

A  
X 31

ЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ  
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc.13/30.12.2019.Т.07.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

---

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ

**ҲАСАНОВ ДОСТОН ТЎРАЕВИЧ**

**ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯ ОБЪЕКТИ ЭНЕРГИЯ ТАЪМИНОТИ  
МАНБАЛАРИНИНГ СИМСИЗ СЕНСОР ТАРМОҚЛАР АСОСИДАГИ  
МОНИТОРИНГ МОДЕЛИ**

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

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

**Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)**

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

**Ҳасанов Достон Тўраевич**

Телекоммуникация объекти энергия таъминоти манбаларининг симсиз сенсор тармоқлар асосидаги мониторинг модели ..... 3

**Хасанов Достон Тураевич**

Модель мониторинга источников энергоснабжения объектов телекоммуникации на основе сетей беспроводных сенсоров ..... 21

**Khasanov Doston Turayevich**

The Monitoring model of power supply sources of telecommunications object based on wireless sensor nets ..... 39

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ

List of published works..... 43

ГРИФТИ

СЛЕСОК ОШ

ЭРШОН ИЛМИ

ОН ИЛМИ

ГРЕ ИЛ

УШ

**ҲАСАНОВ ДОСТОН ТЎРАЕВИЧ**

**ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯ ОБЪЕКТИ ЭНЕРГИЯ ТАЪМИНОТИ**  
**МАНБАЛАРИНИНГ СИМСИЗ СЕНСОР ТАРМОҚЛАР АСОСИДАГИ**  
**МОНИТОРИНГ МОДЕЛИ**

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

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

Фалсафа доктори (PhD) диссертациясининг мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2021.4.PhD/Т2502 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (Ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида ([www.tuit.uz](http://www.tuit.uz)) ва «ZiyoNet» ахборот-таълим порталида ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)) жойлаштирилган.

<b>Илмий раҳбар:</b>	<b>Сиддиқов Илҳомжон Ҳакимович</b> техника фанлар доктори, профессор
<b>Расмий оппонентлар:</b>	<b>Ҳамдамов Уткир Раҳматиллаевич</b> техника фанлар доктори, профессор
	<b>Каримов Шерзод Собиржонович</b> техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD)
<b>Етакчи ташкилот:</b>	<b>Навоний давлат қончилиқ институти</b>

Диссертация химояси Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари университети ҳузуридаги DSс.13/30.12.2019.Т.07.02 рақамли Илмий кенгашнинг 2022 йил « 4 » март соат 10<sup>00</sup> даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100084, Тошкент шаҳри, Амир Темур кўчаси, 108-уй. Тел.: (+99871) 238-64-43; факс: (+99871) 238-65-52; e-mail: [tuit@tuit.uz](mailto:tuit@tuit.uz)).

Диссертация билан Тошкент ахборот технологиялари университети Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (24 - рақам билан рўйхатга олинган).

(Манзил: 100084, Тошкент, Амир Темур кўчаси, 108-уй. Тел.: (+99871) 238-65-44).

Диссертация автореферати 2022 йил « 21 » февраль да тарқатилди.  
(2022 йил « 19 » февраль даги 8 - рақамли реестр баённомаси).



**М.М.Мухитдинов**

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш раиси ўринбосари, т.ф.д., профессор

**Х.Э.Хужаматов**

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш илмий қотиби, PhD., доцент

**Р.М.Алиев**

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси ўринбосари, т.ф.д., профессор

## КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда телекоммуникация ва ахборот технология тизимларининг узлуксиз ишлашини таъминлашда иқтисодий самарадор бўлган энергия таъминоти манбаларидан фойдаланиш, уларни симсиз сенсор тармоқлар орқали мониторинг ва бошқариш қурилмаларини такомиллаштиришга катта эътибор қаратилмоқда. Ушбу йўналишда, жумладан телекоммуникация объектларини узлуксиз ишлашида самарали ҳисобланган қайта тикланувчи энергия билан таъминлаш ва уларни симсиз сенсор тармоқлар орқали мониторинг қилишда тезкорлик, ишонччилик, барқарорлик ва самарадорлик параметрларига боғлиқ бўлган энергия таъминоти манбаларини масофадан назорат қилиш, бошқариш моделлари, алгоритми, аппарат ва дастурий таъминоти ҳамда ахборот-ўлчов воситаларини ишлаб чиқишга алоҳида аҳамият берилмоқда. Шу жумладан ривожланган мамлакатларда, хусусан Германия, Буюк Британия, Голландия, Дания, Россия, Хитой ва Япония каби давлатларда телекоммуникация объектлари энергия таъминоти манбаларини IoT асосида масофадан мониторинг қилиш ҳамда бошқарув тизимларини ишлаб чиқиш асосий вазифалардан бири ҳисобланмоқда.

Жаҳонда телекоммуникация қурилмаларини ишончли, узлуксиз ва сифатли энергия билан таъминлашда “ақлли” электр таъминоти тизимларини қўллаш ҳамда такомиллаштиришга қаратилган қатор илмий тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Ушбу соҳада, жумладан Smart Grid тизимларда қатор муаммоларни ечилишига, хусусан масофадан мониторинг, икки томонлама ахборот тизими, энергия сарфи назорати, энергияга талабнинг ортиб бориши, электр таъминоти манбаларини масофадан мониторинги моделлари, алгоритмлари, дастурий таъминотлари ҳамда уларни яхшилаш бўйича замонавий тадбирлар, қурилма ва воситаларни ишлаб чиқишга катта эътибор қаратилмоқда. Шу билан бирга, IoT технологияси асосида қайта тикланувчи энергия таъминоти манбаларини мониторинг қилиш, энергияни режалаштириш ҳамда башорат қилиш, энергия манбалари мониторингини таъминловчи микроконтроллерлар учун бошқариш алгоритми, дастурий таъминотлари ва техник ечимларини ишлаб чиқиш долзарб ҳисобланмоқда.

Республикамизда телекоммуникация ва ахборот технологиялари соҳасини янада ривожлантиришга ва телекоммуникация объектлари қайта тикланувчи энергия таъминот манбаларини масофавий мониторинги тизимларини ишлаб чиқишга қаратилган кенг қўламли 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» вазифалари белгиланган<sup>1</sup>. Белгиланган вазифаларни бажаришда,

<sup>1</sup> Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони

жумладан телекоммуникация объектлари энергия манбаларининг симсиз сенсор тармоқлар ёрдамида мониторинг жараёнининг имитацион моделини яратиш, мониторинг жараёнини амалга оширишга мўлжалланган сигналларни шакллантирувчи ахборот-ўлчов қурилма ва воситаларини ишлаб чиқиш муҳим вазифалардан ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони, 2019 йил 27 мартдаги ПҚ-4249-сон «Ўзбекистон Республикасида электр энергетика тармоғини янада ривожлантириш ва ислоҳ қилиш стратегияси тўғрисида»ги, 2019 йил 22 августдаги ПҚ-4422-сон «Иқтисодиёт тармоқлари ва ижтимоий соҳанинг энергия самарадорлигини ошириш, энергия тежовчи технологияларни жорий этиш ва қайта тикланувчи энергия манбаларини ривожлантиришнинг тезкор чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2019 йил 4 октябрдаги ПҚ-4477-сон «2019 - 2030 йиллар даврида Ўзбекистон Республикасининг «Яшил» иқтисодиётга ўтиш стратегиясини тасдиқлаш тўғрисида»ги, 2020 йил 10 июлдаги ПҚ-4779-сон «Иқтисодиётнинг энергия самарадорлигини ошириш ва мавжуд ресурсларни жалб этиш орқали иқтисодиёт тармоқларининг ёқилги-энергетика маҳсулотларига қарамлигини камайтиришга доир қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида»ги Қарорлари ҳамда Вазирлар Маҳкамасининг 2020 йил 23 июлдаги 452-сон «Қайта тикланувчи энергия манбалари қурилмаларининг ва улардан ишлаб чиқариладиган энергиянинг давлат ҳисобини юритиш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарори ва мазкур фаолиятга тегишли меърий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги.** Ушбу тадқиқот иши республика фан ва технологиялар ривожланишининг IV. «Ахборотлаштириш ва ахборот-коммуникация технологияларини ривожлантириш» ҳамда II. «Энергетика, энергия ва ресурслар тежамкорлиги» йўналишлари доирасида бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Телекоммуникация объектларининг автоном энергия таъминоти манбаларини масофадан мониторинги жараёнларини ташкил этиш тамойиллари, уларда қўлланилаётган турли физик табиатли сигнал сенсорларига (ҳарорат, намлиқ, электр ток, кучланиш ва ҳ.к.лар каби), ўлчанаётган физик катталикларни узатиш, ишлов бериш ва сақлаш учун мос бўлган сигналга (кучланиш кўринишидаги иккиламчи сигналга) айлантириб берадиган қурилма ва воситаларга эга симсиз сенсор тармоқлар асосида масофадан назорат қилинадиган энергия таъминоти муаммолари ечими, симсиз сенсор тармоқ тугунлари ўртасида ўлчанган ва узатилаётган электр катталик ва параметрлар бўйича маълумотлар ва ахборотларни қабул қилиш, ишлов бериш ва узатиш жараёнларини тадқиқоти бўйича юқори даражада илмий изланишлар олиб борилмоқда.

Ушбу тадқиқот йўналишига Н.Schaumburg<sup>2</sup>, E.Ritchie<sup>3</sup>, R.Hanitch<sup>4</sup>, I.Rampias<sup>5</sup>, В.П.Милловзоров<sup>6</sup>, Orod Raeesi<sup>7</sup>, Behnam Badihi<sup>8</sup>, Zhuoling Xiao<sup>9</sup> ва бошқа таникли хорижий олимларнинг илмий ишлари бағишланган. Шунингдек белгиланган муаммони тадқиқ қилиш масалаларига республикамиз олимлари М.Ф.Зарипов<sup>10</sup>, Р.И.Исаев<sup>11</sup>, Ю.В.Писецкий<sup>12</sup>, Д.А.Давронбеков<sup>13</sup>, Р.К.Азимов<sup>14</sup>, И.Х.Сиддиқов<sup>15</sup>, Х.Э.Хужаматов<sup>16</sup> ва бошқаларнинг илмий ишлари бағишланган.

Олиб борилган таҳлил натижалари шуни кўрсатдики, телекоммуникация объектларининг энергия таъминоти манбаларини симсиз сенсор тармоқлар ёрдамида масофадан мониторингида замонавий техника ва технологияларни комплекс қўллаш, мониторинг тизими учун симсиз сенсор тармоқнинг турли ҳолатлари (уйку режимида буферлаш хусусиятлари, виртуал хизмат кўрсатиш, вақт тақсимоти ҳамда CSMA/CA қайта узатиш механизми) учун хизмат кўрсатиш моделларини лойиҳалаш, уларни аналитик моделлаштириш, тугунлар сони, уларнинг ўзаро жойлашув асосларини ташкил этувчи тармоқ топологияларини тадқиқ этиш, ҳар бир тугун учун энергия таъминоти манбаларининг имкониятини аниқлаш, электр таъминоти манбаларини катталик ва параметрларини масофадан мониторинг технологиясини 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 БВ-А3-027 «Мустақил энергия манбали бинонинг электр таъминоти бошқарув тизимини ишлаб чиқиш ва жорий этиш» (2017-2018), 574049-EPP-1-2016-1-IT-EPPKA2-CBHE-JP «Modernization of the

<sup>2</sup> Schaumburg H. Werkstoffe und Bauelemente der Elektrotechnik.Sensor-anwendungen. Stuttgart: B.G. Teubner, 2012. – 420 p.

<sup>3</sup> E.Ritchie, L.Mihet-Popa, B.Jenson, and I.Blode “Condition Monitoring of Wind Generators”. IEEE Industry Applications Conference 38rd IAS Annual Meeting 2003

<sup>4</sup> Hanitch, R. and Quashning, V. Irradiance Calculations on Shaded Surfaces. Solar Energy, 62, 369-375. (2014) Soldata Instruments.

<sup>5</sup> Rampias Ioannis and Natalya Klimenko, “Experience of Renewable Energy Sources use in Uzbekistan”. 3rd International Scientific Conference of PROMITHEAS “Energy and Climate Change”, 7th – 8th October 2010, Athens.

<sup>6</sup> В.П.Милловзоров, Г.М. Веденев, В.Г.Видгорчик и др. Патент SU 828184 А1, Вторичный источник питания, Официальный бюллетень №17, 1981 г.

<sup>7</sup> Orod Raeesi, Juho Pirskanen, Ali Hazmi, Toni Levanen, Mikko Valkama. Performance Evaluation of IEEE 802.11ah and its Restricted Access Window Mechanism. // ICC’14 - W7: Workshop on M2M Communications for Next Generation IoT.

<sup>8</sup> Behnam Badihi, Fayeze Ghavimi, Riku Janti. On the System-level Performance Evaluation of Bluetooth 5 in IoT: Open Office Case Study. // ©2019 IEEE

<sup>9</sup> Zhuoling Xiao, Jie Zhou, Junjie Yan, Chen He, Lingge Jiang, Niki Trigoni. Performance evaluation of IEEE 802.15.4 with real time queueing analysis. // Ad Hoc Networks 73 (2018) 80–94. DOI: 10.1016/j.adhoc.2018.01.006

<sup>10</sup> Зарипов М.Ф., Петрова И.Ю. Энергоинформационный метод анализа и синтеза чувствительных элементов систем управления // Датчики и системы. 1999. № 5. –С.10-16.

<sup>11</sup> Р.И.Исаев. Устойчивость функционирования систем и сетей связи. Ташкент: “Aloqachi”.-2017. -266 с.

<sup>12</sup> Ю.В.Писецкий. Методы и устройства дистанционного мониторинга: Диссертация // Ташкент, 2018, 154 с.

<sup>13</sup> D.A.Davronbekov, U.T.Aliev, J.D.Isroilov, X.F.Alimdjanov. Power Providing Methods for Wireless Sensors. International Conference on Information Science and Communications Technologies ICISCT 2019, Tashkent, Uzbekistan - 2019.

<sup>14, 15, 16</sup> Патент РУз. UZ IAP 20180443, Преобразователь тока в напряжении, Официальный бюллетень №1, 2021г.

Curricula in sphere of smart building engineering - Green Building (GREB)» (2016-2019), 7/18 «Гибрид энергия манбаларини қўллаш орқали коммуникациялар ва алоқа объектларининг энергетик самарадорлигини ошириш ҳамда энергетик кўрсаткичларини такомиллаштириш» (2018-2020), 609564-EPP-1-2019-1-EL-EPPKA2-CBHE-JP «MechaUz: Modernization of Mechatronics and Robotics for Bachelor degree in Uzbekistan through Innovative Ideas and Digital Technology» (2019-2021), АКТ-А-2021-3 «Қайта тикланувчи энергия манбалари асосидаги энерготизим чиқиш параметрларини тадқиқ қилиш дастурий таъминоти ва симуляцион стендини тажрибавий намунасини яратиш ва ишлаб чиқиш» (2021-2023) ҳамда Uzb-Ind-2021-94 «Energy Efficient Communication and Data Flow in Smart City using CRN based IoT Framework» (2021-2023) халқаро лойиҳалари доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** телекоммуникация объекти энергия таъминоти манбаларининг симсиз сенсор тармоқлар асосидаги мониторингини моделлаштириш, тадқиқ этиш ва амалиётда қўллашдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

телекоммуникация объектларида қўлланиладиган энергия таъминоти манбалари турлари ҳамда уларни мониторинги усуллари, қурилма ва воситаларини таҳлил қилиш;

энергия таъминоти манбаларининг мониторингини симсиз сенсор тармоқларини қуриш тамойилларини таҳлил ва тадқиқ этиш;

телекоммуникация объектларининг энергия таъминоти манбаларини симсиз сенсор тармоқли мониторингининг воситаларини моделлаштириш;

телекоммуникация объекти энергия таъминоти манбаларининг мониторинги қурилмаларини физик ва IoT моделини ишлаб чиқиш;

энергия таъминоти манбаларини мониторинги имитацион модели, алгоритми ва дастурий таъминотини ишлаб чиқиш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида телекоммуникация объектининг энергия таъминоти манбаларининг симсиз сенсор тармоқлар асосидаги мониторингини қурилма ва воситалари олинган.

**Тадқиқотнинг предмети** телекоммуникация объекти энергия таъминоти манбаларини симсиз сенсор тармоқли мониторинг жараёнлари ташкил этади.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Тадқиқотлар жараёнида хатоликлар назарияси, сигналларни узатиш назарияси, имитацион моделлаштириш усулларидан фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилigi** қуйидагилардан иборат:

энергия таъминоти манбаларининг масофадан мониторинги маълумотлар узатиш тизимини симсиз сенсор тармоғини шакллантириш топологияси ва модели ишлаб чиқилган;

телекоммуникация объекти энергия таъминоти манбаларининг IoT асосидаги масофадан мониторингини модели яратилган;

телекоммуникация объекти энергия таъминоти манбаларининг симсиз сенсор тармоқли масофадан мониторинги имитацион модели ва алгоритми ишлаб чиқилган;



илк маротаба телекоммуникация объектларининг энергия таъминоти манбаларини симсиз сенсор тармоқли мониторинги тизимининг токини кучланишга ўзгартириш қурилмаси модели яратилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** куйидагилардан иборат:

телекоммуникация объектлари энергия таъминоти манбаларини симсиз сенсор тармоқли масофадан мониторинг қурилмалари, воситалари ва дастурий таъминотлари ишлаб чиқилган;

телекоммуникация объектлари энергия таъминотини IoT, симсиз сенсор тармоқ ҳамда микроконтроллер бошқарув блоки асосида масофадан мониторинг қилиш тузилмаси, маълумотлар базаси ва формати ишлаб чиқилган;

телекоммуникация объектларининг энергия таъминоти манбаларининг мониторинг жараёнида қўлланилувчи AVR микроконтроллерли сигнал ўлчов-ўзгартириш қурилмаси ишлаб чиқилган;

энергия таъминоти манбасининг симсиз сенсор тармоқ модуллари, микроконтроллер бошқарув блоки асосида масофадан мониторинг иммитацион моделининг дастурий таъминоти ишлаб чиқилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги.** Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги энергия таъминоти манбаларининг мониторинг тизими учун ишлаб чиқилган симсиз сенсор тармоқ тузилиш тамойиллари, тадқиқот моделлари, маълумотларни узатиш усуллари, тавсифлари ва олинган тадқиқотлар натижалари умумқабул қилинган мезонлар асосида қиёсий солиштириш орқали изоҳланган.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти масофадан мониторинг тизимининг симсиз сенсор тармоқларида маълумотлар узатиш самарадорлигини Марков занжири орқали баҳолашнинг аналитик моделини, масофадан мониторинг моделида фойдаланилувчи токни кучланишга ўзгартириш қурилмасининг моделини ҳамда IoT ва симсиз сенсор тармоқ технологияси асосида телекоммуникация объектлари энергия таъминоти манбаларини катталиқ ва параметрларини масофадан мониторинги моделини ишлаб чиқилганлиги билан баҳоланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти телекоммуникация объектларининг энергия таъминоти манбаларини симсиз сенсор тармоқлари ёрдамида масофадан мониторинг дастурий таъминоти, токни кучланишга ўзгартгич қурилмаси, IoT, симсиз сенсор тармоқ ҳамда микроконтроллер бошқарув блоки асосида телекоммуникация объектлари энергия таъминотини масофадан мониторинг қилиш тизими тузилмаси, маълумотлар базаси ва формати, симсиз сенсор тармоқ модуллари, микроконтроллер бошқарув блоки асосида энергия таъминоти манбасини масофадан мониторинг қилиш блокни ишлаб чиқилганлиги ҳамда токни кучланишга ўзгартириш қурилмасинининг физик моделини яратилганлиги билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Телекоммуникация объектларининг энергия таъминоти манбаларини масофадан мониторинг моделлари бўйича олинган натижалар асосида:

энергия таъминоти манбаларининг масофадан мониторинги маълумотлар узатиш тизимини симсиз сенсор тармоғини шакллантириш топологияси ва модели ҳамда телекоммуникация объектларининг энергия таъминоти манбаларини симсиз сенсор тармоқли мониторинги тизимининг токини кучланишга ўзгартириш қурилмаси Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлиги тасарруфидаги корхоналарда, хусусан «Ўзбектелеком» АК Тошкент филиалининг Янгибозор телекоммуникациялар боғламасида синовдан ўтказиш асосида жорий этилган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2021 йил 23 сентябрдаги 33-8/6678-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижасида энергия таъминоти манбаларининг носозликларини ўз вақтида аниқлаш ва тезкор хизмат кўрсатиш орқали қурилмаларнинг умумий хизмат кўрсатиш муддати 2-3 % га узайтирилган.

телекоммуникация объекти энергия таъминоти манбаларининг IoT асосидаги масофадан мониторингини модели ҳамда телекоммуникация объекти энергия таъминоти манбаларининг симсиз сенсор тармоқли масофадан мониторинги имитацион модели ва алгоритми Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлиги тасарруфидаги корхоналарда, хусусан «Ўзбектелеком» АК Жиззах филиалининг Арнасой ҳамда Янгиобод туман телекоммуникациялар боғламаларида синовдан ўтказиш асосида жорий этилган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2021 йил 23 сентябрдаги 33-8/6678-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижасида юклама, энергия таъминоти тизими ҳарорати, қуёш панеллар юзаларининг чангланганлигини инобатга олган ҳолда қуёш энергия таъминоти манбаларини масофадан мониторинг қилиш орқали уларнинг ишлаш муддати ва техник ҳолатини 4-5 %га яхшилаш имкони яратилган.

телекоммуникация объектларининг энергия таъминоти манбаларини симсиз сенсор тармоқли мониторинги тизимининг токини кучланишга ўзгартириш қурилмаси Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлиги тасарруфидаги корхоналарда, хусусан Радиоалоқа, радиоэшиттириш ва телевидения маркази ДУКда синовдан ўтказилган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2021 йил 23 сентябрдаги 33-8/6678-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижасида мониторинг орқали энергия таъминоти манбаларига техник хизмат кўрсатиш вақтини 10-15 %га қисқартиришга эришилган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Тадқиқотлар натижалари 12 та халқаро, 5 та республика илмий-амалий конференциялар ҳамда илмий семинарларда муҳокама қилинган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Тадқиқот мавзуси бўйича жами 34 та илмий ишлар, улардан Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлиги томонидан 1 та ихтирога патент олинган, Олий аттестация комиссияси томонидан тавсия этилган илмий нашрларда 11 та мақола, шу жумладан 7 та ҳорижий, 4 та республика миқёсидаги журналларда

чоп этилган, 6 та ЭҲМ учун яратилган дастурий воситаларни қайд қилиш гувоҳномалари расмийлаштирилган.

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

## 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 асосланган ҳамда уларнинг назарий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларини амалга жорий қилиш ҳолати, нашр этилган ишлар ҳамда диссертациянинг тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «Телекоммуникация объектларининг қуёш энергия таъминотини масофадан мониторинг тизими ва воситаларини таҳлили» деб номланган биринчи бобида телекоммуникация объектларининг энергия таъминоти манбаларини қуриш усуллари ва функционал имкониятлари, масофадан мониторинги хусусиятлари, қурилмалари, воситалари шунингдек энергия таъминоти манбалари масофадан мониторинг тизимлари таҳлил қилинган ҳамда кўриб чиқилган.

Мониторинг тизимида ўрнатилган техник воситалар тўплами асосида олисдан олинган батафсил маълумотлар асосида хизмат кўрсатиш ва таъмирлаш ходими томонидан яроқсизлик сабаби тезроқ аниқланади ва тузатилади. Мониторинг тизимларининг қўлланиши профилактик таъмирлашда қайта тиклаш ва туриб қолиш вақтини камайтириш ҳисобига техник ишлатиш коэффициенти билан баҳоланадиган телекоммуникация объектларининг ишончлилигини оширишга имкон беради. Аммо амалдаги телекоммуникация объектлари энергия таъминоти манбаларини масофали мониторинг қилиш тизимлари энергия таъминоти манбаларини реал вақт мониторингини амалга ошириш учун энг яхши ечим ҳисобланмайди. Мавжуд мониторинг тизимлари техник жиҳатдан бир нечта чекловларга эга.

Диссертация ишида таклиф этилаётган мониторинг модели объекти сифатида қайта тикланувчан энергия манбали энергия таъминоти тизими танлаб олинган. Ушбу модел нафақат энергия манбаларига тегишли катталиқ ва параметрлар (ток, кучланиш, қувват, юклама, АКБ заряд миқдори ва ҳ.к.), балки унга таъсир қилувчи ташқи омилларнинг (ҳаво ҳарорати, намлиги, қурилмалар ҳарорати, панеллар юзасидаги чангланганлик ва ҳ.к.) мониторингини ҳам амалга оширади. Шу билан бирга таклиф этилаётган мониторинг модели мослашувчан алоқа архитектурасига эга ва ҳар қандай шароитда уни қўллаш имконияти мавжуд. Ушбу ҳолат телекоммуникация объектлари энергия таъминоти манбаларининг ишлаш самарадорлигини тўлиқ

баҳолаш ва мониторинг қилинаётган катталиқ ва параметрларнинг тўлиқлиги асосида уларни янада яхшилаш имконини беради.

Диссертациянинг «Масофадан мониторинг тизимининг симсиз сенсор тармоқларини қуриш тамойиллари» деб номланган иккинчи боби мониторинг тизимлари учун маълумот алмашиниш тармоқларини ташкил этиш усулларини, маълумотларни қабул қилиш ва қайта ишлаш тармоқлари ҳамда уларда қўлланиладиган симсиз сенсор тармоқ технологияларини тадқиқ этишга, шу билан бирга тадқиқот ишида тадқиқ этилаётган мониторинг тизимини қуриш учун симсиз сенсор тармоқ технологиясини танлаб олишга бағишланган.

Телекоммуникация объектлари энергия таъминот манбаларининг масофавий мониторингида алоқа инфратузилмасига алоҳида эътибор қаратиш лозим, чунки алоқа тармоғи электр инфратузилмасининг ўзи каби муҳимдир ва алоқа тармоғидаги носозликлар энергия тизимида носозликларнинг жуда юқори фоизини келтириб чиқаради. Қайта тикланувчан энергия манбарини масофавий мониторинг тизими учун тадқиқот ишида учта даража белгиланган: станция даражаси, тармоқ даражаси ва илова даражаси (амалий даража) ва улар 1-расмда келтирилган.



**1-расм. Масофавий мониторинг даражалари**

Станция даражаси: қуёш панеллари электр энергиясини ишлаб чиқариш, фойдаланиш ва ишлаш муддатини ошириш учун тўғридан-тўғри алоқа қилишади ва олинган маълумотларни алмашадилар.

Тармоқ даражаси: қуёш станцияси ва асосий тармоқ ўртасидаги ишончли алоқани таъминлайди ва қўллаб-қувватлайди. Бу даража ишончли, кенг масштаби ва тезкор бўлиши ва турли хил иловалар учун хизмат кўрсатиш сифатининг кенг диапазонини (QoS) қондириши керак.

Илова даражаси: мониторинг маркази операторларига мониторинг, таҳлил ва назоратнинг асосий функцияларини амалга оширишга ёрдам беради.

Мониторинг тизимининг юқоридаги компонентлари ва қурилмалари орасидаги сигналли боғланиш асосан икки усулда амалга оширилади: симли ва симсиз (радио сигналлар ёрдамида) боғланиш. Симсиз ва симли тармоқ имкониятларини инобатга олиб мониторинг тизимининг станция

даражасидаги тармоғини симсиз тармоқ технологияси асосида қуриш юкори самарадорликка эга бўлиши аникланди.

Мониторинг тизимини қуришдаги асосий муаммолардан бири энергия манбаси миқёсидаги маълумот узатиш тармоғини ташкил этиш ҳисобланади. Бунда сенсор тугунлар ўртасида сифатли ва ишончли алоқани ташкил этиш усулларини аниқлаш ҳамда мониторинг учун қуйидаги симсиз тармоқ технологияларини таҳлил қилиш талаб этилади:

– Wi-Fi – симсиз тармоқ технологиялари оиласига мансуб IEEE802.11 стандарти номини олган. Ўрганилган тадқиқот ишларида IEEE802.11 стандартининг ўтказувчанлик қобилияти ва энергия сарфи RTS/CTS (Request/Clear To Send – узатиш сўрови) кириш механизмларидан фойдаланилган қуйидаги асосий аналитик ифода бўйича баҳоланган.

$$T_W^{RTS} = \frac{p_{suc}^{RTS} \times 8 \times L_{pl}}{\sum_{m=0}^{r_{short}-1} \sum_{n=0}^{r_{long}-1} \binom{n+m}{n} p_{col}^n p_{err}^m (1-p_{col})^{n+1} (1-p_{err})^m t_{n,m}} \times \frac{1}{\sum_{m=0}^{r_{short}-1} \binom{m+r_{short}-1}{r_{short}-1} p_{col}^m p_{err}^m (1-p_{col})^m t_{short,m} + \sum_{m=0}^{r_{long}-1} \binom{m+r_{long}-1}{r_{long}-1} p_{col}^m p_{err}^m (1-p_{col})^m t_{long,m}} \quad (1)$$

бу ерда:  $T_W^{RTS}$  – RTS/CTS кириш механизмларидан фойдаланилган ҳолатдаги ўтказувчанлик қобилияти,  $p_{suc}^{RTS}$  – пакетни муваффақиятли узатиш эҳтимоллиги,  $p_{col}$  – коллизиянинг юзага келиш эҳтимоллиги,  $p_{err}$  – пакетларни хатолик билан узатиш эҳтимоллиги,  $L_{pl}$  – асосий маълумот ҳажми,  $r_{short}$  – RTS учун максимал қайта узатишлар сони,  $r_{long}$  – маълумот пакетлари учун максимал қайта узатишлар сони,  $n, m$  – тўқнашувлар ва хатоликлар сони.

– Bluetooth (IEEE 802.15.1 стандарти) - 2.402 дан 2,480 ГГц гача бўлган ўта юкори частота диапазонида ишлайдиган ҳамда кўзгалмас қурилмалар ўртасида қисқа масофаларга маълумотларни узатиш ва шахсий тармоқларини яратиш учун ишлатиладиган симсиз технология ҳисобланади. Ўрганилган тадқиқот ишида тармоқнинг асосий тавсифини ифодаловчи тармоқ ўтказувчанлик қобилияти учун қуйидаги аналитик ифода тақлиф этилган:

$$T_{BLE}(n, s) = \frac{n \cdot 8}{\frac{S_n}{R_b} + \frac{(n+s)R_c \cdot 8}{R_b} + 2\tau + 2 \max(t_{int}, t_{tx} + t_{rx})} \quad (2)$$

бу ерда:  $n$  – координатордан бошқариладиган тугунга узатиладиган байтлардаги асосий маълумот ҳажми,  $S$  – жавоб пакетининг байтлардаги асосий маълумот ҳажми,  $R_b$  – интенсивлик (bitrate),  $R_c$  – код жадаллиги (code rate),  $S_n$  – сарловҳанинг битлардаги ҳажми,  $t_{tx}$  – пакетни узатишдан олдин уни қайта ишлаш учун талаб этиладиган вақт,  $t_{rx}$  – пакет қабул қилинганидан сўнг уни қайта ишлаш учун талаб этиладиган вақт,  $t_{int}$  – кадрлараро оралиқ вақт,  $\tau$  – сигнал тарқалишининг кечикиши.

– Zigbee – юкори даражадаги алоқа протоколлари тўпламини ўз ичига олган, IEEE-нинг 802.15.4 спецификациясига асосланган симсиз тармоқ технологиясидир. Zigbee деб номланган ушбу технология бошқа симсиз

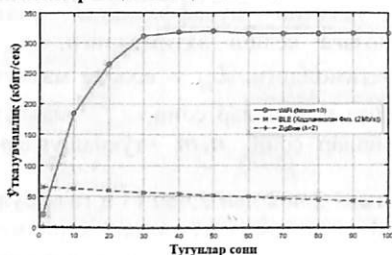
шахсий тармоқларига (СШАТ), масалан Bluetooth ёки Wi-Fi каби симсиз тармоқларга қараганда анча содда ва арзон технология сифатида яратилган.

Тадқиқот ишларида тармоқнинг ўтказувчанлик қобилиятини тадқиқ этиш учун қуйидаги ифода шакллантирилган:

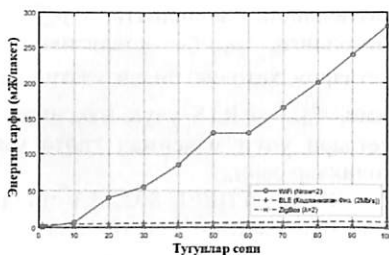
$$T_{\text{ЗВ}} = \frac{S_p}{t_d} = \frac{l_{\text{pack}} \cdot \sum_{j,j_d} \pi_{(i,j)} p(t_b, j) p_s(t_b, j)}{t_b \cdot (\sum_{j,j_d} \pi_{(i,j)} p(t_b, j) t_v + \sum_j \pi_{(0,j)})}, \quad (3)$$

бу ерда:  $S_p$  - ҳар бир ўтиш ҳолатида узатиладиган битларнинг ўртача сони,  $t_d$  - ҳар бир ўтиш учун кетган ўртача вақт,  $l_{\text{pack}}$  - пакетга мос келадиган битлар сони,  $t_b$  - қайта узатиш слотининг давомийлиги,  $\pi_{(i,j)}$  - буферлаш моделида белгиланган Марков ҳолатининг барқарор ҳолат эҳтимоллиги,  $p(t_b, j)$  - биринчи канални сезиш эҳтимоллиги,  $p_s(t_b, j)$  - белгиланган тугуннинг каналга муваффақиятли кириш эҳтимоллиги,  $t_v$  - виртуал хизмат кўрсатиш вақти.

Тармоқ стандартларининг ўтказувчанлик қобилияти ва энергия самарадорлиги бўйича таққослаш графиклари 2-расмда келтирилган. Ушбу графиклар юқорида тадқиқ этилган ҳар бир тармоқ стандарти учун келтириб ўтилган, графиклар бўйича энг юқори кўрсаткичга эга бўлган ҳолатларнинг қийматлари ҳосил қилинган.



а)



б)

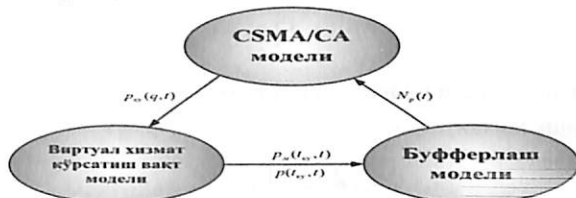
2-расм. WiFi, Bluetooth ва ZigBee симсиз тармоқ стандартларининг ўтказувчанлик қобилияти (а) ва энергия самарадорлиги (б) бўйича таққосланган графиглари

Масофавий мониторинг тизимларида асосий муаммолардан бири уларнинг энергия таъминоти ҳисобланади. Шу сабабли мониторинг тизимларида одатда энг кам энергия сарфига эга қурилмалардан фойдаланилади. Қолаверса мониторинг қилинадиган объектларга ўрнатилган сенсорлар жуда кичик ҳажмдаги маълумотлар тўпламини ҳосил қилади ҳамда бундай тизимлар учун юқори ўтказувчанликга эга технологиялар талаб этилмайди. Ушбу асосларда шакллантирилаётган мониторинг тизими учун ZigBee технологиясини қўллаш афзалликларини юқори баҳолаш мумкин.

Диссертациянинг «Масофадан мониторинг тизимининг маълумот узатиш тармоқларини қуриш усули ва модели» деб номланган учинчи боби ZigBee асосида энергия таъминоти манбаларининг симсиз сенсорли маълумот узатиш тармоғини қуриш тамойилларини топологияларини, масофавий

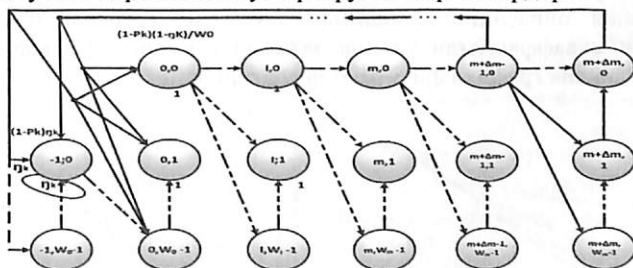
мониторинг тизимининг маълумот алмашиш тармоқ модели ва симсиз сенсорли маълумот узатиш тармоқларининг тавсифларини тадқиқ этишга бағишланган.

Тармоқ шароитидан келиб чиқиб протоколни тўғри моделлаштириш динамик симсиз тармоқлар учун жуда мураккабдир. Буферлаш хусусиятини инобатга олмай туриб протоколни моделлаштириш амалда унинг ишончсиз ва ноаниқ бўлишига сабаб бўлади. Тадқиқотларда тармоқларнинг уйқу режимидан келиб чиқиб реал вақтда юкларнинг симсиз тармоқ технологиялари ишлашига таъсирини таҳлил қилиш учун Марков занжирдан фойдаланилган. Ушбу модел ZigBee стандарти учун 3 та суб моделлардан ташкил топган (3-расм).



**3-расм. Мониторинг тизимлари учун ZigBee стандарти симсиз тармоғи ишлаш жараёнининг субмоделлари:**  $N_p(t)$  – рақобатлашувчи тугунлар сонининг тақсимланиши,  $p(t_{xy}, t)$  – виртуал хизмат кўрсатиш вақтининг тақсимланиши,  $p_m(t_{xy}, t)$  – каналга муваффақиятли кириш эҳтимоллиги,  $p_{xy}(q, t)$  – қайта узатиш босқичларининг тақсимланиши.

Марков занжири ўзида икки ўлчамли тасодифий жараённи тақдим этади (4-расм), бунда  $b(t)$  ва  $s(t)$  – мос ҳолда тескари ҳисоблаш ҳисоблагичи ҳолатини ва унинг даражасини туширтирувчи жараёнлардир.



**4-расм. Мониторинг тизимларида ZigBee стандарти асосидаги тармоқ станциялари ҳолатини баҳолашни тавсифловчи Марков занжири**

Тармоқнинг  $k$ -элементи ҳолати  $\{i, l\}$  кўринишида ёзилади, бунда  $i$  –  $(0, 1, \dots, m + \Delta m)$  интервалдаги қийматлар билан кечикиш босқичи,  $m$  – пакетларни узатиш босқичларининг (уринишларнинг) максимал миқдори,  $\Delta m$  – узатишнинг қўшимча босқичлари;  $l$  –  $(0, 1, \dots, W_l - 1)$  вақт интервалида вақт бўйича кечикиш ҳисоблагичи,  $W_l = 2^l W_0$  – кечикишнинг  $i$ -босқичида “конкуренция ойнаси” узунлиги.

Марков занжиридан фойдаланиб  $P_1$  орқали тармоқ элементининг кўрилатган вақт интервалида маълумотни узатиш эҳтимоллиги белгиланган. У кечикиш ҳисоблагичи нолгача камайган вақтда пакетни узатади, яъни  $\{i,0\}$  ҳолатига жойлашади. Шундан келиб чиқиб, кўрилатган вақт интервалида тармоқнинг  $k$ -элементининг узатиш эҳтимоллиги қуйидагича аниқланади:

$$P_{ik} = \frac{2(1 - P_k^{m+\Delta m+1})}{\frac{2\eta_k(1 - P_k)}{1 - \eta_k} + (1 - P_k^{m+\Delta m+1}) + W_0 \left( \frac{(1 - (2P_k)^{m+1})(1 - P_k)}{(1 - 2P_k)} + P_k(2P_k)^m(1 - P_k^{\Delta m}) \right)}. \quad (4)$$

Тармоқнинг битта элементи учун вақт интервалида узатишни амалга ошириш эҳтимоллиги  $P_r$  қуйидагича тенг бўлди:

$$P_r = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_{ii}). \quad (5)$$

Ушбу асосда тармоқнинг муваффақиятли узатиш эҳтимоллиги  $P_s$  қуйидагича аниқланади:

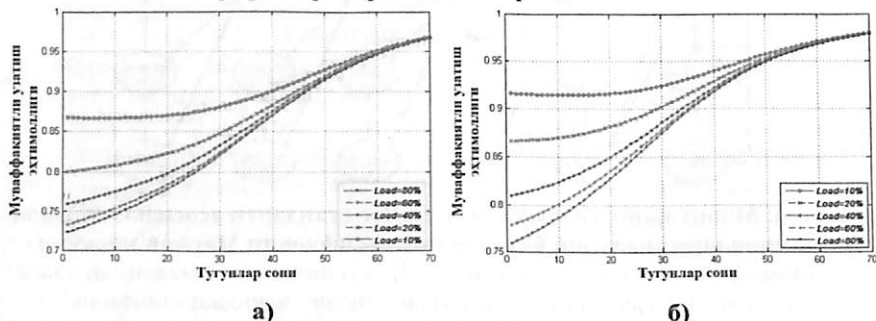
$$P_s = \frac{\sum_{i=1}^n P_{ii} \prod_{l=1}^n (1 - P_{ll})}{P_r}. \quad (6)$$

Канални нормаллаштирилган ўтказувчанлик қобилияти вақт интервалида узатилаётган ахборотнинг ўртача фойдали юкмасининг ушбу вақт интервалининг ўртача узунлигига нисбати кўринишида тақдим этилади.

Тўйинган ҳолатда тармоқнинг кутилаётган ўтказувчанлик қобилияти қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$S_i = \frac{P_r \cdot P_i \cdot L_p}{(1 - P_r) \cdot T_\sigma + P_r \cdot P_i \cdot T_i + P_r(1 - P_i)T_c}. \quad (7)$$

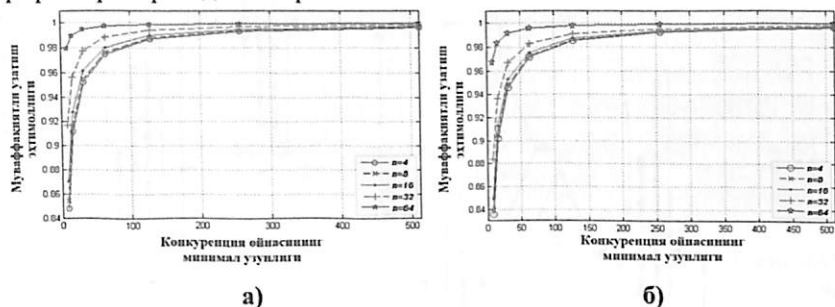
Пакетларни узатиш босқичларининг максимал миқдори  $m=6$ , “конкуренция ойнасининг” минимал узунлиги  $W_0=8$  га тенг бўлганда пакетларни муваффақиятли узатиш эҳтимоллигининг тармоқдаги тугунлар сонига боғлиқлик графиклари 5-расмда келтирилди.



5-расм. Пакетларни муваффақиятли узатиш эҳтимоллигининг тугунлар сонига боғлиқлик графиклари: а)  $P_f = 0.1$ ; б)  $P_f = 0$



Пакетларни узатиш босқичларининг максимал миқдори  $m=6$ , тизим юкламаси  $\lambda/\mu=40\%$  га тенг бўлганда пакетларни муваффақиятли узатиш эҳтимоллигининг “конкуренция ойнасининг” минимал узунлигига боғлиқлик графиклари 6-расмда келтирилган.



6-расм. Пакетларни муваффақиятли узатиш эҳтимоллигининг “конкуренция ойнасининг” минимал узунлигига боғлиқлик графиклари: а)  $P_j = 0.1$ ; б)  $P_j = 0$

Ушбу графиклар мониторинг моделининг симсиз сенсор тармоғи учун оптимал тугунлар сонини аниқлаш имконини беради. Графиклар асосида 4, 6 ва 16 та тугун учун олинган ижобий натижалар улардан катта миқдордаги (32 ва 64 та) тугунлар сони таснифларидан кескин фарқ қилиши аниқланган.

Диссертациянинг «Телекоммуникация объектларининг энергия таъминоти манбалари мониторинг тизими ва уларни амалиётда қўллаш» деб номланган тўртинчи боби телекоммуникация объектлари энергия таъминоти манбаларини мониторинги имитацион модели, алгоритми ва дастурий таъминотини ишлаб чиқиш ва IoT технологияси асосидаги модель ёрдамида мониторингни амалга ошириш масалаларига бағишланган.

Мониторинг тизими ўлчов маълумотларини йиғиш ва қайта ишлаш жараёнларини ҳисобга олган ҳолда, энергия таъминоти манбасининг кузатиш, ахборот-ўлчов тизимини ишлашини назорат қилишнинг алгоритми ишлаб чиқилган (7-расм).

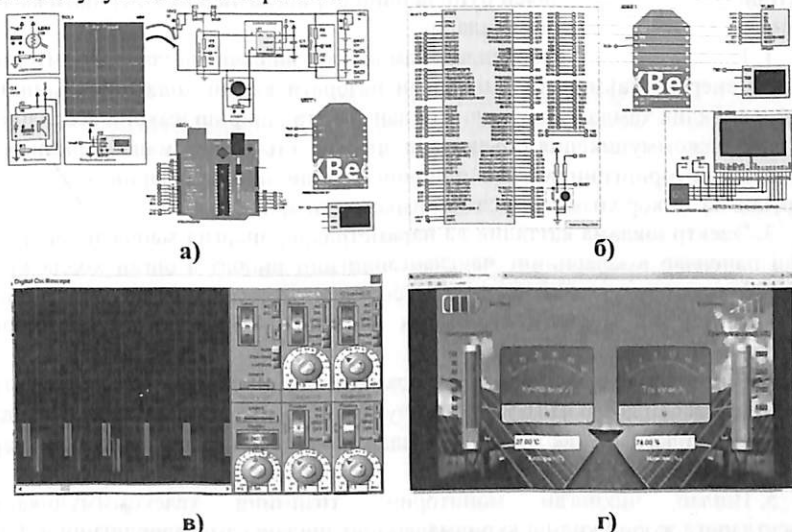
Телекоммуникация объектлари энергия манбаларининг мониторинг маркази бош-станция бўлиб, унда ҳар бир объектнинг кузатилган катталиқ ва параметрлар бўйича барча маълумотлар алоҳида йиғилади, параметрлар бўйича маълумотларга ишлов берилади, мониторинг натижалари белгиланган стандартлар билан таққосланади. Таққосланган кийматлар асосида тизимнинг иш ҳолати аниқланади. Назорат қилинадиган барча объектларнинг аниқланадиган ҳар бир катталиқ ва параметри тўғрисида маълумотлар тўплами вақт бўйича кетма-кет манзилли пакетлар кўринишида радио ёки симли алоқа каналлари ёрдамида сервер киришига узатилади. Реал ўлчов бўйича серверга кирувчи маълумотлар қайта ишланади. Уртача математик киймат аниқланади, ҳамда у ушбу параметр учун белгиланган метр билан мониторинг жараёнида таққосланади (8-расм).





**8-расм. Мониторинг жараёни тузилиш схемаси**

Ҳар қандай объектнинг энергия таъминоти манбалари мониторинг тизими тузулиши асосан 3 та қисмдан ташкил топади: ўлчов қисми, сервер қисми (хисоблаш) ҳамда веб саҳифа (тасвирлаш). Proteus дастурий муҳитида яратилган телекоммуникация объектларининг энергия таъминот манбаларини масофавий мониторинги имитацион модели 3 қисмдан иборат (9-расм). Шакллантирилган мониторинг тизими турли ҳудудда жойлашган энергия манбаларини масофадан мониторинг қилишга мўлжалланган. Ушбу ишда намуна сифатида мониторинг тизими виртуал муҳитда фақат битта энергия манбаси учун амалга оширилган.



**9-расм. Телекоммуникация объектлари энергия таъминот манбаларини масофавий мониторинги имитацион модели:**

а) манба параметрларини ўлчаш ва узатиш; б) қабул қилиш;

в) маълумотлар алмашиниш рақамли сигнал графиги; г) веб саҳифа.

Агар мониторинг катталики ва параметрларининг ўртача қиймати меъёрдан кам ёки ундан катта бўлса, у ҳолда тизим ушбу катталики ёки

параметр билан объектга техник хизмат кўрсатиш зарурати тўғрисида қарор қабул қилади. Агар мониторинг катталиқ ва параметрининг ўртача қиймати меъёрга тўғри келса, унда объектга техник хизмат кўрсатиш зарур эмаслиги тўғрисида қарор қабул қилинади. Қарор қабул қилиш натижалари энергия таъминоти манбасини Бошқариш Марказининг мониторида акс этади.

Ишлаб чиқилган масофали мониторинг модели орқали реал вақт масштабида энергия истеъмоли, кун давомида энергия таъминоти манбаларидан қанчадан фойдаланганлик ва шикастланишлар ҳолатлари тўғрисидаги маълумотларни таҳлил қилиш ҳамда узлуксиз ишлашни амалга ошириш учун келгусидаги захираларни режалаштиришга имкон беради.

Энергия таъминоти манбаларининг мониторингида симсиз сенсор тармоқлар, манбалар сонига мос келадиган симсиз тармоқ модуллари ва микроконтроллерлар блоқини, ишлаб чиқилган алгоритм бўйича яратилган дастурий таъминотни амалий қўллаш орқали телекоммуникация объектлари энергия таъминоти манбаларининг ишлаш муддати ва техник ҳолатини яхшилашга эришилди.

## ХУЛОСА

“Телекоммуникация объекти энергия таъминоти манбаларининг симсиз сенсор тармоқлар асосидаги мониторинг модели” мавзусидаги фалсафа доктори (PhD) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижасида қуйидаги хулосалар тақдим этилади:

1. Ишлаб чиқилган моделлар ҳамда такомиллаштирилган мониторинг тизими энергия таъминоти манбалари назорати ва иш ҳолатида бўлишини юқори аниқлик ҳамда ишончлилик билан амалга ошириш имкони асосланди.

2. Телекоммуникация объектлари энергия таъминоти манбаларини реал вақтда мониторингини амалга ошириш орқали носозликларни ўз вақтида аниқлаш ва тезкор хизмат кўрсатиш имконияти яратилди.

3. Электр юклама катталиқ ва параметрлари, энергия манбаси ҳарорати, қуёш панеллар юзаларининг чангланганлигини инобатга олган ҳолда қуёш энергия таъминоти манбаларини масофадан мониторинг қилиш асосида уларнинг ишлаш муддати ва техник ҳолатини 4-5%га яхшилаш имкони таъминланди.

4. Симсиз сенсор тармоқлари тадқиқотиинг ишлаб чиқилган аналитик ифодалари асосида 4, 6 ва 16 та тугун учун олинган ижобий натижалар улардан катта миқдордаги (32 ва 64 та) тугунлар сони таснифларидан кескин фарқ қилиши аниқланди.

5. Ишлаб чиқилган мониторинг тизимини телекоммуникация объектларига жорий қилиш қурилмаларнинг ишлаш самарадорлигини 4-4,5% оширишини исботлади.

6. Энергия таъминоти манбаларининг носозликларини ишлаб чиқилган масофадан мониторинг тизими асосида ўз вақтида аниқлаш қурилмаларнинг хизмат кўрсатиш муддатини 3-3.5% га ошириш имконини берди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.13/30.12.2019.Т.07.02 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ  
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

---

**ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ**

**ХАСАНОВ ДОСТОН ТУРАЕВИЧ**

**МОДЕЛЬ МОНИТОРИНГА ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ  
ОБЪЕКТОВ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ НА ОСНОВЕ СЕТЕЙ  
БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРОВ**

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

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

**Ташкент-2022**

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № В2021.4.PhD/Т2502.

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.ziyounet.uz).

**Научный руководитель:**

**Сиддиков Илхомжон Хакимович**  
доктор технических наук, профессор,

**Официальные оппоненты:**

**Хамдамов Уткир Рахматиллаевич**  
доктор технических наук, профессор

**Каримов Шерзод Собиржонович**  
доктор философии (PhD) по техническим наукам

**Ведущая организация:**

**Навоийский государственный горный институт**

Защита диссертации состоится «4» Мая 2022 г. в 10<sup>00</sup> часов на заседании Научного Совета DSc.13/30.12.2019.T.07.02 при Ташкентском университете информационных технологий (Адрес: 100084, 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 №240). (Адрес: 100084, г. Ташкент, ул. Амир Темура, 108. Тел.: (99871) 238-65-44).

Автореферат диссертации разослан «21» Февраля 2022 года.  
(реестр протокола рассылки № 8 от «19» Февраля 2022 года.)



**М.М.Мухитдинов**  
Заместитель председателя Научного Совета  
по присуждению ученых степеней,  
д.т.н., профессор

**Х.Э.Хужаматов**  
Ученый секретарь Научного Совета  
по присуждению ученых степеней,  
PhD., доцент

**Р.М.Алиев**  
Заместитель председателя научного семинара  
при Научном Совете по присуждению  
учёных степеней, д.т.н., профессор

## ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мире большое внимание уделяется использованию экономических источников энергоснабжения для обеспечения бесперебойной работы систем телекоммуникаций и информационных технологий, совершенствованию устройств контроля и управления посредством сетей беспроводных сенсоров. В этой области, в том числе дистанционное управление источниками электроснабжения средств телекоммуникаций, модели, алгоритмы, аппаратные и программные средства, от которых зависят параметры точности, надежности, стабильности и эффективности при мониторинге источников возобновляемой энергией и контроль их через сети беспроводных сенсоров, особое внимание уделяется развитию информационно-измерительных средств. В развитых странах, таких как, Германия, Великобритания, Голландия, Дания, Россия, Китай и Япония, одной из основных задач является разработка систем дистанционного мониторинга и управления энергоснабжением объектов телекоммуникаций на базе IoT.

В мире проводится ряд научных исследований, направленных на использование и совершенствование «умных» систем электроснабжения при обеспечении телекоммуникационного оборудования надежной, бесперебойной и качественной энергией. В этой области, включая системы Smart Grid, особое внимание уделяется решению многих проблем, таких как разработка моделей, алгоритмов, программных обеспечений и современных мер по их улучшению, устройств и средств для дистанционного мониторинга источников электроснабжения, двухсторонней информационной системы, контроля энергопотребления, увеличения спроса на энергию. При этом мониторинг возобновляемых источников энергии на основе технологии IoT, планирование и прогнозирование энергии, разработка алгоритмов управления, программных обеспечений и технических решений для микроконтроллеров, обеспечивающих мониторинг источников электроснабжения считается актуальным.

В республике принимаются масштабные меры по дальнейшему развитию отрасли телекоммуникаций и информационных технологий, развитию систем дистанционного мониторинга возобновляемых источников энергии в объектах телекоммуникаций. В Стратегии действий по пяти направлениям развития Республики Узбекистан в 2017-2021 годах определены задачи по «...внедрению информационно-коммуникационных технологий в экономику, социальную сферу, систему управления, ... снижению энергопотребления и ресурсоемкости в экономике, ...расширению энергосберегающих технологий при внедрении в производство»<sup>1</sup>. Одной из важных задач при решении поставленных задач, таким как создание иммитационной модели процесса мониторинга с использованием сетей беспроводных сенсоров источников электроснабжения объектов телекоммуникаций является разработка

<sup>1</sup>Указ Президента Республики Узбекистан от 07.02.2017 г. № УП-4947 «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан».

информационно-измерительных устройств и средств, формирующих сигналы для реализации процесса мониторинга.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента №УП-4947 «О приоритетных действиях по дальнейшему развитию Республики Узбекистан» от 7 февраля 2017 года, Постановлениях Президента №ПП-4249 «О стратегии дальнейшего развития и реформирования электроэнергетической отрасли Республики Узбекистан» от 27 марта 2019 года, №ПП-4422 «Об ускоренных мерах по повышению энергоэффективности отраслей экономики и социальной сферы, внедрению энергосберегающих технологий развитию возобновляемых источников энергии» от 22 августа 2019 года, №ПП-4477 «Об утверждении стратегии по переходу Республики Узбекистан на «зеленую» экономику на период 2019 - 2030 годов» от 4 октября 2019 года, №ПП-4779 «О дополнительных мерах по сокращению зависимости отраслей экономики от топливно-энергетической продукции путем повышения энергоэффективности экономики и задействования имеющихся ресурсов» от 10 июля 2020 года, в Решении Кабинета Министров № 452 «О мерах по ведению государственного учета установок возобновляемых источников энергии и вырабатываемой ими энергии» от 23 июля 2020 года, а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере и изложенных в соответствующих законодательных актах.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан.** Диссертация выполнена в рамках приоритетных направлений развития науки и технологий Республики Узбекистан IV. «Развитие информатизации и информационно-коммуникационных технологий» и II. «Энергетика, энерго и ресурсосбережение».

**Степень изученности проблемы.** Ведутся научные исследования по принципам организации процессов дистанционного мониторинга автономных источников электроснабжения объектов телекоммуникаций, решению задач дистанционного управления электроснабжением на основе сетей беспроводных сенсоров с использованием в них датчиков сигналов различного физического происхождения (устройства и средства, преобразующие измеряемые физические величины, такие как температура, влажность, электрический ток, напряжение и т.д.) в сигнал (вторичный сигнал в виде электрического напряжения), пригодный для передачи, обработки и хранения, создания, приема, обработки и передачи данных и информации об измеряемых и передаваемом сигнале между узлами беспроводной сети мониторинга.

Этому направлению исследований посвящены научные труды



H.Schaumburg<sup>2</sup>, E.Ritchie<sup>3</sup>, R.Hanitch<sup>4</sup>, I.Rampias<sup>5</sup>, В.П.Миловзорова<sup>6</sup>, Orod Raeesi<sup>7</sup>, Behnam Badihi<sup>8</sup>, Zhuoling Xiao<sup>9</sup> и других известных зарубежных ученых. А также научные работы М.Ф.Зарипова<sup>10</sup>, Р.И.Исаева<sup>11</sup>, Ю.В.Писецкого<sup>12</sup>, Д.А.Давронбекова<sup>13</sup>, Р.К.Азимова<sup>14</sup>, И.Х.Сиддикова<sup>15</sup>, Х.Э.Хужаматова<sup>16</sup> и других ученых республики посвящены исследованию указанных проблем.

Результаты анализа показали, что комплексное применение современных методов и технологий дистанционного мониторинга источников электропитания объектов телекоммуникаций с использованием сетей беспроводных сенсоров, различных состояний сетей беспроводных сенсоров для системы мониторинга (функции буферизации в “спящем” режиме, виртуальный сервис, распределение времени и CSMA/CA проектирование моделей времени обслуживания механизма передачи), их аналитическое моделирование количество узлов, исследование топологий сетей, лежащих в основе их взаимного расположения, определение мощности источников электроснабжения для каждого узла, разработка технологии для дистанционного мониторинга источников и параметров электроснабжения, вопросы реализации изучены недостаточно.

**Связь темы диссертации с научными исследованиями организаций высшего образования, где выполнена диссертационная работа.** Диссертационное исследование выполнено в Ташкентском университете информационных технологий в рамках выполнения следующих проектов: БВ-А3-027 «Разработка и внедрение автономной системы управления электроснабжением здания» (2017-2018), 574049-EPP-1-2016-1-IT-EPPKA2-SBHE-JP «Modernization of the Curricula in sphere of smart building engineering

<sup>2</sup> Schaumburg H. Werkstoffe und Bauelemente der Elektrotechnik.Sensor-anwendungen. Stuttgart: B.G. Teubner, 2012. – 420 p.

<sup>3</sup> E.Ritchie, L.Mihet-Popa, B.Jenson, and I.Blode “Condition Monitoring of Wind Generators”. IEEE Industry Applications Conference 38rd IAS Annual Meeting 2003

<sup>4</sup> Hanitch, R. and Quashning, V. Irradiance Calculations on Shaded Surfaces. Solar Energy, 62, 369-375. (2014) Soldata Instruments.

<sup>5</sup> RampiasIoannis and Natalya Klimenko, “Experience of Renewable Energy Sources use in Uzbekistan”.3rd International Scientific Conference of PROMITHEAS “Energy and Climate Change”, 7th – 8th October 2010, Athens.

<sup>6</sup> В.П.Миловзоров, Г.М. Веденев, В.Г.Вигдорчик и др. Патент SU 828184 А1, Вторичный источник питания, Официальный бюллетень №17, 1981 г.

<sup>7</sup> OrodRaeesi, JuhoPirskanen, Ali Hazmi, Toni Levanen, MikkoValkama. Performance Evaluation of IEEE 802.11ah and its Restricted Access Window Mechanism. // ICC’14 - W7: Workshop on M2M Communications for Next Generation IoT.

<sup>8</sup> BehnamBadihi, FayezeGhavimi, RikuJantti. On the System-level Performance Evaluation of Bluetooth 5 in IoT: Open Office Case Study. // ©2019 IEEE

<sup>9</sup> Zhuoling Xiao, Jie Zhou, Junjie Yan, Chen He, Lingge Jiang, NikiTrigoni.Performance evaluation of IEEE 802.15.4 with real time queueing analysis. // Ad Hoc Networks 73 (2018) 80–94. DOI: 10.1016/j.adhoc.2018.01.006

<sup>10</sup> Зарипов М.Ф., Петрова И.Ю. Энергоинформационный метод анализа и синтеза чувствительных элементов систем управления // Датчики и системы. 1999. № 5. –С.10-16.

<sup>11</sup> Р.И.Исаев. Устойчивость функционирования систем и сетей связи. Ташкент.: “Aloqachi”.-2017. -266 с.

<sup>12</sup> Ю.В.Писецкий. Методы и устройства дистанционного мониторинга: Диссертация // Ташкент, 2018, 154 с.

<sup>13</sup> D.A.Davronbekov, U.T.Aliev, J.D.Isroilov, X.F.Alimdjanov. Power Providing Methods for Wireless Sensors. International Conference on Information Science and Communications Technologies ICISCT 2019, Tashkent, Uzbekistan - 2019.

<sup>14, 15, 16</sup> Патент Руз. UZ IAP 20180443, Преобразователь тока в напряжение, Официальный бюллетень №1, 2021г.

- Green Building (GREB)» (2016-2019), 7/18 «Повышение энергоэффективности коммуникаций и средств связи и усовершенствование энергетических показателей за счет использования гибридных источников энергии» (2018-2020), 609564-EPP-1-2019-1-EL-EPPKA2-CBHE-JP «MechaUz: Modernization of Mechatronics and Robotics for Bachelor degree in Uzbekistan through Innovative Ideas and Digital Technology» (2019-2021), АКТ-А-2021-3 «Создание программного обеспечения и разработка опытного образца симуляционного стенда для исследования выходных параметров экосистемы на базе возобновляемых источников энергии» (2021-2023) и Uzb-Ind-2021-94 «Energy Efficient Communication and Data Flow in Smart City using CRN based IoT Framework» (2021-2023).

**Целью исследования** является моделирование, исследование и практическое применение мониторинга источников электроснабжения телекоммуникационных объектов на основе сетей беспроводных сенсоров.

**Задачи исследования:**

- анализ типов источников энергоснабжения, методов, приборов и средств их мониторинга, используемых в объектах телекоммуникаций;
- анализ и исследование принципов построения сетей беспроводных сенсоров для мониторинга источников электроснабжения;
- моделирование средств мониторинга сетей беспроводных сенсоров источников электроснабжения объектов телекоммуникаций;
- разработка IoT-модели устройств контроля величин и параметров источников электроснабжения объектов телекоммуникаций;
- разработка имитационной модели, алгоритма и программного обеспечения для мониторинга источников электроснабжения.

**Объектом исследования** являются устройства и средства мониторинга источников электроснабжения объекта телекоммуникаций на базе сетей беспроводных сенсоров.

**Предметом исследования** являются процессы, происходящие в устройствах и сетях беспроводных сенсоров мониторинга источников электроснабжения объекта телекоммуникаций.

**Методы исследования.** В процессе исследований использовались теория ошибок, теория передачи сигналов, методы имитационного моделирования.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

- разработаны топология построения и модель беспроводной сенсорной сети системы передачи данных дистанционного мониторинга источников энергоснабжения;
- создана модель дистанционного мониторинга источников энергоснабжения объектов телекоммуникаций на основе IoT;
- разработаны имитационная модель и алгоритм дистанционного мониторинга источников электроснабжения телекоммуникационных объектов на основе беспроводной сенсорной сети;
- впервые создана модель устройства преобразования тока в напряжение источника энергоснабжения системы дистанционного мониторинга объектов телекоммуникаций на основе беспроводной сенсорной сети.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:  
разработаны устройства, средства и программное обеспечение для дистанционного мониторинга источников энергоснабжения сетей беспроводных сенсоров объектов телекоммуникаций;

разработаны структура, база данных и формат дистанционного мониторинга источников энергоснабжения объектов телекоммуникаций на основе IoT, беспроводной сенсорной сети и микроконтроллерного блока управления;

разработано программное обеспечение для исследования модели дистанционного мониторинга на основе модулей беспроводной сенсорной сети источника энергоснабжения, микроконтроллерного блока управления;

разработано микроконтроллерное устройство измерения и преобразования сигналов AVR, используемое при мониторинге источников энергоснабжения объектов телекоммуникаций.

**Достоверность результатов исследований.** Достоверность результатов исследования объясняется сопоставлением результатов исследования и построения сетей беспроводных сенсоров, разработанных для системы мониторинга источников энергоснабжения, методов передачи данных и результатов исследований по сравнению с общепринятыми критериями.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.** Научная значимость результатов исследования оценивается разработкой аналитической модели оценки эффективности передачи данных в беспроводных сенсорных сетях в системе дистанционного мониторинга по цепи Маркова, модели преобразователя тока в напряжение, используемого в модели дистанционного наблюдения и модели дистанционного мониторинга размеров и параметров источников энергоснабжения объектов телекоммуникаций на основе технологии IoT и сети беспроводных сенсоров.

Практическая значимость результатов исследования объясняется программным обеспечением дистанционного мониторинга объектов телекоммуникаций с использованием сетей беспроводных сенсоров, устройства преобразователя тока в напряжение, IoT, сети беспроводного сенсора и микроконтроллерного блока управления на базе телекоммуникационных средств дистанционного мониторинга структуры системы источников энергоснабжения, базой и форматом данных, беспроводным датчиком сетевого модуля, блоком дистанционного управления источником энергоснабжения на базе микроконтроллерного блока управления и физической моделью преобразователя тока в напряжение.

**Внедрение результатов исследований.** По результатам моделей дистанционного мониторинга источников электроснабжения объектов телекоммуникаций:

топология построения и модель беспроводной сенсорной сети системы передачи данных дистанционного мониторинга и устройства преобразования тока в напряжение источника энергоснабжения системы дистанционного мониторинга объектов телекоммуникаций на основе беспроводной сенсорной сети внедрены на предприятиях Министерства по развитию информационных

технологий и коммуникации, в частности в Янгибазарском телекоммуникационном узле Ташкентского филиала АО «Узбектелеком» (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникации от 23 сентября 2021 года №33-8/6678). В результате научных исследований за счет своевременного выявления неисправностей в источниках энергоснабжения и оперативного обслуживания общий срок службы оборудования увеличен на 2-3%;

модель дистанционного мониторинга источников энергоснабжения объектов телекоммуникаций на основе IoT и имитационная модель и алгоритм дистанционного мониторинга источников электроснабжения телекоммуникационных объектов на основе беспроводной сенсорной сети внедрены на предприятиях Министерства по развитию информационных технологий и коммуникации, в частности в Арнасайском и Янгибадском районных телекоммуникационных узлах Джизакского филиала АО «Узбектелеком» (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникации от 23 сентября 2021 года №33-8/6678). В результате научных исследований за счет дистанционного мониторинга источников солнечного энергоснабжения с учетом нагрузки, температуры источника энергоснабжения, запыленности поверхностей солнечных панелей появилась возможность улучшить их срок службы и техническое состояние на 4-5%;

устройство преобразования тока в напряжение источника энергоснабжения системы дистанционного мониторинга объектов телекоммуникаций на основе беспроводной сенсорной сети внедрено на предприятиях Министерства по развитию информационных технологий и коммуникации, в частности ГУП Центр радиосвязи, радиовещания и телевидения (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникации от 23 сентября 2021 года №33-8/6678). В результате научных исследований сокращено время технического обслуживания источников энергоснабжения объектов телекоммуникаций на 10-15%.

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследований апробированы и обсуждены на 12 международных, 5 республиканских научно-практических конференциях и на научных семинарах.

**Опубликованность результатов исследования.** Всего по теме диссертации опубликованы 34 научные работы, в том числе 1 патент на изобретение Агентства по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан, 11 статей в научных изданиях, рекомендованных ВАК, в том числе 7 зарубежных, 4 республиканских журналах, получены 6 свидетельства об официальной регистрации программ для ЭВМ.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 120 страниц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность работы и востребованность темы диссертации, определены цель и задачи, объект и предмет исследования; приводится соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, изложена научная новизна, практические результаты исследования, обоснована достоверность полученных результатов, раскрывается теоретическая и практическая значимость, приведены сведения о внедрении результатов исследования, а также сведения об опубликованности результатов и структуре диссертации.

В первой главе диссертации «**Анализ систем и средств дистанционного контроля солнечного энергоснабжения объектов телекоммуникаций**» анализируются и рассматриваются методы и функциональные возможности средств телекоммуникаций, особенности, устройства, средства и системы дистанционного контроля источников электроснабжения.

На основе дистанционно полученной информации от комплекта оборудования, установленного в системе мониторинга, будет выявлена причина сбоя и оперативно устранена специалистом по обслуживанию и ремонту. Использование систем мониторинга позволяет повысить надежность объектов телекоммуникаций, которая оценивается коэффициентом технической эксплуатации за счет сокращения времени восстановления и простоев при профилактических ремонтах. Однако существующие на объектах телекоммуникаций системы дистанционного мониторинга источников электроснабжения не считаются лучшим решением для оперативного мониторинга источников электроснабжения. Существующие системы имеют несколько технических ограничений. Вместе с тем предлагаемая модель мониторинга имеет гибкую коммуникационную архитектуру и может использоваться в любых условиях.

В диссертации в качестве объекта предлагаемой модели мониторинга выбрана система возобновляемого энергоснабжения. Эта модель основана не только на размерах и параметрах источника электроснабжения (ток, напряжение, мощность, нагрузка, заряд АКБ и т.д.), но и на внешних факторах (температура и влажность воздуха, температура системы, наличие пыли на поверхности панели и т.д.), а также осуществляет их мониторинг. Предлагаемая модель мониторинга имеет гибкую коммуникационную архитектуру и может использоваться в любых условиях. Такая ситуация позволяет объектам телекоммуникаций в полной мере оценить эффективность работы источников электроснабжения и в дальнейшем совершенствовать их на основе контролируемых величин и параметров.

Вторая глава диссертации «**Принципы построения сетей беспроводных сенсоров систем дистанционного мониторинга**» посвящена исследованию методов построения сетей обмена данными для систем мониторинга, сетей мониторинга и приема данных и используемых в них технологий сетей беспроводных сенсоров, а также выбору технологии сетей беспроводных сенсоров для построения предлагаемой в исследовании системы мониторинга.

При дистанционном мониторинге источников электроснабжения объектов телекоммуникаций особое внимание следует уделять инфраструктуре связи, поскольку сеть связи так же важна, как и сама электрическая инфраструктура, а неисправности в сети связи приводят к очень высокому проценту отказов в системе электроснабжения.

Для системы дистанционного мониторинга возобновляемых источников энергии определены три уровня: уровень станции, уровень сети и прикладной уровень (уровень приложения), которые показаны на рис. 1.



**Рис. 1. Уровни дистанционного мониторинга**

**Уровень станции:** обмениваются информацией напрямую и обмениваются полученной информацией, чтобы увеличить выработку электроэнергии, ее использование и время безотказной работы.

**Уровень сети:** поддерживает надежную связь между солнечной станцией и основной сетью. Этот уровень должен быть надежным, крупномасштабным и быстрым, а также соответствовать широкому диапазону качества обслуживания (QoS) для различных приложений.

**Прикладной уровень:** помогает операторам центра мониторинга выполнять основные функции мониторинга, анализа и управления.

Между вышеперечисленными компонентами и устройствами системы мониторинга сигнальная связь осуществляется в основном двумя способами: проводное или с помощью радиосигналов (беспроводное соединение). С учетом возможностей беспроводной и проводной сети построение уровня станции системы мониторинга на основе технологии беспроводной сети будет иметь высокую эффективность.

Одной из основных проблем при проектировании системы мониторинга является организация сети передачи данных на уровне источника электроснабжения. Это требует анализа следующих технологий беспроводной сети для идентификации и контроля качества и надежной связи между сенсорными узлами:

– Wi-Fi – назван в честь стандарта IEEE802.11, который относится к семейству беспроводных сетевых технологий. В изучаемых исследованиях

пропускная способность и энергопотребление стандарта IEEE802.11 оценивались по следующему базовому аналитическому выражению с использованием механизмов передачи RTS/CTS (Request/Clear To Send – запрос передачи).

$$T_W^{RTS} = \frac{P_{succ}^{RTS} \times 8 \times L_{pl}}{\sum_{n=0}^{r_{short}-1} \sum_{m=0}^{r_{long}-1} \binom{n+m}{n} P_{col}^n P_{err}^m (1-P_{col})^{m+1} (1-P_{err})^n t_{n,m}} \times \frac{1}{\sum_{n=0}^{r_{long}-1} \binom{m+r_{short}-1}{r_{short}-1} P_{col}^{r_{short}} P_{err}^m (1-P_{col})^m t_{r_{short},m} + \sum_{n=0}^{r_{short}-1} \binom{n+r_{long}-1}{r_{long}-1} P_{col}^n P_{err}^{r_{long}} (1-P_{col})^{r_{long}} t_{n,r_{long}}}$$
, (1)

здесь:  $T_W^{RTS}$  – пропускная способность в случае использования механизмов ввода RTS/CTS RTS/CTS,  $P_{succ}^{RTS}$  – вероятность успешной передачи пакета,  $P_{col}$  – вероятность возникновения коллизий,  $P_{err}$  – вероятность ошибочной передачи пакетов,  $L_{pl}$  – объем основных данных,  $r_{short}$  – максимальное количество повторной передачи для RTS,  $r_{long}$  – максимальное количество повторных передач для пакетов данных,  $n, m$  – количество коллизий и ошибок.

– Bluetooth (стандарт IEEE 802.15.1) – считается беспроводной технологией, работающая в сверхвысокочастотном диапазоне от 2,402 до 2,480 ГГц и используемая для передачи данных на короткие расстояния между стационарными устройствами и для создания персональных сетей. В изученной работе предлагается следующее аналитическое выражение для пропускной способности сети, которая представляет собой основную характеристику сети:

$$T_{BLE}(n, s) = \frac{n \cdot 8}{\frac{S_b}{R_b} + \frac{(n+s)R_c \cdot 8}{R_b} + 2\tau + 2 \max(t_{rx}, t_{tx} + t_{rx})}$$
, (2)

здесь:  $n$  – количество основных данных в байтах, передаваемых от координатора к управляемому узлу,  $S$  – размер основных данных в байтах ответного пакета,  $R_b$  – интенсивность (bitrate),  $R_c$  – интенсивность кода (code gate),  $S_b$  – объем заголовка в битах,  $t_{rx}$  – время, необходимое для обработки пакета перед его передачей,  $t_{tx}$  – время, необходимое для обработки пакета после его получения,  $t_{int}$  – межкадровое время,  $\tau$  – задержка распространения сигнала.

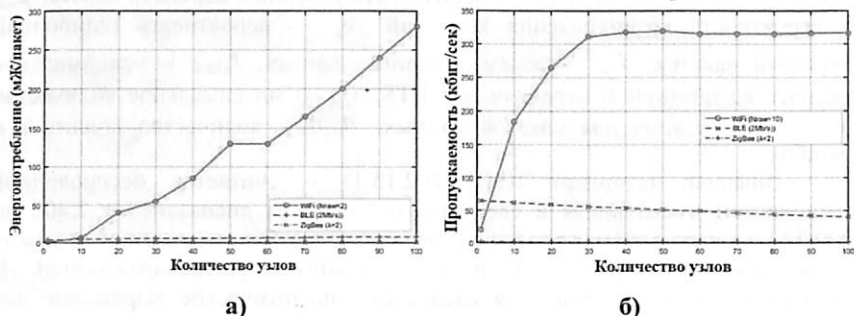
– Zigbee – это технология беспроводной сети, основанная на спецификации IEEE 802.15.4, которая включает в себя набор протоколов связи высокого уровня. Эта технология, называемая Zigbee, разработана как более простая и дешевая технология, чем другие беспроводные персональные сети (СШАТ), такие как Bluetooth или Wi-Fi.

В ходе исследования для изучения пропускной способности беспроводной сенсорной сети было сформировано следующее выражение:

$$T_{ZB} = \frac{S_p}{t_d} = \frac{l_{pack} \cdot \sum_{j,i,j_s} \pi_{(i,j)} P(t_b, j) P_s(t_b, j)}{t_b \cdot (\sum_{j,i,j_s} \pi_{(i,j)} P(t_b, j) t_v + \sum_j \pi_{(0,j)})}$$
, (3)

здесь:  $S_p$  – среднее количество битов, передаваемых в каждом переходном состоянии,  $t_d$  – среднее время, затрачиваемое на каждый переход,  $l_{pack}$  – количество битов, соответствующих пакету,  $t_b$  – продолжительность слота повторной передачи,  $\pi_{(i,j)}$  – вероятность устойчивого Марковского состояния, определенного в модели буферизации,  $p(t_b, j)$  – вероятность обнаружения первого канала,  $p_s(t_b, j)$  – вероятность успешного ввода указанного узла к каналу,  $t_b$  – продолжительность слота повторной передачи,  $t_v$  – время виртуального обслуживания.

Сравнительные графики сетевых стандартов по пропускной способности и энергоэффективности показан на рис. 2. Этому графику основаны на значениях случаев с наивысшей производительностью на графиках, приведенных для каждого изученного выше сетевого стандарта.



**Рис. 2. Сравнительный графики стандартов беспроводной сети WiFi, Bluetooth и ZigBee по пропускной способности (а) и энергоэффективности (б)**

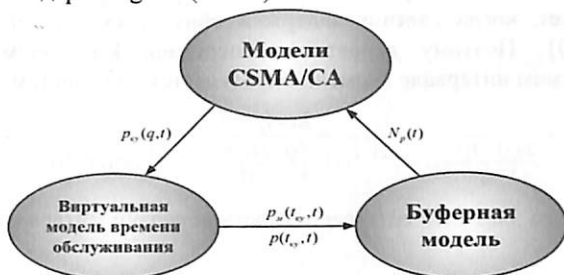
Одной из основных проблем в системах дистанционного мониторинга является электроснабжение. По этой причине в системах мониторинга обычно используются устройства с наименьшим энергопотреблением. Кроме того, сенсоры, установленные на контролируемых объектах, генерируют небольшой набор данных, и такие системы не требуют высоко-производительных технологий. Можно высоко оценить преимущества использования технологии ZigBee для сформированных на этих основах систем мониторинга.

Третья глава диссертации «Методы и модели построения сети передачи данных систем дистанционного мониторинга» посвящена исследованию принципов и топологий сетей беспроводных сенсоров передачи данных на основе ZigBee, моделям сетей обмена данными системы дистанционного мониторинга и описанию сетей беспроводных сенсоров сетей передачи данных.

Для динамических беспроводных сетей очень сложно осуществить правильное моделирование протокола на основе сетевых условий. Моделирование протокола без учета функции буферизации делает его ненадежным и неопределенным на практике. Для анализа влияния загрузки на производительность технологий беспроводной сети в реальном времени на

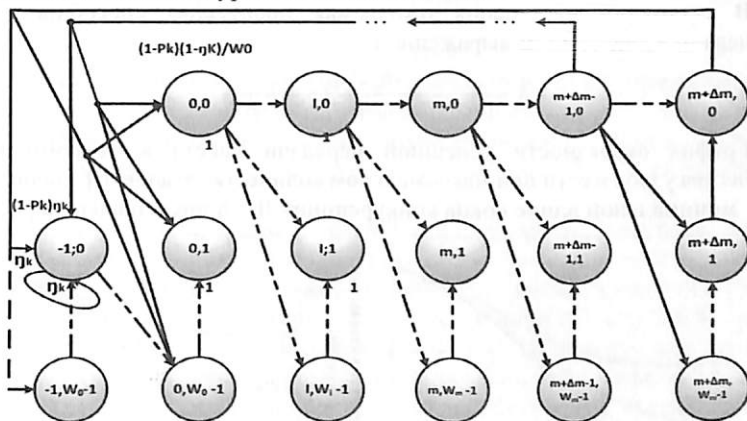


основе спящего режима используется цепь Маркова. Эта модель состоит из 3 субмоделей стандарта ZigBee (Рис. 3).



**Рис. 3.** Субмодели процесса работы беспроводной сети стандарта ZigBee для систем мониторинга:  $N_p(t)$  – распределение количества конкурирующих узлов,  $p(t_v, t)$  – распределение времени виртуального обслуживания,  $p_v(t_v, t)$  – вероятность успешного доступа к каналу,  $p_v(q, t)$  – распределение этапов обратной связи.

Сама цепь Маркова представляет собой двумерный случайный процесс (Рис. 4). При этом  $b(t)$  и  $s(t)$  – это процессы, понижающие состояние счетчика обратного отсчета и его уровень соответственно.



**Рис. 4.** Цепь Маркова, описывающая оценку состояния станций сети на основе стандарта ZigBee в системах мониторинга

Состояние  $k$ -элемента сети записывается как  $\{i, l\}$ , здесь  $i$  – этап задержки со значениями в диапазоне  $(0, 1, \dots, m + \Delta m)$ ,  $m$  – максимальное количество этапов (попыток) передачи пакетов,  $\Delta m$  – дополнительные этапы передачи;  $l$  – счетчик времени задержки во временном интервале  $(0, 1, \dots, W_i - 1)$ ,  $W_i = 2^i W_0$  – длина «конкурентного окна» на этапе  $i$ - задержки.

Используя цепь Маркова определяется вероятность передачи данных за интервал времени, в котором элемент сети просматривается через  $P_1$ . Он передает пакет, когда счетчик задержки обнуляется, т.е. он находится в позиции  $\{i,0\}$ . Поэтому вероятность передачи  $k$ -го элемента сети в рассматриваемом интервале времени определяется следующим образом:

$$P_{ik} = \frac{2(1 - P_k^{m+1})}{\frac{2\eta_k(1 - P_k)}{1 - \eta_k} + (1 - P_k^{m+1}) + W_0 \left( \frac{(1 - (2P_1)^{m+1})(1 - P_k)}{(1 - 2P_1)} + P_k(2P_1)^m(1 - P_k^{m+1}) \right)}. \quad (4)$$

Для одного элемента сети вероятность передачи интервала времени  $P_{ir}$  равна:

$$P_{ir} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_{ir}). \quad (5)$$

Исходя из этого, вероятность успешной передачи сети определяется следующим образом:

$$P_s = \frac{\sum_{i=1}^n P_{ir} \prod_{j=1}^i (1 - P_{ir})}{P_r}. \quad (6)$$

Нормализованная пропускная способность канала представляется как отношение средней полезной нагрузки информации, передаваемой за интервал времени, к средней длине этого интервала времени.

В состоянии насыщения ожидаемая пропускная способность сети определяется следующим выражением:

$$S_i = \frac{P_r \cdot P_s \cdot L_p}{(1 - P_r) \cdot T_r + P_r \cdot P_s \cdot T_s + P_r(1 - P_s)T_c}. \quad (7)$$

График вероятности успешной передачи пакета в зависимости от количества узлов в сети при максимальном количестве этапов передачи пакета  $m=6$ , минимальной длине «окна конкуренции»  $W_0=8$  представлен на рис. 5.

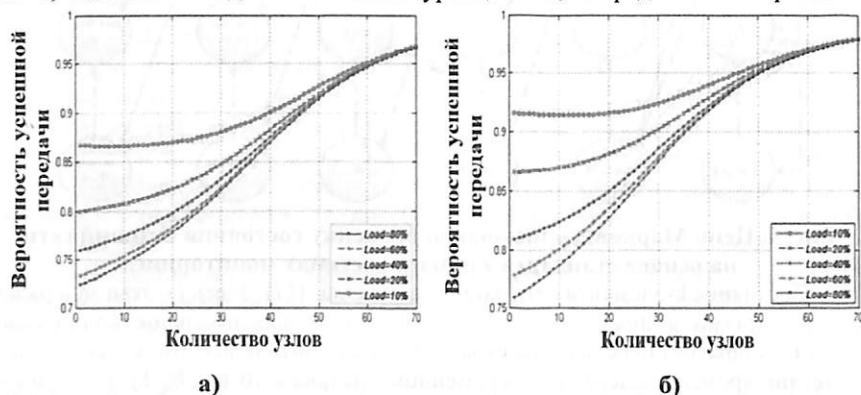


Рис. 5. Графики зависимости вероятности успешной передачи пакетов от количества узлов: а)  $P_r = 0.1$ ; б)  $P_r = 0$

Графики зависимости вероятности успешной передачи пакетов от минимальной длины «окна конкуренции» при максимальном числе этапов передачи пакетов  $m=6$ , нагрузке системы  $\lambda/\mu=40\%$  представлены на рис. 6.

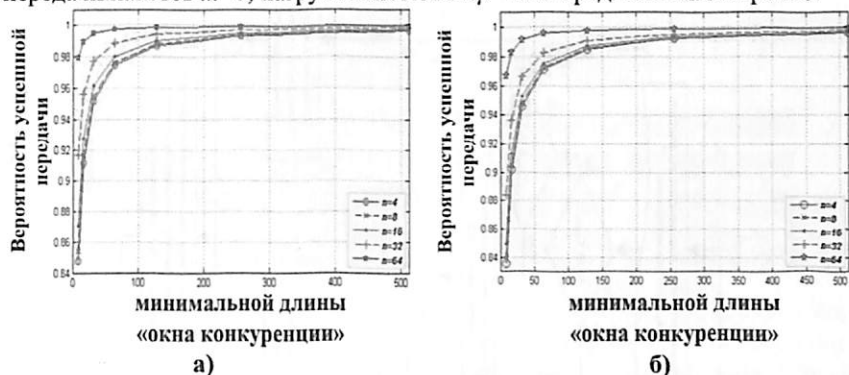


Рис. 6. Графики зависимости вероятности успешной передачи пакетов от минимальной длины «окна конкуренции»: а)  $P_j = 0.1$ ; б)  $P_j = 0$

Эти графики позволяют определить оптимальное количество узлов модели мониторинга для сети беспроводных датчиков. На основе графиков было установлено, что результаты, полученные для 4, 6 и 16 узлов, резко отличались от классификаций количества узлов в большом количестве (32 и 64).

Четвертая глава диссертации «Системы мониторинга источников электроснабжения объектов телекоммуникаций и их применение на практике» посвящена разработке имитационных моделей, алгоритмов и программного обеспечения для мониторинга электроснабжения объектов телекоммуникаций, мониторинга с использованием моделей на основе IoT технологии.

В системе мониторинга разработан алгоритм контроля работы информационно-измерительной системы, контроля источника электроснабжения с учетом процессов сбора и обработки данных измерений (Рис. 7).

Объект телекоммуникаций является головной станцией центра мониторинга источников электроснабжения, где собираются все данные о наблюдаемых величинах и параметрах каждого объекта отдельно, данные о параметрах обрабатываются, результаты мониторинга сравниваются с установленными нормативами. На основе сравненных значений определяется рабочее состояние системы. Набор данных о каждом обнаруженном размере и параметре всех контролируемых объектов передается на вход сервера по радио- или проводным каналам связи в виде последовательности адресных пакетов по времени. Поступающие на сервер в реальном масштабе времени данные, обрабатываются, определяется среднее математическое значение и сравнивается с критерием, установленным для этого параметра (Рис. 8).

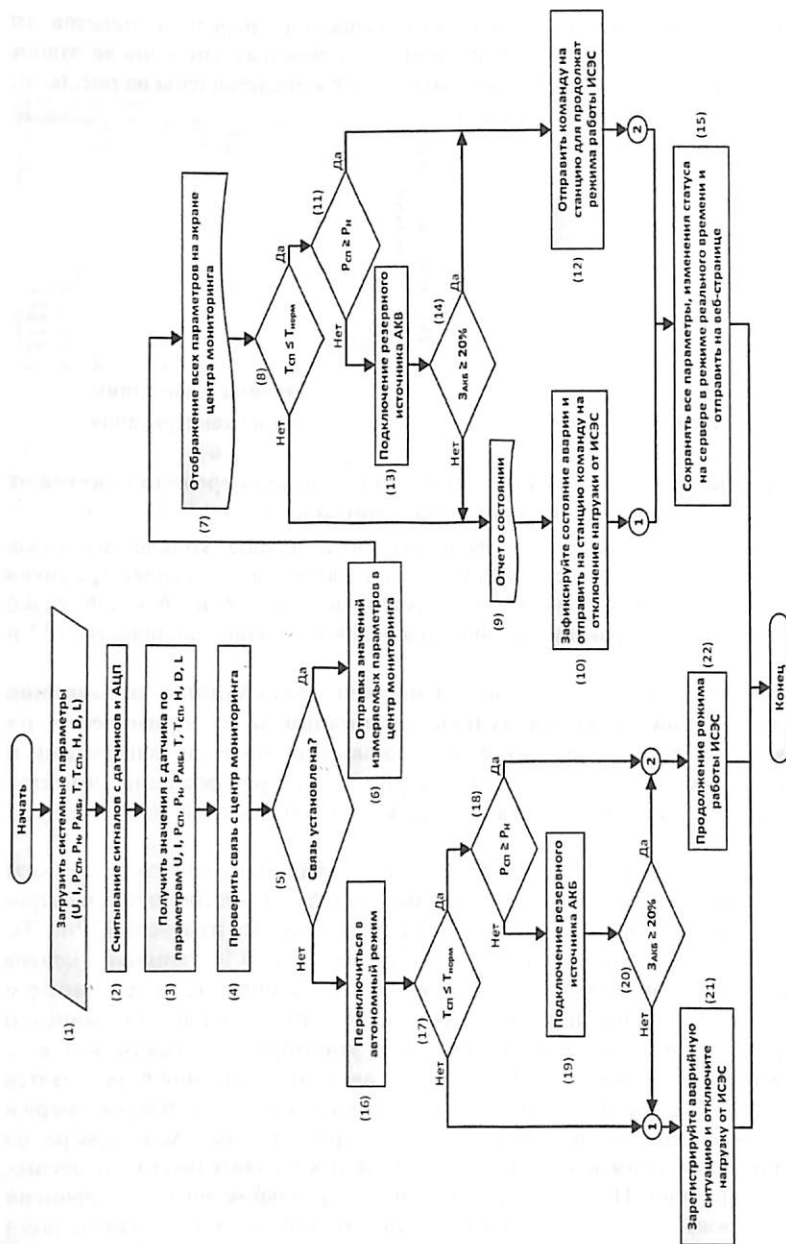
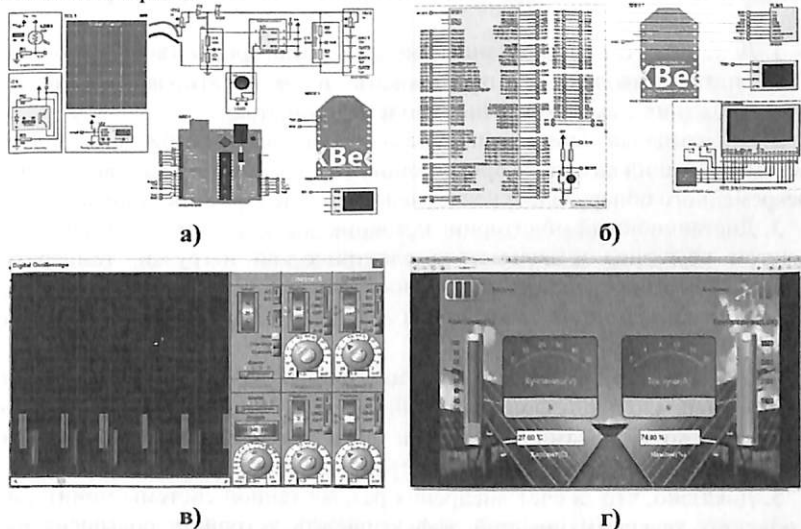


Рис. 7. Алгоритм дистанционного мониторинга источников энергоснабжения



**Рис. 8. Структурная схема процесса мониторинга**

Структура системы мониторинга источников электроснабжения любого объекта в основном состоит из 3-х частей: измерительной части, серверной части (расчет) и веб-страницы (изображение). Имитационная модель дистанционного мониторинга источников солнечной энергии объектов телекоммуникаций, созданная в программной среде Proteus, состоит из 3-х частей (Рис. 9). Сформированная система мониторинга предназначена для дистанционного мониторинга источников энергоснабжения, расположенных в различных районах. В этом эксперименте в качестве примера системы мониторинга была реализована в виртуальной среде только для одного источника энергии.



**Рис. 9. Имитационная модель дистанционного контроля источников электроснабжения объекта телекоммуникаций:**  
 а) источники энергии; б) центр мониторинга; в) цифровой сигнальный граф обмена данными; г) веб-сайт

Если среднее значение величины или параметра контроля и управления меньше или больше нормы, то система принимает решение о необходимости обслуживания объекта с данной величиной или параметром. Если среднее значение параметра контроля и управления соответствует норме, то принимается решение о том, что техническое обслуживание объекта не требуется. Результаты решения отображаются на мониторе Центра управления источниками энергоснабжения.

Разработанная модель дистанционного мониторинга позволяет анализировать данные об энергопотреблении в режиме реального времени, о том, сколько источников электроснабжения используется в течение дня и о количестве травм, а также планировать резервы для обеспечения непрерывной работы.

За счет практического применения сетей беспроводных сенсоров, модулей беспроводных сетей и блока микроконтроллеров, соответствующих количеству источников, программного обеспечения, созданного по предложенному алгоритму улучшена работа и техническое состояние объектов телекоммуникаций источников возобновляемой энергии.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследований диссертации доктора философии (PhD) на тему «Модель мониторинга источников энергоснабжения объектов телекоммуникации на основе сетей беспроводных сенсоров» представлены следующие выводы:

1. Доказано, что разработанные модели и усовершенствованная система мониторинга позволяют контролировать и эксплуатировать источники энергоснабжения с высокой точностью и надежностью.

2. Оперативный мониторинг источников энергоснабжения объектов телекоммуникаций на основе предложенной модел обеспечивает возможность своевременного обнаружение неисправностей и быстрое обслуживание.

3. Дистанционный мониторинг источников солнечного энергоснабжения с учетом величины и параметров электрической нагрузки, температуры источника энергоснабжения, запыленности поверхностей солнечных панелей определяет возможность повышения их срока службы и технического состояния на 4-5%.

4. Установлено, что результаты, полученные на основа сформированные уравнения для 4, 6 и 16 узлов сбора дынных резко отличаются от результатов с большими количествами узлов (32 и 64) и они доказаны определяющими факторами при выборе необходимой структуры системы мониторинга.

5. Доказано, что за счет внедрения разработанной системы мониторинга на объектах телекоммуникаций эффективность устройств повышена на 4-4,5%.

6. Доказано, что своевременное обнаружение неисправностей в источниках энергоснабжения на базе разработанной системы дистанционного контроля позволило увеличить срок службы устройств на 3-3,5%.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES  
DSc.13/30.12.2019.T.07.02 AT TASHKENT UNIVERSITY OF  
INFORMATION TECHNOLOGIES**

---

**TASHKENT UNIVERSITY OF INFORMATION TECHNOLOGIES**

**KHASANOV DOSTON TURAYEVICH**

**MONITORING MODEL FOR POWER SUPPLY SOURCES OF  
TELECOMMUNICATIONS OBJECT BASED ON WIRELESS SENSOR  
NETS**

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

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

**Tashkent – 2022**

The topic of the dissertation of a doctor of philosophy in technical sciences (PhD) was registered by the Higher Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2021.4.PhD/T2502.

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

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

**Scientific adviser:**

**Siddikov Ilkhomjon Hakimovich**  
Doctor of Technical Sciences, Professor

**Official opponents:**

**Khamdamov Utkir Rakhmatillaevich**  
Doctor of Technical Sciences, Professor

**Karimov Sherzod Sobirjonovich**  
Doctor of Philosophy (PhD) by Technical Sciences

**Leading organization:**

**Navoi state mining institute**

The defense of the thesis will held on March « 4 », 2022 year at 10<sup>00</sup> hours at the meeting of the Scientific Council DSc.13/30.12.2019.T.07.02 at the Tashkent University of Information Technologies (Address: 100084, Tashkent city, Amir Temur street, 108. Tel.: (99871) 238-64-43; fax: (99871) 238-65-52; e-mail: [tuit@tuit.uz](mailto:tuit@tuit.uz)).

The dissertation could be reviewed in the Resource of Tashkent University of Information Technologies. (registration number №247). (Address: 100084, Tashkent city, Amir Temur street., 108. Tel.: (99871) 238-65-44).

The abstract of dissertation is distributed on «21» February 2022.  
(protocol at the register №8, on «19» February 2022).



**M.M.Mukhitdinov**  
Deputy of Chairman of the Scientific Council  
awarding scientific degrees,  
Doctor of Technical Sciences, Professor

**X.E.Khujamatov**  
Scientific secretary of the Scientific Council  
awarding scientific degrees,  
Doctor of Philosophy of Technical Sciences, Associate Professor

**R.M.Aliev**  
Deputy of Chairman of the Academic Seminar at the Scientific  
Council awarding scientific degrees,  
Doctor of Technical Sciences, Professor



## INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

**The aim of the research work** is modeling, research and apply in practice the monitoring based on wireless sensor nets of power supply sources of telecommunication objects.

**The object of the research work** is the monitoring devices and tools based on wireless sensor nets of power supply sources of the telecommunication objects.

**The scientific novelty of the research work** are as follows:

developed the principle of construction of topology and a model for remote monitoring of power supply sources based on wireless sensor nets data transmission system;

created the model of remote monitoring for power supply sources of telecommunication objects based on IoT;

developed the simulation model and an algorithm for the remote monitoring of power supply sources of telecommunication objects based on wireless sensor nets;

a model of a device of the converter of current into voltage was created the first time for the monitoring system of power supply source of telecommunication objects based on wireless sensors nets.

**Implementation of research results.**

Based on the results of remote monitoring models of power supply sources of telecommunication objects:

The principle of construction of topology and a model for remote monitoring of power supply sources based on wireless sensor nets data transmission and the model of a device of the converter of current into voltage for the system of wireless sensors nets for monitoring the power supply source for telecommunication objects introduced at enterprises under the Ministry for Development of Information Technologies and Communications, in particular at the Yangibazar telecommunications network of the Tashkent branch of "Uzbektelecom" JSC (Reference No.33-8/6678 on September 23, 2021, of the Ministry for Development of Information Technologies and Communications). As a result of scientific research, the total service life of equipment has been extended by 2-3% through timely detection of faults in power supply sources and prompt maintenance;

The model of remote monitoring for power supply sources of telecommunication objects based on IoT and the simulation model and an algorithm for wireless sensor networks of remote monitoring of power supply sources of telecommunication objects introduced at the enterprises under the Ministry for Development of Information Technologies and Communications, in particular at the Arnasay and Yangiabad district telecommunications network of Jizzakh branch of "Uzbektelecom" JSC (Reference No.33-8/6678 on September 23, 2021, of the Ministry for Development of Information Technologies and Communications). As a result of scientific research, it is possible to improve their service life and technical condition by 4-5% by remote monitoring of solar energy sources, taking into account the load, the temperature of the power supply system, the dusting of the surfaces of solar panels.

The model of a device of the converter of current into voltage for the system of wireless sensors nets for monitoring the power supply source for telecommunication objects introduced in enterprises under the Ministry for Development of Information Technologies and Communications, in particular at the Center for Radio Communication, Broadcasting and Television SUE. As a result of scientific research, monitoring has achieved to reduce the maintenance time of telecommunications facilities by 10-15%.

**Structure and volume of the dissertation.** The dissertation consists of four chapters, conclusion, list of references, annexes. The volume of dissertation is 120 pages.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙИХАТИ**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I бўлим (Часть I; Part I)**

1. Азимов Р.К., Сиддиков И.Х., Хужаматов Х.Э., Саттаров Х.А., Хасанов Д.Т. Патент РУз. UZ IAP 20180443, Преобразователь тока в напряжение, Официальный бюллетень №1, 2021 г.

2. Khujamatov H., Khasanov D., Reypnazarov E., Fayzullaev B. WSN-based research the monitoring systems for the solar power stations of telecommunication objects. // IUUM Engineering Journal, Vol. 22, No. 2, 2021. <https://doi.org/10.31436/iiumej.v22i2.1464> (05.00.00; Оснё мамлакатлари нашрлари №6, IF: 0.141) (Scopus).

3. Khalimjon Khujamatov, Doston Khasanov, Ernazar Reypnazarov, and Nurshod Akhmedov. (2021) Existing Technologies and Solutions in 5G-Enabled IoT for Industrial Automation. // Springer Nature Switzerland AG 2021. [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-67490-8\\_8](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-67490-8_8) (Scopus).

4. Khujamatov H., Reypnazarov E., Khasanov D., Akhmedov N. IoT, IIoT, and Cyber-Physical Systems Integration. // Emergence of Cyber Physical System and IoT in Smart Automation and Robotics, Springer Nature Switzerland AG 2021. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-66222-6\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-030-66222-6_3) (Scopus).

5. Ilkhom Siddikov, Halimjon Khujamatov, Khasanov Doston, Reypnazarov Ernazar. IoT and Intelligent Wireless Sensor Network for Remote Monitoring Systems of Solar Power Stations. // World Conference Intelligent System for Industrial Automation, WCIS 2020. Springer, Cham, 2021. -P. 186–195. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-68004-6\\_24](https://doi.org/10.1007/978-3-030-68004-6_24) (Scopus).

6. Kh.E. Khujamatov, D.T. Khasanov, E.N. Reypnazarov. Modeling and Research of Automatic Sun Tracking System on the bases of IoT and Arduino UNO // International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), November 2019, Tashkent, Uzbekistan. Раёсат қарори №269/8 (30.09.2019 й.) билан ОАК илмий нашрлар рўйхатига киритилган журналларга тенглаштирилган (Scopus).

7. Kh.E. Khujamatov, D.T. Khasanov, E.N. Reypnazarov. Research and Modelling Adaptive Management of Hybrid Power Supply Systems for Object Telecommunications based on IoT // International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), November 2019, Tashkent, Uzbekistan. Раёсат қарори №269/8 (30.09.2019 й.) билан ОАК илмий нашрлар рўйхатига киритилган журналларга тенглаштирилган (Scopus).

8. Halim Khujamatov, Doston Khasanov, Ernazar Reypnazarov, Nurshod Akhmedov. Industry Digitalization Concepts with 5G-based IoT // 2020 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), Tashkent, Uzbekistan-2020. ОАК Раёсатининг 30.10.2020 йилдаги 368-сон қарори билан диссертациялар асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрлар рўйхатига

киритилган хорижий илмий нашрларда чоп этилган илмий мақолаларга тенглаштирилган (**Scopus**).

9. Ilkhom Siddikov, Doston Khasanov, Halim Khujamatov, Ernazar Reygnazarov. Communication Architecture of Solar Energy Monitoring Systems for Telecommunication Objects // International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), 3-5 November 2021, Tashkent, Uzbekistan. Раёсат қарори №525 (30.10.2021 й.) билан ОАК илмий нашрлар рўйхатига киритилган журналларга тенглаштирилган (**Scopus**).

10. Halim Khujamatov, Ilkhom Siddikov, Ernazar Reygnazarov, Doston Khasanov. Research of Probability-Time Characteristics of the Wireless Sensor Networks for Remote Monitoring Systems // International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), 3-5 November 2021, Tashkent, Uzbekistan. Раёсат қарори №525 (30.10.2021 й.) билан ОАК илмий нашрлар рўйхатига киритилган журналларга тенглаштирилган (**Scopus**).

11. Ilkhom Siddikov, Halim Khujamatov, Ernazar Reygnazarov, Doston Khasanov. CRN and 5G based IoT: Applications, Challenges and Opportunities // International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), 3-5 November 2021, Tashkent, Uzbekistan. Раёсат қарори №525 (30.10.2021 й.) билан ОАК илмий нашрлар рўйхатига киритилган журналларга тенглаштирилган (**Scopus**).

12. Д.Т. Хасанов. Симсиз сенсор тармоқ орқали телекоммуникация объектларининг куёш энергия таъминоти мониторинг тизимини моделлаштириш // “Muhammad al-Xorazmiy avlodlari” ilmiy-amaliy va axborot-tahliliy jurnali. - №3(13), 2020. -Б. 80-90 бетлар (05.00.00; №10).

13. I.Kh.Siddikov, Kh.E.Khujamatov, D.T. Khasanov, E.N. Reygnazarov. Modelling of monitoring systems of solar power stations for telecommunication facilities on wireless nets // “Chemical technology, Control and Management” International scientific and technical journal. Tashkent. 2020, №3 (93) -pp. 20-28 (05.00.00; №12).

14. Kh.E.Khujamatov, Khaleel Ahmad, D.T. Khasanov, E.N. Reygnazarov. Markov Chain Based Modeling Bandwith State of the Wireless Sensor Network of Monitoring System // “International Journal of Advanced Science and Technology” Science and Engineering Research Support Society. Australia. 2020, №4 -pp.4889-4903 (05.00.00; IF: 0.107).

15. Khujamatov Kh.E., Reygnazarov E.N., Khasanov D.T., Nurullaev E.E., Sobirov Sh.O. Evaluation of characteristics of wireless sensor networks with analytical modeling // “Bulletin of TUIT: Management and Communication Technologies” International science-technical journal. Tashkent. 2020, vol. 3, Article 2. -pp. 1-9 бетлар (ОАК Раёсатининг 30.07.2020 йилдаги қарори билан “Uzbekistan Research Online” рақамли платформасидаги журналларда эълон қилинган инглиз тилидаги мақолалар диссертациялар асосий илмий натижаларини эълон қилишга тавсия этилган хорижий илмий нашрларда чоп этилган илмий мақолаларга тенглаштирилган).

16. И.Х. Сиддиқов, Х.Э. Хужаматов, Н.Ю. Амурова, Д.Т. Хасанов. Моделирование и исследование интеллектуально-адаптивных электрических сетей // “Muhammad al-Xorazmiy avlodlari” ilmiy-amaliy va axborot-tahliliy jurnali. - №2(8), 2019. -С. 105-107 бетлар (05.00.00; №10).

17. И.Х. Сиддиқов, Х.Э. Хужаматов, Д.Т. Хасанов, Ш.Б. Олимова, Х.С. Хасанов. Телекоммуникация тизимлари гибрид энергия таъминоти манбаларини масофали мониторинг ва бошқаруви // “Muhammad al-Xorazmiy avlodlari” ilmiy-amaliy va axborot-tahliliy jurnali. - №3(9), 2019. - Б. 55-59 бетлар (05.00.00; №10).

18. I.X.Siddikov, X.E.Xujamatov, D.T.Hasanov, E.N.Reypnazarov, T.Q.Toshtemirov. Telekommunikatsiya tizimlarining avtomatik boshqariluvchi quyosh energiya ta'minotini IoT modellari asosida tadqiq etish // “Muhammad al-Xorazmiy avlodlari” ilmiy-amaliy va axborot-tahliliy jurnali. - №2(12), 2020. -Б.52-58 (05.00.00; №10).

19. I.Kh.Siddikov, Kh.E.Khujamatov, D.T.Khasanov, E.R.Reypnazarov. Modeling of monitoring systems of solar power stations for telecommunication facilities based on wireless nets // “Chemical technology, Control and management” International scientific and technical journal: Vol. 2020: Iss.3, Article 4. <https://uzjournals.edu.uz/ijctcm/vol2020/iss3/4> (05.00.00; №12).

20. Khujamatov Halimjon, Toshtemirov Temur, Khasanov Doston, Saburova Nasiba and Xamroyev, Ilhom. (2021) “IoT based agriculture 4.0: challenges and opportunities” Bulletin of TUIT: Management and Communication Technologies: Vol. 4, Article 5, (ОАК Раёсатининг 30.07.2020 йилдаги қарори билан “Uzbekistan Research Online” рақамли платформасидаги журналларда эълон қилинган инглиз тилидаги мақолалар диссертациялар асосий илмий натижаларини эълон қилишга тавсия этилган хорижий илмий нашрларда чоп этилган илмий мақолаларга тенглаштирилган).

## II бўлим (Часть II; PartII)

21. Kh.Khujamatov, D.Khasanov, E.Reypnazarov, N.Akhmedov. Networking and Computing in Internet of Things and Cyber-Physical Systems // The 14th IEEE International Conference Application of Information and Communication Technologies, 7-9 October 2020, Tashkent, Uzbekistan. (Scopus).

22. Сиддиқов И.Х., Хужаматов Х.Э., Махсудов М.Т., Хасанов Д.Т., Олимова Ш.Б. Телекоммуникация тизимлари гибрид энергия таъминоти манбаларини бошқарув жараёни ва қурилмаларни моделлаштириш // International Scientific and Practical Conf. «Problems of Improving the Efficiency of Work of Modern Production and Economy of Energy Resources». 3-4 October, 2018y. Andijan, Uzbekistan. –P. 75-78 бетлар.

23. Siddikov I.Kh., Sattarov Kh.A., Khujamatov Kh.E., D.T. Khasanov. The electromagnet transducers for intelligence information systems // Tenth World Conference “Intelligent Systems for Industrial Automation”. WCIS-2018. 25-26 October 2018, Tashkent. –P. 48-51 бетлар.

24. Сиддиқов И.Х., Хужаматов Х.Э., Хасанов Д.Т., Олимова Ш.Б., Хасанов Х.С. Телекоммуникация тизимларининг гибрид энергия таъминоти

манбаларини адаптив бошқарув жараёнини масофали мониторинги // “Ҳарбий алоқа тизимида ахборот – коммуникация технологиялари муаммолари” мавзусида Республика илмий-техник конференцияси мақолалар тўплами. Тошкент – 2019 й. –Б. 365-370 бетлар.

25. Х.Э. Хужаматов, Е.Н. Рейпназаров, Д.Т. Хасанов. Телекоммуникация тизимларининг шамол энергия таъминоти манбалари // “Фан, таълим ва ишлаб чиқариш интеграциясида ахборот-коммуникация технологияларини қўллашнинг ҳозирги замон масалалари” Республика илмий-техник анжуманининг маърузалар тўплами. Нукус-2019. -Б.315-318 бетлар.

26. Х.Э. Хужаматов, Е.Н. Рейпназаров, Д.Т. Хасанов. Симсиз сенсор тармоқ орқали телекоммуникация объектларининг шамол энергия таъминоти манбаларини масофавий мониторинги // “Иқтисодиётнинг тармоқларини инновацион ривожланишида ахборот-коммуникация технологияларини аҳамияти” Республика илмий-техник анжуманининг маърузалар тўплами. Тошкент-2020. -Б.246-249 бетлар.

27. Х.Э. Хужаматов, Д.Т. Хасанов, Е.Н. Рейпназаров. Телекоммуникация объектлари электр таъминоти манбаларини масофавий мониторинг тизимини қурилиш тамойиллари // “Иқтисодиётнинг тармоқларини инновацион ривожланишида ахборот-коммуникация технологияларини аҳамияти” Республика илмий-техник анжуманининг маърузалар тўплами. Тошкент-2020. -Б.249-251 бетлар.

28. И.Х. Сиддиқов, Х.Э. Хужаматов, Д.Т. Хасанов, Е.Н. Рейпназаров. Қуёш панелларининг энергия самарадорлигини ошириш усулларини моделлаштириш // «Инновацион техника ва технологияларнинг қишлоқ хўжалиги - озиқ-овқат тармоғидаги муаммо ва истикболлари» мавзусидаги халқаро илмий ва илмий-техник анжумани илмий ишлар тўплами. 24-25 апрель, Тошкент-2020. -Б.786-788.

29. Сиддиқов И.Х., Хужаматов Х.Э., Хасанов Д.Т., Саматхонов М.А. Программное обеспечение для исследования статических характеристик электромагнитного преобразователя тока в напряжение // №DGU 05350 Агентство по интеллектуальной собственности РУз. - Ташкент, 31.05.2018.

30. Сиддиқов И.Х., Хужаматов Х.Э., Саттаров Х.А., Хасанов Д.Т. Программное обеспечение управления гибридными источниками электроэнергии на основе учета потребителей // №DGU 05353 Агентства по интеллектуальной собственности РУз. - Ташкент, 31.05.2018.

31. Сиддиқов И.Х., Хужаматов Х.Э., Хасанов Д.Т., Рейпназаров Е.Н. Программное обеспечение расчета цепей преобразования электромагнитных преобразователей тока в напряжения с распределенными параметрами и величинами // №DGU 05479 Агентства по интеллектуальной собственности РУз. - Ташкент, 27.06.2018.

32. Сиддиқов И.Х., Абубакиров А.Б., Хужаматов Х.Э., Хасанов Д.Т. Алгоритм и программное обеспечение уменьшения потерь электрической энергии в силовом трансформаторе // №DGU 06460 Агентства по интеллектуальной собственности при Министерстве юстиции РУз. - Ташкент, 17.05.2019.

33. Сиддиков И.Х., Абубакиров А.Б., Хужаматов Х.Э., Хасанов Д.Т., Анарбаев М.А. Алгоритм и программное обеспечение уменьшения потерь электрической энергии в силовом трансформаторе // №DGU 06465 Агентства по интеллектуальной собственности при Министерстве юстиции РУз. - Ташкент, 17.05.2019.

34. Сиддиков И.Х., Хужаматов Х.Э., Хасанов Д.Т., Рейпназаров Е.Н. “Программное обеспечение дистанционного мониторинга источников солнечной энергии телекоммуникационных систем”. // Свидетельство об официальной регистрации программы для электронно-вычислительных машин. № DGU 09989. Агентства по интеллектуальной собственности при Министерстве юстиции РУз, Ташкент, 13.01.2021 г.

Автореферат «Муҳаммад ал-Хоразмий авлодлари» илмий журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус, инглиз тиллари матнларини мослиги текширилди (10.02.2022 й.).

**Босмахона лицензияси:**



**9338**

Бичими: 84x60  $\frac{1}{16}$ . «Times New Roman» гарнитураси.  
Рақамли босма усулда босилди.  
Шартли босма табоғи: 3,5. Адади 100. Буюртма № 15/22.

Гувоҳнома № 851684.  
«Тірографф» МЧЖ босмахонасида чоп этилган.  
Босмахона манзили: 100011, Тошкент ш., Беруний кўчаси, 83-уй.