

**«8D06201 – Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар»  
білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін  
алу үшін диссертациялық жұмысқа**

**АҢДАТПА**

**ДОСЫМБЕТОВА ГУЛБАХАР БАЗАРБАЕВНА**

**Заттар интернеті негізінде басқарылатын және бақыланатын  
концентрациялаушы фотоэлектрлік жүйелер**

**Жұмыстың жалпы сипаттамасы.**

Диссертациялық жұмыс жүйенің жай-күйін және қоршаған орта жағдайларын бақылау мақсатында IoT негізінде салқындату жүйесінің жұмысын оңтайландырып, шешім қабылдай алатын активті салқындату жүйесі бар концентрациялаушы фотоэлектрлік жүйелерге арналған.

**Тақырыптың өзектілігі.**

Әлемде күн батареяларын әртүрлі мақсаттарда қолдану ауқымының ұлғаюына байланысты концентрациялаушы кремнилі күн батареяларына бүгінде үлкен қызығушылық артуда. Фотоэлементтердің тиімділігін арттырудың жаңа, арзан, салыстырмалы түрде қарапайым әдістерін зерттеу және әзірлеу жоғары ғылыми және практикалық маңыздылыққа ие.

Поликристалды кремний фотоэлементтері жоғары деңгейлі концентрацияда жұмыс істеуге арналмаған, олар төмен және орташа деңгейлі концентрацияда қолданылады. Алайда, мұндай жағдайларда жақсы активті салқындату жүйесі болмаған жағдайда, күн элементтері жартылай өткізгіштік қасиеттерін тез жоғалтады.

Фотоэлектрлік қондырғылардағы салқындату жүйелері пассивті және активті болып бөлінеді. Пассивті салқындату жүйелері жылу тарқатқыштарды пайдаланбайды, жылу қосымша құрылғыларды қолданусыз ауамен тарқатылады. Активті салқындату жүйелерінде қыздырылған құрылғыдағы жылуды тарқату үшін әдетте жылу тарқатқыш және су сорғы арқылы құбырлардың бойымен айналым жасаушы салқын су қолданылады.

Заманауи салқындату жүйелеріне энергетикалық тиімділігі бойынша жоғары талаптар қойылады. Температураның шекті деңгейінің алгоритмдеріне негізделген қарапайым салқындату жүйелерін фотоэлектрлік жүйелерде қолдану айтарлықтай жоғары тиімділікке алып келмейді. Мұндай жүйелердегі су сорғының қуаты фотоэлементтердің қызу жылдамдығына және күн сәулесінің қуатына тәуелді емес. Ол өзгеріссіз және белгілі бір жағдайларда бүкіл жүйенің тиімділігін төмендетеді. Нәтижесінде, су сорғының қуатын ағымдағы температураға және түсетін күн сәулесінің қуатына бейімдейтін жүйені құру қажет.

Су сорғы қуатының күн сәулесінің қуатына және ағымдағы температураға тәуелділігі сызықтық емес. Температура күн сәулесінің қуатына сызықтық емес түрде байланысты. Нәтижесінде су сорғының қуатын

тікелей есептеу қиын болып көрінеді. Сонымен қатар, ірі күн электр станцияларын құрастырған кезде күн батареяларының температурасы туралы мәліметтер көбейеді, бұл өз кезегінде жүйенің есептеу ресурстарын көбейтеді. Қаржылық немесе басқа шектеулерге байланысты жүйенің жергілікті есептеу ресурстарын көбейту қиын немесе мүмкін емес. Сондықтан да, су сорғы қуатын басқару жүйесі үшін қашықтан басқару және бақылау жүйесін құру қажеттілігі туындайды.

Бұл жұмыс төмен концентрация жағдайында кремний поликристалды фотоэлементтердің тиімділігін арттыруға, сондай-ақ IoT қолдана отырып активті салқындату жүйесінің тиімділігін арттыруға бағытталған.

Френель линзасы мен активті салқындату жүйесін қолдана отырып, заманауи коммерциялық кремний фотоэлементтердің тиімділігін арттыру, сондай-ақ IoT көмегімен белсенді салқындату жүйесін оңтайландыру **өзекті мәселе** болып табылады.

### **Диссертациялық жұмыстың мақсаты**

IoT қолдана отырып, активті салқындату жүйесінің оңтайлы жұмыс режимінде және Френель линзасы арқылы төмен концентрациялауда поликристалды коммерциялық кремний фотоэлементтерінің энергия түрлендіру тиімділігін арттыру.

### **Осы мақсатқа жету үшін келесідей міндеттерді орындау қажет:**

- Френель линзасын пайдаланып концентрациялаушы фотоэлементтерін жобалау, құрастыру, реттеу және концентрациялау дәрежесіне байланысты қысқа тұйықталу тогының тәуелділігін зерттеу;

- төмен концентрациялау дәрежесі жағдайында фотоэлементтердің күні бойына энергия түрлендіруін зерттеу;

- күн сәулесінің әртүрлі қуаттылығында және су сорғының әртүрлі қуаттылығында фотоэлементтің қыздыру мен салқындату динамикасын зерттеу және нейрондық желілерді қолдана отырып, фотоэлементтерді қыздыру мен салқындатуды болжау моделін жасау;

- салқындату жүйесінің ең оңтайлы жұмыс режимін таңдау мақсатында заттар интернеті негізінде шешім қабылдау жүйесін жасау.

### **Зерттеу нысаны**

Активті салқындату жүйесі бар концентрациялаушы поликристалды кремний күн батареясы.

### **Зерттеу пәні болып табылады**

Концентрацияланған күн сәулесі жағдайында фотовольтаикалық әсер, Френель линзаларында болатын оптикалық процестер, төмен концентрациядағы фотоэлементтерді қыздыру және салқындату процесінің динамикасы, заттар интернетін қолдана отырып қашықтан бақылау мен басқару жүйесі және энергия жүйелерін оңтайландыру.

### **Зерттеу әдістері мен тәсілдері**

Зерттеу жұмысының мақсатына жету үшін келесідей әдістер қолданылды:

- линза мен фотоэлемент арасындағы оңтайлы қашықтықты эксперименттік зерттеу және күн сәулесінің концентрация дәрежесін анықтау;

- төмен концентрациядағы күн сәулесі қуатының әртүрлі деңгейлерінде фотоэлементтерді қыздыру процесін эксперименттік зерттеу

- күн сәулесі қуатының әртүрлі деңгейлерінде және су сорғының әртүрлі қуаттарында активті салқындату жүйесі арқылы фотоэлементтерді салқындату процесін эксперименттік зерттеу;

- бір диодты модельді қолдана отырып, төмен концентрациядағы фотоэлементтердің шығыс қуатын модельдеу;

- нейрондық желілерді қолдана отырып, күн сәулесінің әртүрлі қуаттарында фотоэлементтерді қыздыру мен салқындатуды болжау.

### **Диссертациялық зерттеу нәтижелерінің ғылыми жаңалығы**

Жұмыстың жаңалығы мен өзіндік ерекшеліктері келесідей:

- концентрацияланған поликристалды кремний фотоэлементінің қысқа тұйықталу тогы түскен сәулелену қуатына және оның температурасына тәуелділігі эксперименталды түрде көрсетілген;

- Френель линзасын қолдана отырып,  $C_r=8$  концентрация дәрежесінде фотоэлементтердің энергия генерациясының жоғарылауы эксперименталды түрде анықталды;

- концентрацияланған кремний поликристалды фотоэлементтері үшін оңтайлы салқындату жүйесінің алгоритмі және заттар интернеті негізінде мониторинг және басқару жүйесі жасалды.

### **Жұмыстың ғылыми және практикалық маңыздылығы**

Зерттеу жұмысында алынған нәтижелер фотоэлементтердің шығыс қуатын арттыру үшін маңызды болып табылады. Алынған нәтижелер фотоэлектрлік жүйелер үшін концентрацияланған поликристалды кремний фотоэлементтері мен активті салқындату жүйелерін жасауда пайдаланылуы мүмкін.

Күн батареяларының шығыс қуатын арттыруға күнді бақылау жүйесін құру арқылы және күн сәулесінің оның бірлік ауданында концентрация дәрежесін арттыру үшін оптикалық жүйені орнату арқылы қол жеткізуге болады. Жоғары және орташа концентрация дәрежесінде қолданылатын фотоэлементтер жоғары температураға төтеп бере алатынына қарамастан, арзан поликристалды фотоэлементтерімен салыстырғанда жоғары шығындарға байланысты ауқымды қолданысқа ие болмады. Сондықтан қазіргі уақытта энергетика саласында олар кең таралмады. Бұл диссертациялық жұмыста арзан поликристалды кремний фотоэлементтерді қолданатын концентрациялаушы фотоэлектрлік жүйе жасалды.

Кремний фотоэлементтерінің концентрация дәрежесінің жоғарылауы олардың температурасының тез өсуіне және соның салдарынан ПӘК-нің төмендеуіне әкеледі. Бұл мәселенің оңтайлы шешімі активті салқындату жүйесі болып табылады. Алайда, мұндай салқындату жүйелері энергия тұтынғандықтан, күн батареясының ақырғы тиімділігі салқындату жүйесін іске қосу үшін жұмсалатын энергия шығынын алып тастағандағы қалған

энергиядан есептеліп алынады. Бұл жұмыста нейрондық желілерді пайдалана отырып, салқындату жүйесінің қуат тұтынуын азайту үшін IoT негізіндегі шешім қабылдау жүйесінің оңтайлы алгоритмі ұсынылған.

### **Қорғауға шығарылатын негізгі тұжырымдамалар**

1 Төмен дәрежеде концентрациялаушы Френель линзасы бар поликристалды кремнилі фотоэлементінің қысқа тұйықталу тогы линзасыз фотоэлементтің қысқа тұйықталу тогымен салыстырғандағы мәні 1,5-2,2 есе артады;

2 Френель линзасын қолданып, геометриялық концентрациялау дәрежесі  $C_T=8$  болған поликристалды кремнилі фотоэлементтің күні бойына өндірілетін энергиясы линзасыз фотоэлемент өндіретін энергиямен салыстырғанда 51%-ға артады;

3 Заттар интернеті және нейрондық желілер көмегімен болжау негізінде жасалған шешім қабылдау жүйесімен анықталған салқындату жүйесінің оңтайлы жұмыс режимі, температураның шекті деңгейіне негізделген алгоритмнің жұмысымен салыстырғанда салқындату жүйесінің энергия тұтынуын 62% - ға төмендетеді.

### **Жұмыста алынған нәтижелер мен жасалған қорытындылардың сенімділік деңгейі және түсіндірмесі**

Диссертациялық жұмыста алынған нәтижелердің дұрыстығы ҚР ҒЖЖБМ Ғылым және жоғары білім саласында сапаны қамтамасыз ету комитеті (ҒЖБССҚЕК) ұсынған басылымдарда, импакт-факторы нөлден жоғары алыс шетелдердің журналдарында және халықаралық конференциялардың еңбектерінде жарияланымдардың болуымен расталады. Жұмысты орындау барысында алынған эксперименттік мәліметтер ұсынылған модель негізінде алынған есептеулерге жақсы сәйкес келеді.

### **Автордың жеке үлесі**

Автор диссертациялық жұмыстың барлық бөлімін, зерттеу әдісін, эксперименттік қондырғыларды құрастыруды, салқындату жүйесін қашықтықтан бақылау және басқару жүйесі үшін басып шығару такталарын жасауды, нейрондық желілердің модельдерін оқытып, болжауды, эксперименттер жүргізуді, алынған мәліметтерді талдауды, төмен концентрациядағы фотоэлементтердің математикалық моделін жасауды толығымен өз бетінше орындады. Тапсырмаларды қою және нәтижелерді талқылау ғылыми жетекшілермен бірлесіп жүргізілді.

### **Диссертациялық жұмыстың апробациясы**

Диссертациялық жұмыста алынған нәтижелер келесідей дерек көздерінде жарияланып, ғылыми конференцияларда баяндалып, талқыланды:

**Thomson Reuters және Scopus халықаралық ғылыми деректер базасына кіретін басылымдарда жарияланған мақалалар:**

1. Dosymbetova G, Mekhilef S, Orynassar S, Kapparova A, Saymbetov A, Nurgaliyev M, Zholamanov B, Kuttybay N, Manakov S, Svanbayev Y, Koshkarbay N. Neural Network based Active Cooling System with IoT Monitoring and Control for LCPV Silicon Solar Cells // IEEE Access -2023. – Vol.11. – P. 52585 – 52602.

2. Dosymbetova G. Mekhilef S, Saymbetov A, Nurgaliyev M, Kapparova A, Manakov S, Orynassar S, Kuttybay N, Svanbayev Y, Yuldoshev I, Zholamanov B, Koshkarbay N. Modeling and Simulation of Silicon Solar Cells under Low Concentration Conditions //Energies. – 2022. – Vol. 15. – №. 24. – P. 9404.

**ҚР ҒЖБМ ҒЖБССҚЕК ұсынған басылымдарда жарияланған мақалалар:**

1. Dosymbetova, G. B., Svanbayev Ye.A., Zhuman, G. B., Nurgaliyev, M. K., Saymbetov, A. K. Development of concentrating silicon solar cells. News of the national academy of sciences of the republic of Kazakhstan physico-mathematical series. – 2021, – Vol. 4. – №. 338. – P. 25-30.

**Халықаралық конференциялар тезистері жинақтарындағы жарияланымдар:**

1. Досымбетова Г.Б., Нұрғалиев М.К., Тукымбеков Д., Құттыбай Н.Б. Концентрирующие кремниевые солнечные батареи с использованием линзы Френеля //Международная научная конференция студентов и молодых ученых «Фараби әлемі». – Алматы. – 2020. – С. 276.

**Авторлық куәлік**

Досымбетова Г.Б., Нұрғалиев М.К., Саймбетов А. К., Құттыбай Н.Б., Жоламанов Б.Н., Орынбасар С.О., Каппарова А.А. Концентрирующие кремниевые солнечные элементы с активной системой охлаждения на основе Интернета вещей // Авторское свидетельство, 2023. № 34937.

**Диссертациялық жұмыстың құрылымы және көлемі**

Диссертациялық жұмыс кіріспеден, 3 тараудан, қорытындыдан және 125 пайдаланылған әдебиеттер тізімінен тұрады. Жұмыс көлемі 103 беттен, соның ішінде 76 сурет, 3 кесте және 3 қосымшадан тұрады.

Диссертациялық жұмыстың бірінші тарауында қазіргі заманғы концентрацияланған фотоэлектрлік жүйелер мен активті және пассивті салқындату жүйелері туралы әдебиеттерге шолу жасалған.

Диссертацияның екінші тарауында фотоэлемент температурасының түсетін күн сәулесінің қуатына, Френель линзасына негізделген оптикалық жүйеге және фотоэлементтің бір диодты моделіне тәуелділігі туралы зерттеулер келтірілген.

Үшінші тарау IoT негізінде сымсыз бақылау және басқару арқылы салқындату жүйесін оңтайландыруға арналған.

**Диссертациялық жұмыс тақырыбының ғылыми-зерттеу бағдарламаларының жоспарларымен байланысы**

Диссертациялық жұмыс 2018-2020 жылдарға арналған, жеке тіркеу нөмірі (ЖТН) AP05132464 «Сымсыз басқарудың интеллектуалды автономды жүйесін және көше жарықтандыру мониторингісін құру» ғылыми-зерттеу жұмысының (ҒЗЖ) жоспарларына сәйкес орындалған.