

–Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 1 (2024)

ПАВЛОДАР

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и информационных
систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/KOTB8442>

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.

к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я.,

д.т.н., профессор

Новожилов А. Н.,

д.т.н., профессор

Никитин К. И.,

д.т.н., профессор (Россия)

Никифоров А. С.,

д.т.н., профессор

Новожилов Т. А.,

д.т.н., профессор

Алиферов А.И.,

д.т.н., профессор (Россия)

Кошкеков К.Т.,

д.т.н., профессор

Приходько Е.В.,

к.т.н., профессор

Оспанова Н. Н.,

к.п.н., доцент

Нефтисов А. В.,

доктор PhD

Омарова А.Р.,

технический редактор

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

FTAMP 44.39.29

<https://doi.org/10.48081/MNHN6637>

***Г. С. Нұрмағанбетова¹, В. В. Каверин², С. С. Исенов¹,
Ф. Ф. Таткеева¹, Г. А. Эм²**

¹С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті,
Қазақстан Республикасы, Астана қ.

²Абылқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті,
Қазақстан Республикасы, Қарағанды қ.

*e-mail: g_sahitovna@mail.ru

БОЛАШАҚТА ҚАЗАҚСТАНДА ЖЕЛ ГЕНЕРАТОРЛЫҚ ҚОНДЫРҒЫЛАРДЫ ПАЙДАЛАНУ ТУРАЛЫ

Мақалада Қазақстан Республикасында және алыс шетелдерде жасыл энергетиканы дамытудың басым бағыттарына талдау жасалды. Қазақстан Республикасындағы үкіметтік құжаттарға сәйкес күн және жел энергетикасы перспективалы бағыттар болып табылады. Еліміздің Жел энергетикалық әлеуеті жылына 920 млрд. кВт*сағ. бағаланады. Қазақстан Республикасында жасыл энергетиканы дамытудың өзектілігі негізделген. Заманауи, жақсы қалыптасқан жел генераторларына талдау жасалды. Жел генераторлары үшін ең перспективалы болып табылатын, ол турбинаның көлденең және тік айналу осі бар құрылымдары. Көлденең айналу осі бар жел генераторлары Қазақстанда сәтті пайдаланылуда. Турбинаның көлденең және тік айналу осі бар жел генераторлық қондырғылардың әр түрлі конструкцияларының және географиялық орналасуының пайдалану ерекшеліктеріне талдау жасалды. Эксперименттік зерттеулер кезеңінде жел генераторларының техникалық шешімдерінің перспективалық нұсқалары қарастырылды. Жел генераторлық қондырғылардың электр қуатын іріктеуді басқару жүйелерінің схематикалық шешімдерінің нұсқалары қарастырылған. Тұрақты ток генераторларын қуаты 10 кВт - қа дейінгі қондырғыларда

пайдалану ұсынылады. Қуатты қондырғыларда асинхронды генераторларды немесе қос қуат генераторларын пайдалану ұсынылады. Қуатты генераторлар үшін қуаттылығы 8 МГВт-қа дейінгі инверторлар жаптай шығарылады, олар автономды және желімен басқарылатын режимдерді қамтамасыз етеді.

Кілтті сөздер: жел генераторы, электр энергиясы, қорғау, жел, электр станциясы.

Кіріспе

Қазіргі уақытта дамыған мемлекеттердің көпшілігінде энергетиканы дамытудың басым бағыттарына мыналар жатады: күн, жел, гидро және биоэнергетика. Жылу электр генераторларына қатысты жаңартылатын энергия көздерімен өндіретін энергияның салыстырмалы құны жоғары болғанына қарамастан, бірқатар Еуропа мемлекеттерінде жаңартылатын энергия көздері арқылы энергияны өндірудің өсуі басым болып келеді. Жаңартылатын энергетиканың жоғарыда аталған бағыттарының ішінде жел энергетикасы ең үлкен энергетикалық потенциалға ие. «2024 жылға дейін орнықты даму мақсатында Қазақстан Республикасының энергиясын және жаңартылатын ресурстарын тиімді пайдалану стратегиясы туралы» ҚР Президентінің Жарлығына және Қазақстан Республикасы Үкіметінің 2023–2029 жылдарға арналған электр энергетикасы саласын дамыту тұжырымдамасын бекіту туралы қаулысына сәйкес күн және жел энергетикасы құрылғыларының сенімділігін арттыруды қамтамасыз ететін техникалық шешімдер кешенін әзірлеу мәселелерін шешу маңызды болып табылады [1].

Жақын және алыс шет мемлекеттерде жел турбиналары арқылы электр энергиясын өндіру үрдісі өсіп келеді. Жел турбиналарының сенімділігіне климаттық факторлар (ауа массаларының жылдамдығы мен қозғалыс динамикасы, найзағай разрядтарының қарқындылығы), сондай-ақ электрді беру, энергия бөлу және жүктеме жүйелеріндегі бұзушы факторлар айтарлықтай әсер етеді.

Қазақстандағы климат жел электр станцияларын салу үшін қолайлы, өйткені желдің жылдамдығы 5 м/с-тан асатын тұрақты жел дәліздерінің болуы, бұл жел турбиналарының тұрақты жұмысы мен өзін-өзі ақтауы үшін қажет. Каспий өңірі, Орталық және Солтүстік Қазақстан, сондай-ақ оңтүстік және Оңтүстік-Шығыс Қазақстан жел энергиясының ең жоғары әлеуетіне ие. Қазақстанның Индустрия және жаңа технологиялар Министрлігінің деректері бойынша елдің жел энергетикалық әлеуеті жыл сайын 920 млрд. кВт*сағ электр энергиясына бағаланады. Сонымен қатар, «Қазақстан - жел энергетикасы нарығын дамыту бастамасы» жобасының нәтижелері желдің орташа жылдамдығы 5-6 м/с екенін көрсетті, ол жел

электр станцияларының жобаларын табысты іске асыру үшін қолайлы және де барлық елдерде бар [2].

Сонымен қатар, осы жоба аясында еліміздің жел атласы әзірленді, онда 0,929-дан 1,82 млрд кВт*сағ дейін электр энергиясын өндіруде пайдалануға болатын желдің жылдамдығы жоғары орындар көрсетілген.

Қазақстанда пайдалану мен құрылыста бірнеше жел электр станциялары бар. Бірінші жел электр станциясы, Қордай ЖЭС 2011 жылы Жамбыл облысында 1500 кВт энергетикалық қуатымен пайдалануға берілді. Қазақстанның Астанасынан үш шақырым жерде Ақмола облысында орналасқан, Ерейментауда жаңа жел электр станциясының құрылысы 2013 жылы басталды. 2020 жылдың басында Италияндық Епі энергетикалық компаниясы Қазақстанның солтүстік-батыс бөлігінде орналасқан қуаты 48 МВт Бадамша жел электр станциясын іске қосты. ЖЭС көмірқышқыл газының (CO₂) шығарындыларын көмір электр станцияларымен жылына 172 мың тоннаға азайтып, аймақты шамамен 198 ГВт*сағ электр энергиясымен қамтамасыз етеді деп күтіліп отыр.

Сонымен қатар, еліміздің оңтүстігінде жақында Жаңатас ЖЭС іске қосылды. Жел электр станциясы 100 МВт энергия өндіреді, бұл көмір электр станцияларының жыл сайынғы CO₂ шығындарын 262 мың тоннаға азайтуға мүмкіндік береді [3].

Жалпы, ауқымды жел электр станцияларын Қазақстан Республикасы Индустрия және жаңа технологиялар Министрлігі таңдаған он алаңда салу жоспарлануда. Жел энергетикасы ресурстары тұрғысынан анағұрлым перспективалы учаскелердің бірі Жоңғар дәлізі болып табылады, қуаттылығы 17 млрд кВт*сағ құрайды. Ікестеде электр энергетикасын дамытудың 2030 жылға дейінгі бағдарламасына сәйкес қолда бар метеорологиялық деректер негізінде жел электр станцияларын салуға арналған әлеуетті алаңдар көрсетілген.

Кесте 1–Жел электр станцияларын салуға арналған әлеуетті алаңдар [2; 4]

Әлеуетті алаңдар	Қуат, МВт
Жоңғар ЖЭС	40
Шелек ЖЭС	140
Сарыөзек ЖЭС	140
Алакөл ЖЭС	140
Корей ЖЭС	20
Шенгелді ЖЭС	20
Қордай ЖЭС	20

Жел энергиясын түрлендірудің инновациялық құрылғыларын әзірлеу барысында энергетикалық кешендердің сенімділігі мен ресурстарын арттыру мақсатында қазіргі заманғы, жақсы қалыптасқан жел

генераторларына, сондай-ақ қазіргі уақытта пилоттық жоба сатысында тұрған перспективалық конструкторлық әзірлемелерге талдау жасау қажет.

Материалдар мен әдістер

Жел генераторының негізгі энергетикалық сипаттамаларына электромеханикалық түрлендіргішке жүктеме беретін, шу мен төмен жиілікті тербелістердің параметрлерімен, сондай-ақ жел энергиясының белсенді энергияға қатынасымен сипатталатын жел энергиясын пайдалану коэффициенті жатады. Қазіргі заманғы жел энергиясын механикалық энергияға түрлендірудің ішінде турбинаның көлденең және тік айналу осі бар конструкциялар кең таралған. Жел генераторларының механикалық бөлігін техникалық іске асырудың келесі нұсқалары кеңінен қолданылды. Ең көп таралған жел генераторларының механикалық бөлігін техникалық іске асырудың нұсқалары 1 суретте келтірілген.



а)



б)

Сурет 1 – Жел генераторларының механикалық бөлігінің техникалық іске асыру нұсқалары

1а суретте қуаты 14 МВт дейінгі турбинасы бар Siemens Gamesa (Германия) компаниясының көлденең айналу осі бар жел генераторының сыртқы түрі көрсетілген. Сондай-ақ, Vestas Wind Systems A/S (Дания) компаниясы жел генераторларының ұқсас конструкциясының сериялық өндірісімен жұмыс жасайды [5,6].

Жел генераторларының бұл түрлері Қазақстанда Қордай ЖЭС-да және Ақмола облысында Ерейментау қаласының маңында ЖЭС-да сәтті пайдаланылуда.

Көлденең типтегі жел генераторларының пайдалану ерекшеліктеріне жиіліктердің кең спектрі бар жоғары дірілдер жатады. Бұл тербелістер жел генераторы мұнарасының іргетасының айналасына да, жел

турбиналарының қоршаған ауа кеңістігіне де теріс әсер етеді. Турбинаның көлденең айналу осі бар жел генераторларының кемшіліктеріне ЖЭС қоршаған кеңістігіндегі фаунаға төмен жиілікті тербелістердің теріс әсері де жатқызылуы керек.

16 суретте SeaTwirl (Норвегия) компаниясының қалқымалы типті S2 моделінің қуаты 1 МВт тік айналу осі бар жаппай шығарылатын жел генераторының сыртқы түрі көрсетілген. Болашақта жел генераторларының қуатын 30 МВт-қа дейін арттыру көзделіп отыр [7].

Қазақстанда турбинаның айналу осі тік орналасқан қалқымалы үлгідегі ЖЭС-тің перспективалы орналасу орындарының бірі Каспий теңізінің жағалау сулары болуы мүмкін. Каспий теңізінде желдің жылдамдығы 6-20 м/с шегінде, бұл Орталық Қазақстандағы желдің жылдамдығымен салыстырғанда біршама жоғары (4-6 м/с).

Тік айналу осі бар жел генераторлары Норвегиядағы Бокн муниципалитетінің жанындағы теңізде орналасқан. Жел турбиасының негізгі дизайны және барлық маңызды түйіндер теңіз деңгейінде орналасқан. Якорьмен бекітілген қалқымалы типті жел генераторының дизайны қарастырылған. Жел генераторын пайдалану процесінде 2012 жылдан бастап дірілдің өте төмен деңгейі, сондай-ақ жел турбиасының көлденең орналасқан айналу осі бар жел генераторларының биік мұнарасымен анықталған резонанстық құбылыстардың болмауы анықталған.

Көлденең айналу осі бар заманауи жел генераторлары үшін желді пайдалану коэффициенті 0,4, ал тік айналу осі бар жел генераторлары үшін 0,38 құрайды. Коэффициенттердің ұсынылған мәндері жел турбиналарының заманауи дизайнына және жылу шығынын азайтуға ықпал ететін жаңа, тиімдірек материалдар мен техникалық шешімдерді қолдануға сәйкес келеді. Айта кету керек, су бетінде орналасқан тік айналу осі бар, тербелістердің қоршаған кеңістіктің фаунасына әсері құрлықта орналасқан турбинаның көлденең айналу осі бар ЖЭС-қа қарағанда әлдеқайда төмен [8].

Жел электр станцияларының перспективалық әзірлемелерінің пилоттық жобалары

Ғылыми-зерттеу жұмыстары мен эксперименттік зерттеулер кезеңінде жел электр станцияларының төмендегідей перспективалық жобалары тұр:

- діріл түріндегі жел генераторы. Бір мысал - Atelier DNA компаниясының Windstalk жобасы. Бұл жоба Біріккен Араб Әміраттарында, Маджар қаласында жүзеге асырылуда. Жел генераторы бетон негіздері бар көміртекті талшық өзегінен тұрады. Әрбір штангада электр тогын шығаратын пьезоэлектрлік материалдан жасалған электродтар мен керамикалық дискілердің қабаттары болады [9];

- аэростат типті жел генераторының нұсқасы. Altaeros (mit) компаниясының мамандары жел генераторын – «Buoyant Air Turbine» әзірледі. Ұсынылған техникалық шешім генератордың 300 метр биіктікке көтерілуін қамтамасыз етеді. Бұл биіктікте желдің күші жер бетіне жақын дінгекте орналасқан жел генераторының қалыпты шешімінен 5 есе жоғары [10].

2 суретте жел генераторларының перспективалық әзірлемелерінің сыртқы түрі көрсетілген: а) діріл және б) аэростат типті.



а)



б)

Сурет 2 – Жел генераторларының техникалық шешімдерінің нұсқалары

Жел электр станцияларының қуатын іріктеуді басқару жүйелері

Жел электр станцияларының қуат талдау, жел генераторларының электр қуатын іріктеудің барлық схемалық шешімдерін екі түрге бөлуге болатындығын анықтады: автономды жұмыс режимі және желілік жұмыс режимі. Желден тыс жұмыс режимінде жел генераторы электр энергиясының сыртқы көзінсіз өздігінен электр энергиясын өндіреді. Желілік жұмыс режимін техникалық іске асыру жел генераторының қондырғысын айналымы кернеу көзіне, әдетте үш фазалы желіге қосу қажеттілігін білдіреді.

Қазіргі уақытта жел генераторларында электромеханикалық түрлендіргіштер ретінде қос электрмен жабдықтау машиналары, асинхронды генераторлар және тұрақты ток машиналары кеңінен қолданылады. Тұрақты токтың электромеханикалық түрлендіргіштерін автономды типтегі және қуаты 10 кВт-қа дейінгі жел генераторлық қондырғыларда пайдалану ұсынылады. Жел генераторларының бұл түрінің артықшылығы - аккумуляторлық энергия жинақтағыштармен бірлесіп жұмыс істеу мүмкіндігі болып табылады. Энергия блогының қарапайым схемалық шешімі оған қызмет көрсету үшін жоғары білікті мамандарды қажет етпейді. Кемшіліктерге айналымы ток генераторларымен салыстырғанда қуат бірлігіне шаққандағы төменгі массалық көрсеткіштер

және тұрақты ток машинасы бар жел генераторларының жұмыс сенімділігін төмендететін коллекторлық-щеткалы қондырғының болуы, әдетте, автономды режимде қолданылады. Жел генераторлық қондырғылардың бұл түрін ауылдық жерлерде стационарлық немесе мобильді желілік қосалқы станциялардан алыс аудандарда пайдалану ұсынылады [11; 12].

Қысқа тұйықталған роторы бар асинхронды генераторлар жоғары қуатты жел генераторлық қондырғыларда қолданылады. Генераторлардың осы түрін пайдаланудың ерекшелігі - қоздыру жүйесінің қажеттілігі болып саналады. Іс жүзінде қозудың екі түрі қолданылады – конденсатор және желіге энергияны қалпына келтіру режиміне ауысатын жиілік түрлендіргіші арқылы. Конденсаторлық қоздыру схемасы бойынша қысқа тұйықталған роторы бар асинхронды генераторларды пайдалану ерекшелігі желдің жылдамдығына және сәйкесінше генератор білігінің айналу жылдамдығына байланысты болады. Бұл жағдайда жиілік түрлендіргіші арқылы қоздыру схемасы жақсы сипаттамаларға ие. Мұндай қоздыру тізбегін пайдалану генератор білігінің бұрыштық жылдамдығының кең ауқымында қуат алуды басқаруды жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Жиілік түрлендіргіші арқылы конденсатордың қозуы мен асинхронды генераторлардың режимдері тек желілік қосылымы бар опция үшін тұрақты өнімділікті қамтамасыз етеді [13].

Қос қуат генераторының жоғары энергетикалық сипаттамалары. Бұл техникалық шешім синхронды электромеханикалық түрлендіргішті асинхронды режимге ауыстыру арқылы жүзеге асырылады. Қоздыру тоғын өзгерту арқылы статор қысқыштарындағы кернеуді басқаруды жүзеге асырады [13].

Қазіргі уақытта жел генераторларын шығаратын жетекші Еуропалық фирмалар Siemens Gamesa және АBB және де қуаты 5 МВт-қа дейінгі қуат алу жүйелері қысқа тұйықталған роторлы асинхронды типті генераторлармен және қосарланған қуат машиналарымен техникалық іске асыруға бағытталған. Жел генераторларына бейімделген энергияны түрлендіруге және жинақтауға арналған жабдықты АBB компаниясы шығарады. Фирма тұрақты немесе өзгермелі жиіліктегі айнымалы ток генераторларын, сондай-ақ 1,5÷5 МВт жел турбинасы үшін қос энергиямен жабдықтауды жаппай шығарады. Фирма сонымен қатар қорғаныс жүйесі бар жиілік түрлендіргіштерін шығарады [14].

Нәтижелер және талқылау

Жел генераторлық қондырғылар үшін қорғаныс кешеніне қойылатын техникалық талаптарды әзірлеу мақсатында жел генераторлық қондырғылардағы және электр қуатын алу жүйелеріндегі авариялық жағдайларға талдау жасалды.

Жел генераторынан энергия тұтынушыға энергияны тасымалдау жүйелерінде әр түрлі типтегі қысқа тұйықталу жағдайлары ең жоғары шығындар болып табылады, бұл электромеханикалық түрлендіргіштер мен жартылай өткізгішті автономды энергия көздерінің қуатын алуды басқару жүйелерінің істен шығуына әкеледі. MATLAB қолданбалы бағдарламалар пакетін қолдана отырып, теориялық зерттеулер арқылы қысқа тұйықталу токтарының динамикалық сипаттамаларына талдау жасалды [15].

Электрмен жабдықтау жүйелеріндегі қысқа тұйықталу салдарын азайту мақсатында тізбек учаскесіндегі зақымдануды жедел анықтау және зақымданбаған тізбектен лезде ажырату талап етіледі. Жұмыста асинхронды қозғалтқыштың статор орамаларының температурасын бақылаушы ұсынылады. Айта кету керек, жұмыста автономды энергия көздерінің қуатын алу кезіндегі жартылай өткізгіш жүйелерінің қысқа тұйықталу жағдайындағы электрмен жабдықтау жүйелерінің өтпелі процестерінің әсері туралы ақпарат жоқ. Сонымен қатар, қолданыстағы ЖЭС-ті пайдалану тәжірибесі жел жылдамдығының рұқсат етілген ең жоғары мәндерінен асқан кезде жел генератор қондырғысының механикалық берілу элементтерін авариядан қорғау қажеттілігін көрсетті [16].

Сонымен, жел генераторлар қондырғылары үшін біріктірілген қорғаныс жүйесін зерттеу мен дамытудың маңыздылығы үшін келесі қорғаныс түрлері қамтамасыз етілуі керек: асинхронды генератордың шамадан тыс жүктелуінен, статор орамаларының температурасын бақылаушысын пайдалана отырып; желіге энергияны қалпына келтіру режимінде күшпен басқарылатын жартылай өткізгіштік түрлендіргіш; желдің жылдамдығы рұқсат етілген ең жоғары мәннен асып кеткен жағдайда жел генераторының механикалық берілу элементтері.

Қаржыландыру туралы ақпарат

Ғылыми жұмысты Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырды, ЖТН №АР19677354 «Жел электр станцияларының асинхронды генераторларын жанама жылудан қорғау жүйелерін зірлеу» жобасы шеңберінде орындалды.

Қорытынды

Мақалада Қазақстанда жел энергетикасы қондырғыларын пайдаланудың өзектілігі негізделген. Алыс шет елдердің жетекші кәсіпорындары жаппай өндіретін жел генераторларын техникалық іске асырудың нұсқалары, олардың техникалық сипаттамалары, пайдаланудың өзіндік ерекшеліктері қарастырылды. Жел генераторлық қондырғыларда және электр беру жүйелерінде туындайтын авариялық жағдайларға талдау жасалды. Электромеханикалық түрлендіргіштердің техникалық шешімдеріне талдау жасалды.

Жүргізілген зерттеулердің нәтижесінде келесілер анықталды:

1) көлденең айналу осі бар турбинада желді пайдалану коэффициенті 0,4, ал тік айналу осі бар жел генераторлары үшін 0,38 құрайды;

2) перспективалық эзирлемелерге дірілді және аэростатты типті жел генераторлары кіруі мүмкін;

3) электр энергиясының қуатын іріктеудің қолданыстағы сұлбатехникалық шешімдерінен ең жақсы энергетикалық сипаттамаларына ие, ол қос қуатты машиналар;

4) ЖЭС-ті тиімді және қауіпсіз пайдалану үшін жел генераторларын генератордың авариялық шамадан тыс жүктемелерінен қорғауды қамтамасыз ету қажет және механикалық бөліктің элементтерін жел жылдамдығының рұқсат етілген ең жоғары мәндерінен асып кетуінен бақылау керек.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 Указ Президента Республики Казахстан. О Стратегии эффективного использования энергии и возобновляемых ресурсов Республики Казахстан в целях устойчивого развития до 2024 года : утв. 24 января 2008 года, № 60.

2 **Антонов, О. Б.** Зеленая энергетика Казахстана в 21 веке: мифы, реальность и перспективы. [Электронный ресурс]. – https://coollib.com/b.usr/Oleg_Borisovich_Antonov_Zelenaya_energetika_Kazakhstan_v_21_veke_mifyi_realnost_i_perspektivyi.pdf

3 При помощи Китая в Казахстане запущена одна из крупнейших ветряных электростанций в Центральной Азии. [Электронный ресурс]. – https://www.inform.kz/en/ebird-aiib-icbc-and-gcf-provide-us-95-3-million-for-wind-farm-in-kazakhstan_a3710920.

4 **Ахметкалиева, С.** Энергетика и возобновляемые источники энергии в Казахстане. Региональный экологический центр Центральной Азии. [Электронный ресурс] – <https://www.eurasian-research.org/publication/a-promising-green-energy-resource-in-kazakhstan-solar-power/?lang=ru>.

5 **Сидорович, В.** Крупнейшая в мире ветряная турбина 14 МВт от Siemens Gamesa быстро нашла заказчиков. [Электронный ресурс]. – <https://renen.ru/krupnejshaya-v-mire-vetryanaya-turbina-14-mvt-ot-siemens-gamesa-bystro-nashla-zakazchikov/>.

6 Vestas Wind Systems A/S. [Электронный ресурс]. – <https://b2b-postavki.ru/predstavitel/vestas-wind-systems-as.html/>.

7 **Мартьяненко, А.** Новости науки и техники и технологи. У берегов Норвегии появится первый вертикальный ветрогенератор

мощностью 1 МВт. [Электронный ресурс]. – <https://www.techcult.ru/technology/11268-vertikalnyi-vetrogenerator>.

8 Эффективность КПД ветрогенератора: способы увеличения, конструкция и рабочие характеристики ветряка. [Электронный ресурс]. – <https://energo.house/veter/kpd-vetrogeneratora.html>

9 **Повный, А.** Пять необычных конструкций ветрогенераторов [Электронный ресурс]. – <https://elektrik.info/main/news/915-5-neobychnyh-konstrukciiv-vetrogeneratorov.html>.

10 **Kavya B. S., Abhishek N Desai, Shridhar M Pagar.** «Airborne Wind Turbine» A. Renewable Energy for Generation of Electricity // IJSTE - IJSTE - International Journal of Science Technology & Engineering, Volume 4. Issue 11. – May, 2018. – P. 105–108.

11 Преобразователь частоты ветрового генератора переменного тока – максимальная мощность 8 МВт. [Электронный ресурс]. – <https://promarchive.ru/en/catalog/electricity - electronics - optics/power supplies/solar inverters wind inverters/wind alternator frequency converter - max 8 mva pcs 6000 wind/>.

12 **Джабер Ахмед Ибрагим Джабер.** Автономный преобразователь энергии ветра на базе бесконтактной машины постоянного тока: Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук.: 05.09.03 – Санкт-Петербург [Текст] – «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», 2022.– 156 с.

13 **Котов, А. А.** Проектирование и анализ асинхронизированного синхронного генератора для ветроэнергетических установок большой мощностью // Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук.: 05.09.03 – Челябинск : «Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский университет)», 2021.– 139с.

14 **Котов, А. А., Неустров, Н. И.** Применение генератора двойного питания для ветроэнергетических установок малой, средней и большой мощности. // power170409 Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». – 2017. 17. – № 4. – С. 80–89 <https://doi.org/10.14529/>

15 **Нурмаганбетова, Г. С.** Разработка систем косвенной тепловой защиты асинхронного регулируемого и нерегулируемого электропривода горного оборудования : диссертация на соискание степени доктора философии (PhD): 6D071800 – Электроэнергетика – РК Караганда, 2019 Карагандинский государственный технический университет, 2019.- 106с.

16 В США и Европе стали чаще ломаться и падать огромные ветрогенераторы: [Электронный ресурс] последнее посещение 06.09.2023, Режим доступа: https://news.rambler.ru/weapon/50077087/?utm_content=news_media&utm_medium=read_more&utm_source=copylink

REFERENCES

1 Ukaz Prezidenta Respubliki Kazahstan. O Strategii effektivnogo ispolzovaniya energii i vobnovlyаемых ресурсов Respubliki Kazahstan v celyah ustojchivogo razvitiya do 2024 goda [On the Strategy of efficient use of energy and renewable resources of the Republic of Kazakhstan for sustainable development until 2024]: utv. 24 yanvary 2008 goda, № 60.

2 **Antonov, O. B.** Zelenaya energetika Kazahstana v 21 veke : mify, realnost i perspektivy [Green energy of Kazakhstan in the 21st century : myths, reality and prospects]. [Ectronic resource]. – https://coollib.com/b.usr/Oleg_Borisovich_Antonov_Zelenaya_energetika_Kazahstana_v_21_veke_mify_realnost_i_perspektivy.pdf.

3 Pri pomoshi Kitaya v Kazahstane zapushena odna iz krupnejshih vetryanых elektrostancij v Centralnoj Azii [With the help of China, Kazakhstan has launched one of the largest wind farms in Central Asia] Elektronnyj resurs - https://www.inform.kz/en/ebd-aiib-icbc-and-gcf-provide-us-95-3-million-for-wind-farm-in-kazakhstan_a3710920.

4 **Ahmetkalieva, S.** Energetika i vobnovlyаемые istochniki energetiki v Kazahstane. Regionalnyj ekol gicheskij centr Centralnoj Azii [Energy and renewable energy sources in Kazakhstan. Regional Environmental Center of Central Asia]. [Ectronic resource]. – <https://www.eurasian-research.org/publication/a-promising-green-energy-resource-in-kazakhstan-solar-power/?lang=ru>.

5 V.Sidorovich Krupnejshaya v mire vetryanaya turbina 14 MVt ot Siemens Gamesa bystro nashla zakazchikov [The world's largest 14 MW wind turbine from Siemens Gamesa quickly found customers]. [Ectronic resource]. – <https://renen.ru/krupnejshaya-v-mire-vetryanaya-turbina-14-mvt-ot-siemens-gamesa-bystro-nashla-zakazchikov/>.

6 Vestas Wind Systems A/S. Elektronnyj resurs [Electronic resource] - <https://b2b-postavki.ru/predstavitel/vestas-wind-systems-as.html/>.

7 **A. Martynenko.** Novosti nauki i tehniki i tehnologi. U beregov Norvegii poyavitsya pervyj vertikalnyj vetrogenerator moshnostyu 1 MVt. [Science and technology news and technologists. The first vertical wind turbine with a capacity of 1 MW will appear off the coast of Norway]. [Ectronic

resource]. – <https://www.techcult.ru/technology/11268-vertikalnyi-vetrogenerator>.

8 **Effektivnost KPD vetrogeneratora: sposoby uvelicheniya, konstrukciya i rabochie karakteristiki vetryaka** [Efficiency efficiency of a wind turbine: ways to increase, design and performance characteristics of a windmill]. Elektronnyj resurs -[Ectronic resource]. – <https://energo.house/veter/kpd-vetrogeneratora.html>.

9 **Povnyj, A.** Pyat neobychnyh konstrukcij vetrogeneratorov [Five unusual designs of wind turbines]. Elektronnyj resurs - <https://elektrik.info/main/news/915-5-neobychnyh-konstrukcij-vetrogeneratorov.html>.

10 **Kavya B. S., Abhishek N Desai, Shridhar M Ilager** «Airborne Wind Turbine» A Renewable Energy for Generation of Electricity. IJSTE - IJSTE - International Journal of Science Technology & Engineering. Volume 4. Issue 11 – May 2018. P. 105–108.

10 **Preobrazovatel chastoty vetrovogo generatora peremennogo toka – maksimalnaya moshnost 8 MVt.** [Frequency converter of the wind alternator – maximum power of 8 MW]. [Ectronic resource] – <https://promarchive.ru/en/catalog/electricity - electronics - optics/power supplies/solar inverters wind inverters/wind alternator frequency converter - max 8 mva pcs 6000 wind/>.

11 **Dzhaber Ahmed Ibragim Dzhaber.** Avtonomnyj preobrazovatel energii vetra na bazebeskontaktnoj mashiny postoyannogo toka [An autonomous wind energy converter based on a direct current contactless machine]: Dissertaciya na soiskanie uchyonoy stepeni kand. tehn. nauk.: 05.09.03 –St. Peterburg : «LETI» IM. V.I. Ulyanova (Lenina)», 2022. – 156 p.

12 **Kotov, A. A.** Proektirovanie i analiz asinhronizirovannogo sinhronnogo generatora dlya vetroenergeticheskikh ustanovok bolshoj moshnosti [Design and analysis of an asynchronous synchronous generator for high-power wind power plants] : dissertaciya na soiskanie uchyonoy stepeni kand. tehn. nauk.: 05.09.03 – Chelyabinsk : «Yuzhno-Uralskij gosudarstvennyj universitet (nacionalnyj issledovatel'skij universitet)», 2021. – P. – 139.

13 **Kotov, A. A., Neustroev, N. I.** Primenenie generatora dvojnogo pitaniya dlya vetroenergeticheskikh ustanovok maloj, srednej i bolshoj moshnosti [Application of a dual power generator for small, medium and high power wind

power plants] DOI: 10.14529/power170409 Vestnik YuUrGU. Seriya «Energetika». – 2017. – Т. 17. № 4. P. 80–89.

14 **Nurmaganbetova, G. S.** Razrabotka sistem kosvennoj teplovoj zashity asinhronnogo reguliruemogo i nereguliruemogo elektroprivoda gornogo oborudovaniya [Development of indirect thermal protection systems for asynchronous regulated and unregulated electric drives of mining equipment]: dissertaciya na soiskanie stepeni doktora filosofii (PhD): 6D071800 – Elektroenergetika – RK Karaganda, 2019 Karagandinskij gosudarstvennyj tehničeskij universitet, 2019.- 106 p.

15 V SShA i Evrope stali chashe lomatsya i padat ogromnye vetrogeneratory: [In the USA and Europe, huge wind turbines began to break down and fall more often]. [Ectronic resource] – https://news.rambler.ru/weapon/50077087/?utm_content=news_media&utm_medium=read_more&utm_source=copylink.

12.05.24 ж. баспаға түсті.

05.02.24 ж. түзетулерімен түсті.

03.01.24 ж. басып шығаруға қабылданды.

**Г. С. Нурмаганбетова¹, В. В. Каверин², С. С. Исенов¹,
Г. Г. Таткеева¹, Г. А. Эм²*

¹Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, Республика Казахстан, г. Астана

²Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, Республика Казахстан, г. Караганда.

Поступило в редакцию 12.05.23.

Поступило с исправлениями 05.02.24.

Принято в печать 03.01.24.

К ВОПРОСУ О ПЕРСПЕКТИВАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕТРОГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК В КАЗАХСТАНЕ

В статье выполнен анализ приоритетных направлений развития зелёной энергетики в Республике Казахстан и дальнего зарубежья. В соответствии с правительственными документами в

*Республике Казахстан перспективными направлениями являются солнечная и ветровая энергетика. Ветроэнергетический потенциал страны оценивается в 920 млрд. кВт*ч в год. Обоснована актуальность развития зелёной энергетики в Республике Казахстан. Выполнен анализ современных, хорошо зарекомендовавших себя ветрогенераторов. Наиболее перспективными для ветрогенераторов являются конструкции с горизонтальной и вертикальной осью вращения турбины. Ветрогенераторы с горизонтальной осью вращения успешно эксплуатируются в Казахстане. Выполнен анализ эксплуатационных особенностей различных типов конструкций и географических мест расположения ветрогенераторных установок с горизонтальной и вертикальной осью вращения турбины. Рассмотрены перспективные варианты технических решений ветрогенераторов на стадии экспериментальных исследований. Рассмотрены варианты схмотехнических решений систем управления отбором мощности электроэнергии ветрогенераторных установок. Генераторы постоянного тока рекомендуется использовать на установках с мощностью до 10 кВт. На мощных установках рекомендуется использовать асинхронные генераторы или генераторы двойного питания. Для мощных генераторов серийно выпускаются инверторы мощностью до 8 МВт, обеспечивающие как автономный, так и ведомый сетью режимы.*

Ключевые слова: ветрогенератор, электроэнергия, защита, ветер, электростанция.

**G. S. Nurmaganbetova¹, V. V. Kaverin², S. S. Issenov¹,
G. G. Tatkeeva¹, G. A. Em²*

¹Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin,
Republic of Kazakhstan, Astana;

²Abylkas Saginov Karaganda Technical University,
Republic of Kazakhstan, Karaganda.

Received 12.05.23.

Received in revised form 05.02.24.

Accepted for publication 03.01.24.

The article analyzes the priority directions of green energy development in the Republic of Kazakhstan and abroad. In accordance with government documents, solar and wind energy are promising areas in the Republic of Kazakhstan. The country's wind energy potential is estimated at 920 billion kWh per year. The relevance of the development of green energy in the Republic of Kazakhstan is substantiated. An analysis of modern, well-proven wind turbines has been performed. The most promising designs for wind turbines are those with a horizontal and vertical axis of rotation of the turbine. Wind turbines with a horizontal axis of rotation are successfully operated in Kazakhstan. The analysis of the operational features of various types of structures and geographical locations of wind turbines with horizontal and vertical axes of rotation of the turbine is carried out. Promising options for technical solutions of wind turbines at the stage of experimental research are considered. Variants of circuit design solutions for control systems for the extraction of electric power from wind turbines are considered. DC generators are recommended for use in installations with a power of up to 10 kW. For high-power installations, it is recommended to use asynchronous generators or dual-power generators. For high-power generators, inverters with a capacity of up to 8 MGW are commercially available, providing both autonomous and network-driven modes.

Keywords: wind generator, electricity, protection, wind, power plant.

Теруге 06.03.2024 ж. жіберілді. Басуға 29.03.2024 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

29.9 Мб RAM

Шартты баспа табағы 22,2. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс №4204

Сдано в набор 06.03.2024 г. Подписано в печать 29.03.2024 г.

Электронное издание

29.9 Мб RAM

Усл. печ. л. 22,2. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Заказ № 4204

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz