

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Автоматтандыру және басқару кафедрасы

Далимова Аружан Рашидқызы

Тақырыбы: «Жел энергетикалық құрылғысын басқару жүйесін жобалау
және зерттеу»

Дипломдық жобаға

ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

5B070200—«Автоматтандыру және басқару» мамандығы

Алматы 2022

КАЗАКСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.Н. Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Автоматтандыру және басқару кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

Физ-мат. ғыл. канд.,

Қауымдастырылған профессоры

 Н.У. Алдияров
«05» 05 2022 ж.

Дипломдық жобаға
ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

Тақырыбы: «Жел энергетикалық құрылғысын басқару жүйесін жобалау және зерттеу»

Мамандығы: 5B070200 – «Автоматтандыру және басқару»

Решенді
ЖШС «ТЭИМЗ»
заводының директоры
 Шахмуров Б.М.
«05» 05 2022 ж.

Орындаған: Далимова А.Р.
Ғылыми жетекші:
тех. ғыл. маг., Лектор
 Исакова А.М.
«05» 05 2022 ж.

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

«Автоматтандыру және басқару» кафедрасы

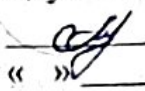
5B070200 – «Автоматтандыру және басқару» мамандығы

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі

Физика-математика кандидаты

Қауымдастырылған профессор

«» Н.У.Алдияров

«» 2022 ж.

Дипломдық жобаны дайындауға

ТАПСЫРМА

Білім алушы Далимова Аружан Рашидқызы

Жобаның тақырыбы: «Жел энергетикалық құрылғысын басқару жүйесін жобалау және зерттеу»

Университет ректорының бұйрығымен бекітілген № «489-П/Ө»,
«24» желтоқсан 2021ж.

Орындалған жұмыстың өткізу мерзім «11» 05 2022ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы мәліметтері: дипломалды практикасындағы жиналған мәліметтер.

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

а) кіріспе;

б) технологиялық бөлім, арнайы бөлім;

в) MatLAB бағдарламасында математикалық модель құру;

Графикалық материалдардың тізімі (міндетті түрде қажет сызбалар көрсетілген): функционалдық сұлбасы

Ұсынылған негізгі әдебиеттер: Проектирование систем управления/Г.К.Гудвин, С.Ф.Гребен, М.Э.Сальгадо. -М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010.-911с.: ил.

Дипломдық жобаны даярлау
КЕСТЕСІ

Бөлім атаулары, дайындалатын сұрақтардың тізімі	Ғылыми жетекшіге, кеңесшілерге өткізу мерзімі	Ескерту
Технологиялық бөлім	10.01-19.02	
Арнайы бөлім	21.02-25.03	
MatLAB бағдарламасында математикалық моделін құру	28.03-26.04	

Дипломдық жобаның бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының
аяқталған жобаға қойған қолтаңбалары

Бөлімдердің атауы	Ғылыми жетекші, кеңесшілер (аты-жөні, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қолтаңба қойылған мерзімі	Қолы
Технологиялық бөлім	Искакова А.М Лектор	49.05.22	
Арнайы бөлім	Искакова А.М Лектор	11.05.22	
MatLAB бағдарламасында математикалық моделін құру	Искакова А.М Лектор	11.05.22	
Нормалық Бақылаушы	Н.С. Сарсенбаев тех. ғыл. Канд., Ассистент- профессор	11.05.22	

Ғылыми жетекшісі  Искакова А.М.
Тапсырманы орындауға қабылдаған білім алушы  Далимова А.Р.

Күні « 24 » 12 2021 ж.

АНДАТПА

Дипломдық жобаның тақырыбы: « Жел энергетикалық құрылғысын басқару жүйесін жобалау және зерттеу». Дипломдық жоба екі неізгі бөлімнен тұрады.

Бірінші бөлім технологиялық объектіні сипаттауға, баламалы жел энергиясы арқылы электр энергиясын алу қарастырылды және жел генераторлардың түрлеріне шолу жасалынды. Сонымен қатар, Қазақстандағы жел энергетикасының потенциалы қарастырылған.

Екінші бөлімде генератор құрылысының автоматты басқару жүйесін құру тұралы қарастырылды. Генераторлардың түрлері, артықшылықтары мен кемшіліктері зерттелінді. Есептеу бөлімінде жобаның есептеу әдістері қарастырылды. Сонымен бірге олардың параметрлері есептеліп, жел генераторларының моделіне өтті.

АННОТАЦИЯ

Тема дипломного проекта: «Разработка и исследования системы управления ВЭУ». Дипломный проект состоит из двух главных разделов.

В первом разделе описан технологический объект, предусмотрено получение электроэнергии через альтернативную ветроэнергию, а также дан обзор типов ветрогенераторов. Кроме того, был рассмотрен потенциал ветроэнергетики в Казахстане.

Второй раздел посвящен созданию системы автоматического управления конструкцией генератора. Изучены типы, достоинства и недостатки генераторов. В расчетной части рассмотрены методы расчета проекта. При этом были рассчитаны параметры ветра и рассмотрена модель ветрогенераторов.

ANNOTATION

The theme of the diploma project: «Development and research of a control system of a wind power plant». The diploma project consist of two main sections.

The first section describes the technological object, which provides for the receipt of electricity through alternative wind energy, as well as a review of types of wind turbines. Besides, is examined potential of wind energy in Kazakhstan.

The second section is dedicated to the creation of automatic control systems for the design of the generator. Researched types, merits and shortcomings of generators. In addition, the methods of calculation of the project are considered. At the same time, the wind parameters were calculated and stopped at the models of wind generators.

МАЗМҰНЫ

КІРІСПЕ	9
1 ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ БӨЛІМ	10
1.1 ЖЭҚ- сы туралы жалпы мәлімет	10
1.2 Қазақстандағы жел энергетика потенциалы	12
1.3 Жел энергетикалық қондырғыларының классификациясы	15
1.3.1 ЖЭҚ қуаты мен энергия жүйесінің қуатына қатынасы бойынша жіктеу.	15
1.3.2 Жел энергетикалық қондырғыларының түрі бойынша жіктелуі	16
1.3.3 Қолданылатын электр машинасының түрі бойынша жіктеу	22
1.4 Жел қондырғыларының артықшылықтары мен кемшіліктері	23
1.5 Жел генераторлары қалай жұмыс істейді	24
1.6 Жел қондырғыларын пайдалану мәселелері	26
2 АРНАЙЫ БӨЛІМ	28
2.1 Жел энергетикалық қондырғысының генераторы	28
2.2 Тұрақты токтың генераторлары	28
2.3 Синхронды генераторлары	29
2.4 Асинхронды генераторлары	30
2.5 Автоматты реттеу жүйелері	30
3 ЕСЕПТЕУ БӨЛІМІ	35
3.1 MATLAB ортасында жұмыс	35
ҚОРЫТЫНДЫ	44
ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ	45

КІРІСПЕ

Энергетика бағытының өзектілігі мен болашағы екі негізгі факторға байланысты: экологияның ауыр жағдайы және энергияның жаңа түрлерін іздеу қажеттілігі. Ғалымдардың бағалауы бойынша ғылыми- техникалық прогрестің қазіргі даму қарқыны кезінде дәстүрлі отын-энергетикалық ресурстар (көмір, мұнай, газ және т.б.) таяудағы 100-150 жылда таусылады.

Қазіргі таңда жаһандық жылыну мен парниктік эффекттің жағымсыз салдарынан болашақта атмосфераның температурасы 3-5 градусқа көтерілуі ықтимал деген болжамдар бар. Ол өз кезегінде полюстердегі мұздықтардың еруіне және әлемдік мұхиттың деңгейінің көтерілуіне әкеп соғады. Егер осылай жалғаса берсе материктердің қойнауында да түрлі мәселелердің туындамауына кім кепіл? Осыған орай, күн, жел, өзендер, мен толқындар энергиясы секілді жаңартылған энергия көздеріне деген сұраныс күннен-күнге артуда. Жаңартылатын энергия көздерінің (ЖЭҚ) ішінде неғұрлым менімді дамып келе жатқан сала сала жел энергетикасы болып табылады [1]. Мәселен, Европа, Америка және Жапония елдері осы мәселеге басты назар аударып, бұл сала бойынша қарқынды дамуда. 2006 ж Америкада екі мың жел құрылғылары тұрғызылған. Ал, қазір тұтынатын энергияның бір пайызы жел энергиясына тиесілі. Дегенмен, 2030 жылға дейін бұл көрсеткішті 20 %- ға дейін өсіру жоспарланып отыр [2]. Салыстырмалы түрде Қытай осыдан миллиардтаған табыс табуда. Осы бағытта да Қазақстан ерекше көзге түсті. Электр энергиясын өндіру мақсатында шамамен әлемдегі жүз мемлекет жел энергия көзін тұтынады. 2012 жылы еліміз жел энергетикалық қондырғысын (ЖЭҚ) қолдану арқылы 2 МВт қуат өндіріп, дүние жүзі бойынша 81-ші орынды алды.

Барлық қолданыстағы жел энергетикалық қондырғылардың белгіленген жиынтық қуаты 300 ГВт астам құрайды және жыл ішінде орташа есеппен 25% - ға өсуін жалғастыруда [3]. Алайда, бүгінде жел энергиясын кеңінен қолдануға кедергі келтіретін объективті себептер бар:

- турбина қалақтарына түсетін жел ағынының тұрақсыздығы нәтижесінде ЖЭҚ шығу қуаты параметрлерінің тұрақсыздығы;
- жел ағыны жылдамдығына қатысты өндірілетін қуаттың энергетикалық сипаттамасының сызықтық еместігі;
- желдің төмен жылдамдығы кезінде төмен тиімділік (5 м/с кем).

Жоғарыда айтылғандарға байланысты жұмыстың мақсатын анықтауға болады, ол: шығыс параметрлерін реттеудің автоматтандырылған жүйесі бар жел генераторын зерттеу.

1 ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ БӨЛІМ

1.1 ЖЭҚ- сы туралы жалпы мәлімет

Жел - ең қол жетімді және іс жүзінде сарқылмайтын энергия көздерінің бірі. Ол атмосфераның күнмен біркелкі қызбауынан, жер бетінің тегіс болмауына және жердің айналуына байланысты пайда болады. Жел ағындарының бағыты жер бетінің рельефіне, су қоймалары мен өсімдік жамылғысының болуына байланысты өзгереді. Оның күннен айырмашылығы, ол күндіз-түні, солтүстік пен оңтүстікте де, жазда және қыста да "жұмыс жасайды" береді. Желдің күшін пайдаланудағы жалғыз мәселе – ол желдің үнемі және жеткілікті түрде соғатын орының таңдау. Жел энергиясының басты артықшылығы: энергетикалық тәуелсіздік, кез-келген отынға қажеттіліктің болмауы, экологиялық таза, экономикалық тиімді болып саналады. [4]

Жел уақыт өзгерісіне тәуелді. Көптеген аймақтарда жел ағындарының айтарлықтай маусымдық өзгерістері байқалады. Сонымен қатар, қыс мезгілінде желдің жылдамдығы жазға салыстырғанда жоғары болады. Желдің күндізгі жылдамдығындағы өзгерістер, әдетте, теңіздер мен үлкен көлдердің жанында байқалады. Күндіз күн жерді суға қарағанда тезірек қыздырады, сондықтан жел жағалауға қарай соғылады. Ал, кешке жер суға қарағанда тезірек салқындатылады, сондықтан жел керісінше соғады.

Желдің жылдамдығы жер деңгейінің биіктігіне байланысты. Жерге жақын жерде жел үйкеліс әсерінен баяулайды. Осылайша, жел биіктікте күштірек болады. Ауыл шаруашылық алқаптары мен шөлді аумақтар үшін жер бетінен биіктіктің екі есе артуымен жел жылдамдығының шамамен 12% - ға артуы байқалады.

Сонымен қатар, энергияның бұл түрі экологиялық таза және тсарқылмайтын қуат көзі болып есептеледі. Бұл энергия көзі айтарлықтай пайда әкелу үшін әуелі түрлі мәселерді шешу қажет, олардың негізгілеріне жел энергетика құрылғыларының жоғары бағалануы, олардың ұзақ жылдар бойы автоматты режимде сенімді түрде жұмысы және үзіліссіз электр жабдықтауды қамтамасыз етуі жатады. Сондықтан жел энергетиканың алдына қойылатын маңызды мәселе электр жабдықтарының құнын жеке төмендету болып табылады. Бағаны түсірудің бір тәсілі болып электр жабдықтарының экономикалық құрылғысын таңдау болып саналады.

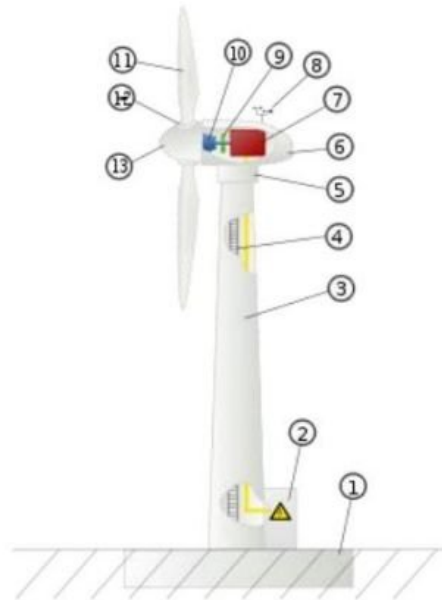
Желдің бағыты желдің соғу көкжиегімен анықталады. Желдің бағытын арнайы аспап арқылы анықтайды. Ол «Флюгер» деп аталады. Желдің бағытын анықтау кезінде сегіз негізгі бағыт қолданылады: солтүстік, солтүстік- батыс, батыс, оңтүстік- батыс, оңтүстік, оңтүстік- шығыс, шығыс, солтүстік- шығыс.

Ғалымдардың айтуынша жердің негізгі жел энергиясы 1200Вт құрайды, бірақ әр түрлі аймақтарда жел энергиясын тұтынудың мүмкіндігі әр түрлі. Осы энергия көзін мүмкін болғанша электр энергиясына айналдыру үшін жер бетінен 20-30 м биіктіктегі желдің ағынының жылдамдығы үлкен болуы тиіс.

Соған карамастан адамдар ертеден бері осы энергия көзін қолдана бастаған. Оған мысал ретінде жоғарыда айтылған желкенді қайықтар және жел диірмендері келтіруге болады.

Жел энергиясын пайдалану арнайы құрылғылардың көмегімен жүзеге асырылады. Жел энергетикалық қондырғысы (ЖЭҚ) - бұл жел ағынының кинетикалық энергиясын механикалық энергиясына түрлендіретін техникалық құрылғы. Ауа ағыны көп болған сайын, жел қондырғыларының қалақшалары қатты айналып, көп энергия өндіреді. ЖЭҚ-ның конструкциясының басты ерекшелігі - айналу моментін генераторға беретін жылжымалы ротордың болуы. Бұл бүкіл құрылымда ең жауапты болып табылады, ол сапалы өндірісті, беріктік пен жүктемелерге төзімділікті қажет етеді.

Жел энергетикалық қондырғылары электр энергиясын тұрмыстық немесе өнеркәсіптік қажеттіліктер үшін өндіреді, жалпы электр желісінде немесе автономды немесе басқа автономды электр станцияларымен бірлесіп жұмыс істейді. Жел энергетикалық құрылғысының жұмысы негізгі бөліктерінсіз жұмыс жасамайды (Сурет 1.1 көрсетілген).



1.1 Сурет – ЖЭҚ-ның бөліктерінің сұлбасы

Өнеркәсіптік жел генераторы келесідей құрылымға ие:

- 1 – Негіз
- 2 - күштік шкаф
- 3 - Мұнара
- 4 - Айналу механизмі
- 5 - Гондола
- 6 - Электр генераторы
- 7 - Желдің бағыты мен жылдамдығын бақылау жүйесі (анемометр)
- 8 - Тежеуіш жүйесі
- 9 - Трансмиссия

10 - Қалактар

11 - Қалақтың атакасының бұрышының өзгерісінің жүйесі

12 - Ротордың қалпағы.

Көп елдердің кейбір аймақтарының өте алыс қашықтығына байланысты электр желілері мүлдем жоқ. Сондықтан, бүгінгі таңда "жел генераторларын» қолданатындар мұны орталық электр желісіне қосылудың жоқтығынан немесе энергияға тәуелсіз болғысы келетіндіктен осылай жасайды [1].

1.2 Қазақстандағы жел энергетика потенциалы

1999 жылғы 9 сәуірде Үкімет қабылдаған Қазақстан Республикасының электр энергетикасын дамытудың 2030 жылға дейінгі бағдарлама негізінде энергетикалық секторды дамытудың және ҚР-ның экологиялық мәселелерін шешудің басым бағыттары ретінде жаңартылатын энергия көздерін пайдалану көзделген.

Қазақстан аумағы үшін жаңартылатын энергия көздерінің келесідей түрлері неғұрлым басым болып табылады:

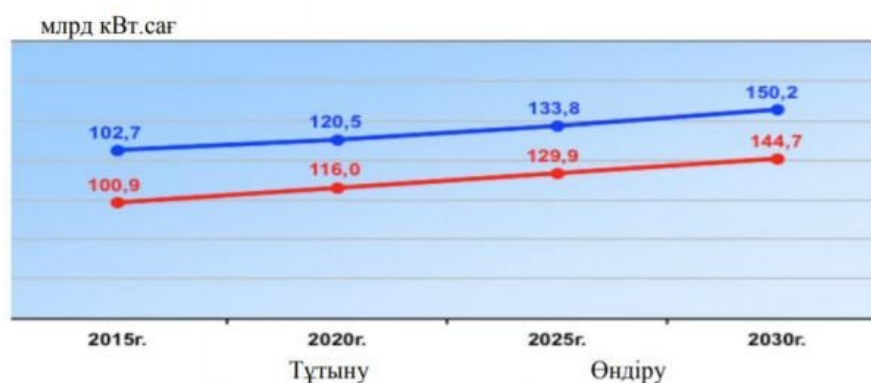
- шағын су электр станциялары;
- күн қондырғылары;
- жел энергетикасы;
- биогаз қондырғылары.

Бүгінде Қазақстан Республикасында жел қуатын барынша қолдану мүмкіндіктері жан- жақты қарастырылуда. ҚР-сы осы ресурстар түріне өте бай елдердің бірі. Еліміздің шамамен 50% аумағында желдің орташа жылдық жылдамдығы 4 – 5 м/с құрайды, ал бірқатар аумақтарда жел жылдамдығы 6 м/с және одан да көп, бұл жел энергетикасын пайдалану үшін өте тиімді перспективаларды айқындайды. Мамандардың бағалауы бойынша, Қазақстан жел энергетикасын дамытудағы барынша қолайлы жағдайы жасалған әлем елдерінің бірі болып саналады. Елімізде желді жерлер ретінде Каспий маңы, Қазақстанның орталығы мен солтүстігі, Қазақстанның оңтүстігі мен оңтүстік-шығысы саналады. 10 МВт/км² деңгейіндегі ЖЭС қуатының тығыздығын және едәуір бос кеңістіктердің болуын ескере отырып, Қазақстанда қуаты бірнеше мың мегаватт (МВт) жететін ЖЭС-ларын орнатуға болатынын болжауға болады. Кейбір деректер бойынша Қазақстанның теориялық жел әлеуеті шамамен жылына 1820 млрд. кВт сағ құрайды.

ҚР- да бұл энергия көзіннің қарқынды дамуына мемлекеттен саяси, заңды және ұйымдастырушылық қолдау көрсетілуде. Осыны қамтамасыз ету барысында Ұлттық Бағдарлама Концепциясы жасалынды. Ұлттық Бағдарламаны құрастырудың аясында Үкіметтің 2003 жылдың 25 тамызындағы № 857 Қаулысы « Жел энергетикасын дамыту туралы », 2004ж. Қазақстан Республикасы мен БҰҰ-ның дамыту бағдарламасымен біріккен «Қазақстандағы жел энергиясын дамыту нарығы» жобалық құжатқа қол қойылған болатын [5].

ҚР- сы электр энергиясының дамуы жоспарына сәйкес экономиканы одан әрі дамыту мақсатында 2030 жылы электр энергиясын өндіруді 150 млрдкВт·сағатқа жеткізуі қажет. 1.3- суретте көрсетілген.

Сарапшылардың есебі бойынша Қазақстанда жалпы электр энергияны пайдалану ауқымы 2015 жылы 101 млрд кВт/сағ, ал 2030 жылы 145 млрдкВт/сағатқа жетеді деп жобалануда. Мақсатымыз 2030 жылға дейін ішкі сұранысты толық қамтамасыз еткеннен кейін, экспортқа шығаратын электр энергиясы болжаммен 6 млрд кВт/сағ құрамақ [6].



1.3 Сурет - Электрэнергияның болжамалы балансы

Елімізде жел энергия көзіне бай қуатты аймақтар ретінде Атырау Жүзімдік, Шелек дәлізі, Ерейментау, Шевченко, Астана, Форт Арқалық, Кордай, Жоңғар қақпасы және Қарабатан. Осы өңірлерде желдің жылдамдығы 6-9 м/с аралығында болады. 1.1 суретте Біріккен Ұлттар Ұйымының Даму бағдарламасы тарапынан еліміздің жел интерактивті картасы көрсетілген. Деректер бойынша ар нүктеден жел жылдамдығын бақылауға болады. Осыған байланысты осы аумақтардың жел бағытының жиі өзгеруіне және қатты жел маусымдарына шыдай алатын ЖЭҚ- дың тиімді жобасын жасап, шығару керек.



1.4 Сурет – ҚР – ның жел картасы

Кейбір мәліметтер бойынша Қазақстанның теориялық жел әлеуеті жылына шамамен 1820 млрд. кВт. сағ құрайды. Перспективалы жерлердің жел әлеуетін нақты бағалау үшін кемінде бір жыл бойы биіктігі 30-80м метеомачтаны пайдалана отырып, арнайы метеозерттеулер жүргізеді. Алынған метеодеректер жел қондырғыларының электр энергиясын жылдық өндіруін есептеу үшін қолданылады. Есептеу нәтижелері ЖЭС құрылысының техникалық- экономикалық негіздемесін дайындау үшін пайдаланылады. Алматы облысындағы екі алаңға (Жоңғар қақпасы мен Шелек дәлізі) Біріккен Ұлттар Ұйымының Даму бағдарламасының тарапынан 1998 – 2000 жылдар аралығында түбегейлі метеорологиялық зерттеулер мен жел әлеуетін бағалау жүргізілді. Осы зерттеулер көрсеткендей, Жоңғар қақпасы өте жоғары жел әлеуетіне ие (Кесте 1.1). Желдің орташа жылдық жылдамдығы мұнда 50 метр биіктікте 9,7 м/с, ал жел ағынының тығыздығы шамамен 1050 Вт/м² құрайды. Бұл жел электр станциясының белгіленген қуаты кВт - қа шамамен 4400 кВт электр энергиясын өндіруге мүмкіндік береді, бұл жерді жел энергетикасы мақсаттары үшін бірегей етеді. Бос кеңістіктің болуы мұнда жылына шамамен 1 миллиард кВт / сағ электр қуатын өндіретін бірнеше жүз МВт жел электр станцияларын орнатуға мүмкіндік береді. Қазіргі уақытта осы ауданда 5 МВт пилоттық ЖЭС салу көзделіп отыр. ЖЭС- сы жылына шамамен 18 млн. кВт.сағ электр энергиясын өндірген кезде құны шамамен 4,5 АҚШ центі/кВт.сағ. болады деп болжануда. Сәтті жұмыс тәжірибесі болған жағдайда ЖЭС қуаты 50 МВт дейін ұлғайтылуы мүмкін [7].

1.1 Кесте - Қазақстанның жел потенциалы жоғары аймақтар

№	Аймақтың атауы	Облыс	50м биіктіктегі жел жылдамдығы (м/с)	ЖЭС қуаты (МВт)
1	Жоңғар қақпасы	Алматы	9,7	50
2	Шелек ауданы	Алматы	7,7	100
3	Қордай	Жамбыл	6,1	10-20
4	Жүзімдік - шаян	ОҚО	6,7	10-20
5	Астана	Ақмола	6,8	20
6	Ерейментау	Ақмола	7,3	50
7	Қарғалы	Қарағанды	6,1	10-20
8	Арқалық	Қостанай	6,2	10-20
9	Атырау	Атырау	6,8	100
10	Форт Шевченко	Маңғыстау	7,5	50

Алматы қаласынан 150 км қашықтықта Іле Алатауы мен Жетісу тау жоталарының арасында орналасқан Шелек дәлізі де 50 метр биіктікте, желдің орташа жылдық жылдамдығы 7,7 м/с және жел ағынының тығыздығы шамамен 510 Вт/м² болатын жақсы жел әлеуетіне ие (1.1 кесте), бұл ЖЭС белгіленген қуатының әрбір кВт-на шамамен 3200 кВт.сағ электр энергиясын

өндіруге мүмкіндік береді. Мұны Еуропадағы жақсы жел орындарымен салыстыруға болады. Шелек дәлізінде жыл сайын шамамен 1 млрд. кВт.сағ электр энергиясын өндіретін жүздеген МВт қуатты ЖЭС орнатуға болады. Екі орын да, Жоңғар қақпасы мен Шелек дәлізі де электр энергия тапшылығы жоғары аудандарда орналасқан, осыған байланысты осы жерлерде ЖЭС салуды қолайлы [8].

1.3 Жел энергетикалық қондырғыларының классификациясы

ЖЭҚ құрылымдарының негізгі жіктеу белгілері:

- ЖЭҚ қуаты мен энергия жүйесі қуатының арақатынасы;
- қолданылатын жел турбинасының түрі;
- қолданылатын электр машинасының түрі.

1.3.1 ЖЭҚ қуаты мен энергия жүйесінің қуатына қатынасы бойынша жіктеу.

Осы классификацияға сәйкес ЖЭҚ үш классқа бөлінеді:

А класы. Бұл классқа бірыңғай энергия жүйесіне қосылмаған ЖЭҚ кіреді. Қолданылуына байланысты мұндай ЖЭҚ әдетте шағын жинақтағыш (электроаккумулирующие) құрылғылармен жабдықталады. Шығу кернеуінің жиілігі әдетте тұрақтандырылмаған болады. Оларды негізінен жарықтандыру, сигнал беру құрылғылары мен байланыс құралдарын электрмен жабдықтау үшін қолданылады. Мұндай жел энергетикалық қондырғыларының қуаты 5 – 10 кВт-тан аспайды.

В класы. Бұл класстың ЖЭҚ-ның қуаты желінің қуатына сәйкес келеді. Әдетте, мұндай ЖЭҚ жекелеген аудандардың жергілікті энергия жүйелерінің құрамына кіреді, мысалы, негізгі энергия жүйесінен табиғи кедергілермен кесілген аралдар: теңіз, батпақты аймақ және т.б. Бұл жағдайда ЖЭҚ дизель электр станцияларымен біріктіру өте үнемді. Сонымен қатар, ЖЭҚ дизель отынын үнемдеу құралы ретінде қарастырылады. Мұндай жүйелердегі шығыс кернеуінің параметрлері айтарлықтай тұрақты болады. В класының жүйелерінде сутегі аккумуляторлары және шағын гидроаккумуляциялық станциялар сияқты үлкен аккумуляторлау құрылғылары мен құрылымдарын қолдану тиімдірек.

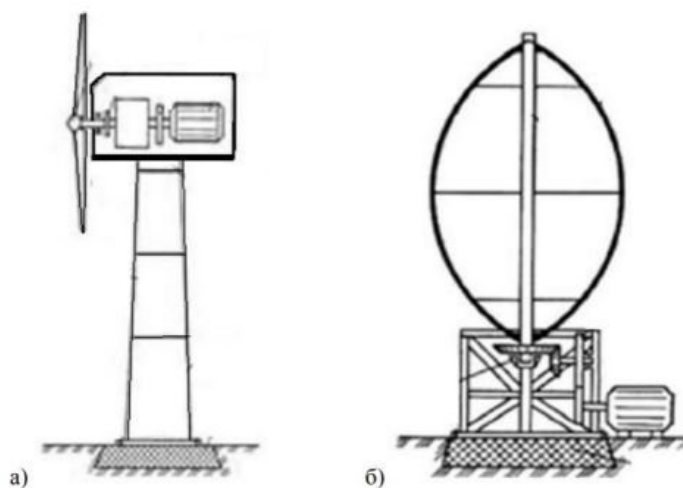
С класы. Бұл класстағы желінің қуаты орнатылған ЖЭҚ-ның қуатынан едәуір асады. Мұндай ЖЭҚ жүйелік жел энергетикасына жатады. Олар үлкен аймақтың немесе тіпті елдің энергетикалық тепе-теңдік жағдайына әсер ете алады. С класында белгіленген қуаты 100 кВт-тан бірнеше мегаваттқа жететін ЖЭҚ қолданған жөн. Бұл жағдайда геометриялық өлшемдермен байланысты

проблемалар шиеленіседі, механикалық бөліктердің кернеулі режимдері пайда болады.

Бұл классқа ең жақсы техникалық-экономикалық көрсеткіштерге қол жеткізуге болады. Жел ағыны мен электр энергиясын тұтыну жылдамдығының кездейсоқ сипаты кезінде қуат теңгерімін сақтау қажет. А мен В класстарында бұл мақсат үшін жинақтағыш немесе қосымша генерациялаушы құрылғылар қажет, ал олардың құны ЖЭҚ құнымен шамалас. С класында қуат балансы энергия жүйесінің есебінен жүзеге асырылады, бұл әлдеқайда үнемді. Осыған орай, жел энергетикасын дамыту жолында жел энергетикалық қондырғысының ең аз нақты құнына қол жеткізуге болады.

1.3.2 Жел энергетикалық қондырғыларының түрі бойынша жіктелуі

Жел энергиясын алу үшін әртүрлі жел генераторларын қолданады. Өздернің сыртқы түрі мен құрастырылымымен ерекшеленетін көптеген жел генераторлары бар. Қазіргі уақытта жел турбиналарының екі негізгі конструкциясы қолданылады (сурет. 1.6): көлденең-осьтік және тік-осьтік жел қозғалтқыштары. Олар өздерінің трубина айналуының әртүрлі бағыты бойынша ерекшеленеді. Жел қондырғысының екі түрі де шамамен бірдей тиімділікке ие, бірақ бірінші типтегі жел қондырғылары ең көп таралған түрі. Олардың жел қуаты жүздеген ватттан бірнеше мегаваттқа дейін болуы мүмкін.



1.4 Сурет - Жел қозғалтқыштарының негізгі түрлері

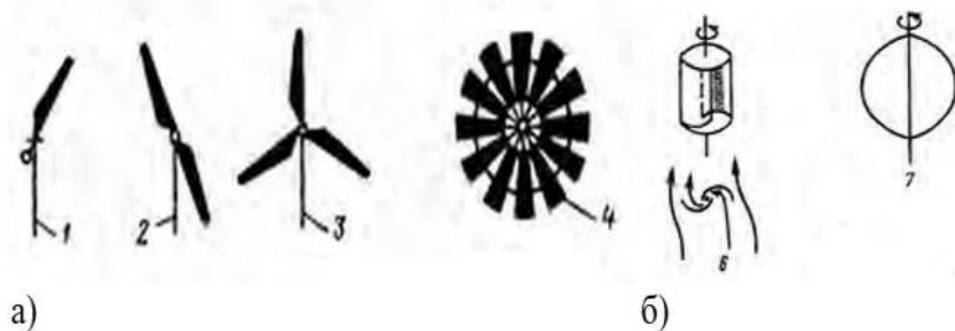
Екі типтегі жел қозғалтқышының құрамына келесі негізгі бөліктер кіреді:

1) мультипликатор (редуктор) - жел доңғалағының және электр генераторының арасындағы аралық буын, ол жел доңғалағының білігінің айналу жиілігін арттырады және генератордың айналымымен келісуді қамтамасыз етеді. Тұрақты магниттердегі арнайы генераторлары бар төмен қуатты жел турбиналарында әдетте мультипликатор қолданылмайды;

2) жел дөңгелегі (жел турбинасы, ротор) - қозғалыстағы жел ағынының энергиясын турбина осінің айналуының механикалық энергиясына айналдырады. Жел дөңгелегінің диаметрі бірнеше метрден бірнеше ондаған метрге дейін айналады. Айналу жиілігі 15 – тен 100 айн/мин құрайды. Әдетте, жел қондырғысының желісіне қосылған жел доңғалағының айналу жиілігі тұрақты. Түзеткіш және инверторы бар автономды жүйелер үшін айнымалы болады. Жел дөңгелегінің құрамында жел дөңгелегінің күпшегіне(ступице) бекітілген жүздер болады;

3) мұнара немесе мачта (ол кейде болат созулармен нығайтылады) – ол жер деңгейіне қатысты белгілі бір биіктікте жел дөңгелегі мен мультипликаторы арқылы басын желге орналастыру үшін қызмет етеді. Ол жел қозғалтқышының өнімді жұмысы және қауіпсіздік талаптарын сақтау үшін қажет. Жоғары қуатты ЖЭҚ мұнарасының биіктігі 75 м-ге жетеді.

4) негіз (іргетас) – қатты желде қондырғының құлауын болдырмауға арналған [1,9].

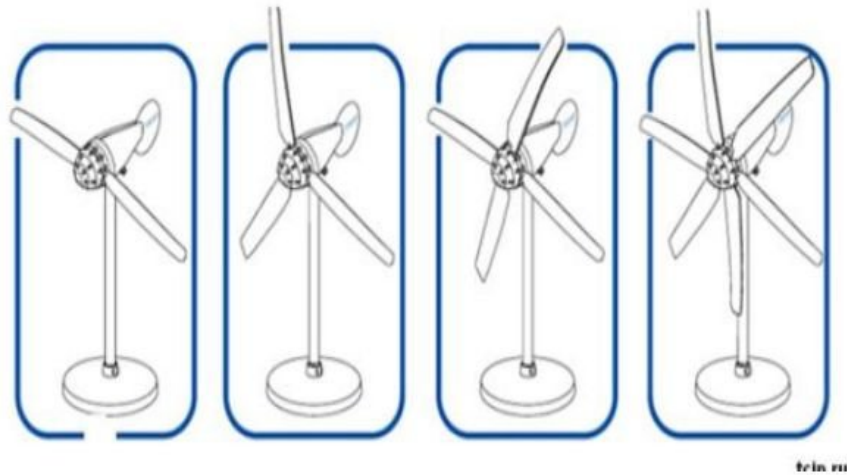


1.5 Сурет - Жел турбиналарының жіктелуі: а) - көлденең осьпен; б) - тік осьпен:
1- бір қалақты ; 2- екі қалақты; 3-үш қалақты ; 4 – көп жүзді; 5- Савониус роторы; 6- Дарье роторы

а) көлденең осі бар жел қондырғылары

Біріншісі кеңінен қолданылатын түрі - көлденең осі бар жел қондырғылары (сурет. 1.7, а), олардың көпшілігі сыртқы жағынан пропеллерге ұқсайды. Көбінесе көлденең айналу осі бар турбиналарда екі-үш қалақ болады, дегенмен көптеген жүздері де бар модельдер бар. Олар "монолитті құрылғылар" немесе "түймедақтар" деп аталды. Олардың екі немесе үш жүзі бар, сол жүздер мұнараның жоғарғы жағындағы гондолада орнатылған. Көлденең айналу осі бар турбинада ротордың жетекші білігі көлденең орналасқан. Осы типтегі доңғалақтардың негізгі айналмалы күші- көтеру күші болып табылады. Желдің жылдамдық векторына қатысты жұмыс жағдайындағы жел дөңгелектері мұнараның алдында немесе оның артында болуы мүмкін. Жел қондырғысының алдында орналасса аэродинамикалық тұрақтандырғыш немесе оны жұмыс қалпында ұстап тұратын қандай да бір өзге қондырғы болуы қажет. Оның айналу осі жерге параллель орналасқан және де жүздері желге қарсы айналады. Көлденең жел турбиналары өнеркәсіптік

ауқымда электр энергиясын өндіруге қолайлы, олар жел электр станциялары жүйесін құрған жағдайда қолданылады. Оларда ротор желмен бірге айналып, кинетикалық энергиясының айналуы генератор арқылы электр энергиясына айналады. Сонымен қатар, роторға жалғанатын төмен жылдамдықты білік көлденең орналасады. Вертикальдылар көбінесе жеке қосалқы шаруашылықтардың қажеттіліктері үшін қолданылады.



1.6 Сурет - Жел турбиналарының түрлі модификациялары

б) тік осі бар жел қондырғылары

Екінші сирек кездесетін түрі - тігінен осі бар жел қондырғылары (1.7, б - сурет.). Мұндай құрылғылардың тік осі тік білікке ие, онда қалақтар немесе ротор өзара қосылған және айналуы көлденең бағытта болады. Олар сыртындағы айналмайтын бөлігі - статордан және ішінде орналасқан қозғалатын ротордан, турбинаның активті, реактивті сатыларын туындататын жүздерден тұрады [17]. Олардың жүздері кез-келген бағытта және желдің күшімен жер бетіне перпендикуляр айналады. Сондықтан қалақшаларының жалпы санының $1/2$ бөлігі үнемі желге қарсы бағытта айналады. Олардың тиімділігі көлденеңмен салыстырғанда 3 есе аз. Мұнда ротор желге қарсы бағытта болмауы тиіс.

Ротордың жетек білігінің тік орналасуына байланысты көлденең айналу осі бар турбиналардан айырмашылығы кез-келген бағытта соққан желді "ұстап алады" және бұл үшін жел ағындарының бағыты өзгерген кезде ротордың орнын өзгерту қажет емес. Ал, беріліс қорабы мен генератор әдетте мұнараның төменгі бөлігінде орналасады. Алайда, жел турбинасының бұл түрін орнату және күту оңайырақ, өйткені оның беріліс қорабы мен генераторы жерде орналасқан. Тік генератордың кемшіліктері мыналар болып табылады: қымбат қондырғы, пайдалану шығындары және осындай жел турбинасын орнату көп орын қажет етеді. Сонымен, жел қондырғысының екі түрінің салыстыру процесінің қысқаша кесте түрінде 1.1-кесте көрсетілген.

1.2 Кесте - Көлденең және тік жел генераторлардың арасындағы негізгі айырмашылықтар

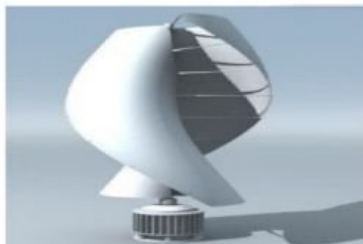
Тік осьтік жел қондырғысы	Көлденең осьті жел қондырғысы
Жүздердің айналу осі жел бағытына параллель	Жүздердің айналу осі жел бағытына перпендикуляр
Ротор білігі көлденең жұмыс істейді	Ротор білігі тігінен жұмыс жасайды
Ағынды жел жағдайларында қолданылады	Турбулентті жел генераторы бар аумақтарда пайдалынады (шатыр)
Ротор жел ағынына қарай бағытталған	Ротор әр түрлі бағыттан жел ағынын қабылдайды
техникалық қызмет көрсету және оны тексеру операциялары қиындықтар	Тексеру және техникалық қызмет көрсетуі қарапайым
Желден көптеу энергия көзін алады	желден көлденеңге қарағанда аз энергия алады
орташа жел жылдамдығында жақсы жұмыс жасайды	төмен жел жылдамдығы болған кезде де жұмыс жасайды

Тік жел құрылғыларының құрылымы жел дөңелегінің әртүрлі модификацияларына байланысты бірнеше өзгешеліктері бар. Солардың ішінде көп таралған түрлері келесілер:

а) Савониус роторы

Осы ротордың жүздері цилиндрлік беттерге ұқсас болып келеді (1.7-сурет). Бұл түрдегі ротор келесіде артықшылықтарға ие : желдің төмен мәндерінен бастауға мүмкіндік береді, оның қозғалысы 3 м/с-тен басталады; айналу моменттің жоғары көрсеткіштерінің жылдам жиынтығы; құрылымның жоғары сенімділігі; салыстырмалы түрде төмен өндірістік шығындар.

Савониус роторы бар жел турбиналарының кемшілігі барлық тік жел турбиналары сияқты. Бұл жел энергиясының толық пайдаланылмауы және соның салдарынан ауа ағынының конверсиясының төмен тиімділігі. Сондықтан бұл құрылғылардың өнеркәсіптік өндірісі 4 — 6 кВт —тан көп болмайтын қуат көзімен іске асырылады.



1.7 Сурет - Савониус роторының сыртқы көрінісі

б) Дарье роторы

Дарье роторы бар тік жел диірмені әдеттегіден бірнеше ондаған жыл өткен соң ойлап табылды. Сыртқы көрінісінен бұл түрі сопақ типтес иілген 2 немесе 3 жүздерден жасалады (сурет. 1.8).



1.8 Сурет - Дарье роторының сыртқы көрінісі

Дарье роторы бар жел генераторларын жасау және орнату оңай. Сондай-ақ, олардың артықшылығы - ауа ағынының бағытына тәуелсіз бағдарлануы. Жетектің негізгі білігі жер деңгейіне жақын орналасқан, бұл оның қызмет көрсетуіне ыңғайлы етеді. Дарье роторы бар жел генераторының дизайны қарапайым кинематикалық схемамен ерекшеленеді.

Мұндай жел генераторының басты кемшілігі- роторды қолмен іске қосу керек. Ол сондай-ақ ауа ағындарының динамикалық әсерінен туындаған тірек түйіндеріне түсетін жоғары жүктемемен ерекшеленеді. Жел диірменінің қалыпты жұмысы үшін оның бүкіл ұзындығы бойынша берілген жүздің профилін қатаң сақтау қажет. Дарье роторы бар жел қондырғысы жұмыс істеп тұрған кезде шулы.

в) Геликоидты ротор

Геликоидты ротор- тік осьтік жел қондырғысының дамуының белгісі. Оның жүздері геликоидты қисық түрінде жасалады, ол оның құрылымын біркелкі айналдыруға мүмкіндік береді және тірек бөлігіне түсетін жүктемені азайтады. Ротор қалақтарының диагональ бойынша бүгілуі жылдамдықтың жылдам жиынына ықпал етеді. Жел ағынын пайдалану тиімділігі көлденең құрылғыларға жақын. Сонымен қатар, бұл жұмыс кезінде шудың жоғарылауын тудырады және дыбыстық спектрдің қысқа толқындық бөлігінде орналасқан

дыбыстық толқындарды шығарады. Геликоидті ротор қалақшаларының профилі күрделі конфигурациясына байланысты өндірісте қымбат (1.9-сурет).



1.9 Сурет - Геликоидты ротордың сыртқы көрінісі

г) көп жақты ротор

Бұл бекітілген пышақтардың сыртқы сақинасымен толықтырылған тік осьтік жел қондырғысының құрылымының модификациясы. Мұндай схема ауа ағынының тиімді қағу аймағының ұлғаюына, оның сығылуы мен үдеуіне ықпал етеді, бұл тұтастай жел генераторының тиімділігінің артуына әкеледі. Сонымен қатар, құрылым әлсіз желдің әсеріне сезімтал. Көп жақты ротор материалдың жоғары сыйымдылығымен сипатталады, бұл тұтастай алғанда жел генераторының бағасын жоғарлатады. Жұмыс барысында көп қалақты роторлы жел генераторының дизайны жоғарылаған дыбыстық фонмен жүреді (1.10-сурет).



Сурет 1.10 - Көп жақты ротордың сыртқы көрінісі

1.3.3 Қолданылатын электр машинасының түрі бойынша жіктеу

Ең жиі кездесетін жіктеулердің бірі электрлік машиналардың қолдану типіне байланысты жіктелу (сурет.1.5).



1.11 Сурет - Қолданылатын электр машинасының түрі бойынша ЖЭҚ жіктеу

Жел электр қондырғыларын жобалау кезінде олардың келесі ерекшеліктерін ескеру қажет:

1) жел дөңгелегі жұмысының максималды тиімділігін қамтамасыз ету үшін жылдамдықтың тұрақты коэффициентін сақтай отырып, желдің жылдамдығы өзгерген кезде оның айналу жиілігін өзгерту керек, сонымен бірге электр генераторының барынша тиімді жұмыс істеуі үшін айнарудың тұрақты жиілігі керек;

2) жел қондырғысының айналу жиілігін басқарудың механикалық жүйелері күрделірек болып келеді, әрі қымбатырақ. Электр генераторының электр жүктемесін өзгерту арқылы оның айналу жиілігін басқару әлдеқайда тиімді және арзан;

3) жел турбинасының оңтайлы айналу жылдамдығы неғұрлым аз болса, оның радиусы соғұрлым үлкен болады, сондықтан генератормен тек өте кішкентай жел доңғалақтарын (радиусы 2 м-ден аспайды) тікелей қосуға болады. Үлкен жел турбинасы кезінде жел қондырғыларының құнын және оған қызмет көрсетуді жоғарылататын редукторларды қолдану қажет. Аз айналу жиілігінде жұмыс істейтін көп полюсті генераторлардың жаңа түрлері баламалы редукторлар ретінде болуы мүмкін;

4) жел электр қондырғысының конструкциясында, әдетте, генераторды жел турбинасынан ажырату және оның энергияның химиялық немесе механикалық аккумуляторынан айналу мүмкіндігі қарастырылады, сондықтан генераторды басқару жүйесін жел турбинасының жұмысымен байланыстырмайды. Мұндай байланыс болмаған кезде, тіпті генератордың жел турбинасына "жеңіл" қосылуы кезінде де арнайы демпферлік құрылғылар қажет. Олар генератордың шығысындағы механикалық соққыларды, шамадан тыс жүктемелер мен кернеулерді болдырмау үшін қажет.

Сонымен қатар, жел энергетикалық қондырғыларының шығыс параметрлеріне қойылатын нақты талаптарды ескеру қажет:

а) ең қолайлы жел жағдайлары, әдетте, халқы аз аудандарда, аралдар мен теңізде болады. Мұндай аудандардағы электр энергиясына қойылатын талаптар өте ерекше, бірақ бұл жерде дамыған өнеркәсіптік аудандарға қарағанда әлдеқайда аз қажет етеді;

б) электр энергиясын тұтынушылар алаңның талдауы бойынша, олардың 5-10% -ында ғана оның параметрлеріне белгілі бір талаптардың болатындығын көрсетеді (мысалы, жиілікке). Бұл негізінен электр қозғалтқыштары, электронды құрылғылар және жарық қондырғылары. Сондықтан электрмен жабдықтау жүйесін тұтынушыларды тұрақтандырылмаған параметрлері бар (мысалы, жылытуға арналған) арзан электрэнергиясымен де, салыстырмалы түрде қымбат, бірақ тұрақты параметрлерімен қамтамасыз ете алатындай етіп құру жөн;

в) ауылдық жерлердегі энергия жүйелері, әдетте, қуаты аз және салыстырмалы түрде төмен вольтті (33 кВ-тан аз) болады. Энергияны ұзақ қашықтыққа беру кезінде оның шығындарымен байланысты көптеген мәселелер туындайды, сондықтан мұндай жүйелерге ЖЭҚ қосу орынсыз;

г) желсіз кезеңдер мүмкін болғандықтан, электрмен жабдықтаудағы іркілістерді болдырмау үшін ЖЭҚ-да энергия аккумуляторлары болуы немесе басқа типтегі электр энергетикалық қондырғылармен параллель болуы тиіс.

1.4 Жел қондырғыларының артықшылықтары мен кемшіліктері

Төменде жел энергетикалық қондырғыларының бірқатар артықшылықтары көрсетілген:

- 1) желдің кинетикалық энергиясын электр қуатына тегін айналуы;
- 2) дәстүрлі отын-энергетикалық ресурстардың үнемделуі;
- 3) үлкен энергетикалық станцияны құрудың қажеті жоқ, жеке ықшам қондырғыларды да пайдалануға болады;

- 4) ауаға зиянды заттарды шығармайды

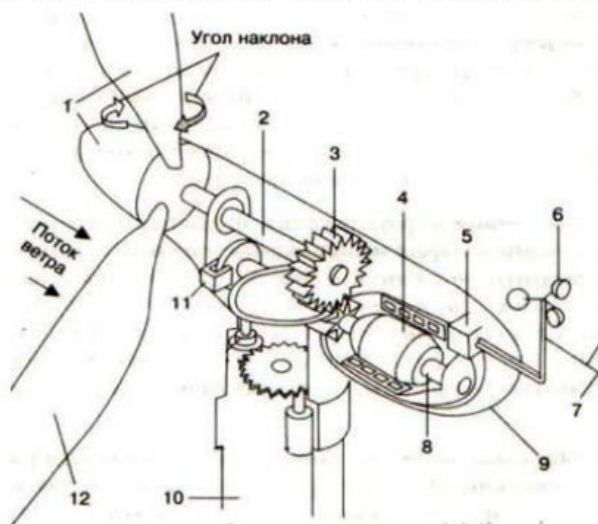
Сонымен қатар, олардың кемшіліктерінде ескеру қажет :

- 1) кең аумақты талап етеді;
- 2) ауа- райына тәуелділік. электр энергиясын өндіру жел ағындары арқылы жүзеге асырылады және олардың күші мен біркелкілігіне байланысты. тыныш, желсіз ауа-райында электр тогын өндіру мүмкін емес;
- 3) жел қондырғыларынан туындайтын шулардың қоршаған ортаға әсері әсері;
- 4) жел энергетикалық жабдықтың құнының қолжетімді болмауы;
- 5) алынған ток дайындықсыз қолдануға жарамсыз, бұл белгілі бір құрылғылардың болуын талап етеді;
- 6) дауылды немесе екпіні қатты желдер қондырғыны бұзуы немесе істен шығаруы мүмкін.

7) әуе және радио байланыстарына кедергі келтіреді.

1.5 Жел генераторлары қалай жұмыс істейді

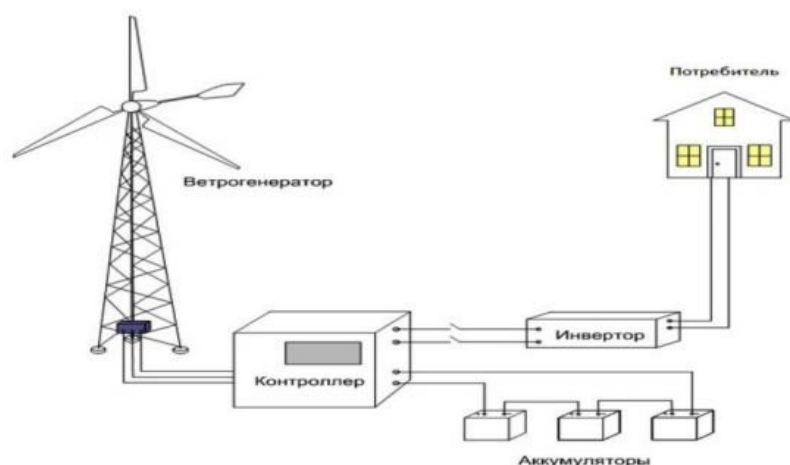
Жел генераторының жұмыс істеу принципі жел энергиясын электр энергиясына түрлендіруге негізделген. Жел турбинадан өткен кезде желдің кинетикалық энергиясының әсерінен білекке бекітілген қалақтар (12 позиция 1.2 сур.) айнала бастайды. Пышақтардың бір бөлігі тегіс, екіншісі дөңгеленген пішінге ие. Ауа ағыны дөңгелектелген бөліктен өткен кезде вакуумдық секция пайда болады, бұл қалақтардың сорылуына ықпал етеді және оны бүйіріне шығарады. Ол энергияның пайда болуына әкеледі, оның әсері кішкене желде жүздердің айналуына әкеледі. Егер де жел ағыны неғұрлым күшті болса, онда қондырғының жүздері соғұрлым жылдам айналады. Мұндағы білік муфта арқылы айналу жылдамдығын арттыратын редуктордың кіріс білігімен байланысады. Сосын, бұл редуктордың (3 позиция 1.2 сур.) шығыс білігімен электр энергиясын өндіретін генераторға (4 позиция 1.2 сур.) қосылған ішкі білікке қосылып, оны айналдырады. Электр генераторының роторы айналған кезде механикалық энергияны электр энергиясына түрлендіру жүзеге асырылады және үш фазалы ауыспалы ток туындайды. Статор орамасының болуы механикалық энергияның электр тогына айналуына ықпал етеді.



1.12 Сурет - Жел қондырғысының құрылымдық схемасы

Жел генераторы шығаратын электр энергиясы аралық қоймаға беріледі, оның функцияларын әдетте аккумулятор батареясы алады. Аккумулятордан келетін төменгі тұрақты ток инверторды қоректендіреді, оның шығуынан тұрмыстық жиіліктің қалыпты 220 вольтты айнымалы кернеуі алынады. Инверторды төменгі кернеуге арнайы есептелінген электрлік құрылғылармен алмастыруға болады. Нәтижесінде алынған токты жылу батареяларын, жарықты, телевизорларды және басқа да құрылғыларды қоректендіру үшін тұтынуға жіберіледі;(1.5- сурет)

Көбінесе жел турбиналары биіктігі 100 м-ге дейін жететін болат қуысты діңгектен, турбина роторынан, қалақтардан, генератор осінен, редуктордан, генератордан, инвертордан және аккумулятордан тұрады. Жел генераторлары бағалау және жел бағытында автоматты түрде бұру жабдықтарымен жабдықталады, сонымен қатар энергияны пайдалануды тиімділеу үшін пышақтардың бұрышын немесе қадамын өзгерте алады.



1.12 Сурет - Жел электр станцияның сұлбасы

Жел энергетикалық қондырғысының құрамының жабдықтар кешеніне толығырақ шолу жасау:

Жел қозғалтқышы- жел энергиясын механикалық айналу энергиясына түрлендіргіш. Оның құрамына жел дөңгелегін кіреді. Ол ауа ағынын қабылдайтын және осы ағынның энергиясын генератордың білігіне немесе механикалық энергияны пайдаланатын басқа құрылғыға берілетін айналмалы қозғалысқа айналдыратын пышақтардан, қанаттардан немесе басқа бөліктерден тұрады.

Генератор - айнымалы токты өндіретін және аккумуляторлы батареяларды зарядтауға қажет құрылғы. Токтың күші мен генератор кернеуі желдің жылдамдығы мен тұрақтылығына байланысты. ЖЭҚ- ның генераторлары әр түрлі болады, мысалы, тұрақты ток генераторлары, асинхронды генераторлар, клапан (синхронды) және тағы да басқалары. Генератордың түрін жел электр станциясының әзірлеушісі анықтайды және жұмыс жағдайынан, өндірілетін электр энергиясының қуаты мен сапасына қойылатын талаптардан таңдалады;

Контроллер - батареяларды зарядтау үшін қажетті ток пен кернеуді ұстап тұруға арналған құрылғы. Батарея зарядтағыш контроллері кіріс және шығыс ток пен кернеуді реттейді, батареяның оңтайлы зарядтау режимін қамтамасыз етеді. Ол жүздердің бұрылысы, аккумуляторлардың заряды және қорғаныс функцияларын басқарады;

Қалақшалар – кинетикалық жел энергиясының әсерінен генератордың білігі қозғалысқа келеді. Жел құрылғысының эксплуатация шартына сай қалақша саны 3 - ке, диаметрі 2м - ге тең болады.

Қайта зарядталатын батарея – Электр энергиясын сақтауға арналған құрылғылар. Олар жел турбинасы жұмыс істеп тұрған кезде электр энергиясын жинап, оны электр энергиясын өндіруді тоқтатқан кезде тұтынушыларға беруге мүмкіндік береді. Сондай-ақ, олар генератордан шығатын кернеуді түзетеді және тұрақтандырады. Олар арқылы электр энергиясын желсіз уақытта және ұйытқыған желде де ешбір қиындықсыз тұрақты кернеуді қолдануға. Бұл жүйелер үшін сіңірілген электролиті бар *AGM* типті қорғасын-қышқылға қызмет көрсетілмейтін аккумуляторлар қолданылады. Мұндай батареялар сапаны жоғалтпай жеткілікті терең разрядқа қабілетті және көптеген зарядтау/разрядтау циклдеріне арналған;

Инвертор (үздіксіз қоректендіру блогы) - аккумуляторлы батареяларда жинақталатын тұрақты токты 12В кернеуден (желіге АВ-дан беріледі) көптеген электр құралдары тұтынатын 220В кернеуі бар айнымалы токқа түрлендіретін электр құралы. Қайта зарядталатын батареялар тұрақты кернеу көзі болып табылады, ал электр энергиясын тұтынушылардың көпшілігі керісінше 220 немесе жиілігі 50Гц кезіндегі 380В айнымалы кернеуге арналған. Көбінесе инверторлар бірнеше функцияларды біріктіреді: тұрақты токты айнымалы токқа айналдырады, зарядтау контроллері болып табылады; аккумуляторды шамадан тыс және артық жүктемеден қорғауды қамтамасыз етеді; генератор үшін балласты жүктеме рөлін атқарады. Жүйенің барлық басқаруы мен автоматикасы осыдан өтеді. Айнымалы ток сапасы бойынша ерекшеленетін инверторлардың 2 түрі бар: синусоидалы шығыс кернеуі бар және синусоидалы модификацияланған. Біріншісі қымбат, бірақ электр энергиясының сапасына сезімтал кез-келген жүктемені қоректендіруге мүмкіндік береді. Екіншісі арзан, бірақ индуктивті жүктемені (электр қозғалтқыштары мен трансформаторлары бар құрылғылар) қамтамасыз етуге арналмаған [10].

1.6 Жел қондырғыларын пайдалану мәселелері

Жел генераторының энергияның тегін болу тартымдылығына қарамастан, олардың жұмысы бірқатар экономикалы емес мәселелерге толы. Ең алдымен, бұл тұрақты емес. Пайдаланушы желдің күшіне ешқандай әсер ете алмайтындығы және ауа-райының өзгеруіне үміттенетіні анық. Дәл осы себепті ірі жел станцияларында авариялық жағдай - жеткілікті күшті жел ағындары ұзақ уақыт болмаған жағдайда ғана қосылады. Осы аспект кезінде генераторлар кешеніне қосалқы жабдықты енгізуге байланысты болып табылады. Батареяның, инвертордың және резервтік генератордың болуы қуаттың тұрақтануы және кернеудің теңестірілуі үшін қажет, өйткені жел мүлдем болмауы мүмкін немесе ол әр түрлі жылдамдықты тудыруы мүмкін.

Өнеркәсіптік жел қондырғысы ерте бастан әзірленген алаңда 7-10 күнде салынады. Жел энергетикалық қондырғысын орнату үшін белгілі заң

адамдарынан рұқсат алуға шамамен бір жыл немесе одан да көп уақытқа созылады. Сонымен қатар, жел генераторының немесе жел саябағының құрылысын негіздеу үшін сол жердегі желді ұзақ мерзімде зерттейді (кемінде 1 жыл). Осы іс-шаралар жел энергетикалық жобаларын іске асыру мерзімін едәуір арттырады.

Құрылыс үшін құрылыс алаңына дейінгі жол, монтаждау кезінде түйіндерді орналасу орны, 50 метрге дейін көтеретін ауыр көтергіш техникасы қажет, өйткені гондолдар шамамен 50 метр биіктікте орнатылады.

Өнердірістік жел генераторын пайдалану барысында кездесетін әр түрлі мәселелер:

1) Іргетастың дұрыс емес құрылғысы. Егер мұнараның іргетасы дұрыс есептелмеген немесе құрылғы іргетасының дренажы дұрыс орнатылмаса, онда қатты жел болған жағдайда мұнара құлауы мүмкін;

2) Жел генераторының қалақтары мен басқа да бөліктерінің мұздануы. Мұздану кезінде жүздердің массасы көбейіп, жел генераторының тиімділігін төмендетуі мүмкін. Жел генераторының жұмысы бәсеңдемеу үшін Арктикалық аймақтарда арнайы мұзға төзімді материалдан жасалған жүздер орнатылады. Генераторда қолданылатын сұйықтықтар қатып қалмауы қажет. Егер де сұйықтық қатса, желдің жылдамдығын өлшейтін жабдықта қатып қалуы мүмкін. Бұл жағдайда жел генераторларының тиімділігі айтарлықтай төмендейді. Мұзданудың салдарынан аспаптарда желдің жылдамдығы төмен болуы мүмкін, ротор қозғалыссыз қалады;

3) Тежегіш жүйесінің ажыратылуы немесе бұзылуы. Бұл жағдайда өте жоғары жылдамдықты алады және нәтижесінде сынып кетеді.

4) Өшіру. Жел жылдамдығының күрт ауытқуы кезінде жүйенің құрамына кіретін құрылғылардың электрлік қорғанысы іске қосылады, бұл тұтастай алғанда жүйенің тиімділігін төмендетеді. Сондай-ақ, ірі жел станциялары үшін электр жіберу жолын қорғау іске асады;

5) Генератор жұмысының тұрақсыздығы. Өнеркәсіптік жел генераторының көпшілігінде асинхронды генераторлар болғандықтан, олардың тұрақты жұмысы электр жеткізу желісіндегі кернеудің тұрақтылығына тәуелді.

6) Өрт. Өрт гондола ішіндегі айналмалы бөліктердің үйкелісінен, гидравликалық жүйелерден майдың ағып кетуінен, кабельдердің үзілуінен және т.б. туындауы мүмкін. Замануы жел генераторларында өзіндік өрт сөндіру жүйелері орнатылады.

7) Найзағай соғуы. Найзағай соғуы өртке әкелуі мүмкін. Қазіргі заманғы жел генераторларында найзағайға қарсы жүйелер орнатылуда [7].

2 АРНАЙЫ БӨЛІМ

2.1 Жел энергетикалық қондырғысының генераторы

Жел генераторы механикалық энергияны электр энергиясына айналдыратын құрылғы. Олар электр желісіне байланысқан өзге генераторлық құрылғылармен салыстырғанда кішкене ерекше. Генератор өте ауыспалы механикалық қуаттылықты (айналмалы моментті) энергия көзімен (ротормен) қамтамасыз ету арқылы жұмыс жасайды.

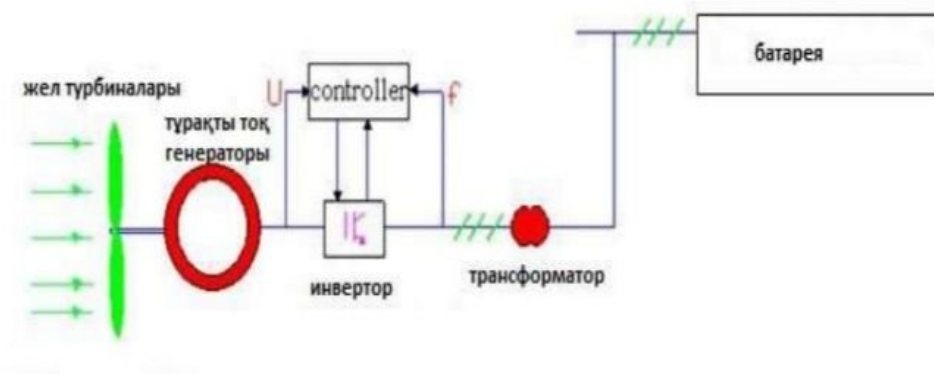
Жел доңғалақтарындағы шектеуші факторлар - генератордың құрылымы болып табылады. Ғалымдар арасында ЖЭҚ-ның генераторларының ең жақсы конструкциясы туралы бірыңғай пікір жоқ [5,15]. ЖЭҚ-да қолданылатын генераторлардың үш негізгі түрі бар. Оларды жел қозғалтқыштарының әртүрлі жүйелері үшін пайдалануға болады. Оларға төменде көрсетілген түрлер кіреді:

1. Тұрақты ток генераторлары;
2. Айнымалы токтың синхронды генераторлар;
3. Айнымалы токтың асинхронды генераторлар.

Негізінде, генераторлардың құрылымдық нұсқаларының әрқайсысы белгіленген немесе айнымалы жылдамдықта жұмыс істеуі мүмкін. Енді жел энергетикалық қондырғыларын пайдалану кезінде генераторлардың осы түрлерін қолдану ерекшелігін салыстырайық. Жел энергетикасының флуктуациялық сипатына байланысты айнарудың айнымалы жылдамдығы бар жел генераторын қолдану тиімді, ол қондырғының қалақтары мен жетекті беріліске физикалық жүктемені төмендетумен қатар, жүйенің аэродинамикалық тиімділігін және өтпелі қозғалтқыштардың айналу сәтін жақсартады [8].

2.2 Тұрақты токтың генераторлары

Тұрақты токтың қарапайым машиналарының статорында магнит өрісі пайда болады, ал якорь роторда болады. Статор тұрақты магниттермен немесе тұрақты өрістің орамдарымен қозғалатын бірнеше полюстері болады. Статорда тұрақты магниттермен немесе тұрақты ток орамасы бар электромагниттің көмегімен қозғалатын айқын полюстер орналасқан. Көбінесе бұл орам якорьға параллель қосылады- бұл параллель қозуы бар тұрақты ток генераторы. Параллель қозуы бар тұрақты ток генераторында магниттелетін ток, демек, магнит ағынының шамасы жел доңғалағының айналу жылдамдығына тәуелді [21].



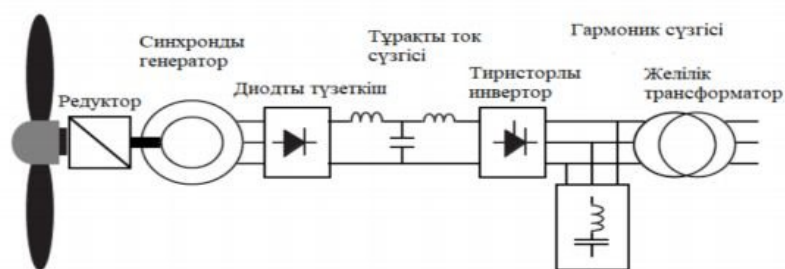
2.1 Сурет - Тұрақты ток генераторының жалғану жүйесі

Сұлба жел турбинасынан, тұрақты ток генераторынан, биполярлы транзистордағы оқшауланған қақпағы бар инвертордан, контроллерден, трансформатордан және электр желісінен тұрады (Сурет 2.1). Бұл сұлбаның жұмыс атқару принципі келесідей: жел соққан кезде жел тартқышы қозғалып, генератор роторының айналуына себеп болады. Генератордан шыққан ток түзетіліп, қолданушыларға инвертор көмегімен беріледі. Зарядтау контроллері көмеімен артық энергия батареяға беріледі. Жел жылдамдығы жеткіліксіз болған кезде аккумуляторда жиналған заряд пайдаланушыға инвертормен беріледі.

Жалпы алғанда, жел генераторларының құрамында тұрақты ток генераторларын іс жүзінде пайдалану мүмкін емес. Тек аз электр энергиясын тұтынатын қабылдағыштар болуы мүмкін. Мәселен, оларға батареяларды зарядтау қондырғылары болмаса жеке ғимараттың автономды жылыту жүйесінің қуат көздері [7].

2.3 Синхронды генераторлары

Көбінесе электр машиналарының осы типі ЖЭС- те және әсіресе жел диірмендерінде генератор ретінде қолданылады. Олардың басты артықшылығы - тек белсенді емес, сонымен қатар реактивті қуат өндіру мүмкіндігі. Синхронды генераторлардың құрылымы әртүрлі: айқын және анық емес полюсті. Олар козу жүйесімен де ерекшеленеді. Жел турбиналары үшін тұрақты ток көзінен қозуды қолдану перспективті емес. Бұл жағдайда байланыс сақиналары мен щеткалары бар жүйенің барлық кемшіліктері болады. Осыған байланысты тұрақты магниттердегі генератор тізбектерін немесе байланыссыз электромагниттік козуы бар тізбектерді қолданған дұрыс [11].



2.2 Сурет – Синхронды генератордың жалғану сұлбасы

2.4 Асинхронды генераторлары

Асинхронды генератордың дизайны қарапайым, сенімділігі жоғары, салыстырмалы түрде тұрақты магнитті синхронды генераторлардан құны арзан. Бұрын ЖЭҚ-да асинхронды генераторды (АГ) қолдану генератордың қозуына және жүктеменің реактивті қуатының өтелуін қамтамасыз ететін шағын габаритті конденсаторлардың болмауына, сондай-ақ шығу кернеуін тұрақтандырудың күрделілігіне байланысты аз таралған болатын. Генераторлардың бұл түрін жоғары бастапқы токтары жоқ және кернеудің шамалы өзгеруіне төзімді құрылғылармен ғана қолдануға болады. Мұндай генераторлар синхрондыға қарағанда арзан және олар сыртқы жағдайлардан қорғаудың жоғары класына ие.

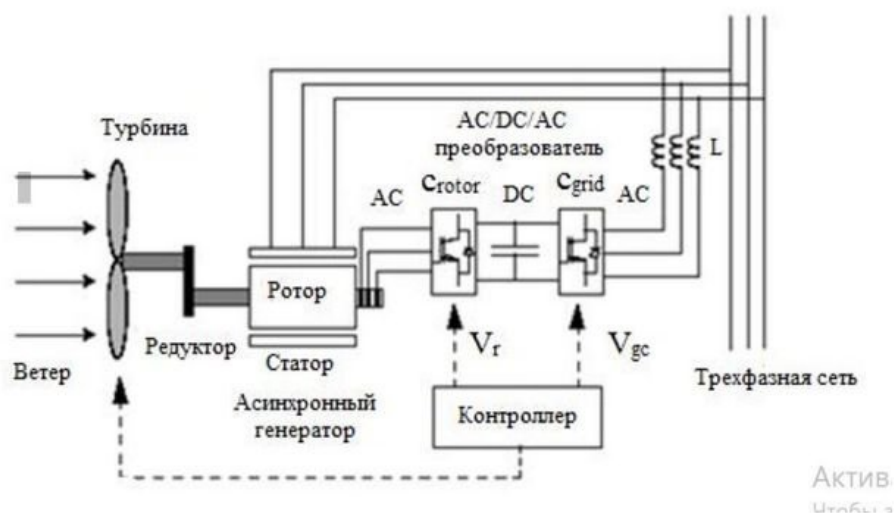
Асинхронды генераторлар орам түріне байланысты екі түрге бөлінеді: қысқа тұйықталған роторлары бар айналу жылдамдығы белгіленген асинхронды генераторлар (кейде қысқа тұйықталған асинхронды генераторлар деп аталады) және оралған роторлары бар қос қоректенетін асинхронды генераторлар (фазалы). Статордың көмекші орамасынан пайда болатын айналмалы магнит өрісі роторда магнит өрісін тудырады, ол ротормен бірге айналады, статордың жұмыс орамасындағы ЭҚК-ті, сонымен қатар синхронды генератордағы принципті тудырады. Генератордың шығысындағы жиілік пен кернеу ротордың айналу жиілігіне байланысты, жел электр қозғалтқышының тұрақтылығына байланысты айналмалы магнит өрісі әрдайым өзгеріссіз қалады және реттелмейді [12].

2.5 Автоматты реттеу жүйелері

Станциялар мен қосалқы станциялардың электр бөлігін автоматтандыру халық шаруашылығының барлық салаларына ортақ қағидаттарға сәйкес орындалады. Алайда, электр энергиясын өндіру, беру және тарату процесінің автоматика құрылғыларында белгілі бір із қалдыратын бірқатар ерекшеліктері бар. Осы ерекшеліктерге: ұзақ уақыт бойы өндірілетін және берілетін энергияның үлкен мөлшері; электр энергиясын өндіру, беру, тарату және тұтыну процесінің үздіксіздігі; электр энергиясын өндіру, беру және тарату жүйесінің әртүрлі бұзылулары кезінде процестердің жоғары жылдамдығы.

Электр станцияларының қуаты, электр беру желілеріндегі қуат ағыны қазіргі уақытта жүздеген және мыңдаған мегаватт құрайды, олардың үздіксіз жұмыс істеу ұзақтығы - мың сағат, бұл ретте электр энергетикасы жүйесінде жеткілікті сыйымдылықты жинақтағыш құрылғылар жоқ. Белгілі бір уақытта өндірілетін энергия мөлшері іс жүзінде сол уақытта тұтынылуы керек. Электр станцияларының генераторлары мен тұтынушылар арасындағы технологиялық тізбектің элементтері бұзылған жағдайда, жүйенің басқа элементтері жылу түрінде энергияның үлкен мөлшерін шығарады. Олар жабдықтың қатты зақымдануына және секундтың оннан, кейде тіпті жүзден бір бөлігімен есептелген уақыт аралығында технологиялық процестің толық бұзылуына әкелуі мүмкін. Тұтынушыларға электр энергиясын беруді кенеттен тоқтату олардың өндірістік процестерінің бұзылуына, еңбек жағдайларының бұзылуына, өнімнің, жабдықтың бұзылуына және адам өліміне әкеледі. Мұның бәрі автоматтандыру құралдарының алуан түрлілігін, олардың жылдамдығы мен сенімділігіне қойылатын талаптардың жоғарылауын анықтайды.

Автоматтандыру құрылғылары электр энергиясының тиісті сапалық көрсеткіштерін (кернеу, жиілік) және энергия жүйесі жұмысының үнемділігін (белсенді және реактивті қуат) қамтамасыз етуі тиіс. Бұл құрылғылар генераторлардың қоздыру жүйелеріне және бастапқы қозғалтқыштардың энергия тасымалдаушылар (бу, су) санын басқару құрылғыларына әсер ете отырып, осы шамаларды автоматты түрде реттеуді жүзеге асырады. Қарастырылған кернеуді автоматты басқару жүйесі генератордың шығысындағы кернеуді белгілі бір деңгейде ұстап тұруға қызмет етеді. Жүйе тұрақтылық талаптарына, сондай-ақ реттеудің дәлдігіне жауап беруі керек. Генератор кернеуі дискретті реттегіш көмегімен қозу орамасының уақытқа тәуелді қорек көзіне қосылу арқылы реттеледі. Осыған байланысты фазалық роторы бар қос қуатты асинхронды генератор генераторлық жүйе ретінде ұсылынған, 3.7 - суретте көрсетілген.



2.3 Сурет - Екіжақтан қоректенетін машина негізіндегі айнымалы ток генераторы

AC/DC/AC түрлендіргіші екі компонентке бөлінеді: ротор жағынан түрлендіргіш (C_{rotor}) және желі жағынан түрлендіргіш (C_{grid}). Айнымалы ток пен кернеуді тұрақты токқа түрлендіру үшін мәжбүрлі коммутацияланған қуат электронды құрылғыларын (IGBTs) қолданатын C_{rotor} және C_{grid} кернеу көздерінің түрлендіргіштері. Тұрақты ток аймағына қосылған конденсатор, тұрақты кернеу көзі ретінде әрекет етеді. Байланыстырушы L индуктивтілігі C_{grid} желісін қосу үшін қолданылады. Ротордың үш фазалы орамасы C_{rotor} - мен байланыс сақиналары мен щеткалары арқылы қосылады, ал үш фазалы статор орамасы желіге тікелей қосылады. Жел турбинасы шығаратын қуат асинхронды генератор арқылы электр қуатына айналады және ротор мен статор орамалары арқылы желіге беріледі. Басқару жүйесі C_{rotor} және C_{grid} үшін қалақшалар бұрышы мен VR және VgC кернеу сигналдарының командасын өзгерту үшін сигнал шығарады, сәйкесінше жел турбинасының кернеуін тұрақты ток шиналары мен реактивті кернеуді басқару үшін. 2.4- суретте жел турбинасы – асинхронды генератор жүйесіндегі қуат ағындарының схемасы көрсетілген. Ол бойынша жүйенің жұмыс істеу принципін көруге болады. 2.5- суретте келесі параметрлер қолданылады:

P_m - бұл жел турбинасында ұстап, роторға берілетін механикалық қуат;

P_s - статордың шығыс электр қуаты;

P_r - ротордың шығыс электр қуаты;

P_{gs} - C_{grid} шығыс электр қуаты;

Q_s - статордың шығыс реактивті қуаты;

Q_r - ротордың шығыс реактивті қуаты;

Q_{gs} - C_{grid} -тің шығыс электр қуаты;

T_m - роторға қолданылатын механикалық момент;

T_{em} - генератордың роторға тигізетін электромагниттік моменті;

W_r - ротордың айналу жиілігі;

w_s -генератордың ауа саңылауындағы магнит өрісінің айналу жылдамдығы, бұл жылдамдық синхронды жылдамдық деп аталады. Ол желінің кернеуінің жиілігіне және генератор полюстерінің жұп санына пропорционал;

J -ротор мен жел турбиналарының инерция коэффициенті[14].

Статордың механикалық қуаты мен электр қуаты келесідей есептеледі:

$$P_m = T_m * \omega_r$$

$$P_s = T_{em} * \omega_s$$

Генератордағы шығындар:

$$J \frac{d\omega_r}{dt} = T_m - T_{em}$$

Белгіленген режимде генератордағы шығындар үшін белгіленген жылдамдықта жазуға болады:

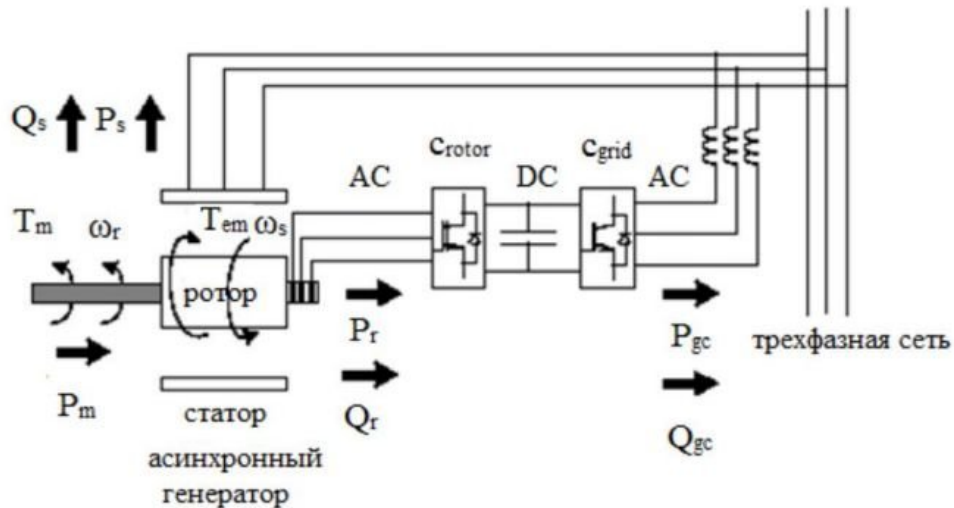
$$\begin{aligned} T_m &= T_{em} \\ P_m &= P_s + P_r \end{aligned}$$

Демек:

$$P_r = P_m - P_s = T_m \cdot \omega_r - T_{em} \cdot \omega_s = -T_m \cdot \omega_s \cdot \frac{\omega_s - \omega_r}{\omega_s} = -s \cdot T_m \cdot \omega_s = -s \cdot T_s$$

мұндағы s генератордың сырғуы ретінде анықталады:

$$s = \frac{\omega_s - \omega_r}{\omega_s}$$

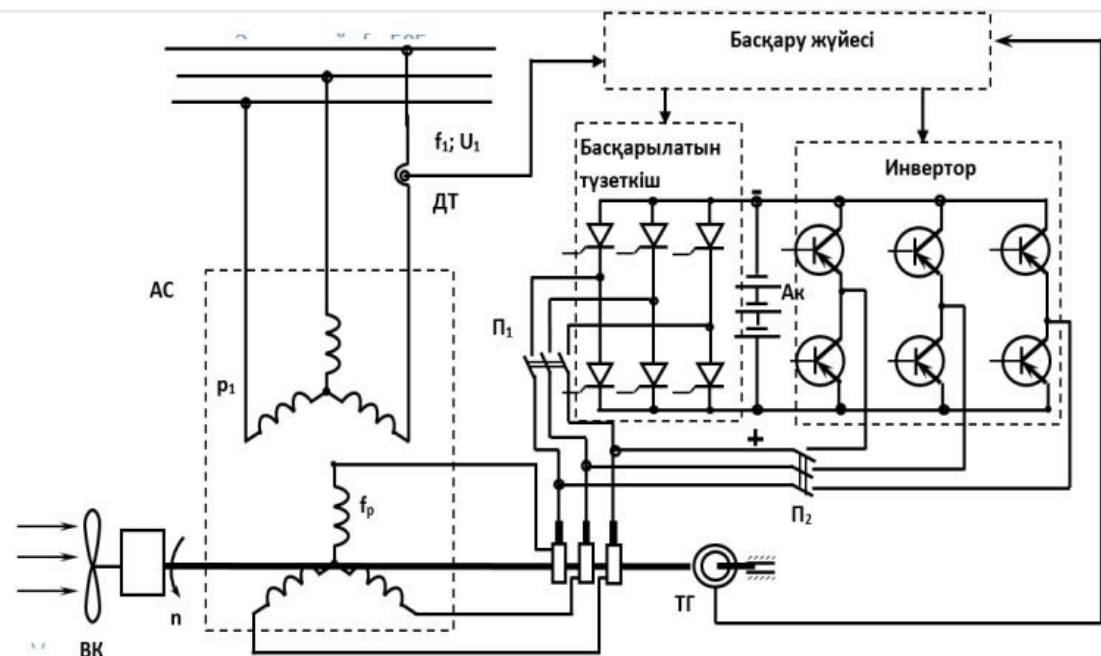


2.4 Сурет - Жел турбинасы жүйесіндегі қуат ағындары-асинхронды қос қуат генераторы

Әдетте абсолютті сырғанау мәні бірліктен төмен, сондықтан P_r тек P_s бөлігі болып табылады. T_m өндірілген энергия үшін оң және ω_s оң және тұрақты желінің кернеу жиілігі үшін тұрақты болғандықтан, P_r белгісі сырғу белгісінің функциясы болып табылады. P_r теріс сырғу мәніне оң (ротордың жылдамдығы синхронды жылдамдықтан үлкен) және оң сырғу үшін теріс (ротордың жылдамдығы синхронды жылдамдықтан төмен). Суперсинхронды жылдамдықпен жұмыс істеу кезінде P_r тұрақты шиналардағы конденсаторға жіберіледі және тұрақты кернеуді арттырады. Синхронды жылдамдықпен жұмыс істеу кезінде P_r тұрақты шиналардағы конденсатордан алынып, кернеуді төмендетеді. Grid тұрақты ток кернеуін тұрақты ұстап тұру үшін P_{gs} қуатын өндіру немесе сіңіру үшін қолданылады. AC/DC/AC түрлендіргіштің

белгіленген режимі үшін P_{gc} тең P_r және жел турбинасының жылдамдығы P_r сіңіру қуатымен анықталады немесе *Crator* өндіруімен.

Crator және *Grid* реактивті қуатты генерациялау немесе сіңіру қабілетіне ие және оны реактивті қуатты немесе желілік кернеуді басқару үшін пайдалануға болады.



2.5 Сурет - Екіжақтан қоректенетін машина негізіндегі ЖЭҚ құрылымдық сұлбасы

Жоғарыда екіжақтан қоректенетін машина негізіндегі жел энергетикалық құрылғысының құрылымдық сұлбасы көрсетілген. Ол (ВК) жел дөңгелегінен, полюстер жұбы санынан p_1 , фазалы роторлы асинхронды машинадан (АС), басқарылатын инвертор мен түзеткіштен, басқару жүйесінен, тахогенератор (ТГ) мен генератор статорындағы ток датчигінен (ДТ) тұрады. Генератордың фазалық ротор орамдары жел дөңгелегінің айналу жиілігіне қатысты П1 немесе П2 ауыстырып қосқыштарымен басқарылатын түзеткішке немесе инверторға қосыла алады.

Жел энергетикалық құрылғысы келесідей принциппен жұмыс атқарады, егер генератордың роторы номинал айналу жиілігінен жоғары жылдамдықпен айналатын болса, тахогенератор мен статор орамдарындағы ток датчиктерінен келіп түскен сигналға байланысты П1 ауыстырып қосқышымен басқарылатын түзеткішке қосылып артық энергия көлемі аккумуляторға жиналады, ал номиналь мәнен төмен айналатын болса, онда П2 ауыстырып қосқышы көмегімен инверторға қосылып ток жүктемеге қарай беріледі.

3 ЕСЕПТЕУ БӨЛІМІ

3.1 *MATLAB* ортасында жұмыс

Қазіргі таңда сандық басқару жүйелері кеңінен таралуда. Сонымен бірге математикалық модельдеу мен сандық талдауға арналған бағдарламалық қамтамасыз ету, жоғары деңгейлі тілдер мен бағдарламалық қамтамасыз етуді әзірлеу құралдары, сондай-ақ есептеу техникасы құралдарының аппараттық мүмкіндіктері сияқты әзірлеу мен талдау құралдары жетілдіріліп, дамытылуда. Күрделі басқару жүйелерін жобалау кезеңінде имитациялық модельдеу әдістерін қолдану зерттеу, әзірлеу және сынау шығындарын едәуір азайтып қана қоймай, сонымен қатар өнімді әзірлеу уақытын едәуір қысқартады[15].

Имитациялық модельдеуді қолдану арқылы күрделі объектілерді басқару жүйелерін дамыту және жобалау процесінің тиімділігін арттыруға қол жеткізуге болады[15], бұл әмбебап контроллердің даму мысалында көрсетіледі. Бұл жағдайда басқару жүйесінің моделі басқару бағдарламасының мақсатты жүйеге тасымалдануын қамтамасыз ету үшін жоғары деңгейлі тілде бағдарламалауды қолдауы керек. Даму және зерттеу ортасы ретінде *MATWORKS Inc* компаниясының *MATLAB/Simulink* математикалық есептеулерге арналған бағдарламалар пакеті таңдалды, ол ғылыми ортада да, әртүрлі жобалау ұйымдарында да кең таралған.

MATLAB/Simulink пакетінің негізінде шешуші *MATLAB* қабығымен болады. Бұл шешуші әртүрлі объектілермен күрделі математикалық есептеулер жүргізуге мүмкіндік береді: сандар, векторлар, матрицалар, сонымен қатар Әртүрлі күрделіліктегі теңдеулер жүйесін шешу. Әр түрлі жүйелерді модельдеу процесін жеңілдету үшін *mathworks Inc* компаниясы шешушіден басқа, әртүрлі құрылғылардың модельдерінің үлкен кітапханасын қамтитын *Simulink* қондырмасын жасады. Сонымен қатар, ұсынылған модельдерде кітапхана құжаттамасында келтірілген математикалық сипаттама бар. Алайда, басқару жүйелерін әзірлеу кезінде басқару нысандарының модельдері ғана емес, басқару құрылғысының моделі де қажет, ал оның күрделілігі әдетте тапсырмадан тапсырмаға ауысады, бұл басқару құрылғысының моделін жасауға әмбебап тәсілді қолдануға сұраныс тудырады.

Осы тарауда ЖЭС қуатын реттеудің әртүрлі тәсілдерін зерттеу үшін жел энергетикалық қондырғы элементтерінің математикалық модельдерінің сипаттамасы келтіріледі. Компьютерлік модельдер бойынша есептеу экспериментін имитациялық модельдеудің мақсаты әртүрлі басқару стратегиялары мен алгоритмдерін қолдана отырып, ЖЭҚ-ның тиімділігін зерттеу болып табылады.

ЖЭҚ құрамындағы генератордың негізгі қасиеттерін анықтау барысында оның негізі сипаттамаларын алуға мүмкіндік беретін имитациялық моделін құрастыру қажет. Оны іске асыру барысында төмендегі кестедегі параметрлерді қолданамыз.

3.1 Кесте - Қозғалтқыштың көрсеткіштері туралы деректер

Қозғалтқыш- тың Қуаты $P_{2\text{ном}}$ кВт	Энергетика- лық параметрле		$I_{2\text{ном}}$ А	$U_2 B$	Механикалық параметрлер			Ауыстыру схемасының параметрлері (с.б.)				
	ПӘК, %	$\cos \varphi$			λ	$S_{2\text{ном}}$	$s_k, \%$	X_0	$R'1$	$X'1$	$R''2$	$X''2$
250	93,0	0,9	425	360	2,0	2,5	8,8	4,1	0,02	0,15	0,025	0,14

Электржетегінің негізгі сипаттамалары механикалық сипаттамалар болып табылады. Механикалық сипаттамаларды салу үшін асинхронды қозғалтқыштың электромагнитті момент теңдігін шешу қажет.

$$M = \frac{p \cdot m_1 \cdot U_1^2 \cdot \frac{r_2'}{s}}{\omega \cdot [(r_1 + c_1 \cdot \frac{r_2'}{s})^2 + (x_1 + c_1 \cdot x_2')^2]}, \quad (3.1)$$

3.1 - кестеде келтірілген параметрлердің ұғымы:

η – пайдалы әсер коэффициенті (ПӘК);

$\cos \varphi$ – қуат коэффициенті;

X_0 – магниттелу тізбегінің индуктивті кедергісі, салыстырмалы бірлікпен берілген (с.б.);

R_1 – статор орамының активті кедергісі, салыстырмалы бірлікпен берілген (с.б.);

X_1 – статор орамының индуктивті кедергісі, салыстырмалы бірлікпен берілген (с.б.);

R_2' – ротордың орамының активті кедергісі, салыстырмалы бірлікпен берілген (с.б.);

X_2' – ротор орамының индуктивті кедергісі, салыстырмалы бірлікпен берілген (с.б.);

$S_{\text{ном}}$ – номиналды сырғанау;

$S_{\text{кр}}$ – шекті сырғанау;

J_P – ротордың инерция моменті.

Кестелерде электрлік машиналардың параметрлері салыстырмалы бірлікпен берілген (с.б.), олардың абсолютті шамаларын алу үшін салыстырмалы шамаларды Z_H коэффициентіне көбейту керек

$$r = R \cdot Z_H,$$

$$\text{Мұндағы, } Z_n = \frac{U_{\text{нфаз}}}{I_{\text{нфаз}}}$$

$U_{\text{нфаз}}$ – статордың номиналды фазалы кернеуі, ал статордың номиналды фазалық тогы келесідегідей есептеледі

$$I_{\text{нфаз}} = \frac{P_2}{3 \cdot U_{\text{нфаз}} \cdot \eta \cdot \cos \varphi},$$

мұндағы P_2 – қозғалтқыш білігіндегі электрлік машинаның қуаты. Электржетегінің өзіндік механикалық сипаттамаларын есептейміз

$$I_{\text{нфаз}} = \frac{P_1}{3 \cdot U_{\text{нфаз}} \cdot \eta \cdot \cos \varphi} = \frac{250 \cdot 1000}{3 \cdot 220 \cdot 0,93 \cdot 0,9} = 452,55 \text{ A},$$

$$Z_1 = \frac{U_{\text{нфаз}}}{I_{\text{нфаз}}} = \frac{220}{452,55} = 0,486;$$

$$x_\mu = x_0 = x_0 \cdot z_1 = 4,1 \cdot 0,486 = 1,996;$$

$$r_1 = R_1' \cdot z_1 = 0,022 \cdot 0,486 = 0,01;$$

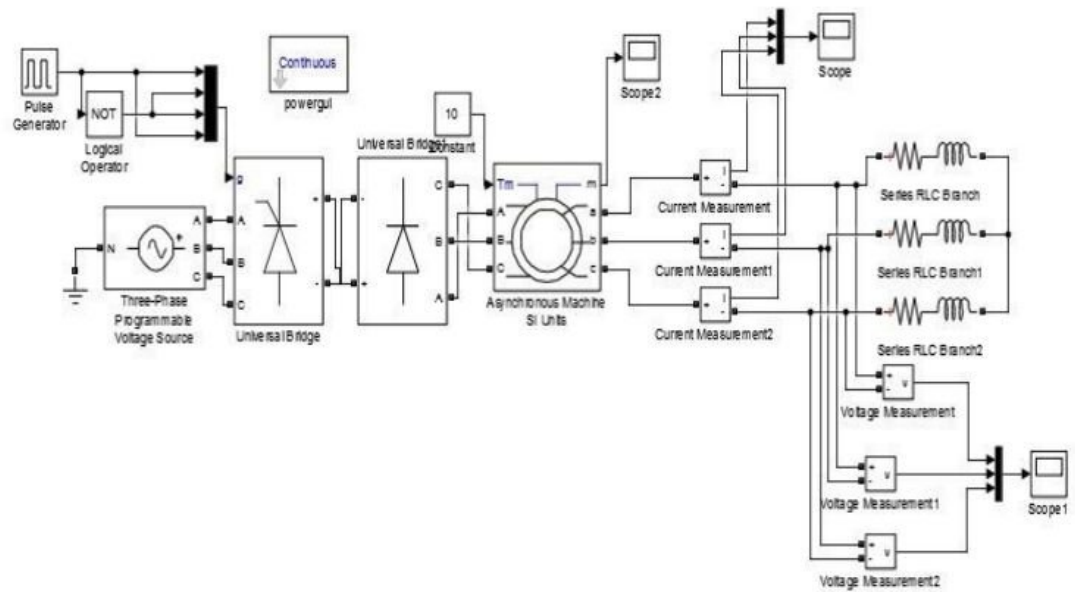
$$x_1 = x_1' \cdot z_1 = 0,15 \cdot 0,486 = 0,073;$$

$$x_2' = x_2'' \cdot z_1 = 0,14 \cdot 0,486 = 0,068;$$

$$r_2' = R_2'' \cdot z_1 = 0,025 \cdot 0,486 = 0,012.$$

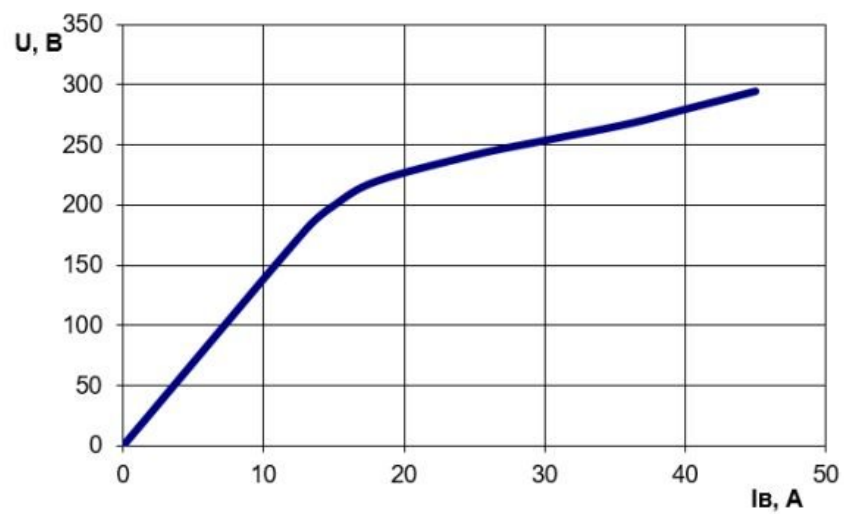
$$c_1 = 1 + \frac{x_1}{x_0} = 1 + \frac{0,073}{1,996} = 1,04.$$

3.1 суретте *SimPowerSystems* пакетінің блоктары арқылы істелен қос қоректенетін машина негізіндегі генератордың имитациялық моделі берілген.

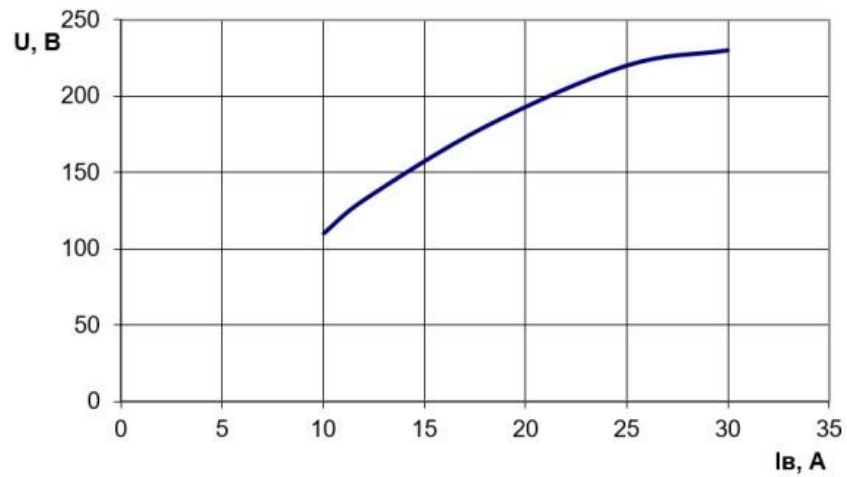


3.1 Сурет - Қос қоректенген машина негізіндегі генератордың моделі

Генератордың негізі сипаттамасы ретінде бос жүріс, сыртқы, реттеу және жүктемелік сипаттамалары саналады. Төменде оларға сипаттамаларды көруге болады (3.2, 3.2, 3.3 – суреттер).

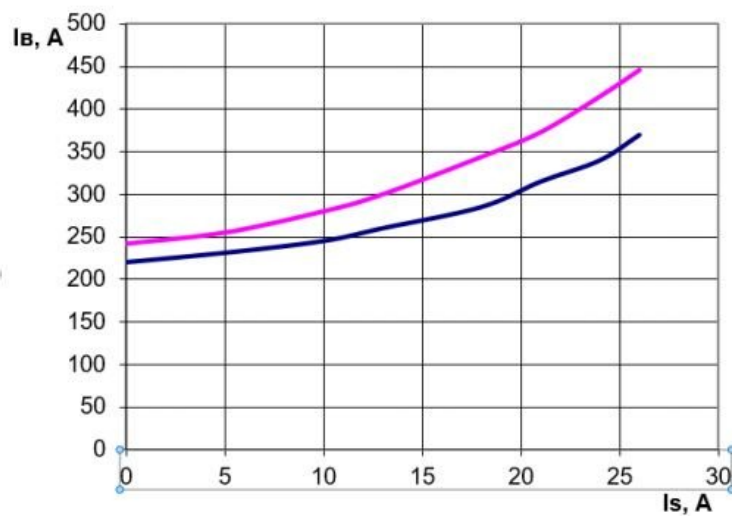


3.2 Сурет - Бос жүріс сипаттамасы



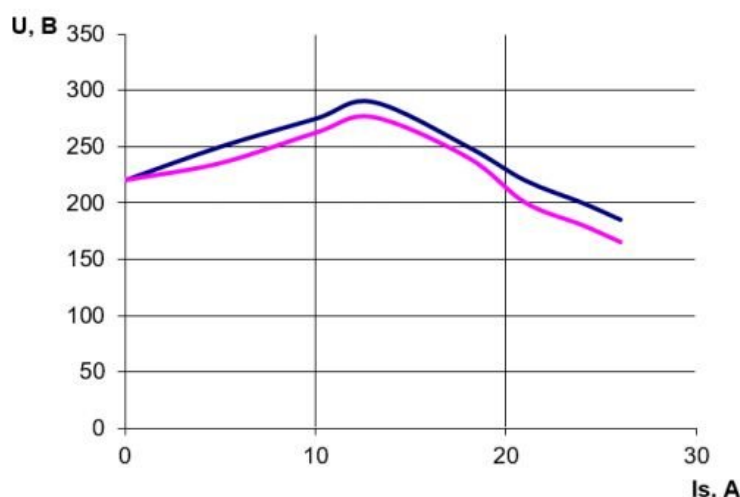
3.3 Сурет - Жүктемелік сипаттама

Енді реттеу сипаттамаларына тоқталсақ – ол шығысынан шыққан кернеудің тұрақты болуын қаматтасыз етуге арналған қоздыру тогы мен жүктемелік ток арасындағы тәуелділік болып табылады $I_B = f(I_n)$ (3.4 суретте).



3.4 Сурет - Реттеу сипаттамасының графигі

Сыркы сипаттамасы деп $U = f(I_n)$ тәуелділігін айтамыз, ол $n = const, \cos \varphi = const, I_B = const$ шарттары (3.5 - сурет).



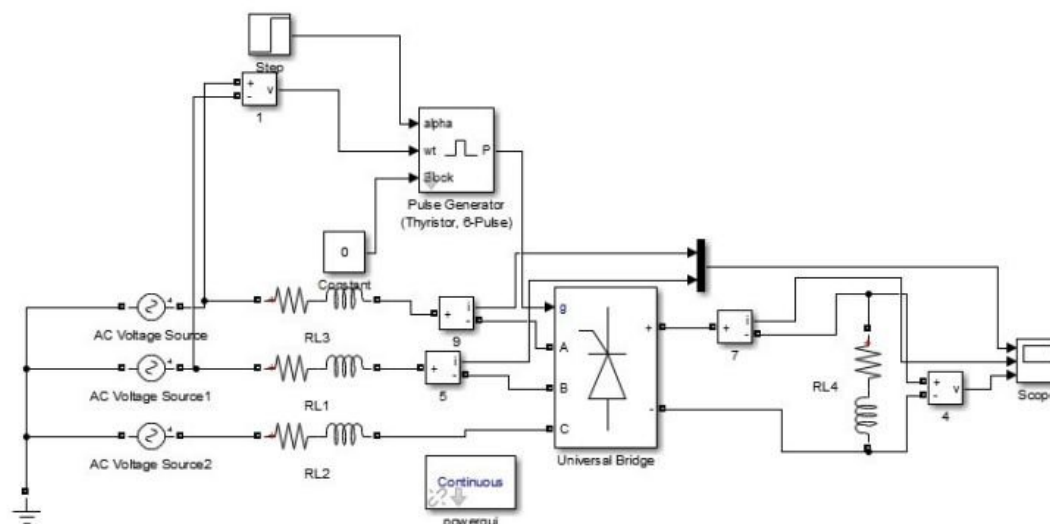
3.5 Сурет – Генератордың сыртқы сипаттамалары

Осы сипаттамаларды талқылау қос қоректенетін машина негізіндегі генератор механикалық энергия көзін электрлікке айналдыру бірқалыпты, әрі жақсы көрсеткішпен атқаратынын айқындайды.

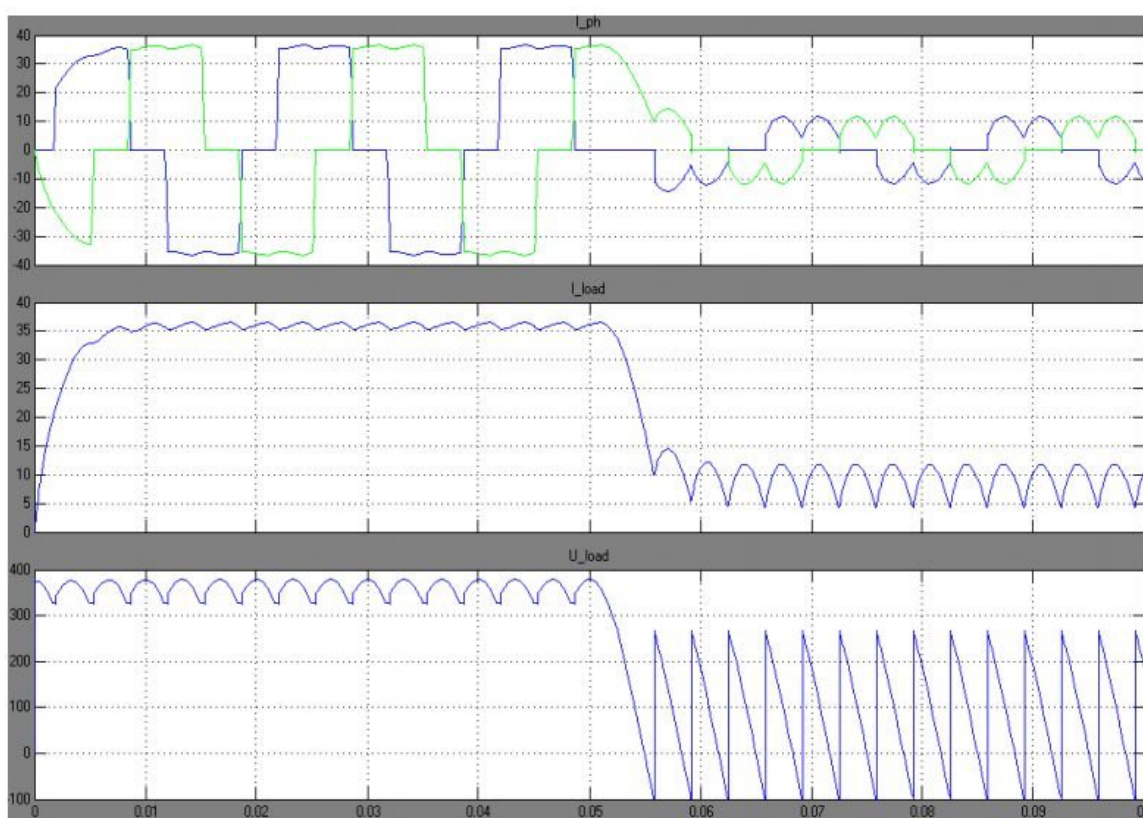
ЖЭҚ – ның басқарылатын түзеткіш және инвертордың моделдерінде қарастырамыз. *MATLAB* ортасында үш фазалы көпірлік схемамен қосылған басқарылмалы түзеткіштің моделі төменде көрсетілген (3.17, 3.19 – суреттер). Сонымен қатар шығыс токтары мен шығыс кернеулердің рафиктерінде қарастырылды.

Түзеткіш моделін қарастырғанда *SimPowerSystems* пакет блоктары қолданылды. Олар, айнымалы ток кернеуі, басқару блогы, кедергі, катушка және конденсатордан тұратын тізбек, тиристорлы көпірлік сұлба, ампер және вольт өлшегіштері. Ал *Simulink* қосымшаның осциллограф, сатылы сигнал блогы, сумматор блогы сияқты компонентері қолданылды.

Басқарылмалы түзеткіш кіріс- шығысындағы токтармен кернеу қисықтары 3.7 - суретте көрсетілген, Ол жақтан тиристорлардың β - ашалу бұрышы өзгерген сәтте, түзеткіштің кірісіндегі ток, түзетілген ток пен кернеудің көрсеткіштерінде өзгеренің байқаймыз.



3.6 Сурет – *MATLAB* ортасында басқарылатын түзеткіштің моделі

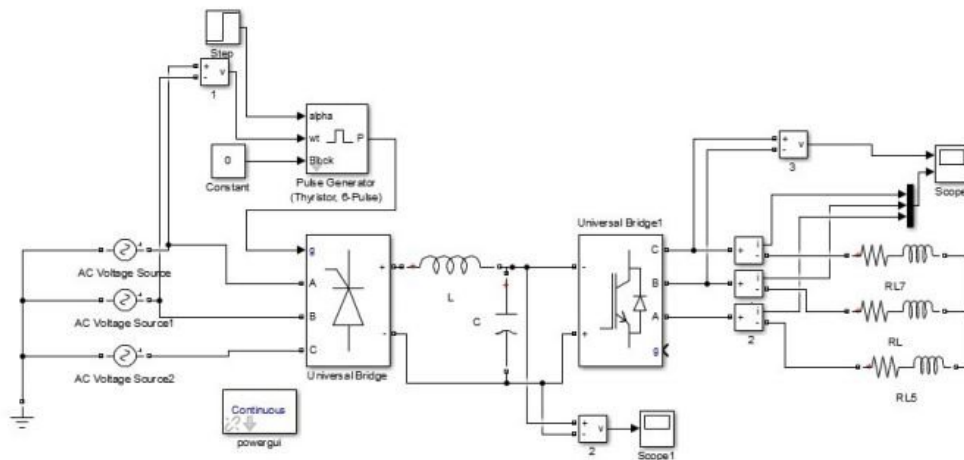


3.7 Сурет - *Scope* - тағы шыққан нәтижелері

Екі қозғалтқышты электр жетегінің негізгі элементтеріне екіжақтан қоректенетін сұлбамен жалғанған екінші қозғалтқышты ротор тізбегіндегі инвентор саналады. Сұлбада ол үш фазалы көпірлік тізбекте жалған. Ол транзисторлар негізінде құралған, оның басты жұмысы бірінші қозғалтқыштың ротор тізбегіндегі басқарылатын түзеткіш шығысындағы түзетілген ток және кернеуді жиілігі мен амплитудасын басқарылмалы айнымалы токқа айналдыру.

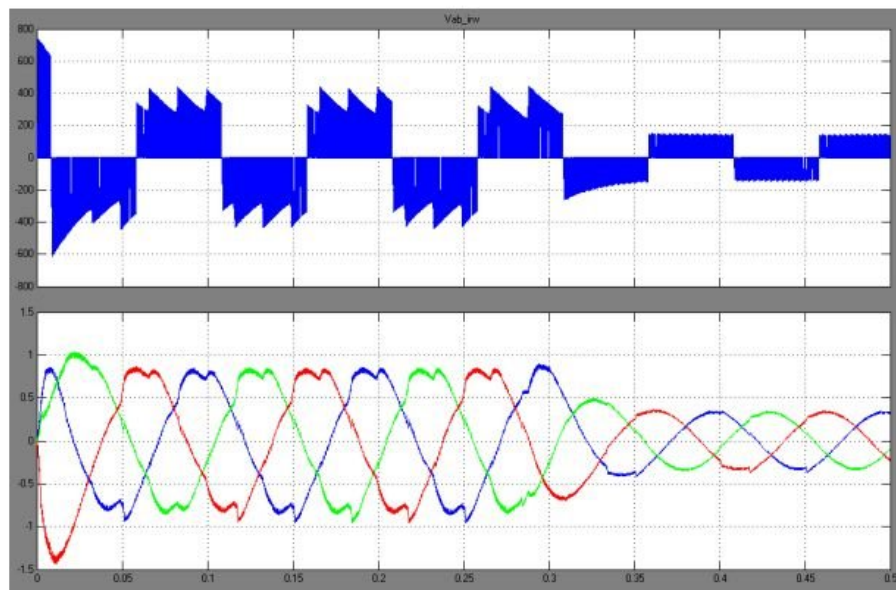
Инвертордың имитациялық моделі 3.19-суретте көрсетілген, ал моделдеу нәтижелері (3.20 және 3.21 – суреттер).

Активті- индуктивті кедергіні инветордың жүктемесі қылып аламыз.

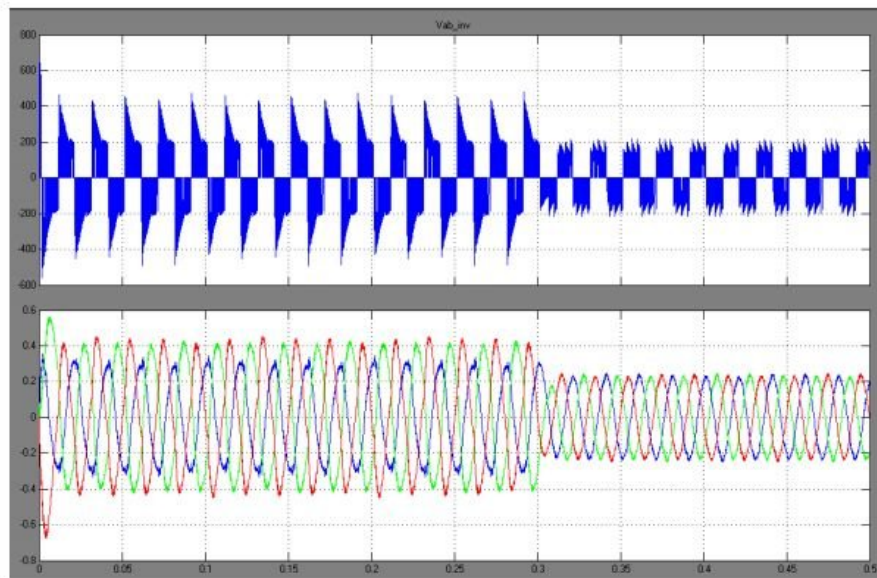


3.8 Сурет - *MATLAB* ортасында басқарылатын түзеткіш - инвертор моделі

Модельдеу нәтижесінде келесідей деректер алынды:



3.9 Сурет –Шығыстағы ток пен кернеудің нәтижелері



3.10 Сурет - Шығысындағы кернеу мен ток қисықтары

Жоғарыдағы көрсетілген схемаларын басқару ретінде синхронды импульс генераторын пайдаланылды. Мәселен, түзеткіште ол блокқа әр фазадағы кернеудің мәндері жайлы синхронизациялау деректері, тиристорлардың бетта бұрышы жайлы деректер түсіп отырады. Осыған сәйкес синхронды импульс генераторлары тиристорларға басқару импульстарын беріп, түзеткішті реттейді.

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жоба барысына жел энергетикалық қондырғысы туралы қарастырылды. Олардың түрлері, артықшылықтары мен кемшіліктері және генераторлардың түрлеріне де шолу жасалынды. Сонымен қатар, жел энергетикалық құрылғыларының Қазақстан аумағындағы потенциалына тоқталып өтілді. Елімізде осы энергия көзін пайдалану өте тиімді екені айқындалды. Белгілі бір генератор тандалып, олардың жұмыс істеу принциптері талқыланды. Олардың құрылымдық сұлбалары мен жұмыс істеу принциптері қарастырылды. Есептеу бөлімінде, *MATLAB* бағдарламасын пайдаландым. *Simulink* пакетінде тандалынған екі жақтан қоректенетін машина негізіндегі генератордың имитациялық моделі құрастырылды. Олардан шыққан нәтижелерін *Scope* компоненті арқылы бақыладық. Генератордың негізі сипаттамаларында тоқталып өттік. Екі жақты қозғалтқышты электр жетегінің негізгі элементтері инвентор мен үзеткіштің схемалын модельдедің және нәтижемін бақыладық.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Анхимюк В. Л. Теория автоматического управления: [учеб. пособие для электротехн. спец. вузов]. - Мн. Выш. школа, 1979.
- 2 Чивенков А.И., Лоскутов А.Б., Михайличенко Е.А. Анализ применения и развития ветроустановок // Промышленная энергетика. 2012. №5. С. 57-63.
- 3 Кашкаров А. П. Ветрогенераторы, солнечные батареи и другие полезные конструкции. Сатаров : Профобразование, 2017.
- 4 Безруких П. П. Ветроэнергетика. Вымыслы и факты. Ответы на 100 вопросов. М. : Институт устойчивого развития, 2011.
- 5 А.В.Болотов, К.А.Бакенов Электр энергетика. 050718 – Электр энергетика мамандығының барлық оқыту түрлерінің студенттері үшін дәрістер жинағы. – Алматы: АЭЖБИ, 2007.
- 6 А.Б. Таушаева, А.Қ. Ершина, А. Шақарбекқызы Қазақстанда электр энергияның дамуы , Алматы 2013
- 7 Файзуллин И.И. Ветровые энергетические установки // Оренбургский государственный университет, 2014.
- 8 Национальная Программа развития ветроэнергетики в Республике Казахстан до 2015г с перспективой до 2024г - Проект ПРООН «Казахстанинициатива развития рынка-ветроэнергии», Алматы- Астана 2007г.
- 9 Чивенков А.И., Лоскутов А.Б., Михайличенко Е.А. Анализ применения и развития ветроустановок // Промышленная энергетика. 2012. №5. С. 57-63.
- 10 Матвеев О.В. Комплексная программно-математическая модель ветроэнергетической установки / О.В. Матвеев // Альтернативная энергетика и экология. – М.: НИИЭС, 2010 – №5(85). – С.64–70.
- 11 Электродгенераторы ВЭУ [Электронный ресурс] // интернет-сайт. URL: <http://eef.misis.ru/sites/default/files/lectures/6-5-3.pdf> (дата обращения: 5.06.19)
- 12 Выбор оптимального генератора для ветроустановки [Электронный ресурс] // интернет-сайт. URL: <https://researchjournal.org/technical/vybor-optimalnogo-generatora-dlya-vetroustanovki/> (дата обращения: 4.06.19)
- 13 Удалов С.Н. Возобновляемые источники энергии: Учебник. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2007. – 432 с.
- 14 Rui Melicio Doubly fed induction generator systems for variable speed wind turbine systems [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.aedie.org/9CHLIE-paper-send/296-MELICIO.pdf>
- 15 Козлитин Л. С., Кацурин А. А. Разработка системы управления ветроэнергетической установкой // Электротехника. Сб. тезисов докладов научно-технической конференции: Вологодские чтения. Владивосток: ДВГТУ, 1998. -С. 14-15.

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: Далимова Аружан

Название: Жел энергетикалық құрылғысын басқару жүйесін жобалау және зерттеу

Координатор: Нурлан Сарсенбаев

Коэффициент подобия 1: 0.2

Коэффициент подобия 2: 0

Замена букв: 14

Интервалы: 0

Микропробелы: 0

Белые знаки: 0

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

.....
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: Далимова Аружан

Название: Жел энергетикалык кұрылгысын баскару жүйесін жобалау және зерттеу

Координатор: Нурлан Сарсенбаев

Коэффициент подобия 1:0.2

Коэффициент подобия 2:0

Замена букв:14 **Интервалы:**0

Микропробелы:0

Белые знаки:0

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

П о дпись заведующего кафедрой /

Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Дата

Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения

РЕЦЕНЗИЯ

Дипломдық жобаға

Далимова Аружан Рашидкызы

5B070200 – «Автоматтандыру және басқару» мамандығы

Тақырыбы: Жел энергетикалық құрылғысын басқару жүйесін жобалау және зерттеу

Орындалды:

а) графикалық бөлім __ бет;

б) түсініктеме жазбасы __ бет.

ЖОБАҒА ЕСКЕРТУ ЖАСАУ

Берілген дипломдық жобада Жел энергетикалық құрылғысын басқару жүйесін жобалау және зерттеу жүйесін әзірлеу қарастырылған.

Технологиялық бөлімде ЖЭҚ- сы туралы жалпы мәлімет, қуаты мен энергия жүйесінің қуатына қатынасы бойынша жіктеу, кемшіліктері мен артықшылықтары толықтай түсіндірілген.

Арнайы бөлімде жел энергетикалық қондырғысының генераторы , MATLAB Simulink бойынша реттеуішті модельдеу, автоматты реттеу жүйелерінің параметрлерін баптау есебінің математикалық қойылымын келтірген.

Жұмыста кейбір грамматикалық қателер кездеседі және пайдаланған әдебиеттер тізімі аз.

ЖОБАНЫ БАҒАЛАУ

Дипломдық жобада бүкіл мәселелер толықтай қарастырылған дей келе, «93/А/өте жақсы» және толық деп бағалап, оны орындаушы Далимова Аружан Рашидкызы 5B070200 - «Автоматтандыру және басқару» мамандығы бойынша «бакалавр» техника және технологиялар академиялық дәрежесіне ұсынылуға лайық деп есептеймін.

Рецензент:

ЖШС «ТЭЛМЗ»

заводының директоры

Шакиров Б.М.

(қолтаңбасы)