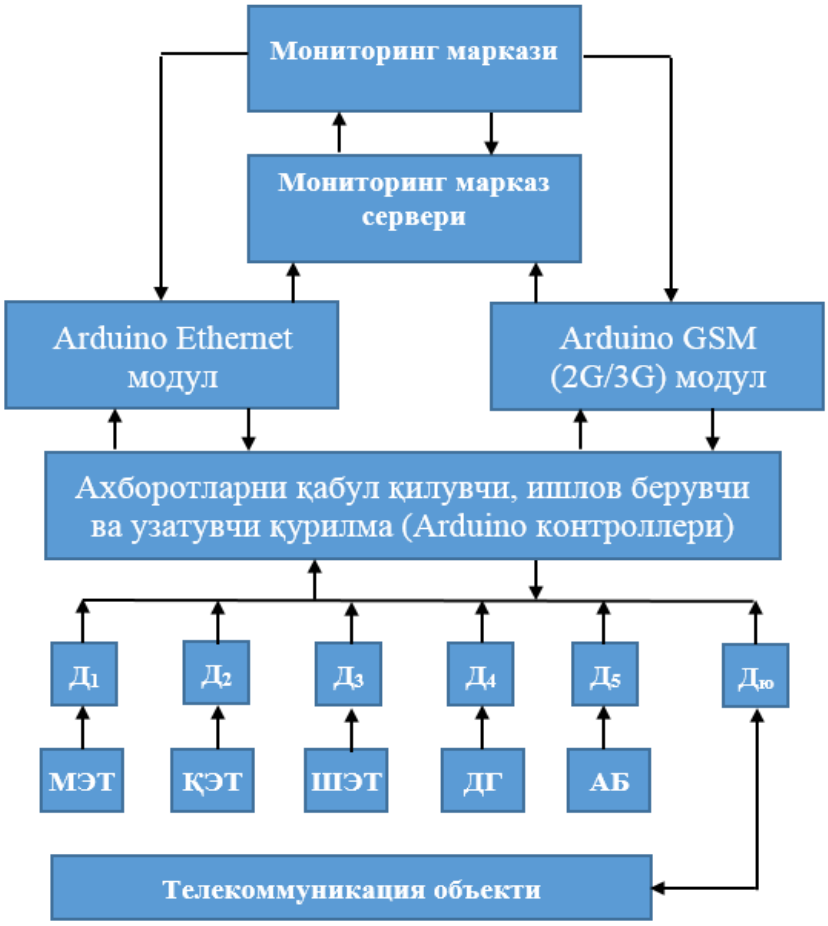
$$P_{МЭТ}(t)+P_{КЭС}(t)+P_{ШЭС}(t)+P_{ДГ}(t)+P_{АБ}(t)=P_{Ю}(t) \qquad (11)$$

бу ерда $P_{МЭТ}(t)$, $P_{ҚЭТ}(t)$, $P_{ШЭТ}(t)$, $P_{ДГ}(t)$, $P_{АБ}(t)$ - *МЭТ, ҚЭС, ШЭС, ДГ, АБ* ишлаб чиқарилган қувват қийматлари; $P_{Ю}(t)$ - юклама қуввати қиймати.

Гибрид энергия таъминоти манбаларини адаптив бошқариш жараёни микроконтроллерли бошқарув блоки томонидан, мониторинг серверига узатилган, манбалар томонидан ишлаб чиқарилган ва истеъмол қилинган энергия миқдорлари, аккумуляторларнинг зарядланиш ҳолати ва манбалардан фойдаланиш давомийлиги тўғрисидаги ахборотлар асосида амалга оширилади.

Мониторинг маълумотларини йиғиш ва уларга ишлов бериш ишлаб чиқилган ва амалиётга тавсия этилган схема асосида амалга оширилади (10-расм). Мониторинг учун талаб этиладиган маълумотлар мониторинг сервери маълумотлар базасида тўпланади ва имкониятга қараб Ethernet ёки GSM модули ёрдамида хизмат кўрсатувчи персоналга СМС-хабар, интернет орқали веб саҳифа кўринишидаги форматларда тақдим этилади.

Мониторинг тизими энергия манбаларининг ҳолати тўғрисидаги маълумотлар асосида эксплуатацион имкониятларни баҳолаш, таъмирлаш эҳтиёжини аниқлаш, узилишлар сабабини топиш ва уларни тезкор бартараф этиш имкониятини тақдим этади.



10-расм. Бошқарув жараёнини масофали мониторинг тизимининг тузилиш схемаси

Мониторинг тизимининг қўлланиши профилактик, таъмирлаш, қайта тиклаш ва туриб қолиш вақтини камайтириш ҳисобига сифатли техник хизмат кўрсатиш орқали телекоммуникация тизимларининг ишончлилигини оширишга имкон берди.

Энергия манбаларини адаптив бошқариш тизими датчиклари ва автоматлаштирилган бошқарув блокини қуриш, бошқарув алгоритми ва мониторинг қурилмасини ишлаб чиқиш ва қўллаш телекоммуникация тизимларини узлуксиз ишлашини, бошқарув блокининг манбаларига адаптив мослашувчанлигини, қулай бошқарув интерфейси эса бошқаришни аниқ ва юқори тезликда амалга оширишни таъминлади.

ХУЛОСА

«Телекоммуникация тизимлари гибрид энергия таъминоти манбаларини адаптив бошқаруви моделлари ва воситалари» мавзусидаги фалсафа доктори (PhD) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижасида қуйидаги хулосалар тақдим этилади:

1. Ишлаб чиқилган ва ривожлантирилган гибрид энергия таъминоти манбаларини адаптив бошқаришни қуриш тамойиллари, моделлари, ахборот ўлчов воситалари ва энергия таъминотини мониторинг қилиш модули телекоммуникация тизимларини барқарор энергия билан таъминлаш имконини берган.

2. Телекоммуникация тизимлари гибрид энергия таъминоти манбаларини бошқариш датчигининг тақсимланган параметрли моделини қўллаш бошқарув сигналини ҳисоблаш аниқлигини 0,68-1,55 фоизга ошириш имконини берган.

3. Граф модели асосида ўтказилган тадқиқот натижасида сезгир элемент ҳаво оралиғининг қийматини 0,002-0,003 м га ва унинг ўрамлар сонини 15-16 га тенглаш чиқиш сигналининг меъёрий қийматини таъминлаш имконини берган.

4. Ишлаб чиқилган бошқарув датчик модели кириш сигналига нисбатан 0,03–0,04 сония вақтдан сўнг чиқиш сигналининг турғун ҳолатини шакллантириш имконини берган (стандарт талаби бўйича турғун ҳолатни шаклланиш вақти 0,1 сониядан ошмаслиги керак).

Датчикнинг умумий йиғинди хатолиги $\Delta=0,49$ фоизни ташкил этди.

5. Адаптив бошқарув алгоритми, сигнал ўзгартирувчи датчиклар ва микроконтроллерли бошқарув блоки асосидаги имитацион бошқариш модели реал вақт режимида истеъмолчи юклама токига боғлиқ ҳолда энергия таъминот манбаларини адаптив бошқариш жараёнини тадқиқ этиш имконини берган.

6. Сигнал ўзгартириш датчиклари, контроллерли бошқарув блоки ва IoT технологияси асосида телекоммуникация объектларининг энергия таъминотини масофадан мониторинг қилиш модули структураси, маълумотлар базаси ва уларни тақдим этиш формати ишлаб чиқилган ва бунинг натижасида таъмирлаш эҳтиёжини аниқлаш, узилишлар сабабини топиш ва уларни тезкор бартараф этиш имкониятига эришилган.

7. Ишлаб чиқилган ечимларни амалиётга жорий этиш натижасида бошқарув тизимининг юқори аниқлиги, энергия истеъмоли миқдорининг назорати ва қурилмаларнинг узлуксиз ишлашини таъминланиши асосида кутилаётган иқтисодий самарадорлик йилига 56 млн. сўмни ташкил этган.

НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.28.12.2017.T.07.02 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ХУЖАМАТОВ ХАЛИМЖОН ЭРГАШЕВИЧ

МОДЕЛИ И СРЕДСТВА АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ГИБРИДНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

05.04.01 - Телекоммуникационные и компьютерные системы, телекоммуникационные сети и информационные устройства. Распределение информации

АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD) ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ

Ташкент-2019

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № B2018.4.PhD/T919.

Диссертация выполнена в Ташкентском университете информационных технологий.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский и английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного Совета (www.tuit.uz) и на информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziyonet.uz).

Научный руководитель:	**Сиддиков Илхомжон Хакимович** доктор технических наук, профессор,
Официальные оппоненты:	**Абдуқаюмов Абдурашид** доктор технических наук, профессор
	Исаев Рихси Исаходжаевич кандидат технических наук, профессор
Ведущая организация:	**Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта**

Защита диссертации состоится «___» _____ 2019 г. в ____ часов на заседании Научного Совета DSc.28.12.2017.T.07.02 при Ташкентском университете информационных технологий (Адрес: 100202, г. Ташкент, ул. Амира Темура, 108.Тел.: (99871) 238-64-43; факс: (99871) 238-65-52; e-mail: tuit@tuit.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского университета информационных технологий (регистрационный номер №_____). Адрес: 100202, г. Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-65-44.

Автореферат диссертации разослан «___» _____ 2019 года.
(реестр протокол рассылки № ___ от «___» _____ 2019 г.).

Х.Н.Зайнидинов
Замеситель председателя Научного Совета по присуждению ученых степеней, д.т.н., доцент

Ж.Х. Джуманов
Ученый секретарь Научного Совета по присуждению ученых степеней, д.т.н., доцент

Н.Б. Усманова
Председатель научного семинара при Научном Совете по присуждению учёных степеней, д.т.н., доцент

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире при обеспечении бесперебойной работы систем телекоммуникации и информационных технологий уделяется большое внимание совершенствованию устройств управления различных источников энергоснабжения на основе соответствующего программного обеспечения и строгого алгоритма. В этом направлении, в частности при обеспечении энергоснабжения телекоммуникационных систем особое внимание уделяется разработке информационно-измерительных средств и технических средств, алгоритмов и программного обеспечения, моделей адаптивного управления источниками энергоснабжения телекоммуникационных систем, связанных с параметрами стабильности, устойчивости, достоверности. В этом направлении, в частности в США, Великобритании, Германии, Дании, Голландии, Японии, Китае и России уделяется особое внимание развитию источников энергоснабжения, таких как солнечные, ветряные установки, аккумуляторные батареи и дизель (газовые) генераторов.

В мире ведется ряд научных исследований, направленных на совершенствование моделей, средств и систем управления, которые обеспечивают бесперебойность энергоснабжения телекоммуникационных систем с помощью гибридных источников. В этой области особое внимание уделяется разработке технических решений, алгоритмов и программного обеспечения микроконтроллеров, обеспечивающих управление, мониторинг, планирование применения гибридных источников энергоснабжения в системах Smart Grid с учетом требований потребителей, преобразования сигналов для устройств управления и контроля. Проблема разработки и внедрение устройства дистанционного мониторинга процесса управления гибридными источниками энергоснабжения телекоммуникационных систем на основе технологии IoT, считается одной из важных задач в мире.

В нашей Республике осуществляются широкомасштабные меры, направленные на дальнейшее совершенствование сферы телекоммуникаций и информационных технологий, разработку систем управления гибридными источниками бесперерывного энергоснабжения телекоммуникационных систем. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан в 2017-2021 годах отмечены ряд задач, в том числе «… внедрение информационно-коммуникационных технологий в экономику, ... социальную сферу, системы управления, ... сокращение энергоемкости и ресурсоемкости экономики, широкое внедрение в производство энергосберегающих технологий»[1]. Создание имитационной модели процесса управления гибридными источниками энергоснабжения телекоммуникационных систем, разработка информационно-измерительных средств преобразования и формирующих сигналы управления, обеспечивающие принятие решений при

[1]Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 г. № УП-4947 «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан»

осуществлении процесса адаптивного управления, считаются одной из важных задач.

Данная работа служит практическим примером выполнения задач, предусмотренных Указом Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 г. № УП-4947 «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», Постановлениями Президента Республики Узбекистан от 5 мая 2015 г. № ПП-2343 «О Программе мер по сокращению энергоемкости, внедрению энергосберегающих технологий в отраслях экономики и социальной сфере на 2015 - 2019 годы», от 26 мая 2017 г. № ПП-3012 «О Программе мер по дальнейшему развитию возобновляемой энергетики, повышению энергоэффективности в отраслях экономики и социальной сфере на 2017 - 2021 годы», а также нормативно-правовых документов, касающихся данной сферы.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологии Республики Узбекистан II. «Энергетика, энерго- и ресурсосбережения» и IV. «Развитие информатизации и информационно-коммуникационных технологий».

Степень изученности проблемы. На основе принципов организации процессов управления гибридными источниками энергоснабжения телекоммуникационных систем и сигнальных датчиков (средство преобразования сигналов (электрический сигнал) для передачи измеряемой физической величины (электрический ток, напряжение и т.д.), их обработки и регистрации) с различной физической природой проводятся научные исследования по изучению процессов приёма, обработки и передачи сигналов в виде напряжения, обеспечивающие решение проблем беспрерывного и надежного энергоснабжения.

Теме данного исследования были посвящены научные работы известных зарубежных ученых, таких как H.Schaumburg, E.Ritchie, R.Hanitch, I.Rampias, Б.С.Сотсков, К.М.Поливанов, Л.Ф.Куликовский, Л.А.Островский, В.П.Миловзоров, Е.П.Осадчий, М.Ф.Зарипов, А.А.Преображенский, М.М.Белов, Н.Е.Конюхов, Е.С.Левщина, П.В.Новицкий, М.А.Ураксеев и др. Кроме того, изучению исследуемой проблемы посвящены научные труды отечественных ученых, таких как Н.Р.Юсупбеков, Х.З.Игамбердиев, Р.К.Азимов, Ш.М.Гулямов, А.А.Абдукаюмов, Ю.Г.Шипулин, А.А.Халиков, С.Ф.Амиров, А.М.Плахтиев, Р.И.Исаев, И.Х.Сиддиков, Б.Махкамжонов и др.

Результаты проведенного анализа показали, что вопросы применения комплекса современных технологий и техники при адаптивном управлении гибридными источниками энергоснабжения телекоммуникационных систем, моделирования и алгоритмизации процессов формирования сигналов, необходимых для управления и мониторинга, структурного и параметрического проектирования датчиков определения возможностей источников энергии, а также разработка и внедрение в практику их новых видов еще недостаточно изучены.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в Ташкентском университете информационных технологии в рамках проектов №.574049-EPP-1-2016-1-IT-EPPKA2 - CBHE - JP «Modernization of the Curricula in sphere of smart building engineering – Green Building (GREB)» (2016-2019), №.VN 81182259 «Pilot project of Uzbekistan: Climate Change mitigation in rural areas of Uzbekistan - demonstration project at private farm Furqat of Pakhtakor district in the Mirzachul steppe» (2014-2017), №.ИТД-17-015 «Исследование устойчивости функционирования средств и сетей телекоммуникации Республики Узбекистан» (2009-2011) и №.БВ-А3-027 «Разработка и внедрение системы управления электроснабжением энергонезависимых здании» (2017-2018).

Целью исследования является разработка моделей адаптивного управления гибридными источниками энергоснабжения телекоммуникационных систем и совершенствование алгоритма управления.

Задачи исследования:

исследование источников энергоснабжения телекоммуникационных систем, а также методов и средств их управления;

моделирование, проектирование и разработка средств управления гибридной системой энергоснабжения телекоммуникационных систем;

исследование и оценка характеристик датчиков и их физико-технических эффектов преобразования, применяемых в системах управления;

разработка имитационной модели, алгоритма и программного обеспечения адаптивного управления гибридными источниками энергоснабжения с учетом тока нагрузки потребителя;

разработка и внедрение технологии дистанционного мониторинга управления гибридными источниками энергоснабжения телекоммуникационных систем на основе технологии IoT.

Объектом исследования является гибридные источники энергоснабжения, адаптированные к телекоммуникационным системам, а также устройства и датчики их управления.

Предметом исследования является процессы формирования сигналов, обработки и управления источниками энергоснабжения телекоммуникационных систем.

Методы исследования. В исследовании применялись методы вычисления распределенных величин и параметров электрических и магнитных цепей, теорий погрешностей, графов, передачи и преобразования сигналов, цифровой обработки сигналов датчиков и имитационного моделирования.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработаны структура, модель и алгоритм исследования датчика приема и формирования сигналов адаптивного управления;

разработана имитационная модель процесса адаптивного управления гибридными источниками энергоснабжения телекоммуникационных систем;

разработаны алгоритм адаптивного управления гибридными источниками энергоснабжения с учетом электрической нагрузки потребителя;

разработан модуль дистанционного мониторинга адаптивного управления гибридными источниками энергоснабжения телекоммуникационных систем на основе технологии IoT.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработан датчик преобразования первичного тока в сигнал в виде вторичного напряжения с нормированным значением, согласно требованиям адаптивного управления гибридными источниками устойчивого энергоснабжения телекоммуникационных систем.

разработано программное обеспечение адаптивного управления гибридными источниками устойчивого энергоснабжения, отвечающее требованиям телекоммуникационных систем;

разработаны структура модуля дистанционного мониторинга энергоснабжения телекоммуникационных объектов на основе датчиков преобразования сигнала, микроконтроллерного блока управления и IoT, а также структура базы данных и формат их представления.

Достоверность полученных результатов исследования обоснована сравнительным сопоставлением полученных результатов исследования на основе общепринятых критериев, принципов построения, моделей исследования статических и динамических свойств датчика системы адаптивного управления источников энергоснабжения.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования обоснована разработкой модели и алгоритма управления устойчивыми гибридными источниками энергоснабжения телекоммуникационных систем, моделей и алгоритмов исследования датчиков преобразования значений первичного тока в выходной сигнал в виде вторичного напряжения, нормированностью, линейностью и высокой точностью сигнала адаптивного управления.

Практическая значимость результатов исследования обоснована повышением устойчивости энергоснабжения телекоммуникационных систем путем адаптивного управления, экономией энергетических ресурсов, обеспечением нормированного выходного сигнала, разработкой, практическим внедрением блока адаптивного управления и расширением функциональных возможностей датчика оценки возможностей источников.

Внедрение результатов исследования. На основе модели и средств адаптивного управления гибридными источниками энергоснабжения телекоммуникационных систем:

разработанные структура, модель и алгоритм исследования датчика приема и формирования сигналов адаптивного управления внедрены в подведомственные предприятия Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций, в частности в ГУП «Центр радиосвязи, радиовещания и телевидение» (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций от 12 декабря 2018 г. №33-8/9328). Результаты научного исследования позволили увеличить срок работы

аккумуляторных батарей в телекоммуникационных системах, надежность устройства, применяемого в управлении источниками, на 2-4%;

разработанные имитационная модель процесса адаптивного управления гибридными источниками энергоснабжения телекоммуникационных систем и алгоритм адаптивного управления гибридных источников энергоснабжения, связанный с током нагрузки телекоммуникационных систем внедрены в подведомственные предприятия Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций, в частности в Янгибазарский районный узел телекоммуникаций Ташкентского филиала, Гулистанский районный узел телекоммуникаций Сырдарьинского филиала АК «Узбектелеком» (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций от 12 декабря 2018 г. №33-8/9328). Результаты научного исследования позволили обеспечить устойчивость энергоснабжения телекоммуникационных систем, контроль объемов энергопотребления, повысить точность управления на 0,5%, сэкономить энергопотребление на 3-4%;

разработанный модуль дистанционного мониторинга гибридных источников энергоснабжения телекоммуникационных систем на основе технологии IoT внедрен в подведомственные предприятия Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций, в частности в Янгибазарский районный узел телекоммуникаций Ташкентского филиала, Гулистанский районный узел телекоммуникаций Сырдарьинского филиала АК «Узбектелеком» (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций от 12 декабря 2018 г. №33-8/9328). Результаты научного исследования позволили осуществить предварительную оценку показателей энергии, повысить эффективность энергоснабжения на 3-4% путем разработки структуры, базы данных и формата данных системы мониторинга.

Апробация результатов исследования. Результаты настоящего исследования апробированы и обсуждены на 14 международных, 4 Республиканских научно-практических конференциях и на научных семинарах.

Публикация результатов исследования. По теме исследования опубликованы 32 научных работ, из них 10 статей в журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, в том числе, 3 в зарубежных, 7 в республиканских журналах, получены 4 свидетельства об официальной регистрации программ для электронно-вычислительных машин.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений, содержит 49 рисунков и 3 таблицы. Объем диссертации состоит из 117 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность и востребованность темы диссертации, сформулированы цель и задачи, выявлены объект и предмет исследования, определено соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, изложены научная новизна и практические результаты исследования, обоснована достоверность полученных результатов, раскрыты теоретическая и практическая значимость полученных результатов, приведено внедрение в практику результатов исследования, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой глава диссертации, «Анализ источников энергоснабжения телекоммуникационных систем, датчиков и средств их управления» проанализированы вопросы энергоснабжения телекоммуникационных систем, особенности гибридных источников энергии и их управления, а также возможности современных датчиков и средств, применяемых в адаптивном управлении.

В настоящее время при устойчивом и качественном обеспечении телекоммуникационного оборудования энергией применяются “умные” энергетические системы Smart Grid. Это, в свою очередь, позволяет решить многие проблемы, в частности контроль информационной системы, энергических расходов, обеспечить все возрастающую потребность в энергии, надежность и безопасность. При этом требуется непрерывный приём и передача сигналов о выходном напряжении источника, величин тока, проходящих через датчик в блок контроллерного управления. В результате сопоставления непрерывных сигналов о произведенной источниками и потребляемой телекоммуникационными устройствами энергий осуществляется процесс адаптивного управления пользования источниками. Коммутация источника энергии осуществляется на основе критериев надежности, оперативности, четкости и непрерывности в работе.

Обоснован выбор датчика сигналов, соответствующего значениям тока, проведен анализ блоков контроллерного управления, исследован процесс управления, разработан алгоритм, а также осуществлен дистанционный мониторинг процесса адаптивного управления гибридными источниками энергоснабжения на основе IoT технологии.

Для выбора эффективных типов датчиков подробно изучены принципы работы датчиков первичного тока. На этой основе доказана необходимость разработки алгоритма и модели устройства, исходя из производственных и пользовательских требований для обеспечения эффективного управления гибридных источников энергоснабжения телекоммуникационных систем.

Для адаптивного управления обеспечено взаимодействие микроконтроллерного блока с гибридными источниками энергии, обоснованный выбор датчика и физико-технических эффектов, обеспечивающих преобразование значений тока в выходной сигнал в виде напряжения, разработана структура преобразователя сигнала.

Во второй главе «Модели датчиков систем адаптивного управления гибридными источниками энергоснабжения» рассматриваются принципы построения датчиков, применяемых в адаптивном управлении, модели датчиков преобразования сигнала и алгоритмы исследования, физико-технические эффекты, формирующие сигналы, а также их модели исследования.

Результаты исследования показали, что датчики с распределенными магнитными параметрами при адаптивном управлении гибридными источниками энергоснабжения телекоммуникационных систем полностью соответствуют требованиям по критерию чувствительности, оперативности, надежности и точности. Процесс исследования преобразования магнитного потока в магнитопроводе с распределенными параметрами представлен с помощью графовой модели (рис.1).

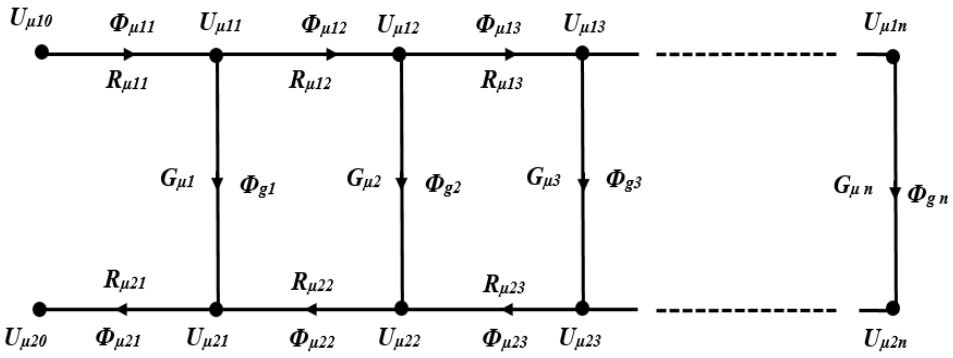


Рис. 1. Графовая модель процесса преобразования сигнала в структуре магнитопровода с распределенными параметрами

На основе графа исследованы $Ф_{MЎ}$, $Ф_{\mu 11}$, $Ф_{\mu 21}$, $Ф_{X.O}$, $Ф_{g1}$- магнитные потоки, проходящие между магнитным стержнем и воздушным зазором, $U_{\mu 10}$-$U_{\mu 1n}$-$U_{\mu 20}$-$U_{\mu 2n}$- магнитодвижущие силы, $G_{\mu 1}$-$G_{\mu 6}$- магнитные проводимости воздушного зазора, $R_{\mu 11}$,-$R_{\mu 21}$ - магнитные сопротивления верхнего и нижнего частей стержней магнитопровода.

Данная модель электромагнитного преобразования позволяет определить значения магнитодвижущих сил для соответствующих точек графовой модели, представляющая следующие аналитические выражения:

$$\begin{aligned}
&\frac{U_{\mu 10}-U_{\mu 11}}{R_{\mu 11}}-\frac{U_{\mu 11}-U_{\mu 12}}{R_{\mu 12}}-U_{\mu 11}G_{\mu 1}=0;\\
&\cdots\cdots\ \cdots\cdots\ \cdots\cdots\ \cdots\cdots\ \cdots\cdots\ \cdots\cdots\ ..\\
&\frac{U_{\mu 14}-U_{\mu 15}}{R_{\mu 14}}-\frac{U_{\mu 15}-U_{\mu 16}}{R_{\mu 15}}-U_{\mu 15}G_{\mu 5}=0;\\
&\frac{U_{\mu 15}-U_{\mu 16}}{R_{\mu 15}}-U_{\mu 16}G_{\mu 6}=0.
\end{aligned} \qquad (3)$$

При этом магнитные потоки в каждой из участков преобразования определяются на основе следующего обобшенного выражения:

$$\Phi_{\mu n} = \frac{U_{\mu n} - U_{\mu n+1}}{R_{\mu}}. \qquad (2)$$

В результате аналитических исследований на основе выражений (1) и (2) определена взаимосвязь магнитодвижущей силы датчика с распределенными параметрами $U_{\mu}=f(n)$ и магнитного потока $\Phi_{\mu}=f(n)$ с количеством участков разбиения графовой модели (рис. 2).

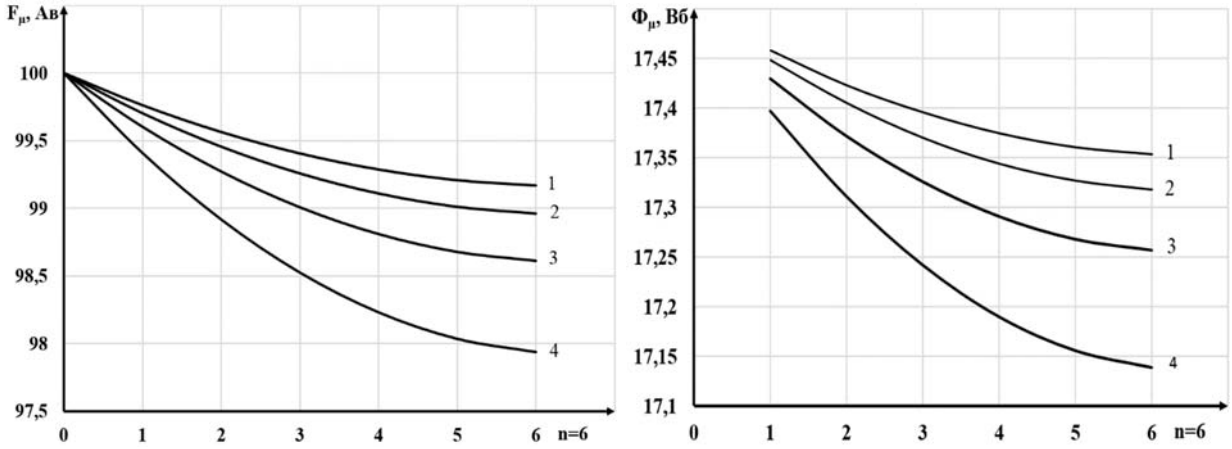


Рис. 2. График зависимости магнитодвижущей силы (а) и изменения магнитного потока (б)

Как видно из графиков, с изменением геометрических размеров - параметров датчика (1 - 50 мм, 2 - 40 мм, 3 - 30 мм, 4 - 20 мм) изменяются величины магнитодвижущих сил и значения магнитных потоков. Кроме того, когда количество участков разбиения графовой модели n = 6, точность расчета магнитного потока датчика с распределенными параметрами повышается на 0,68 - 1,55%.

Построение модели процесса преобразования с заданными входными величинами и определение всех возможных вариантов их построения осуществляется посредством соответствующих физико-технических эффектов. Если известны природа межцепных связей процессов преобразования, то построение модели осуществляется с учетом их взаимосвязей. На этой основе организуется процесс адаптивного управления источниками энергии.

Графовая модель процесса преобразования первичных величин в выходной сигнал управления на основе физико-технических эффектов, используемых в адаптивном управлении и производстве энергии с помощью гибридных источников энергоснабжения представлена на рис. 3.

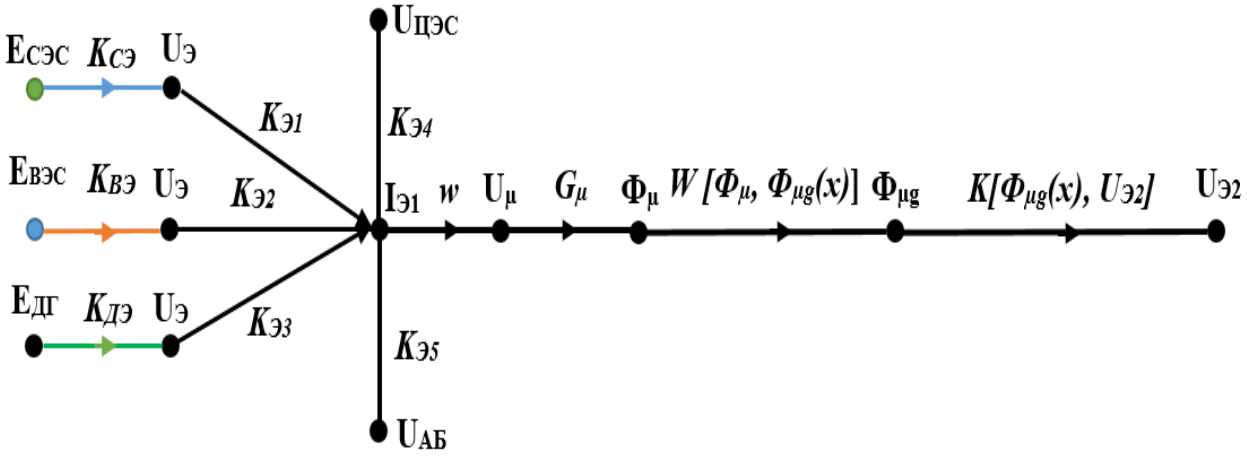


Рис. 3. Графовая модель формирования сигнала управления гибридными источниками энергии

где $E_{СЭС}$, $E_{ВЭС}$, $E_{ДГ}$ - величины источников энергии: солнечной электростанции, ветровой электростанции, дизельных генераторов; $K_{СЭ}$, $K_{ВЭ}$, $K_{ДЭ}$ - коэффициенты связи между цепями преобразования энергии в электрическое напряжение; $U_{АБ}$ - электрическое напряжение аккумуляторной батареи; $U_{ЦЭС}$- электрическое напряжение от централизованного источника электроснабжения; $K_{Э1}$-$K_{Э5}$- коэффициенты преобразования электрического напряжения в электрический ток; w - количество витков; G - электропроводность; G_M - магнитная проводимость; $K[\Phi_{\mu g}(x), U_{э2}]$- коэффициент связи между магнитным потоком и выходным напряжением датчика; $W_{\mu}[\Phi_{\mu}, \Phi_{\mu g}(x)]$- передаточная функция участка магнитного преобразования с распределенными параметрами.

Решение по управлению гибридными источниками энергии на основе возможностей источников принимается в режиме реального времени, основываясь на данных из «информационно-измерительных блоков» (рис. 4). При этом процесс непрерывной передачи сигнала о требуемой энергии от источников до телекоммуникационных устройств осуществляется блоком управления и обработки информации на основе данных, полученных от «информационно-измерительного блока» по напряжению и от «информационно-измерительного блока» по току нагрузки телекоммуникационных устройств.

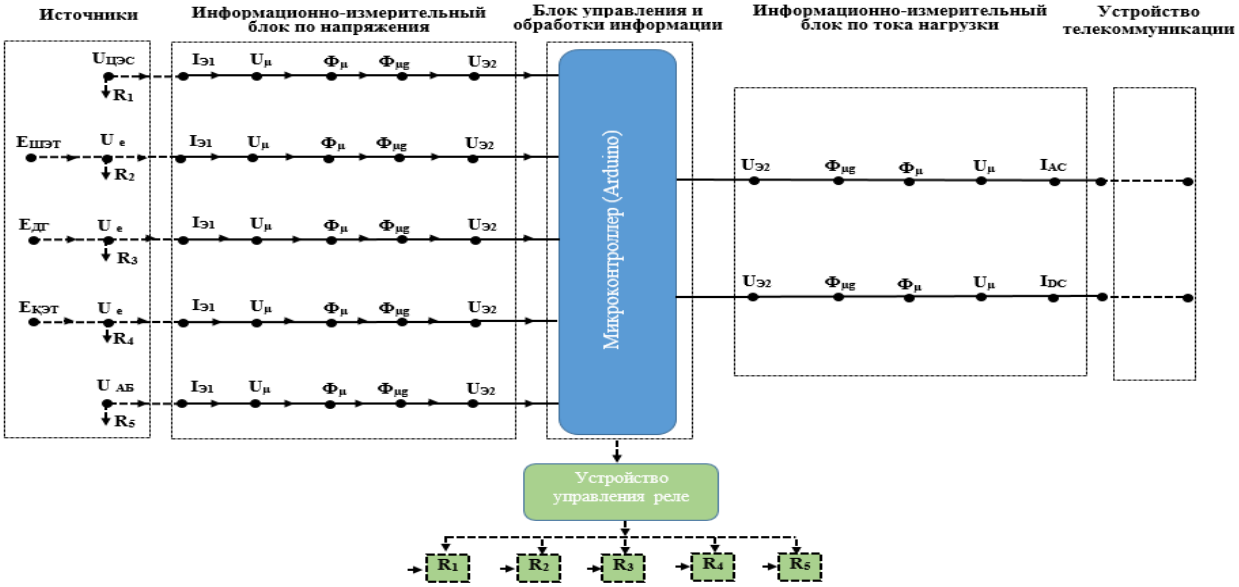


Рис. 4. Структура системы адаптивного управления гибридными источниками энергии

Взаимосвязь между физическими величинами и выходными сигналами датчика определяется на основе графовой модели (рис.4):

$$U_{э2} = W(V_1(G \cdot U_{ЦЭС}), V_2(K_{Э1} \cdot K_{СЭ} \cdot E_{СЭС}), V_3(K_{Э2} \cdot K_{ВЭ} \cdot E_{ВЭС}), \\ V_4(K_{Э3} \cdot K_{ДЭ} \cdot E_{ДГ}), V_5(K_{Э4} \cdot K_{АЭ} \cdot E_{АБ})), \quad (3)$$

где $W=W_{\mu}[\Phi_{\mu}, \Phi_{\mu g}(x)] \cdot K[\Phi_{\mu g}(x), U_{э2}] \cdot G_{\mu} \cdot w$ - передаточная функция датчика; $V_1(G \cdot U_{ЦЭС})$, $V_2(K_{Э1} \cdot K_{СЭ} \cdot E_{СЭС})$, $V_3(K_{Э2} \cdot K_{ВЭ} \cdot E_{ВЭС})$, $V_4(K_{Э3} \cdot K_{ДЭ} \cdot E_{ДГ})$ и $V_5(K_{Э4} \cdot K_{АЭ} \cdot E_{АБ})$-вероятность подключения блока управления к источнику энергии: солнечных панелей, ветровой электростанции, дизельных генераторов и аккумуляторных батарей при адаптивном управлении.

При применении в качестве основного источника телекоммуникационной системы источников централизованного энергоснабжения, аналитическое выражение выходного сигнала на основе (3) имеет следующий вид:

$$U_{э2} = W(V_1(G \cdot U_{ЦЭС}) = 4{,}44 \cdot f \cdot w_{КТ} \cdot \frac{I_{э1} \cdot w_{ч.э}}{\frac{\sum l_{мп}}{\mu\mu_0 S_{МП}} + \frac{\sum l_{в.з}}{\mu_0 S_{ч.э}}}, \quad (4)$$

где $I_{Э1}$ - первичный электрический ток; $w_{КТ}$ - обмотка возбуждения, ($w_{КТ}$=1); f -частота; $w_{ч.э}$- количество витков чувствительного элемента ($w_{ч.в}$=1-20); $\sum l_{мп}$- длина стальной части магнитопровода; $\sum l_{в.з}$ - длина воздушного зазора; $S_{МП}$- сечение магнитнопровода; $S_{ЧЭ}$-сечение чувствительного элемента.

При изменении возможностей источников энергоснабжения и при переходе на другие источники энергоснабжения по требованию к чувствительности «информационно-измерительного блока», которые не оказывают влияния на деятельность телекоммуникационных объектов, является одним из основных показателей датчика.

Чувствительность датчика определяется соотношением выходного напряжения сигнала к входному току, при этом коэффициенты чувствительности K_1 и K_2, соответствующие значением воздушного зазора магнитопровода 0,002 м и 0,04 м имеют следующие значения:

$$K_1 = 1{,}2\frac{мВ}{А}; \qquad K_2 = 0{,}2\frac{мВ}{А}. \tag{5}$$

Результаты вычисления характеристик датчика показали пути влияния воздушного зазора на чувствительность. Это обстоятельство позволяет коммутировать источник энергии без отключения телекоммуникационных устройств от питания.

Третья глава «Характеристики датчика систем адаптивного управления и проектирование сигнальных средств» посвящена исследованию статических и динамических характеристик и источников погрешностей датчиков в системе адаптивного управления.

Исследования показали, что при увеличении воздушного зазора $l_{в.з}$, значение выходного напряжения $U_{эвых}$ резко уменьшается (рис. 5). В результате исследования доказано, что если воздушный зазор чувствительного элемента и количество витков в нем соответственно равны: $l_{ч.э}$=0,002 ÷ 0,003 м и $w_{ч.в}$=15 ÷ 16, то обеспечивается нормированное значение выходного напряжения $U_н$=20 В (рис. 6).

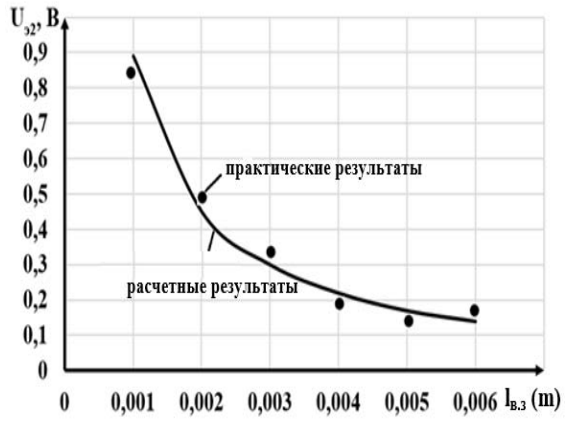


Рис. 5. Статические характеристики датчика при изменении воздушного зазора

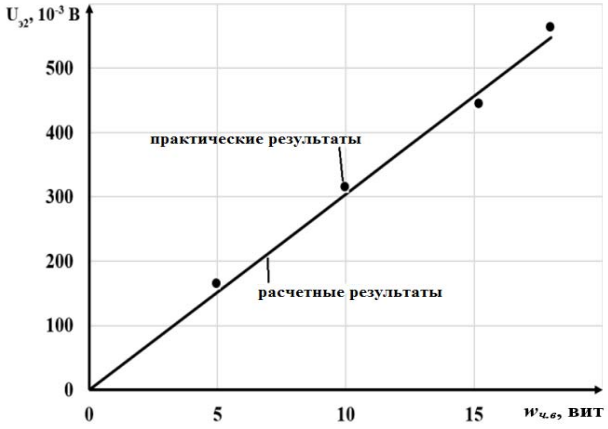


Рис. 6. Зависимость выходного напряжения датчика от количества витков

Магнитный поток, формирующий сигнал на выходе датчика, в динамическом режиме в соответствии с изменениями определяется выражением:

$$\Phi = \Phi_{макс}\left(e^{-\frac{Rt}{L}} - \cos(\omega t)\right) \pm \Phi_{ост} \cdot e^{-\frac{Rt}{L}}, \tag{6}$$

где R- активное сопротивление цепи преобразования; L- магнитная индуктивность; $\Phi_{макс}$- максимальный магнитный поток; $\Phi_{ост}$- остаточный магнитный поток.

Динамическая характеристика, полученная на основе графовой модели, показывает, что увеличение выходного напряжения при переходном процессе в системе энергоснабжения сопровождается увеличением значений амплитуды магнитного потока. Исследования показали, что после *0,03-0,04* сек. с момента включения первичного тока в датчик, достигается стабильность магнитного потока в цепи магнитопровода в распределенном магнитном участке преобразования.

В целях оценки надежности датчика адаптивного управления источников энергии разработана графовая модель (рис. 7). Данная модель отличается наглядностью и позволяет исследовать источники погрешностей преобразования.

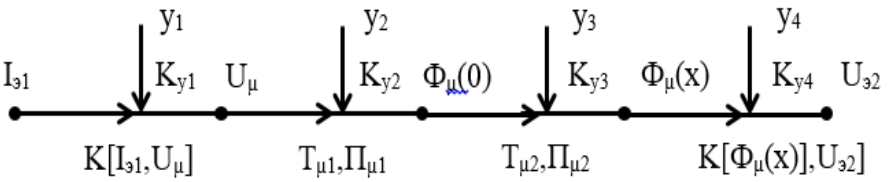


Рис. 7. Графовая модель для исследования и оценки источников погрешностей датчика

где: y_1-y_4 - влияющие величины; Ky_1-Ky_4- коэффициенты связи величин от соответствующих источников.

Среднеквадратическая погрешность датчика определяется на основе: 1. $I_{Э1} \rightarrow U_{\mu}$ - погрешность преобразования, т.е. δ_1=0,2 (±0,2% - от первичного номинального значения), 2. $U_{\mu} \rightarrow \Phi_{\mu}$, т.е. δ_2=0,1 и *3.* $\Phi_{\mu} \rightarrow U_{э2}$, т.е. δ_3=0,1.

Тогда суммарная погрешность датчика определится следующим образом:

$$\delta_{\Sigma} = \sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2 + \delta_3^2} = \sqrt{0{,}2^2 + 0{,}1^2 + 0{,}1^2} = 0{,}24. \qquad (9)$$

Значение энтропии погрешностей для датчика составляет:

$$\Delta = \delta_{\Sigma} \cdot K_э = 0{,}24 * 2{,}07 = 0{,}49, \qquad (10)$$

где δ_{Σ} - суммарное значение погрешностей, $K_э$ -коэффициент энтропии (для нормального закона распределения вероятноятности $K_э = 2{,}07$).

В результате вычислений и экспериментов определено, что энтропийная погрешность электромагнитного датчика преобразования тока в напряжение составляет $\Delta = 0{,}49$, а в практических исследованиях она составляет $\Delta = 0{,}5$.

Четвертая глава «Проектирование и практическая реализация блока адаптивного управления гибридными источниками энергоснабжения в телекоммуникационных системах» посвящена вопросам разработки имитационной модели, алгоритма и программного обеспечения адаптивного управления источников энергии телекоммуникационных систем, осуществлению дистанционного мониторинга посредством блока управления на основе IoT технологии.

В целях исследования режимов производства, хранения, передачи и потребления электроэнергии при интеграции возобновляемых источников энергоснабжения в централизованную электросеть и определения величин и параметров электроэнергии разработана имитационная модель адаптивного управления гибридными источниками энергоснабжения телекоммуникационных систем.

Имитационное моделирование осуществлено в программной среде Proteus Professional 8.4., в которой элементы адаптивного управления источники выражены в виде виртуальных блоков, что позволило проводить исследование в реальном масштабе времени (рис. 8).

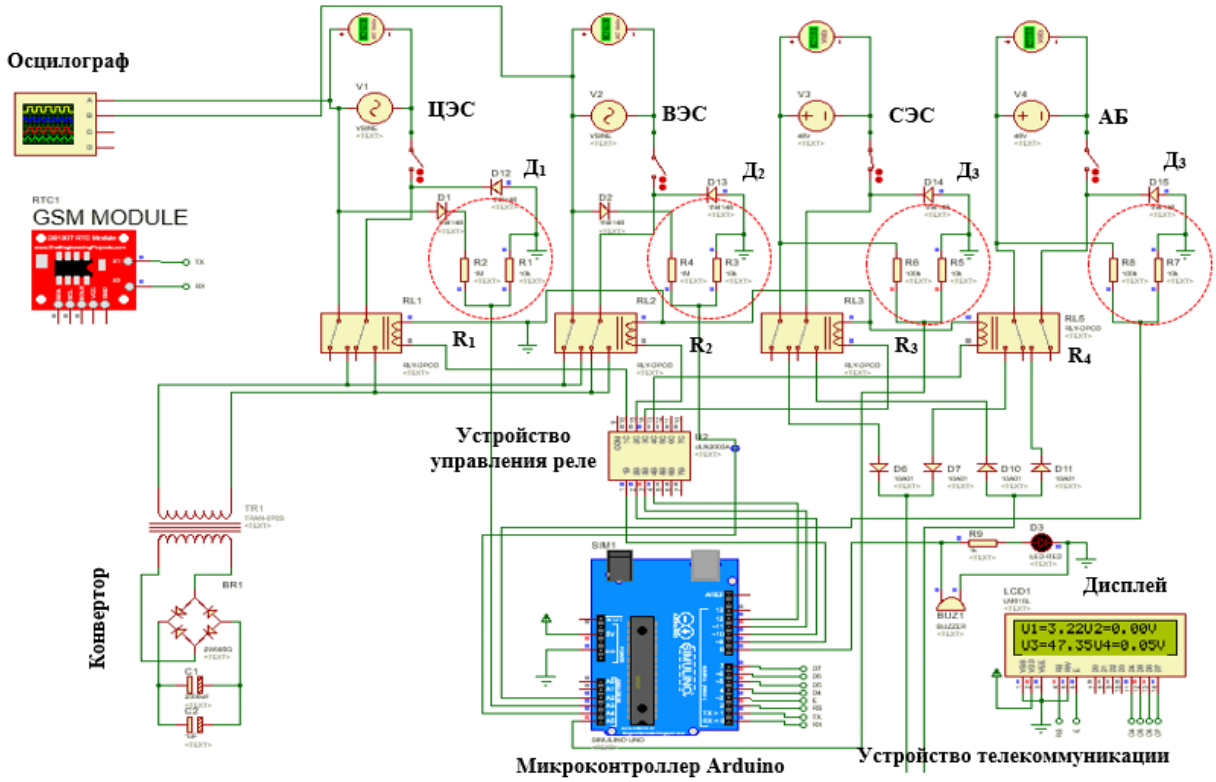


Рис. 8. Имитационная модель адаптивного управления гибридным энергоснабжением телекоммуникационных систем

В имитационной модели в качестве источников энергии рассмотрены централизованное энергоснабжение (ЦЭС), ветровая электростанция (ВЭС), солнечная электростанция (СЭС) и аккумуляторная батарея (АБ). Из них ЦЭС и ВЭС соединяются в систему с помощью конвертера, а СЭС и АБ непосредственно подключены к реле устройства управления. Микроконтроллер Arduino определен как основной элемент управления и управляет реле R1-R4 посредством реле устройства управления на основе данных, предоставляемых датчиками Д1-Д4 и потребностей, телекоммуникационного оборудования. В модели осуществляется передача на сервер сигнала о мониторинге соответствующих данных через модуль GSM для прогнозирования объемов производимой энергии, планирования энергии и мониторинга состояния источников, а также потребителей энергии.

В соответствии с требованиями энергоснабжения телекоммуникационных устройств на основе имитационной модели разработан алгоритм для адаптивного управления источниками энергии микроконтроллером (рис. 9). Использование алгоритма при управлении источниками энергии и распределение потоков сигналов об энергии обеспечивает непрерывное энергоснабжение устройств телекоммуникационных систем.

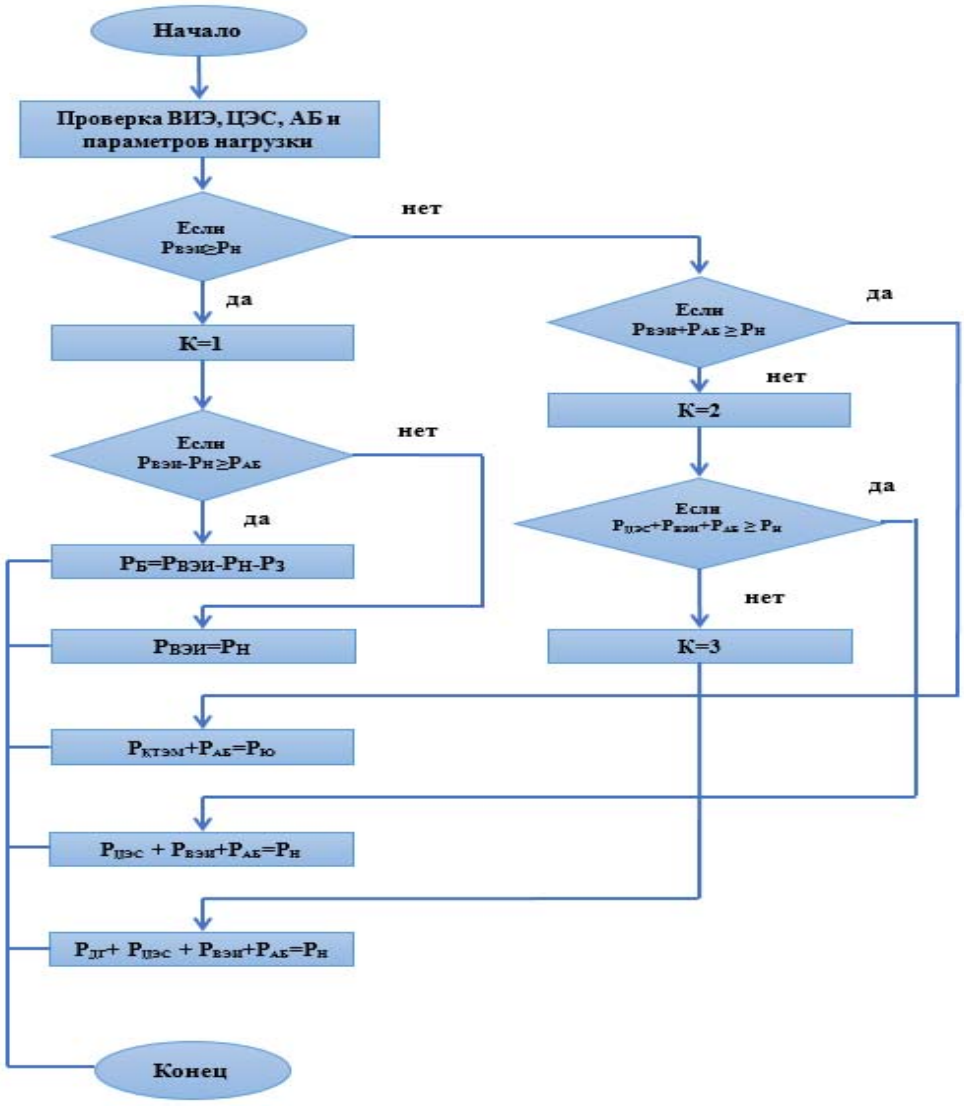


Рис. 9. Алгоритм адаптивного управления в зависимости от тока нагрузки потребителя

Алгоритм адаптивного управления гибридными источниками энергоснабжения телекоммуникационных систем при обеспечении непрерывной передачи энергии телекоммуникационным устройствам базируется на уравнении баланса энергии:

$$P_{ЦЭС}(t)+P_{СЭС}(t)+P_{ВЭС}(t)+P_{ДГ}(t)+P_{АБ}(t)=P_{Н}(t) \qquad (11)$$

где $P_{ЦЭС}(t)$, $P_{СЭС}(t)$, $P_{ВЭС}(t)$, $P_{ДГ}(t)$, $P_{АБ}(t)$ - значения мощности, произведенной источниками *ЦЭС, СЭС, ВЭС, ДГ, АБ*; $P_{н}(t)$ - значение мощности электрической нагрузки.

Адаптивное управление гибридными источниками энергоснабжения осуществляется микроконтроллерным блоком управления на основании сигналов, переданных мониторинговому серверу об объёме выработанной источниками и потребленной нагрузкой энергий, а также состояния заряда аккумуляторов и продолжительности использования источников.

Сбор данных мониторинга и их обработка осуществляется по схеме, приведенной на рис. 10. При этом данные мониторинга накапливаются в базе данных сервера мониторинга и в случае необходимости предоставляются обслуживающему персоналу посредством Ethernet протокола в виде веб-страницы в сети Интернет или GSM модуля в виде SMS-сообщения и в необходимых форматах.

На основании состояний источников энергии, система мониторинга даёт возможность оценки их эксплуатационных характеристик, определения ремонтонеобходимости, выявления причин сбоя и оперативного их устранения.

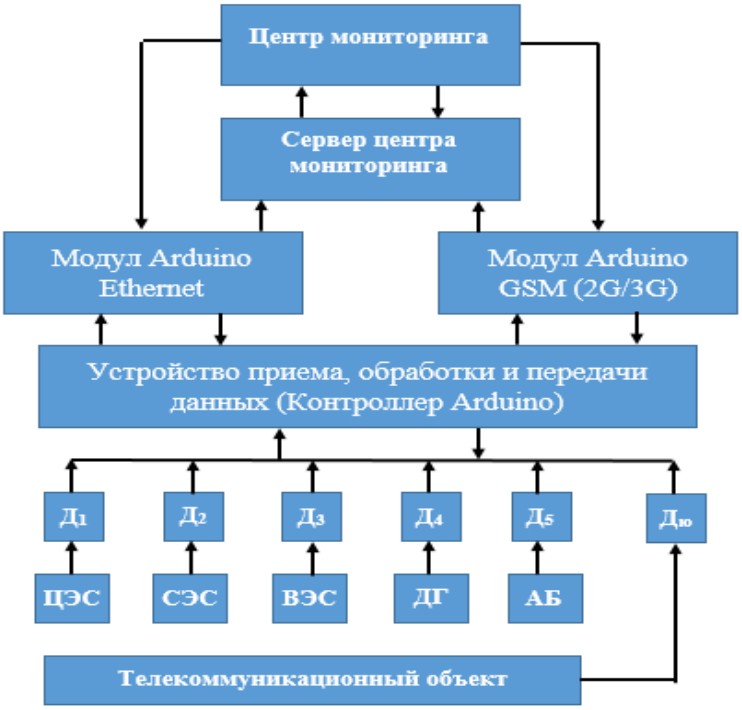


Рис. 10. Структурная схема системы дистанционного мониторинга процесса адаптивного управления

Применение систем мониторинга позволяет повысить надежность телекоммуникационных систем путем качественного технического обслуживания за счет уменьшения времени профилактики, ремонта, восстановления и простаивания.

Построение блока автоматизированного управления и датчиков системы адаптивного управления источниками энергии, разработка и применение устройства мониторинга позволяют обеспечить непрерывность работы телекоммуникационных систем, адаптируемость к источникам блока управления, а удобный интерфейс управления позволят обеспечить высокую точность и оперативность управления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представлены следующие выводы по теме диссертации «Модели и средства адаптивного управления гибридными источниками энергоснабжения телекоммуникационных систем»:

1. Разработанные и развитые принципы построения, модели, информационно-измерительные средства и модуль дистанционного мониторинга адаптивного управления гибридными источниками обеспечил устойчивое энергоснабжения телекоммуникационных систем.

2. Применение модели датчика с распределенными параметрами повысил точность расчета сигнала управления на 0,68 - 1,55% при адаптивном управлении гибридными источниками энергоснабжение телекоммуникационных систем

3. Проведенные на основе графовой модели эксперименты обеспечили нормированное значение выходного сигнала при установке величины воздушного зазора магнитопровода равного 0,002-0,003 м и витков чувствительного элемента равного 15-16 виткам.

4. Устойчивое значение выходного сигнала адаптивного управления относительно входного сигнала достигнуто в интервале времени 0,03-0,04 сек. после включения телекоммуникационной системы к гибридным источникам энергоснабжения (по стандартным требованиям данное время не должно превышать 0,1 сек.).

При этом суммарная погрешность датчика составила $\Delta=0,49$ (Даная погрешность должна быть $\Delta<0,5$).

5. Имитационная модель в режиме реального времени и в зависимости от тока нагрузки позволил в реальном масштабе времени комплексно исследовать характеристики устройств преобразования сигнала и величины процесса адаптивного управления источниками энергоснабжения.

6. Разработана база данных, формат их представления и структура модуля дистанционного мониторинга энергоснабжения телекоммуникационных объектов на основе датчиков преобразования сигнала, микроконтроллерного блока управления и IoT технологии позволил эффективное коммутирование источников энергии на основе учета готовности и определения причины выхода из строя электрооборудования и прогнозирования объема требуемой энергии.

7. Повышение точности адаптивного управления, уменьшение энергозатрат и непрерывный контроль функционированием энергооборудования на основе разработанных технических решений и внедрения их в практику обеспечил ожидаемый экономический эффект 56 млн. сумов в год.

SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES DSc.28.12.2017.T.07.02 AT TASHKENT UNIVERSITY OF INFORMATION TECHNOLOGIES

TASHKENT UNIVERSITY OF INFORMATION TECHNOLOGIES

KHUJAMATOV KHALIMJON

MODELS AND DEVICES FOR ADAPTIVE MANAGEMENT OF HYBRID POWER SOURCES OF TELECOMMUNICATION SYSTEMS

05.04.01 – Telecommunication and Computer Systems, Telecommunication Networks and Devices. Distribution of Information

DISSERTATION ABSTRACT FOR THE DOCTOR OF PHILOSOPHY DEGREE (PhD) OF TECHNICAL SCIENCES

Tashkent – 2019

The theme of dissertation of doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2018.4.Phd/T919.

The dissertation has been prepared at Tashkent University of Information Techologies.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the Scientific Council website www.tuit.uz and on the website of «ZiyoNet» Information and Educational portal www.ziyonet.uz.

Scientific adviser:	**Siddikov Ilkhomjon** Doctor of Technical Sciences, Professor
Official opponents:	**Abdukayumov Abdurashid** Doctor of Technical Sciences, Professor
	Isayev Rixsi Candidate of Sciences, Professor
Leading organization:	**Tashkent Railway Engineering Institute**

The defense will take place on the «___» of _____ 2019 at ____ at the meeting of Scientific Council number DSc.28.12.2017.T.07.02 at Tashkent University of Information Technologies (Address: 100202, Tashkent city, Amir Temur str., 108. Tel.: (99871) 238-64-43; fax: (99871) 238-65-52; e-mail:tuit@tuit.uz).

The dissertation could be reviewed is the Information Resource Centre at Tashkent University of Information Technologies (registrated number No___). Address: 100202, Tashkent, Amir Temur str., 108. Tel.: (99871) 238-65-44.

The abstract of dissertation is distributed on: «___» _____ 2019 y.
(protocol at the register No ___ on «___» _____ 2019 y).

X.N. Zaynidinov
Vice-Chairman of the Scientific Council
awarding scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Docent

J.X. Djumanov
Scientific secretary of the Scientific Council
awarding scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Docent

N.B. Usmanova
Chairman of the Academic Seminar at the Scientific
Council awarding scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Docent

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research work is the development of models for adaptive management of hybrid power sources of telecommunication systems and improvement of the control algorithm.

The object of the research work are hybrid power sources adapted to telecommunication systems, and also devices and their control sensors.

The scientific novelty of the research work:

the structure, model and algorithm for studying the sensor of reception and generation of adaptive control signals were worked out;

developed a simulation model of the process of adaptive management of hybrid power sources of telecommunication systems were worked out;

an algorithm for adaptive control of hybrid power sources connected the electrical load of the consumer was worked out;

a module for remote monitoring of adaptive control of hybrid power sources for telecommunication systems based on IoT technology was worked out.

Implementation of the research results. On the based model and means of adaptive management of hybrid power sources of telecommunication systems:

structure, model and algorithm receiving and generating adaptive control signals the sensor for were introduced in subordinate enterprises of the Ministry for the development of information technologies and communications, in particular in the State Unitary Enterprise «Center for radio communications, broadcasting and television» (certificate No. 33-8/9328 as of December 12, 2018 Ministry of Information Technologies and Communications Development). The results of the research allowed to increase the battery life in telecommunication systems, the reliability of the device used in source management, by 2-4%;

simulation model of the process of adaptive management of hybrid power supply sources of telecommunication systems and the algorithm of adaptive control of hybrid power supply sources related to the load current of telecommunication systems were introduced in subordinate enterprises of the Ministry for the Development of Information Technologies and Communications, in particular, in the Yangibazarsky Regional Telecommunication Center of the Tashkent branch, Gulistansky regional center Telecommunications Syrdarya branch of JSC «Uzbektelekom» (certificate No. 33-8/9328 as of December 12, 2018 Ministry of Information Technologies and Communications Development). The results of the research allowed to ensure the stability of power supply of telecommunication systems, control of energy consumption, improve control accuracy by 0.5%, and save energy consumption by 3-4%;

module for remote monitoring of hybrid power supply sources of telecommunication systems based on IoT technology was implemented in subordinate enterprises of the Ministry for the Development of Information Technologies and Communications, in particular, in the Yangibazarsky Regional Telecommunication Center of the Tashkent branch, Gulistansky regional center Telecommunications Syrdarya branch of JSC «Uzbektelekom» (certificate No. 33-8/9328 as of December 12, 2018 Ministry of Information Technologies and

Communications Development). The results of the research allowed to carry out a preliminary assessment of energy indicators, to increase the efficiency of energy supply by 3-4% by developing the structure, database and data format of the monitoring system. The expected economic effect from the application of the research results is 56 million sums per year.

The outline of the dissertation. The dissertation consists of an Introduction, four Chapters, Conclusion, Reference list seven and seven Applications contains 117 pages of the main text, 49 illustrations and 3 tables.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙИҲАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАН/НЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

1. И.Х. Сиддиков., Х.А. Сатторов., Х.Э. Хужаматов., О.Р. Дехқонов. Фотоэлектрический генератор с кремниевыми фотоэлементами - возобновляемый источник энергии // “Informatika va energetika muammolari O’zbekiston jurnali” ilmiy-texnika jurnali, №6 сон, 2015 йил, 59-64 бетлар. (05.00.00; №5).

2. И.Х. Сиддиков., Х.Э. Хужаматов. Қайта тикланувчи энергия манбаларини ўз ичига олган гибрид энергия таъминоти тизимларининг бошқарувини моделлаштириш ва тадқиқ этиш // “ТАТУ хабарлари” ilmiy-texnika va axborot-tahliliy jurnali. №3(39)-сон 2016 йил, 60-66 бетлар. (05.00.00; №10).

3. Х.Э. Хужаматов. Телекоммуникация объектларини барқарор электр энергияси билан таъминлашда автоном қуёш электр станциясини қўллаш // “ТАТУ хабарлари” ilmiy-texnika va axborot-tahliliy jurnali. №4(40) - сон 2016 йил, 22-31 бетлар. (05.00.00; №10).

4. И.Х. Сиддиков., Х.А. Саттаров., Х.Э. Хужаматов., О.Р. Дехконов. Электромагнитный преобразователь трехфазного тока в напряжение с расширенными эксплуатационными возможностями // “ТАТУ хабарлари” ilmiy-texnika va axborot-tahliliy jurnali. №2(42) - сон 2017 йил, 116-120 бетлар. (05.00.00; №10).

5. И.Х. Сиддиков., Х.А. Саттаров., Х.Э. Хужаматов., Г.С. Рахмонова. Электромагнитный преобразователь трехфазного тока в напряжение для электрических сетей систем электроснабжения устройств телекоммуникации // “ТАТУ хабарлари” ilmiy-texnika va axborot-tahliliy jurnali. №3(43) - сон 2017 йил, 114-119 бетлар. (05.00.00; №10).

6. И.Х. Сиддиков., Х.Э. Хужаматов., Д.С. Шержанова. Тармоқланган телекоммуникация объектларининг энергия таъминотида гибрид манбаларни ишлатиш ва бошқариш жараёнлари таҳлили // “Muhammad al-Xorazmiy avlodlari” ilmiy-amaliy va axborot-tahliliy jurnal. №2(2) - сон 2017 йил, 35-41 бетлар. (05.00.00; №10).

7. И.Х. Сиддиков., Х.А. Саттаров., Х.Э. Хужаматов., О.Р. Дехконов. Повышение эффективности электрических сетей объектов телеком-муникации на основе применения источников реактивной мощности // “Muhammad al-Xorazmiy avlodlari” ilmiy-amaliy va axborot-tahliliy jurnal. №2(4) - сон 2018 йил, 80-83 бетлар. (05.00.00; №10).

8. I.Kh Siddikov., Kh.A. Sattarov., Kh.E. Khujamatov. Modeling and research circuits of intelligent sensors and measurement systems with distributed parameters and values// “Chemical technology control and management” International scientific and technical journal, Tashkent 4-5/2018/ pp. 50-55. Раёсат қарори №256/8.2 (28.09.2018 й.) билан ОАК илмий нашрлар рўйхатига киритилган журналларга тенглаштирилган.

9. I.Kh. Siddikov., Kh.A. Sattarov., Kh.E. Khujamatov. Modeling of the Transformation Elements of Power Sources Control // International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT) Applications, Trends and Opportunities, 2nd, 3rd and 4th of November 2017, Tashkent, Uzbekistan. Раёсат қарори №243/3 (31.10.2017 й.) билан ОАК илмий нашрлар рўйхатига киритилган журналларга тенглаштирилган.

10. I.Kh Siddikov., Kh.A. Sattarov., Kh.E. Khujamatov. Research of the Influence of Nonlinear Primary Magnetization Curves of Magnetic Circuits of Electromagnetic Transducers of the Three-phases Current // Universal Journal of Electrical and Electronic Engineering. Horizon Research Publishing Corporation, USA. 2016, Vol.4(1), pp. 29 – 32.

11. I.Kh. Siddikov., Kh.A. Sattarov., Kh.E. Khujamatov., O.R. Dekhkonov. Modeling the processes in magnetic circuits of electromagnetic transdusers // International Conference on Information Science and Communications Technologies ICISCT 2016, 2nd, 3rd and 4th of November 2016, Tashkent, Uzbekistan.

12. Х.Э. Хужаматов., Д.С. Шержанова. Алоқа ва ахборотлаштириш объектларини ишончлилигини ошириш учун қайта тикланувчи энергия манбаларини қўллаш // “Источники альтернативных энергий и актуальные проблемы их использования”. Сб. материалов Респ. конф. 25-26 ноября 2015. - Бухоро, БГУ, 2015.–С.146-148.

13. Х.А. Саттаров., Х.Э. Хужаматов. Методика развития конструкций датчиков угловых ускорений // «Молодежь в науке: новые аргументы». Сборник научных работ II-го Международного молодежный конкурса, часть I, 21 октября 2015г., Липецк, 2015. - С. 204-207.

14. Kh.E. Khujamatov. The quality of electrical energy in the three-phase electric networks // Материалы III Международной научно-практической конференция «Проблемы и достижения современной науки». Уфа, 15-16 мая 2016 г. С 154-156.

15. Х.Э. Хужаматов. Қуёш электр станциялари - телекоммуникация объектларини барқарор электр манбаи // Материал конференции «Возобновляемые источники энергии: технологии и установки», 28-29 июня 2016 г, Ташкент. С 88-89.

16. И.Х. Сиддиков., Х.Э. Хужаматов. Телекоммуникация объектларини энергия таъминоти ишончлигини оширишда қайта тикланувчи энергия манбаларини қўллаш // Материал конференции «Возобновляемые источники энергии: технологии и установки», 28-29 июня 2016 г, Ташкент. С. 73-75.

17. Х.Э. Хужаматов. Телекоммуникация қурилмаларини энергия таъминотида қайта тикланувчи энергия манбаларидан фойдаланишнинг самарадорлигини ошириш // “Энергия тежамкорлиги, электр энергетикаси таъминоти узлуксизлигини таъминлаш концепсиясини долзарб муаммолари ҳамда уларнинг ечимлари самарадорлигини ошириш” мавзусидаги Республика илмий ва илмий техник анжуман материаллари Фарғона 2016 йил 2-3 декабрь. 163-165 бетлар.

18. Kh.E. Khujamatov., Kh.A. Sattarov., Kh.A. Najmidinov., M.A. Anarbayev. Modeling and researching of the processes of control of hybrid power supply systems // «Информационные технологии и моделирование процессов в фундаментальных и прикладных исследованиях» Материалы I Международной молодежной школы-конференции, Астрахань 15-17 декабря 2016 г. С.151-157.

19. И.Х. Сиддиков., Х.Э. Хужаматов., Х.А. Саттаров., К.М. Нажмиддинов. Моделирование и исследование управления электроэнергетическими системами и объектами // «Информационные технологии и моделирование процессов в фундаментальных и прикладных исследованиях» Материалы I Международной молодежной школы-конференции, Астрахань 15-17 декабря 2016 г. С. 157-165.

20. И.Х. Сиддиков., Х.Э. Хужаматов., И.М. Хонтураев. Современные элементы и устройства контроля одно-и трехфазного электрического тока // «Потенциал интеллектуально одаренной молодежи-развитию науки и образование» Материалы VI Международного научного форума молодых ученых, студентов и школьников, Астрахань 25-27 апреля 2017 г. С. 119-121.

21. И.Х. Сиддиков., Х.Э. Хужаматов., Г.Х. Рахмонова. Управляемые гибридные источники электроснабжения для объектов телекоммуникации // «Потенциал интеллектуально одаренной молодежи-развитию науки и образование» Материалы VI Международного научного форума молодых ученых, студентов и школьников, Астрахань 25-27 апреля 2017 г. С. 121-123.

22. И.Х. Сиддиков., Х.А. Саттаров., Х.Э. Хужаматов. Энергоинформационный метод разработки и исследования преобразователей автоматического управления параметрами трехфазного электрического тока систем электроснабжения // Технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришларни автоматлаштириш ва оптималлаштиришнинг долзарб муаммолари. Халқаро илмий-техникавий конференция маърузалар тўплами. Қарши - 2017 й. 28-33 бетлар.

23. I.Kh. Siddikov., Kh.E. Khujamatov., K.S. Sherjanova. The principle of desing of electromagnetic transdusers of one, three and multi - phases current of electrical nets to secondary voltage // Материалы XXXII Международной научно-практической интернет-конференции «Тенденции и перспективы развития науки и образования в условиях глобализации» 31 январь 2018 года. Переяслав - Хмельницкий. С. 468-472.

24. I.Kh. Siddikov., Kh.A. Sattarov., Kh.E. Khujamatov., K.S. Sherjanova. Modeling of the elements and devices of energy control systems // Материалы XXXII Международной научно-практической интернет-конференции «Тенденции и перспективы развития науки и образования в условиях глобализации» 31 январь 2018 года. Переяслав - Хмельницкий. С. 466-468.

25. И.Х. Сиддиков., Х.Э. Хужаматов., К.М. Нажмиддинов., Ф.И. Ахунов., М.А. Анарбаев., Г.А. Саидова., Н.Н. Мирзоев., М.Р. Агзамова. Моделирование и расчет цепей преобразования электромагнитных преобразователей тока и напряжения с сосредоточенными и распределенными параметрами и величинами // «Потенциал интеллектуально одаренной молодежи-развитию

науки и образование» Материалы VII Международного научного форума молодых ученых, инноватров, студентов и школьников, Астрахань 7-8 мая 2018 г. С. 138-143.

26. Сиддиков И.Х., Саттаров Х.А., Х.Э. Хужаматов., Анарбаев М.А., Махсудов М.Т., Абубакиров А., Хонтураев И.М. Энерго и ресурсосбережение на основе комбинированного управления реактивной мощностью систем электроснабжения // “Замонавий ишлаб чиқаришнинг иш самарадорлиги ва энрерго-ресурс тежамкорлигини ошириш муаммолари” мавзусидагни Халқаро илмий-амалий анжуман материаллар тўплами 3-4 октябр 2018 йил Андижон.

27. И.Х. Сиддиков, Х.Э. Хужаматов, О.И.Сиддиков, М.Т.Махсудов, А.Темиров, Ш.Б. Олимова. Гибрид энергия таъминоти манбаларининг proteus дастурий комплекс асосидаги мослашувчан бошқариш модели // “Замонавий ишлаб чиқаришнинг иш самарадорлиги ва энрерго-ресурс тежамкорлигини ошириш муаммолари” мавзусидагни Халқаро илмий-амалий анжуман материаллар тўплами 3-4 октябр 2018 йил Андижон.

28. И.Х. Сиддиков, Х.Э. Хужаматов., М.Т. Махсудов., Д.Т. Хасанов., Ш.Б. Олимова. Телекоммуникация тизимлари гибрид энергия таъминоти манбаларини бошқаруви жараён ва қурилмаларини моделлаштириш // “Замонавий ишлаб чиқаришнинг иш самарадорлиги ва энрерго-ресурс тежамкорлигини ошириш муаммолари” мавзусидагни Халқаро илмий-амалий анжуман материаллар тўплами 3-4 октябр 2018 йил Андижон.

39. Сиддиков И.Х., Хужаматов Х.Э. Программное обеспечение расчета цепей преобразования электромагнитных преобразователей тока в напряжения с распределенными параметрами и величинами // № DGU 05479 Агентство по интеллектуальной собственности РУз. - Ташкент, 01.05.2018.

30. Сиддиков И.Х., Хужаматов Х.Э. Программное обеспечение для исследования статических характеристик электромагнитного преобразователя тока в напряжения // № DGU 05350 Агентство по интеллектуальной собственности РУз. - Ташкент, 01.05.2018.

31. Сиддиков И.Х., Хужаматов Х.Э. Программное обеспечение для выбора номинального значения мощности источников реактивной электроэнергии // № DGU 05354 Агентство по интеллектуальной собственности РУз. - Ташкент, 01.05.2018.

32. Сиддиков И.Х., Хужаматов Х.Э. Программное обеспечение управления гибридными источниками электроэнергии на основе учета потребителей // № DGU 05353 Агентство по интеллектуальной собственности РУз. - Ташкент, 25.06.2018.

Автореферат «Муҳаммад ал-Хоразмий авлодлари» илмий журнали таҳрирятида таҳрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус, ингилиз тиллари матнларни мослиги текширилди (15.01.2019 й.).

Бичими: 84x60 $^{1}/_{16}$. «Times New Roman» гарнитура рақамли босма усулида босилди.
Шартли босма табоғи: 3. Адади 100. Буюртма №12.

«Тошкент кимё-технология институти» босмахонасида чоп этилди.
100011, Тошкент, Навоий кўчаси, 32-уй.