

**6D071800 – «Электр энергетикасы» мамандығы бойынша
философия докторы (PhD) дәрежесін алуға арналған
Қабанбаев Айбек Батырбековичтің диссертациясына**

АНДАТПА

**ТЕРБЕЛМЕЛІ ҮРЛЕМЕЛІ ЖЕЛКЕНІ БАР АВТОМАТТЫ
БАСҚАРЫЛАТЫН ЖЕЛ ЭЛЕКТР СТАНЦИЯСЫНЫҢ
ПАРАМЕТРЛЕРІН ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ ТАҢДАУ**

Диссертациялық жұмыс желкенді жел генераторының параметрлерін таңдауға және зерттеуге арналған, оның аэродинамикалық профилі бар, беті автоматты түрде басқарылатын.

Жұмыстың өзектілігі. Жаңартылатын энергетиканың жел көздерінің жер бетінің кез келген нүктесінде және су кеңістігінің жағалауында электр тогын генерациялау мүмкіндігі жел электр станцияларын әлемдік энергетиканың перспективалы сегментіне айналдырады. Қазіргі уақытта байқалған энергия көздерінен көмірсутекті шикізатқа жаңартылатын энергетикаға көшу үрдісі қоғамдастықтың жаңа жаңартылатын көздерді, атап айтқанда жел электр станцияларын (ЖЭС) жетілдіруге және енгізуге деген ұмтылысын одан әрі күшейтті. Алайда жел электр станцияларын қолданудың ғасырлық тәжірибесі ғалымдардың, конструкторлардың және энергетиктердің күш-жігері негізінен турбиналық ЖЭС конструкцияларында жел энергиясын түрлендірудің тиімділігін арттыруға бағытталғанын көрсетеді. Турбиналық ЖЭС турбина осінің көлденең және тік бағытталуымен ЖЭС-ке бөлінетіні белгілі. Сонымен қатар, осьтің көлденең бағыты бар ЖЭС-те турбина роторының пышақтары желдің көтеру күштерінің әсерінен қозғалады. Жел бағытының өзгеруінен тәуелсіз жұмыс негізінен ауа ағынына қарсылық күштері есебінен жұмыс істейтін турбина осінің тік бағдарымен ЖЭС-ті ерекшелендіреді. Алайда, зерттеулер мен көпжылдық жұмыс тәжірибесі екі типтегі турбиналық жел турбиналары үшін негізгі проблемалар желдің, жылдамдықтың және желдің екпінінің алдын-ала болжанбауын тудырады, көбінесе қысқа уақыт аралығында өзгереді. Сондай-ақ, проблема турбиналық ЖЭС номиналды қуатымен жұмыс істейтін жел жылдамдығы диапазонының төменгі шекарасы, әдетте, жеткілікті жоғары-максималды тиімділігі 0.3-ке тең 10 м/с-тан асады. Осыған байланысты желдің орташа жылдамдығы 3 м/с болатын кең аумақтарда турбиналық ЖЭС-терді пайдалану мүмкін емес. Турбиналық ЖЭС жетілдіру бойынша мәселелерді шешу үшін оңтайлы жел түрлендіргіштерін іздеу жүргізіледі, турбиналық ЖЭС конструкциялары үнемі өзгертіліп отырады. Айта кету керек, жетілдіруге бағытталған үлкен күш-жігерге қарамастан, турбиналық жел генераторларымен электр энергиясын өндіруде көптеген кемшіліктер мен проблемалар бар. Мысалы, теңіз кемелері үшін желкендерді қолдану тәжірибесі яхталардың желдің жылдамдығы жоғары жылдамдықпен қозғалатынын көрсетті. Осыған байланысты жел энергетикасындағы ЖЭС

конструкциясын түбегейлі өзгертуге, атап айтқанда, айналмалы турбинадан бас тартуға және желкенді ЖЭС құруға бағытталған жаңа шешімдер қызығушылық тудырады.

Жұмыстың зерттеу объектісі көлденең қимасының аэродинамикалық бейіні бар тороидалды формадағы үрлемелі желкеннен тұратын тербелмелі жұмыс органы бар жел электр станциясы болып табылады.

Жұмыстың мақсаты - аналитикалық, компьютерлік және эксперименттік әдістермен зерттеу арқылы желдің жылдамдығының кең диапозонында электр энергиясын өндіруге ар-налған, 2.5 м/с-тан бастап және жел бағытының алдын-ала болжанбайтын өз-геруіне қарамастан, тербелмелі желкенді жел (желкендер) бар жаңа автомат-ты басқарылатын жел электр станциясының параметрлерін таңдау.

Жұмыстың идеясы тунистік стартап Saphon Energy сияқты айналмалы турбинасы жоқ жел-кенді салмақты құру болып табылады. Жел энергиясын электр энергиясына түрлендірудің жаңа технологиясын қолданыңыз, яғни желкенді соққан жел энергиясы параллель манипулятордың алты актуаторының аударма қозғалысының энергиясына айналады, қуатты таңдау жүйесі алты актуатор-дың энергиясын электр энергиясына айналдырады. Жел желісінің кез-келген жылдамдығы мен бағыты үшін берілген өнімділікпен жұмыс істейтін етіп жүйенің параметрлерін реттейтін жел станциясын басқаруды автоматтанды-ру жүйесін құру.

Ғылыми жаңалығы:

- Жаңа жел электр станциясының желкендерінің параметрлерін компьютерлік модельдеу және аэродинамикалық құбырдағы эксперименттік зерттеулер арқылы негізделді;

- Циклді қозғалатын жұмыс органы бар желкенді ЖЭС-тің қолданыстағы демонстрациялық үлгісі жасалды;

- Желкенді ЖЭС таңдау және зерттеу үшін күй теңдеулеріне негізделген математикалық аппарат жасалды;

- Есептеулер нәтижесінде салмақ желкенді қарсыласу күші мен көтеру күшіне бір уақытта әсер ету арқылы жел энергиясын тиімді түрлендіретіні анықталды;

- Бастапқы энергия түрлендіргішінің параметрлерін, сондай-ақ серіппелерді өзгерту арқылы басқарылатын белсенді демпферлік құрылғыны таңдауға мүмкіндік беретін математикалық аппаратты қолдана отырып құрылған алгоритм алынды;

- Ақпараттық-өлшеу жүйесінен, атқарушы құрылғылардан және БЛК басқарушысынан тұратын ЖЭС АБЖ функционалдық нобайы қалыптастырылды;

- Жел жылдамдығы негізінде генерациялау жүйесіне қуат алу жүйесі (ҚІЖ) арқылы берілетін қуатты талдау арқылы желкенді ЖЭС энергетикалық сипаттамалары зерттелді. ҚІЖ құрылымын және электр тогын шығаратын электр машинасын таңдауы негізделді.

Зерттеу міндеттері:

- Парустың параметрлерін негіздеу және таңдау;

- Желкенді паркінің жұмыс прототипін жасау арқылы желкенді ЖЭС функционалдығын растау;
- Тербелмелі жұмыс органы бар желкенді ЖЭС параметрлерін зерттеу және таңдау үшін аналитикалық аппарат құру;
- Бастапқы манипулятор түрлендіргіші мен демпферлік жүйенің параметрлерін анықтау алгоритмін жасау;
- 4 ішкі жүйеден тұратын желкенді ЖЭС автоматты басқару жүйесін құру: желкенді басқару;
 - демпфирлеуді басқару;
 - электр энергиясын генерациялау;
 - штаттан тыс жағдайларда басқару;
- Желкенді жел электр станциясы үшін жел жүктемесін ҚІЖ арқылы қабылдайтын жұмыс органынан генератор роторының білігіне берілетін жел күшінің қуатын бағалауға мүмкіндік беретін алгоритм жасау керек;
- Желкенді жел электр станциясының энергетикалық сипаттамаларын желдің жылдамдығына байланысты генерациялау жүйесіне берілетін ҚІЖ қуатын сақтау арқылы зерттеу керек;
- Желкенді жел электр станциясының электр энергиясын өндіруге және сақтауға арналған жүйелер мен жүйелердің құрылымын негіздеу;

Қорғауға шығарылатын зерттеулердің негізгі ғылыми ережелері мен нәтижелері:

- Компьютерлік модельдеу және үрленетін желкеннің геометриялық және аэродинамикалық сипаттамаларын эксперименттік зерттеу нәтижелері;
- Жылжымалы жұмыс органымен желкенді ЖЭС функционалдығын растайтын қолданыстағы модельдің көмегімен жүргізілген сынақтар;
- Желкенді ЖЭС параметрлерін зерттеу және таңдау үшін күй теңдеулері негізінде алынған аналитикалық аппарат;
- Бастапқы энергия түрлендіргішінің, сондай-ақ белсенді демпферлік құрылғының параметрлерін есептеу және таңдау алгоритмі;
- Желкенділікті басқару; демпферлеуді басқару; электр энергиясын өндіруді бақылау; штаттан тыс жағдайлар кезінде басқару кіші жүйелерінен тұратын желкенді ЖЭС АБЖ жұмысы;
- ҚІЖ құрылымын негіздеу әдістері, желпінетін үрлемелі желкенмен ЖЭС электр энергиясын генерациялау және сақтау жүйелері жел паркінің электр энергиясын өндіру және жинақтау жүйелері.

Зерттеу әдістері: диссертациялық жұмыстың ғылыми және практикалық нәтижелері сызықтық емес автоматты басқару жүйелері теориясының аналитикалық аппаратын және энергетикалық тепе-теңдік теңдеулерін қолдану арқылы алынды. Диссертациялық жұмыста қойылған мәселелерді шешу үшін: демонстрациялық үлгіні жасау әдісі; Autodesk Flow Design бағдарламасын қолдана отырып компьютерлік модельдеу; аэродинамикалық құбырдағы эксперименттік зерттеулер; MatLab және Mathcad PP көмегімен есептеулер; TIA Portal көмегімен өздігінен жүретін зеңбіректерді жобалау; WINCC-де модельдеу..

Алынған нәтижелердің тәжірибелік маңыздылығы: жел энергиясын пайдаланатын жаңартылатын энергия объектісі - жел энергиясын турбиналық ЖЭС-ке қарағанда тиімдірек түрлендіруге мүмкіндік беретін шағын қуатты желкенді жел электр станциясы құрылды. Желкенді ЖЭС желдің жылдамдығы 2,5 м/с болған кезде электр тогын тиімді генерациялау мүмкіндігінің арқасында ЖЭС қолдану аумағын едәуір кеңейтуге мүмкіндік береді және Қазақстанның барлық аумағында қолданылуы мүмкін, өйткені Қазақстанның ауқымды аумақтарында желдің орташа жылдық жылдамдығы шамамен 3 м/с.

Нәтижелер мен қорытындылардың негіздемесі және нақтылығы. Алынған аналитикалық аппарат, компьютерлік модельдеу және эксперименттік зерттеулер нәтижелері, сондай-ақ қолданбалы бағдарламалар пакеттерін қолдану арқылы есептеу сенімді болып табылады, өйткені оларды шетелдік рецензенттер жаңартылатын энергетика жөніндегі халықаралық журналда жариялау кезінде талқылады.

Жұмыстың көлемі мен құрылымы. Жұмыс кіріспеден, бес тараудан, қорытындыдан, 7 қосымшадан тұрады. 119 бет машинамен басылған мәтін, 49 сурет, 5 кесте, 101 атаудан тұратын пайдаланылған әдебиеттер тізімі бар.

Жұмыстың мазмұны. Жұмыстың мазмұны. Кіріспеде тороидальді селекция профилі бар желкенді жел генераторын зерттеу мен әзірлеудің өзектілігі негізделген. Диссертацияның мақсаты мен міндеттері тұжырымдалды, ғылыми жаңалығы, ғылыми ережелері мен нәтижелері, зерттеу нәтижелерінің практикалық маңыздылығы анықталды.

Бірінші тарауда мәселенің жай-күйі баяндалған және жел энергиясын электр энергиясына түрлендірудің әртүрлі әдістері бар жел генераторларының барлық түрлерін әзірлеуге және зерттеуге арналған әдеби көздер мен патенттерге шолу жасалған. Жел генераторларының сипаттамалары мен дизайн ерекшеліктері келтірілген. Қазіргі техникалық шешімдерді құрастыру бойынша ветрогенераторов мен тәсілдері, олардың энергиясын түрлендіру қаралды. Зерттеудің мақсаттары мен міндеттері тұжырымдалған.

Екінші тарауда аэродинамикалық құбырдағы табиғи эксперимент негізінде және Autodesk Flow Design қолданбалы бағдарламасының көмегімен парустың тороидальді формасын таңдауды негіздеді. Аэродинамикалық құбырда жүргізілген үш геометриялық өлшемдегі желкендерді эксперименттік зерттеу нәтижесінде шабуылдың әртүрлі бұрыштары кезінде эксперименттік деректер алынды, оларды өңдеу нәтижесінде аэродинамикалық күштердің өзгеру графигі салынды.

Үшінші тарауда желкенді желкенді таңдау және зерттеу үшін күй теңдеулеріне негізделген математикалық аппарат жасалды. Математикалық аппаратты қолдана отырып салынған al-goritm параллель манипулятордың параметрлерін, сондай-ақ серіппелерді алдын-ала өзгерту арқылы басқарылатын белсенді демпферлік құрылғыны таңдауға мүмкіндік беретіні көрсетілген.

Төртінші тарауда желкенді ЖЭС басқару жүйесінің құрылымы

калыптасқан. ЖЭС АБЖ 4 кіші жүйеден тұрады: желкенділікті басқару; демпферлеуді басқару; электр энергиясын генерациялауды бақылау; штаттан тыс жағдайлар кезінде басқару. Желкенділікті басқару үшін қолданылатын атқарушы құрылғылардың бірі – мақта электромеханикалық клапанының басқару жүйесі зерттелді.

Бесінші тарауда желкенді жел электр станциясындағы жел жүктемесін ҚТЖ арқылы қабылдайтын жұмыс органынан генератор роторының білігіне берілетін жел күштерінің қуатын бағалауға мүмкіндік беретін алгоритм алынды. Есептеулер негізінде жел жылдамдығы жылдамдығына байланысты генерациялау жүйесіне берілетін мысықтың қуатын зерттеу арқылы желкенді ЖЭС-тің энергетикалық сипаттамалары зерттелді.

Қорытындыда зерттеу нәтижелері келтірілген.

Қолдану саласы. Желкенді ЖЭС алыс жайылымдарда, фазендаларда пайдаланылатын болады, мұнда экономикалық және техникалық тұрғыдан электр энергиясының дәстүрлі көздерін тарту орынсыз.

Ізденушінің жеке үлесі мыналардан тұрады: аэродинамикалық құбырда натуралық эксперимент жүргізуде; қолданбалы бағдарламада математикалық модельдеу жүргізу; желкенді ЖЭС-тің демонстрациялық моделін құрастыру; энергияның бастапқы түрлендіргішін, қуатты іріктеу жүйесін, автоматты басқару жүйесін және электр энергиясын генерациялау системасын есептеу және таңдау.

Диссертация нәтижелерін апробациялау және жариялау. Диссертациялық жұмыстың негізгі ережелері баяндалды, талқыланды және мақұлданды:

- ҚарМТУ ғылыми-техникалық семинарларында;
- 4 халықаралық конференцияларда, оның ішінде 2 шетелдік конференцияларда:

1. Шоланов К.С., Кабанбаев А.Б. Исследование параметров ветроэнергетической установки с парусом тороидальной формы // VII науч.-техн. конф. с междунар. участием «Наука настоящего и будущего» для студентов, аспирантов и молодых ученых – Санкт-Петербург: Издательство СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2019. – Т. 1 – С. 215-219;

2. Шоланов К.С., Кабанбаев А.Б. Математическое моделирование аэродинамических характеристик паруса тороидальной формы // Матер. IX междунар. науч.-техн. интерн.-конф. мол. учен. «Автоматизация, мехатроника, информационные технологии». – Омск: ОмГТУ, 2019. – С. 110-113.

3. Жасакбаев А.Д., Кабанбаев А.Б. Жел энергетикасы және желкенді жел генераторларының даму перспективасы. // Науч. тр. междунар. науч.-практ.конф. «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №10). – Караганда: КарГТУ, 2018. – Ч. 1 – С. 171-172.

4. Шоланов К.С., Иманкарим Р.К., Кабанбаев А.Б. Обоснование параметров переносной парусной ветровой электростанции. // Тр. междунар. науч.-практ. конф. «Интеграция науки, образования и производства – основа

реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №11). – Караганда: КарГТУ, 2019. – Ч. 5. – С. 141-144.

– Web of Science және Scopus компанияларының ақпараттық базаларына кіретін 1 мақала, процентиль 64:

1. Sholanov K.S., Abzhaparov K.A., Kabanbayev A.B. Study and selection of parameters of an automatically controlled wind power station with swaying sails // International Journal of Renewable Energy Research (IJRER). – Turkey: GU, 2020. – V. 10, No. 2 – p. 768-779

– 3 мақала Қазақстан Республикасының білім және ғылым саласындағы бақылау Комитетінің тізімімен анықталатын журналдарда жарияланған:

1. Шоланов К.С., Мырзабаев Б., Сүндет Ғ.Е., Кabanбаев А.Б. Исследование состояния парусных ветрогенераторов в Казахстане // Труды университета 2019. – Караганда: КарГТУ, 2019. – Вып. №2. – С.115-121;

2. Шоланов К.С., Кabanбаев А.Б. Исследование аэродинамических характеристик ветроэнергетической установки парусного типа // Труды университета 2019. – Караганда: КарГТУ, 2019. – Вып. №3. – С.131-137.

3. Шоланов К.С., Абжапаров К.А., Кabanбаев А.Б. Выбор и расчет параметров ветроэнергетической установки с автоматически управляемым парусным рабочим органом // Вестник КазНУ. – Алматы: КазНУ, 2018. – Вып. №4. – С. 127-136

– Қазақстан Республикасының 1 патенті:

1. Пат. 5431 Республика Казахстан. Ветровая электростанция с системой парусов (полезная модель) / Абильдаев А.А., Кabanбаев А.Б. - №2020/0379.1; заявл. 17.04.2020; опубл. 09.10.2020. Бюл. № 10.

– 1 зияткерлік меншік туралы куәлік:

1. Жасакбаев А.Д., Кabanбаев А.Б. Информационно - измерительная программа для ветроэнергетической установки парусного типа (программа для ЭВМ) // Свидетельство о государственной регистрации прав на объект авторского права. Запись в реестре № 2310 от 15.03.2019. – Министерство юстиции РК.

Жұмыс нәтижелері М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университетінің "Автоматика және телекоммуникация" кафедрасында оқу процесіне енгізілді.