

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә. Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау институты

Автоматтандыру және басқару кафедрасы

Оразтаев Дастан Мадениетович

Қалпына келетін энергия көздерінің синхрондалған генераторларын автоматты
басқару жүйесін жасау

Дипломдық жобаға
ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

5B070200 – «Автоматтандыру және басқару» мамандығы

Алматы 2020

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

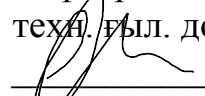
Ә. Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау институты

Автоматтандыру және басқару кафедрасы

ҚОРҒАУҒА РҰҚСАТ

Кафедра меңгерушісі

техн. ғыл. докторы, профессор

 Б.А. Сүлейменов

«31» мамыр 2020 ж.

«Қалпына келетін энергия көздерінің синхрондалған генераторларын
автоматты басқару жүйесін жасау»
тақырыбына

дипломдық жобаға

ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

5B070200 – «Автоматтандыру және басқару» мамандығы

Орындаған Оразтаев Д.М.

Ғылыми жетекші

техн. ғыл. д-ры., ассистент-

профессоры, техн. ғыл. кан-ты.

 Н.С. Сарсенбаев

«28» мамыр 2020 ж.

Алматы 2020

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә. Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау институты

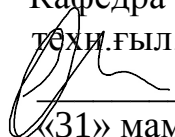
«Автоматтандыру және басқару» кафедрасы

5B070200 - Автоматтандыру және басқару

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі

техн. ғыл. д-ры., профессор

 Б.А. Сулейменов
«31» мамыр 2020 ж.

**Дипломдық жобаны дайындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Оразтаев Дастан Мадениетович

Жобаның тақырыбы: «Қалпына келетін энергия көздерінің синхрондалған генераторларын автоматты басқару жүйесін жасау»

Университеттің «27» 01 2020 жылғы ғылыми кеңесінің № 762-б шешімімен бекітілген.

Орындалған жұмыстың өткізу мерзім «11» мамыр 2020 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы мәліметтері: дипломалды практикасындағы жиналған мәліметтер.

Түсініктеме жазбаның талқылауға берілген сұрақтарының тізімі мен қысқаша диплом жұмысының мазмұны:

а) кіріспе;

б) Қазақстанда қалпына келетін энергетика саласының даму қарқыны

в) Жел энергетикалық қондырғысының генераторлары

г) Синхронды генераторларды компьютерлік моделдеу

Графикалық материалдардың тізімі (міндетті түрде қажет сызбалар көрсетілген): автоматтық сұлбасы, принципіалдық сұлбасы, құрылымдық сұлба

Ұсынылған негізгі әдебиеттер

[1] Программа по развитию электроэнергетики Республики Казахстан на 2010 – 2014 годы

[2] Официальный сайт Агентство РК по статистике.

[3] Сулейменов Б. А. интеллектуальные и гибридные системы управления технологические процессы. - Алматы: Шикула, 2009

Дипломдық жобаны даярлау

КЕСТЕСІ

Бөлім атаулары, дайындалатын сұрақтардың тізімі	Ғылыми жетекшіге, кеңесшілерге өткізу мерзімі	Ескерту
Арнайы бөлім	18.03.2020 ж.	
Жел энергиялық құрылғысы Жүйесінің элементтері	15.04.2020 ж.	

Аяқталған дипломдық жобаның және оларға
қатысты диплом жобасы бөлімдерінің кеңесшілері мен нормалық
бақылаушының қолтаңбалары

Бөлімдердің атауы	Ғылыми жетекші, кеңесшілер (аты-жөні, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қолтаңба қойылған мерзімі	Қолы
Арнайы бөлім	Н.С. Сарсенбаев ассистент- профессоры, техн.ғыл.кан-ты	29.04.2020 ж.	
Жел энергиялық құрылғысы Жүйесінің элементтері	Н.С. Сарсенбаев ассистент- профессоры, техн.ғыл.кан-ты	07.05.2020 ж.	
Жел турбина генераторы	Н.С. Сарсенбаев ассистент- профессоры, техн.ғыл.кан-ты	18.05.2020 ж.	

Ғылыми жетекшісі  Н.С.Сарсенбаев

Тапсырманы орындауға қабылдаған білім алушы  Д.М.Оразтаев

Күні «13» қаңтар 2020 ж.

МАЗМҰНЫ

КІРІСПЕ	7
1 Қазақстан Республикасында энергия мен жаңартылатын ресурстарды тиімді пайдаланудың жағдайы мен перспективаларын қысқашаталдау	9
1.1 Қазақстанда калпына келетін энергетика саласыны даму қарқыны	9
1.2 Қазіргі уақыттағы Қазақстандағы гидроэнергетика саласы	14
1.3 Қазіргі уақыттағы Қазақстандағы күн энергетикасы саласы	16
1.4 Қазіргі уақыттағы Қазақстандағы жел энергетикасы саласы	18
2 АРНАЙЫ БӨЛІМ. Жел энергетикалық қондырғысының генераторлары	23
2.1 Қазіргі уақыттағы әлемдегі жел энергиясы	24
2.2 Жел энергиясынан электр энергияны генерациялаудың заманауи әдістері	26
2.3 Жел генератор турлері	27
2.3.1 Савониус роторы	28
2.3.2 Геликоидты ротор	29
2.3.3 Дарье роторы	29
2.4 Жел генератор құраушы бөліктері	30
2.4.1 Жел генератор роторы	30
2.4.2 Жел генераторының басқарушы жүйесі	32
2.4.3 Жел генераторының жетекші механизмі (редуктор, генератор және күш түрлендіргіш)	32
2.4.4 Мұнара	33
3 ЖЕЛ ЭНЕРГИЯЛЫҚ ҚҰРЫЛҒЫСЫ ЖҮЙЕСІНІҢ ЭЛЕМЕНТТЕРІ	35
3.1 Жел энергиясы	35
3.1.1 Жел қалақтарының сызатын бет аудыны	36
3.1.2 Ауа тығыздығы	36
3.2 Жел сипаттамалары	37
3.2.1 Жел жылдамдығы	37
3.2.2 Желдің турбуленттілігі	37
3.2.3 Жел екпіні	38
3.2.4 Жел бағыты	39
4 ЖЕЛ ТУРБИНА ГЕНЕРАТОРЫ	41
4.1 Тұрақты токтың генераторлары	41
4.2 Айнымалы токтың синхронды генераторлары	42
4.3 Айнымалы токтың асинхронды генераторлары	44
5 СИНХРОНДЫ ГЕНЕРАТОРДЫ MATLAB ОРТАСЫНДА МОДЕЛЬДЕУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ	46
5.1 Жылдамдықты бағалау	47
5.2 Номиналды ток	47
5.3 Номиналды кернеу	48

5.4	Синхронды генераторларды компьютерлік моделдеу	49
	ҚОРЫТЫНДЫ	56
	ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ	57

АҢДАТПА

Қарастырылып отырған тақырыптың өзектілігі мен перспективалары даму бағыты екі негізгі факторға байланысты: қоршаған орта жағдайы және энергияның жаңа түрлерін іздестіру қажеттілігі. Ғалымдардың пікірі бойынша ғылыми-техникалық прогрестің қазіргі даму қарқыны нәтижесінде дәстүрлі отын-энергетикалық ресурстары (көмір, мұнай, газ және т.б.) шамамен 100-150 жылда аяқталады.

Сондықтан дипломдық жұмыста қарастырлатын бағыт экологиялық және экономикалық тұрғыдан алғанда бұл өте өзекті мәселе болып табылады.

Осыған байланысты, ЖЭҚ энергетикалық тиімділігінің перспективалық бағытының жоғарылауына және өндірілетін электроэнергия құнының төмендеуіне екі жақтан қоректенетін генератор сұлбасын қолдану тиімді болып табылады.

АННОТАЦИЯ

Известно, что существует тенденция истощения традиционного ископаемого топлива, а его сжигание усиливает действие парниковых газов на планете. Актуальность и перспективы рассматриваемой темы зависят от двух основных факторов: состояния окружающей среды и необходимости поиска новых форм энергии. По мнению ученых, в результате нынешних темпов научно-технического прогресса традиционные топливно-энергетические ресурсы (уголь, нефть, газ и т. Д.) Будут истощены примерно через 100-150 лет.

Поэтому направление, рассмотренное в данной работе, очень актуально с экологической и экономической точек зрения.

В связи с этим выгодно использовать двухстороннюю генераторную схему для увеличения долгосрочного направления энергоэффективности возобновляемых источников энергии и снижения стоимости вырабатываемой электроэнергии.

ANNOTATION

It is known that there is a tendency to depletion of traditional fossil fuels, and its burning enhances the effect of greenhouse gases on the planet. The relevance and prospects of this topic depend on two main factors: the state of the environment and the need to search for new forms of energy. According to scientists, as a result of the current pace of scientific and technological progress, traditional fuel and energy resources (coal, oil, gas, etc.) will be depleted in about 100-150 years.

Therefore, the direction considered in this paper is very relevant from an environmental and economic point of view.

In this regard, it is advantageous to use a two-sided generator circuit to increase the long-term direction of energy efficiency of renewable energy sources and reduce the cost of generated electricity.

КІРІСПЕ

Жаңартылатын энергия көздері (ЖЭК) - бұл планетадағы тұрақты қолданыстағы табиғи процестердің энергия ресурстары, сондай-ақ өнімдердің энергия ресурстары (өсімдік және жануар тектес биоорталықтардың тіршілік әрекеті). ЖЭК-не тән ерекшеліктер-бұл ресурстарды шектеулерсіз пайдалануға мүмкіндік беретін, олардың жаңаруының циклдігі болып табылады. Әдетте, жаңартылатын энергия көздеріне күн сәулесінің энергиясын, су ағындарын, жел, биомассаны, жер қыртысы мен мұхиттың жоғарғы қабатының жылу энергиясын жатқызады. ЖЭК-нің түрлері жіктелуі:

- механикалық энергия (жел энергиясы және су ағынының);
- жылу мен сәулелі энергия (күн сәулесінің энергиясы және Жер қыртысының жылуы);
- химиялық энергия (биомассадан бөлінетін энергия).

ЖЭК-тің әлеуетті мүмкіндіктері іс жүзінде шектелмеген, бірақ техника мен технологияның жетілмегендігі, қажетті конструкциялық және басқа да материалдардың жоқтығы ЖЭК-ті энергетикалық теңгерімге кеңінен тартуға әзірше мүмкіндік бермейді. Алайда соңғы жылдары әлемде ЖЭК пайдалану жөніндегі қондырғыларды орнатуда және бірінші кезекте: күн энергиясының фотоэлектрлік өзгерулері, Жел энергетикалық агрегаттар мен биомассалар салуда ғылыми-техникалық прогресс ерекше байқалып отыр.

Капиталистік елдердегі 1973-1974 жылдардағы энергетикалық дағдарыс тек дәстүрлі энергия көздерін (мұнай, көмір, газ) негізге ала отырып, өндірістің энергия жарактануын ұдайы өсіру қиын екенін көрсетті. Оларды тұтыну құрылымын өзгерту ғана емес, дәстүрлі емес, баламалы энергия көздерін кеңінен енгізу қажет. Қазба отындарына қарағанда энергияның дәстүрлі емес нысандары геологиялық жинақталған қорлармен шектелмеген. Бұл дегеніміз, оларды пайдалану және тұтыну қордың таусылуына әкелмейді.

Әлемдік энергия шаруашылығының құрылымы бүгінгі күнге қарай әрбір бес өндірілген киловатттың төртеуі, негізінен, жылыту үшін алғашқы қауымдық адам пайдаланған тәсілмен, яғни отынды жағу кезінде немесе ондағы химиялық энергияны пайдалану кезінде, оны жылу электр станцияларындағы электр энергиясына түрлендіру кезінде алынады. Қоршаған ортаны қорғауға қойылатын талаптардың өсуі энергетикаға жаңа технологияларды енгізуді талап етті.

Жаңартылатын энергия көздерін пайдаланудың орындылығын бағалау кезіндегі негізгі фактор-дәстүрлі энергия көздерін пайдалану кезінде алынатын энергия құнымен салыстырғанда өндірілетін энергия құны. Жергілікті тұтынушыларын энергиямен қанағаттандыру үшін дәстүрлі емес энергия көздері ерекше мәнге ие болады.

Қалпына келетін энергия көздеріне әлемдік сұраныс үнемі өсуде. Егер Вацлав Смильдің «Energy Transitions: Global and National Perspectives' (2017). & BP Statistical Review of World Energy» кітабындағы статистикаға қарайтын болсақ 2000 жылы гидроэлектростанциялардан 2654 тераватт энергия сағатына,

жел энергетикасы 31.42 тераватт энергия сағатына және күн энергиясынан 1.13 тераватт энергия сағатына өндірілді. 17 жыл ішінде гидроэлектростациялар өндіретін энергия 53% -ға өсті, яғни 2017 жылы 4065 тераватт энергия сағатына өндірілді. Желден алынатын энергия көрсеткіштері 35 есе көбейді, 2000 жылы 31.42 тераватт энергия сағатына болса, 2017 жылы жел энергетикасы 1127 тераватт энергия сағатына өндірді. Ал күн энергиясынан 2017 жылы 453.5 тераватт энергия сағатына алынды. Бұл 2000 жылғы көрсеткішке қарағанда 400 есе көп. Ғалымдар осындай қарқынды даму жалғасады деп болжауда.

Халықаралық энергетикалық агенттігінің (International Energy Agency) есептеулері бойынша 2018 жылы әлем бойынша өндірілген энергияның 10.9% қалпына келетін энергия көздерін алынды. Осы агенттіктің болжауы бойынша бұл көрсеткіш 2030 жылы 22.8% дейін жетеді. Қалпына келетін энергетиканың тартымдылығы оның ресурстарының сарқылмаушылығынан, энергия бағасының әлемдік нарықтарындағы баға конъюнктурасына тәуелсіздіктен, сондай-ақ маңызды, экологиялық тазалықтан туындады. Қалпына келетін энергия көздерінің негізгі артықшылықтары - сарқылмас және экологиялық тазалығы шет елдерде бұл энергетиканың қарқынды дамуына және оның алдағы онжылдықтағы перспективаларына қатысты аса оптимистік болжамдарға себеп болды.

Жоғарыда көрсетілген артықшылықтар қалпына келетін энергия көздерін енгізу қазіргі уақытта Қазақстан үшін не себептен басты мәселелердің бірі болып табылатынын көрсетеді. Қалпына келетін энергия көздерін енгізу мәселесін тез азара шешу керек, себебі осы саланын дамуы арқылы Қазақстан экономикасы үлкен қадам жасайды. Жаңартылатын дәстүрлі емес энергия көздерін кеңінен енгізу қоғамның үш стратегиялық міндеттерін шешеді: энергиямен қамтамасыз ету, экология және қауіпсіз энергия алу. Қазіргі қоғам XX ғасырдың соңына қарай дағдарыстық жағдайларға алып келетін энергетикалық проблемаларға тап болды. Сондықтан адамзат барлық жағынан пайдалы болатын жаңа энергия көздерін іздейді: өндіру қарапайымдылығы, арзан тасымалдау, экологиялық тазалық, табиғи толықтыру. Көмір, мұнай және газ екінші жоспарға шығады: оларды қолдану басқа бірдеңені пайдалану мүмкін емес жерде болады. Барлық дәстүрлі энергия көздері, әсіресе оларды тұтынудың шектелмеген өсуі кезінде міндетті түрде аяқталады. Ал біздің планетамыз, күн және ғарыш кеңістігі энергия мұхитынан тұрады. Табиғи процестерді бұзбай-ақ энергия алуды және пайдалануды үйрену қажет. Ал ол үшін жаңа инженерлік шешімдер қажет.

1 ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНДА ЭНЕРГИЯ МЕН ЖАҢАРТЫЛАТЫН РЕСУРСТАРДЫ ТИІМДІ ПАЙДАЛАНУДЫҢ ЖАҒДАЙЫ МЕН ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫН ҚЫСҚАША ТАЛДАУ

Жаңартылатын ресурстарға (гидроэнергетика, жел энергетикасы, гелиоэнергетика, геотермалдық энергетика, биоотынды пайдалану) негізделген энергетиканы дамыту Қазақстан жағдайында неғұрлым перспективалы, халықтың тығыздығы төмен болған кезде энергия көздерінің жоғары шоғырлануын, ірі аграрлық сектордың болуын, ондағы халықтың жұмыспен қамтылу пайызының жоғары болуын, жел және гелиоэнергетиканы дамыту үшін қолайлы климаттық және ауа райы жағдайларын сипаттайтын көрінеді.

Қазақстан ішінде де, жақын көршілерде де электр және басқа энергияны тұтынудың өсуі қатарға жаңа қуаттарды енгізу қажеттігіне және бағаның өсуіне алып келеді. Көмір мен көмірсутектерде жұмыс істейтін жаңа ЖЭС құрылысына инвестициялар электр желілеріндегі экологиялық проблемалар мен ысыраптардың шиеленісуін білдіреді. Бұл жағдайда жергілікті жаңартылатын энергия көздерін пайдалану негізінде энергиямен жабдықтауды орталықсыздандыру тұжырымдамасы, әсіресе электр энергиясының тапшылығын бастан кешірген шалғай аудандар үшін орталықтандырылған энергиямен жабдықтаудың экономикалық баламасы болуы мүмкін еді[1].

1.1 Қазақстанда калпына келетін энергетика саласының даму қарқыны

Дәстүрлі емес тиімді энергетиканы дамыту ел өңірлерінің тұрғындарына жергілікті жаңартылатын энергетикалық ресурстарды пайдалану есебінен жылу мен жарық беруге, энергиямен жабдықтау жүйелерінің экологиялық қауіпсіздігін қамтамасыз етуге, болашақ ұрпақ үшін жаңартылмайтын отын-энергетикалық ресурстарды сақтауға мүмкіндік береді. Оларды практикалық пайдаланудың қолда бар ауқымды шетелдік тәжірибесі, бұл саланың табысты дамуына жабдықтар мен қызметтер нарығын дамытуды ынталандыруға, сондай-ақ осы технологиялардың артықшылықтары туралы халықты кеңінен хабардар етуге бағытталған дәйекті мемлекеттік саясат ықпал етеді.

Қазіргі уақытта жаңа баламалы энергия көздерін іздеу және белсенді пайдалану әлемнің көптеген дамыған елдеріндегі өмірлік маңызды, стратегиялық қажетті, экономикалық перспективасы жоғары мәселелердің бірі болып табылады. Баламалы энергетика үлесі (күн, жел, құйма), әлемдік энергия тұтынуда жыл сайын өсетін болады. бұл көрсеткіш 2030 жылға қарай 30% – ды, 2050 жылға қарай-50% - ды құрайды.

Қазақстанның Дүниежүзілік сауда ұйымына кіру қарсаңында республика экономикасы шикізат өндіруге бағытталғандығымен және отын-энергетика ресурстарын жоғары тұтынумен сипатталады. Әлемнің дамыған елдерімен

салыстырғанда экономиканың жоғары энергия сыйымдылығы отын-энергетикалық ресурстарды тиімсіз пайдалану, экономиканың бәсекеге қабілеттілігін төмендетеді және, соның салдарынан, қоршаған ортаның ластануына, оның ішінде климаттың жаһандық жылынуына өз әсерін тигізеді. Қазбалы органикалық отынның Елеулі қорларымен қатар, Қазақстанда жаңартылатын ресурстар мен энергия көздерінің мол қоры бар (күн, жел, гидравликалық, геотермалдық, биомасса энергиясы, сутегі және т. б. баламалы энергетика). Жаңартылатын ресурстар мен энергия көздерінің техникалық әлеуеті тек жел бойынша жылына шамамен 1 820 млрд. кВт * с құрайды, бұл Қазақстан Республикасының барлық отын-энергетикалық ресурстарын тұтыну көлемінен 25 есе артық, ал экономикалық әлеует 110 млрд.кВт*с-тан астам болып айқындалған, бұл Қазақстан Республикасында энергия ресурстарын жылдық ішкі тұтынадан 1,5 есе артық. Осыған байланысты, жаңартылатын ресурстарды тиімді пайдалану мәселелері болашаққа арналған міндет ретінде қарастырылады, оның ішінде Қазақстан Республикасы Президентінің Үкіметке осы проблеманы шешуге тәсілдерді әзірлеу қажеттігі туралы тапсырмасы берілді. Баламалы энергия көздеріне қатысты әлемдегі инновациялық процестердің қарқындылығын сипаттайтын бірнеше санды ғана келтіреміз: АҚШ – та осындай әзірлемелерге 2005 жылы федералды бюджеттен \$275 млн., Жапонияда-жыл сайын 30млрд. йен (шамамен \$273 млн.) бөлінген, ал ЖЭК зерттеулерінің еуропалық бюджеті 2 млрд. асады. Осылайша, қазіргі уақытта әлемнің көптеген дамыған елдерінде энергияның жаңа балама көздерін іздеу және белсенді пайдалану осы елдер экономикасының перспективалық дамуын қамтамасыз ететін өмірлік маңызды, стратегиялық қажетті ресурстар ретінде қабылданғанын атап өтуге болады. Қазақстан Республикасы Президентінің Жарлығымен мақұлданған Қазақстан Республикасының 2007-2024 жылдарға арналған орнықты дамуға көшу Тұжырымдамасына сәйкес Қазақстан Республикасының экономикасын орнықты дамытудың факторы ретінде жаңартылатын ресурстар мен энергия көздерін тиімді пайдалануды қамтамасыз ету үшін қоршаған ортаны қорғау министрлігі Қазақстан Республикасы Үкіметінің 2006 жылғы 14 қарашадағы № 216 қаулысымен "Қазақстан Республикасының энергия және аңартылатын ресурстарын 2024 жылға дейін тұрақты дамыту мақсатында тиімді пайдалану"стратегиясы әзірленді[1].

Стратегияны іске асыру барысында мынадай нәтижелерге қол жеткізу болжанады:

- Қазақстан Республикасында баламалы энергия көздерін пайдалану үлесін 2012 жылға қарай 0,05% - ға дейін, 2018 жылға қарай 5% - ға дейін, 2024 жылға қарай 10% - ға дейін арттыру.;

- баламалы энергия көздерімен 2009 жылға қарай 0,065 млн. тонна шартты отынды, 2012 жылға қарай – 0,165 млн. тонна шартты отынды, 2018 жылға қарай – 0,325 млн. тонна шартты отынды, 2024 жылға қарай – 0,688 млн. тонна шартты отынды және 2030 жылға қарай-1,139 млн. тонна шартты отынды алмастыруды қамтамасыз ету.;

- ресурстарды пайдалану тиімділігінің көрсеткішін (ЭИР) 2009 жылға қарай 33% - ға дейін, 2012 жылға қарай 37% - ға, 2018 жылға қарай 43% - ға, 2024 жылға қарай 53% - ға дейін арттыру;

- серпінді энергетикалық технологиялар бойынша пилоттық жобаларды енгізу (сутегі 5 энергетика және басқалар));

- Қазақстан Республикасында парниктік газдар шығарындыларын азайту[2].

Жаңартылатын ресурстарға (гидроэнергетика, жел энергетикасы, гелиоэнергетика, геотермалдық энергетика, биоотынды пайдалану) негізделген энергетиканы дамыту Қазақстан жағдайында неғұрлым перспективалы, халықтың тығыздығы төмен болған кезде энергия көздерінің жоғары шоғырлануын, ірі аграрлық сектордың болуын, ондағы халықтың жұмыспен қамтылу пайызының жоғары болуын, жел және гелиоэнергетиканы дамыту үшін қолайлы климаттық және ауа райы жағдайларын сипаттайтын көрінеді. Қазақстан ішінде де, жақын көршілерде де электр және басқа энергияны тұтынудың өсуі қатарға жаңа қуаттарды енгізу қажеттігіне және бағаның өсуіне алып келеді. Көмір мен көмірсутектерде жұмыс істейтін жаңа ЖЭС құрылысына инвестициялар қажеттілігін, электр желілеріндегі экологиялық проблемалар мен ысыраптардың шиеленісуін білдіреді. Бұл жағдайда жергілікті жаңартылатын энергия көздерін пайдалану негізінде энергиямен жабдықтауды орталықсыздандыру тұжырымдамасы, әсіресе электр энергиясының тапшылығын бастан кешірген шалғай аудандар үшін орталықтандырылған энергиямен жабдықтаудың экономикалық баламасы болуы мүмкін еді. Бұл мәселе оларды пайдалануда қандай да бір технологиялық және техникалық бағытты дамыту үшін әрқашан айқындалушы болып табылады[2].

"Жасыл" энергетикаға көшу, "жасыл" технологияларды енгізу – жаһандық экономиканың өсіп келе жатқан векторы. Қазақстан, жер қойнауымызда көмірсутектерді қоса алғанда, орасан зор табиғи байлықтардың болуына қарамастан, жаңартылатын энергия көздерін белсенді дамытуға ниетті. Біздің "Қазақстан-2050" стратегиямызда осындай міндеттер қойылған", – деп атап өтті Қазақстанның Тұңғыш Президенті Нұрсұлтан Назарбаев.

Мұндай жаңғырту 2013 жылдың мамыр айында қабылданған "Жасыл" экономикаға көшу жөніндегі тұжырымдамада жазылған. Құжатта "Жасыл" экономика мемлекеттің тұрақты дамуын қамтамасыз ету үшін маңызды.

Есеп бойынша, 2050 жылға қарай "Жасыл" экономика аясындағы өзгерістер ЖІӨ-ні 3% - ға қосымша ұлғайтуға, 500 мыңнан астам жаңа жұмыс орындарын құруға, сондай-ақ өнеркәсіп пен қызмет көрсету саласының жаңа салаларын қалыптастыруға және қазақстандықтар үшін өмір сапасының жоғары стандарттарын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Бұл ретте мұндай көшу үшін қажетті инвестициялар көлемі жыл сайын ІЖӨ-нің 1% - ға жуығын құрауы тиіс еді, ол кезде жылына 3-4 млрд долларға тең болды.

Тұжырымдамаға сәйкес, Қазақстанда баламалы және жаңартылатын электр энергиясының жалпы өндірісіндегі үлесі 2020 жылға қарай 3% – ға, 2030 жылға қарай 30%-ға және 2050 жылға қарай 50% – ға жетуі тиіс[1].

Мемлекет ЖЭК дамуына тарифтік тетіктер арқылы көмектеседі. Қазақстандық күн энергетикасы қауымдастығы директорлар кеңесінің төрағасы Нұрлан Қапенов осы саладағы бірінші Заң 2009 жылдың шілде айында қабылданғанын еске салады.

"Осы сәттен бастап Қазақстанда ЖЭК мемлекеттік қолдау тарихы басталады. Бұл қолдау бюджеттен қаражат бөлуді білдірмейді, бұл қолдау тетіктері", – дейді Нұрлан Қапенов.

Оның айтуынша, нақты қолдау 2014 жылдың ақпан айында басталған.

"Жасыл" энергия жеткізушілермен келісім-шарттар 15 жылға жасалды, KEGOC жүйелік операторы жанынан есеп айырысу-қаржы орталығы құрылды. Ол бұл энергияны сатып алады және желілер бойынша бөледі.

Энергетика министрлігінде тіркелген тарифтердің енгізілген тетігі Қазақстандық ЖЭК нарығын жылдам іске қосуға мүмкіндік берді деп санайды. Егер 2014 жылы белгіленген қуаты 177 мегаватт болатын 35 нысан болса, 2018 жылдың қорытындысы бойынша жалпы қуаты 531 мегаватт болатын 67 нысан бар. Оның ішінде ірі үлесті су электр станциялары – 200 мегаватт, күн – 209 және жел – 121 мегаватт құрайды[2].

2018 жылы Энергетика министрлігі қолдаудың жаңа кезеңіне өтті.

"Бұл ЖЭК-ті қолдаудың классикалық жүйесі. Үкімет әрқашан алдымен тіркелген тарифтерді берді, содан кейін ЖЭК нарығы пайда болған кезде, неғұрлым ашық әдістерге – аукциондық сауда-саттыққа ауысады. Бұл тарифтерді айтарлықтай төмендетуге мүмкіндік берді", – деді Нұрлан Қапенов Informburo.kz ескерту.

Соңғы аукциондар 2018 жылдың күзінде өтті. Күн энергетикасы бойынша, мысалы, жеңімпаздардың тарифтері киловатт-сағат үшін 18 – ден 22,9 теңгеге дейін, жел бойынша-20,9 теңгеден және одан жоғары. Алайда, бұл көмір электр станцияларын ұсынатын бағадан да жоғары. Олардың көтерме сауда нарығындағы тарифі, Нұрлан Қапеновтың айтуынша, 6-дан 9 теңгеге дейін.

Бұл ретте Қазақстанда ЖЭК жаңа жобаларын құру жалғасуда. 2019 жылдың қаңтар айынан маусым айына дейін жеті нысан пайдалануға берілді. Осының арқасында ЖЭК нысандарының қуаты 678,6 мегаваттқа жетті, ал жыл соңына қарай ол 915 мегаваттқа жетуі мүмкін.

"Аукциондық механизм, бір жағынан, жобалар мен инвесторларды іріктеудің ашық әрі түсінікті процесін жасауға, екінші жағынан, ЖЭК қуаттылығын енгізуден соңғы тұтынушылардың тарифтеріне әсерін азайтуға мүмкіндік беретін неғұрлым тиімді технологиялар мен жобаларға басымдық беруге мүмкіндік берді", – деді Энергетика министрі Қанат Бозымбаев Парламент Мәжілісіндегі Үкімет сағатында.

Энергетика министрлігі бірыңғай сатып алушы – есеп айырысу-қаржы орталығы – аукцион тарифі бойынша 15 жылдық келісім-шарт бойынша электр энергиясын кепілді сатып алуы, сондай-ақ тарифтерді жыл сайынғы индекстеу ЖЭК дамыту жөніндегі мақсатты индикаторларға қол жеткізуге мүмкіндік беретініне сенімді[1].

Бұл саладағы нақты жобалардан, мысалы, Жамбыл облысындағы "Бурное Солар" күн электр станциясын атап өтуге болады. 2015 жылы 50 мегаватқа арналған СЭС іске қосылды, ал 2018 жылы оны 100 мегаватт қуатқа дейін кеңейтті.

Жоба акционерлері Британдық United Green Energy Limited (51%) және "Самұрық-Қазына Инвест" мемлекеттік компаниясы (49%) болды. Еуропалық Қайта Құру және даму банкі станциясының құрылысын қаржыландырды. Бұл жоба әлемдік деңгейде атап өтілді – 2016 жылы ЕҚДБ оны "тұрақты даму" номинациясында үздік деп таныды.

Сондай – ақ 2018 жылы Қарағанды облысының Саран қаласында 100 мегаватт және Гүлшат кентінде 40 мегаватт күн станциясы енгізілді.

"Гүлшат кентіндегі станцияны қазақстандық құрылыс салушы Қазақстандық жұмыскерлерді тарта отырып салды. Бұл бізде осы салада тәжірибе мен мамандар бар екенін көрсетеді", – деп атап өтті Нұрлан Қапенов.

Қазір Түркістан облысының Шалақорған кентінде қытайлық Risen Energy компаниясы қуаты 50 мегаватт ЖЭС-тің жобасымен жұмыс істеуде. Оны 2019 жылы тапсыру жоспарлануда[2].

Осы жылдың қаңтар айында Қазақстанда жанартылатын энергия көздерінің 5 нысаны (ЖЭК) іске қосылды. Бұл туралы "Самұрық-Энерго" АҚ-ның 2019 жылғы қаңтардағы Қазақстанның электр энергиясы мен көмір нарығы жөніндегі аналитикалық есебінде айтылған. Әңгіме Алматы облысында "Кербұлақ-1" жел электр станциялары (ЖЭС) - 4,5 МВт және Алматы облысында "Кербұлақ-2" ЖЭС - 4,5 МВт; Қарағанды облысында КПМ Дельта – 40 МВт "Гүлшат" күн электр станциялары (СЭС); Маңғыстау облысында "Желэнергетикасы" ЖЭС – 52,8 МВт; Қарағанды облысында "құрма" агрофирмасының биогаз қондырғысы - 1,3 МВт туралы болып отыр.

Республикадағы қолданыстағы ЖЭК объектілерінің саны жалпы қуаты 634 МВт (ГЭС – 200,25 МВт; ЖЭС – 183,25 МВт; СЭС – 249 МВт; биогаз қондырғысы – 1,65 МВт) 72-ті құрады.

"Самұрық-Энерго" АҚ ЖЭК объектілерімен (шағын ГЭС, ЖЭС, СЭС) электр энергиясын өндіру 2019 жылғы қаңтарда 26 млн кВтс құрады немесе ЖЭК объектілерімен өндірілетін электр энергиясының жалпы көлемінің 27,5% - ы.

Жалпы, жүйелік оператордың деректері бойынша ҚР Электр станциялары 2019 жылдың қаңтарында 9 944,4 млн кВтс электр энергиясын өндірді. 2019 жылғы Қаңтарда 2018 жылдың ұқсас кезеңімен салыстырғанда Түркістан облысында электр энергиясын өндіру айтарлықтай артты (өсім 20% және одан жоғары). Сонымен қатар, электр энергиясы өндірісінің төмендеуі (5% - дан астам) Алматы, Жамбыл, Қостанай және Павлодар облыстарында байқалды.

2020 жылы жалпы қуаты 605,5 МВт болатын тағы 18 ЖЭК объектісін іске қосу жоспарлануда. Нұрлан Ноғаев атап өткендей, аукциондар 2019 жылғы халықаралық сауда-саттықтар жиынтық қуаты 255 МВт болатын ЖЭК жобалары үшін электрондық форматта өткізілді. Аукциондық сауда-саттықтың қорытындысы бойынша 12 компания жиынтық қуаты 202 МВт болатын ЖЭК

(РФО) электр энергиясын бірыңғай сатып алушымен 15 жылға келісім-шартқа қол қойды[5].

1.2 Қазіргі уақыттағы Қазақстандағы гидроэнергетика саласы

Су энергиясы ең кең қолданылатын жаңартылатын энергия көзі болып табылады. Гидроэнергетиканың артықшылықтары: энергоресурстарды тұрақты шығындарды қалпына келтіру, жоғары маневр жасау, су ресурстарын кешенді пайдалану, атмосфераны ластайтын шығарындылардың болмауы және отынды үнемдеу. Электр энергиясының әлемдік өндірісіндегі гидроэнергетиканың үлесі 18% (Қазақстанда – 12,3%) құрайды. Қазақстанның энергетика жүйесіндегі ГЭС үлесі 12,3% , бұл жеткіліксіз болып табылады. Қазақстанның жиынтық гидропотенциалы теориялық тұрғыдан жылына шамамен 162.9 млрд. кВт/с құрайды, оның ішінде экономикалық тиімді 23,5 млрд. кВт/с өндірілуі мүмкін. Оңтүстік Қазақстан аумағында өңірдің жиынтық әлеуетті энергетикалық ресурстары 85 млрд. кВт/сағ мөлшерінде анықталды. Солтүстік және Орталық Қазақстанда су-энергетикалық ресурстардың ең аз мөлшері бар, олардың үлесіне шамамен 3 млрд.кВт/сағ немесе республиканың әлеуетті гидроэнергетикалық ресурстарының 1,7% келеді. Тау аудандарының өзендері үлкен судылығымен ерекшеленеді және едәуір а беткейлерге ие (бұл әсіресе шағын гидроэнергетика үшін маңызды). Бұл өзендер жаңа шағын ГЭС салу және ескі шағын ГЭС қайта құру кезінде энергетикалық қатынаста үлкен қызығушылық тудырады.

1.1 Кесте – Қазақстан аймақтарындағы өзендер потенциалы

Қазақстан Аймақтары	Есепке алынған өзендердің саны	Өзендердің жиынтық ұзындығы мың км	Су энергетикалық ресурстар млрд.кВт/сағ
Шығыс Қазақстан	818	21.7	72.1
Оңтүстік Қазақстан	1257	37.6	85.0
Солтүстік Қазақстан	16	5.9	1.5
Орталық Қазақстан	57	11.0	1.5
Батыс Қазақстан	25	6.9	2.8
Республика бойынша барлығы	2174	83.1	162.9

Қазіргі уақытта Қазақстанда үлкен екі ГЭС бар: Бұқтырма гидроэлектростанциясы және Шүлбі гидроэлектростанциясы.

Бұқтырма гидроэлектростанциясы-Ертіс өзеніндегі ГЭС, Бұқтырма өзенінің сағасынан төмен, Шығыс Қазақстан облысы, Серебрянск қаласының маңында орналасқан. Ертіс СЭС каскадына кіреді.

Бұқтырма ГЭС бөгет типі бойынша салынған. ГЭС құрылыстарының құрамы:

- ең жоғары биіктігі 80 м оң жағалаудағы бетон бөгеті;
- ұзындығы 18 м бір беткі су ағызатын аралықпен ең жоғары биіктігі 87 м арналы бетон бөгеті;
- ұзындығы 212 м ГЭС-тің қақпалы ғимараты;
- төрт камералы бір тіректі кеме жүретін шлюз.

Су электр станциясы "Ленгидрожоба" институтымен жобаланған.

ГЭС қуаты-675 МВт, орташа жылдық өндіру 2,6 млрд кВт/сағ. ГЭС Қазақстанның энергия жүйесіндегі ең жоғары жүктемелерді жабуды жүзеге асырады. ГЭС ғимаратында 61 м қысым кезінде жұмыс істейтін РО 70/0937-в 410 радиалды-осьтік турбиналары және қуаты 75 МВт-тан СББ-850/190-48 генераторлары бар 9 гидроагрегат орнатылды. Турбина өндірушісі-Ленинград металл зауыты, генераторлар-Новосибирск "Элсиб"кәсіпорны. Қайта құруға дейін станцияда РО-211-ВМ-410 радиалды-осьтік турбиналары және д45-5-ВМ-435 диагоналды турбинасы (станциялық нөмірі 7) тұрды. Гидроагрегаттардың бірі эксперименталды спиральды камерамен жабдықталған. Ұзындығы 430 м ГЭС-тің арынды құрылыстары Зайсан көлін қамтитын ірі Бұқтырма су қоймасын құрайды.

Шүлбі су электр станциясы-Ертіс өзеніндегі ГЭС, Шығыс Қазақстан облысы, Шүлбі кентінің маңында орналасқан. Ертіс СЭС каскадына кіреді.

Шүлбі ГЭС бөгет типі бойынша салынған. ГЭС құрылыстарының құрамы:

оң жағалаудағы жер (қиыршық тас-құмды топырақ) сүзгілеуге қарсы элементі бар бөгет;

- ұзындығы 440 м Сол жағалау бөгеті;
- терең су ағызғыштармен біріктірілген ГЭС ғимараты;
- жеткізу арналары бар бір камералы бірнитетті кеме жүретін шлюз;
- АТҚ 220 кВ.

ГЭС қуаты-702 МВт, орташа жылдық өндіру 1,66 млрд.кВт/сағ. ГЭС ғимаратында 40 м (жұмыс доңғалағының диаметрі 8,5 м) қысым кезінде жұмыс істейтін ПЛ50-в-850 бұрылмалы-қалақты турбиналары және қуаты 117 МВт-тан СВ-1636/200-80 УХЛ генераторлары бар 6 гидроагрегат орнатылды. Гидротурбин — "Турбоатом" Харьков зауыты, генераторлар-санкт-Петербургтік "Электросила"кәсіпорны. ГЭС-тің арынды құрылыстары маусымдық реттеудің ірі Шүлбі су қоймасын құрайды. ГЭС Қазақстанның энергия жүйесіндегі ең жоғары жүктемелерді жабуды жүзеге асырады[11].

1.3 Қазіргі уақыттағы Қазақстандағы күн энергетикасы саласы

Күн сәулесі солтүстіктен оңтүстікке қарай артады. Қазақстанның солтүстік аудандары күн сәулесінің әсеріне аз дәрежеде ұшырайды. Сондықтан күн энергетикасы бойынша жобаларды іске асыру үшін елдің оңтүстік өңірлері, әсіресе таулы және таулы аудандар перспективалы болып табылады, мұнда бұлтты күндер саны жазықтарға қарағанда әлдеқайда аз. Күн энергиясын пайдалану технологиясы бірнеше бағытқа ие, оның ішінде:

- сәуле шығару энергиясын спектрдің көрінетін бөлігінде фотопреобразователер жүзеге асыратын электр энергиясына тікелей түрлендіру;
- ыстық су алу үшін қолданылатын спектрдің ұзын толқынды бөлігін басым пайдалану есебінен төмен әлеуетті энергия алу;
- жоғары параметрлердегі су буындарын өндіру үшін концентрацияланған жылу энергиясын алу, оны бу турбиналық циклде қолдану.

Фототүрлендіргіштерді өндіру үшін Қазақстан Халықаралық ынтымақтастық үшін перспективалы кремний қоры мен технологияларына ие. Республикада гелиоколлекторлардың бірегей әзірлемелері бар, бірақ өнеркәсіптік ауқымда олар өндірілмейді.

Қазақстанда күн сәулесінің жылдық ұзақтығы жылына 2200-3000 сағатты, ал бағаланатын қуаты жылына 1 м² 1300-1800 кВт құрайды, соған қарамастан Қазақстанда күн энергиясы нашар дамыған. Мемлекеттік AtlasSolar парақшасында Қазақстанның Күн ресурстары, энергия жүйесіне байланысты күн энергетикасы объектілерін орналастыру мүмкіндіктері егжей-тегжейлі және көрнекі түрде көрсетілген және бүкіл Қазақстан бойынша күн энергетикасы объектілері ұсынылған.

2010 жылы Kaz PV жобасы бастау алды. Жобаның басты мақсаты Қазақстанда өндірілетін кремний негізінде фотоэлектрлік модульдер құру. Фотоэлектрлік модульдерді жасап шығару процессінде бірнеше Қазақстандық фабрикалар қатысады. Біріншіден Үштөбе қаласындағы (Алматы облысы) Kaz Silicon заводында кремний шығарады. Kaz Silicon заводында шығарылған кремний Өскемен қаласындағы Kazakhstan Solar Silicon заводында өңделеді және кремний ұяшықтары шығарылады.

Фотоэлектрлік модульдерді құрастырудың соңғы деңгейі Астанада "Astana Solar" ЖШС кәсіпорнында жүзеге асырылады. "Astana Solar" ЖШС кәсіпорнында Қазақстандық фотоэлектрлік модульдер жасалып шығарылады. Отандық фотоэлектр модульдерун жасап шығаратын кәсіпорынға мемлекет тарапынан 2 МВт фотоэлектрлік модульді жасап шығару жөнінде тапсырыс түсті. Отандық модульдер арқасында Маңғыстау облысында күн электр станциясылары салынады.

2012 жылдың соңында Жамбыл облысы Қордай ауданында Қазақстандағы ең бірінші күн электр станциясының өз жұмысын бастады. Қордай ауданындағы "Отар" атты күн электр станциясының қуаттылығы - 504 кВт, егер ол барлық қуаттылығына қосылатын болса, 7 МВт энергия шығара алады деп болжайды ғалымдар.

Қазақстан аумағындағы алғашқы ірі күн электр станциясы "Samruk Kazyna" ЖШС және "United Green" СЭС "Бурное Солар-1" бірлескен жобасы болып табылады, қуаты 50 МВт. 2017 жылдың қыркүйек айындағы жағдай бойынша бұл станция 175 млн кВт*сағ.

Қазақстандық Самруқ қазына мен Великобританиялық United Green екі компания бірігіп Қазақстан жерінде Жамбыл облысында екі күн элетростанциясы салында Бурное - 1,2.

Бурное 1 күн элетростациясының техникалық көрсеткіштері:

- Аумағы-150 Га
- Қуаты-50 МВт
- Болжамды өндіру электр энергиясын –73.18 млн кВт/сағ
- Құрылыс кезеңі –10 ай
- Пайдалануға қабылданды Сәуір 2015
- Жобаның құны-\$135.23 млн
- Өңделген электр энергиясы
- 2016-78.97 млн кВт/сағ
- 2017-82.39 млн кВт/сағ
- 2018-50.42 млн кВт/сағ

Бурное 2 күн элетростациясының техникалық көрсеткіштері:

- Аумағы-74 Га
- Қуаты-50 МВт
- Болжамды өндіру электр энергиясын–78,9 млн кВт/сағ
- Құрылыс кезеңі –9 ай
- Пайдалануға беру 4 маусым 2018
- Жобаның құны-\$ 77.78 млн
- Өңделген электр энергиясы
- 2018-17.48 млн кВт/сағ

"Бурное" СЭС-ы Орталық Азиядағы ең ірі СЭС жобасы, сондай-ақ Жамбыл облысы әкімдігінің қатысуымен "Тараз" ӘКК және "Самұрық-Қазына Инвест" ЖШС қатысуымен шетелдік инвесторды тарту арқылы МЖӘ үлгілі көрсеткіші болып табылады.»

– 2016 жылғы 18 ақпанда "Бурное-1" жобасы корпоративтік әлеуметтік жауапкершілікті дамытуға қосқан үлесі үшін Қазақстанның Еуропалық Бизнес қауымдастығынан марапатқа ие болды;

– 2016 жылғы 12 мамырда Лондондағы ЕҚДБ 25-ші мерейтойлық жылдық есебінде " Бурное-1 "жобасы әлемдегі 400 жоба арасында" тұрақты даму "номинациясы бойынша жоғары марапатқа ие болды;

– "Бурное-1" жобасын іске асыру барысында жаңа жұмыс орындары құрылды, құрылыс кезеңінде – 300 адамға дейін, пайдалану кезеңінде 50 адамға дейін. "Бурное-2" жобасы барысында сонша жұмыс орны ашылды»

– 2018 жылдың мамыр айында Еуропалық Қайта Құру және даму банкі ЕМЕА Finance-тен "Бурное-2" жобасын жобалық қаржыландырғаны үшін "күн энергетикасы саласындағы үздік мәміле" номинациясы бойынша марапатқа ие болды»[12].

1.4 Қазіргі уақыттағы Қазақстандағы жел энергетикасы саласы

БҰҰ-ның Даму Бағдарламасы мен Қазақстан Республикасының Энергетика және минералдық ресурстар министрлігінің бірлескен жобасы шеңберінде жүргізілген арнайы зерттеулер Қазақстанның әр түрлі аймақтарында орналасқан бірқатар аудандарда жақсы жел климаты мен жел энергетикалық жүйелерді (ЖЭС) салу үшін жағдайлардың болуын көрсетті. Метеодеректерді пайдалана отырып, Қазақстан жел атласы әзірленді, ол жел жылдамдығы барлық территорияға бөлінген карта болып табылады. Қазақстанның жел энергетикалық ресурстарын негізгі жел атласына шамамен бағалау 50 000 кв.км астам алаңда 80 метр биіктікте желдің орташа жылдық жылдамдығы 7 м/с-тан астам екенін көрсетеді. Жүргізілген зерттеулер негізінде Қазақстанда жел электр станцияларын салу бойынша инвестициялық ұсыныстар дайындалды. Зерттелген алаңдардағы жел электр станцияларының жиынтық қуаты жылына 3 млрд.кВтсағ электр энергиясын өндіретін шамамен 1000 МВт құрауы мүмкін. Жел энергетикалық әлеуетті игеру үшін ҚР Энергетика және минералдық ресурстар министрлігі БҰҰ Даму Бағдарламасының қолдауымен Қазақстан Республикасында 2015 жылға дейін жел энергетикасын дамыту бағдарламасын әзірледі. Бұл электр станцияларында 2015 жылға қарай 1 млрд. кВт·с дейін және 2030 жылға қарай 5млрд. кВт·с дейін электр энергиясы өндірілетін болады.

Қазақстан Жел ресурстарына бай. Жел энергетикасын пайдалану үшін өте жақсы перспективаны алдын ала анықтайды, ал бірқатар аудандар жел жылдамдығы 6 м/с және одан да көп болады. Кейбір мәліметтер бойынша Қазақстанның теориялық жел генералы шамамен 1820 млрд.кВт құрайды.жылына сағ. 10 МВт/км² деңгейінде ЖЭС қуатының тығыздығын және едәуір бос кеңістіктердің болуын ескере отырып, Қазақстанда бірнеше мың МВт ЖЭС қуатын орнату мүмкіндігін болжауға болады. Жоңғар қақпасы ауданында желдің орташа жылдық жылдамдығы 50 метр биіктікте 9,7 м/с, ал жел ағынының тығыздығы шамамен 1050 Вт/м² құрайды. Бұл жылына 4400 кВт өндіруге мүмкіндік береді.бұл жерде электрэнергия мақсаты үшін ерекше орын алады. Еркін кеңістіктің болуы мұнда шамамен 1 млрд.кВт жылдық өндіре отырып, бірнеше жүз МВт ЖЭС қуатын орнатуға мүмкіндік береді.сағ электр энергиясы қажет. Қазіргі уақытта осы ауданда қуаты 5 МВт пилоттық ЖЭС құрылысы жүргізілуде. ЖЭС шамамен 18 млн. кВт өндіреді деп

болжануда. электр энергиясының құны шамамен 7 теңге/кВт болған кезде жылына электр энергиясының сағат саны.с.тәжірибе сәтті болған жағдайда ЖЭС-ты пайдалану қуаты 50 МВт-қа дейін ұлғайтылуы мүмкін.

Қазақстанның жел энергетикасы өзінің серпінді дамуын жалғастыруда. Біздің еліміз әлемдік трендке сүйене отырып, ЖЭК электр станцияларының санын арттыру бойынша жоспарлы жұмыс жүргізуде. ҚР Энергетика министрлігінің мәліметінше, елімізде жел қондырғыларын пайдалану 2010 жылы басталды. Қуаты 0,05 МВт бірінші жел электр станциясы Астана өңірінде салынды. Одан әрі-көп. Биылғы жылы жиынтық қуаты 230 МВт-тан сәл аз болатын 15 ЖЭС объектілері бар, жыл соңына дейін Маңғыстау және Ақмола облыстарында 57 МВт-қа арналған тағы үш объектіні пайдалануға беру жоспарлануда. Осылайша, ағымдағы жылдың соңына қарай жалпы қуаты 968 МВт болатын ЖЭК 83 станциясының, 285 МВт-қа жуық 18 станциясының желге келетін болады, ал бұл барлық ЖЭК энергия өндіретін объектілерінің 20% - дан астамы.

Қазіргі уақытта Қазақстан жеріндегі жел электроэнергиясындағы табысты компания ЖШС VISTA INTERNATIONAL. VISTA INTERNATIONAL ЖШС компаниясы Жамбыл облысында 2014 жылы өзінің алғашқы жобасын іске асырды, бірінші кезекте қуаттылығы 4 МВт болатын Қордай жел электр станциясын (ЖЭС-21) пайдалануға берді. Қордай жел электр станциясы-бүгінгі таңда осындай түрдегі алғашқы қазақстандық электр станцияларының бірі.

Қордай жел электр станциясы-бүгінгі таңда қазақстандық электр станцияларының осындай түрінің бірі.

Қордай жел электр станциясы-бұл Қазақстандағы баламалы энергия көздерін дамыту саласындағы алғашқы жобалардың бірі, ол техникалық-экономикалық негіздемені (ТЭН) ҚР Индустрия және жаңа технологиялар Министрлігімен (МИИНТ) келісе отырып, Қазақстан Республикасының жаңартылатын энергия көздерін қолдау туралы қолданыстағы заңнамасына толық сәйкес дайындаудың барлық кезеңдерінен өтті.

Министрлік ТЭН бекітті және босату тарифінің мөлшерін және оның қолданылу мерзімін анықтады[4].

Қордай жел электр станциясы-жел күшін қолдана отырып электр энергиясын өндіретін Қазақстандағы алғашқы өнеркәсіптік объектілердің бірі.

Жел электр станциясы жаңартылатын энергия көздерін пайдалана отырып электр энергиясын өндіру саласындағы қызметті жүзеге асыратын серпінді дамып келе жатқан кәсіпорын болып табылады.

Қолданыстағы ЖЭС халық санының және оның өмір сүру сапасының өсуін, қарқынды тұрғын үй және қоғамдық құрылысты, Әлеуметтік және мәдени салалардың дамуын ескере отырып, электр энергиясына болжамды қажеттілікті қамтамасыз етуге мүмкіндік береді, құрылысты іске асыру процесінде де, ЖЭС пайдалану процесінде де халықтың жұмыспен қамтылуына ықпал ететін қосымша жұмыс орындарын ашуға мүмкіндік береді.

Бұл жоба Қазақстан Республикасының Президенті Нұрсұлтан Назарбаевтың "Қазақстан-2050" Стратегиясы: қалыптасқан мемлекеттің жаңа

саяси бағыты "атты Қазақстан халқына Жолдауын іске асырудың "пионері" болып табылатынын атап өту қажет.

2012 жылы Vista International ЖШС компаниясы біздің республикада жел электр станциясын салуды шешті. Бұл идея табиғи ресурстарды мол үнемдеуге әкеледі. Компания мамандары бұл мәселені мұқият зерделеп, пысықтады: Германияға, Голландияға, Қытайға барып, тәжірибе жинап, логистиканы есептеп, осы идеяны Қазақстанда жүзеге асыру туралы армандады.

Vista International Қазақстан аумағындағы жел ағынын зерттеген тәжірибелі мамандарды шақырды. Олардың ұсыныстарынан Балқаш, Жезқазған, Қарағанды және Алматы облысында Қордай асуында жақсы ағын байқалады.

Көктемгі-жазғы кезеңде ауыл тұрғындарына суару үшін су Қырғызстаннан өте шектеулі мөлшерде келіп түсті. Осыған ұқсас жағдайды болдырмау және электр қуатын жеткізу үшін компания электр энергиясының жетіспеушілігінен жиі зардап шеккен Жамбыл облысын қамтамасыз ету мақсатында Қордай таңдау туралы шешім қабылдады[4].

Кейінірек Германияда Nordex-54 1 мегаватт турбинасы жеткізілді. Бір жел турбинасының биіктігі-60 метр, салмағы-160 тонна. Сонымен қатар компания қызметкерлері барлық қажетті құжаттарды дайындаумен айналысып, Қордай әкімімен кездесіп, 67 га жер телімін ұсынды.

Жамбыл облыстық әкімдігі атынан облыс әкімі Кәрім Көкірекбаевтың қолдауымен "Даму" қоры көмектесті бұл жобаны іске асыруды бөліп, жалға жер 49 жылға сатып алу құқығымен инвестициялық жобасы бойынша.

"Жамбыл Жарық Сауда-2030" ЖШС электр энергиясын қабылдайды.

2012-2013 жылдар аралығында компания үшін ең қиын кезең болды. Геологиялық барлау жүргізу, жобалау-сметалық құжаттаманы дайындау, топырақты әзірлеу, жел ағынын түсіну, жел қондырғыларын тіркеу және дұрыс орнату үшін турбиналарды орналастыру мәселесін мұқият зерделеу қажет болды. ТЭН жасау үшін компания "Жамбыл ГидроЭнерго" ЖШС (директоры – Марат Қынатов), "Казсельэнергопроект" институтының (бас директоры – Александр Трофимов) және "ПФ Электросетьстрой" ЖШС (директоры – Жанур Нұршайықов) жоғары білікті мамандарды шақырды.

Vista International учаскесінің бастығы барлық турбиналардың іргетасын құюдың басынан аяғына дейін жасады, компания қызметкерлері неміс есептерін жергілікті топыраққа бейімделген жерге аударды, Каскеленнен бетон шығарды. Биіктігі 60 м турбина орнату үшін оны тез арада бетонмен толтыру керек. Мұнда ыстық жаз, күн, +40оС көлеңкеде, Су іс жүзінде жоқ... Табиғатта да сипат жоқ: жел күшейіп, күндіз немесе түнде желсіз ауа райында монтаждауға кірісуге тура келді. Vista International Қазақстан аумағындағы жел ағынын зерттеген тәжірибелі мамандарды шақырды. Олардың ұсыныстарынан Балқаш, Жезқазған, Қарағанды және Алматы облысында Қордай асуында жақсы ағын байқалады[4].

Төрт турбинаның алғашқы инвесторы "Пәкістан Ұлттық Банкі NBP" ЕБ болды. Қазақстандық банктер жел электр станциясын салу идеясы – үлкен

тәуекелге ие бастапқы жоба деп дәлелдей отырып, барлығын бір ретінде бас тартты. Қазақстандық банкирлер турбина қанша электр қуатын өндіретінін білмеген, бұл банк үшін және тұтастай республика үшін қаншалықты тиімді болатынын түсінбеген. Vista International мамандары шетелдік компаниялардың жобаларын түсіндіріп, көрсетті, бұл жобаны 3-5 жыл ішінде өтейтінін дәлелдеді, бұл барлық кредиттік заемдарды проблемасыз, тіпті үкіметтің дотациясынсыз қайтаруға болатын, бірақ қазақстандық банкирлер сенбеген.

Ол кезде компания Қазақстан Республикасындағы "Пәкістан Ұлттық Банкі NBP" ЕБ-ге жүгінді.

2013 жылдың қараша айында алғашқы төрт турбина орнатылғаннан кейін компания "БанкЦентрКредит" АҚ-на жүгінді. Барлық есептеулер ұсынылды, орнатылған және жұмыс істейтін турбиналар көрсетілді. Алматы филиалының директоры Денис Давыдовтың жеке көмегінің арқасында "БанкЦентрКредит" АҚ Vista International ЖШС компаниясына жүк көтергіштігі 300 тонна LIEBHERR крандарын сатып алуға және осы жобаны одан әрі дамыту үшін бес жел турбиналарын сатып алуға ақша бөлді.

20 желтоқсан 2014 жылы компания "ЖШС," Vista International рапортовала ҚР Президентіне қабілеттілігі мен болашағын жоба. Астанада телекөпір ұйымдастырылып, республиканың ірі БАҚ қатысты.

Компания Қазақстанда "жасыл энергетика" бойынша экологиялық қауіпсіз және тиімді жобаларды құруға болатынын көрсетіп, іс жүзінде дәлелдеді.

Біраз уақыттан кейін Vista International серіктестерді ынтымақтастыққа, жеке инвестицияларды тартуға кірісті. Олардың құймаларының арқасында тағы 12 жел турбинасы сатып алынды. 2015 жылдың қараша айында компания 21 турбина бар нысанды тапсырды[4].

Әрине, климаттықтан бастап қаржыға дейін қиындықтар көп болды, бірақ компания осы жобаның маңыздылығы мен пайдалылығын дәлелдеп, идеяны жүзеге асырып, оны іске асыра алды. Идея пайда болғаннан бастап бес жыл ішінде және бірінші жобаны іске асырғанға дейін өте көп күш жұмсалды, дегенмен 21 турбина нақты іске қосылады және қаржыландыру болған жағдайда бір жыл ішінде.

Компания мамандары барлық инженерлік коммуникацияларды жақсы біледі, жобаны топырақтан, қазаншұңқырларды қазудан, бетон құюдан, арматура мен қаңқаларды байлаудан бастап турбинаның өзі монтаждауға дейін қалай жүргізетінін түсінеді (салмағы 300 тонна).

Енді компания үлкен тәжірибе жинақтап, өз жетістіктерімен мақтануға құқылы.

Жобаны іске асыру өңірлік деңгейде электр энергиясы тапшылығы проблемасын ішінара шешуге, электр энергиясы импортына тәуелділікті төмендетуге, жаңартылатын энергияның қолда бар ресурстарын ұтымды пайдалануға, елдің жалпы энергетикалық теңгерімінде баламалы энергия көздерінің үлесін ұлғайтуға және парниктік газдар шығарындыларын азайтуға мүмкіндік берді.

Енді Қордай жел электр станциясы-бұл өткен жылдың соңында іске қосылған, қуаты 1,5 МВт құрайтын Маркен СЭС-на қосымша электр энергиясының көзі[4].

2 АРНАЙЫ БӨЛІМ. Жел энергетикалық қондырғысының генераторлары

Жел генераторы — жел ағынының кинетикалық энергиясын ротордың айналуының механикалық энергиясына түрлендіруге арналған құрылғы, оны кейіннен электр энергиясына түрлендіре отырып.

Жел энергетикасы-ауа массаларының кинетикалық энергиясын атмосферада электр, механикалық, жылу немесе кез келген басқа энергия түріне түрлендіруге мамандандырылған, халық шаруашылығында қолдануға ыңғайлы энергетика саласы. Мұндай түрлендіруді жел генераторы (электр энергиясын алу үшін), жел диірмені (механикалық энергияға түрлендіру үшін), желкен (көлікте пайдалану үшін) және басқалар сияқты агрегаттар жүзеге асыра алады.

Жел энергиясын жаңартылатын энергия түрлеріне жатқызады, себебі ол Күн белсенділігінің салдары болып табылады. Жел энергетикасы қарқынды дамып келе жатқан сала болып табылады. 2016 жылдың басында барлық жел генераторларының жалпы белгіленген қуаты 432 гигаватты құрады және осылайша, атом энергетикасының жиынтық белгіленген қуатынан асып түсті (бірақ тәжірибеде орташа бір жыл ішінде пайдаланылған жел генераторларының (ҚИУМ) қуаты белгіленген қуаттан бірнеше есе төмен, ал АЭС әрқашан дерлік белгіленген қуат режимінде жұмыс істейді). 2014 жылы әлемнің барлық жел генераторлары өндірген электр энергиясының саны 706 тераватт-сағатты құрады (адамзат өндірген электр энергиясының 3%). Кейбір елдер әсіресе жел энергетикасын қарқынды дамытуда, атап айтқанда 2015 жылға Данияда жел генераторларының көмегімен барлық электр энергиясының 42% өндіріледі; 2014 жылы Португалияда — 27 %; Никарагуа — 21 %; Испанияда — 20 %; Ирландияда — 19 %; Германияда — 18,8%; жалпы ЕО — 7,5 %. 2014 жылы әлемнің 85 елі жел энергетикасын коммерциялық негізде пайдаланды. 2015 жылдың қорытындысы бойынша жел энергетикасында бүкіл әлемде 1 000 000 астам адам жұмыс істейді (оның ішінде 500 000 Қытайда және 138 000 Германияда)[4].

Ірі жел электр станциялары жалпы желіге қосылады, неғұрлым ұсақ аудандарды электр энергиясымен жабдықтау үшін пайдаланылады. Қазба отынына қарағанда, жел энергиясы таусылмайды, барлық жерде қол жетімді және экологиялық жағынан жоғары. Бірақ, жел электр станцияларын салу жел энергетикасының таралуын баяулататын техникалық және экономикалық сипаттағы кейбір қиындықтармен ұштасады. Атап айтқанда, жел ағынының тұрақсыздығы электр энергиясының жалпы өндірісіндегі жел энергетикасының шағын пропорциясы кезінде проблемалар тудырмайды, алайда бұл пропорцияның өсуі кезінде электр энергиясын өндіру сенімділігінің проблемалары да арта түседі. Мұндай мәселелерді шешу үшін электр энергиясын бөлуді интеллектуалды басқару қолданылады.

2.1 Қазіргі уақыттағы әлемдегі жел энергиясы

Жел энергетикасы технологиясы XX ғасырдың 80-ші жылдарында сенімсіз болып көрінді. Бұл Құрама Штаттар мен Еуропадағы саясаткерлер ХХІ ғасырда жел энергиясының өсуіне түрткі болған қолдау бағдарламаларын қабылдай бастағанға дейін болды.

1996 жылдың көктемінде Kenetech жел турбиналарының американдық өндірушісі банкроттық туралы жариялаған кезде, бұл болашақ жел энергетикасына қатысты нашар қауіптерді растады. Дегенмен, технологияларды зерттеген адамдар үшін жел энергиясы жаһандық энергетикалық ландшафты түрлендіру үшін үлкен әлеуетке ие екені анық болды.

Мемлекеттік және жеке зерттеулер технологияны осындай деңгейге дейін ілгерілетуге мүмкіндік берді, бұл айқын болды: жел энергетикасы бүкіл әлем бойынша электр желілеріне табысты интеграциялана алады және, сайып келгенде, коммерциялық ортада дәстүрлі генерация нұсқаларымен бәсекелестік үшін қажетті құн мен сенімділіктің талап етілетін көрсеткіштеріне жетеді.

Жел энергетикасына көп уақыт пен қосымша саяси қолдау қажет болды. Содан бері не болды, жел энергиясының ең оптимистік жақтастарының күткенінен асып түсті.

Бүгінде барлығы жел энергетиктері туралы біледі және оның болашағына қамқорлық жасайды. Жалпы белгіленген базадан 1994 жылы 3,5 гигаватт (ГВт) - да жел қуаты 2018 жылдың соңына қарай 600 ГВт-ға дейін өсті. Басқаша айтқанда, жел энергиясының белгіленген мөлшері 150 еседен астам өсті.

Қазіргі уақытта жел энергетикасы бүкіл әлем бойынша жылына елу гигаваттан астам жылдамдықпен энергетикалық желілерге қосылады.

Құрама Штаттарда жел және күн энергиясы электр желісіне бірге алынған барлық басқа көздерден көп енгізіледі.

Климаттың өзгеру қаупі бүгінде адамзат алдында тұрған үлкен мәселе болып табылады және парниктік газдардың нөлдік шығарындысы бар жел энергетикасы технологиясы адамзаттың иелігіндегі тамаша технологиялық шешімдердің бірі болып табылады.

Ұшулар мен құлдыраулардың онжылдықтарынан кейін 2020 жыл американдық жел электр станцияларын салудың шыңына айналуы тиіс еді. Оның орнына, жоспарлар коронавирустың пандемиясы салдарынан бұзылды, ал әзірлеушілер келісім-шарттардағы форс-мажорлық жағдайларды зерттейді. Инвесторлар жүйке. Сала өкілдерінің айтуынша, саяси көмегінсіз жобалар толығымен жойылуы мүмкін[4].

Әрбір сала эпидемия мен экономикалық шоктан зардап шекті.

Американдық жаңартылатын энергия көздерінің нарығы үшін күн энергиясы мен жел энергетикасына салық жеңілдіктеріне тәуелділік ерекше проблема болды. Елдегі жаңартылатын энергияның жетекші көзі ретінде гидроэлектрстанциясынан асып кеткен жел энергетикасы жоспарланған салықтық жеңілдіктерге байланысты ерекше күрделі жағдайда болуы мүмкін.

2016 жылы толық Федералдық салық несиесі (PTC) үшін жел энергетикалық жобаларды квалификациялаған әзірлеушілер құрылысты осы жылы аяқтауға міндетті. Нәтижесінде 2020 жылы нарықта рекордтық объектілер салынады деп күтілуде-өткен жылғы 9 гигаваттпен салыстырғанда, мүмкін, 15 гигаватт және одан да көп.

Америкалық жел энергетикасы қауымдастығының мәліметтері бойынша, АҚШ-та 20 гигаватт жел электр станцияларының құрылысы жүргізілуде, оның ішінде 6 гигаватт тек Техаста ғана, олардың көпшілігі Facebook, McDonald ' s және ExxonMobil сияқты корпорациялармен экологиялық таза энергияны сатуға келісім-шарттар бар. PTC беру мерзімі өзгерген жоқ және сатып алушылар әлі де электр энергиясы уақытында жеткізіле бастайды деп күтуде. Бірақ үлкен жобалар құрылысының нақтылығы өзгерді.

Кейбір жабдықтар жеткізілімі тоқтатылды; Осы аптада Siemens Gamesa турбиналарын өндіруші қызметкерлерді демалуға Батыста жіберді; Vestas бәсекелес компаниясы өндірісті 2020 жылға тоқтатты.

Кейбір жерлерде рұқсат беру көп уақыт алады[4].

Мұнай компаниялары жаңғыртылатын энергия көздері бойынша жобалар аз пайда әкелетінін баяғыда мәлімдейді. Бірақ баға деңгейі барреліне 35 доллардан аз болса, бұл дәлел жұмыс істемейді.

Мұнайдың төмен бағасы ірі компаниялардың энергия тасымалдағыштарға көшу жөніндегі жоспарларының беріктігін тексеруге айналады, алайда сарапшылар компаниялардың декарбонизациялау және жаңартылатын энергия жөніндегі ұзақ мерзімді міндеттемелері өзгеріссіз қалады деп күтуде.

Ресей мен Сауд Арабиясы арасындағы дау әлемдік нарықтарда арзан мұнай мен газ ағынына алып келді, сол уақытта covid-19 пандемиясы энергия тасымалдаушыларға сұранысты төмендетеді.

Нарықтың жылжуы Shell, Total, Repsol және BP қоса алғанда, Еуропалық мұнай компаниялары шығарындыларды қысқарту және жаңартылатын энергия көздері, электрондық ұтқырлық және басқа да энергетикалық қызметтер саласындағы өз бизнесін әртараптандыру жолына шындап кіріскен сәтте орын алады.

Жиі ұсынылатын дәлел жаңартылатын энергия көздеріне инвестиция салу мүмкін емес, өйткені жаңартылатын көздермен байланысты жобалар мұнай-газ саласындағы жобаларға қарағанда әлдеқайда аз пайда әкеледі.

"Бұл дәлел барреліне 35 доллар деңгейінде болмайды", - деді GTM Валентина Крецшмар, Wood Mackenzie корпоративтік зерттеулер жөніндегі директоры.

Қазіргі уақытта мұнай-газ жобаларынан түсетін орташа табыстылық жаңартылатын энергия көздері жөніндегі жобалармен бірдей және іс жүзінде жаңартылатын энергия көздері жөніндегі жобалар әлдеқайда аз тәуекелге ие. Occidental сияқты компаниялар дивидендтерді 90% - ға қысқартады[4].

2.2 Жел энергиясынан электр энергияны генерациялаудың заманауи әдістері

Жел генераторының қуаты генератордың қалақтары мен бет үстіндегі биіктікке байланысты. Мысалы, Vestas Дат фирмасының қуаты 3 МВт (V90) турбиналары жалпы биіктігі 115 метр, мұнараның биіктігі 70 метр және қалақтарының диаметрі 90 метр.

Жер/теңіз бетіндегі ауа ағындары турбулентті болып табылады — төменде орналасқан қабаттар жоғарыда орналасқан тежейді. Бұл әсер 2 км биіктікке дейін байқалады, бірақ 100 метрден астам биіктікте күрт төмендейді. Генератордың осы жерге жақын қабаттан жоғары орналасу биіктігі бір уақытта қалақтардың диаметрін арттыруға және басқа қызмет үшін жердегі алаңдарды босатуға мүмкіндік береді. Қазіргі заманғы генераторлар (2010 жыл) осы межеге шықты және олардың саны әлемде күрт өсуде. Жел генераторы 3 м/с жел кезінде ток өндіре бастайды және 25 м/с жел кезінде ажыратылады. Ең жоғары қуаты қол жеткізіледі. желдің 15 м/с. Берілетін қуат пропорционал үшінші дәрежелі желдің жылдамдығы: ұлғайған кезде желдің екі есе, 5 м/с-тан 10 м/с, қуаты артады сегіз есе.

2002 жылдың тамыз айында Enercon компаниясы қуаты 4,5 МВт болатын e-112 жел генераторының прототипін салды. 2004 жылдың желтоқсанына дейін турбина әлемдегі ең ірі болып қалды. 2004 жылдың желтоқсанында германдық REpower Systems компаниясы өзінің қуаты 5,0 МВт жел генераторын құрды. Бұл турбина роторының диаметрі 126 метр, гондоланың салмағы-200 тонна, мұнараның биіктігі — 120 м. 2005 жылдың соңында Enercon өзінің жел генераторының қуатын 6,0 МВт дейін арттырды. Ротордың диаметрі 114 метр, мұнараның биіктігі 124 метр. 2009 жылы 1,5 — 2,5 МВт класты турбиналар әлемдік жел энергетикасында 82% - ды құрады.

2014 жылғы қаңтарда Vestas дат компаниясы қуаты 8 МВт V-164 турбина сынақтай бастады. Турбиналарды жеткізуге бірінші келісімшарт 2014 жылдың соңында жасалды. Бүгінгі күні V-164-әлемдегі ең қуатты жел генераторы. Қуаты 10 МВт-тан астам генераторлар әзірленуде[4].

Әлемде ең көп таралған үш қалағы бар және көлденең айналу осі бар жел генераторының конструкциясы болды, бірақ кейбір жерде әлі де кездеседі және екі қалақты. Жел ағындарының аз жылдамдығы бар аумақтар үшін ең тиімді конструкция тік айналу осі бар жел генераторлары, яғни роторлы немесе Карусельді типті болып табылады. Қазіргі таңда өндірушілер мұндай қондырғылардың өндірісіне көшуде, өйткені барлық тұтынушылар жағалауда өмір сүре алмайды, ал құрлықтық жел жылдамдығы әдетте 3-тен 12 м / с дейінгі диапазонда тұр. Мұндай желмен тік қондырғының тиімділігі әлдеқайда жоғары. Тік жел генераторларында тағы бірнеше маңызды артықшылықтар бар: олар іс жүзінде шусыз және 20 жылдан астам қызмет ету мерзімі кезінде ешқандай қызмет көрсетуді талап етпейді. Соңғы жылдары жасалған тежеу жүйелері тіпті 60 м/с дейінгі мерзімді дауыл кезінде тұрақты жұмысқа кепілдік береді[4].

Дания, Нидерланды және Германия жел энергиясын өндіру үшін Солтүстік теңізде жасанды арал салуды жоспарлап отыр. Жобаны Доггер-банктің Солтүстік теңізінің ең ірі қайраңында (Англияның шығыс жағалауынан 100 шақырым жерде) іске асыру жоспарланып отыр, өйткені мұнда келесі факторлар сәтті үйлеседі: теңіздің салыстырмалы төмен деңгейі және ауаның қуатты ағындары. Аумағы алты шаршы шақырым болатын Арал мыңдаған диірмендері бар жел фермаларымен жабдықталады, сондай-ақ онда ұшу-қону жолағы мен порт салынатын болады. Осы құрылыстың басты инновациясы энергия транзитінің барынша төмен құнына шоғырланудан тұрады. Жобаның негізгі мақсаты-жел паркін құру, ол 30 Гвт арзан электр энергиясын өндіре алады. Ұзақ мерзімді жоспарлар бұл мөлшерді 70-100 Гвт-қа дейін ұлғайтуды болжайды, бұл Еуропа, Оның ішінде Германия, Нидерланды және Данияның шамамен 80 миллион тұрғынын энергиямен қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

2.3 Жел генератор түрлері

Бірінші кезекте, жел генераторлары тік және көлденең болып екі топқа бөлінеді. Бұл топтар қанатшаның айналу осінің орналасуына байланысты ажыратылады. Көлденең құрылымдар пропеллер немесе желдеткіш сияқты, ал тік карусельге жақын.

Көлденең тип-ротор осі жер бетіне параллель айналады. Жел энергиясын айнымалы және тұрақты токқа түрлендірудің үлкен қуаты бар. Көлденең құрылғылар жоғары тиімділікке ие, өйткені олар ағын энергиясын әлдеқайда толық сіңіреді. Барлық көлденең жел генераторлары іс жүзінде бір конструктивтік сұлба бойынша құрылған, тек ротор құрылысында ғана кейбір айырмашылықтар бар. Бұл топтың кемшіліктеріне желдің бағытына бейімделі үшін құрылғының тік осьтің айналасында айналуын қамтамасыз ететін қосымша топсалы қосылыстың болуын жатқызуға болады.

Сонымен қатар, көлденең құрылғылар үшін жел ағынымен түйісудің оңтайлы режимін қамтамасыз ететін жоғары тірек болуы маңызды. Құрылғының жұмыс ерекшелігі дауыл желінен қорғаныс болуын талап етеді, ол ағынның күші ұлғайған кезде роторды желден бұрады, соның салдарынан айналу жиілігі күрт төмендейді.

Көлденең қондырғылардың әртүрлі модификациялары бір, үш қалақты және одан да көп болады. Сондықтан пайдалы әсер коэффициенті тік типті жел генераторларына қарағанда әлдеқайда жоғары.

Тік түрі — турбина жер жазықтығына қатысты тігінен орналасқан. Шағын желмен жұмыс істей бастайды.

Тік жел генераторлары жел ағынының қалақтардың кері жағына тоқтатын әсер болуы салдарынан тиімді емес. Бұл тік жел генераторларының жалғыз дерлік кемшілігі. Тік құрылымдар желге бағыттауды қажет етпейді, жоғары дінгектерге орнатуды талап етпейді, жөндеу, қызмет көрсету немесе дербес дайындау үшін қол жетімді.

Жел күшінің тік түрлендіргіштері энергияға жиі тұрмыстық қажеттіліктер үшін қолданылады. Жел генераторларының бұл түрлері қызмет көрсету оңай. Негізгі назар аударуды талап ететін тораптар қондырғылардың төменгі бөлігінде орналасқан және қол жетімді[6].

Жел генераторларының осьтік роторларының тік осьтік роторлары ҚҚП-да көлденең осьтік жолмен ұтылатынына қарамастан, олар әлі де даусыз артықшылықтарға ие:

- Кез келген климаттық белдеуде жұмыс істеу. Кіші көлденең алаңның арқасында олар дауылдан Қорықпайды.

- Өзінің іске қосылуы үшін қосымша құрылғыларды қажет етпейді. Қалақтардың иілген формасының арқасында іске қосу желдің ең аз мәндерінде - 0,3 м/сек болады. Тиімді мәндерге генератор ауа ағынының жылдамдығы 5 м / сек-тен жетеді.

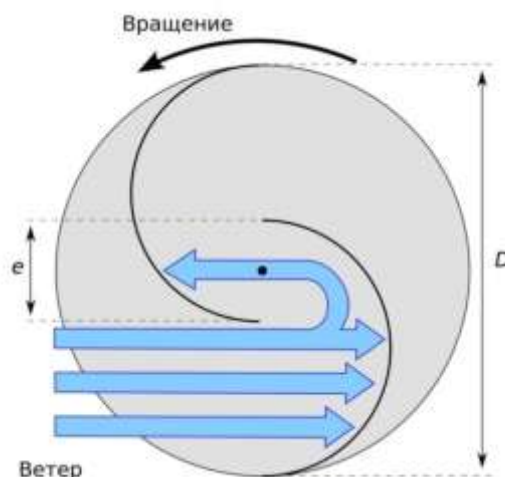
- Шуылдың 20 дБ-ға дейін төмен деңгейінің арқасында, жел желіге тікелей жақын жерде орнатылуы мүмкін, бұл электр қуаты аз өндіруде және сымдардағы ток күшін жоғалтуда маңызды.
- Желдің белгілі бір бағытын талап етпейді. Кез келген бұрышпен жүретін әуе ағынынан жұмыс істей бастайды.
- Қарапайым дизайн одан әрі қызмет көрсету шығындарын төмендетеді.
- Конструкцияны біртұтас ретінде қабылдайтын және қалақтар арқылы ұшуға тырыспайтын құстар үшін қауіпті емес.

Жер жазықтығына турбиналардың тік орналасуы кәсіби конструкторлар мен талантты әуесқойлар жасаған түрлі модельдердің болуын қамтамасыз етеді. Тік роторлар конструкциясының кейбір нұсқаларын қарастырайық:[6]

2.3.1 Савониус роторы

1924 жылдың қазан айының басында орыс өнертапқыштары ағайынды Я. А. және А. А. А. Ворониндердің көлденең роторлы турбинаға кеңес патентін алды, келесі жылы Фин өнеркәсіпті Сигурд Савониус осындай турбиналардың жаппай өндірісін ұйымдастырды. Сол себептен, құрылғы Савониус деп аталады.

Савониус цилиндрді екі жартыға бөліп, қалақтар мен олардың арасындағы кеңістікті алу үшін оларды бір-біріне қатысты жылжытуды ұсынды. Савониустың идеясының мәні бір күрекке ұратын ауа ағымы, осьтік аралықтан өтіп, екінші күрекке бағыттталып, желдің әсерін айтарлықтай күшейтті[7].



1 Сурет – Савониус роторы

2.3.2 Геликоидты ротор

Мұндай роторлар Горлов деп де аталады. Бұл генераторлардың конструкцияның негізінде орталық айналу осі (тік) және оған параллель орналасқан, доға бойынмен бұралған, бірнеше қалақтардан жатыр.

Мұндай конструкция ауаның аздаған ағындарын оңай ұстауға және жұлқусыз тегіс айналуға мүмкіндік береді, осының арқасында динамикалық жүктеме айтарлықтай төмендейді, ал негіздер мен айналмалы тораптар ұзақ және жарамды жұмыс істейді.

Мұндай роторлардың сенімділігі өте жоғары. Агрегат жұмыс істеп тұрған кезде дыбыс толқындарын, қысқа диапазонды қоса алғанда, қатты дыбыс әсерлері жасалады.

Күрделі формадағы қалақтарды жасау-бұл өте шығынды, сондықтан да дайын қондырғының құны өте жоғары[7].

2.3.3 Дарье роторы

Ротор (немесе турбина) Дарье — бұл жел энергетикасында кеңінен қолданылатын құрылғы. Өзірлеу Жорж Дарьенің авиаконструкторына жатады. Басты артықшылық-ауа ағынының кез келген бағыттарында және қолайсыз ауа райы жағдайларында жұмыс істеу қабілеті.

Жел турбинасы Дарье жел турбинасы осы типті кез келген басқа құрылғы сияқты принцип бойынша жұмыс істейді. Жұмыс ось айналасында қалақтардың айналу принципіне негізделген. Жұмыс денесінің (газдың немесе сұйықтықтың) кинетикалық немесе ішкі энергиясы механикалық жұмысқа айналады. Ротор айналмалы осі энергия көзінің ағынына перпендикуляр орналасқан. Турбина баламалы энергия көздерін пайдалану үшін бейімделген болғандықтан, жұмыс денесінің рөлінде жел болады.

Дарье роторы конструкциясының жұмыс принципі аэродинамикалық көрсеткіштердің әртүрлілігіне негізделген. Осының арқасында механизм қалақтарының айналуы қамтамасыз етіледі. Ауа ағындарының айналымы пайда болған соң, құрылғы үздіксіз айнала бастайды.

Әрбір қанатқа әуе ағынына қатысты көтерілу күші жеке әсер етеді. Бұл күштің көрсеткіштері қалақша мен жел ағынының жылдамдығы арасында түзілетін бұрышқа байланысты. Іске қосу кезінде пайда болатын күш сәті тұрақты емес, ауыспалы сипатқа ие. Дарье роторының құйынды пайда болуы қалақтардың қозғалысымен байланысты белгілі бір циклдік. Механизмнің жұмысын қамтамасыз ететін көтеру күшін құру үшін қанаттардың үздіксіз және үздіксіз қозғалысын қамтамасыз ету қажет[7].

2.4 Жел генератор құраушы бөліктері

Жел генераторының жұмыс істеу негізіне желдің кинетикалық энергиясын ротордың механикалық энергиясына трансформациялау жатады, содан кейін электр энергиясына түрлендіріледі.

Жұмыс принципі өте қарапайым: құрылғы осіне бекітілген қалақтардың айналуы роторгенератордың айналмалы қимылдарына алып келеді, соның арқасында электр энергиясы өндіріледі.

Алынған тұрақсыз айнымалы ток батареяларды зарядтауға қабілетті тұрақты кернеуге айналатын контроллерге" тоқтайды". Ол жерден қоректену инверторға түседі, онда ол 220/380 В көрсеткішімен ауыспалы кернеуге ауысады, ол тұтынушыларға беріледі[8].

2.4.1 Жел генератор роторы

Барлық агрегаттың конструкциясы негізгі элементтерінің бірі ротор.

Жел турбиналары мөлшерлерде өсуімен бірге олардың қалақтары да өсті, қалақтары 1980 жылы шамамен 8 м болса, қазір көптеген жер үсті коммерциялық жүйелерде қалақтар 40 м-ден астам ұзындыққа дейін барады. Жақсартылған қалақтардың конструкциялары қарапайым геометриялық масштабтауға қарағанда салмақ өсуін төмен деңгейде ұстап тұруға мүмкіндік берді. Қалақтардың қазіргі заманғы конструкциялары компьютерлік талдаудың жаңа құралдарын пайдалана отырып, қатаң бағалауға ұшырайды, сондықтан артық салмақтан жойылуы мүмкінлігі жоғары. Конструкторлар сондай-ақ қалақтарды нығайту және қалақтардың салмағын бір уақытта төмендете отырып, беріктігін арттыру үшін қатты кернеулі жерлерде жеңіл және берік көміртекті талшықпен жұмыс істей бастайды. Алайда, көміртекті талшық ақылға қонымды пайдаланылуы керек, себебі оның құны шыны талшығының құнынан 10 есе асып түседі.

2-ші суретте жел генератор қуатының жел жылдамдығына тәуелділік графигі және әр түрлі аймақтағы турбинаны басқары көрсетілген. Турбиналардың көбісі жел жылдамдығы 5,4 м/с болған кезде жұмысын бастайды. Бұл аймақ cut in speed аймағы деп аталады. Жел жылдамдығы 5,4 м/с төмен болған жағдайда турбинаның қалақтары қозғалыссыз тұрады. Бұл уақытта жел генераторы шығынға алып келеді. Себебі, оны бір қалыпта ұстап тұру үшін энергия жұмсалады. Жел генераторының ПЭК ең жоғары мәні жел жылдамдығы 12,5 м/с -13,4 м/с болған кезде жетеді. Бұл аймақ rated speed аймағы деп аталады. Ал егер жел жылдамдығы 13,4 м/с асып кеткен жағдайда, ротор айналу жылдамдығы тежегіштер арқылы тежетіледі. Себебі, мұндай жылдамдықтағы қалақтар қозғалысы генератор мен трансмиссияға үлкен жүктеме, ал бұл жел генераторының істен шығуына алып келуі мүмкін. Ал жел жылдамдығы 26,8 м/с асып кеткен жағдайда жел генератор жұмысы тоқтатылады[8].



2 Сурет – Жел генератор қуатының жел жылдамдығына тәуелділік графигі

Қозғалатын ауа ағынының барлық энергиясы алынуы мүмкін емес; ауаның кейбір мөлшері шығарылғаннан кейін қозғалыста қалуы тиіс, әйтпесе ешқандай жаңа, қуатты ауа құрылғыға кіре алмайды. Кірпіш қабырғасының құрылысы қабырғадағы ауа ағынын тоқтатар еді, бірақ энергиялық ауаның еркін ағыны тек қабырғаға ағады. Спектрдің басқа соңында ауаны баяулатпайтын құрылғы, сондай-ақ ешқандай энергия алмайды. Оңтайлы бұғаттау шешімі әдетте неміс физикасы Альберт Бетцаға қосылады және Бетец

шегі деп аталады. Ең жақсы жағдайда, құрылғы жұмыс аймағы сияқты ауданы бар ағындағы энергияның 59% - ын теориялық тұрғыдан алып тастай алады.

Қазіргі заманғы жел турбинасының аэродинамикалық сипаттамалары соңғы 20 жылда айтарлықтай жақсарды. Роторлық жүйе шамамен 80% теориялық ықтимал энергия ағынында алады деп күтуге болады. Бұл жел турбиналары үшін арнайы аэродинамикалық профильдерді әзірлеудің арқасында мүмкін болды. Шын мәнінде, қазіргі уақытта турбиналарды өндірушілер үшін турбинаның әрбір жеке конструкциясы үшін арнайы профиль конструкциялары болуы қалыпты іс болды. Бұл арнайы аэродинамикалық профильдер төмен жылдамдықты желдің аэродинамикалық тиімділігін оңтайландыруға және қатты жел кезінде аэродинамикалық жүктемелерді шектеуге тырысады. Бұл жаңа профиль конструкциялары, сондай-ақ алдыңғы жиекте жинақталатын кір мен қателер салдарынан қалақтардың ластануына сезімталдықты азайтуға тырысады және айтарлықтай тиімділігін төмендетуі мүмкін. Роторларды жобалау әдістері айтарлықтай жақсарғанымен, әлі де жетілдіру мүмкіндіктері бар[8].

2.4.2 Жел генераторының басқарушы жүйесі

Қазіргі заманғы контроллерлер ротордың айналу жылдамдығын, қалақтардың көлбеу бұрышын, генератордың айналу моментін, сондай-ақ кернеуді және қуатты түрлендіру фазасын басқару үшін ондаған датчиктерден сигналдарды интеграциялайды.

Сонымен қатар, Контроллер қауіпсіздік саласындағы маңызды шешімдерді қабылдауға жауап береді, мысалы, қысылтаяң жағдайларды жүзеге асыру кезінде турбинаны өшіру. Қазіргі таңда турбиналардың көпшілігі ауыспалы жылдамдықпен жұмыс істейді, және басқару жүйесі ротордың айналу жиілігін үздіксіз жаңарту жолымен жел тербелісі кезінде максималды тиімділікті алу үшін ротордың айналу жиілігін және жетекті берілістің ауыспалы айналмалы жүктемелерін төмендету үшін генератордың жүктемесін реттейді. Жұмыс айнымалы жылдамдығы қуатты түрлендіргіштерді пайдалануды талап етеді, генерацияланатын қуат желі жиілігіне сәйкес келеді. Күштік түрлендіргіш сондай-ақ турбиналарға қорғаныс, кернеуді бақылау және реактивті қуатты динамикалық қолдау арқылы ақауларды жеткізуге мүмкіндік береді[8].

2.4.3 Жел генераторының жетекші механизмі (редуктор, генератор және күш түрлендіргіш)

Электр энергиясының жел генерациясы электр жүйелеріне ерекше талаптар жинағын ұсынады. Электр жетектерінің көптеген қолданулары электр өндірісі үшін крутящий моментін пайдалануға емес, крутящий моментін өндіру

үшін электрді пайдалануға бағытталған. Крутящий мезетінен электр энергиясын өндіретін қосымшалар әдетте тұрақты номиналды қуатта жұмыс істейді. Екінші жағынан, жел турбиналары қуаттың барлық деңгейлерінде энергияны генерациялауы және қуаттың төмен деңгейлерінде едәуір уақыт жұмсауы тиіс. Электр машиналарының көпшілігіне қарағанда, жел генераторлары қол жетімді энергиядан әрбір киловатт-сағат аман қалу үшін төмен қуат/төмен жел саласындағы барынша мүмкін аэродинамикалық және электрлік тиімділікпен жұмыс істеуі тиіс.

Дәстүрлі электр машиналары мен күш электроникасы көңілсіз, себебі қозғалтқыштардың көптеген қолдануларында энергия қоры бар, ал тиімділігі аз қуатты аймақта маңызды емес. Жел жүйелері үшін генератор қуатты номиналды деңгейге дейін сақтау үшін энергияны өткізгенде, генерациялайтын жүйе номиналды деңгейден жоғары желде тиімді болуы өте қиын емес. Осылайша, жел жүйелері жоғары қуат кезінде тиімсіздігіне мүмкіндік бере алады, ал олар төмен қуат кезінде ең жоғары тиімділікті талап етеді—барлық басқа қолданыстағы электр қосымшаларына тікелей қарама-қарсы.

Айналмалы моменттің электр қуатына түрленуі жылдамдықтың жоғарылауы және асинхронды генератордың беріліс қорабының көмегімен Тарихи жолмен жетті. Мегаваттық масштабтағы көптеген заманауи турбиналар планетарлық берілістер мен параллель біліктердің орналасуының әртүрлі нұсқаларынан тұратын үш сатылы беріліс қорабын пайдаланады. Генераторлар қысқа тұйықталған индукцияны немесе оралған роторы бар индукцияны білдіреді, бұл ретте кейбір жаңа машиналар ротордың ауыспалы жиілігінің электрлік шығысы қатты қуатты түрлендіргіш арқылы жинау жүйесіне берілетін ауыспалы жылдамдық үшін индукцияны екі рет беретін конструкцияны пайдаланады. Қуатты толық түрлендіру және синхронды машиналар олардың істен шығуына және желіні қолдаудың басқа да мүмкіндіктеріне байланысты қызығушылық тудырады.

Жалпы парк бойынша редукторларға қызмет көрсетудің проблемаларына және кейбір бұрынғы конструкциялардағы олармен байланысты істен шығуларға байланысты, сериялық өндіріске енгізу алдында олардың беріктігі мен сенімділігін дәлелдеу үшін редукторлардың жаңа конфигурацияларын кең ауқымды динамометриялық сынау жүргізу стандартты тәжірибеге айналды. Мегаваттық масштабтағы электр жетектерінің қазіргі буынының ұзақ мерзімді сенімділігі ұзақ мерзімді нақты пайдалану тәжірибесімен толық расталмаған. Жел турбиналық жетек технологиясы жақын арадағы бірнеше жылда айтарлықтай дамитындығына қатысты кең консенсус бар[8].

2.4.4 Мұнара

Мұнара-бұл алаңның жергілікті жағдайына байланысты арнайы жобаланған бетон іргетастағы Болат монопольды мұнара.

Басты ауыспалы мұнара-биіктігі. Объектінің жел сипаттамаларына байланысты мұнараның биіктігі мұнараның құнына қатысты энергияны ұстап тұруды оңтайландыратындай етіп таңдалады.

Әдетте, турбина биіктігі 60-тан 80 м-ге дейін мұнараға орнатылады, бірақ 100-метрлік мұнаралар жиі пайдаланылады. Қазіргі уақытта мұнаралардың жетілдірілген конфигурацияларын әзірлеу бойынша күш-жігер жасалуда, олар қымбат емес және жеңіл тасымалданатын және Орнатылатын.

3 ЖЕЛ ЭНЕРГИЯЛЫҚ ҚҰРЫЛҒЫСЫ ЖҮЙЕСІНІҢ ЭЛЕМЕНТТЕРІ СИПАТТАМАЛАРЫ

Жел энергиясы-ауадағы кинетикалық энергияның ерекше нысаны. Жел энергиясы Күштік түрлендіргіш машиналардың көмегімен электр энергиясына түрлендірілуі немесе суды, желкенді кемелерді айдау немесе астықты ұсақтау үшін тікелей пайдаланылуы мүмкін[6].

3.1 Жел энергиясы

Кинетикалық энергия бұл массаның объектісі үдемелі немесе айналмалы жылдамдықпен қозғалыста болған сайын бар. Ауа қозғалыста болғанда, қозғалатын ауада кинетикалық энергия төмендегі формуламен анықталуы мүмкін:

$$E_k = \frac{1}{2} m u^2, \quad (1)$$

мұнда m -ауа массасы, ал u — тиісті уақыт кезеңіндегі желдің орташа жылдамдығы.

Жел энергиясы уақытқа қатысты желдің кинетикалық энергиясын дифференциалдау арқылы алынуы мүмкін:

$$P_w = \frac{dE_k}{dt} = \frac{1}{2} m u^2. \quad (2)$$

Алайда, жел энергиясының аз бөлігі ғана электр энергиясына түрлендірілуі мүмкін. Жел жел турбинадан өтіп, қалақты айналуға әкелетін кезде желдің тиісті массалық шығыны

$$m = \rho A u. \quad (3)$$

Бұл жердегі ауа тығыздығы, ал қалақтардың сызатын бет бет ауданы. Қорытындылай келе, жел қуатын келесі формуламен анықтауға болады:

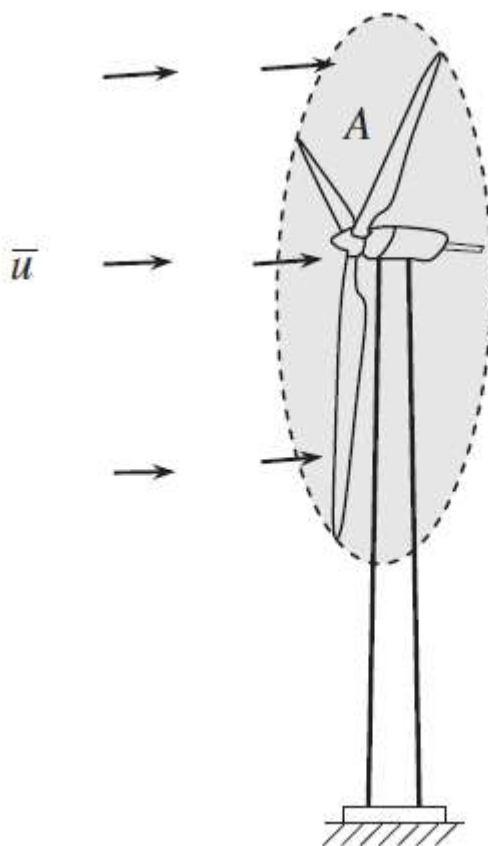
$$P_w = \frac{1}{2} \rho A u^3. \quad (4)$$

Қорытылған теңдеуді зерттеу желдің жоғары қуатын алу үшін желдің жылдамдығы жоғары болу қажет, қалақтардың сызатын бет ауданы үлкен болуы қажет, ол үшін қалақтардың ұзындығын ұзарту қажет, және ауаның тығыздығы жоғары болуының қажеттілігін көрсетеді. Орташа жел шығыс қуаты жел жылдамдығының текше қуатына пропорционал болғандықтан, жел жылдамдығының аз өзгеруі жел қуатының үлкен өзгеруіне әкелуі мүмкін[6].

3.1.1 Жел қалақтарының сызатын бет ауданы

Жел қалақтарының сызатын бет ауданының есептеу формуласы:

$$A = \pi[(1 + r)^2 - r^2] = \pi l(1 + 2r). \quad (5)$$



3 Сурет – Жел генератор қалақтарың сызатын бет ауданы

Мұндағы l -жел қалақтарының ұзындығы, ал r -шеңбер радиусы. Осылайша, жел қалақтарының ұзындығын екі есе арттыру кезінде сызылатын шеңбер ауданы 4 есе ұлғайтылуы мүмкін.

$L \gg 2r$, $A \approx \pi l^2$ болғанда[6].

3.1.2 Ауа тығыздығы

Жел энергиясын өндіруге тікелей әсер ететін тағы бір маңызды параметр ауа тығыздығы болып табылады, оны күй теңдеуі бойынша есептеуге болады:

$$\rho = \frac{p}{RT}. \quad (6)$$

Мұндағы p - жергілікті ауаның қысымы, R -газ тұрақтысы (287 Дж / кг-ауа үшін), ал T - ауаның жергілікті температурасы.

Гидростатикалық теңдеу тік қозғалыс жоқ кезде бекітеледі, екі биіктік арасындағы қысым айырмашылығы ауа қабатының массасымен байланысты:

$$dp = -\rho g dz, \quad (7)$$

мұнда g - еркін түсу үдеуі[6].

3.2 Жел сипаттамалары

Жел географиялық жағдайына, тәулік уақытына, жер бетінің үстіндегі маусымы мен биіктігіне, ауа райына және жер бедерінің жергілікті нысандарына байланысты өзгереді. Жел сипаттамасын түсіну жел турбинасының құрылымын оңтайландыруға, желді өлшеу әдістерін әзірлеуге және жел электр станциялары үшін орын таңдауға көмектеседі.

3.2.1 Жел жылдамдығы

Жел жылдамдығы жел энергиясын өндіруде ең маңызды сипаттамалардың бірі болып табылады. Жел жылдамдығы уақыт пен кеңістікте да өзгереді, бұл географиялық және ауа райы жағдайлары сияқты көптеген факторлармен анықталады. Жел жылдамдығы кездейсоқ параметр болып табылатындықтан, жел жылдамдығы туралы өлшенген мәліметтер әдетте статистикалық әдістерді қолдану арқылы өңделеді. Желдің орташа жылдамдығының тәуліктік вариациялары синусоидалы толқындармен сипатталады. Мысалы, 1970 жылдан бастап 1984 жылға дейінгі кезеңдегі деректер негізінде есептелген орташа мәндер болып табылатын жел жылдамдығының сағаттық мәндерінің тәуліктік вариациялары, Сауранда, Сауд Арабиясы толқынды суретті көрсетті. Жел жылдамдығы күндізгі уақытта жоғары, және ең жоғары жылдамдық шамамен 3 сағатта жүреді, бұл желдің күндізгі жылдамдығы күн сәулесінің күшіне пропорционал екенін көрсетеді. Техас штатындағы Лаббоктағы жел жылдамдығы қараңғы сағатта тұрақты және күндізгі уақытта қисық сызықты схемада жүретінін хабарлады. Желдің орташа айлық жылдамдығы орташа айлық температураға кері пропорционалды, яғни қыста және жазда төмен деген қорытындыға келді. Желдің ең жоғары жылдамдығы қаңтар айына, ал ең төменгісі-тамыз айына келеді. Хассанм мен Хилл 1970-1984 жылдар аралығында Дахрандағы желдің орташа мәнінің ай сайынғы өзгеруі, Сауд Арабиясы толқынды суретті көрсетті. Алайда, жыл бойы сакинадағы температураның ауытқуы көп емес болғандықтан, жел жылдамдығы мен температура арасындағы нақты корреляция жоқ[7].

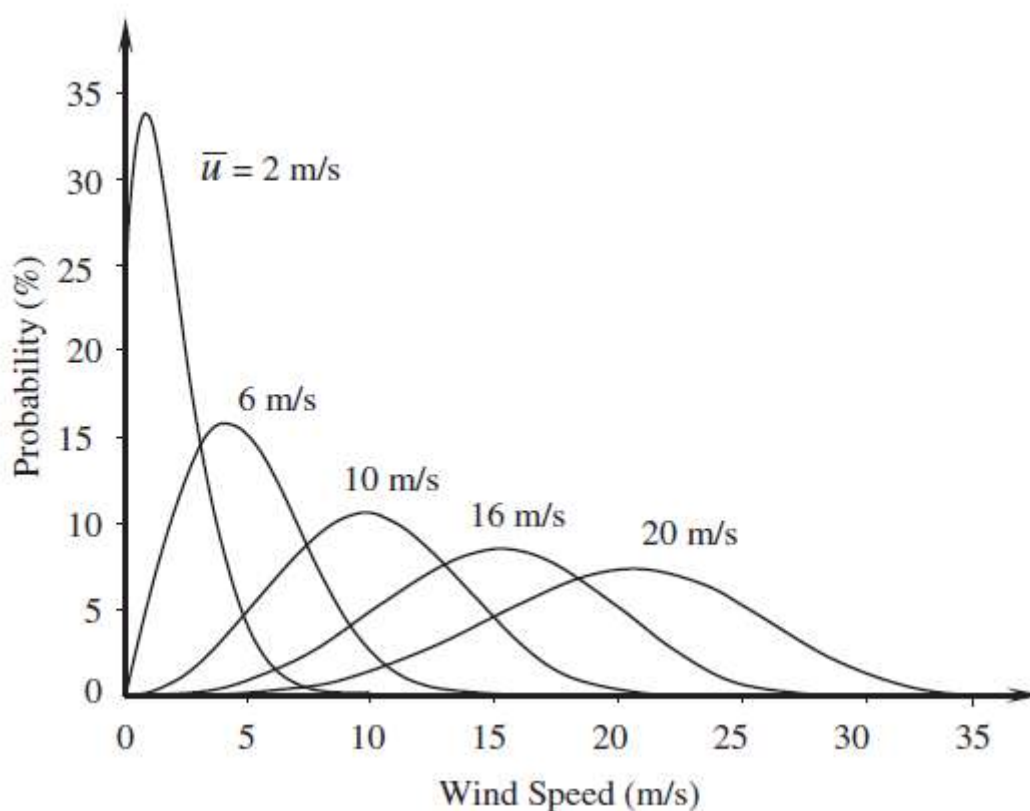
3.2.2 Желдің турбуленттілігі

Жел турбуленттілігі-бұл қысқа уақыт ауқымындағы жел жылдамдығының тербелісі, әсіресе көлденең жылдамдық құраушы үшін. Жел жылдамдығы $u(t)$ кез келген уақытта t екі құраушы ретінде қарастыруға болады: желдің орташа жылдамдығы u — және флуктуацияның жылдамдығы $u'(t)$, яғни.:

$$u(t) = u + u'(t) \quad (8)$$

Жел турбуленттілігі жел турбинасының шығыс қуатының тербелісіне қатты әсер етеді. Қатты турбуленттілік турбинаға әсер ететін үлкен

динамикалық шаршау жүктемелерін тудыруы мүмкін және осылайша турбина қызметінің күтілетін мерзімін азайтуы немесе оның істен шығуына әкелуі мүмкін.



4 Сурет – Жел жылдамдығы мен турбуленттік мүмкіндік қатынасы

Жел электр станциясы объектілерін таңдау кезінде жел турбинасының қарқындылығын білу жел энергетикасы өндірісінің тұрақтылығы үшін шешуші мәнге ие. I жел турбуленттілігінің қарқындылығы стандартты ауытқудың $S(u)$ желдің орташа жылдамдығына қатынасы ретінде анықталады u :

$$I = \frac{S(u)}{u} \quad (9)$$

3.2.3 Жел екпіні

Жел ағысы салыстырмалы аз уақыт аралығында жел жылдамдығының кенеттен ұлғаю. Кенеттен турбуленттік екпін болған жағдайда желдің жылдамдығы, турбуленттілігі және желдің ауысуы күрт өзгеруі мүмкін. Мұндай күрт турбуленттік бұлінулер кезінде жел генераторының тұрақты қуатын сақтай отырып, ротор теңгерімсіздігінің төмендеуі қалақтардың тангажы бұрышының салыстырмалы түрде тез өзгеруін талап етеді. Алайда, әдетте, турбуленттік екпіннің пайда болуы мен қадамды басқару жетегінің динамикасына және механикалық компоненттердің үлкен инерциясына негізделген қалақтардың нақты тербелісі арасында уақытша лаг бар. Сонымен

катар, турбуленттік жүктемелер мен генератордың айналу жиілігінің дисбаланстары, демек, турбинаның компоненттеріндегі тербелістер осындай турбуленттік бұлінулер кезінде айтарлықтай өсе алады және шығыстық қуаттың ең жоғары берілген деңгейінен асуы мүмкін. Сонымен қатар, кенеттен

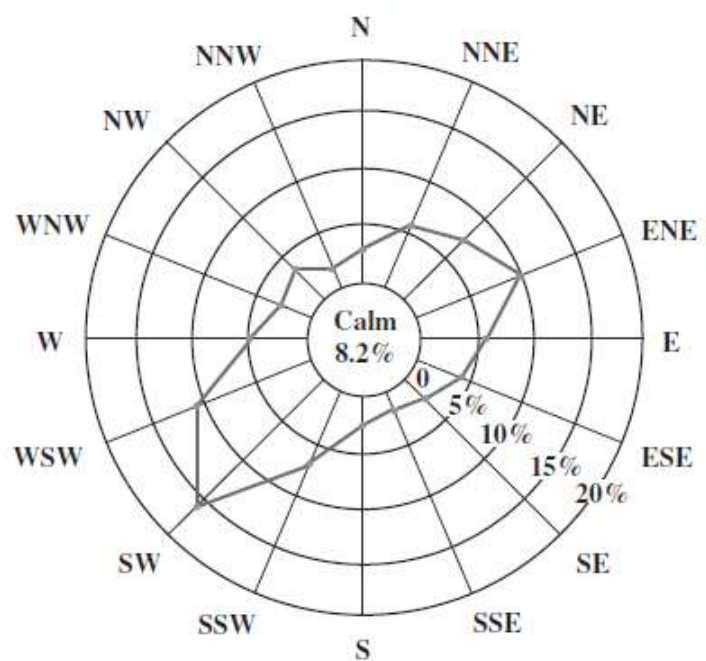
желдің турбуленттік екпіні мұнараның алға-артқа және желдің ығысу әсерінің күшеюі есебінен бір жағынан едәуір ұлғайтылуы мүмкін.

Жел электр станцияларының қауіпсіз жұмысын қамтамасыз ету үшін желдің екпінін болжаған жөн. Желдің екпінін болжаудың бірнеше түрлі әдістері ұсынылды. Ауа райын жедел болжауда қолданылатын әдістердің көпшілігіне қарағанда Брассер физикалық есепке негізделген желдің екпінін болжаудың жаңа әдісін әзірледі. Басқа зерттеуде ол желдің орташа жылдамдығынан жоғары соққы ретінде анықталатын желдің екпін факторын пайдалану желдің екпінінің жылдамдығын болжауы мүмкін екенін хабарлады. Бұл нәтижелер басқа зерттеушілердің алдыңғы жұмыстарымен келісіледі[7].

3.2.4 Жел бағыты

Жел бағыты-жел сипаттамасының бірі. Жел электр станциясы алаңын таңдау және жел электр станциясындағы жел генераторларын құрастыру кезінде ұзақ уақыт кезеңіндегі желдің бағыттары туралы статистикалық деректер өте маңызды.

Жел бағытының диаграммасы жел туралы деректерді талдау үшін пайдалы құрал болып табылады, ол белгілі бір уақыт кезеңі ішінде белгілі бір орында жел бағыттарымен байланысты (жыл, маусым, ай, апта және т.б.).). Бұл айналмалы диаграмма 8 немесе 16 негізгі бағыттардағы желдің салыстырмалы жиілігін көрсетеді. 5-ші суретте көрсетілген мысал ретінде жел раушан диаграммасында бір-бірінен $22,5^\circ$ қашықтықта орналасқан 16 радиалды желі бар. Әрбір желінің ұзындығы жел бағытының жиілігіне пропорционалды. Тыныш немесе тыныш ауа жиілігі орталық шеңберде санмен беріледі. Кейбір жел раушан диаграммалары жел жылдамдығы туралы ақпаратты қамтуы мүмкін.



5 Сурет – Жел бағыты үшін жел раушан диаграммасы.

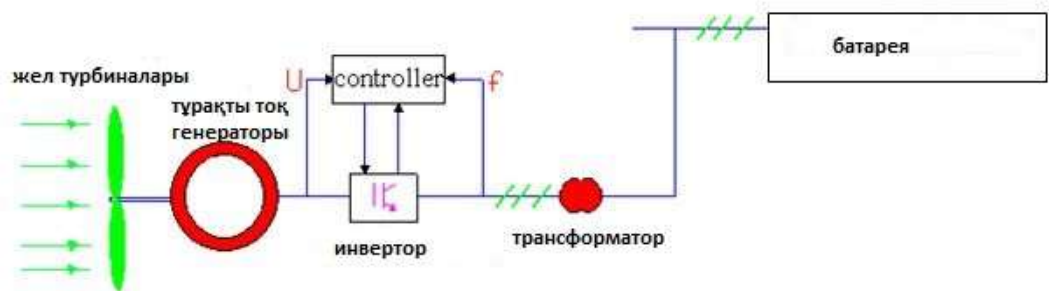
4 ЖЕЛ ТУРБИНА ГЕНЕРАТОРЫ

Жел генераторы механикалық энергияны электр энергиясына түрлендіреді. Жел генераторлары әдетте электр желісіне қосылған басқа генераторлық қондырғылармен салыстырғанда сәл өзгеше. Себебі, генератор өте өзгермелі механикалық қуаттылықты (айналмалы моментті) қамтамасыз ететін энергия көзімен (жел турбинасының роторымен) жұмыс істеуі тиіс.

Жел генераторларындағы шектеуші факторлардың бірі олардың генераторлық технологиясы болып табылады. Ғалымдар мен өнеркәсіп арасында ең жақсы жел генераторларының технологиясына қатысты бірыңғай пікір жоқ. Жел генераторларының үш негізгі түрі бар, олар әр түрлі жел турбиналы жүйелер үшін қарастыруға болады: бұл тұрақты токтың генераторлары, айнымалы токтың синхронды және айнымалы токтың асинхронды генераторлары. Негізінде, олардың әрқайсысы бекітілген немесе ауыспалы жылдамдықпен іске қосылуы мүмкін. Жел энергетикасының флуктуациялық сипатына байланысты айнарудың ауыспалы жылдамдығы бар жел генераторын пайдалану тиімді, бұл турбинаның қалақтары мен жетекті беріліске физикалық жүктемені төмендетеді, сондай-ақ жүйенің аэродинамикалық тиімділігін және өтпелі қозғалтқыштардың айналу сәтін жақсартады[6].

4.1 Тұрақты токтың генераторлары

Тұрақты токтың қарапайым машиналарында өріс статорда, ал якорь роторда болады. Статор тұрақты магниттермен немесе тұрақты өрістің орамдарымен қозғалатын бірнеше полюстерден тұрады. Егер машина электр қозғаса, онда ол шунттаушы орамасы бар тұрақты ток генераторының тұжырымдамасын ұстануға бейім.



6 Сурет – Тұрақты ток генераторының жалғану сұлбасы.

Тұрақты токтың жел генераторлары жүйесінің мысалы 6-шы суретте көрсетілген. Ол жел турбинасынан, тұрақты ток генераторынан, биполярлы транзистордағы оқшауланған қақпағы бар инвертордан, контроллерден,

трансформатордан және электр желісінен тұрады. Шунттаушы орамасы бар тұрақты ток генераторлары үшін өріс тогы (және, демек, магнит өрісі) жұмыс жылдамдығымен артады, ал жел турбинасының нақты жылдамдығы джел турбина жетегінің сәті мен жүктеме моментінің арасындағы тепе-теңдікпен анықталады. Ротор өзіне пікір білдірушінің жылжымалы сақинасымен қосылған якорьға оралған өткізгіштерді қамтиды. Электр қуаты тұрақты ток шығысына айнымалы токтың генерацияланатын қуатын түзету үшін пайдаланылатын комментаторды қосатын щеткалар арқылы алынады. Әлбетте, олар тұрақты техникалық қызмет көрсетуді талап етеді және коллекторлар мен щеткаларды пайдалану салдарынан салыстырмалы қымбат тұрады[8].

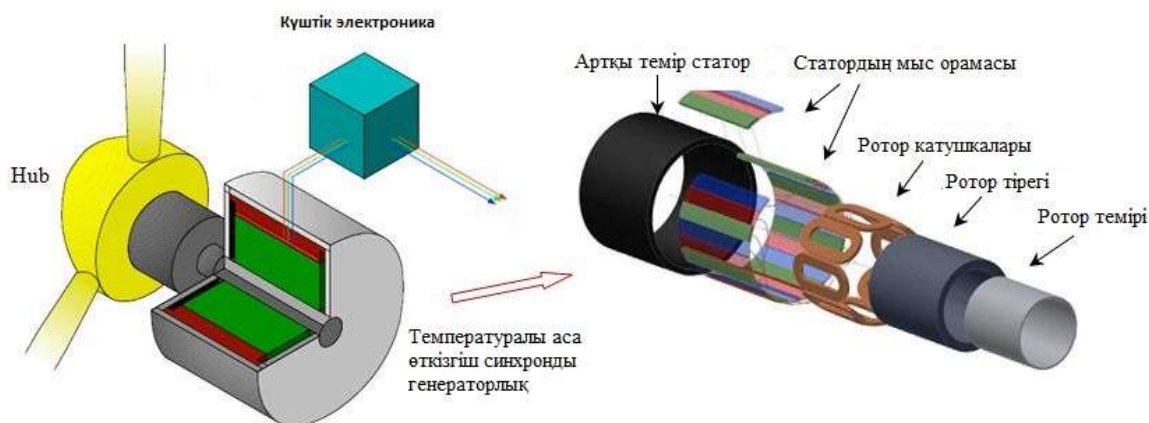
4.2 Айнымалы токтың синхронды генераторлары

Жел генераторларын әзірлеудің басынан бастап үш фазалы синхронды машиналарды пайдалану бойынша айтарлықтай күш-жігер жұмсалды. Айнымалы токтың синхронды жел генераторлары тұрақты магниттерден немесе электромагниттерден тұрақты немесе тұрақты қозуды қабылдай алады және сондықтан тұрақты магниттері бар синхронды генераторлар және электр қозуы бар синхронды генераторлар деп аталады. Трансформаторлар мен күштік түрлендіргіштер арқылы желіге қосылатын үшфазалы қуат статор орамасы шығарылады. Белгіленген айналу жылдамдығы бар синхронды генераторлар үшін ротордың айналу жиілігі синхронды генераторлардағы сияқты дәл болуы тиіс. Әйтпесе, синхрондық жоғалады.

Синхронды генераторлар тексерілген машина технологиясы болып табылады, өйткені олардың электр энергиясын өндіру үшін өнімділігі бұрыннан зерттелген және кеңінен танылған. Синхронды жел генераторларының реактивті қуаттылығының теориялық сипаттамасын электрлік қозу үшін өрісті қоздыру схемасының көмегімен оңай бақылауға болады. Сонымен бірге, белгіленген жылдамдықпен синхронды генераторларды пайдалану кезінде жел жылдамдығының кездейсоқ флуктуациясы және мұнаралардың көлеңкелену әсерлері мен компоненттердің табиғи резонанстарынан туындаған мерзімді ұйытқулар энергия жүйесіне берілетін болады. Сонымен қатар, синхронды жел генераторлары, әдетте, төмен демпфирлеуші әсері бар, сондықтан олар трансмиссияның өтпелі процестеріне электр сіңірілген болуға мүмкіндік бермейді. Нәтижесінде, олар серіппелер мен амортизаторларда орнатылған беріліс қорабы түйіні қосымша демпфирлеуші элементті (мысалы, жетекті берілісте иілгіш муфтаны) немесе талап етеді. Олар энергожүйеге Интегралданған кезде, олардың жиілігін желі жиілігімен синхрондау нәзік операцияларды талап етеді. Сонымен қатар, олар әдетте күрделі, қымбат және индукциялық генераторларға қарағанда істен шығуға бейім. Электр магниттерді синхронды машиналарда пайдаланған жағдайда кернеуді басқару синхронды машинада жүреді, ал тұрақты магнитті қоздыру машиналарында кернеуді басқаруға түрлендіргіш тізбегінде қол жеткізіледі.

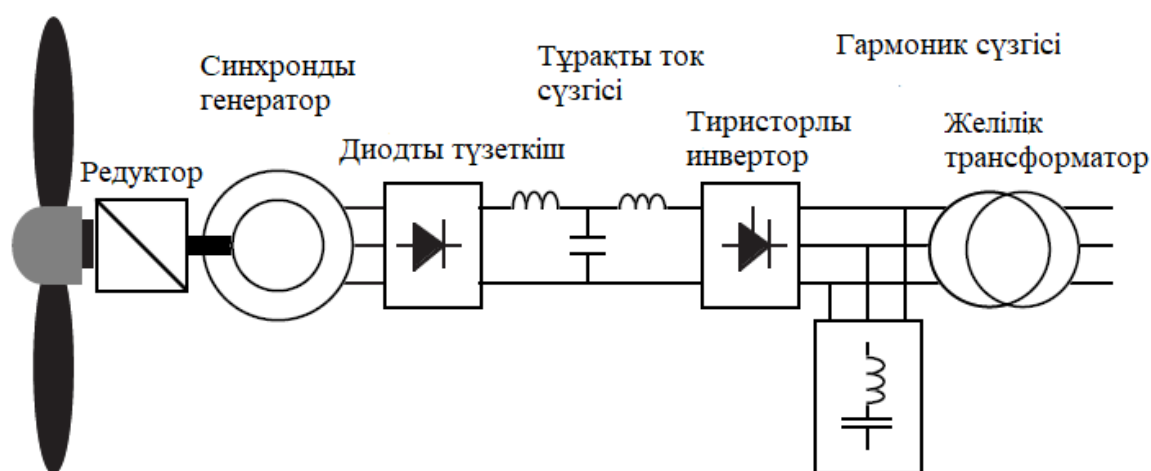
Соңғы онжылдықта тұрақты магнитті генераторлар жел генераторларында олардың жоғары тығыздығы мен төмен салмағына байланысты біртіндеп пайдаланылады. Бұл машиналар жиі тұрақты магнитті синхронды генераторлар деп аталады және шағын жел генераторларында таңдау машиналары ретінде қарастырылады. Генератордың құрылымы қарапайым. Тұрақты магниттер тұрақты магнит өрісін құру үшін роторға орнатылады, ал генерацияланатын электр якорьден (статордан) коллектордың, жылжымалы сақиналардың немесе щеткалардың көмегімен алынады. Кейде тұрақты магниттер шығындарды азайту үшін құйылған алюминийден цилиндрлік роторға біріктірілуі мүмкін. Тұрақты магниттердегі генераторлардың жұмыс принципі тұрақты магниттердегі генераторлар асинхронды жұмыс істей алатынынан басқа, синхронды генераторлардың жұмыс принципіне ұқсас. Тұрақты магнитті синхронды генераторлардың артықшылықтары коллекторды, жылжымалы сақиналар мен щеткаларды жоюды қамтиды, сондықтан машиналар берік, сенімді және қарапайым. Тұрақты магниттерді пайдалану қоздыру орамасын жояды (және онымен байланысты қуаттың жоғалуы), бірақ өрісті басқару мүмкін емес, ал тұрақты магниттердің құны үлкен машиналар үшін шамадан тыс жоғары болуы мүмкін[8].

Жел жылдамдығы айнымалы болғандықтан, тұрақты магнитті синхронды генераторлар электр энергиясын тұрақты жиілікпен генерациялай алмайды. Нәтижесінде олар қуат түрлендіргіштері АС-DC-АС түрлендіру арқылы электр желісіне қосылуы тиіс. Яғни, генерацияланатын айнымалы қуат (айнымалы жиілігімен және шамасымен) алдымен тұрақты ток түзетіледі, содан кейін айнымалы қуатқа қайта түрлендіріледі (тіркелген жиілігімен және шамасымен). Сондай-ақ, тұрақты магнитті машиналарды тікелей жетекті қолдану үшін өте тартымды. Бұл жағдайда олар жел турбиналарының көптеген істен шығуларын тудыратын проблемалы беріліс қорабын жоя алады. Машиналарда полюстердің үлкен нөмірлері және ұқсас бөлшектелген тісті машинадан физикалық көп болуы тиіс.



7 Сурет – Жоғары температуралы аса өткізгіш синхронды генераторлық жүйенің схемасы.

Синхронды генераторлардың әлеуетті нұсқасы жоғары температуралы аса өткізгіш генератор болып табылады. Машина статикалық артқы темірден, статикалық мыс орамынан, Жоғары температуралы аса өткізгіш қоздыру катушкасынан, Ротор өзекшесінен, ротордың тірек конструкциясынан, Роторды салқындату жүйесінен, криостаттан және сыртқы тоңазытқыштан, электромагниттік экран мен демпферден, мойынтіректен, білік пен корпустан тұрады. Машина конструкциясында статордың, ротордың, салқындатудың және редуктордың орналасуы Жоғары температуралы аса өткізгіш катушкаларды төмен температуралы жұмыс жағдайында ұстап тұру үшін ерекше проблемалар тудыруы мүмкін.



8 Сурет –Синхронды генератордың схемасы.

Жоғары өткізгіш катушкалар қарапайым мыс сымдарға қарағанда 10 есе үлкен ток алып жүре алады. Жоғары өткізгіштерді қолдану тізбек қуатының барлық далалық шығындарын жоюға мүмкіндік берер еді, ал жоғары өткізгіштік қабілеті ток тығыздығын арттыруға жоғары магниттік өрістерді жасауға мүмкіндік береді, бұл жел генераторларының салмағы мен габариттерінің айтарлықтай азаюына әкеледі. Сондықтан аса өткізгіш генераторлар үлкен қуат пен салмақты төмендету саласында үлкен перспективалар береді, мүмкін, қуаты 10 МВт және одан жоғары жел турбиналары үшін жақсы қолайлы болуы мүмкін. 2005 жылы Siemens компаниясы әлемдегі бірінші аса өткізгіш жел генераторын сәтті іске қосты, ол қуаты 4 МВт синхронды генератор болып табылады. Бірақ, әсіресе ұзақ және аз қызмет ететін жел турбиналық жүйелер жағдайында кездесетін көптеген техникалық проблемалар бар. Мысалы, әрдайым криогендік жүйелерді тоқтату кейін суыту және қалпына келтіру уақыты қосымша проблема болатындай ұстап тұру қажеттілігі бар[6].

4.3 Айнымалы токтың асинхронды генераторлары

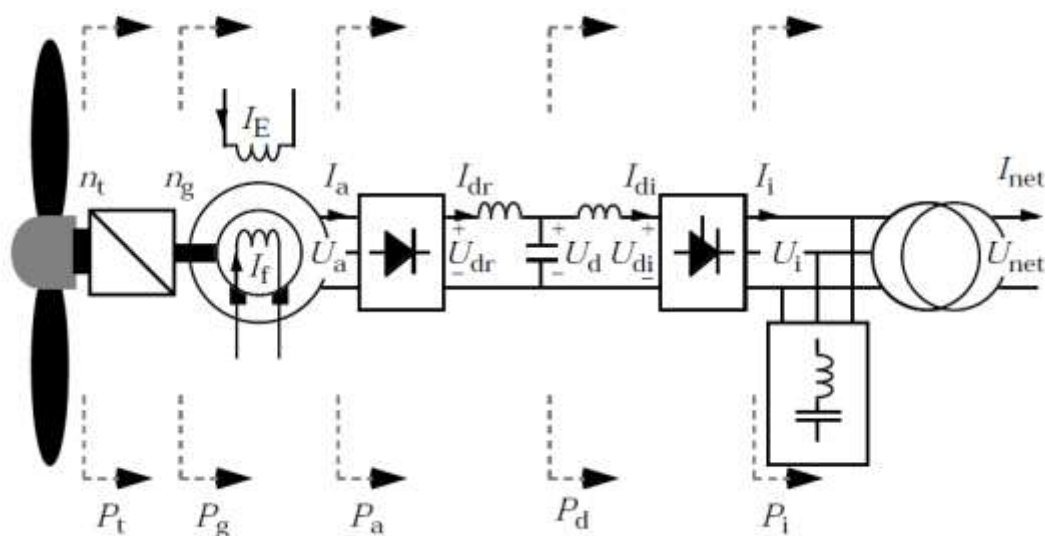
Электр энергиясының әдеттегі өндірісі синхронды машиналарды пайдаланады, қазіргі заманғы Жел энергетикалық жүйелер жел турбиналық қондырғыларда индукциялық машиналарды кеңінен қолданады. Бұл асинхронды генераторлар екі түрге бөлінеді: қысқа тұйықталған роторлары бар айналу жылдамдығы белгіленген асинхронды генераторлар (кейде қысқа тұйықталған асинхронды генераторлар деп аталады) және оралған роторлары бар қос қоректенетін асинхронды генераторлар.

Үш фазалы айнымалы токты статорға әуе саңылауына көлденең берген кезде айналмалы магниттік өріс орнатылады. Егер ротор синхронды жылдамдықпен айналса, онда сырғу пайда болады және ротор тізбегі қосылады. Жалпы айтқанда, индукциялық машиналар қарапайым, сенімді, арзан және жақсы дамыған. Олар демпфирлеудің жоғары дәрежесіне ие және ротордың айналу жиілігінің тербелістерін және жетек тізбегінің өтпелі процестерін жұтуға қабілетті (яғни істен шығуға төзімді). Бірақ асинхронды машиналар реактивті қуатты желіден алады, сондықтан реактивті қуатты компенсациялаудың белгілі бір нысаны қажет, мысалы, конденсаторларды немесе күштік түрлендіргіштерді пайдалану. Үшін асинхронды генераторлар тіркелген айналу жылдамдығы статорға жалғанған торы бар трансформатор арқылы жүзеге асырылады, ал ротор – жел турбина редуктор арқылы. Ротордың айналу жылдамдығы тіркелген деп саналады (тар диапазонда нақты өзгертін). 1998 жылға дейін жел турбиналарын өндірушілердің көпшілігі 1,5 МВт және одан төмен айналу жиілігі белгіленген асинхронды генераторларды салды. Бұл генераторлар әдетте 50 Гц жиіліктегі коммуналдық желі үшін минутына 1500 айналым жылдамдығымен (айн / мин), үш сатылы беріліс қорабымен жұмыс істеді[8].

5 СИНХРОНДЫ ГЕНЕРАТОРДЫ МАТЛАВ ОРТАСЫНДА МОДЕЛЬДЕУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ

Толық генераторлық жүйе және оның негізгі компоненттері 9-шы суретте көрсетілген. Турбина өзінің P_t қуатымен және n_t айналу жылдамдығымен сипатталады. Жылдамдық редуктор арқылы n_g генераторының айналу жиілігіне дейін артады. P_g -генератор білігіне кіріс қуаты. Егер ол жылжымалы сақинадан немесе қоздырғыштың тоғынан қоректенетін болса, генератор магниттелуі мүмкін. Қоздырғыш айналмалы түзеткіші бар кіріктірілген щеткасы жоқ қоздырғыш болып табылады. Генератордың якорінен шығатын электр қуаты P_a белгіленеді. Ia генераторы якорінің тогы және U_a кернеуі үш фазалы диодты түзеткішпен түзетіледі.

Түзеткіш U_{dr} тұрақты кернеуі мен I_{dr} тұрақты тогын жасайды. Тұрақты ток фильтрінің екінші жағында инвертор U_{di} тұрақты кернеу инверторын және I_{di} тұрақты ток инверторын басқарады. U_d - тұрақты токтың орташа кернеуі, ал I_d - орташа тұрақты ток. P_d тұрақты ток арнасының қуаты. Айнымалы ток инверторы I_i және айнымалы ток кернеуінің инверторы U_i белгіленеді. Түрлендіргіштен айнымалы қуат P_i белгіленеді[8].



9 Сурет –Синхронды генератордың схемасы.

Сүзгі негізгі бөлігінің қысқа тұйықталу жолымен ток гармониктерін күту үшін қолданылады. Генераторлық жүйенің шығуы-Inet желілік тогы. Желі кернеуі Unet белгіленеді.

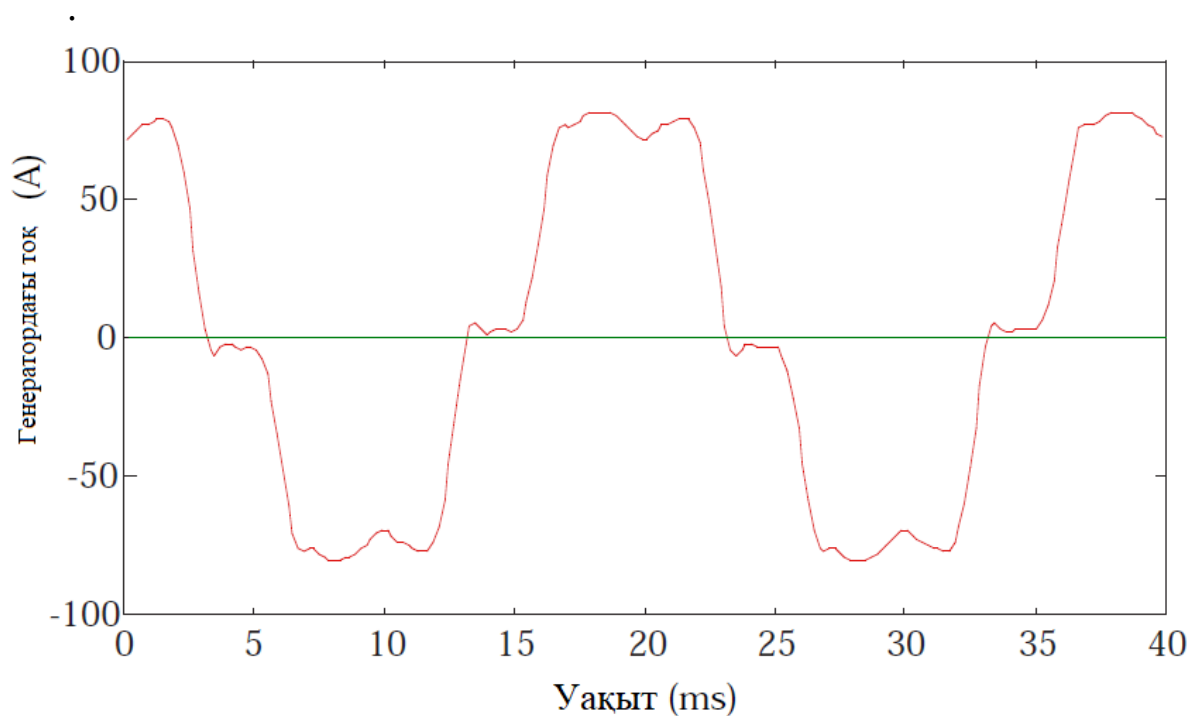
5.1 Жылдамдықты бағалау

Айнымалы айналу жылдамдығы бар жүйеде генератордың айналу жиілігі желі жиілігінде синхронды жылдамдықпен шектелмейді, яғни 50 Гц желі үшін 1500 айн / мин. Ең шағын генераторлар 1800 айн / мин дейін жұмыс істейді, 60 Гц, және жалғыз жоғарғы шегі олардың өмір сүру жылдамдығы болып табылады, Месс Alte және Leroy Somer генераторлары үшін 2250 айн / мин. Алайда, мұндай жоғары жылдамдық номиналды жылдамдық ретінде пайдаланылуы мүмкін емес. Номиналды жылдамдық жел турбинының авариялық тежегіштері белсендірілгенге дейін авариялық жағдайларда жылдамдықты арттыруды қамтамасыз ету үшін жеткілікті төмен болуы тиіс.

Генератордың ПӘК-і әдетте айналу жылдамдығының ұлғаюымен біршама артады. Жоғары жылдамдықты пайдалану сол қуатты алу үшін аз генераторды пайдалануға болады дегенді білдіреді. 50 Гц жиілікте жұмыс істеуге арналған Генератор 60 Гц жиілікте генератордан 20% ауыр және осындай номиналды қуаты бар. Номиналды жылдамдықты екінші шектеу мүмкін беріліс қатынасы болып табылады. Генератордың айналу жиілігі мен турбинаның айналу жиілігі арасындағы жылдамдық қатынасы қалыпты екі сатылы беріліс үшін мүмкін емес. Егер жоғары беріліс сандарды пайдалану қажет болса, онда үш сатылы беріліс қажет болады. Редуктордағы әрбір қосымша саты 0,5-тен 1% - ға дейінгі қосымша шығындарды білдіреді. Генератордың пәк тек бірнеше ондық пайызға ғана ұлғаятындықтан, генератордың жоғары жылдамдығына жету үшін үш сатылы берілісті пайдалануға ешқандай негіз жоқ. Екі сатылы планетарлық беру үшін беру қатынасының шегі шамамен 1: 50 жоғары[6].

5.2 Номиналды ток

Якорь тогындағы гармониктер якорь орамдарының қызуын болдырмау үшін негізгі токтың номиналды тогынан азаю қажет етеді. Дiodты түзеткіш синусоидалы емес генераторлық токтарға әкеледі, оның орнына олар тікбұрышты ток импульстеріне ұқсайды.

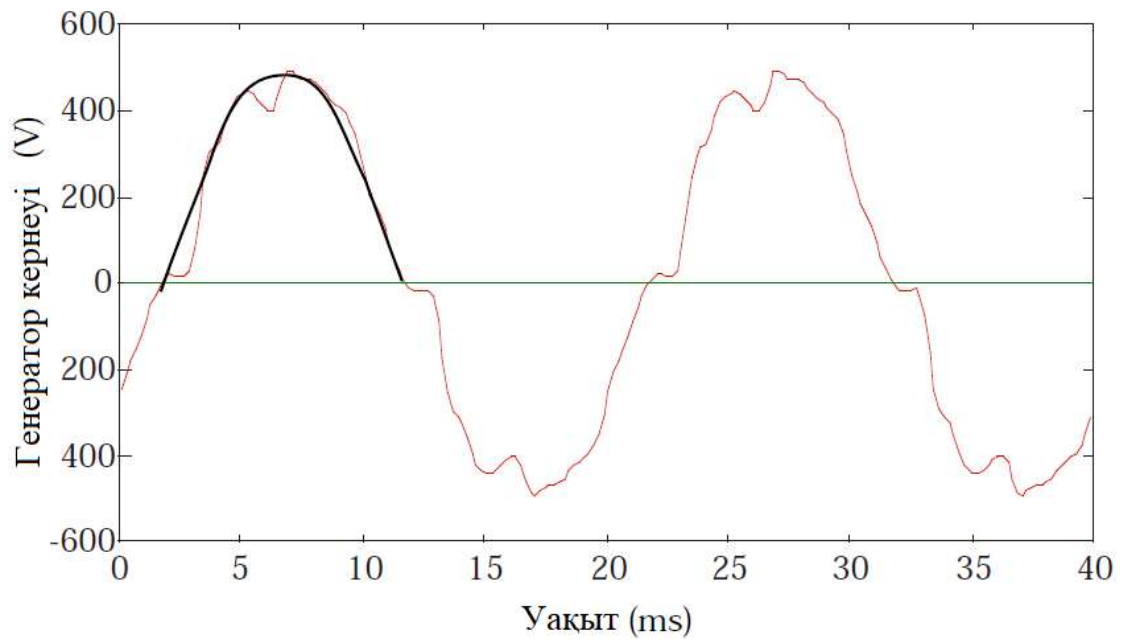


10 Сурет –Синхронды генератордын схемасы.

Стандартты генераторда, тек негізгі құраушы ток генератор білігінде пайдалы айналмалы моментті жасай алады. Генератордың орамдары генератор тогының жалпы орташа квадраттық мәніне есептелуге тиіс, тіпті белсенді қуат тек негізгі компонентпен ғана өндірілсе де. Диодты түзеткішпен жүктелген генератордың якорінің тогы орташа квадраттық мәнге ие, ол оның негізгі құрамдас бөлігінің орташа квадраттық мәнінен шамамен 5-7% артық. Бұл дегеніміз, генератордың синусоидальды токтарды пайдалану кезінде қажет болатындықтан кемінде 5% жоғары номиналды тогы болуы тиіс[7].

5.3 Номиналды кернеу

Диодты түзеткішті пайдалану кезінде кернеудің төмендеуінің тағы бір себебі коммутация индуктивтілігінде кернеудің төмендеуі болып табылады. Диодты коммутация коммутация кезінде екі зәкірлі фазалы орамалардың қысқа тұйықталуы болып табылады. Бұл қысқа тұйықталу, егер коммутация жылдам болған жағдайда, мүмкін кернеумен салыстырғанда төмен түзетілген кернеуге әкеледі. Коммутация әсерін 11-шы суретте көріге болады. Әрбір жарты периодта кернеу графигінде ауытқуларды байқауға болады. Бұл ауытқулар коммутация ойығы деп аталады.



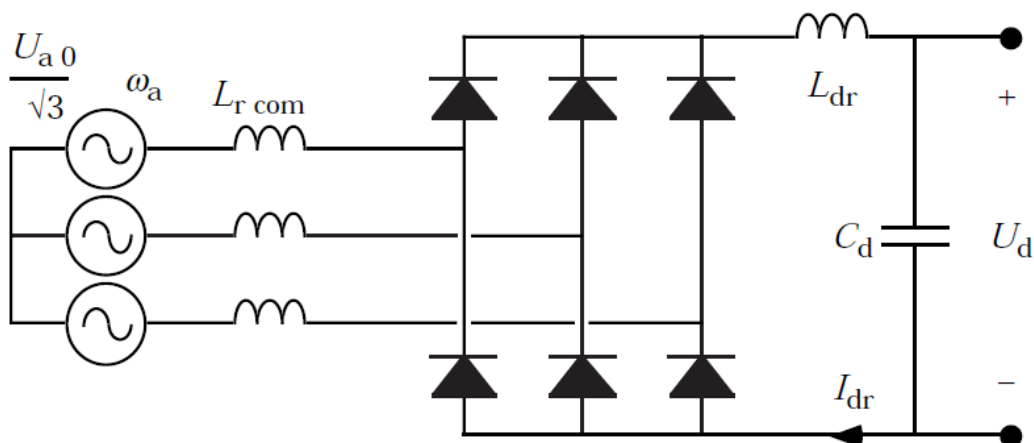
11 Сурет –Синхронды генератордын схемасы.

Екі түрлі өндірушілерден 200 кВА-дан 1000 кВА-ға дейінгі диапазондағы стандартты синхронды генераторлардың қуат бірлігіне коммутацияның реактивті кедергісі зерттелді. Коммутацияның реактивті кедергісі орташа мәні шамамен 15% болғанда 10% - дан 26% - ға дейінгі диапазонда болады. Коммутация кернеуінің төмендеуі сонда 5-тен 13% - ға дейін. Егер сол генераторлар резистивті жүктемемен пайдаланылса, онда генератор жүктелген кезде Зәкір кернеуінің төмендеуі төмен. Ол кезде кернеудің төмендеуі ағудың реактивті кедергісі мен якорь кедергісіне байланысты болады. Кернеудің резистивті төмендеуі осы екі жағдайда да бірдей. Диодты генератордың коммутациялық кернеуінің төмендеуін резистивті жүктелген генератордың ағу реактивті кедергі кернеуінің төмендеуімен салыстыру қалады. Ағудың реактивті кедергісі кернеуінің төмендеуі тек бірнеше пайызды құрайды және Зәкір кернеуіне фазасы бойынша 90 градусқа жылжи отырып, ол якорь кернеуін айтарлықтай азайтпайды. Демек, диодтық жүктемесі бар генератор үшін якорьдің эквивалентті кернеуі резистивтік жүктемесі бар генераторға қарағанда шамамен 5-13% төмен[7].

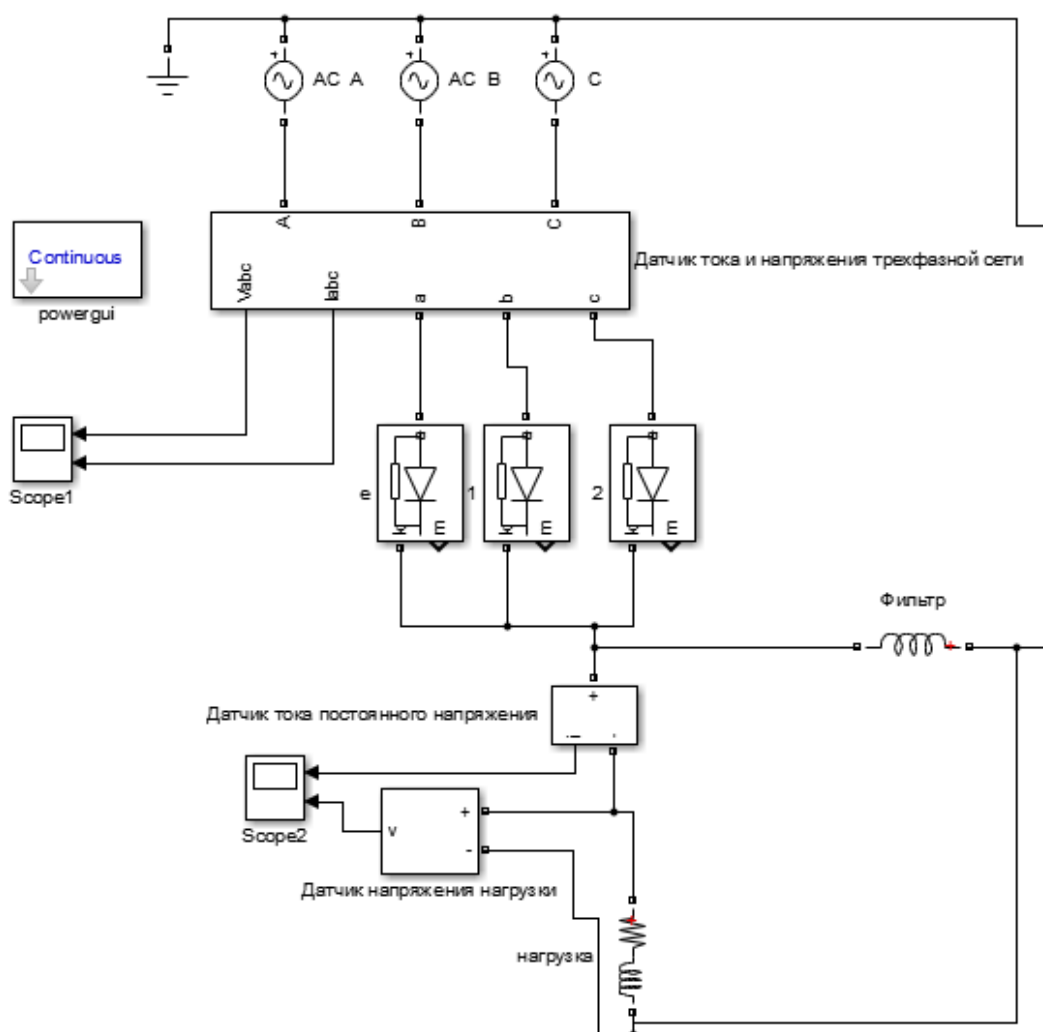
5.4 Синхронды генераторларды компьютерлік моделдеу

Түзеткіш сызбасына сондай-ақ I_{dr} түзеткіш реакторы қосылған. Генератор мен түзеткіш схемасының сұлбасы 12-ші суретте келтірілген. U_d тұрақты ток кернеуін C_d тұрақты ток сыйымдылығы үлкен болса, белгіленген жағдайларда қатты кернеу ретінде қарастыруға болады. U_{a0} -генератордың ауа ағынымен индукцияланатын кернеу, ал $L_r \text{ com}$ - генератор якорь коммутациясының индуктивтілігі.

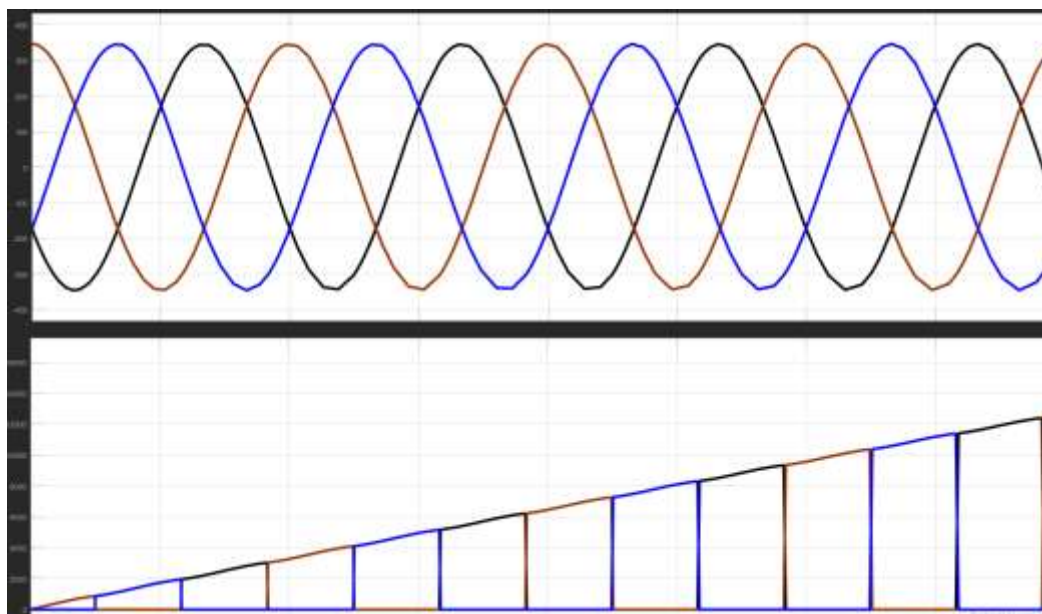
Синхронды машинаның якорь фазалары арасындағы тұрақты ток коммутациясы баяу жүреді, өйткені якорь орамалары үлкен индуктивтілікке ие. Бұл жағдайда, коммутация 1 мс-ге жуық болуы мүмкін. бұл нөлдік жүктемемен салыстырғанда номиналды жүктеме кезінде тұрақты ток желісінде төмен орташа кернеуге әкеледі. Диодты түзеткіштің оң жағында Коммутация T1 және T2 арасында жүреді. Осы уақыт ішінде тұрақты токтың потенциалы ең жоғары фазалық әлеуеттің орнына екі фазалық кернеулердің орташа мәніне тең.



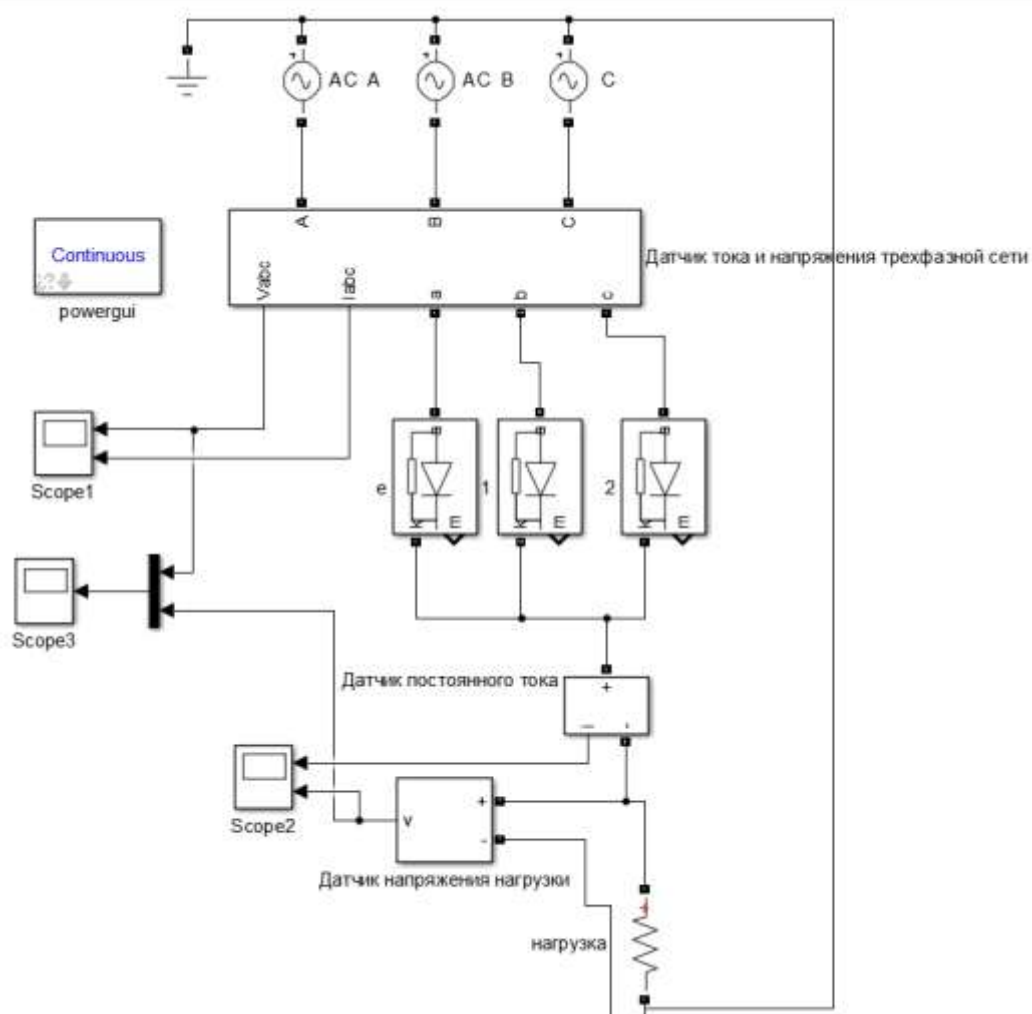
12 Сурет – Генератор мен түзеткіш сұлбасы.



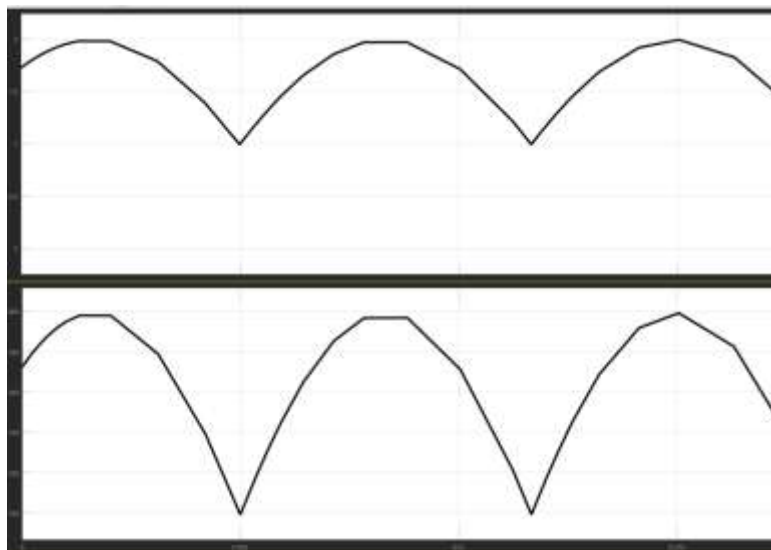
13 Сурет –MatLab ортасындағы үш фазалы көпір сұлбасы.



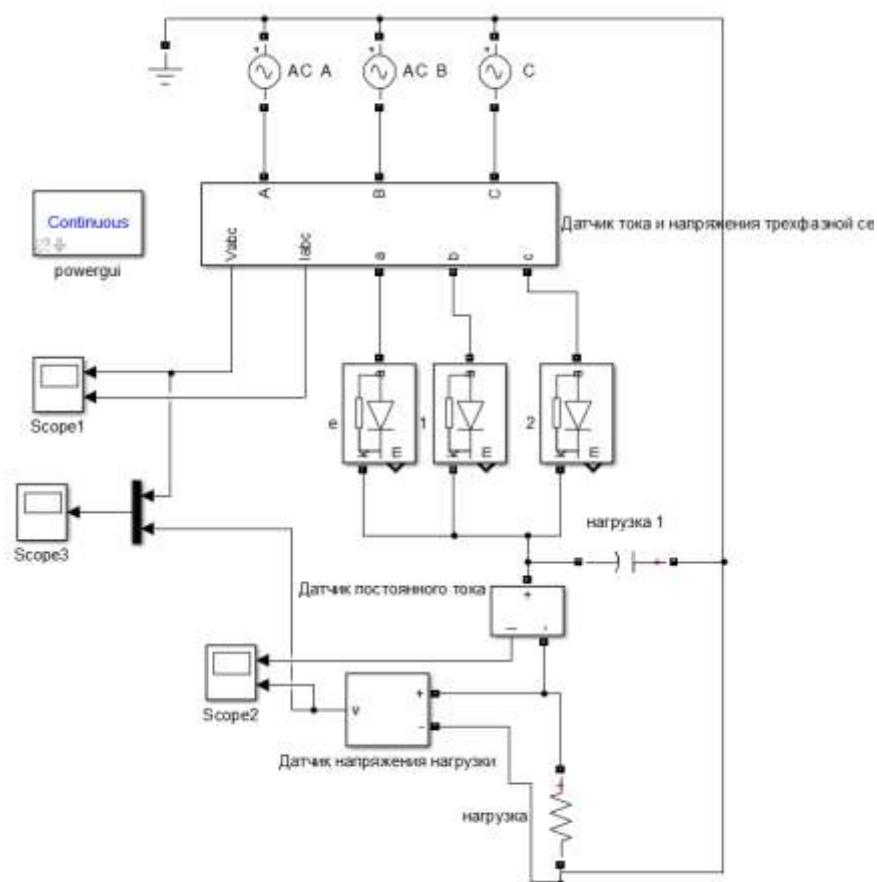
14 Сурет –MatLab ортасындағы үш фазалы көпірдің шығыс мәндері.



15 Сурет –MatLab ортасындағы үш фазалы R жүктемелі ($R=100\Omega$) көпірдің сұлбасы.



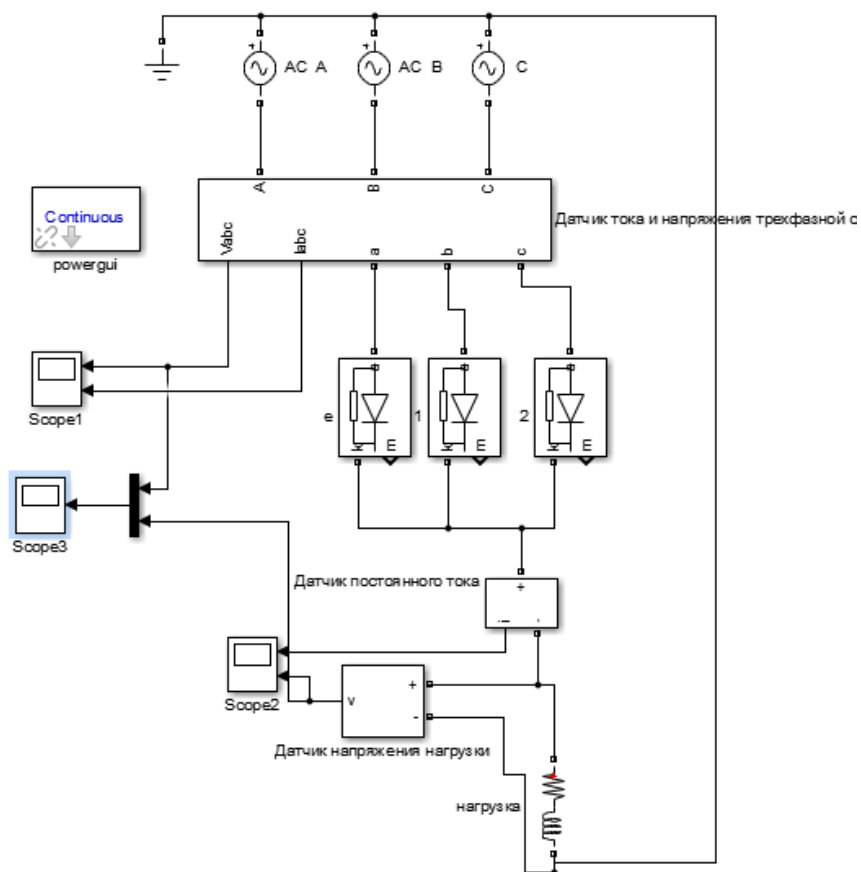
16 Сурет –MatLab ортасындағы үш фазалы R жүктемелі ($R=100\Omega$) көпірдің шығыс мәндері.



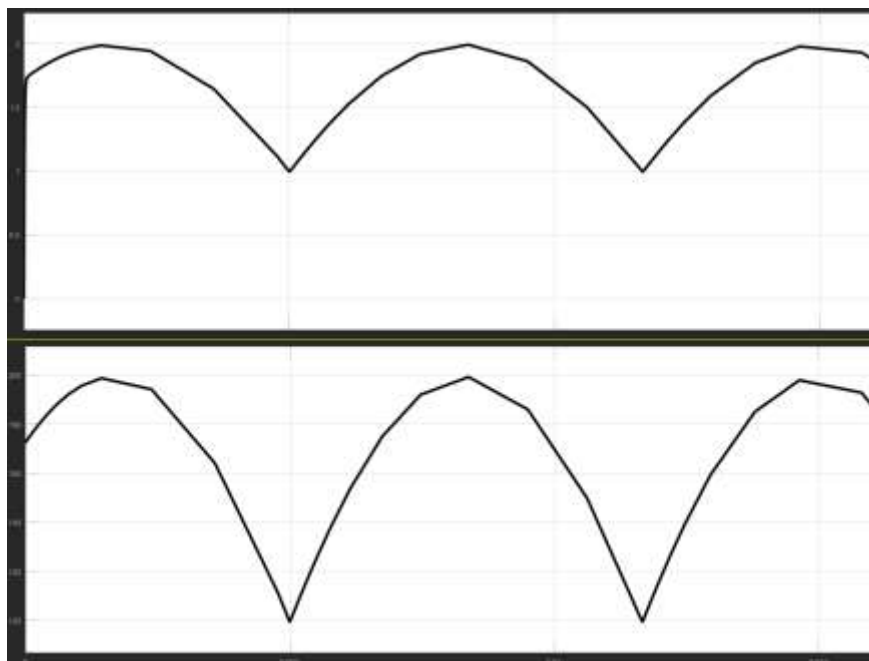
17 Сурет –MatLab ортасындағы үш фазалы R жүктемелі ($R=100\Omega$) және C фильтрлі (0.001Ф) көпірдің сұлбасы.



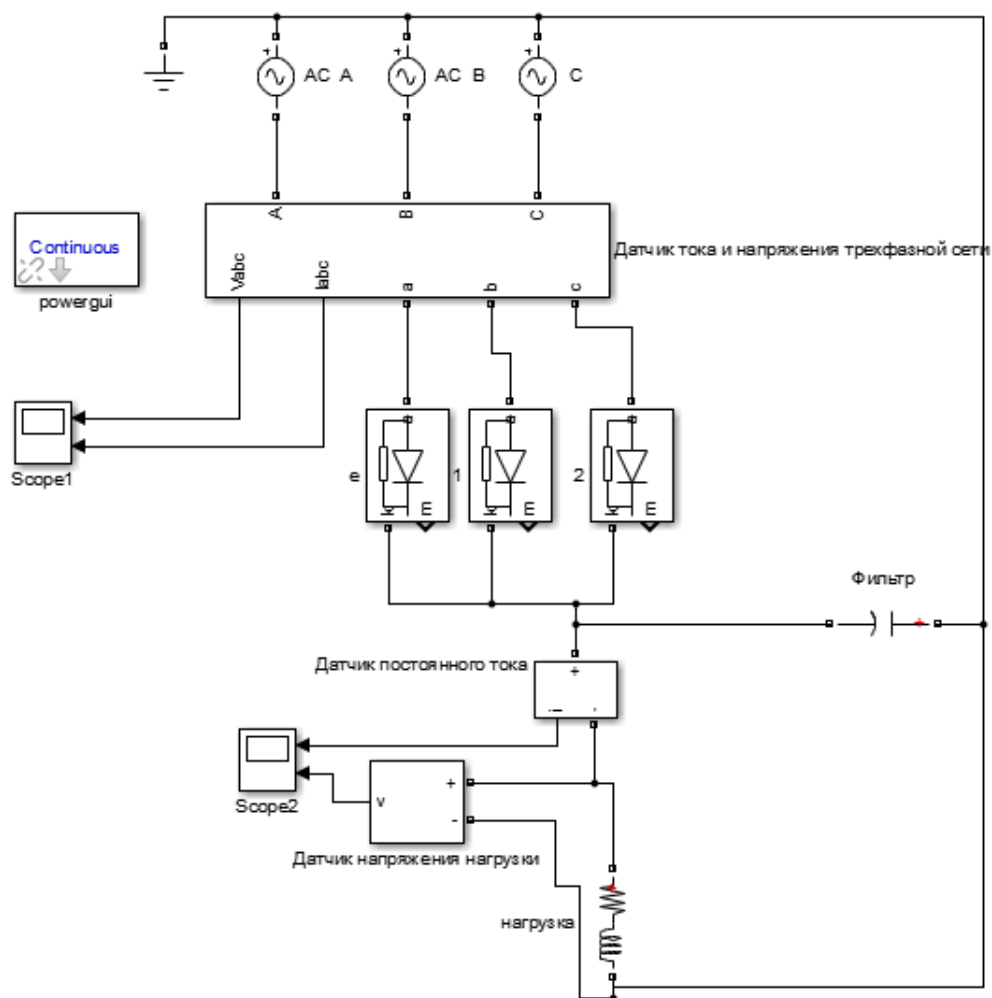
18 Сурет –MatLab ортасындағы үш фазалы R жүктемелі ($R=10\Omega$) және C фильтрлі (0.001Φ) көпірдің шығыс мәндері.



19 Сурет –MatLab ортасындағы үш фазалы RL жүктемелі ($R=10\Omega$, $L=0.001\text{Гн}$) көпірдің сұлбасы.



20 Сурет –MatLab ортасындағы үш фазалы RL жүктемелі ($R=100\Omega$, $L=0.001\text{Гн}$) көпірдің шығыс мәндері.



21 Сурет –MatLab ортасындағы үш фазалы RL жүктемелі ($R=100\Omega$, $L=0.001\text{Гн}$) және C фильтрлі (0.01Ф) көпірдің сұлбасы.



22 Сурет –MatLab ортасындағы үш фазалы RL жүктемелі ($R=10\Omega$, $L=0.001\text{Гн}$) және С фильтрлі (0.01Ф) көпірдің шығыс мәндері.

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жобаның нәтижелері туралы қысқаша тұжырым. Бұл дипломдық жобаның мақсаты – Қазақстан Республикасының экономикалық дамуы үшін қалпына келетін энергия көздерінің маңыздылығын зерттеу. Жел турбиналарының экономикалық дамудағы рөлін анықтау және жел турбиналарын Қазақстан жерінде орнатудың қажеттілігін және пайдалылығын зерттеу. Қуаты 50 кВа генераторға арналған генератор мен түрлендіргіштегі шығын моделі алынды және тексерілді. Модель номиналды айналу моментінің 2% кем қателігі бар генератор білігінің айналу моментін болжау үшін пайдаланылуы мүмкін. Бұл жел турбинасының айналымы сәтін реттеу үшін жеткілікті болуы тиіс. Модель тек генератордың айналу жиілігін, тұрақты кернеуді және түрлендіргіштің тұрақты тогын өлшеуге мұқтаж. Әдеттегі генераторлар үшін үлгі параметрлерінің көпшілігі өндірушіде қол жетімді. Егер сұраныс шамамен 2% - дан аспайтын болса, қалған параметрлерді бағалауға болады, әйтпесе оларды өлшеуге тура келеді.

Сонымен қоса, Қазақстан жерінің табиғи ерекшеліктеріне байланысты жел турбиналарын орнату өте тиімді болып келеді. Жазыл энергияға көшу процесі экономикалық жағдайдың жақсы жаққа өзгеруіне алып келеді.

Қазіргі 2020 жылда коронавирус әсерінен мұнай бағасы күрт төмендеді. Қазақстан экономикасында мұнай маңызды рөл ойнағандықтан бұл жағдай өз әсерін тигізеді. Алайда мұнай бағасының төмендеуі инвесторларды жасыл энергетика саласына көз салуға жол ашады, себебі мұнай саласы бұрынғыдай тиімді емес.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Программа по развитию электроэнергетики Республики Казахстан на 2010 – 2014 годы
2. Национальная Программа развития ветроэнергетики в Республике Казахстан до 2015г. с перспективой до 2024г.
3. Официальный сайт Агентство РК по статистике. – <http://www.stat.gov.kz>.
4. Национальная программа развития ветроэнергетики до 2015 г. с перспективой до 2024 г. (проект) (Подготовлена в рамках совместного проекта Министерства энергетики и минеральных ресурсов РК и Программы развития ООН «Казахстанинициатива развития рынка ветроэнергии»). – Астана, 2007.
5. План действий по развитию альтернативных и возобновляемых источников энергии в Республике Казахстан в 2013-2020г.г., Самрук-зеленый.
6. Ernst, J., Drezahlvariable Windenergieanlage mit Gleichstromzwischenkreis-Umrichter und optimum-suchendem Regler, Germany, Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig, Dissertation, 1986, 169 p.
7. Jain, G.C., Design, Operation and Testing of Synchronous Machines, New York, USA, Asia, 1966, 676 p.
8. Zervos, A., Wind power as a mainstream energy source. Proc. of the 2009 European Wind Energy Conf. , Marseille, March 2009.
9. «Перспективы для возобновляемой энергии в Казахстане» - Предложения посольства Великобритании на встрече в Астане 5 сентября 2006г. для обсуждения возможностей развития возобновляемых источников энергии в Казахстане, г. Астана, Министерство Энергетики и Минеральных Ресурсов РК.
10. Алимгазин А.Ш. Применение новых экологически чистых энергосберегающих технологий в системах теплоснабжения жилых, общественных и производственных зданий в различных климатических регионах Республики Казахстан. - В кн.: Парламентские слушания «Экологические, экономические и политические аспекты ратификации Республикой Казахстан Киотского протокола к Рамочной конвенции ООН об изменении климата», г.Астана, 2006 г., с.186-197
11. Официальный сайт ТОО «АЭС Шульбинская ГЭС». - <https://shges.kz/>.
12. Официальный сайт проекта «Бурное Солар». – <http://www.bs-1.kz>.

5B070200-Автоматтандыру және басқару мамандығының студенті
Оразтаев Дастанның

дипломдық жобасына
ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

ТАҚЫРЫБЫ: Қалпына келетін энергия көздерінің синхрондалған генераторларын автоматты басқару жүйесін жасау

Дипломдық жобада қалпына келетін энергия көздерінің синхрондалған генераторларын автоматты басқару жүйесін жасау қарастырылған.

Жұмыс өзекті мәселеге арналған. Жобада жел энергетикалық қондырғысының генераторын синхронды машиналар негізінде жасау сұрақтары қарастырылған.

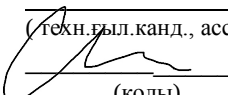
Қазақстандағы баламалы энергия өндірісінің үлесі жалпы санның тек 0,98 % құрайды, сондықтан Қазақстандағы жаңартылатын энергия көздерін игеру қазіргі күні маңызды мәселе болып табылады. Сонымен қатар, Қазақстан жел энергиясын ауқымды пайдалану үшін географиялық және метеорологиялық тұрғыдан қолайлы ел болып табылады..

Жұмыста келесідей зерттеу және шолу жұмыстары жасалған:

- зерттелетін нысанның энергетикалық жүйесіне талдау жүргізу және электрлік жүктемелерін есептеу;
- зерттелетін нысанда қалпына келетін энергия көздерін пайдаланудың мүмкіншілігін қарастыру;
- қалпына келетін энергияны комплексті түрде пайдаланудың компьютерлік бағдарламасы құрастырылды.
- жел энергиясын электр энергиясына түрлендіретін генераторды екі синхронды машина негізінде жасау. Есептеу және зерттеу жұмыстарының Matlab ортасындағы иммитациялық моделі құрастырылған.

Жалпы дипломдық жобаны “жақсы” деп бағалауға, ал студент Оразтаев Дастанды 5B070200- Автоматтандыру және басқару мамандығы бойынша бакалавр академиялық дәрежесін беруге лайық деп тануға болады.

Ғылыми жетекші

(техн. ғыл. канд., ассистент-профессор)
 Сарсенбаев Н.С.
(қолы)
« 28 » 05 2020 ж.

Протокол анализа
Отчета подобия Научным руководителем

Заявляю, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован

Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Оразтаев Дастан

Название: Қалпына келетін энергия көздерінің синхрондалған генераторларын автоматты басқару

жүйесін жасау

Координатор: Нурлан Сарсенбаев

Коэффициент подобия 1:8,7

Коэффициент подобия 2:5,1

Замена букв:65

Интервалы:0

Микропробелы:0

Белые знаки: 4

После анализа Отчета подобия констатирую следующее:

☒ обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;

☐ обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное

количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;

☐ обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, не допускаю работу к защите.

Обоснование:

Дата 31.05.2020ж



Подпись Научного руководителя

Протокол анализа Отчета подобия
заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения

Заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения заявляет, что ознакомился(-ась) с

Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения

плагиата в отношении работы:

Автор: Оразтаев Дастан

Название: Қалпына келетін энергия көздерінің синхрондалған генераторларын автоматты басқару

жүйесін жасау

Координатор: Нурлан Сарсенбаев

Коэффициент подобия 1:8,7

Коэффициент подобия 2:5,1

Замена букв:65

Интервалы:0

Микропробелы:0

Белые знаки:4

После анализа отчета подобия заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения констатирует следующее:

☒ обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками

плагиата. В связи с чем, работа признается самостоятельной и допускается к защите;

☐ обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное

количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием

самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью

ограничения заимствований;

☐ обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками

плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки

сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, работа не допускается к защите.

Обоснование:

Дата

31.05.2020г.

Подпись заведующего кафедрой /
начальника структурного подразделения

Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:

Дата

31.05.2020г.

Подпись заведующего кафедрой /
начальника структурного подразделения