

**ҚАРШИ МУҲАНДИСЛИК-ИҚТИСОДИЁТ ИНСТИТУТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
PhD.03/30.09.2020.Т.111.03 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ҚАРШИ ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ

ДАВРОНОВ ШОҲЖАХОН РИЗАМАТ УҒЛИ

**ФОТОЭЛЕКТРИК МОДУЛЛАРНИНГ ЧИҚИШ ПАРАМЕТРЛАРИНИ
ТАШХИСЛАШ ВА БОШҚАРИШ КУП ФУНКЦИЯЛИ
ҚУРИЛМАСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

**05.05.06 – Қайта тикланадиган энергия турлари асосидаги
энергия қурилмалари**

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

Қарши – 2021

УДК: 621.3.08

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

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

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD) of technical
sciences**

Давронов Шоҳжаҳон Ризамат ўғли

Фотоэлектрик модулларнинг чиқиш параметрларини таъхислаш ва бошқариш
кўп функцияли қурилмасини ишлаб чиқиш..... 3

Давронов Шоҳжаҳон Ризамат ўғли

Разработка многофункционального устройства диагностики и управления
выходных параметров фотоэлектрических модулей..... 23

Davronov Shokhjakhon Rizamat ugli

Development of a multifunctional device for diagnostics and control of the output
parameters of photovoltaic modules..... 43

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works..... 47

**ҚАРШИ МУҲАНДИСЛИК-ИҚТИСОДИЁТ ИНСТИТУТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
PhD.03/30.09.2020.Т.111.03 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ҚАРШИ ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ

ДАВРОНОВ ШОҲЖАҲОН РИЗАМАТ ЎҒЛИ

**ФОТОЭЛЕКТРИК МОДУЛЛАРИНИНГ ЧИҚИШ ПАРАМЕТРЛАРИНИ
ТАШХИСЛАШ ВА БОШҚАРИШ КЎП ФУНКЦИЯЛИ
ҚУРИЛМАСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

05.05.06 – Қайта тикланадиган энергия турлари асосидаги
энергия қурилмалари

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

Қарши – 2021

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертациясининг мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2021.1.PHD/T704 рақами билан рўйхатга олинган.

Диссертация иши Қарши давлат университети ва Қарши муҳандислик-иктисодиёт институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (Ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.qmii.uz) ва «Ziyoueb» Ахборот таълим порталида (www.ziyoueb.com) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар: Вардияшвили Афандил Аскарлович
техника фанлари номзоди, доцент

Расмий оппонентлар: Юлдошев Исроил Абриевич
техника фанлари доктори, доцент

Файзиев Тулқин Амирович
техника фанлари номзоди, доцент

Етакчи ташкилот: Бухоро давлат университети

Диссертация ҳимояси Қарши муҳандислик-иктисодиёт институти ҳузуридаги PhD.03/30.09.2020.Т.111.03 рақамли Илмий кенгашнинг 2021 йил «1» Август соат 14:00 даги мажлисида бўлиб ўтди. (Манзил: 180100, Қарши шаҳри, Мустақиллик кўчаси, 225 уй. Қарши муҳандислик-иктисодиёт институти конференциялар зали. Тел.: (75) 224-02-89, факс: (99875) 224-13-95, e-mail: kiei_info@edu.uz).

Диссертация билан Қарши муҳандислик-иктисодиёт институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (№ 12 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 180100, Қарши шаҳри, Мустақиллик кўчаси, 225 уй. Тел.: (99875) 224-02-89, факс: (99875) 224-13-95, e-mail: kiei_info@edu.uz).

Диссертация автореферати 2021 йил «18» Октябрь кунин тарқатилди.
(2021 йил «16» Октябрь даги № 4 рақамли реестр баённомаси).



Г.Н. Узakov
Илмий даражалар берувчи Илмий кенгаш
раиси, техника фанлари доктори, проф.
Х.А. Давлонов
Илмий даражалар берувчи Илмий кенгаш
илмий котиби, техника фанлари
бўйича фалсафа доктори (PhD)
Б. Уришев
Илмий даражалар берувчи Илмий кенгаш
қошидаги илмий семинар раиси,
техника фанлари доктори, проф.

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда қуёш энергиясидан фойдаланишнинг ўрнатилган қувватларнинг экспоненциал ўсиши 2016 йилнинг охирида қайд этилган бўлиб, бу миқдор тахминан 290 ГВтни ташкил этган. Ҳалқаро қайта тикланадиган энергия агентлиги (IRENA) статистикасига кўра, қайта тикланадиган энергия манбалари қуввати бўйича, ҳозирги кунда қуёш энергияси ўзгартиргичларини ишлаб чиқаришда Хитой дунёда етакчиликни эгалламоқда. Кейинги ўринларда Япония, Германия ва АҚШ каби давлатлар жойлашган. Шунингдек, қитъалар кесимида қуёш энергиясидан фойдаланишнинг ўрнатилган қувватлари бўйича Европа 98,8 ГВтдан кўпроқ ва Осиё 92,3 ГВт билан етакчилик қилмоқда. Ҳалқора энергия агентлиги (IEA PVPS)¹ томонидан ўтказилган таҳлилларга кўра, қуёш энергиясидан фойдаланишнинг умумий ўрнатилган қуввати 2019 йил охирида 627 ГВтга етган бўлиб, фотоэлектрик тизимларни ўрнатиш, улар ёрдамида электр энергиясини ишлаб чиқариш йилдан йилга жадал ривожланмоқда. Бундан келиб чиқиб, ўрнатилаётган турли қувватдаги фотоэлектрик тизимлар учун самарадорлиги юқори ҳамда замонавий ахборот технологияларига асосланган, автоматлаштирилган тизимлардан фойдаланиш муҳим аҳамиятга эга ҳисобланади.

Жаҳонда анаънавий технологиялардан фаркли ўлароқ, фотоэлектрик тизимлар ёрдамида электр энергиясини ишлаб чиқариш жадал ривожланмоқда, шу билан бир қаторда уларнинг самарадорлигини ва махсулдорлигини назорат қилишга катта эътибор қаратилмоқда. Бу борада: “Nanjing Normal University”, “National Taiwan University of Science and Technology” университетларида фотоэлектрик тизимларнинг максимал қувват нуқталарини нейрон тармоқлари асосида кузатиш бўйича; Франциянинг “University Savoie Mont Blanc” университетидида фотоэлектрик ўзгартиргичларнинг махсулдорлиги ва самарадорлигини мониторинг қилиш ва ташхислаш масалалари ҳамда фотоэлектрик тизимларни умумий электр энергия тармоғига интеграция қилиш муаммоларини ўрганиш бўйича; “Polytechnic University of Bucharest”, “University of Liverpool” университетидида фотоэлектрик тизимларнинг иш жараёнидаги қутилмаган носозликларни олдини олиш ва фотоэлектрик тизимларнинг махсулдорлиги ҳамда самарадорликларини башорат қилиш алгоритми ва дастурларини ишлаб чиқиш бўйича мақсадли илмий тадқиқот ишлари олиб борилмоқда.

Республикамызда фотоэлектрик тизимлар электр энергия ишлаб чиқариш самарадорлигини ошириш, ёқилғи ресурсларини тежаш, замонавий ахборот технологияларига асосланган ўлчов қурилмаларини ва тизимларини ишлаб чиқишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 22 августдаги ПҚ-4422 Қароридида 2030 йилга бориб мамлакатимизда қайта тикланадиган энергия манбалари томонидан ишлаб чиқариладиган электр энергияси улушини умумий электр энергия ҳажмининг

¹ International Energy Agency. Retrieved 2 May 2020. https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/04/IEA-PVPS_Snapshot_2020.pdf

25 фоизига қадар етказиш кўзда тутилган ва муҳим вазифалар белгилаб берилган. Бунинг асосида Ўзбекистонда қуёш энергиясининг ўрнатиладиган қуввати 2030 йилга бориб 4 300 МВтдан кам бўлмаслиги таъминланиши кўзда тутилган, шу жиҳатдан қуёш энергиясини электр энергиясига айлантириш ва фотоэлектрик ўзгартиргичлардан самарали фойдаланиш соҳасидаги фундаментал ва амалий изланишлар натижасида янги технологияларни ишлаб чиқиш ва жорий этиш орқали қайта тикланадиган энергия турлари асосидаги энергия қурилмалари соҳасини янада ривожлантириш муҳим вазифа ҳисобланади. Фотоэлектрик тизимларнинг электр энергия ишлаб чиқаришини реал вақт мобайнида масофадан туриб атроф муҳит параметрларини инobatга олган ҳолда, назорат қиладиган ва ташхислайдиган қурилмаларини ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон “Мамлакат иқтисодиётининг ресурс ва энергия интенсивлигини таъминлаш мақсадида ишлаб чиқариш соҳаларига энергия тежовчи технологияларни жорий этиш, қайта тикланадиган энергия манбаларидан кенг фойдаланиш, иқтисодиёт тармоқларида ишлаб чиқариш самарадорлигини ошириш тўғрисида”ги Фармони, Ўзбекистон Республикасининг 2019 йил 21 майдаги УРҚ №539 “Қайта тикланувчи энергия манбаларидан фойдаланиш тўғрисида”ги Қонуни ва Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 22 августдаги ПК-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 қарорлари, ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа мейёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация иши муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Диссертация иши буйича тадқиқотлар фан ва технологиялари ривожланишининг IV. «Қайта тикланадиган энергия манбаларидан фойдаланиш усулларини ривожлантириш, нанотехнологиялар, фотоника ва бошқа замонавий илғор технологиялар асосида қурилмалар ва технологияларни яратиш» устувор йўналишига мос келади.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Фотоэлектрик ўзгартиргичларнинг чиқиш параметрлари ва ташқи омиллар таъсирини мониторинг ва ташхислаш қурилмаларини яратишнинг илмий-техник ечимларини ишлаб чиқишга қаратилган тадқиқотлар билан хорижда қуйидаги олимлар А.И. Отто, С.В. Дякин, П.Н. Кузнецов, А.В. Козлов, Р.У. Гимазов, Ал Журни Раҳад Али Маджид, Тхеин Лин У, Нян Линн Аунг шуғулланишган.

Республикада муқобил энергия манбаларидан фойдаланиш, фотоэлектрик модулларнинг электр энергиясини ишлаб чиқариш самарадорлигини ошириш ва иш жараёнини ташхислаш буйича тадқиқотлар Р.А. Муминов, М.Н. Турсунов, Н.А. Матчанов, И.А. Юлдошев, Х. Собиров, Р.Р. Қобулов, С.А. Орлов, А.Ф. Комилов ва бошқалар томонидан олиб борилган.

Мазкур тадқиқотлар натижасида фотоэлектрик ўзгартиргичларни тадқиқ қилиш муаммолари, уларнинг чиқиш параметрларини ташхислаш, атроф муҳитнинг иқлим кўрсаткичлари, мониторинг тизимлари ва фотоэлектрик тизимлар параметрларини комплекс ўлчаш учун аппарат-дастурий таъминотлар яратиш масалалари етарлича кўриб чиқилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режаси билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Қарши давлат университетининг илмий тадқиқот ишлари режасига мувофиқ ва ОТ-Атех-2018 (517+513+362) «Фотоэлектрик тизимларни марказий электр тармоғига интеграция қилиш – 2018-2020 йиллар» амалий лойиҳаси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади фотоэлектрик модулларнинг чиқиш параметрларини ва ташқи таъсир омилларини ҳисобга олган ҳолда ташхислаш, бошқариш ва мониторинг қилишни амалга оширадиган дастурий таъминотли қўп функцияли қурилма ишлаб чиқиш ва яратишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

фотоэлектрик ўзгартиргичларнинг вольт-ампер характеристикаларини, шунингдек фотоэлектрик ўзгартиргичларнинг маҳсулдорлигига таъсир этувчи атроф-муҳит параметрларини ўлчаш имконини берадиган қўп функцияли қурилмасини ишлаб чиқиш, яратиш ва синовдан ўтказиш;

фотоэлектрик модулнинг чиқиш параметрларини ҳамда атроф-муҳит параметрларини аниқлаш ва ташхислаш имконини яратадиган дастурий таъминотни ишлаб чиқиш ва апробациядан ўтказиш;

фотоэлектрик модулларнинг ток ва кучланишни ўлчаш имконини берувчи, маълумотларни масофавий серверга симсиз узатишни амалга оширадиган қурилмани ишлаб чиқиш ва синовдан ўтказиш;

реал вақт мобайнида маълумотларни таҳлил қилиш ва сақлаш учун масофавий серверга симсиз узатишни амалга оширадиган дастурий таъминот яратиш ва апробациядан ўтказиш.

Тадқиқотнинг объекти фотоэлектрик модуллар ва улар негизидаги тизимлар ҳисобланади.

Тадқиқотнинг предмети фотоэлектрик тизимларни ташхислаш ва бошқаришни амалга ошириш имконини берадиган аппарат ва дастурий таъминот ҳисобланади.

Тадқиқотнинг усуллари. Қўйилган вазифани бажаришда умум эътироф этилган электр ўлчаш жараёнларида экспериментал тадқиқот усуллари ва уларнинг натижаларини қайта ишлаш, электротехника назарий асослари, ҳисоблаш жараёнларини тизимлаштириш усуллари ва дастурлаш технологияларида фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

бир вақтнинг ўзида фотоэлектрик модулнинг вольт-амперли характеристикасини ўлчаш, мониторинг ва ташхис учун ташқи модуллар сигналларини қайта ишлаш имконини берадиган электрон юкламали ҳамда ўрнатилган аналогли-рақамли ўзгартиргич асосида ўлчаш, ҳисоблаш, узатиш

каби функцияларни ўзида мужассамлаштирган кўп функцияли қурилма ишлаб чиқилган;

микронтроллерли қурилмалар учун атроф-муҳит параметрлари таъсирини инобатга олган ҳолда, фотоэлектрик модулларнинг асосий чиқиш параметрларини ҳисоблаш, максимал қувват нуқтасини қидириш ва аниқлаш имконини берадиган дастурий таъминот ишлаб чиқилган;

реал вақт мобайнида ҳудудий чекловларсиз узоқ масофадан туриб фотоэлектрик тизимларнинг чиқиш параметрларини назорат қилиш имконини берадиган, GPRS технологияси бўйича маълумотларни симсиз узатишни амалга ошириш имконини берадиган қурилма ишлаб чиқилган;

ўлчанган маълумотларни қайта ишлаш, маълумотларни TCP/IP протоколи бўйича масофадаги ахборот хавфсизлиги таъминланган серверларда сақлаш ва реал вақт мобайнида маълумотларни қайта ишлаш ва икки томонлама маълумот алмашинувини таъминлаш имконини берадиган алгоритм ва дастурий таъминот ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари куйидагилардан иборат:

фотоэлектрик модулларнинг чиқиш параметрларини мониторинг қилиш ва таъхислаш, автоном фотоэлектрик тизимлар самарадорлигини назорат қиладиган ва уларга таъсир этадиган омилларни аниқлаш имконини берадиган қурилма ишлаб чиқилган;

фотоэлектрик модулларнинг волт-ампер характеристикасини 256 нуқтада ўлчашни амалга оширадиган ва максимал қувват нуқтасини аниқлайдиган дастурий таъминот ишлаб чиқилган;

интернет тармоғи орқали алоқа операторлари таянч станциялари ёрдамида фотоэлектрик тизимлар ҳолатини масофавий назорат қилиш имконини берадиган қурилма ва дастурий таъминот ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончилиги замонавий воситалар ва тадқиқот усулларидан фойдаланган ҳолда табиий шароитларда олинган кўпсонли экспериментал маълумотлар, рақамли ҳисоблашлар экспериментал маълумотлар билан миқдор ва сифат жиҳатидан мувофиқлиги асосланган, шунингдек мустақил ва бир-бирини тўлдирувчи ўлчов усулларидан фойдаланиш ва маълумотларни қайта ишлаш, ҳамда экспериментал маълумотларнинг ишончилиги ва аниқлиги, хатоликлар даражаси ва нисбий таҳлиллар билан тасдиқланган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти максимал қувват нуқтасини топиш ва фотоэлектрик модулларнинг чиқиш параметрларини аниқлаш дастурий таъминот алгоритми, фотоэлектрик модулларнинг чиқиш параметрлари маълумотларини симсиз узатиш алгоритми ва фотоэлектрик модулларнинг волт-ампер характеристикасини ўлчаш учун электрон схема ишлаб чиқиши, фотоэлектрик модулларнинг параметрларини ҳисоблашда қўллаш мумкинлиги билан изоҳланади.

Тадқиқотнинг амалий аҳамияти, олинган натижалар фотоэлектрик модулнинг махсулдорлигини олдиндан аниқлаш учун таъсир этувчи омиллар қийматларини таҳлил қилиш ва қайта ишлаш, фотоэлектрик модулларнинг иш

ҳолатини масофадан туриб мониторинг қилиш ва таъхислашни амалга ошириш, доимий ток ўзгартиргичи орқали чиқувчи кучланишни бошқариш имконини бериши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Фотоэлектрик модулларнинг чиқиш параметрларини таъхислаш ва бошқариш кўп функцияли қурилмасини ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

фотоэлектрик модулларнинг волт-ампер характеристикаларини ва атроф-муҳит параметрларини ўлчаш ва реал вақт мобайнида масофавий серверга узатиш имконини берадиган кўп функцияли автоном ўлчов ва масофадаги серверга маълумотларни симсиз узатиш қурилмалари ишлаб чиқилган, ҳамда уларни фотоэлектрик тизимда жорий қилиш натижасида 19 426 000 сўм иқтисодий самарадорликка эришилган (“UZELTEXSANOAT” уюшмасининг 2020-йил 23-декабрдаги №04-1/2409-сон маълумотномаси);

Қайта тикланувчи энергия манбалари миллий илмий-тадқиқот институтида 2017-2020 йилларда бажарилган «Ярим ўтказгичли халкопиритлар синтез асосларини фундаментал ўрганиш, ҳамда улар асосидаги фотоэлементларнинг самарадорлиги ва махсулдорлигини ошириш» номли фундаментал лойиҳасининг назарий тадқиқотларида диссертация ишининг, “фотоэлектрик модулларнинг махсулдорлигини мониторинг қилишни амалга ошириш учун автоном кўп функцияли ўлчов қурилмаси”, “фотоэлектрик тизимлар учун кўп каналлик ўлчов қурилмаларининг дастурий таъминоти”, “кетма-кет портлардан узатиладиган маълумотларни ўқиш ва *.csv файлига ёзишнинг дастурий таъминоти” қурилмаси ва дастурий таъминотларидан фойдаланиш натижасида, $Cu(In,Ga)Se_2$ дан ташкил топган CIGS фотоэлектрик модулнинг волт-ампер характеристикаси ўлчанган ва турли об-ҳаво шароитларида модулнинг фойдали иш коэффициенти максимал қийматлари аниқланган (Ўзбекистон Республикаси Энергетика Вазирлигининг 2021 йил 13 август № 04-26-4404 маълумотномаси).

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Диссертация ишининг асосий илмий натижалари 3 та халқаро ва 4 та республика илмий-амалий конференцияларида маъруза қилинган ва муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация ишининг асосий натижалари 17 та илмий ишда жумладан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 5 та мақола нашр этилган. Дастурий таъминотлар учун Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлигидан 3 та муаллифлик гувоҳномаси олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация иши кириш, 3 та боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг умумий ҳажми 116 саҳифани ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари

ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган. Тадқиқотнинг илмий янгилиги, амалий натижалари, ишнинг илмий ва амалий аҳамияти баён этилган, олинган натижаларнинг жорий қилиниши ва ишнинг апробацияси, шунингдек диссертация ҳажми ва тузилиши тўғрисида маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг “**Ўлчов қурилмаларини ишлаб чиқишнинг мавжуд усуллари таҳлили, ўлчов қурилмаларининг характеристикалари, ва фотоэлектрик модулларнинг вольт-ампер характеристикасини ўлчаш усуллари**” га бағишланган **биринчи бобида** диссертация мавзусига оид адабиётлар таҳлили келтирилган. Фотоэлектрик модулларнинг чиқиш параметрларини бошқариш ва ташхислаш учун қўлланиладиган ўлчов қурилмаларига шарҳ бериб ўтилган. Ўзбекистон Республикасида қайта тикланадиган энергия манбаларининг ривожланиш босқичлари ва истикболлари ёритилган. Фотоэлектрик тизимларни марказий электр тармоғи билан боғлашнинг афзалликлари ва интеграллашган тизимларни ахборот хавфсизлигини таъминлаш масалалари кўриб чиқилган. Фотоэлектрик модулнинг чиқиш параметрларини ҳисоблаш ва ўлчов қурилмаларини ишлаб чиқиш усуллари таҳлиллари келтириб ўтилган. Фотоэлектрик модулларнинг вольт-ампер характеристикаларини ўлчаш усуллари таҳлили классификацияси таҳлил қилинган. Фотоэлектрик модулларнинг параметрларини ҳисоблаш ва фотоэлектрик модулларга таъсир этувчи ташқи омиллар аниқланган.

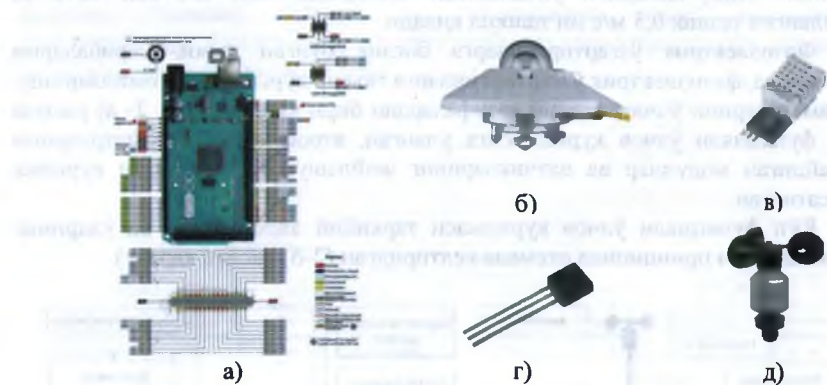
Диссертациянинг “**Фотоэлектрик ўзгартиргичларнинг чиқиш параметрларини ўлчаш усуллари, компонентларини танлаш ва асослаш ҳамда фотоэлектрик модулнинг параметрларини ташхислаш учун ўлчов қурилмасини яратиш**” номли **иккинчи боби** фотоэлектрик модулларнинг чиқиш параметрларини ўлчаш усуллари таҳлили ва асослашга бағишланган. Фотоэлектрик модулларнинг максимал қувват нуқтасини излаш ва аниқлаш алгоритми ҳамда фотоэлектрик модуллар ишлаб чиқариш маҳсулдорлигига атроф-муҳит параметрларининг таъсирларини аниқлаш усули.

Муайян қурилманинг дастурига киритилган вазифаларни бажариш учун мўлжалланган электрон қурилмалар - бу ўрнатилган тизимлар ҳисобланади. Шундай қилиб, ўрнатилган тизимлар аппарат ва дастурий таъминотнинг комбинацияси бўлиб, ундан муайян соҳани автоматлаштириш вазифаларини ҳал этиш мақсадида фойдаланиш мумкин.

Аппарат таъминотнинг кўпгина функцияларидан фойдаланиш учун ҳар бир ўрнатилган тизимнинг аппаратли таъминот қисми дастурий таъминот қисми билан боғлиқ бўлиши лозим. Ушбу ҳолатда, дастурий таъминот ишлаб чиқиш муҳити Arduino IDE бўлиб, C++ дастурлаш тилига асосланган.

Тадқиқот ишида ATmega2560 микроконтроллери, ардуино mega2560 платформасида қўлланилган (1-а) расмга қаранг). Ардуино mega2560 қўлланилишидан мақсад, у ATmega8 ёки ATmega16 микроконтроллерларга нисбатан бир қанча афзалликларга ва уларга қараганда кўпроқ аналог ва рақамли портларга эга. Шунингдек, ушбу микроконтроллер маълумотларни кетма-кет узатувчи 4 та TTL учун UART портларига эга.

10



1-расм. Arduino mega2560 платформаси ва атроф-муҳит параметрларини ўлчаш модуллари

Пиранометр қуёш радиациясини ўлчаш учун мўлжалланган турли хил датчиклардан бири ҳисобланади. Пиранометр модули бошқа ўлчов модулларига нисбатан аниқлик даражаси юқори бўлганлиги сабабли кўплаб халқаро лабораторияларда, илмий тадқиқотларда ва фотоэлектрик тизимларида қуёш радиациясини ўлчаш мақсадида ишлатилади. Тадқиқот мобайнида қуёш радиациясини ўлчашда, Kipp&Zonen нинг SMP11 пиранометр модулдан фойдаланилган (1- б) расмга қаранг). Ишлаш ҳарорати -40°C дан $+80^{\circ}\text{C}$ гача бўлган оралиқда, қамраб олиш бурчаги 180° , $1000\text{W}/\text{m}^2$ эгилишдаги хатолиги 0° дан 90° гача $0,2\%$ ташкил этади ва сезгирлиги 7 дан $14\text{ мкВ}/\text{W}/\text{m}^2$.

DHT22 рақамли датчиги ёрдамида ҳаво ҳарорати ва нисбий намлик ўлчовлари амалга оширилган (1- в) расмга қаранг). Атроф муҳит ҳарорати ва нисбий намликни ўлчаш датчиги аниқлиги $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ва $\pm 1\%$ ни ташкил этади. Ҳароратни ўлчаш оралиғи -40°C дан 80°C гача ва ҳавонинг нисбий намлигини ўлчаш оралиғи 0% дан 100% гача бўлган қийматларни ташкил этади.

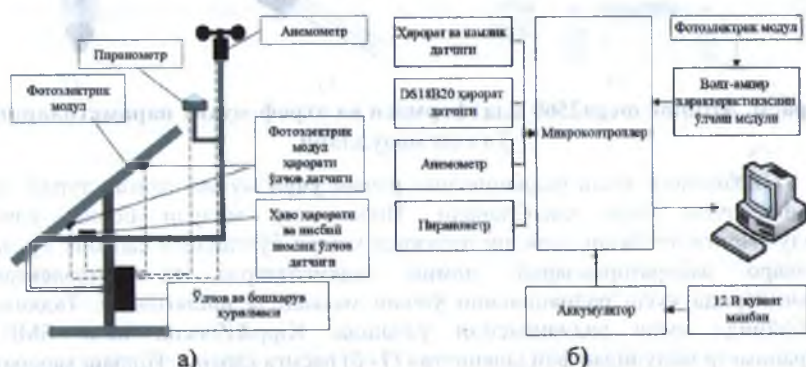
Ҳаво ҳарорати тўғридан тўғри фотоэлектрик ўзгартиргичларга таъсир кўрсатади ва унинг таъсирини аниқлаш мақсадида фотоэлектрик модуллар DS18B20 ҳарорат датчиклари билан жиҳозланган (1- г) расмга қаранг). Ушбу датчик 5 вольт қувватни орқали қувватланади, унинг ҳарорат ўлчаш оралиғи -55°C дан $+125^{\circ}\text{C}$ гача ва огоҳлантириш функциясига эга. DS18B20 бир симли шина орқали уланади, марказий микропроцессорга уланиш учун фақат битта маълумотлар линиясини талаб этилади. Бундан ташқари, DS18B20 датчиги энергияни тўғридан тўғри маълумотларни узатиш линияси орқали олиши мумкин, шу билан ташқи қувват манбаига бўлган эҳтиёжни йўқотади.

Шамол тезлигини аниқлаш мақсадида, Германияда ишлаб чиқарилган Thiesclima компаниясининг анемометр ўлчов қурилмасидан фойдаланилган (1-д) расмга қаранг). Шамол тезлигини ўлчаш оралиғи $0,5$ дан 50 м/с ни

ташқил этади, аниқлиги ўлчанаётган қийматдан $\pm 0,5$ м/с ёки $\pm 3\%$ ва бошланғич тезлик 0,5 м/с ни ташқил қилади.

Фотоэлектрик ўзгартиргичларга боғлиқ бўлган синов-тажрибаларни ўтказишда, фотоэлектрик ўзгартиргичларга таъсир кўрсатадиган омилларнинг параметрларини ўлчаш асосий вазифалардан бири ҳисобланади. 2- а) расмда кўп функцияли ўлчов қурилмасига уланган, атроф-муҳит параметрларини ўлчайдиган модуллар ва датчикларнинг жойлашуви келтирилган қурилма кўрсатилган.

Кўп функцияли ўлчов қурилмаси таркибий элементлари ва уларнинг ўзаро алоқаси принципиал схемада келтирилган (2-б) расмга қаранг).



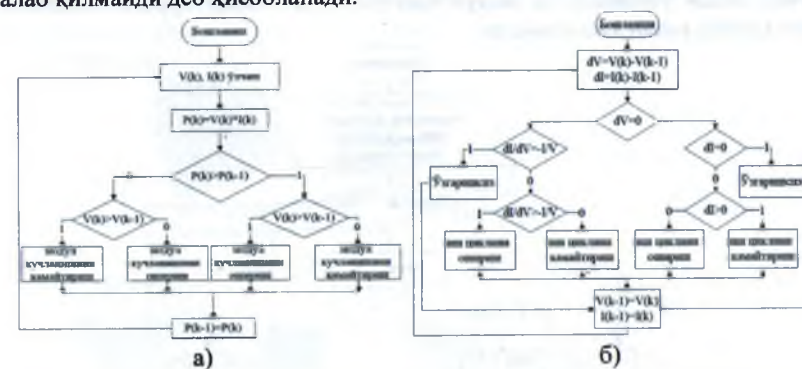
2-расм. Ўлчовлар ўтказилган қурилма ва кўп функцияли ўлчов қурилмасининг асосий таркибий модулларининг принципиал схемаси

Фотоэлектрик модулларнинг вольт-ампер характеристикаларини ўлчашнинг асосий тамойили, қисқа ток туташуви (I_{sc}) ва салт юриш кучланиши (V_{oc}) орасида бериладиган токни бошқаришга асосланади. Бунинг учун турли хил усуллар таклиф этилган: ўзгарувчан резистор, сиғимли юклама, электрон юклама, биполяр қувват кучайтиргичи. Бироқ фотоэлектрик модулларнинг вольт-ампер характеристикаларини ўлчашда ўлчов ҳажми, тезлиги, такрорийлиги, нархи, аниқлик ва фойдаланиш енгиллиги.

Вольт-ампер характеристикаларини ток ва кучланишининг ҳар хил нуқталаридаги кўпайтмаси ташқил қилади. Вольт-ампер характеристикаларининг иш нуқтаси деб, юкламага узатиладиган максимал қувват нуқтаси ҳисобланади. Фотоэлектрик ўзгартиргичларнинг максимал қувват нуқтасини излаш ва кузатишнинг кўпгина усуллари мавжуд. Ҳозирда сотувда, фотоэлектрик модулларнинг махсулдорлигини ошириш учун максимал қувват нуқтасини кузатиш қурилмаларининг турли хил вариантлари мавжуд, лекин уларнинг қанчаси қўйилган вазифани тўлақонли бажариши номаълум.

Дунёда, “Petrubation and observation” (P&O) (3- а) расм) ва “Incremental conductance” (INC) (3- б) расм) алгоритмларини амалга ошириш қулай бўлганлиги учун улар, тижорат мақсадларида кенг фойдаланилади. Аниқлик

даражаси паст бўлган фотоэлектрик тизимларда максимал қувват нуқтасини кузатиш “constant voltage” ва “short-current pulse” усулларидадан фойдаланилади. Амалга ошириш учун ушбу усуллар арзон ва кўп датчиклар талаб қилмайди деб ҳисобланади.



3-расм. “Petrubation and observation” ва “incremental conductance” алгоритмлари блок-схемаси

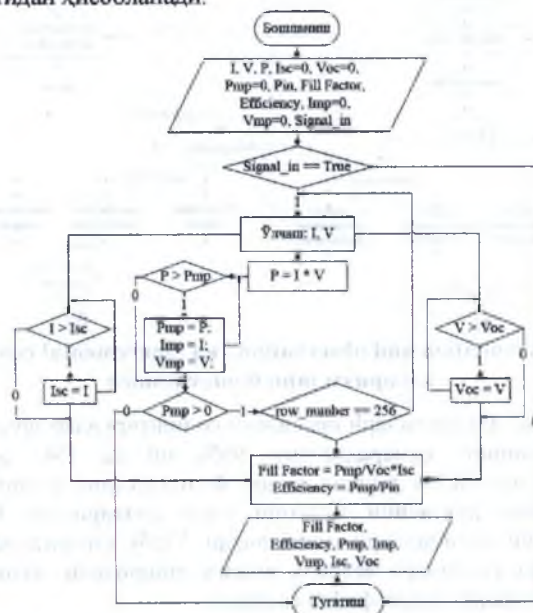
P&O ва INC алгоритмлари орасидаги солиштирувлар шуни кўрсатдики, P&O алгоритмининг самарадорлиги 95% ни ва INC алгоритмининг самарадорлиги эса 98,2% ташқил этади. Фотоэлектрик ўзгартиргичларнинг максимал қувват нуқтасини кузатиш учун келтирилган P&O ва INC алгоритмлари энг оптималлари ҳисобланади. Ушбу алгоритмлар доимий ток ўзгартиргичлари схемалари асосида амалга оширилади, чунки улар ушбу алгоритмлар қўлланилишида фойдаланилади.

Кўп функцияли ўлчов қурилмаси дастурий таъминоти кетма-кетликда бажарилади, модул ва датчикларга мурожаат қилиши учун биринчи кутубхоналар таниб олинади, кейин ўзгарувчилар ва уларнинг бошланғич қийматлари таниб олинади. Кўрсатилган портлар, компьютер билан маълумот алмашинуви тезлиги ва таймерларни ишга тушириш бир марта қурилма қўшилишида функция танасида активлаштирилади. Сўнгра асосий цикл бажарилади, маълумотларни қайта ишлаш учун аналог ва рақамли портларга сўров юборилади.

Ишлаб чиқилган алгоритм бўйича дастур параметрларни ўлчашга сўров жўнатади, кейин ўлчанган маълумотлар асосида фотоэлектрик модулнинг максимал қувват нуқтаси, фойдали иш коэффициенти ва тўлдириш коэффициенти ҳисобланади (4-расмга қаранг).

Фотоэлектрик ўзгартиргичларга таъсир кўрсатадиган омилларни ўлчаш, асосий вазифалардан бири ҳисобланади. Атроф-муҳитнинг таъсир этувчи омилларини ўлчаш услуби унинг ўлчаш кетма-кетлигидадир. Синов-тажриба жараёнларида, вольт-ампер характеристикаларини ўлчаш биринчи биринчи навбатда бажарилиши лозим деган хулосага келинган, сўнгра қуёш радиацияси, шамол тезлиги, ҳавонинг нисбий намлиги, ҳаво ҳарорати ва фотоэлектрик модулнинг ҳарорати каби ташқи таъсир этувчи омиллар

Ўлчаниши лозим. Ўлчовларнинг бундай кетма-кетликда бажарилиши атроф-муҳит параметрларининг чизикли ўзгаришидадир ва бу кетма-кетлик ўлчовлар аниқлигини оширади. Фотоэлектрик модулнинг ҳарорати иккита датчик билан ўлчанади ва модул ҳарорати, датчиклар кўрсаткичларининг ўртача қийматидан ҳисобланади.

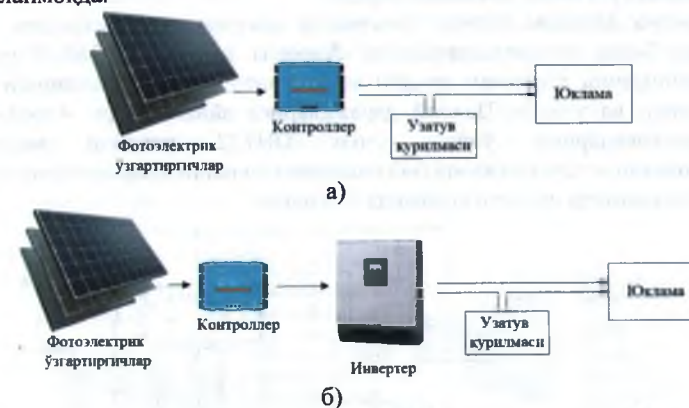


4-расм. Ўлчов қурилмасининг максимал қувват нуқтасини топиш дастурий таъминот алгоритми

Қурилмаларга Интернетга чиқиш ва маълумотларни жўнатиш имконини берадиган умумий пакет радиоалоқа хизмати (GPRS) технологияси асосида, тармоқ ҳолатини мониторинг қилиш учун масофадаги серверларга фотоэлектрик тизимлар маълумотларини узатиш қурилмасини ишлаб чиқиш долзарб вазифа ҳисобланади. Бу сигналларни қайта ишлайдиган ортиқча қурилмалар ва масофа билан боғлиқ муаммоларни ечишга ёрдам беради. Қурилмага Интернетга тўғридан тўғри чиқиш имконини бериб, биз уни нарсалар интернетга (IoT) тармоғининг бир қисмига айлантираемиз. Ушбу йўналиш ахборот технологиялари соҳасида тез ривожланаётган йўналишлардан бири ҳисобланади.

Фотоэлектрик тизимларнинг ҳолатини масофадан туриб мониторинг қилиш, айниқса тақсимланган генерация тармоқлари учун муҳимдир, тармоқлардаги авария ва носозликларни олдини олиш мақсадида ишлаб чиқариш тизимнинг иш жараёнини мониторинг ва таҳлил қилиш асосий вазифалардан бири ҳисобланади. Қуёш энергетикасига ўтиш билан бир қаторда, фотоэлектрик тизимларнинг ҳам ҳолатини мониторинг қилиш

эҳтиёжи пайдо бўлди. Аксарият ҳолларда масофадан туриб мониторинг қилиш имконини бермайдиган, локал мониторинг қилиш воситаларидан фойдаланилган. Шу сабабга кўра, фотоэлектрик тизимларнинг самарадорлигини масофавий мониторинг қилиш ва ташхислаш мақсадида маълумотлар алмашинуви учун симсиз технологияларни қўллаш кенг ривожланмоқда.



5-расм. Узатиш қурилмасини доимий ва ўзгарувчан токни ўлчаш учун фотоэлектрик тизимга улаш

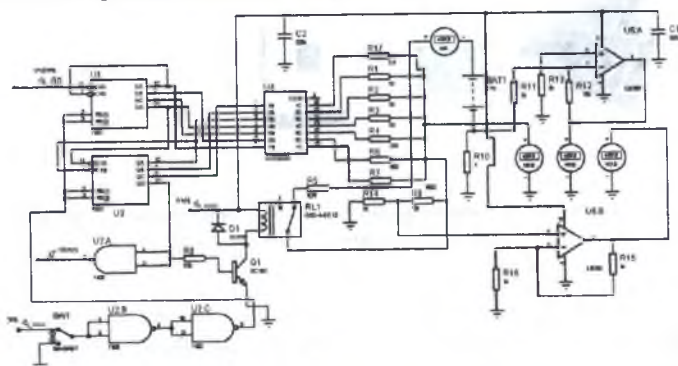
Таклиф этилаётган қурилманинг устунлиги унинг қўлланилиш универсаллигидадир. Қурилмани шундай ишлаб чиқиш мумкинки, у доимий ва ўзгарувчан токни ўлчаш имкониятини беради. Фотоэлектрик тизимларга қурилмани максимал қувват нуқтасини кузатиш контроллеридан чиқишда ёки доимий токни ўзгарувчан токга айлантирадиган инвертордан чиқишда улаш мумкин (5-расмга қаранг).

Жараёнларни масофадан туриб мониторинг қилиш усули сифатида GPRS маълумотларни узатиш технологияси ҳисобланади. Ушбу технология Интернетга маълумотларни TCP/IP протоколи бўйича жўнатади ва маълумотларни сақлаш масофадаги серверларда амалга оширилади, бу ўз навбатида Интернет тармоғи орқали маълумотларга исталган жойдан туриб исталган қурилмадан кириш имконини беради.

Диссертациянинг “Фотоэлектрик модулнинг чиқиш параметрларини ташхислаш ва бошқариш кўп функцияли қурилмасини ишлаб чиқиш, синовдан ўтказиш ва ўлчов натижаларини, техник параметрларини асослаш” номли учинчи бобида тавсия этилган мониторинг ва ташхислаш тизимининг умумий характеристикалари, таркибий қисмлари, ишлаб чиқилган қурилмаларнинг электрон схемалари ва дастурий таъминотни ишлаб чиқиш муҳити, симсиз маълумотларни узатиш қурилмаси, ўлчов қурилмаси синов-тажриба давомида табиий шароитда олинган ўлчов натижалари, қурилманинг қиёсий синовлари ва симсиз маълумотларни узатиш тизимидан фойдаланишнинг иқтисодий асослари тақдим этилган.

Таклиф этилган қурилма ҳаво ҳарорати ва нисбий намликни, фотоэлектрик модул ҳарорати, қуёш радиацияси, шамол тезлиги, ток ва фотоэлектрик модулнинг максимал қувват нуқтасини топишни мониторинг қилади. Фотоэлектрик модулларнинг волт-ампер характеристикалари ва бошқа параметрларини ўлчаш, уларни атроф-муҳитнинг ўзгарувчан шароитларида ўрганиш имконини беради.

Қурилма автоном бўлиб, ўрнатилган аккумуляторлар орқали электр энергияси билан қувватлантирилади. Ҳарорат датчиги DS18B20 рақамли киритиш/чиқариш портлари орқали микроконтроллер сигналларини қабул қилиб олади ва уларни Целсий даражаларига айлантиради. Атроф-муҳит характеристикаларини ўлчаш учун DHT22 рақамли модулидан фойдаланилган, у ҳарорат ва нисбий намликни ўлчайди. Шамол тезлиги ташқи рақамли анемометр датчиги ёрдамида ўлчанади.



6-расм. Кўп функцияли қурилмада ишлатиладиган, волт-ампер хусусиятларини ўлчаш қурилмасининг электрон схемаси

6-расмда ишлаб чиқилган ва кўп функцияли қурилмада қўлланилган, фотоэлектрик модулларнинг волт-ампер характеристикаларини ўлчайдиган электрон схема келтирилган. Юқоридаги электрон схема фотоэлектрик модулнинг волт-ампер характеристикаларини ўлчашни амалга оширади. Волт-ампер характеристикаси ўлчов блоки қуйидаги тарзда ишлайди: компютердан сигнал қабул қилинганда, микроконтроллер маълум бир рақамли портга сигнал юборади ва тўрт разрядли иккилик ҳисоблагичлари ишга туширилади, улар орқали сигналлар калитларга жўнатилади, калитлар ўз навбатида қаршилиқлар орқали фотоэлектрик модулнинг юкларини бошқаради. Олинандиган ток ва кучланиш қийматлари рақамли сигналлар шаклида ўлчанади, дастур томонидан қайта ишланади ва сақлаш учун керакли катталикларга айлантирилади. Ҳар бир ўлчов цикли микроконтроллер буйруғи билан амалга оширилади ва ҳар бир цикл ток ва кучланишни ўлчаш учун 256 қадамга эга.

Микроконтроллерда ёзилган дастур коди фотоэлектрик модулнинг волт-ампер характеристикаларини ўлчаш, фойдали иш коэффициентини ва

тўлдириш коэффициентини ҳисоблаш, максимал қувват нуқтасини топиш каби вазифаларни бажаради.

Алгоритм 256 нуқтадаги волт-ампер характеристикаларини ўлчайди ва тўлиқ ўлчовни амалга ошириши учун 10 сония вақтни талаб этади. Қувватни ўлчаш цикли давомида, алгоритм ҳар бир қийматни таққослаш орқали маълумотлар базасига ёзишни амалга оширади. Таққослашда, агар ўлчанган қувват аввалгисидан каттарок бўлса, унинг қиймати алоҳида ўзгарувчига максимал қувват нуқтаси сифатида ёзилади, ўзгарувчининг қиймати ҳар сафар қайд этилган қийматдан юқорисига янгиланади. Ўлчовлар, цикл 256 нуқтада тўлиқ тугаганда тўхтатилади, барча қувват қийматлари реал вақтда маълумотлар базасида сақланади ва охириги сатрга волт-ампер характеристикасини ўлчаш вақтида олинган барча параметрлар маълумотлари киритилади. Кўп функцияли ўлчов қурилмаси турли модул ва датчиклардан иборат (7-расмга қараң). Синовлар 9,5 ватт максимал қувватига эга бўлган CIGS фотоэлектрик модулида ўтказилган.

Олинган барча ўлчов маълумотлари *.csv файллар шаклида маълумотлар базасида сақланади, чунки ушбу форматдаги файллар осон таҳрир қилинади ва бошқа дастурий таъминотлар билан ҳам осон бирлашиш имкониятига эга.



7-расм. Кўп функцияли мониторинг ва таҳислаш қурилмаси ва ўлчовлар ўтказилган иккита CIGS фотоэлектрик ўзгартиргичлари билан жиҳозланган мослама

Шунингдек, тадқиқот ишида фотоэлектрик ўзгартиргичларнинг доимий ток ўзгартиргичли максимал қувват нуқтасини кузатишнинг муқобил электрон схемаси ишлаб чиқилган. Таклиф этилган электрон схема, 6-расмдаги электрон схемадан фарқи, у волт-ампер характеристикаларини ўлчайди ва максимал нуқтадаги қувватни юкларга тўғридан-тўғри доимий ток ўзгартиргичи орқали узатади, бунинг натижасида фотоэлектрик ўзгартиргичларнинг маҳсулдорлиги ортади ва аккумулятор батареяларининг қувватланиши тезлашади. Ушбу турдаги электрон схемалардан фотоэлектрик тизимларнинг аккумулятор заряди контроллерлари сифатида фойдаланиш мақсадга мувофиқ.

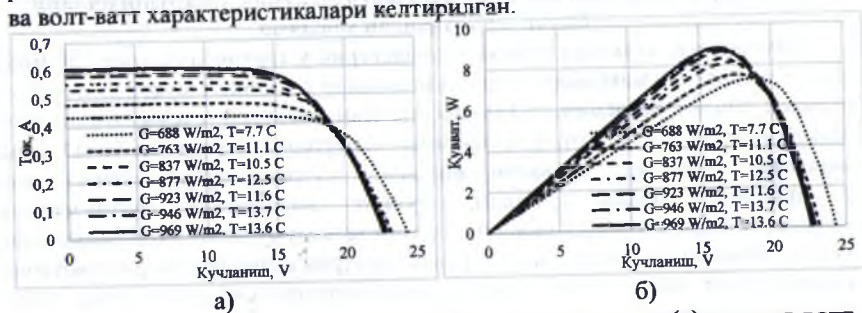
Тадқиқот ишида шунингдек, фотоэлектрик ўзгартиргичларнинг чиқувчи ток ва кучланишини ўлчаш имкониятига эга маълумотларни симсиз узатиш учун мўлжалланган қурилма таклиф этилган. Қурилма, микроконтроллер, GSM/GPRS модули, ток ва кучланишни ўлчаш модуллари ва маълумотларни кўрсатиш учун суюқ кристалли дисплей (LCD) лардан ташкил топган.

Волтметр ва амперметр қўйилган вазифадан келиб чиқиб, доимий ёки ўзгарувчан ток ва кучланишни ўлчаш имкониятини беради. Ўлчовлар амалга оширилгандан сўнг, сигналлар қайта ишлаш учун микроконтроллерга юборилади. Микроконтроллерга уланган GPRS модули ёрдамида маълумотлар сақлаш учун серверга жўнатилади ва дунёнинг исталган нуқтасидан маълумотларга кириш мумкин бўлади.

Фотоэлектрик ўзгартиргичларнинг волт-ампер характеристикалари тажрибалари ва ўлчовлари ўтказилган ва қуйидаги қонуниятлар аниқланган. I_{sc} ва V_{oc} каби ток ва кучланишнинг асосий параметрларини баҳолаш учун жуда кўп нуқталар талаб қилинмайди, I_{mp} атрофидаги нуқталар етарли бўлмаган ҳолатда, V_{mp} қийматини тўғри аниқлаш учун интерполяция қўлланилиши лозим, бунда максимал ноаниқлик $\pm 0,5\%$ дан ошмаслиги керак. Электрон юклар яримўтказгичли қурилмаларига асосланган ва кичик, аммо нол бўлмаган минимал қаршилиқларга эга. Шундай қилиб, қисқа туташув рўй бермайди ва I_{sc} топиш учун волт-ампер характеристикасини салт юриш кучланишигача экстраполяция қилиш керак. Ўтказилган ташқи синов-тадқиқотлардан келиб чиқиб, волт-ампер характеристикаси кетма-кет ўлчамлари орасидаги вақт оралиғи 10 дақиқадан ошмаслиги лозим.

Вақт катта аҳамиятга эга бўлади, қачонки ўлчаш частотаси юқори бўлганида, чунки R_{mp} ни ўлчаш вақтида модуллар ишламайди. Агар модулнинг ҳақиқий ҳарорати берилган бўлса, эгри чизикнинг ёйилиш вақти, волт-ампер характеристикасини кетма-кет ўлчаш оралиғидан анча қисқа бўлиши керак, айниқса агар фотоэлектрик модуллар қуввати марказий тармоқга узатилаётган бўлса.

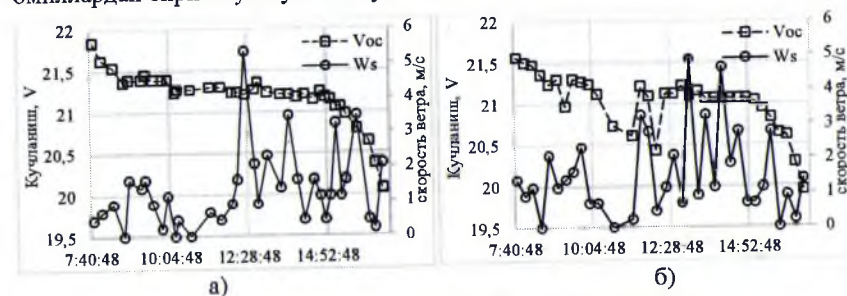
Мониторинг ва ташхислаш тизимининг синов-тажриба натижалари кўп функцияли қурилма ёрдамида ўлчанган. Йилнинг турли кунларида табиий об-ҳаво шароитларида кўп сонли ўлчовлар ўтказилган ва 8-расмда қуёш радиациясининг турли даражаларида фотоэлектрик модулларнинг волт-ампер ва волт-ватт характеристикалари келтирилган.



8-расм. Олинган фотоэлектрик модулнинг волт-ампер (а) ва волт-ватт (б) характеристикаларининг графиклари (20.02.2020)

Фотоэлектрик модул ва фотоэлектрик иссиқлик модулнинг салт юриш кучланиши қийматлари ва шамол тезлигининг кун давомидаги ўзгаришлари графиклари 9-расмда келтирилган. Ушбу ўлчовлар иссиқ об-ҳаво шароитида шамол тезлигининг ортиши билан фотоэлектрик модулларнинг юза қисми

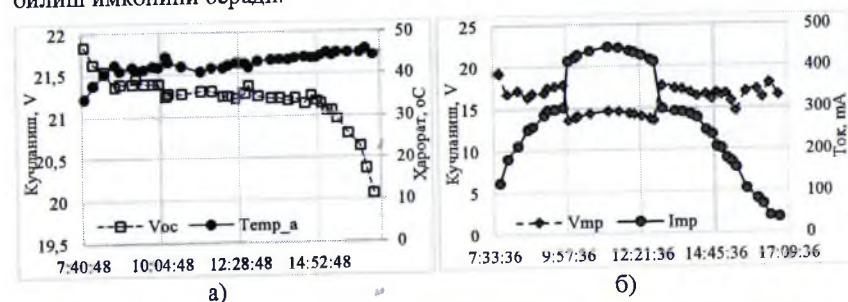
ҳарорати пасайиши, унинг махсулдорлигини ортишига олиб келиши мумкинлиги билан тушунтирилади. Шундай қилиб, шамол тезлигини фотоэлектрик ўзгартиргичларнинг махсулдорлигига таъсир этувчи ташқи омиллардан бири ва уни ўлчаш муҳим ҳисобланади.



V_{oc} – салт юриш кучланиши, W_s – шамол тезлиги

9-расм. Кун давомида фотоэлектрик ўзгартиргич (а) ва фотоэлектрик иссиқлик ўзгартиргичининг (б) салт юриш кучланишлари, шамол тезлиги ўзгариши динамикаси графиклари (03.08.2019)

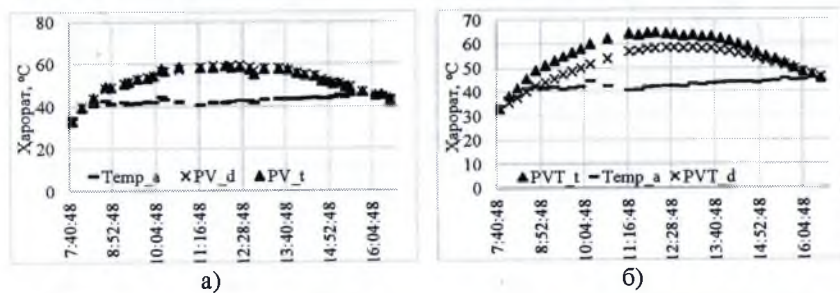
10 – а) расмда салт юриш кучланиши ва ҳаво ҳарорати келтирилган, расмда кўриш мумкинки, ҳаво ҳарорати ортиши билан модул кучланиши камаяди. 10 – б) расмда CIGS фотоэлектрик модули максимал қувват нуқтасидаги ток ва кучланиш қийматларининг кун давомида ўзгариши графиги берилган. Максимал қувват нуқтасидаги ток ва кучланиш қийматларини ўлчаш, қундузги вақтда ишлаб чиқарилаётган электр энергиясининг актив фазасини аниқлаш имконин беради ва ушбу маълумотларга асосланган ҳолда фотоэлектрик тизимлар электр энергиясини ишлаб чиқарилиши чўққисига етиши мумкин бўлган вақтларни олдиндан билиш имконини беради.



V_{mp} – максимал қувват нуқтасидаги кучланиш, I_{mp} – максимал қувват нуқтасидаги ток, V_{oc} – Салт юриш кучланиши, $Temp_a$ – ҳаво ҳарорати

10-расм. Фотоэлектрик модулнинг салт юриш кучланиши ва ҳаво ҳарорати графиги (а), фотоэлектрик модулнинг максимал қувват нуқтасидаги ток ва кучланиш қийматлари графиги (б) (03.08.2019)

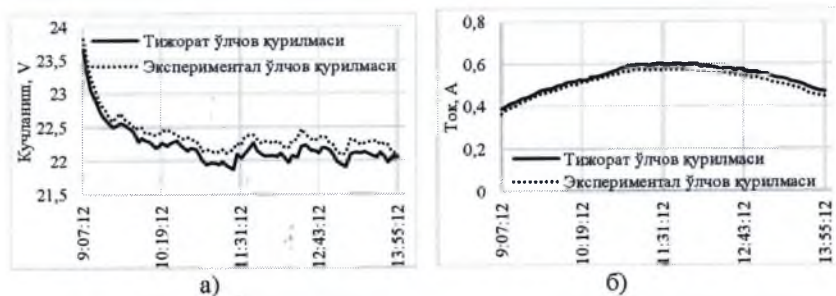
11-расмда атроф-муҳит ҳарорати ва фотоэлектрик модул ҳарорати ўзгариш динамикаси келтирилган. Батафсил ҳарорат ўлчовлари фотоэлектрик тизимлар маҳсулдорлигига ҳарорат таъсирини аниқроқ билишни, тармоқга уланган фотоэлектрик тизимларнинг ишлашини олдиндан тўғри аниқлашни ва юқламани узлуксиз тақсимлаш имконини беради. Фотоэлектрик модул ҳарорат градиенти ва фотоэлектрик иссиқлик модули ҳар хил эканлигини кўриш мумкин. Фотоэлектрик иссиқлик ўзгартиргичининг икки қисмида ҳарорат фарқи модул орқасидаги сувлик совутиш тизими мавжудлиги билан изоҳланади.



Temp_a - ҳаво ҳарорати, PV_t - фотоэлектрик модулнинг юқори қисми, PV_d - фотоэлектрик модулнинг пастки қисми, PVT_t - фотоэлектрик иссиқлик ўзгартиргичининг юқори қисми, PVT_d - фотоэлектрик иссиқлик ўзгартиргичининг пастки қисми

11-расм. Кун давомида ҳарорат динамикасининг ўзгариши (03.08.2019)

Таклиф этилаётган қурилма фотоэлектрик ўзгартиргичларнинг чиқиш параметрларини ўлчайди, шунингдек бир вақтнинг ўзида фойдали иш коэффициенти ва тўлдириш коэффициенти ҳисоблайди. Ушбу параметрларни ҳисоблаш реал вақт мобайнида носозликлар ва фотоэлектрик тизимларнинг маҳсулдорлиги пасайиш сабабларини аниқлаш имконини беради.



12-расм. Иккита қурилма ёрдамида таққослаш учун кун давомида ўлчанган V_{sc} - салт юриш кучланиши (а) ва I_{sc} - қисқа туташув токи (б) қийматлари (25.02.2020)

Волт-ампер характеристикаларини аниқлаш учун ўлчовлар яратилган кўп функцияли қурилма ва тижорат қурилмасида бажарилган. Солиштирув ўлчовлар учун Prova210 тижорат қурилмасидан фойдаланилган. Ўлчовлар бир вақтнинг ўзида иккита қурилма ёрдамида минимал вақт фарқи билан ўтказилган. 12-расмда салт юриш кучланиши ва қисқа туташув токини ўлчаш натижаларида олинган қийматларининг графикалари келтирилган.

Кўп функцияли қурилма тўлиқ иш қобилиятига эга ўлчов қурилмаси ва кичик хатоликларга эга, фотоэлектрик модулнинг чиқиш параметрларининг аниқлик даражаси R^2 усули билан ҳисобланган. Тижорат қурилмаси ва кўп функцияли қурилма билан ўлчанган фотоэлектрик модулни чиқиш параметрларининг ўртача нисбий хатоликлари 0,7% дан 3,1% гача бўлган қийматларни ташкил қилади.

Симсиз маълумот узатиш қурилмаси GSM ва GPRS маълумотлар узатиш технологияларини ўз ичига оладиган SIM900 модули билан жиҳозланган. Ушбу иккита технологияларнинг фарқи, маълумот узатиш усули ва алоқа операторига нисбатан нарх туркуми билан изоҳланади. Ўлчов қурилмаларини ишлаб чиқишда асосий омиллардан бири бу маълумотларни узоқ масофага узатишдаги бўлган ҳаражатлар. Шундай қилиб, GSM/GPRS модулини қўллаш, таклиф этилаётган фотоэлектрик модуллар ҳолатини мониторинг қилиш тизими билан асосланади.

GSM маълумотларни узатиш технологияси ишлаб чиқарилаётган электр энергиясининг 37% ни сарфлайди, ўз навбатида GPRS технологияси бўйича маълумотларни узатиш, ишлаб чиқарилаётган электр энергиясининг 0,1% сарфлайди. Бундан келиб чиқиб GPRS маълумотларни узатиш технологиясидан фойдаланиш фотоэлектрик ўзгартиргичлар томонидан электр энергиясини ишлаб чиқаришда иқтисодий самаралироқдир.

Чиқимларни қоплаш даври (*payback period*) қопланишгача бўлган давр сифатида белгиланади. Чиқимларни қоплаш даври лойиҳалаш топшириғида кўрсатилган пайтдан бошлаб ҳисобланади (одатда лойиҳа бошлангандан (нол босқичнинг бошидан) ёки операцион фаолият бошланишидан). Чиқимларни қоплаш даври ҳисоб-китоб давридаги энг дастлабки вақт ҳисобланади, ундан кейин тўпланган соф даромад кейинчалик ҳам ижобий бўлиб қолаверади.

Таклиф этилаётган мониторинг тизими хизмат кўрсатиладиган объектга ўрнатилганда бир вақтнинг ўзида 24 574 000 сўм сарфланади, аммо ушбу мониторинг тизими ўрнатилгандан сўнг 19 426 000 сўм миқдорида иқтисодий самара кутилмоқда.

ХУЛОСА

Диссертация мавзуси бўйича олиб борилган назарий ва амалий тадқиқотлар натижасида куйидаги умумий хулосалар шакллантирилди:

1. Фотоэлектрик модулларнинг самарадорлигини мониторинг қилиш ва ташхислаш кўп функцияли қурилма ва алгоритми ишлаб чиқилган. Электрон юқламалар яримўтказгич мосламаларга асосланган ва кичик қаршилиқларга эгадир. Шу сабабга кўра, қисқа туташув токи I_{sc} волт-ампер характеристикаси

кучланишини нол қийматгача экстраполяция қилиш орқали ҳисобланиши аниқланди. Максимал қувват P_{mp} атрофида нуқталар етарли бўлмаган ҳолатларда, максимал нуқтадаги кучланишни V_{mp} аниқлаш, максимал ноаниқлиги $\pm 0,5\%$ дан ошмайдиган интерполяция усули қўлланилиши кераклиги аниқланди.

2. Интернет тармоғи мавжуд бўлганида исталган қурилмадан ва жойдан кириш имконини берадиган, реал вақт мобайнида масофадаги серверга маълумотларни узатиш қурилмаси ва алгоритма яратилди. 5 кВт қувватли фотоэлектрик тизим ишлаб чиқараётган электр энергиясининг 37% тежаш имконини берадиган, маълумотларни симсиз узатиш қурилмаси асосидаги таклиф қилинаётган технологиядан Ўзбекистон Республикаси ҳудудида фойдаланишнинг иқтисодий самарадорлиги асосланган.

3. Кўп функцияли қурилманинг аниқлик даражасини билиш учун фотоэлектрик модулнинг ҳар бир параметрларининг R^2 қийматлари ҳисобланган. Тижорат қурилмаси ва кўп функцияли қурилма ёрдамида ўлчанган фотоэлектрик модулнинг чиқиш параметрларининг ўртача нисбий хатоликлари 0,7% дан 3,1% гача бўлган қийматларни ташкил этиши аниқланди.

4. Масофадаги серверга маълумотларни симсиз узатиш қурилмаси ва фотоэлектрик модулнинг чиқиш параметрларини ташхислаш ва бошқариш кўп функцияли қурилмасидан фойдаланишнинг техник-иқтисодий самарадорлиги асосланди. Ўз-ўзини қўлаш муддатлари турли хил сценарийлар бўйича аниқланди, қурилма ва мониторинг тизимидан фойдаланилганида 19 426 000 сўмлик иқтисодий самара бериши аниқланди, (Маълумотнома №04-1/2409 23 декабр 2020 йил, «UZELTEXSANOAT» уюшмаси).

5. Ишлаб чиқилган қурилмалар ва дастурий таъминотлар асосида, қайта ишлаш мақсадида маълумотларни масофадаги серверга симсиз узатадиган ва фотоэлектрик модулларнинг чиқиш параметрларини аниқлайдиган мониторинг ва ташхислаш тизими таклиф этилди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ РbD.03/30.09.2020.Т.111.03 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЁНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ КАРШИНСКОМ ИНЖЕНЕРНО-
ЭКОНОМИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

КАРШИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ДАВРОНОВ ШОХЖАХОН РИЗАМАТ УГЛИ

**РАЗРАБОТКА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО УСТРОЙСТВА
ДИАГНОСТИКИ И УПРАВЛЕНИЯ ВЫХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ
ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ**

05.05.06 – Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии

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

Карши – 2021

Тема диссертации на соискание степени доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № В2021.1.PhD/T704

Диссертация выполнена в Каршинском государственном университете и в Каршинском инженерно-экономическом институте.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета (www.qmii.uz) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNeb» (www.ziynet.uz).

Научный руководитель:

Вардияшвили Афандил Аскарлович
кандидат технических наук, доцент

Официальные оппоненты:

Юлдашев Исроил Абриевич
доктор технических наук, доцент
Файзиев Тулкин Амирович
кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация:

Бухарский государственный университет

Защита диссертации состоится «1» Ноябрь 2021 года в 14⁰⁰ часов на заседании Научного совета PhD.03/30.09.2020.T.111.03 при Каршинском инженерно-экономическом институте. (Адрес: 180100, г. Карши, ул. Мустакиллик, 225. Зал конференции Каршинского инженерно-экономического института. Тел: (99875) 221-09-23, факс: (99875) 224-13-95, e-mail: kiei_info@edu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в информационно-ресурсном центре Каршинского инженерно-экономического института (зарегистрирована за № ___). (Адрес: 180100, г. Карши, ул. Мустакиллик, 225. Тел: (99875) 221-09-23, факс: (99875) 224-13-95, e-mail: kiei_info@edu.uz).

Автореферат диссертации разослан «18» Октябрь 2021 г.
(Регистр протокола рассылки № 4 от «16» Октябрь 2021 г.)


Г.Н. Узakov
председатель Научного совета по
присуждению ученых степеней,
доктор технических наук, проф.

Х.А. Давлонов
ученый секретарь Научного совета по
присуждению ученых степеней,
доктор философии (PhD) по техническим наукам

Б. Уришев
председатель научного семинара при
Научном совете по присуждению ученых
степеней, доктор технических наук, проф.

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире интеграция фотоэлектрических систем в общую сеть электроэнергии стало актуальной задачей для многих стран, поскольку существует растущий спрос на использование возобновляемых источников энергии по сравнению с традиционными источниками. Глобальная установленная мощность для солнечной энергетики продемонстрировала экспоненциальный рост, достигнув около 290 ГВт в конце 2016 года. Согласно статистике международного агентства возобновляемой энергии (IRENA), по мощности возобновляемой энергии Китай является ведущим производителем солнечной энергии, за ним следуют Япония, Германия и США. Кроме того, по объемам солнечной установленной мощности по регионам лидирует Европа с более чем 98,8 ГВт, за ней следует Азия с 92,3 ГВт. Суммарная совокупная установленных мощностей ФЭП на конец 2019 года достигла 627 ГВт по проведенным анализам международного агентства энергии (IEA PVPS)². Исходя из вышеприведенных данных, можно отметить, что использование фотоэлектрических систем растет с каждым годом, и соответственно, применение автоматизированных систем с высокой эффективностью на основе современных информационных технологии является востребованным.

В мире сегодня бурно развивается производство электроэнергии с помощью фотоэлектрических систем в отличие от традиционных технологий, наравне с этим уделяется большое внимание на мониторинг их производительности. Многие международные университеты занимаются целевыми исследованиями, например: университеты “Nanjing Normal University” и “National Taiwan University of Science and Technology” занимаются исследованиями по отслеживанию точки максимальной мощности фотоэлектрических систем на основе нейронных сетей; Французский университет “University Savoie Mont Blanc” занимается вопросами по мониторингу и диагностике производительности фотоэлектрических преобразователей, а также изучением проблем по интеграции фотоэлектрических систем в общую электрическую сеть; университеты “Polytechnic University of Bucharest” и “University of Liverpool” занимаются исследованиями по разработке алгоритмов и программ по прогнозированию выработки электроэнергии и предотвращением непредвиденных сбоев влияющих на работоспособность фотоэлектрических систем.

В нашей Республике уделяется особое внимание на разработку измерительных устройств и систем на основе современных информационных технологии, экономии топливных ресурсов и повышение производительности выработки электроэнергии фотоэлектрическими системами. Согласно Постановлению Президента ПП-4422 от 22.08.2019 года предусмотрено доведение доли возобновляемых источников энергии к 2030 году до более 25

² International Energy Agency. Retrieved 2 May 2020. https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/04/IEA_PVPS_Snapshot_2020.pdf

процентов от общего объема генерации электрической энергии. Исходя из этого, предусмотрено, что установленная мощность солнечной энергетики Узбекистана к 2030 году будет составлять не менее 4 300 МВт. В связи с этим считается важным развитие сферы, энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии с помощью разработки и внедрения новых технологий в сфере преобразования солнечной энергии в электрическую энергию, фундаментальные и прикладные исследования в результате эффективного использования фотоэлектрических преобразователей. Немало важным считается разработка устройств для удалённого мониторинга и диагностики выработки электроэнергии фотоэлектрическими системами в реальном времени, с учётом влияния параметров окружающей среды.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», Законе Республики Узбекистан №ЗРУ-539 от 21 мая 2019 года «Об использовании возобновляемых источников энергии» и Постановлении Президента Республики Узбекистан ПП-4422 от 22 августа 2019 года «Об ускоренных мерах по повышению энергоэффективности отраслей экономики и социальной сферы, внедрению энергосберегающих технологий и развитию возобновляемых источников энергии», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в этой области.

Соответствие исследований с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологии Республики Узбекистан – IV «Развитие методов использования возобновляемых источников энергии, создание технологий и устройств на основе нанотехнологий, фотоники и других передовых технологий».

Степень изученности проблемы. Научные исследования, направленные на разработку научно-технических решений по созданию устройств, предназначенных для мониторинга и диагностики выходных параметров фотоэлектрических модулей и влияния параметров окружающей среды, проведены известными учёными А.И.Отто, С.В. Дякин, П.Н. Кузнецов, А.В. Козлов, Р.У. Гимазов, Аль Джурни Рагхад Али Маджид, Тхеин Лин У, Нян Линн Аунг и другими.

В нашей Республике научные исследования по использованию возобновляемых источников энергии, повышению производительности выработки электроэнергии и диагностике работоспособности фотоэлектрических модулей проведены Р.А. Муминовым, М.Н. Турсуновым, Н.А. Матчановым, Х. Собировым, И.А. Юлдошевым, Р.Р. Кобулов, А.Г. Комиловым, С.А. Орловым и другими учёными.

Однако вопросы комплексного исследования фотоэлектрических систем, диагностики их выходных параметров, климатических показателей окружающей среды, системы мониторинга, аппаратно-программного

обеспечения для комплексного измерения параметров фотоэлектрических преобразователей широко не рассмотрены.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательских работ Каршинского государственного университета и в рамках прикладного проекта ОТ-Атех-2018 (517+513+362) «Интеграция фотоэлектрических систем в центральную электрическую сеть» 2018-2020 гг.

Целью исследования является разработка и создание многофункционального устройства с программным обеспечением для диагностики, управления и мониторинга выходных параметров фотоэлектрических модулей с учетом влияния внешних факторов.

Задачи исследования:

разработка, создание и испытание многофункционального устройства для измерения вольтамперной характеристики фотоэлектрических преобразователей, с возможностью измерения параметров окружающей среды, влияющих на производительность фотоэлектрических преобразователей;

разработка и апробация программного обеспечения по определению и диагностике параметров окружающей среды и выходных параметров фотоэлектрического модуля;

разработка и испытание устройства беспроводной передачи данных на удалённый сервер с возможностью измерения тока и напряжения фотоэлектрических модулей;

разработка и апробация программного обеспечения для осуществления беспроводной передачи данных в реальном времени для анализа и хранения данных на удалённом сервере.

Объектом исследования является фотоэлектрические модули и системы на их основе.

Предметом исследования является аппаратно-программное обеспечение для диагностики и управления фотоэлектрических систем.

Методы исследования. Для решения поставленных задач применены общепризнанные методы экспериментального исследования электроизмерительных процессов и обработки их результатов с методами систематизации вычислительных процессов, теоретические основы электротехники и технологии программирования.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработано многофункциональное устройство одновременно совмещающий в себе такие функции как измерение, расчет и передача на основе электронной нагрузки с аналого-цифровым преобразователем, позволяющее обрабатывать сигналы с внешних модулей для мониторинга и диагностики, а также измерение вольтамперной характеристики;

разработано программное обеспечение для микроконтроллерных устройств измерения, поиска и определения точки максимальной мощности,

вычисляющее основные выходные параметры фотоэлектрических модулей, с учётом влияния параметров окружающей среды;

разработано устройство позволяющее осуществлять беспроводную передачу данных по технологии GPRS, которое позволяет проводить удалённый мониторинг выходных параметров фотоэлектрических систем в реальном времени, без территориального ограничения;

разработан алгоритм и программное обеспечение позволяющее в реальном времени обрабатывать данные и обеспечивать двухсторонний обмен данными, а также передачу данных по протоколу TCP/IP и их хранение на удалённых серверах, обеспеченных информационной безопасностью.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработано устройство позволяющее проводить мониторинг производительности автономных фотоэлектрических систем, определить факторы, влияющие на них и диагностика выходных параметров фотоэлектрических модулей;

разработано программное обеспечение выполняющее измерение вольтамперной характеристики фотоэлектрических модулей на 256 точках и определяющее точку максимальной мощности;

разработано устройство и программное обеспечение, для удалённого мониторинга состояния фотоэлектрических систем через интернет с помощью базовых станции операторов связи.

Достоверность результатов исследований обосновывается многочисленными экспериментальными данными, полученными в натуральных условиях, с использованием современных средств и методик проведения исследования, подтверждается количественным и качественным совпадением численных расчетов с экспериментальными данными, а также использованием независимых и взаимодополняющих методов измерения и обработки данных, точность и достоверность экспериментальных данных подтверждаются сравнительными анализами и низкими уровнями погрешностей.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования заключается в разработке алгоритма программного обеспечения для поиска точки максимальной мощности и определения выходных параметров фотоэлектрического модуля, алгоритма для беспроводной передачи данных выходных параметров фотоэлектрического модуля, электронной схемы для измерения вольтамперной характеристики фотоэлектрического модуля, которые обосновываются расчётами параметров фотоэлектрических модулей.

Практическая значимость работы заключается в том, что полученные результаты позволяют анализировать и обрабатывать значения влияющих факторов для прогнозирования поведения производительности фотоэлектрического модуля, выполнять удалённый мониторинг и диагностику состояния фотоэлектрических модулей, и управление выходным напряжением через преобразователь постоянного тока.

Внедрение результатов исследования. На основе научных результатов, полученных в процессе разработки многофункционального устройства

диагностики и управления выходных параметров фотоэлектрических модулей:

разработано устройство для измерения вольтамперной характеристики фотоэлектрических модулей и параметров окружающей среды, позволяющее передавать данные в реальном времени на удалённый сервер, внедрено на фотоэлектрической системе. В результате, экономическая эффективность при внедрении автономного многофункционального измерительного устройства и устройство беспроводной передачи данных на удалённый сервер, составляет 19 426 000 сум (Справка №04-1/2409 от 23 декабря 2020 года ассоциации «UZELTEXSANOAT»);

в рамках выполнения фундаментального проекта в 2017-2020 гг. «Изучение фундаментальных основ синтеза полупроводниковых халькопиритов, повышение эффективности и производительности фотоэлементов на их основе» в национальном научно-исследовательском институте возобновляемой энергии. В теоретических исследованиях проекта применены следующие результаты диссертации: «автономное многофункциональное измерительное устройство», «программное обеспечение многоканального измерительного устройства», «программное обеспечение для считывания данных последовательного порта с записью на *.csv файл», в результате применения которых измерены вольтамперные характеристики фотоэлектрического модуля и в различных погодных условиях определены максимальные значения коэффициента полезного действия модуля CIGS на основе Cu(In,Ga)Se_2 (Справка Министерства Энергетики Республики Узбекистан от 13 августа 2021 года № 04-26-4404).

Апробация результатов исследования. Основные положения диссертационной работы доложены и обсуждены на 3 международных и на 4 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. Основные результаты диссертации опубликованы в 17 научных трудах, из них 5 статей в журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций, получены 3 авторские свидетельства на программы для ЭВМ от Агентства интеллектуальной собственности Республики Узбекистан.

Структура и объём диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 3 глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Общий объём диссертации составляет 116 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и востребованность проведенных исследований, определена связь исследований с основными приоритетными направлениями развития науки и технологий в республике. Изложена научная новизна исследования и практические результаты, раскрыта практическая значимость, приведены краткие сведения о внедрении результатов и апробации работы, а также об объеме и структуре диссертации

В первой главе диссертации «Анализ существующих методик разработки измерительных устройств, характеристики измерительных приборов и методы измерения вольтамперной характеристики фотоэлектрических модулей» изложены данные литературных источников по теме диссертации. Проведен обзор измерительных устройств для диагностики и управления выходных параметров фотоэлектрических модулей. Рассмотрены перспективы и этапы развития возобновляемых источников энергии в Узбекистане. Рассмотрены преимущества внедрения интегрированных сетей в центральную электрическую сеть и обеспечение информационной безопасности этих систем. Проведены анализ методов разработки измерительных устройств и расчётов выходных параметров фотоэлектрического модуля (ФЭМ), классификация методов измерения вольтамперной характеристики (ВАХ) фотоэлектрических преобразователей (ФЭП). Проведен анализ измерений и вычислений параметров фотоэлектрического модуля и определены внешние факторы, влияющие на фотоэлектрические модули.

Вторая глава диссертации «Выбор и обоснование компонентов, методов измерения выходных параметров фотоэлектрических преобразователей и создание измерительного устройства для диагностики параметров фотоэлектрического модуля» посвящена выбору и обоснованию методик измерения выходных параметров фотоэлектрических модулей, разработке алгоритмов поиска и определения точки максимальной мощности (ТММ) и методики измерения параметров окружающей среды влияющих на производительность фотоэлектрических модулей. Встраиваемые системы – это семейство электронных устройств, предназначенных для выполнения задач, заложенных в программе определенного устройства. Таким образом, встраиваемые системы можно применять для решения задач автоматизации мониторинга той или иной сферы, так как это комбинация аппаратного и программного обеспечения.

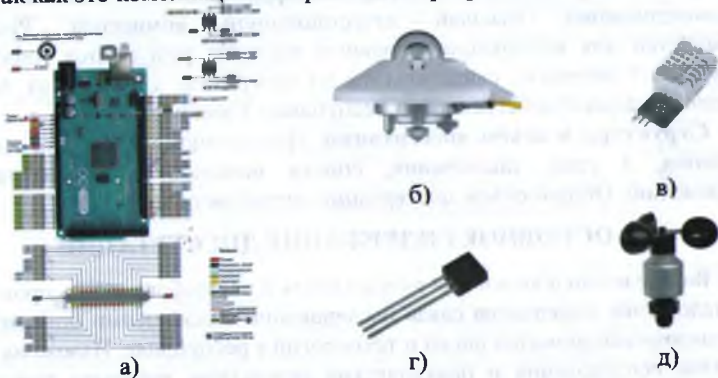


Рис. 1. Платформа Ардуино мега 2560 с распиновкой портов и модули для измерения параметров окружающей среды

Аппаратная часть каждой встраиваемой системы связана с программным обеспечением для управления множественными функциями аппаратного обеспечения. В данном случае средой разработки программного обеспечения является Arduino IDE с языком программирования C++.

В работе микроконтроллер ATmega2560 применяется в платформе ардуино мега 2560 (см. рис. 1, а). Применение ардуино мега2560 обусловлено тем, что он имеет больше преимуществ, чем микроконтроллеры (МК) ATmega8 или ATmega16, так как он имеет больше цифровых и аналоговых портов. Также, данный микроконтроллер поддерживает 4 порта последовательной передачи данных UART для TTL.

Существуют различные датчики для измерения уровня солнечной радиации, одним из которых считается пиранометр. Так как пиранометр является относительно точным измерительным модулем, который используется во многих международных лабораториях, исследованиях и в фотоэлектрических станциях для измерения солнечной радиации. В работе использован пиранометр для измерения поступающей солнечной радиации, марки SMP11 от производителя Kipp&Zonen (см. рис. 1, б)). С диапазоном рабочей температуры от -40°C до $+80^{\circ}\text{C}$, угол обзора 180° , погрешность при наклоне от 0° до 90° при 1000 Вт/м^2 составляет $0,2\%$ и чувствительностью от 7 до 14 мкВ/Вт/м^2 .

Для измерения параметров окружающей среды применены различные цифровые датчики. Измерение температуры воздуха и относительной влажности осуществлялись с помощью цифрового датчика DHT 22 (см. рис. 1, в)). Точность измерения датчика температуры и относительной влажности воздуха DHT22 составляет $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ и $\pm 1\%$. Диапазон температур от -40°C до 80°C и диапазон измерения влажности от 0% до 100% .

Температура воздуха непосредственно влияет на фотоэлектрические преобразователи и для определения этого влияния фотоэлектрический модуль оснащен цифровыми датчиками DS18B20 (см. рис. 1, г)). Данный датчик питается от напряжения 5 вольт, диапазон измерения которого составляет от -55 до $+125^{\circ}\text{C}$ и имеет функцию сигнализации с энергонезависимой программируемой пользователем верхней и нижней точками запуска. DS18B20 связывается по 1-проводной шине, которая по определению требует только одну линию данных (и заземления) для связи с центральным микропроцессором. Кроме того, DS18B20 может получать энергию непосредственно от линии передачи данных («паразитное питание»), устраняя необходимость во внешнем источнике питания.

Ниже приведены технические параметры анемометра, используемого в измерительном устройстве для определения скорости ветра, модели 4.351800.700 компании Thiesclima Германия (см. рис. 1, д)). Диапазон измерения скорости ветра составляет от $0,5$ до 50 м/с , точность $\pm 0,5 \text{ м/с}$ или $\pm 3\%$ от измеряемого значения и начальная скорость составляет $0,5 \text{ м/с}$.

Измерение параметров факторов, влияющих на фотоэлектрические преобразователи, является одной из основных задач при выполнении испытаний, связанных с ФЭП. На рис. 2 а) приведена установка, на которой

отображено расположение модулей и датчиков для измерения параметров окружающей среды подключенные к многофункциональному измерительному устройству.

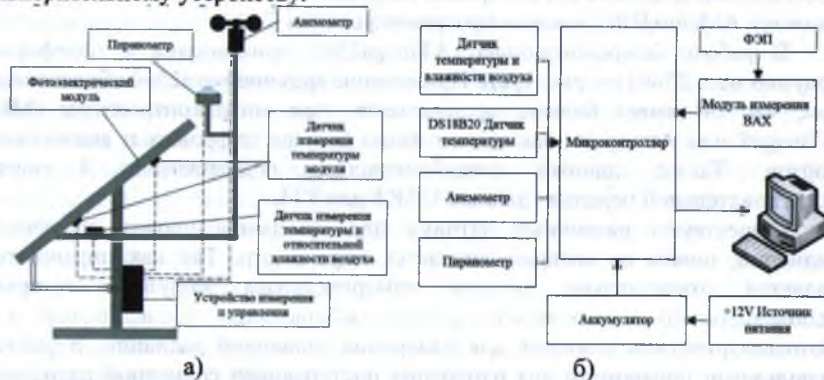


Рис. 2. Принципиальная схема основных составляющих модулей автономного многофункционального измерительного устройства

На принципиальной схеме показаны основные составляющие элементы многофункционального устройства и их взаимодействие (см. рис. 2, б)).

Основной принцип измерения вольтамперной характеристики ФЭМ основан на управлении током, подаваемым между напряжением холостого хода (V_{oc}) и током короткого замыкания (I_{sc}). Для этого предлагаются различные методы: переменный резистор, емкостная нагрузка, электронная нагрузка и биполярный усилитель мощности. Однако, стоимость, объем измерений, скорость, повторяемость, точность и простота использования – это факторы, которые необходимо учитывать при измерении вольтамперной характеристики.

Вольтамперная характеристика представляет из себя произведение токов и напряжений в различных точках кривой. Рабочей точкой вольтамперной характеристики является точка максимальной мощности, которая передается к нагрузке. Существует множество методов поиска и отслеживания точки максимальной мощности (ОТММ) фотоэлектрических преобразователей. Поскольку рынок сейчас наполнен различными вариантами устройств для отслеживания точки максимальной мощности, которые предназначены для повышения производительности фотоэлектрических модулей в различных условиях инсоляции, неизвестно, сколько из них действительно может выполнять свои функции в различных полевых условиях.

В мире, в коммерческих целях большой популярностью используются алгоритмы *возмущения и наблюдения* (*perturbation and observation – P&O*) (см. рис. 3, а) и *возрастающей проводимости* (*incremental conductance – INC*) (см. рис. 3, б)) по причине их удобной реализации. В фотоэлектрических системах с низким уровнем точности отслеживания ТММ используются такие методы, как метод *постоянного напряжения* (*constant voltage – CV*) и *тока короткого замыкания* (*short-current pulse – SC*), *напряжение холостого хода* (*open circuit*

voltage – OC). Для реализации данные методы считаются не дорогими, требуют меньше датчиков и соответственно меньше затрат.

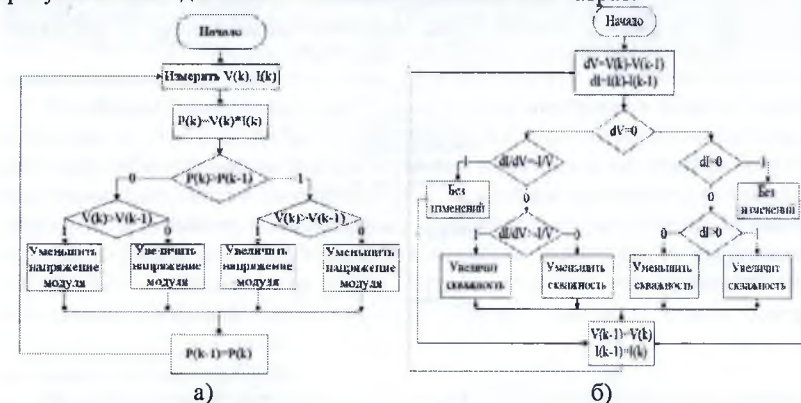


Рис. 3. Блок-схема алгоритма (а) возмущение и наблюдение и алгоритма (б) возрастающей проводимости

Эффективность алгоритма возмущение и наблюдение и алгоритма возрастающей проводимости составляет 95% и 98,2%. P&O и INC являются самыми оптимальными алгоритмами для отслеживания точки максимальной мощности фотоэлектрических преобразователей. Реализация данных алгоритмов осуществляется на основе схем DC-DC преобразователей, так как они подходят для практического применения данных алгоритмов.

Для разработки программного обеспечения системы мониторинга и диагностики использовалась среда разработки Arduino IDE. Разработанное программное обеспечение составлено на языке программирования C++ для предлагаемого измерительного устройства с уникальным алгоритмом. Уникальность разработанной схемы заключается в дешевизне использованных элементов, благодаря которым себестоимость разработанного устройства сильно снижается.

Программное обеспечение многофункционального устройства выполняется последовательно, сперва считывание библиотек для обеспечения работоспособности и распознавания датчиков, после выполняется распознавание переменных и их значений по умолчанию. Инициализация указанных портов, скорость обмена данными с компьютером и включение таймеров активизируются единожды в теле функции при включении устройства. После выполняется основной цикл, где запрашиваются цифровые и аналоговые порты для обработки данных.

По разработанному алгоритму программа выполняет запрос на измерение параметров, после по этим данным вычисляется мощность, точка максимальной мощности, КПД и FF фотоэлектрического модуля (см. рис. 4). Алгоритм работает на основе схемы электронной нагрузки и называется развертка по току, в данном методе ВАХ модуля обновляются через фиксированные интервалы времени. Точка максимальной мощности ФЭМ

рассчитывается по кривой. Работоспособность алгоритма проверялась на многофункциональном устройстве, алгоритм использовался для мониторинга и диагностики характеристик фотоэлектрических модулей. На программное обеспечение алгоритма поиска ТММ получено свидетельство в Агентстве интеллектуальной собственности Республики Узбекистан.

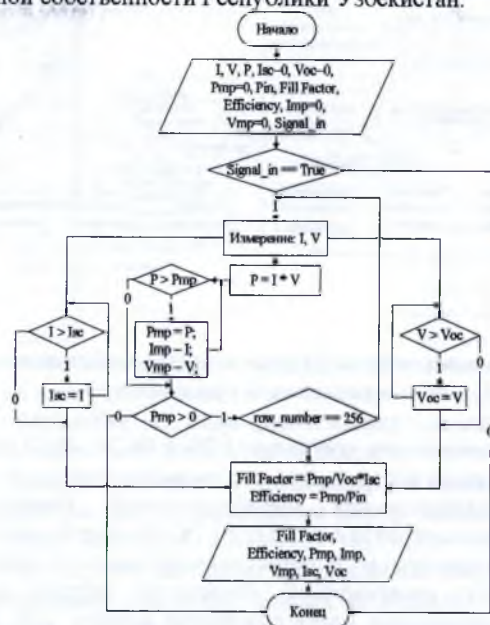


Рис. 4. Алгоритм работы программного обеспечения измерительного устройства с поиском точки максимальной мощности

Измерение параметров окружающей среды, влияющих на производительность ФЭП, является одним из главных задач. Методология измерения параметров влияющих факторов окружающей среды заключается в его последовательности. В процессе испытаний решено, что измерение ВАХ должно проводиться первым, после необходимо выполнить измерение параметров внешних влияющих факторов, таких как солнечная радиация, скорость ветра, относительная влажность воздуха, температура окружающей среды и температура фотоэлектрического модуля. Измерение в такой последовательности объясняется тем, что параметры окружающей среды изменяются линейно и их измерение после окончания измерения ВАХ повышает точность измерений. Температура фотоэлектрического модуля измеряется по двум датчикам температуры и вычисляется средняя температура модуля из двух датчиков.

Разработка устройства для передачи данных с фотоэлектрических систем на удалённые серверы для мониторинга состояния сети, на основе технологии общей службы пакетной радиосвязи (GPRS), позволяющей устройствам

эффективно выходить в Интернет и передавать данные, является актуальной задачей, которая поможет решить проблемы с расстоянием и лишним оборудованием обработки сигналов. Обеспечение устройству прямого выхода в сеть Интернет делает его частью сети интернет вещей (IoT), которая является одной из быстро развивающихся отраслей в сфере информационных технологий.

Удалённый мониторинг состояния фотоэлектрических систем особенно необходим в сетях с распределенной генерацией, так как мониторинг и анализ работоспособности системы выработки является одной из главных задач для предотвращения сбоев и аварий в сети. С переходом на солнечную энергетику появилась потребность в мониторинге состояния фотоэлектрических панелей. До сегодняшнего дня использовались средства мониторинга на локальных устройствах, которые были сильно непрактичными для мониторинга на расстоянии. По этой причине, для обмена данными стали внедрять беспроводные технологии дистанционного мониторинга и управления фотоэлектрических систем.

Преимуществом предлагаемого устройства является его универсальность в использовании. Устройство может быть разработано таким образом, что позволит ему измерить как постоянный, так и переменный ток. Подключить устройство к фотоэлектрической системе можно при выходе из контроллера отслеживания точки максимальной мощности или при выходе из инвертора, после преобразования постоянного тока на переменный (см. рис. 5).

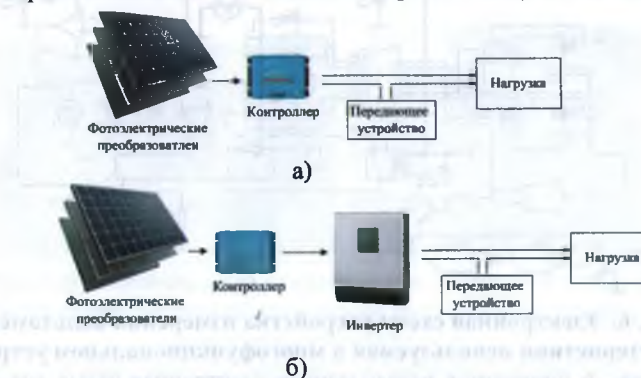


Рис. 5. Подключение передающего устройства к фотоэлектрической системе постоянного и переменного тока

Технология передачи данных GPRS также является методом для удалённого мониторинга процессов. Данная технология отличается тем, что она передаёт данные в Интернет по протоколу TCP/IP и хранение этих данных осуществляется на удалённых серверах, что позволяет получить доступ к данным с любого устройства и места.

В третьей главе диссертации «Разработка, испытание и обоснование технических параметров и результатов измерений многофункционального устройства диагностики и управления выходных параметров фотоэлектрического модуля» представлены общие

характеристики и составляющие компоненты предлагаемой системы мониторинга и диагностики, электронные схемы разработанных устройств, представлено устройство беспроводной передачи данных, результаты измерений, полученных в ходе экспериментов с помощью измерительного устройства в натурных условиях, сравнительные испытания устройства и экономическое обоснование использования системы беспроводной передачи данных.

Предложенное устройство выполняет мониторинг и диагностику температуры и относительной влажности воздуха, температуры фотоэлектрического модуля, солнечную радиацию, скорости ветра, тока и напряжения фотоэлектрического модуля с поиском точки максимальной мощности. Измерение ВАХ и других параметров фотоэлектрических модулей позволяет изучить их поведение при изменении условий окружающей среды.

Устройство является автономным и питается электроэнергией через встроенные аккумуляторы. МК получает сигналы с датчиков температуры DS18B20 через цифровые порты ввода/вывода и преобразовывает их в градусы по шкале Цельсия. Для измерения характеристик окружающей среды используется цифровой модуль DHT22, который измеряет температуру и относительную влажность. Скорость ветра измеряется с помощью внешнего цифрового датчика анемометра.

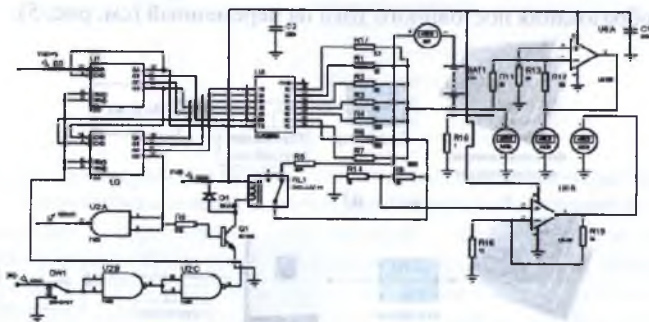


Рис. 6. Электронная схема устройства измерения вольтамперной характеристики используемая в многофункциональном устройстве

На рис. 6 приводится разработанная электронная схема для измерения вольтамперной характеристики фотоэлектрических модулей и используемая в многофункциональном устройстве. Приведенная электронная схема выполняет измерения вольтамперной характеристики фотоэлектрического модуля. Блок измерения вольтамперной характеристики работает следующим образом: когда с компьютера поступает сигнал, микроконтроллер посылает на определенный цифровой порт сигнал, при котором срабатывают четырёхразрядные двоичные счетчики, через которые сигналы поступают к ключам и управляется нагрузкой фотоэлектрического модуля с помощью сопротивлений. Получаемые значения тока и напряжения снимаются в виде цифровых сигналов, обрабатываются программой и преобразовываются в

нужные величины для записи. Каждое измерение выполняется по приказу микроконтроллера по циклу и каждый цикл имеет 256 шагов для измерения тока и напряжения.

Программный код, прописанный в МК, функционирует в соответствии с алгоритмом измерения вольтамперной характеристики и поиска точки максимальной мощности с вычислением коэффициента полезного действия (КПД) и фактора заполнения (FF) фотоэлектрического модуля. Алгоритм измеряет вольтамперную характеристику в 256 точках и занимает 10 секунд времени для полного цикла измерений. Во время цикла измерений мощности, алгоритм выполняет запись в базу данных каждого значения с последующим сравнением. При сравнении, если измеряемая мощность больше предыдущей, то его значение записывается в отдельную переменную как точка максимальной мощности, значение в переменной обновляется каждый раз, когда находится значение, превышающее записанного в переменной. Измерения прекращаются, когда цикл полностью закончен в 256 точках, все значения мощности записываются в базу данных в реальном времени и в последнюю строку данных вносятся все параметры, полученные во время измерений вольтамперной характеристики. Внешний вид разработанного устройства. Разработанное многофункциональное измерительное устройство состоит из различных модулей и датчиков (см. рис. 7). Испытания проводились на фотоэлектрическом модуле CIGS с максимальной мощностью 9,5 Ватт.



Рис. 7. Многофункциональное устройство мониторинга и диагностики, встроенное на установку с двумя фотоэлектрическими преобразователями CIGS

Все получаемые данные измерений записываются в базу данных в виде *.csv файлов, так как файлы такого формата легко редактируются и совмещаются с другими программными обеспечениями.

Также, в исследовании разработана новая электронная схема для отслеживания точки максимальной мощности фотоэлектрических преобразователей с преобразователем постоянного тока. Предложенная электронная схема отличается от электронной схемы на рис. 6 тем, что измеряет вольтамперную характеристику и передаёт мощность с максимальной точки к нагрузке через преобразователь постоянного тока, благодаря которому повышается производительность фотоэлектрических преобразователей и ускоряется время зарядки аккумуляторных батарей.

Электронные схемы такого типа целесообразно использовать в качестве контроллеров заряда аккумулятора фотоэлектрических систем.

Проведены испытания и измерение вольтамперных характеристик фотоэлектрических преобразователей и определены следующие закономерности. Для оценки ключевых параметров тока и напряжения, таких как I_{sc} и V_{oc} , не требуется много точек. В случае, когда точки вокруг R_{mp} недостаточны, для точного определения V_{mp} должна применяться интерполяция, для которой предлагается максимальная неопределенность $\pm 0,5\%$. Электронные нагрузки основаны на полупроводниковых приборах и имеют небольшие, но ненулевые минимальные (включенные) сопротивления. Следовательно, короткое замыкание не достигается и I_{sc} необходимо оценить путем экстраполяции вольтамперной кривой до нулевого напряжения. Интервал между последовательными сканированиями вольтамперной характеристики не более 10 минут рекомендуется исходя из проведенных исследований наружных испытаний.

В работе также предлагается разработанное устройство для беспроводной передачи данных с возможностью измерения выходного тока и напряжения фотоэлектрических преобразователей. Устройство состоит из микроконтроллера, GSM/GPRS модуля, модулей для измерения тока и напряжения, жидкокристаллического дисплея для отображения данных. Задачей вольтметра и амперметра является измерение тока, потребляемой нагрузкой, и напряжения в цепи как постоянного, так и переменного тока в зависимости от выполняемой задачи. После выполнения измерений, сигналы отправляются в МК для обработки. С помощью GPRS модуля, подключенного к МК, данные отправляются на сервер для хранения и доступ к этим данным будет возможным с любой точки мира. Жидкокристаллический (ЖК) дисплей, в свою очередь, будет отображать все измеренные значения и состояние передающего устройства в реальном времени.

Результаты испытаний системы мониторинга измерены с помощью многофункционального устройства и проведены многочисленные измерения в реальных погодных условиях в различные дни года, и на рис. 8 показаны вольтамперные и вольт ваттные характеристики фотоэлектрического модуля при разных уровнях солнечной радиации.

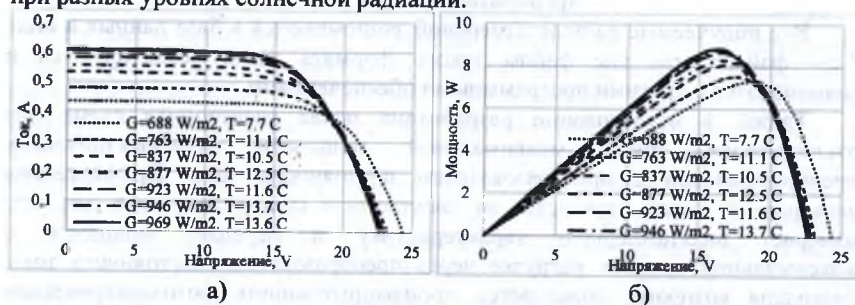
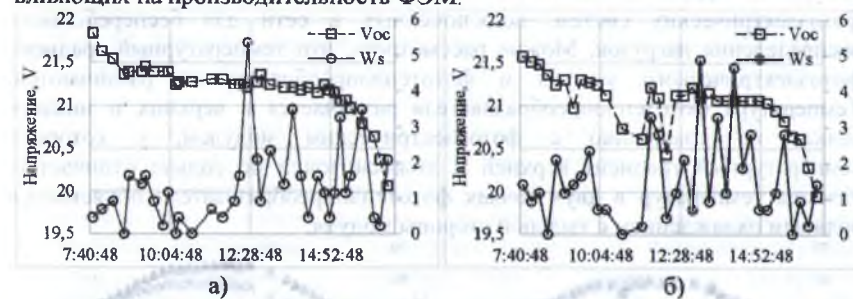


Рис. 8. Выборочные кривые вольтамперной (а) и вольтваттной (б) характеристики фотоэлектрического модуля (20.02.2020)

Время развертки становится важным, когда частота сканирования высока, поскольку модули не работают на R_{mp} во время сканирования. Если задана реалистичная температура модуля, время развертки должно быть намного короче, чем интервал между последовательными сканированиями вольтамперной кривой. Это также желательно, если питание модуля подается (продается) в центральную сеть.

На рис. 9 приведены графики изменения значений напряжения холостого хода фотоэлектрического модуля и фототеплопреобразователя и изменение скорости ветра в течении дня для каждого модуля. Данное измерение объясняется тем, что в жаркую погоду повышение скорости ветра может повысить производительность фотоэлектрического модуля снижением температуры его поверхности. Таким образом, измерение скорости ветра является необходимым, так как она является одним из внешних факторов, влияющих на производительность ФЭМ.



V_{oc} – напряжение холостого хода, W_s – скорость ветра

Рис. 9. Динамика изменения напряжения холостого хода фотоэлектрического модуля (а) и фототеплопреобразователя (б) с графиком изменения скорости ветра в течении дня (03.08.2019)

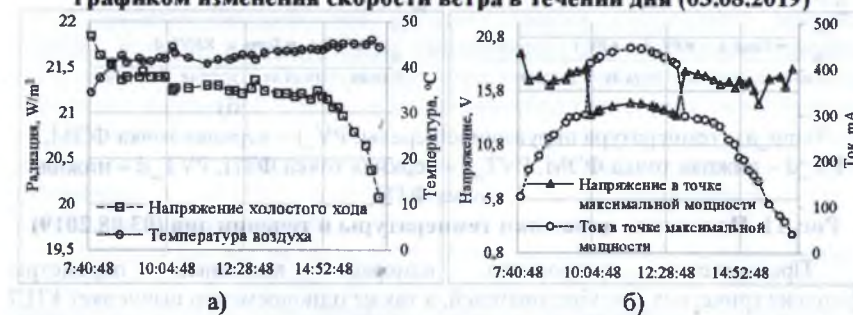
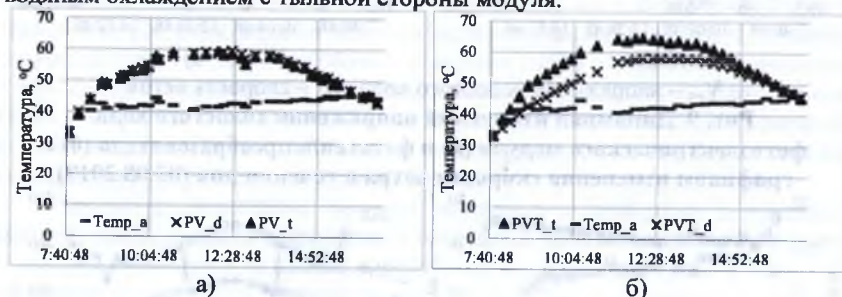


Рис. 10. а) график напряжения холостого хода фотоэлектрического модуля и температуры воздуха, б) график значений напряжения и тока в максимальных точках мощности ФЭМ (03.08.2019)

Как известно, выработка тока зависит от уровня солнечного излучения, и измерение динамики изменения солнечной радиации необходимо для диагностики производительности и вычисления КПД фотоэлектрического

модуля. На рис. 10 (а) показана зависимость напряжения холостого хода от температуры воздуха, где видно, что с увеличением температуры заметно уменьшается напряжение модуля. На рис. 10 (б) показан график значений тока и напряжения при максимальных точках мощности и их изменения в течении дня, который является характерным для фотоэлектрических модулей CIGS, измерение значений тока и напряжения в максимальных точках позволяют определять активную фазу выработки электроэнергии в дневное время и опираясь на эти данные прогнозируются пиковые моменты выработки электроэнергии фотоэлектрическими системами.

На рис. 11 показана динамика изменения температуры окружающей среды и температуры фотоэлектрического модуля, измеренные с тыльной стороны. Подробные измерения температуры позволяют наиболее точно определять влияние температуры на производительность фотоэлектрических систем и дадут возможность правильно спрогнозировать поведение фотоэлектрических систем, подключённых к сети для бесперебойного распределения нагрузок. Можно рассмотреть, что температурный градиент фотоэлектрического модуля и фототеплопреобразователя различаются. Температура фототеплопреобразователя различается в верхних и нижних точках по сравнению с фотоэлектрическим модулем, у которого температурный градиент верхней и нижней точки не сильно отличается. Разница температур в двух точках фототеплопреобразователя объясняется водяным охлаждением с тыльной стороны модуля.



Temp_a – температура окружающей среды, PV_t – верхняя точка ФЭМ, PV_d – нижняя точка ФЭМ, PVT_t – верхняя точка ФТП, PVT_d – нижняя точка ФТП

Рис. 11. Изменение динамики температуры в течении дня (03.08.2019)

Предлагаемое устройство измеряет выходные параметры фотоэлектрических преобразователей, а также одновременно вычисляет КПД и фактор заполнения. Вычисление этих параметров позволят в реальном времени определять неисправности и причины снижения производительности фотоэлектрических систем.

Измерения выполнялись на разработанном многофункциональном устройстве и на коммерческом устройстве для измерения ВАХ. Для сравнительных измерений использовано коммерческое устройство Prova210.

Измерения осуществлялись одновременно с минимальной разницей по времени и на рис. 12 приведены графики значений полученных результатов измерений напряжения холостого хода и тока короткого замыкания обоих устройств.



Рис. 12. Значения напряжения холостого хода (а) и тока короткого замыкания (б), полученные в течение дня с двух устройств для сравнения (25.02.2020)

Проведены измерения ВАХ фотоэлектрического преобразователя разработанным устройством, естественно, имеются погрешности в измерениях. Многофункциональное устройство является полностью работоспособным измерительным прибором и имеет допустимые погрешности, вычислены R^2 выходных параметров фотоэлектрического модуля. Вычислена относительная разница параметров многофункционального устройства и коммерческого устройства. Средняя относительная разница выходных параметров фотоэлектрического модуля, измеренных многофункциональным устройством и коммерческим устройством, составляет от 0,7% до 3,1%.

Устройство беспроводной передачи данных оборудовано модулем SIM900, который в свою очередь поддерживает две технологии передачи данных, GSM и GPRS. Различие двух этих технологий заключается в методе передачи и по ценовой категории в зависимости от оператора связи. Расходы за передачу данных на удалённое расстояние является одним из основных показателей при разработке измерительных устройств. Таким образом, применение GSM/GPRS модуля оправдывается в предлагаемой системе мониторинга состояния ФЭП.

Передача данных по технологии GPRS расходует 0,1% вырабатываемой электроэнергии в отличие от технологии GSM. Исходя из расчётов, использование технологии передачи данных GPRS становится экономически оправданным в производстве электрической энергии фотоэлектрическими преобразователями, чем технология передачи данных GSM, которая расходует 37% от вырабатываемой электроэнергии.

Срок окупаемости ("простой" срок окупаемости, *payback period*). Определяется как продолжительность периода до момента окупаемости. Срок окупаемости отсчитывается от момента, указанного в задании на

проектирование (обычно — от начала проекта (начала нулевого шага) или от начала операционной деятельности). Момент окупаемости определяется как наиболее ранний момент времени в расчетном периоде, после которого накопленный чистый доход становится и в дальнейшем остается неотрицательным.

При установке указанной системы мониторинга на обслуживаемом объекте одновременно тратится 24 574 000 сумов, однако после установки данной системы мониторинга ожидается экономия в размере 19 426 000 сум.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе результатов исследований, проведённых по теме диссертации, представляются следующее заключение:

1. Разработано многофункциональное устройство и алгоритм для диагностики и мониторинга производительности фотоэлектрических модулей. Электронные нагрузки основаны на полупроводниковых приборах и имеют небольшие сопротивления. Выявлено, что ток короткого замыкания I_{sc} необходимо оценить путем экстраполяции вольтамперной кривой до нулевого напряжения. В случае, когда точки вокруг максимальной мощности P_{mp} недостаточны, для точного определения напряжения в точке максимальной мощности V_{mp} должна применяться интерполяция, с максимальной неопределенностью $\pm 0,5\%$.

2. Созданы устройство и алгоритм передачи данных на удалённый сервер в реальном времени, которое позволяет получить доступ к данным с любого устройства и места при наличии сети Интернет. Обоснована экономическая эффективность использования устройства беспроводной передачи данных, предложенной технологии на территории Республики Узбекистан, которая даёт экономию 37% от вырабатываемой электроэнергии фотоэлектрической системы мощностью 5 кВт.

3. Вычислены значения R^2 каждого параметра фотоэлектрического модуля для определения точности многофункционального устройства. Установлено, что средняя относительная разница выходных параметров фотоэлектрического модуля, измеренных разработанным многофункциональным устройством и коммерческим устройством, составляет от 0,7% до 3,1%.

4. Обоснована технико-экономическая эффективность использования многофункционального устройства диагностики и управления выходных параметров фотоэлектрического модуля с беспроводной передачей данных на удалённый сервер. Определены сроки окупаемости по различным сценариям и выявлено, что при использовании устройства и системы мониторинга ожидается экономический эффект в размере 19 426 000 сум (Справка №04-1/2409 от 23 декабря 2020 года ассоциации «UZELTEXSANOAT»).

5. На основе разработанных устройств и программных обеспечений предложена система мониторинга и диагностики выходных параметров фотоэлектрического модуля с беспроводной передачей данных на удалённый сервер для дальнейшей обработки.

SCIENTIFIC COUNCIL Ph.D.03/30.09.2020.T.111.03 ON AWARDING
SCIENTIFIC DEGREES AT KARSHI ENGINEERING-ECONOMICS
INSTITUTE

KARSHI STATE UNIVERSITY

DAVRONOV SHOKHJAKHON RIZAMAT UGLI

DEVELOPMENT OF A MULTI-FUNCTIONAL DEVICE FOR
DIAGNOSTICS AND CONTROL OF OUTPUT PARAMETERS OF
PHOTOELECTRIC MODULES

05.05.06 - Power Plants Based on Renewable Energy Types

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

The theme of doctoral dissertation of doctor of philosophy (PhD) on technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under No. B2021.1.PhD/T704.

The doctoral dissertation has been prepared at the Karshi state university and Karshi engineering-economics institute.

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

Scientific supervisor: Vardiyashvili Afdandil Askarovich
PhD, associate professor

Official opponents: Yuldashev Isroil Abriyevich
DSc, associate professor
Fayziyev Tulkin Amirovich
PhD, associate professor

Leading organization: Bukhara state university

The defense of dissertation will take place on November 1 " 2021 at 2:00 PM at the meeting of the Scientific council number PhD.03/30.09.2020.T.111.03 at the Karshi engineering-economics institute. (Address: 180100, Karshi, Mustakillik street, 225. Conference hall of the Karshi engineering-economics institute. Phone: (99875) 224-02-89; fax: (99875) 224-13-95, e-mail: kiei_info@edu.uz).

The doctoral dissertation can be found at the Information resource center of the Karshi engineering-economics institute (registered with No. 12). (Address: 180100, Karshi, Mustakillik street, 225. Phone: (99875) 224-02-89; fax: (99875) 224-13-95, e-mail: kiei_info@edu.uz).

Abstract of dissertation was sent on October 18 " 2021.
(Register of the distribution protocol No. 4 on October 16 " 2021).



G.N. Uzakov
G.N. Uzakov
Chairman of the Scientific Council for
awarding academic degrees, DSc., prof.

X.A. Davlonov
X.A. Davlonov
Scientific Secretary of the Scientific Council for
the award of academic degrees, Ph.D.

B. Urishev
B. Urishev
chairman of the scientific seminar at
Scientific Council for the award of scientists
degrees, DSc., prof.

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research work is to development and creation a multifunctional device with software for diagnostics, control and monitoring of the output parameters of the photovoltaic modules, taking into account the influence of external factors.

The task of the research:

development, creation and testing of a multifunctional device for measuring the I-V characteristics of photovoltaic converters, with the ability to measure environmental parameters affecting the performance of photoelectric converters; development and approbation of software for determining and diagnosing environmental parameters and output parameters of a photovoltaic module; development and testing of a device for wireless data transmission to a remote server with the ability to measure the current and voltage of photovoltaic modules; development and testing of software for real-time wireless data transmission for data analysis and storage on a remote server.

The object of the research work is photovoltaic modules and systems based on them.

The subject of the study is hardware and software for diagnostics and control of photovoltaic systems.

Research methods. To solve the problem, generally accepted methods of experimental research of electrical measuring processes and processing of their results with methods of systematization computational processes, theoretical foundations of electrical engineering and programming technology were applied.

The scientific novelty of the research is as follows:

a multifunctional device has been developed that simultaneously combines such functions as measurement, calculation and transmission based on an electronic load with an analog-to-digital converter, which allows processing signals from external modules for monitoring and diagnostics, as well as measuring the current-voltage characteristic;

software has been developed for microcontroller devices for measuring, searching and determining the maximum power point, which calculates the main output parameters of photovoltaic modules, taking into account the influence of environmental parameters;

a device has been developed that allows wireless data transmission using GPRS technology, which allows remote monitoring of the output parameters of photovoltaic systems in real time, without territorial restrictions;

an algorithm and software have been developed that allows real-time processing of data and ensuring two-way data exchange, as well as data transmission via TCP/IP protocol and their storage on remote servers provided with information security.

Implementation of the research results.

Based on the scientific results obtained in the development of a multifunctional device for diagnostics and control of the output parameters of photovoltaic modules: a device for measuring the volt-ampere characteristics of photovoltaic modules and environmental parameters has been developed, that allows real-time data transmission to a remote server, which has been implemented on a photovoltaic system. As a result, the economic efficiency in the implementation of the autonomous multifunctional measuring device and device for wireless data transmission to a remote server amounted to 19,426,000 soums. (Reference No. 04-1/2409 dated December 23, 2020 of the "UZELTEXSANOAT" association);

as part of a fundamental project in 2017-2020. "Study of the fundamental principles of the synthesis of semiconductor chalcopyrite, increasing the efficiency and productivity of solar cells based on them" at the National Research Institute of Renewable Energy. In the theoretical studies of the project, the following results of the dissertation were applied: "an autonomous multifunctional measuring device", "software for a multichannel measuring device", "software for reading serial port data with writing to a *.csv file", as a result of which the I-V characteristics of the photovoltaic module were measured and in various weather conditions, the maximum values of the efficiency of the CIGS module based on Cu(In,Ga)Se_2 were determined (Reference from the Ministry of Energy of the Republic of Uzbekistan dated August 13, 2021 No. 04-26-4404).

Approbation of research results. The main provisions of the dissertation work were reported and discussed at 3 international and at 4 republican scientific and practical conferences.

Publication of research results. The main results on the topic of the dissertation were published in 17 scientific works, of which 5 articles in journals recommended by the Higher Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan for the publication of the main scientific results of dissertations, 3 certificates for computer programs from the Intellectual Property Agency of the Republic of Uzbekistan were received.

The structure and scope of the thesis. The dissertation work consists of an introduction, 3 chapters, a conclusion, a bibliography and annexes, presented on 116 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; part I)

1. Davronov Sh. R. Autonomous multifunctional measuring device for monitoring the characteristics of photovoltaic modules. // Applied Solar Energy, 2020, Vol. 56, No. 2, pp. 118–124. © Allerton Press, Inc., 2020. (05.00.00, №4)
2. Давронов Ш.Р. Применение метода беспроводной связи для мониторинга производительности фотоэлектрических преобразователей. // "Гелиотехника", Том 56 №2, стр. 150-160, 2020. [05.00.00, №1]
3. Davronov Sh. R. Information security stages of the integration of alternative energy sources in the general electrical network. // Ilim ҳам jamiyet. №4, pp. 5-7, 2019. [05.00.00, №37]
4. Давронов Ш.Р. Мониторинг параметров фотопреобразователя с использованием встраиваемых систем. // Инновацион Технологиилар, №4(36), стр. 44-49, 2019. [05.00.00, №38]
5. Davronov Sh. R. The real-time system for perform monitoring the parameters of photovoltaic module. // International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT), E-ISSN:2249-8958, Volume-9 Issue-4, pp. 2378-2383, April, 2020.

II бўлим (II часть; part II)

6. Давронов Ш.Р. Программное обеспечение для устройства беспроводной передачи значений тока и напряжения фотоэлектрических преобразователей на удалённый сервер. DGU 09443 (11.09.2020).
7. Давронов Ш.Р. Программное обеспечение для считывания данных последовательного порта с записью на *.csv файл. DGU 06911 (25.07.2019).
8. Давронов Ш.Р. Программное обеспечение многоканального измерительного устройства для фотоэлектрических систем. DGU 05623 (13.08.2018).
9. Давронов Ш.Р. Основные электрофизические характеристики фотопреобразователей, классификация методов измерения, и вычисления вольтамперной характеристики. Science and world. № 9 (61). Vol. I, стр. 37-40, 2018.
10. Davronov Sh.R. Smart counters for implementation in integrated Smart Grid // Бюллетень науки и практики. Т. 4, №2, С. 213-216, 2018. Режим доступа: <http://www.bulletennauki.com/davronov> (дата обращения 15.02.2018).
11. Давронов Ш.Р. Обзор современных технологий беспроводной передачи данных выходных параметров фотоэлектрических систем. Международная научно-практическая конференция «ИННОВАЦИИ В НАУКЕ, ОБЩЕСТВЕ, ОБРАЗОВАНИИ», стр. 11-14, г. Пенза, 2021 г.
12. Давронов Ш.Р. Определение параметров окружающей среды, влияющих на производительность фотоэлектрических модулей и методика их измерения, III Международная научно-практическая конференция «МОЛОДЁЖЬ, НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ: АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ, ДОСТИЖЕНИЯ И ИННОВАЦИИ», стр. 13-17, г. Пенза, 2021 г.

13. Давронов Ш.Р., Иззатиллаев Ж.О. Основные аспекты управления электрической сетью с интегрированными солнечными электростанциями. Карши мухандислик иктисодиёт институти. “Қайта тикланувчи энергетиканинг замонавий муаммолари”. Республика илмий-амалий анжумани, стр. 97-101, Карши 18-19 май 2018 йил.
14. Давронов Ш.Р. Многофункциональная система мониторинга параметров фотоэлектрических модулей. Мухаммад ал-хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари университети Карши филиали. Ижтимоий соҳаларни рақамлаштиришда инновацион технологияларнинг ўрни ва аҳамияти. Республика илмий-амалий анжумани, стр. 281-285, Карши 29-30 апрель 2020 йил.
15. Давронов Ш.Р. Программное обеспечение физического стенда для исследования поведения интегрированной сети. Каршинский государственнқй университет. «Физика возобновляемых источников энергии и устойчивой окружающей среды». Республика илмий-техникавий анжуман, стр. 82-84, Карши, 24-25 апрель, 2019 г.
16. Давронов Ш.Р. Обзор методов и разработка алгоритма для поиска точки максимальной мощности фотопреобразователей. Сборник статей международного научно-практического семинара в рамках проекта «RENES: Разработка магистерской программы по возобновляемым источникам энергии и устойчивой окружающей среды», стр. 240-243, Гулистан 2019 г.
17. Давронов Ш.Р. Определение погрешностей измерительного устройства выходных параметров фотоэлектрических преобразователей. Высокие технологии, наука и образование: Актуальные вопросы, достижения и инновации. IX Всероссийский научно-практическая конференция, стр. 91-97, г. Пенза, 2021 г.



Автореферат «Инновацион технологиялари» илмий журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилди ва унинг ўзбек, рус ва инглиз (тезис) тилларидаги матнлари мослиги текширилди (11.10.2021 й.)

Босишга рухсат этилди: 15.10.2021 йил
Бичими 60x45 1/6, «Times New Roman»
гарнитурда рақамли босма усулида босилди.
Шартли босма табоги 3,0. Адади 60 нусха
Буюртма № 31
ҚарМИИ «Intellect» nashriyoti МИУда чоп этилди,
Қарши шаҳри, Мустақиллик кўчаси, 225-уй.