

«6D071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар»  
мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін  
диссертациялық жұмысқа

## **АҢДАТПА**

### **ҚҰТТЫБАЙ НҰРЖІГІТ БАҚЫТҰЛЫ**

#### **КҮНГЕ ОҢТАЙЛЫ БАҒЫТТАЛАТЫН ЖӘНЕ СЫМСЫЗ БАЙЛАНЫС НЕГІЗІНДЕ БАҚЫЛАНАТЫН АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ФОТОЭЛЕКТРЛІК ЖҮЙЕЛЕРДІ ЖАСАУ**

Диссертациялық жұмыс сымсыз бақылау және басқару арқылы күнге оңтайлы бағытталатын автоматтандырылған бір осьті және екі осьті фотоэлектрлік жүйелерді жасауға және зерттеуге арналған.

#### **Тақырыптың өзектілігі.**

Күн батареясының кеңістікте орнатылған бағыты оның энергия түрлендіруіндегі жұмысына айтарлықтай маңызды әсер етеді. Күн электр станциясын жасауда, географиялық ендікке байланысты орнаталатын күн батареясын көкжиекке оңтайлы бұрышпен орнатқан кезде келесідей мәселелер туындайды: күннің шығу уақытында және күннің батысы кезінде көп мөлшерде энергия жоғалтуы, жыл бойына жүйені көкжиекке оңтайлы орнату бұрышының өзгерісі күн батареясының тиімділігін төмендетеді. Ауа-райы ашық, күн шуақты кезінде көрінетін спектр аумағындағы жарық сәулелері жер бетіне тікелей, еш кедергісіз түседі. Керісінше, ауа-райы бұлтты болған кезде жарық сәулелері бұлттан ішінара жұтылып, жартылай шағылысады.

Жоғарыда келтірілген барлық мәселелерді тиімді шешу үшін тікелей және жанама әдістерді қолдана отырып жаңа технологиялар әзірленуде. Олардың ішінде ең көп таралған әдістердің бірі – күнді бақылаушы фотоэлектрлік жүйесі (күн трекері).

Күн трекерлері әртүрлі жазықтықта бұрылуды басқаратын жүйелерді қажет етеді. Жасалу құрылымына және бұрылу осьтеріне байланысты күн трекерлері екі негізгі топқа жіктеледі: бір осьті трекерлер (бір ось бойымен бұрылады) және екі осьті трекерлер (екі ось бойымен бұрыла алады). Анықталғандай, трекерлер басқару алгоритмдеріне, жыл мезгіліне, тәулік уақытына және орналасқан жеріне байланысты стационарлық фотоэлектрлік жүйелермен салыстырғанда үлкен тиімділікті көрсетеді.

Осы кезеңге дейін жасалған трекерлердің көпшілігі фотосенсорларға немесе жазық жүйедегі күн қозғалысының астрономиялық есептеулеріне негізделген әдістерді қолданады. Алайда, фотосенсорларды тек ашық ауа-райында қолдануға болады. Өйткені, ауа-райы бұлтты кезде қоршаған орта альбедосы бұлтты аспан альбедосы деңгейінен төмен болады және көрінетін спектр аумағындағы сәулеленің 90% – ы шашырап, фотосенсорлар күннің орналасқан жерін нақты анықтай алмайды. Трекерлерді басқарудың екінші әдісі

күн қозғалысы траекториясының теңдеулерінің әртүрлі алгоритмдері мен математикалық есептеулеріне негізделген. Мұнда басқару сенсорлары ретінде навигациялық құрылғылар қолданылады. Әртүрлі кездейсоқ факторлар (мысалы, электромагниттік толқындар) қолданылатын сенсор сигналының жоғалуына әкелуі мүмкін. Басқару жүйесінде немесе сенсорларда қателер болған жағдайда, уақыт өте келе жүйенің жұмысына теріс әсер ететін кумулятивті қателер пайда болады.

Фотоэлектрлік модульді күнге оңтайлы бағыттаумен қатар, аккумуляторларды зарядтау үшін оның шығысындағы электр қуатын тиімді түрлендіру мәселесі де бар. Дәстүрлі түрде фотоэлектрлік жүйелерде аккумулятор зарядын қамтамасыз ету үшін ендік-импульстік модуляция (ЕИМ) негізінде жұмыс жасайтын контроллерлер қолданылады. Алайда, тәулік ішінде күн батареясының кернеуінің өзгерісі оның максималды қуат нүктесінің (МҚН) ығысуына әкеледі, нәтижесінде ЕИМ контроллерінің энергия түрлендіру тиімділігі төмендейді. Максималды қуат нүктесін бақылау (МҚНБ) мәселесін арнайы жасалған, максималды қуат нүктесін анықтаушы контроллерлер шешеді. МҚНБ контроллері күн батареясы шығысында максималды қуат шамасын ұстап тұрады. Мұндай жүйелерді құру кезінде туындайтын мәселелерге: МҚН анықтау алгоритмдерінің дәлдігінің төмендігі, МҚНБ жылдамдығының төмендігі, электр энергиясын түрлендірудегі шығындар, ток пен кернеуді өлшейтін сенсорлардың дәлдігінің төмендігі жатады.

Фотоэлектрлік жүйелердің тиімділігі олардың жұмысын үздіксіз бақылауға және әртүрлі ақауларды уақытылы анықтауға тікелей байланысты. Мониторинг жүйесін ұйымдастыруда бірқатар мәселелер туындауы мүмкін. Мониторинг жүйелерінің көпшілігі ақаулардың салдарын анықтағанымен, олардың себебін анықтауда қиындықтарға жолығады. Сонымен қатар, ауқымды фотоэлектр станцияларында күн батареялары мен қашықтықтан басқару орталығы арасында ақпаратты жеткізу кезінде сымды байланыс желісін пайдалану тиімсіз болып табылады. Фотоэлектрлі жүйенің максималды тиімділігі үшін күнді, жергілікті нақты уақытты және трекердің бұрылу осьтері бұрышын синхрондау қажет.

Әр түрлі ауа-райында күнге бағытталушы заманауи фотоэлектрлік жүйелерін және бұлтты ауа-райында бір осьті күн трекерлері үшін қолданылатын бақылау әдістерінің әсерін зерттеу қазіргі таңда **өзекті** мәселе болып отыр. Сондай-ақ, бұлтты ауа-райында, күн сәулесінің қатты шашырауы кезінде екі осьті күн трекерлері үшін күн батареяларының әртүрлі орнатылу қалпын, қашықтықтан сымсыз мониторинг жүргізу және басқару жүйесін қолдана отырып, нақты жағдайларда екі осьті күн трекерінің жұмысына МҚНБ контроллерінің әсерін зерттеу қажет.

#### **Жұмыстың мақсаты.**

Бір және екі бұрылу осі бар, күнге оңтайлы бағытталатын және МҚНБ контроллері негізінде әртүрлі ауа-райында тиімді жұмыс жасайтын, сымсыз байланыс арқылы басқарылатын және бақыланатын автоматтандырылған фотоэлектрлік жүйелерді жасау.

### **Зерттеу нысандары.**

Сымсыз бақылау және басқару жүйесімен жабдықталған, МҚНБ контроллері бар автоматтандырылған бір осьті және екі осьті фотоэлектрлік жүйелер.

### **Зерттеу пәні.**

Әртүрлі ауа-райында пайдалану үшін жүйенің алгоритмі мен құрылымын оңтайландыру арқылы бір осьті және екі осьті күн трекерлерінің тиімділігін арттыру; МҚНБ контроллері арқылы электр энергиясын тиімді түрлендіру; сымсыз бақылау және басқару жүйесін қолдану арқылы кері байланыс орнатып, күн трекерлері жұмысының сенімділігін арттыру.

### **Зерттеу әдісі.**

Зерттеу жұмысының мақсатына жету үшін келесідей әдістер қолданылды:

- Autodesk Inventor үш өлшемді пішімдерді әзірлеу ортасында трекердің бұрылу механизмінің құрылымын модельдеу;

- Matlab, Simulink бағдарламалық әзірлеу ортасында МҚНБ контроллерін модельдеу;

- әртүрлі ауа-райы жағдайларында бір осьті және екі осьті күн трекерлері мен МҚНБ контроллерінің шығысындағы түрлендіретін қуатын тәжірибе жүзінде зерттеу;

- кері байланыстың орнатылуын қамтамасыз ету үшін сымсыз бақылау және басқару жүйесінің жұмысын тәжірибе жүзінде зерттеу.

Жұмыстың мақсатына жету үшін келесідей **міндеттер** қойылды:

- 1 Оңтайлы бұрылу механизмі бар құрылымнан тұратын автономды бір осьті және екі осьті күнді бақылау жүйелерін жасау;

- 2 Күнді бақылау жүйесін әртүрлі ауа-райы жағдайларында күнге оңтайлы бағытталуды қамтамасыз етуші басқару алгоритмімен жабдықтау және шынайы жағдайларда тәжірибелік зерттеулер жүргізу;

- 3 Екі осьті күнді бақылау жүйесі үшін МҚНБ контроллерін жасау және тәжірибе жүзінде тиімділігін зерттеу;

- 4 Фотоэлектрлік жүйенің жалпылама жұмысының барысын қашықтықтан бақылауға және нақты уақыт режимінде кері байланысты орнату арқылы жүйеде болатын қателерді автоматты түрде түзетуге мүмкіндік беретін сымсыз байланыс негізінде оңтайлы бақылау жүйесін әзірлеу және тиімділігін зерттеу.

Жұмыстың **ғылыми жаңалығы** алғаш рет келесі жұмыстар жүргізілуіне байланысты:

- 1 Күн сәулесі шашыранды таралған кезінде көлденең жазықтықта бұрылу бұрышын анықтау үшін энкодерді және әзірленген бағдарламалық жасақтаманы қолдану нәтижесінде бір осьті күн трекерінің тиімділігі артатыны анықталды;

- 2 Күн сәулесінің қатты шашырауы кезінде басқарушы трекердің көмегімен екі осьті күн трекерінің оңтайлы орналасуын анықтаушы жүйе жасалды;

- 3 Әртүрлі ауа-райы жағдайында екі осьті күн трекері мен ауытқу және қадағалау алгоритмі негізіндегі максималды қуат нүктесін бақылау контроллерінің біріктірілген жүйесі зерттелді;

4 Жүйе жұмысының сенімділігін арттыру үшін кері байланысы бар, автоматтандырылған, қашықтықтан сымсыз бақылау және басқару арқылы фотоэлектрлік модульдің орналасуын тексеретін екі деңгейлік жүйе жасалды.

#### **Қорғауға арналған негізгі тұжырымдар.**

1 Қатты бұлтты және жаңбырлы ауа-райында күн қозғалысының астрономиялық есептеулеріне және энкодерлі алгоритм негізінде басқарылатын бір осьті трекердің тиімділігі, құрылымы жағынан ұқсас, фотосенсормен басқарылатын бір осьті трекерге қарағанда орташа 4% - ға және көшпелі бұлтты ауа-райында орташа 2% - ға жоғары, ал бірінші трекердің көлденең ось бойынша бұрылу механизмінің энергия тұтынуы, екінші трекердің бұрылу механизмі тұтынатын энергия мөлшерінен орташа 60% - ға төмен;

2 Күн сәулесінің қатты шашырауы кезінде, күн батареясын кеңістікте оңтайлы орналастыру бағытын анықтаушы алгоритмі бар екі осьті күн трекерін, дәстүрлі екі осьті күн трекерінің өнімділігімен салыстырғанда 40% тиімділікті көрсетеді;

3 Жасалған максималды қуат нүктесін бақылау контроллерін екі осьті күн трекерімен біріктіру арқылы тәжірибе жүргізу барысында, контроллер түрлендіруінің пайдалы әсер коэффициенті орташа 95% құрайды;

4 Басқару жүйесі мен күн трекері арасындағы кері байланысы бар сымсыз бақылау және басқарудың аппараттық-бағдарламалық кешенінде жүзеге асырылған, фотоэлектрлік модульдің жай-күйін екі деңгейлі тексеру, бұрылыс механизмінің ауытқуын жояды.

#### **Жұмыстың теориялық және практикалық маңыздылығы.**

Диссертациялық жұмыста жасалған ғылыми-зерттеу жұмысының нәтижелері күнді бақылау жүйесін жобалау кезінде маңызды ғылыми және практикалық мәнге ие. Күн трекерлерін орнату кезінде жергілікті жердің географиялық орналасуы мен климаттық жағдайларын ескеру қажет. Диссертациялық жұмыста алынған нәтижелер бойынша, зерттелген бір осьті және екі осьті күнді бақылау жүйелерін көшпелі бұлтты климаттық жағдайы бар аумақта қолдану кезінде пайдалы болуы мүмкін.

Қолданыстағы күн трекерлерін МҚНБ контроллерлерімен біріктіру арқылы тиімділігін айтарлықтай арттыруға болады. Зерттеу жұмысында алынған нәтижелер бір және екі бұрылу осі бар күнді бақылаушы фотоэлектрлік жүйелердің тиімділігін арттыру үшін пайдалы болуы мүмкін.

Күн батареялары мен басқару блогы бір-бірінен алыс қашықтықта орналастырылған ірі фотоэлектрлік жүйелердің жұмысын оңтайландырып, сенімділігін арттыру үшін зерттеу жұмысында сымсыз байланыс негізінде бақылау мен кері байланыс арқылы басқаруды қолдану ұсынылды.

**Нәтижелердің сенімділігі мен негізділігі** алынған тәжірибелік деректермен анықталады. Сонымен қатар, алынған нәтижелер фотоэлектрлік жүйелердегі белгілі зерттеулерді толықтырады. Диссертациялық жұмыста алынған нәтижелердің дұрыстығы ҚР БжҒМ Білім және ғылым саласында сапаны қамтамасыз ету комитеті (БҒССҚЕК) ұсынған басылымдарда, импакт-факторы нөлден жоғары алыс шетелдердің журналдарында және халықаралық конференциялардың еңбектерінде жарияланымдардың болуымен расталады.

### **Автордың жеке үлесі.**

Автор диссертациялық жұмыстың барлық бөлімін, соның ішінде жұмыстың мақсаты мен міндеттерін айқындауды, гипотезалар қою және тәжірибелік жұмыстар жүргізуді, компьютерлік модельдеу және тәжірибе нәтижелерін сандық бағалауды, ғылыми жарияланымдарды талдау және баспаға дайындауды толығымен орындады.

### **Жарияланымдар.**

Диссертациялық жұмыстың тақырыбы бойынша 9 ғылыми баспа жұмысы жарияланды, оның ішінде 3 жұмыс халықаралық конференцияларда тезис түрінде, 3 мақала философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алу үшін БҒССҚЕК-і ұсынған ғылыми басылымдарда, 2 мақала Web of Science (Clarivate Analytics, АҚШ) және Scopus (Elsevier, Нидерланды) халықаралық ақпараттық ресурстарына кіретін ғылыми басылымдарда, сондай-ақ, 1 мақала Scopus (Elsevier, Нидерланды) халықаралық ақпараттық ресурстарына кіретін ғылыми басылымда жарияланды.

### **Диссертациялық жұмыстың апробациясы.**

Диссертациялық жұмыста алынған нәтижелер келесідей конференциялар мен семинарларда баяндалды:

– «Фараби Әлемі» студенттер мен жас ғалымдардың Халықаралық ғылыми конференциясы (2019, Алматы, Қазақстан);

– 2019 IEEE international conference on automatic control and intelligent systems (I2CACIS) Халықаралық ғылыми конференциясы, (Шах Алам, Малайзия, 29.06.2019 ж.);

### **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.

### **Пайдалы модельге патент**

Ибраимов М.К., Саймбетов А.К., Құттыбай Н.Б., Якубова М.З., Дараев А.М., Асабаева Р.Н., Якубов Д.М., Актаев Э.Т. Автоматты басқару жүйесі бар гелиоэнергетикалық қондырғы // Авторлық куәлік, 2021. № 6043.

### **Авторлық куәлік**

Құттыбай Н.Б., Саймбетов А.К., Нұрғалиев М.К., Солнечные трекеры с контроллером отслеживания точки максимальной мощности // Авторлық куәлік, 2022. №25199.

**Диссертациялық жұмыстың құрылымы мен көлемі.** Диссертациялық жұмыс кіріспеден, 3 тараудан, қорытынды және пайдаланылған әдебиеттер тізімінен тұрады. Жұмыс 93 сурет, 23 кесте, 112 әдебиеттер тізімі мен 126 бетті қамтиды.