

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Қаиратбекқызы Аяулым

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Жел электр қондырғыларының автоматтандырылған электр жетегі

Научный руководитель: Асель Жуматова

Коэффициент Подобия 1: 1.9

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 54

Знаки из других алфавитов: 0

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

2023-06-08

Дата

Заведующий кафедрой Жергелім

Сарсебайев Е.А.



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Қаиратбекқызы Аяулым

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Жел электр кондырғыларының автоматтандырылған электр жетегі

Научный руководитель: Асель Жуматова

Коэффициент Подобия 1: 1.9

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 54

Знаки из других алфавитов: 0

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

допускается к защите

2023-06-08

Дата

Нуржан Балгаев

08.06.23

Нур

Жуматова Н. А. проверяющий эксперт

Қайратбекқызы Аяулым

6B07101-«Энергетика» мамандығы бойынша

Жел электр қондырғыларының автоматтандырылған электр жетегі

тақырыбындағы дипломдық жұмысына

СЫН – ШҚІР

Студент Қайратбекқызы Аяулым дипломдық жұмыста жел электр қондырғыларының автоматтандырылған электр жетегі қарастырылған сол бойынша әлемдегі жел энергетикасының даму жағдайы, горизонталь өсті типтегі қуатты ЖЭҚ математикалық моделінің есептемесі және математикалық модельді әзірлеу мен жел қондырғысының қалақшаларының геометриялық өлшемдерін есептеу келтірілген.

Жоба бойынша ескерту:

Дипломдық жұмыстың ішіндегі сұлбалардың аудармасы толық емес. Оған қарамастан жұмыс толықтай дайын. Мәліметтер жеткілікті.

Жұмысты бағалау

Студент Қайратбекқызы Аяулым жел электр қондырғыларының автоматтандырылған электр жетегі нәтижесінде жоғарыда аталған мәселелерді шешу үшін жұмыста горизонталь өсті типтегі төмен қуатты ЖЭҚ математикалық моделі құрылды, математикалық модельді әзірлеу және жел қондырғысының қалақшаларының геометриялық өлшемдерін есептеу көрсетілген.

Жалпы дипломдық жұмыс кафедраның қойған талаптарына сәйкес келеді, сондықтан аттестациялық комиссия алдына қорғауға жіберілуге және «өте жақсы» А (90) 5,0 деген бағаға лайық деп есептеймін.

Пікір беруші

«Ғ.Дәукеев атындағы АЭЖБУ»

техн. ғыл. кандидаты, жоғары оқу орнынан

кейінгі білім департаментінің директоры

Л.Ш. Утешкалиева

«24»



2023 жыл

Қайратбекқызы Аяулым

6B07101-«Энергетика» білім беру бағдарламасы бойынша

Жел электр қондырғыларының автоматтандырылған электр жетегі
тақырыбындағы дипломдық жұмысына

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ШҚІРІ

Дипломдық жұмыста қазіргі замандағы ЖЭС-тің жұмыс істеу принципіне зерттеу жасалынады. Зерттеудің мақсаты қазіргі замандағы ЖЭС-тардың кемшіліктерін анықтау. ЖЭС-қа пайдаланған теория ұшақтың турбореактивті қозғалтқышына арналғандығы жайлы және де ол жел энергиясын механикалық энергияға түрлендіргенде орынсыз екені қарастырылған

ЖЭС-тың әр бір бөлігін талдау жасалған, сонымен қатар олар стандартқа сай болуы керек және де турбина түрі барлық жел электр станциясында әсерін тигізеді. Желдің шығынына байланысты реттеу органдары зерттеледі. Олардың да бір неше түрлері бар. ЖЭС-тың автоматты басқару жүйесі зерттеледі. Сондықтан, дипломдық жұмыста аз қуатты автономды қуаттылығы 20 кВт-тан аспайтын электр станциясы қозғалады. Жел электр станциялары мен құрауыштардың элементтік базасын энергия қондырғылары жүзеге асыру үшін осы міндеттер жұмыс принципін егжей-тегжейі қарастырылған. Желтурбиналық электр станциясының математикалық сипаттамалары құрастырылған және ЖЭС энергиясын электрлік энергияға түрлендіру үрдісіндегі ЖЭС қозғалысының жаңа математикалық үлгісі келтірілген. ЖЭС-ның автоматты басқару жүйесіне ұтымды параметрлерімен талдау және синтез жүргізілген.

Дипломдық жұмыс қойылатын талаптарға сәйкес келеді және мемлекеттік аттестациялық комиссияның отырысында қорғауға жіберілді. Ал, түлек Набиев Данияр 6B07101-Энергетика білім беру бағдарламасы бойынша «бакалавр» академиялық дәрежесіне лайықты және дипломдық жұмысын «өте жақсы» 90 (А) баллмен бағалаймын.

Ғылыми жетекші

Техн. ғыл. кандидаты

қауымдастырылған-профессор

 А.А. Жуматова

«08» 06 2023 жыл

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Энергетика және машина жасау институты

«Энергетика» кафедрасы

Қайратбекқызы Аяулым

Жел электр қондырғыларының автоматтандырылған электр жетегі

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

6B07101 - «Энергетика»

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Энергетика және машина жасау институты

«Энергетика» кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
«Энергетика» кафедрасының
менгерушісі

ДОПУЩЕН К РИЦИТЕ
НАО «КазНТУ им. К.И. Сәтбаев»
профессор
Институт энергетика
и машиностроения
Е.А. Сарсенбаев
« 8 » 06 2023ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Жел электр қондырғыларының автоматтандырылған электр
жетегі»

6B07101-«Энергетика»

Орындаған

Қайратбекқызы А.

Пікір беруші

техн. ғыл. канд., Ғ.Дәукеев
атындағы АЭЖБУ профессоры
Л.Ш. Утешкалиева

« 04 » 06 2023ж.



Ғылыми жетекші

техн. ғыл. канд.,
қауымдастырылған профессор
А.А.Жуматова

« 02 » 06 2023 ж.

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Энергетика және машина жасау институты

«Энергетика» кафедрасы

6B07101-«Энергетика»

БЕКІТЕМІН

«Энергетика» кафедрасының
меңгерушісі

PhD, қауымдастырылған

профессор

 Е. А. Сарсенбаев
« 16 » 01 2023 ж.

Дипломдық жұмыс орындауға

ТАПСЫРМА

Білім алушы Қайратбекқызы Аяулым

Тақырыбы: Жел электр қондырғыларының автоматтандырылған электр жетегі»

Университеттің академиялық мәселелер бойынша проректоры бекіткен .

Бұйрық № 408-п «23» қараша 2022 ж

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «30» мамыр 2023 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілгендері Қазақстан облыстары бойынша жел әлеуетін талдау (БҰҰДБ Қазақстан жобасынан алынған деректер)

Дипломдық жұмыстың қысқаша мазмұны:

а) Қазіргі замандағы ЖЭС-тардың кемшіліктерін анықтау.

ә) Жел электр станциясының қалақтарының математикалық моделін әзірлеу және геометриялық өлшемдерін есептеу;

Сызбалық материалдар тізімі сызбалық материалдар слайдтармен көрсетілген:

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 16 атау.

Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге көрсету мерзімдері	Ескерту
Негізгі бөлім	10.02.2023.	жоқ.
Экономика бөлімі	10.05.2023	жоқ.

Аяқталған жұмысқа қойылған
кеңесшілер мен норма бақылаушының
қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, А.Ә.Т. (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Негізгі бөлім	А.А.Жуматова Техн. ғыл. кандидаты, қауымдастырылған профессор	10.02.23	мж
Экономика бөлімі	А.А.Жуматова Техн. ғыл. кандидаты, қауымдастырылған профессор	10.05.23	мж
Норма бақылаушы	Ә. О. Бердібеков, магистр, аға оқытушы	31.05.2023	Ә.О.Бердібеков

Жоба жетекші мж А.А.Жуматова
(қолы)

Тапсырманы орындауға алған студент А.Қайратбеқызы
(қолы)

Күні «02» 06 2023 ж.

АНДАТПА

Кіріспеде тақырыптың өзектілігі негізделген, дипломдық жобаны жазу мақсаты қойылған, зерттеу объектілері мен пәні, міндеттері анықталған. Бірінші тарауда әлемдегі және атап айтқанда Қазақстандағы жел энергетикасының дамуының жалпы жағдайы зерттелген. Екінші тарауда автономды энергиямен қамтамасыз ету жүйесі әзірленуде. Үшінші тарауда ЖЭҚ математикалық моделі жасалады және MATLAB аясында модельдеу моделі зерттеледі, және жел электр станцияларын орналастыру мәселелері туралы айтылады. Қорытындыда ЖЭҚ пайдалану тиімділігі бойынша негізгі тұжырымдар мен ұсыныстар қамтылады.

АННОТАЦИЯ

Во введении обоснована актуальность темы, поставлена цель написания дипломного проекта, определены объекты и предмет исследования, задачи. В первой главе исследуется общее состояние развития ветроэнергетики в мире и в частности в Казахстане. Во второй главе разрабатывается система автономного энергоснабжения. В третьей главе разрабатывается математическая модель ТЭС и исследуется имитационная модель в рамках MATLAB, а также обсуждаются вопросы размещения ветряных электростанций. В заключении содержатся основные выводы и рекомендации по эффективности использования ВЭД.

ANNOTATION

The introduction substantiates the relevance of the topic, sets the goal of writing a thesis project, defines the objects and subject of research, tasks. The first chapter examines the general state of wind energy development in the world and in particular in Kazakhstan. In the second chapter, an autonomous power supply system is being developed. In the third chapter, a mathematical model of thermal power plants is developed and a simulation model is investigated within the framework of MATLAB, as well as the issues of wind power plant placement are discussed. The conclusion contains the main conclusions and recommendations on the effectiveness of the use of foreign economic activity.

МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	7
1	Әлемдегі жел энергетикасының даму жағдайы	8
1.1	Электр энергиясын өндіру үшін желді қолдану	8
1.2	Жел энергетикасы қондырғысының жұмыс істеу сипаттамасы мен қолданыстағы түрлері	8
1.2.1	Горизонталь айналу өсі бар құрылғылар	9
1.3	Энергияны сақтау жүйелерінің сипаттамасы	10
1.4	Қазақстан Республикасының жел әлеуеті	12
1.4.1	Қазақстанның жел атласы. Тарау бойынша қорытынды	13
2	Горизонталь өсті типтегі төмен қуатты ЖЭҚ математикалық моделі	14
2.1	MATLAB аясында ЖЭҚ имитациялық моделін зерттеу R2014b	17
2.2	Ауылдың жалпы электр тұтынуын есептеу	27
3	Математикалық модельді әзірлеу және жел қондырғысының қалақшаларының геометриялық өлшемдерін есептеу	29
3.1	Жел энергетикалық қондырғыларды орналастыру	36
3.2	Елді мекендерде жел энергетикасы қондырғыларын желіде орналастыру мәселелері	39
3.2.1	Жел қондырғыларында инфрадыбыстың пайда болу проблемасын шешу жолдары	40
3.2.2	Ультрадыбыс	42
	Қорытынды	44
	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	45

КІРІСПЕ

Дипломдық жұмыста қазіргі замандағы ЖЭС-тің жұмыс істеу принципіне зерттеу жасалынады. Зерттеудің мақсаты қазіргі замандағы ЖЭС-тардың кемшіліктерін анықтау. ЖЭС-қа пайдаланған теория ұшақтың турбореактивті қозғалтқышына арналғандығы жайлы және де ол жел энергиясын механикалық энергияға түрлендіргенде орынсыз екені дәлелденеді.

ЖЭС-тың әр бір бөлігін анализ жасалынады, оны анализ жасаған да олар стандартқа сай болуы керек және де ең көңіл бөлетін нәрсе турбина себебі барлық жылу станцияларында қуаттың өсуіне, төмендеуіне себепші болады. Желдың шығынына байланысты реттеу органдары зерттеледі. Олардың да бір неше түрлері бар. ЖЭС-тың автоматты басқару жүйесі зерттеледі.

Желтурбиналық электр станциясының математикалық сипаттамалары құрастырылады және ЖЭС энергиясын электрлік энергияға түрлендіру үрдісіндегі ЖЭС қозғалысының жаңа математикалық үлгісі қарастырылады. ЖЭС-ның автоматты басқару жүйесіне ұтымды параметрлерімен талдау және синтез жүргізіледі. Жел турбинаның математикалық сипаттамасын қолдану көптеген мемлекеттерде қарастырылуда.

Математикалық үлгі бойынша ЖЭС-ның моделденуі ЖЭС үлгісінің жұмысқа қабілеттілігіне көз жеткізуге көмектеседі және құрылатын үлгі алдыңғы ЖЭС-дан тиімдірек екені жайлы қарастырылады.

1 Әлемдегі жел энергетикасының даму жағдайы

1.1 Электр энергиясын өндіру үшін желді қолдану

Шалғай шаруашылықтарды энергиямен жабдықтау мәселесі тек Қазақстанда ғана емес, бүкіл әлем бойынша бар. Сондықтан жаңартылатын энергия көздерін қолдану салалары бойынша біздің көптеген елдерде планеталар, әртүрлі даму топтары белсенді түрде зерттеу жүргізеді. Ғылыми-зерттеу деректер қызметі тек экономиканы қамтамасыз ету ниетімен ғана емес шаруашылықтардағы автономды энергия көзін, сондай-ақ қысқартуға адамның қазбалы отынға тәуелділігі азайтуға ұмтылу болып табылады. Бәріне белгілі нәрсе қазба энергия көздерінің қорлары шектеулі және атмосфераға белгілі бір зиянды мөлшері шығарылады.

Адамды энергиямен қамтамасыз етудегі жел энергиясының өсіп келе жатқан рөлі. Дипломдық жұмыста аз қуатты автономды қуаттылығы 20 кВт-тан аспайтын электр станциясы қозғалады. Жел электр станциялары мен құрауыштардың элементтік базасын энергия қондырғылары жүзеге асыру үшін осы міндеттер жұмыс принципін егжей-тегжейлі қарастыруын қажет етеді. Мұндай қондырғылардың сипаттамасын қарастырамыз.

1.2 Жел энергетикасы қондырғысының жұмыс істеу сипаттамасы мен қолданыстағы түрлері

Жел қондырғысы келесідей жұмыс істейді: жел әсерінен жел тартқышы айнала бастайды, бұл өз кезегінде ротор генераторының айналуы. Генератордан келетін ток түзетіледі және инвертор арқылы өтеді, тұрақты токты айнымалы токқа түрлендіретін тұтынушыға беріледі. Артық энергия заряд реттегіші арқылы батареяға беріледі. Желдің жылдамдығы жеткіліксіз болған жағдайларда, жинақталған батареяларда инвертор арқылы тұтынушыға заряд беріледі.

Көптеген типтегі жел қабылдайтын құрылғылар жасалды, олар конфигурациялар, соның арқасында жел ағынында асимметриялық күштер пайда болады, олар жылжыту немесе дірілдеу арқылы біртіндеп айнала алады. Жел ағынының бағытына қарай бағдарлау осімен айналу қатысты жел қабылдайтын құрылғылар келесідей жіктелуі мүмкін:

- жел бағытына параллель горизонталь өсті айналу (кәдімгі жел диірмендерінде қолданылады);
- жел ағыны бағытқа перпендикуляр тік айналу осімен [2];

1.2.1 Горизонталь өсті құрылғылар

Горизонталь өсті орналасқан жел айналу осін жел энергиясын түрлендіру үшін көтеру күші немесе сүйреу күшін пайдалануға болады. Қолданатын құрылғылар тікелей күш құрылғыларына қарағанда көтеру күші, бұл жақсырақ, өйткені олар бірнеше есе көп қарсылық күшін бере алады. Жел дөңгелегі жүздері басқа нөмірмен жасалуы мүмкін; қарсы салмақтары бар бір қалақшалы құрылғылардан көп жүзді құрылғыларға дейін болады (пышақтар саны 50-ге дейін немесе одан да көп). Яғни горизонталь өсі бар жел доңғалақтары айналулар бекітілген бағыт түрінде орындалады, ағын бағыты перпендикуляр тік өс айналасында айнала алады. Құрылғының бұл түрі тек қана бір басым жел бағытында қолданылады.

Желдің жоғары жылдамдығы кезінде жел доңғалағының айналу жиілігін шектеу үшін бірқатар әдістер қолданылады, соның ішінде қалақтарды флюгерлік жағдайға орнату, қалақтарға орнатылған немесе олармен бірге айналатын клапандарды қолдану, сондай - ақ жел доңғалағының айналу жазықтығына параллель орналасқан бүйірлік жоспарды қолдана отырып, жел доңғалақтарын желдің астынан шығаруға арналған құрылғы. Қалақтарды жел доңғалағының білігіне тікелей бекітуге болады немесе момент оның шеңберінен екінші білік арқылы генераторға немесе басқа жұмыс машинасына берілуі мүмкін. Осы қуаты бар жел қондырғысы үшін оның құнының үлесін азайту үшін бір мұнараға Орнатылатын көп тармақты қондырғылар белгілі. Кіріс конустық құрылғылар жел доңғалағына түсетін ағынның жылдамдығын арттыру және турбуленттілік дәрежесін төмендету үшін қолданылады, оның бұрыштық жылдамдығын арттыру үшін жел доңғалағының жанында ағынды бұрайтын құрылғылар қолданылады.



1.1 - сурет - EuroWind 500w горизонталь өсі бар жел генераторы

Горизонталь өсі бар қондырғыларға желдің перпендикуляр бағыты тиімсіз болды, өйткені ол бағдарлау жүйелерін және қуатты алудың

салыстырмалы түрде күрделі әдістерін қажет етеді, бұл олардың тиімділігін жоғалтуға әкеледі.

Олар маңызды емес горизонталь өсі және тік айналу өсі бар жел қозғалтқыштарының басқа түрлерімен салыстырғанда артықшылықтары. Горизонталь өсі бар жел генераторлары бірнеше жүз ватттан бастап бірнеше мегаваттқа дейін әртүрлі қуаттылықта шығарылады.

1.1-суреттен горизонталь айналу өсі бар жел турбинасы жеке модельдердің өлшемдерін көруге болады.

Горизонталь айналу өсі бар жел турбиналары өнеркәсіптік энергия жүйелерінің бөлігі ретінде кеңінен қолданылады.

1.3 Энергияны сақтау жүйелерінің сипаттамасы

Егер ЖЭҚ құрамында тиісті жинақтағыш құрылғы болса, онда ол әдеттегі үлгідегі энергия қондырғыларының қатысуынсыз негізгі жүктемені жабуды қамтамасыз ете отырып, тәуелсіз жұмыс істей алады. Мұндай жағдайларда кәдімгі электр қондырғыларын толығымен ауыстыру үшін жел энергиясын пайдалануға болады.

Жел энергиясын сақтау жүйелері болуы мүмкін:

- электрохимиялық (мысалы, аккумуляторлық батареялар немесе суды электролиздеу жолымен алынатын сутегін жинақтайтын жүйелер);
- термиялық (мысалы, механикалық үйкеліс кезінде алынған жылу жинақталуымен);
- кинетикалық энергияны пайдаланатын жүйелер (инерциялық аккумуляторлар немесе аса өткізгіштігі бар электромагниттік жүйелер);
- әлеуетті энергияны пайдаланатын жүйелер (мысалы, сорғы гидрожүйелері немесе сығылған ауаны жинақтау);

1.1 - кесте - Энергияны сақтау жүйелері

	Минималды экономикалық тиімділік	Күту қызмет мерзімі, жыл	Энергияны жинақтап аккумуляторлау	Тиімділік. Энергияны түрлендіру, %
Аккумулятор. батареялар	10	10-20	иә	70-80
Сутектік	10	30	иә	40-60
Жылулы	600	20	иә	жоғары
Инерциялық	10	30	иә	80
Электромагниттік	10 000	30	жоқ	90-95
Гидронасосы	10 000	50	жоқ	70
Пневматты	100	20	жоқ	45

Жинақтау жүйелерін шолуда олардың бағасы мына тұрғыдан беріледі ең төменгі экономикалық тиімді параметрлер, жинақтағыш құрылғылары бар

ЖЭК-ке арналған жиынтық күрделі шығындар, жинақтау жүйелерінің күтілетін қызмет ету мерзімі, бытыраңқы жинақтау мүмкіндігі, ЖЭК энергиясын түрлендіру тиімділігін бағалау (1.3-кестені қараңыз).

Топтар бойынша анықталған жалпы күрделі шығындар жинақтау жүйесінің циклінің ұзақтығы шамамен 10 сағат негізінде бағаланады, бұл жел жылдамдығының қысқа мерзімді өзгерістерін өтеу үшін бірнеше күн ішінде жинақталатын жүйе. Жел режимдерінің маусымдық өзгерістерін ескере отырып, жинақтау жүйелерінің қажетті жұмыс уақыты 6 айға дейін немесе одан да көп өсуі мүмкін. Мұндай жағдайларда жел энергиясын сақтау үшін пайдаланылған табиғи газ ұңғымаларын немесе басқа табиғи жерасты қуыс түзілімдерін пайдаланатын әртүрлі құнды сақтау жүйелері (мысалы, сутегі немесе пневматикалық) пайдалы болуы мүмкін.

Талдау нәтижесінде жобаланған жүйе үшін аккумуляторлық батареялар таңдалады, олар қажет болған жағдайда жел қондырғысының белгілі бір жұмыс режимінде қайта зарядталады. Төменде ҚР ЖЭК үшін климаттық жағдайларға әдеби шолу берілген.

Горизонталь айналу өсітік жел қондырғыларының тиімділігі жоғары (40 - 59%). Сондықтан бұл жел қондырғыларын тұрмыстық мақсатта да, өнеркәсіптік электр энергиясын өндіру үшін де пайдалануға болады. Өнеркәсіптік пайдалануға арналған жел қондырғылары жеткілікті үлкен қуаттылыққа ие, сонымен қатар әр жел электр станциясында бірнеше жүзге дейін жел диірмендерін орнату арқылы жүздеген есе арттыруға болады.

Горизонталь өсті жел турбиналарының белгілі бір кемшілігі ретінде жел қондырғысындағы қосымша құрылғы болып табылатын флюгерді пайдаланып желді үнемі іздеу қажеттілігін қарастыруға болады, бұл дизайнды қиындатады және оның құнын арттырады.

Горизонталь өсті жел турбиналарының жоғарыда аталған артықшылықтарын және олардың қалыптасқан өнеркәсіптік өндірісін ескере отырып, біз өнеркәсіптік цехтардың біріне баламалы қуат көзі ретінде осы нақты конструкциядағы жел генераторын орнату орынды деп қорытынды жасаймыз.

Бұл шешімді жүзеге асыру және осы жұмыс аясындағы мақсатқа жету үшін келесі міндеттерді шешу қажет:

- 1) Баламалы қуат көзі үшін нысанды таңдаңыз.
- 2) Жел турбинасының параметрлерін таңдау және есептеу.
- 3) Жел қондырғыларының техникалық-экономикалық көрсеткіштерін бағалау

Орташа алғанда, қазіргі заманғы горизонталь өсті жел турбиналарының көпшілігінде желді пайдалану коэффициенті 0,48% құрайды. Арнайы зерттеулердің мәліметтерінен бұл коэффициентті арттыруға болатыны шығады. Мысалы, мінсіз аэродинамикалық сипаттамаларымен сипатталатын

жел қондырғыларының кейбір конструкциялары үшін жел энергиясын пайдалану коэффициенті 0,593 тең мәнге жетуі мүмкін [5, б. 7].

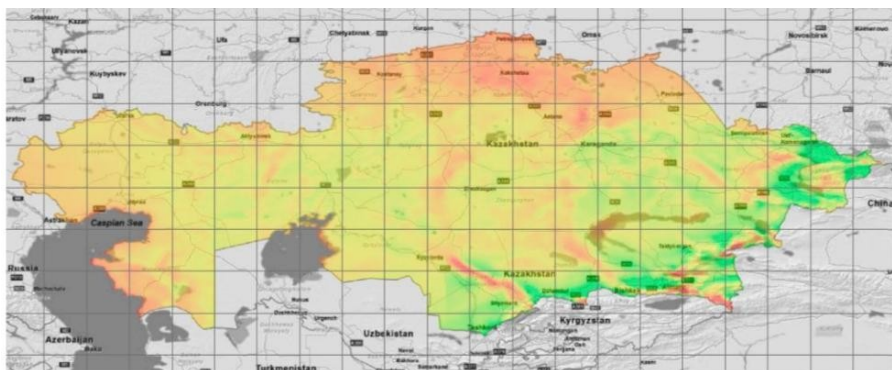
1.4 Қазақстан Республикасының жел әлеуеті

Жел энергетикалық қондырғысын жобалау жел қондырғысын орнату болжанатын жердің жел әлеуетін алдын ала зерттеуді талап етеді. Желдің сипаттамалары зерттеледі: белгілі бір уақыт кезеңіндегі желдің орташа жылдамдығы (Ай, жыл және т.б.), тыныштықтың қайталануы мен ұзақтығы, желдің әртүрлі жылдамдығының қайталануы және т.б. Алынған мәліметтер негізінде жобаланған қондырғының пайдалылығы туралы қорытынды жасалады.

1.4.1 Қазақстанның жел атласы. Тарау бойынша қорытынды

Қазақстандағы БҰҰ даму бағдарламасы жасалды Қазақстанның жел атласы [3].

Жел атласын әзірлеуді жобаның серіктесі – Parsons Brinckendorf PB Power компаниясы жүзеге асырды. Қазақстанның жел атласы-бұл қалаларды, шаруашылық объектілерін (жолдар, электр станциялары) көрсете отырып, жер бетінен 80 метр биіктікте желдің жылдамдығын бөлу картасы. Жел атласының басты мақсаты-елдің жел ресурстарының дерекқорын құру, алынған деректерді талдау және белгілі бір жерде жел электр станциясын салу туралы ұсыныс шығару (1.2-суретті қараңыз).



1.2 - сурет - Қазақстанның жел атласы

1.4-кестеде Қазақстанның облыстары бойынша жел потенциалдың толық сипаттамасы келтірілген. Осы кестедегі мәліметтер алдын-ала талдауға және орналастыру орнын таңдауға мүмкіндік береді. Желдің орташа жылдық жылдамдығы жыл ішіндегі желдің барлық байқалған жылдамдығының орташа арифметикалық мәні ретінде анықталды, оларды аумақтың жел әлеуеті сипаттайды.

Белгілі бір аймақты зерттеу кезінде зерттелетін аумақтың географиясы мен ландшафтының ерекшеліктеріне байланысты жергілікті желдің болуын ескеру қажет. Мысалы, Теңіз самалы жағалау аймағына 50-100 км – ге, ірі көлдердің самалы 10-30 км-ге терең енетіні белгілі, сондықтан Каспий

самалы Қазақстанның батыс облыстарының жел өрісіне, әсіресе жылы айларда айтарлықтай әсер етеді.

Басқа өңірлерде айтарлықтай таулы-алқаптық желдер байқалады. Қазақстанда күшті жергілікті желдер де байқалады, тар тау өткелдерінің болуы желдің күшеюін тудырады.

Мысалы, Жоңғар қақпасының желі. Жаланапшкөл метеостанциясы желдің жекелеген жылдамдығын 70 м/с – қа дейін, қарқынды ағынның ұзақтығы жылына жүз күнге жуық және желдің жылдамдығы 15 м/с-тан асады. Бұл жел жылына 80 күнге дейін, негізінен қыста байқалады. 5 жылда бір рет желдің жылдамдығы 24 м/с – тан асуы мүмкін, ал 0-5 м/с жел жылдамдығының қайталануы шамамен 80% құрайды.

Жергілікті желдер жоғары жылдамдыққа жететін асуларда да пайда болады. Оларға Тараз бен Шымкент арасындағы Шоқпар асуы маңындағы Түлкібас желі жатады. Жобаның маңызды кезеңдерінің бірі автономды энергия қондырғысын қалыптастыру үшін жабдықты таңдау және жинақтау болып табылады.

1.2 - кесте - Қазақстан облыстары бойынша жел әлеуетін талдау (БҰҰДБ Қазақстан жобасынан алынған деректер)

Санаты		Төмен	Орташа	Жоғары	Жоғарытылған	Арттырылған
Жел жылдамдығының диапазоны	Ауданы (км²)	<6 м/с	6-7 м/с	7-8 м/с	8-9 м/с	>9 м/с
Ақтөбе	300600	254400	46200	0	0	0
Атырау	118600	58100	60500	0	0	0
Батыс- Қазақстан	151300	61400	89900	0	0	0
Караағанды	428000	343100	84600	300	0	0
Павлодар	124800	37700	87100	0	0	0
Алматы	224000	197300	20000	5300	1200	200
Жамбыл	144200	106200	36800	1200	0	0
Оңтүстік-Қазақстан	117300	102400	11700	3200	0	0
Костанай	196000	81500	114500	0	0	0
Солтүстік-Қазақстан	98040	0	82800	15200	0	0
Шығыс- Қазақстан	283300	241300	40800	1200	0	0
Манғыстау	165600	73200	87700	4800	0	0
Қызылорда	226000	193100	29100	3800	0	0
Ақмола	146200	45500	85200	15500	0	0

Қорытындылар: 1-тарауда әлемдегі жел энергетикасының дамуының жалпы жағдайы көрсетілген. Жел қабылдайтын құрылғылардың барлық негізгі түрлері, сондай-ақ энергияны сақтаудың барлық түрлері қарастырылған. Қазақстан Республикасының жел әлеуеті зерттелді және

салалар бойынша талдау жүргізілді, олардың ішінен жел энергетикасын дамыту үшін ең перспективалы болып таңдауға болады.

2 Горизонталь өсті типтегі төмен қуатты ЖЭҚ математикалық моделі

ЖЭҚ құрылымдарының математикалық модельдері. Жел қабылдайтын құрылғының математикалық моделі. Әлемдік үрдіс белгілі бір қалақ санынан тұратын горизонталь өсті типті ЖЭҚ пайдалану тиімділігін нақты айқындады, орындылығы тұрғысынан 3 санында (жылдамдық 5-ке тең, кейбір жағдайларда 25-30% шегінде) [5-8]. Жел турбины қалақтары шығаратын механикалық қуат:

$$P_{\text{мех}} = (0,5 \cdot \pi \cdot \rho \cdot R \cdot C_p Z, \beta) \cdot V \quad (2.1)$$

мұндағы C_p Z, β -компьютерлік модельге қатысты жел энергиясын пайдаланудың салыстырмалы коэффициенті;

R -ауа ағынының тығыздығы

V -желдің жылдамдығы;

R -сыпырылатын r радиусы-ауа ағынының тығыздығы; Компьютерлік модельде, жылдамдық функциясында және шабуыл бұрышында қолданылатын жел энергиясын пайдалану коэффициенті теңдеуден анықталады:

$$C_p(Z, \beta) = c_1 = \left(\frac{c_2}{Z_i - c_3 \beta - c_4} \right) e^{\frac{-c_5}{Z_i}} + c_6 \quad (2.2)$$

мұндағы c_1, c_6 -үш қабатты турбиналардың империялық коэффициенттері

B -шабуыл бұрышы;

Z_i - теңдеуден анықталатын салыстырмалы жылдамдық:

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{Z + 0,08 \beta} - \frac{0,035}{\beta^3 + 1} \quad (2.3)$$

Z - нақты жылдамдық:

$$Z = \frac{v_{\text{ск. ЖЭҚ}}}{V_{\text{жел}}} = \frac{wR}{V} \quad (2.4)$$

мұндағы $v_{\text{ск. ЖЭҚ}}$ - ЖЭҚ сызықтық жылдамдығы, м / с;

w -жел турбинының бұрыштық жылдамдығы, рад / сек;

R -сыпырылатын беттің радиусы, м;

V -желдің сызықтық жылдамдығы, м / с

Жел турбинының немесе генератордың білігіндегі механикалық момент:

$$M = \frac{P_{\square}}{w} \quad (2.5)$$

мұндағы w -генератор білігінің немесе жел турбиасының айналу жылдамдығы. Синхронды генератор немесе жел турбиасы динамикасының теңдеуі:

$$\frac{dw}{dt} = \frac{1}{J} [M_{\text{айналу}} - M_{\text{жүктеме}} - Fw] \quad (2.6)$$

мұндағы J -инерция моменті, кг м²;

F -тұтқыр үйкеліс коэффициенті;

$M_{\text{вр}}$ - жел турбиасының айналу моменті;

$M_{\text{нагр}}$ - кедергі сәті құратын жүктеме. Айналмалы электромагниттік момент:

$$M_{\text{эл}} = \frac{3}{2} p [(L_{ds} - L_{qs}) i_d \cdot i_q \cdot \psi_f] \quad (2.7)$$

мұндағы p -полюстер жұптарының саны ;

L_{ds} - статор орамасының бойлық индуктивтілігі, Гн;

L_{qs} - статор орамасының көлденең индуктивтілігі, Гн;

i_d - бойлық ток, А;

i_q - көлденең ток, А;

ψ_f -тұрақты магнит ағыны, Дб.

Синхронды айналмалы координаттар жүйесіндегі синхронды генератор моделі.

$$\begin{cases} \frac{di_d}{dt} = \frac{1}{L_{ds}} \cdot u_d - \frac{r_s}{L_{ds}} i_d + w_e i_d \cdot \frac{L_{qs}}{L_{ds}} \\ \frac{di_q}{dt} = \frac{1}{L_{qs}} \cdot u_q - \frac{r_s}{L_{qs}} i_q + w_e i_q \cdot \frac{\psi_f w_e}{L_{qs}} \end{cases} \quad (2.8)$$

мұндағы u_d - бойлық өстің кернеуі қайда, В;

u_q - көлденең өстің кернеуі, В;

r_s - белсенді статор кедергісі;

w_e - электр синхронды айналу жиілігі, рад / с:

$$w_e = p \cdot w_{\text{ген}} \quad (2.9)$$

p - полюстер жұптарының саны;

$w_{\text{ген}}$ - генератордың айналу жиілігі, рад / с.

СГПМ механикалық жүйесінің динамикасы келесі теңдеу жүйесімен сипатталады:

$$\begin{cases} \frac{dw}{dt} = \frac{1}{J} (M_e - M_f - Mw - M_m) \\ \frac{d\theta}{dt} = w_m \end{cases} \quad (2.10)$$

Мұндағы J - жүктемеге сәйкес генератордың инерциясы;

F -генератордың тұтқыр үйкеліс коэффициенті;

МОМЕНТ

Ө-генератор роторының бұрыштық орналасуы;
 M_e - генератор білігіндегі электромагниттік (айналмалы)

M_m -генератор білігіндегі механикалық кедергі моменті;
 M_f -біліктегі үйкелістің статикалық моменті;
 $W_m=w$ -ротордың бұрыштық жылдамдығы (механикалық жылдамдық).
 Түрлендіргіш құрылғылардың математикалық моделі.
 Түзеткіштің математикалық моделі келесідей:
 Түзеткіштің шығысындағы кернеу:

$$U_{\text{вых}} = \frac{3\sqrt{3}}{\pi} U_{\text{макс}} = 1,65 \cdot U_{\text{макс}} = 2,34 \cdot U_{\text{ср. кв. пик.}}$$

мұндағы $U_{\text{макс}}$ - максималды немесе амплитудалық кернеу ;
 $U_{\text{ср. кв. пик.}}$ - жарты толқынның барлық ең жоғары мәндерінің орташа квадраттық кернеуі

Инвертордың математикалық моделі келесідей:

$$U = \frac{4}{\pi} \cdot U_m \left[\cos\theta \cdot \sin\omega t + \frac{1}{3} \cos 3\theta \cdot \sin 3\omega t + \frac{1}{5} \cos 5\theta \cdot \sin 5\omega t + \dots \right]$$

$$U_{\text{вых}} = \frac{2}{\pi} U_m \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{\cos\theta \cdot \sin\omega t}{n} \right) [1 - (-1)^n] \quad (2.12)$$

мұндағы U_m - амплитудалық кернеу;
 Ө-фазалық ығысу бұрышы;
 ω -бұрыштық жиілік, $n = 1, 2, 3, 4, 5, 6, \dots$

Электр энергиясын жинақтаушылардың математикалық моделі:

$$V_{bat} = V_1 + I_{bat} \cdot R_1 \quad (2.13)$$

$$R_1 = R_{ch} = \left(0,785 + \frac{0,139}{[1,06 - SOC(t)] \cdot n_s} \right) \frac{1}{SOC_m} \quad (2.14)$$

$$V_1 = V_{ch} = [2 + 0,148 \cdot SOC(t)] \cdot n_s \quad (2.15)$$

$$R_1 = R_{dch} = \left(0,19 + \frac{0,1037}{[SOC(t) - 0,14] \cdot n_s} \right) \frac{1}{SOC_m} \quad (2.16)$$

$$SOC(t+dt) = SOC(t) \left(1 - \frac{Ddt}{3600} \right) + \frac{K_b (V_{bat} \cdot I_{bat} - R_1 \cdot I_{bat}^2) dt}{3600} \quad (2.17)$$

$$SOC(t) = SOC(t-1) + \frac{1}{3600} \int_{t-1}^t \left[\frac{K_b \cdot V_1 \cdot I_{bat}}{SOC_m} - SOC(t-1) D \right] Dt \quad (2.18)$$

мұндағы V_{ch} - батарея зарядының кернеуі;
 V_{dch} - батарея зарядының кернеуі
 R_{ch} - батареяны зарядтау кезіндегі қарсылық;
 R_{dch} - АКБ разряды кезіндегі қарсылық;
 SOC_1 - батарея зарядының бастапқы деңгейі;
 SOC -қол жетімді батарея заряды (ағымдағы) АКБ
максималды заряды;
 n_s - 2 вольт пластиналарының саны
 Ddt -батареяны зарядтау уақыты;
 K_b - батарея зарядын немесе зарядын анықтайтын
өлшемсіз шама.

$$U_{акб} = U_1 + I_{акб} \cdot R_1 \quad (2.19)$$

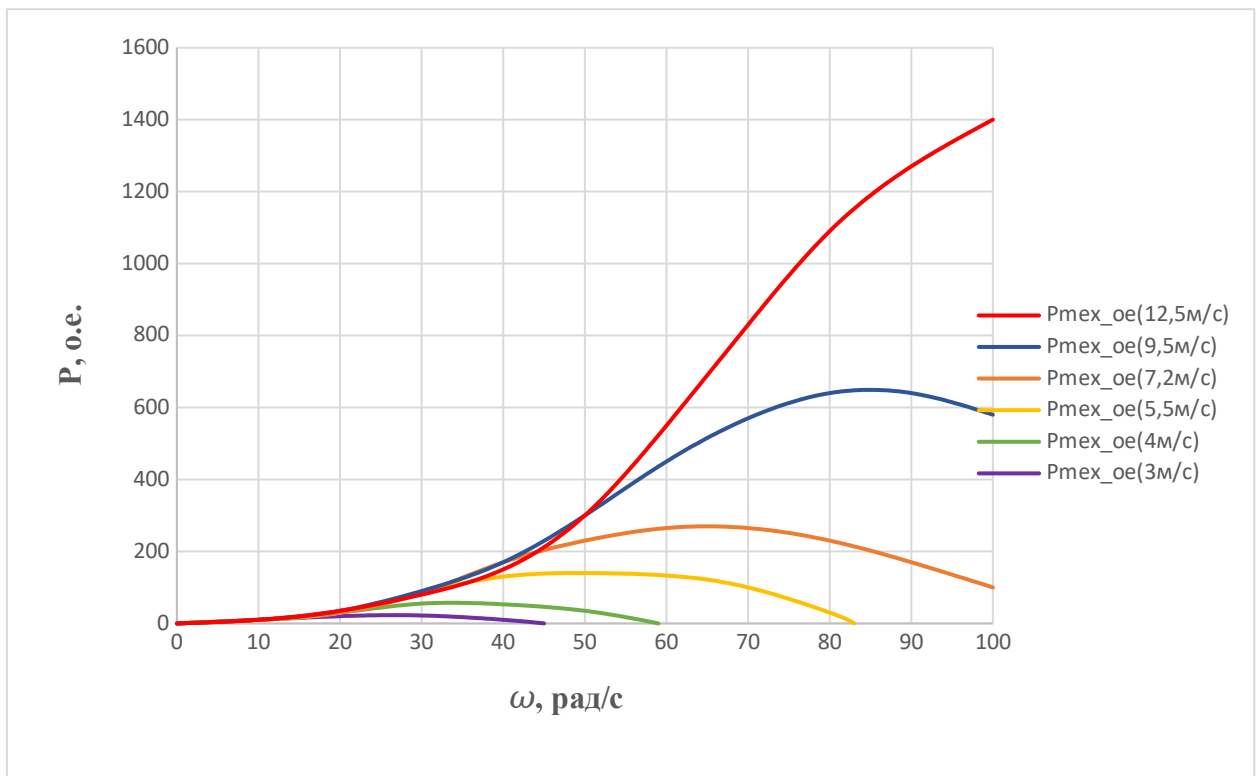
$$R_1 = R_{зар} = \left(0,785 + \frac{0,139}{[1,06 - U3(t)] n_s} \right) \frac{1}{U3_{макс}} \quad (2.20)$$

2.1 MATLAB аясында ЖЭҚ имитациялық моделін зерттеу R2014b

Жүктемесіз горизонталь өсті типті төмен қуатты ЖЭҚ жұмысын зерттеу. ЖЭҚ компоненттерінің жұмыс динамикасын сипаттайтын математикалық теңдеулер негізінде MATLAB r2014b бағдарламасында Simulink және SimPowerSystems кітапхана элементтерін қолдана отырып модель құрастырылды. 2-суретте көрсетілген модель элементтері (жел турбинасы, тұрақты магниттердегі синхронды генератор және аккумуляторлық батарея) қуатты өндіру және оны жинақтау процестерін толық сипаттайды. Модельдің барабарлығы үшін Airforce 1 маркалы нақты жел турбинасының бірдей параметрлері, Ұлыбритания өндірісі, техникалық сипаттамалары, оның компьютерлік модельдеу моделін құру үшін біз математикалық модельдерді жоғарыда сипатталған бірнеше компоненттерге бөлдік.

2.2 - кесте -AirForce жел қондырғысының техникалық сипаттамалары

Номиналды шығыс қуаты	1000 W
Кернеуі	24 В
Желдің бастапқы жылдамдығы	3,5 м/с
Номиналды желдің жылдамдығы	12,5 м/с
Ротордың диаметрі	1,8 м

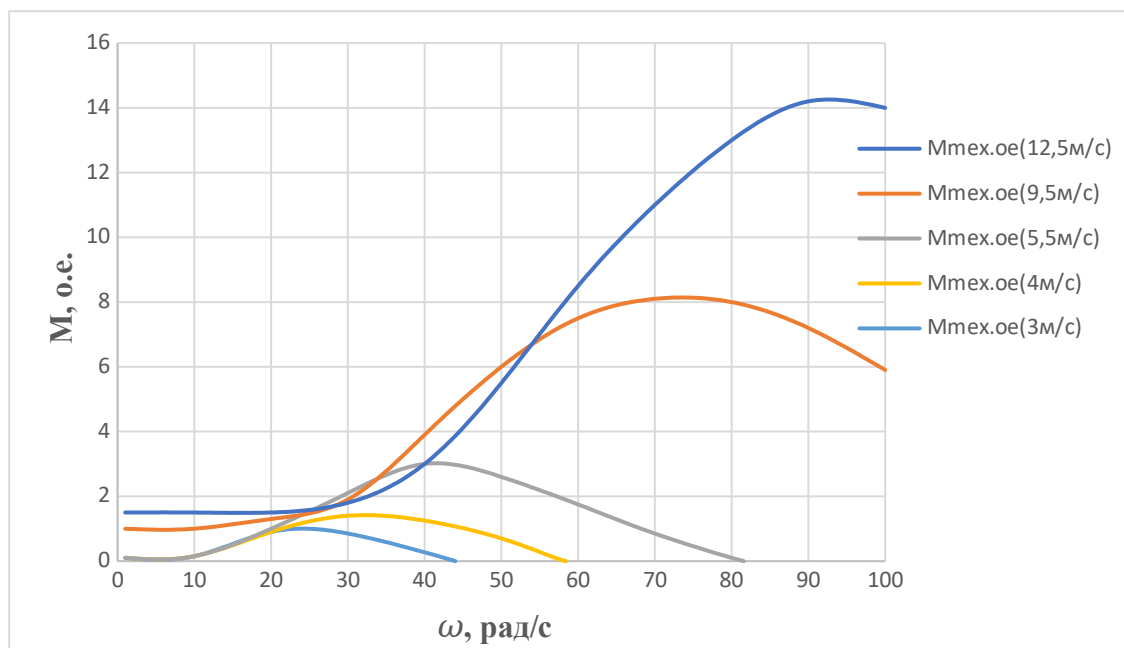


2.1 - сурет -Механикалық моменттің динамикасы

Тұрақты магниттердегі синхронды генератор (GPM-мен).

- Статор фазасының кедергісі: 0,576 Ом;
 - Ротордың индуктивтілігі (GN) және тұрақты магниттерден (Bb) ағындық байланыс-бұл генератордың жылдамдығына байланысты ауыспалы шамалар;

- Генератор полюстерінің жұп саны: 8;
- Генератордың инерция моменті: 0,02649 кг·м²;
- Номиналды сәт: 19,9 Нм.
- Қайта зарядталатын батарея:
- Номиналды кернеу: 24 В;
- Сыйымдылығы: сағатына 100 А;
- Бастапқы заряд деңгейі: 25%.

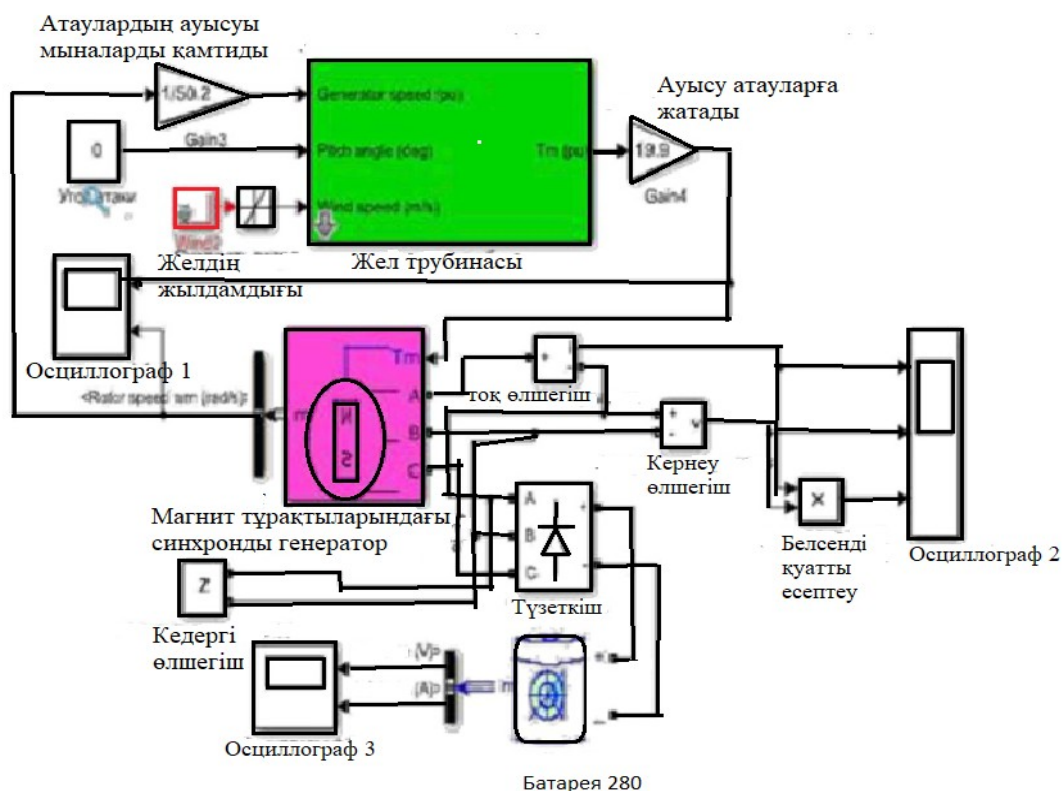


2.2 - сурет -Жел турбинасы өндіретін қуат динамикасы

2.3 - кесте -Жел турбинасының айналу жиілігіне байланысты модельдеуге арналған СГПМ параметрлері

Желдің жылдамдығы	5,5	7,2	8,6	9,5	11	12,5
Айналу жиілігі, айн / мин	310	400	420	442	460	480
Бұрыштық жиілік, рад/с	32,4	41,86	43,96	46,26	48,1	50,2
Индуктивтілік, Гн	0,017	$8 \cdot 10^{-3}$	$5,328 \cdot 10^{-3}$	$4,36 \cdot 10^{-3}$	$3,12 \cdot 10^{-3}$	$2,37 \cdot 10^{-3}$
Ағындық байланыс, Вб	0,085	0,082	0,08	0,079	0,075	0,071

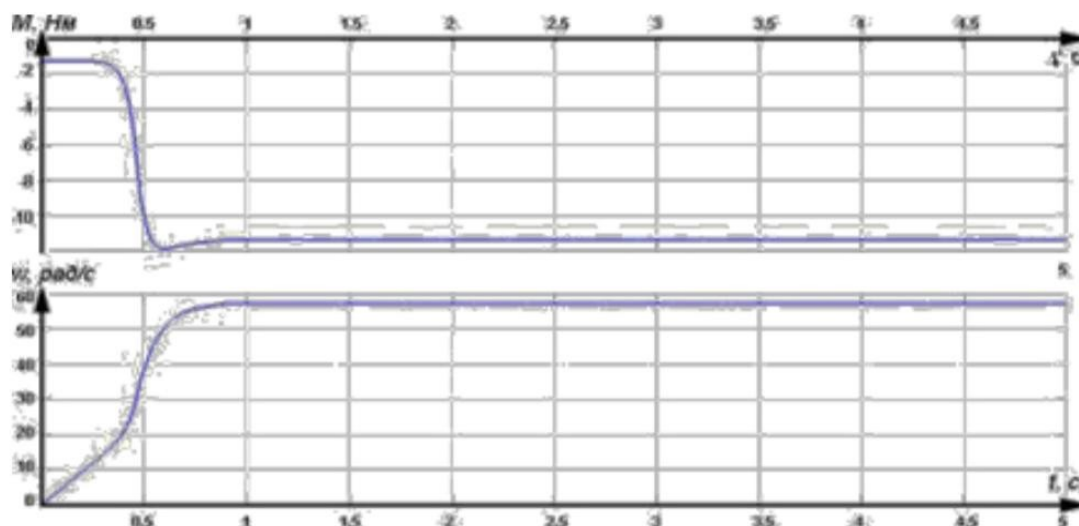
2.3-суретте батареяда заряды бар жел турбинасының толық моделі көрсетілген.



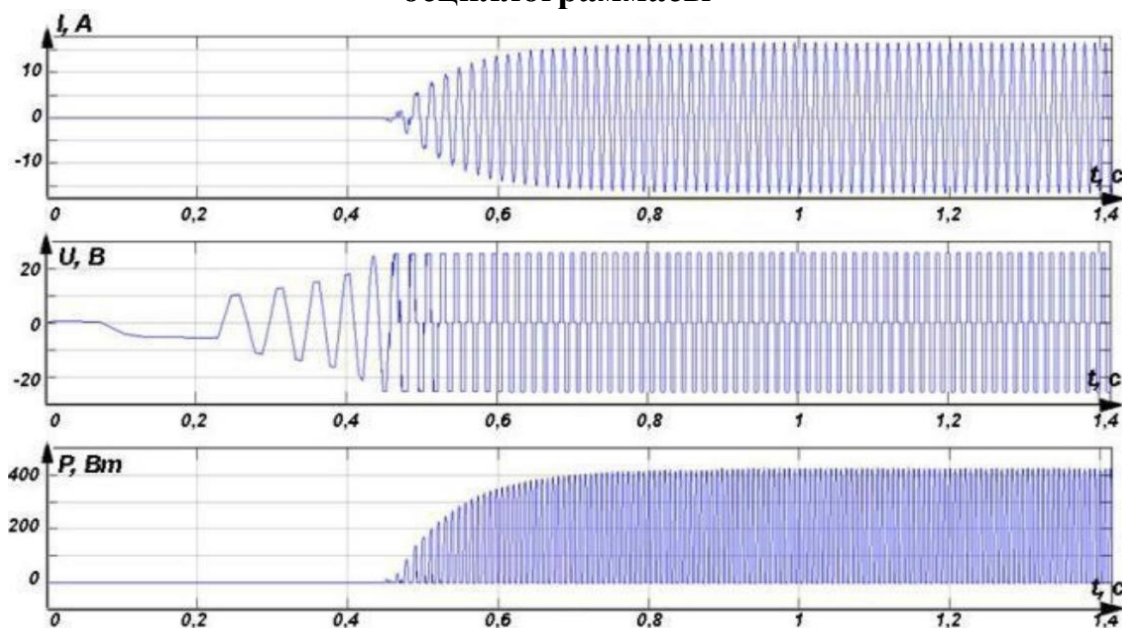
2.3 - сурет - Қуатты өндіру және оны жинақтау процесін сипаттайтын ЖЭҚ моделі

Модельдеу 1:

- Номиналды желдің жылдамдығы: 12,5 м / с;
- Айналу жиілігі: 480 айн/мин;
- Модельдеу ұзақтығы: 5 сек. Алынған осциллограммалар төменде келтірілген. ЖЭҚ осциллограммасына сәйкес айналу жиілігі мен моменттің 0,8 сек белгіленген мәніне шығады. Бұл жағдайда теріс момент қолданылатын блоктың "синхронды машина" екендігімен түсіндіріледі және генератор ретінде ұсынылады (қозғалтқыш ретінде оң).

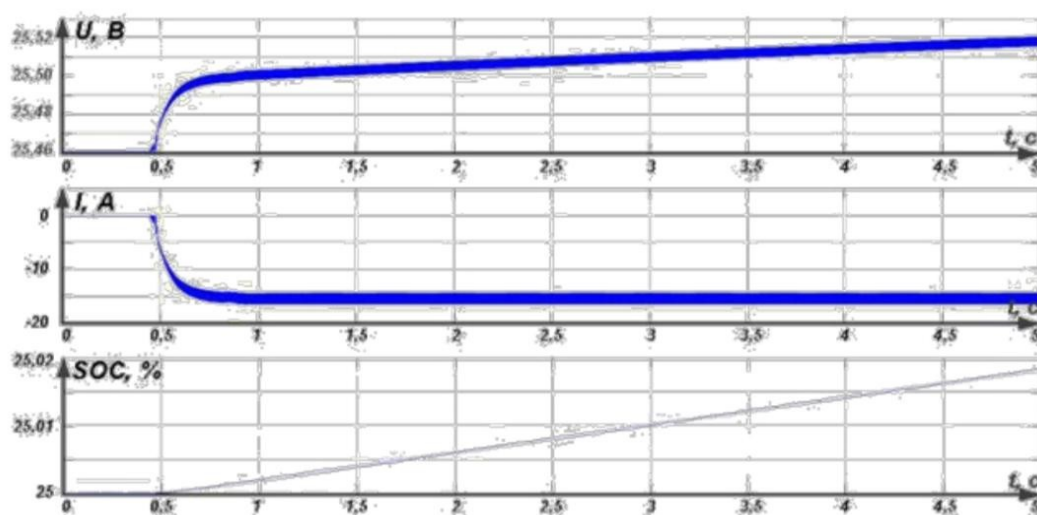


2.4 - сурет - Айналым моменті мен жылдамдықтың осциллограммасы



2.5 - сурет - Токтың, кернеудің және активті қуаттың осциллограммасы

Осциллограммаға сәйкес желдің номиналды жылдамдығындағы қуат өндірісі 420 Вт құрайды, бұл номиналды қуатқа шығуды анықтайды.

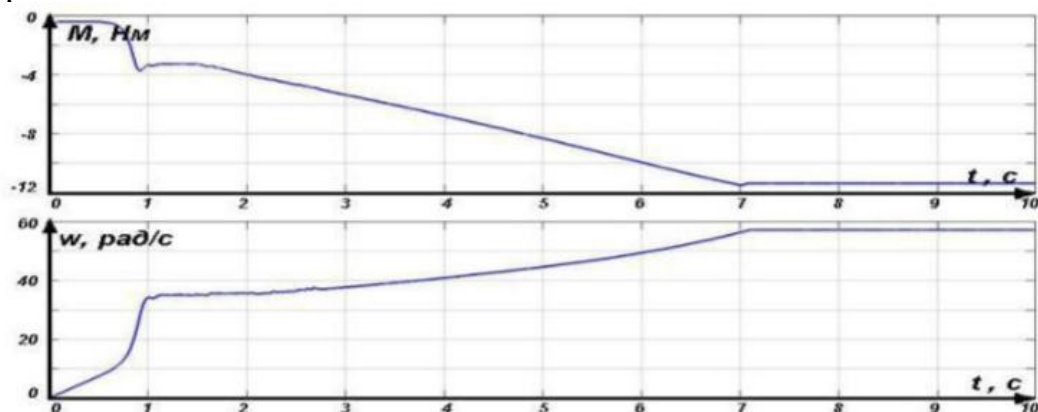


2.6 - сурет - Аккумулятордағы кернеудің, токтардың және заряд деңгейінің осциллограммалары

Алынған осциллограммаларға сәйкес, аккумуляторды зарядтау процесі 4,5 секундқа созылатынын көруге болады, бұл кезде заряд деңгейі 0,02% көтеріледі.

Модельдеу 2:

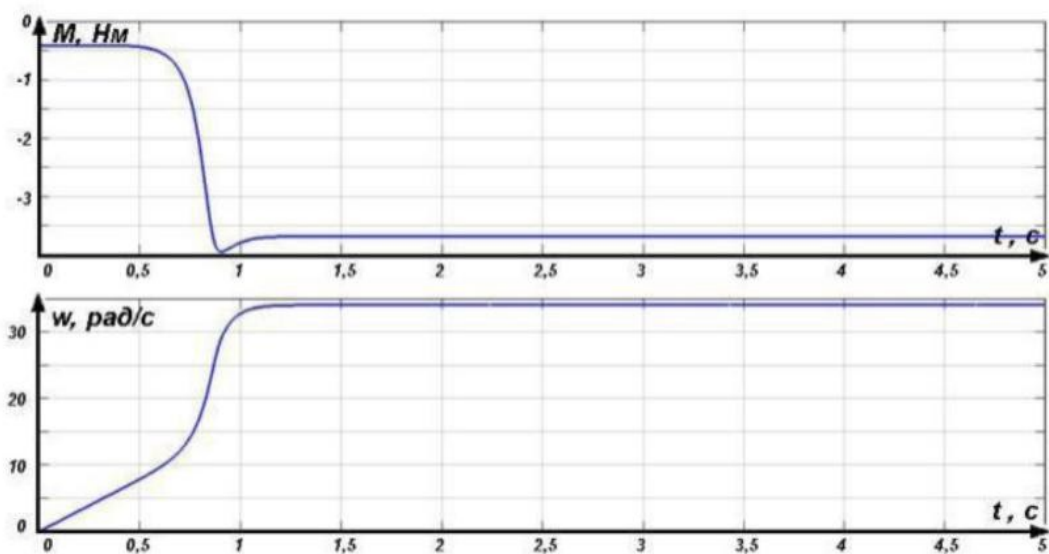
Бұл жағдайда жел қондырғысының үдеуі 7 м/с жел жылдамдығында, содан кейін 1,5 секундтан кейін жылдамдықтың 12,5 м/с өзгеруінде қарастырылады.



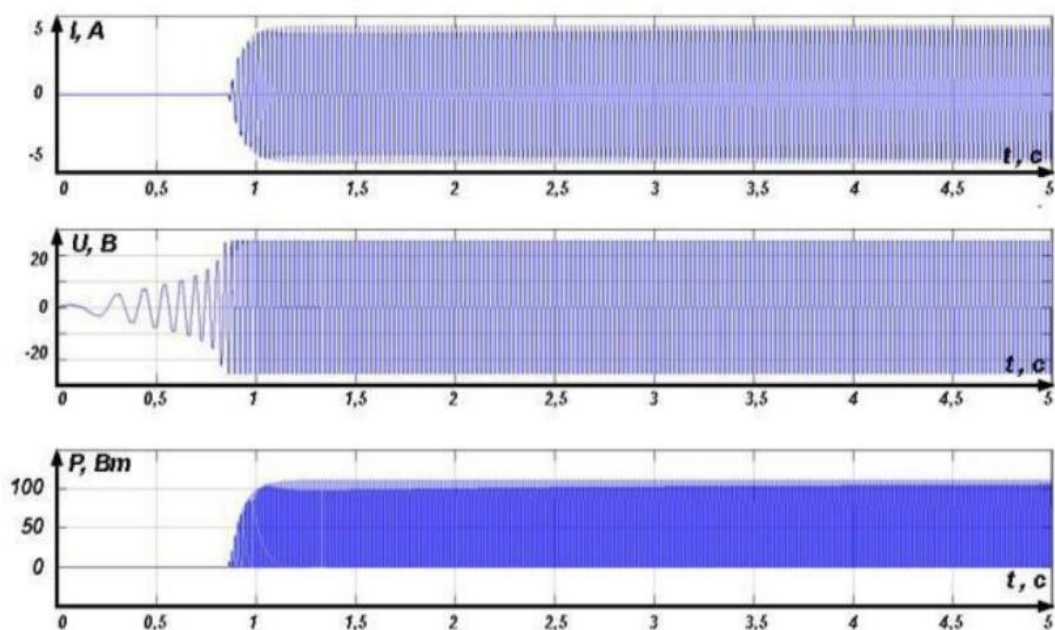
2.7 - сурет - Айналу жылдамдығының осциллограммасы және жел жылдамдығын өзгерту кезіндегі момент

Модельдеу 3:

Бұл жағдайда желдің жылдамдығы 7,2 м/с болған кезде жүктеме астында жұмыс істеу мәселесі қарастырылады, алайда бұл үшін тұтынушы жүктемесіз және тек батареямен ЖЭҚ өндірісін тексеру қажет.

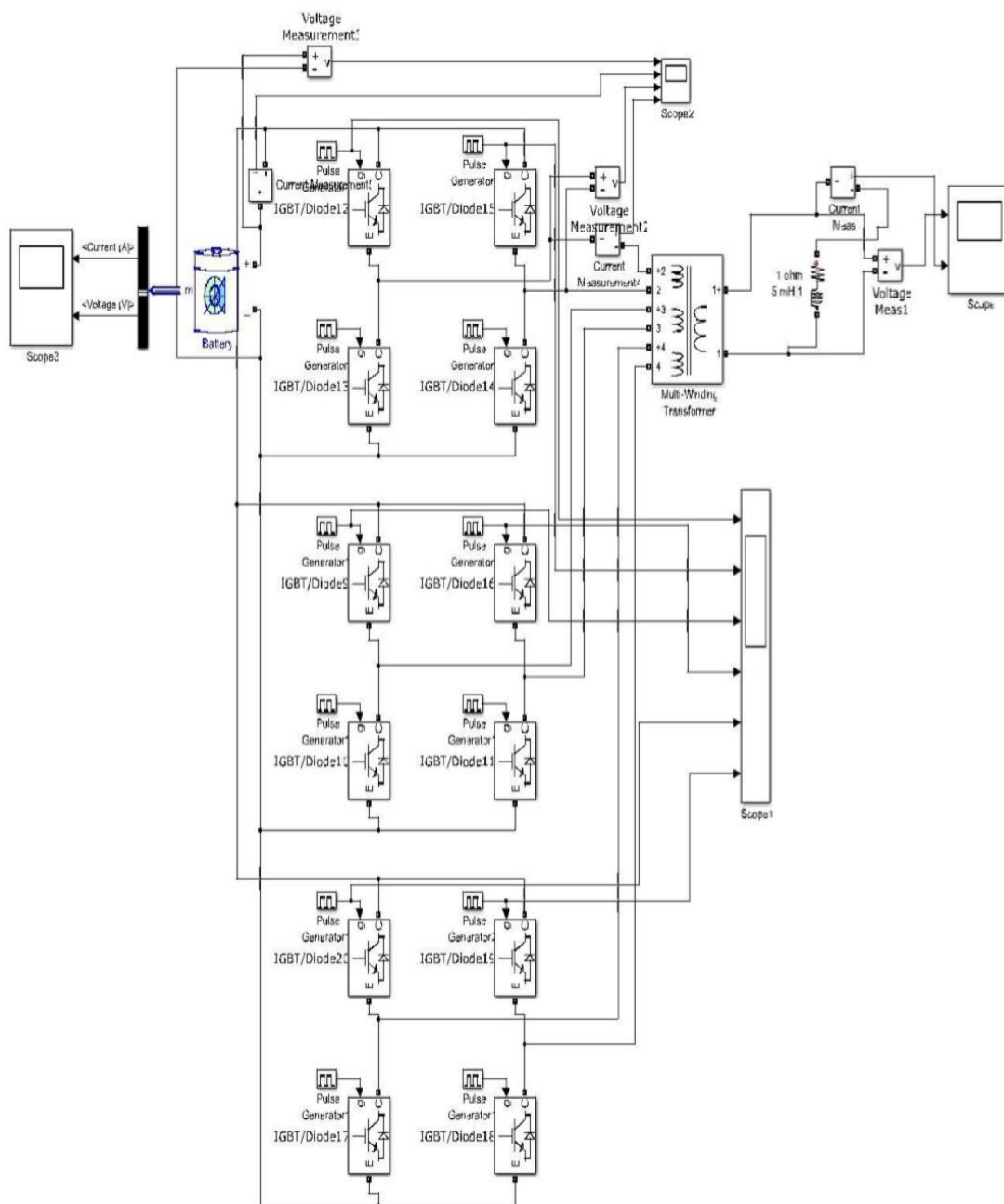


2.8 - сурет - Жүктеме жоқ 7,2 м/с жылдамдық кезіндегі айналу моменті мен жиілігінің осциллограммасы



2.9 - сурет - Жел жылдамдығы 7,2 м/с кезінде жүктемесіз токтардың, кернеулердің және қуаттың осциллограммасы

Жүктеме астында горизонталь өсті типтегі төмен қуатты жел турбинасын модельдеу. Жүктеме кезінде ЖЭҚ жұмыс режимдерін зерттеу мыналарды талап етеді барлық қажетті компоненттердің құрамы, оның ішінде қуат инвертордың көмегімен жүзеге асырылатын тұтынушылық жүктеме де бар. Сондай - ақ, автономды электрмен жабдықтау жүйелеріндегі жүктеме көп жағдайда бір фазалы, ал инверторға қойылатын талап стандартты жиіліктің синусоидальды кернеуі 50 Гц (ГОСТ Р-54149-2010) екенін атап өткен жөн. Тиісті инвертордың моделі 2.9-суретте көрсетілген.



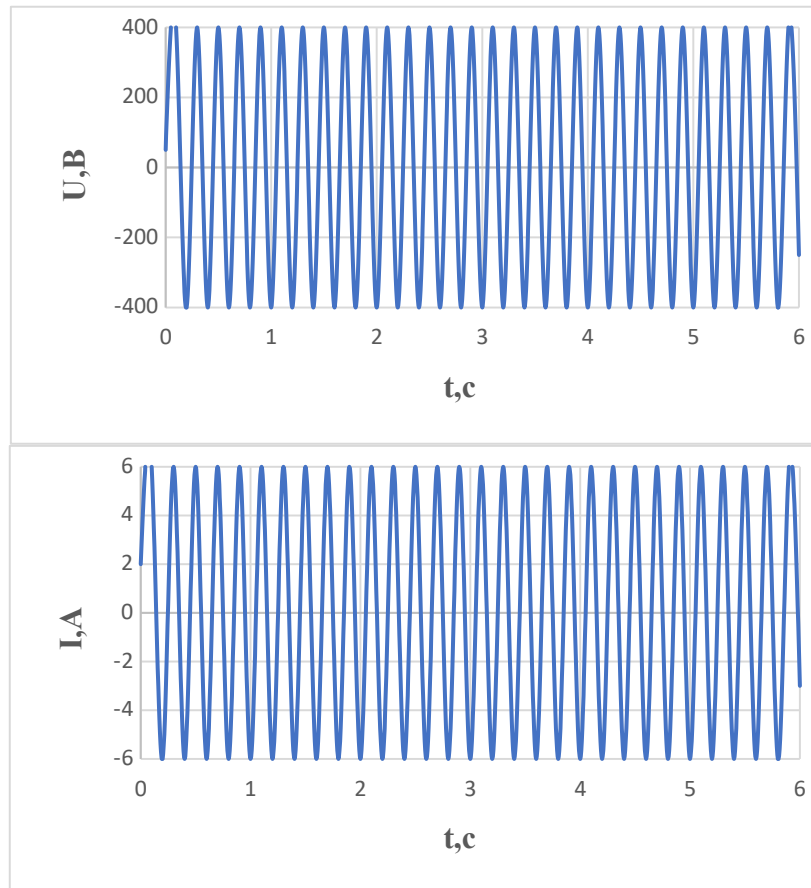
2.10 - сурет - Тиісті инвертордың моделі

Инвертордың құрылымдық орындалуы синусоидальды форманың (көп деңгейлі) екі сатылы модуляциясын құрайтын құрылымдағы жоғарылататын трансформаторы бар стандартты бір фазалы инверторлардан ерекшеленеді, өйткені ол 3 транзисторлық көпірлерден тұрады (12 кілт). Бұл принцип, әдетте, инвертордың кіріс кернеуі шығу кернеуінен төмен, сондықтан токтар да әр түрлі болады. Мұндай жағдайлардың көпшілігінде инверторға кіретін үлкен токтар үлкен токтарға қымбат транзисторлардың болуын анықтайды. Инверторлардың кірісіндегі токты бөлу орынды, осылайша транзисторларды төмен токтарға қолдануды қамтамасыз етеді.

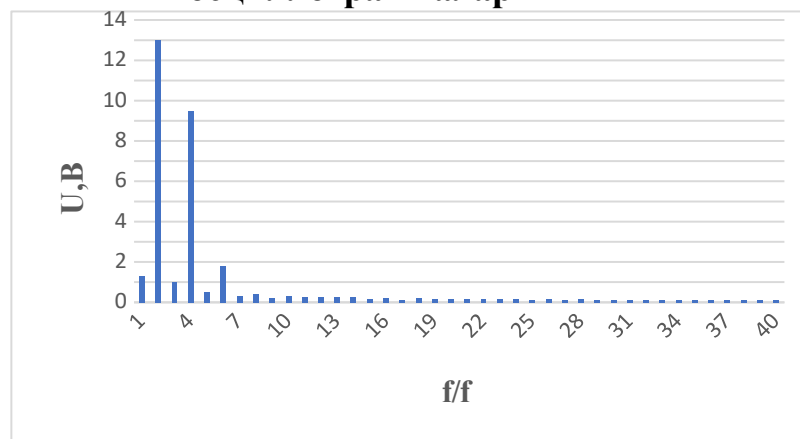
Тәжірибе 1. ЖЭҚ-нің белсенді жүктеме астында жұмыс істеуі.

Негізгі параметрлері:

- желдің жылдамдығы 12,5 м/с;
- өндірілетін нақты қуаты: 480 Вт;
- батарея қуаты 100 Ач: 50%;
- инвертор қуаты: 3 кВА;
- трансформатордың қуаты: 3 кВА;
- жүктеме қуаты: 900 Вт (72 Ом).



2.11 - сурет - Тұтыну жүктемесінің токтары мен кернеулерінің осциллограммалары



2.12 - сурет - Тұтынушылық жүктеме тогының гармоникалық құрамы

2.2 Ауылдың жалпы электр тұтынуын есептеу

Ауылда 528 электр энергиясын тұтынушылар бар, олардың ішінде: 187-тұрғын үй, 22-жеке үй шаруашылықтары, 6-саланың кәсіпорындары және мекемелері мәдени-тұрмыстық қызмет көрсету [10]. 6 және 7 кестелерде елді мекен туралы ақпарат.

Елді мекеннің атауы	Халық саны	Оның ішінде:						
		18 жасқа дейінгі балалар	Зейнеткерлер	Мүгедектер	Еңбекке қабілетті халық			
					Барлығы	Оның ішінде:		
						Экономикада бос емес	Барлығы	еңбекке қабілетті халықтың % - ы
Ауылдық ел	528	115	111	15	287	227	60	21

6 - кесте-2023 жылғы ауылдық елді мекеннің халқы жағдайы бойынша

Елді мекеннің атауы	Аулалар саны, дана		Сиырлар	Шошқалар	Қой мен ешкі	Жылқылар
	барлығы	оның ішінде құрамында мал бар				
Ауылдық ел	187	64	36	80	95	11

7 - кесте-2023 жылғы жағдай бойынша жеке қосалқы шаруашылықтардағы мал басы

Қорытынды: бұл бөлімде MATLAB аясында горизонталь өсті типтегі нақты төмен қуатты жел турбинасының модельдеу моделі берілген. Компоненттердің математикалық модельдерінің негізінде жел жүктемесіз және жүктемесіз әртүрлі жел жылдамдығы кезіндегі ЖЭҚ жұмысының процестері зерттелді. Алынған осциллограммалар гармоникалық құрамы төмен кернеулер мен токтардың синусоидальды формаларының арқасында тұтынушыларды сапалы энергиямен қамтамасыз етуді көрсетеді. 24 В кернеуде инвертордың трансформаторға шығуындағы жүктеме кезіндегі токтардың мәндерін қарастырған кезде 37,5 А (инвертордың әр иығында 12,5 а), ал 220 В кезінде тұтынушы тогының мәні 900 Вт қуатта 4,1 А құрады.

3 Математикалық модельді әзірлеу және жел қондырғысының қалақшаларының геометриялық өлшемдерін есептеу

Математикалық модельді компьютерлік іске асыру үшін сандық алгоритм жасау. ЖЭҚ үшін иық пышағын салу принципі алгоритмі.

Жел ағынында жұмыс істейтін идеалды жел қондырғысының қуатын келесідей жазуға болады:

$$P = КПД \cdot 1,21 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot V \quad (3.1)$$

мұндағы $1,21 \text{ кг/м}^3$ - ауа тығыздығы,
 πr^2 - қалақшамен сыпырылатын бет
 V - желдің жылдамдығы, м /с.

Жүктемеде жұмыс істейтін жел электр станциясының айналымдары бір, бос-басқалары, әртүрлі жүктемелерде – басқалары. Егер (3.1) формуласы бойынша есептелген номиналды жүктемемен жүктелген р, жел қондырғысы оның қалағының ұшы желдің жылдамдығынан Z есе асатын тұрақты жылдамдықпен қозғалатындай етіп айналады деп болжасақ (Z саны - өлшемсіз және жылдамдық деп аталады, жылдамдығы 3-тен кем жел қондырғылары төмен жылдамдықты деп аталады, ал 3-тен көп жоғары жылдамдықты).

Генераторды жүктейтін құрылғы оның қысқыштарындағы кернеудің өсуіне байланысты генератордың айналу жиілігін балласт реттегіші деп аталады. Ол жел қондырғысы мен генератордың қуатының сәйкес келу нүктесін желдің кең ауқымына "жағады" және дизайнды тікелей бастауға мүмкіндік береді. Балласт реттегішімен жабдықталған генератор әрдайым жел қондырғысының қуатын тұтынатындығын біле отырып, балласт өшірілген кезде жел қондырғысының ең аз желде шығаратын қуаты жүктемені қосу үшін генератор тұтынатын қуатқа тең болады делік. Бұл нүкте момент нүктесі деп аталады, әдетте оны жылдам жүретін агрегаттар үшін 4 м/с және баяу жүретіндер үшін 2 м/с жел есебінен алады. Осы нүктеден бастап және бұрезақорғау іске қосылғанға дейін номиналды жүктелген жел қондырғысы өзінің айналымын есептік жылдамдықты сақтай отырып, жел жылдамдығының өсуіне тура пропорционал арттырады, демек қалақшатарға шабуылдың барлық бұрыштары, бұл осы геометрия үшін максималды тиімділікпен және ең аз шуылмен жұмыс істеуді білдіреді.

Сонымен, жел 4 м/с құрайды, генераторға қажет минималды $P_{\min}$ қуаты белгілі (ол генератордың тиімділігіне бөлінген жүктеме қуатына тең). Содан кейін жел қондырғысының қажетті радиусы келесідей болады:

$$R_2 = P_{\min} / (КПД \cdot 1,21 \cdot \pi \cdot V^3), \quad (3.2)$$

Жел қондырғысының жылдамдығын анықтау үшін, желдің жылдамдығы 4 м/с (және одан да көп) кезінде диаметрі мен қуатын және скапула

шығаратын осы қуат айналымдарында генераторды игеру мүмкіндігін біле отырып, біз жүктемеде өлшенген айналымдардан генератордың қуат қисығын қолданамыз. Осы қисықтан біз 4 м/с жылдамдықпен белгілі диаметрлі жел турбинынан талап етілетін айналымдарды бөлеміз (Z параметрін бірден есептеуге рұқсат етіледі, ол 4 м/с - пен байланысты емес және кез-келген қолайлы жел жылдамдығына сәйкес келеді).

Жел жылдамдығы 4 м/с, жел қондырғысының радиусы кезінде генератордың белгілі айналымдары кезінде жел қондырғысының айналма жылдамдығы (қалақтың ұшында) тең:

$$W = \frac{R_{pm}}{60} \cdot \pi \cdot r, \quad (3.3)$$

онда шапшаңдық:

$$Z = \frac{w}{V} \quad (3.4)$$

мұндағы Z -біздің жел қондырғымызда қанша қалақша болатынын анықтайды.

Егер координаттар жүйесі профильге қатаң байланған болса, онда осы координаттар жүйесіндегі бақылаушы профильге түсетін ауа ағынын көреді, бұл ағынның жылдамдығы:

$$V = r \cdot \frac{2 \cdot r \cdot p \cdot m}{60} \quad (3.5)$$

мұндағы r -жел қондырғысының радиусы;

r_{pm} - сәйкесінше оның айналымдары.

Тапсырманы қиындатайық - жел енгізейік. Бұрын қарастырылып отырылған әдістемеде бейненің шеңберлік жылдамдығы желдің жылдамдығын Z есе асып түседі,. Профильмен байланысты координаттар жүйесіндегі бақылаушы қазір желдің жылдамдығы мен профильдің айналмалы жылдамдығының векторлық қосындысын құрайтын ағынды, яғни мынаған тең ағынды көреді:

$$V^2 = V^2 + w^2 = w^2 + (w \cdot Z)^2, \quad (3.6)$$

Тиісінше, бұл ағынның иық пышағының жазықтығына түсетін бұрышы:

$$\alpha \arctg(V/w) \arctg(1/z), \quad (3.7)$$

Ағын айналмалы жел қондырғысына қандай жылдамдықпен және қандай бұрышпен жүгіретінін біле отырып, Профильді әртүрлі бұрыштармен бұрап, профильге әрекет ететін пайдалы күш(айналдыру кезінде алға қарай итеретін қалақша) максималды болатындай етіп қол жеткізуге болады(профиль хордасы мен жел қондырғысының жазықтығы арасындағы және оның астында профиль қозғалыс кезінде максималды тартуға мүмкіндік

беретін бұрышты емле бұрышы деп атаймыз). Профильдің енін анықтаймыз. Шынында да, егер B мәнін профильдің ені ретінде қабылдайтын болсақ, онда екі қалақша үшін жалпы мәні $2b$ болады, профиль сәйкесінше дамитын көтеру күші келесідей болады:

$$F_1 0,51,21 C b V'^2, \quad (3.8)$$

(әзірге біз фронтальды қарсылықты қарастырмаймыз - бұл, әрине, жуықтату – бірақ жақсы профильдер үшін өте дәл), содан кейін екі профильдің (екі қалақшаның) жалпы күші болады:

$$F_a = F_1 \cos(\gamma + 90) \quad (3.9)$$

мұндағы γ - заклонение бұрышы.

Профиль белгілі айналмалы жылдамдықпен қозғалатындықтан:

$$V w Z, \quad (3.10)$$

екі қалақша дамытатын қуат (олар кез-келген n мөлшерде болуы мүмкін, кейін жалпы ені $n \cdot b$) келесіні құрайды:

$$P = 2 F_a w Z = 2 F_1 \cos(\gamma + 90^\circ) w Z = 0,51,21 C_1 2 b V'^2 \cos(\gamma + 90^\circ) w Z, \quad (3.11)$$

Бұрын есептелген V' мәнін қою арқылы аламыз:

$$P = 0,51,21 C_1 2 b [w^2 + (w \cdot Z)^2] \cos(\gamma + 90^\circ) w Z, \quad (3.12)$$

Бұл әрқайсысының ені b екі қалақшаны дамытатын қуат (тек олардың бірлік ұзындығының ұштары δ , яғни бұл жағдайда профильдердің ауданы $2b\delta$, бірақ $\delta = 1$ болғандықтан, біз оны ескермейміз).

Бейтс-Жуковскийдің айтуынша, идеалды жел қондырғысы үшін қуат тең:

$$P 0,590,50,21 A w^3, \quad (3.13)$$

біз тек бірлік ұзындығының ұштарын қарастырамыз, сондықтан:

$$A 2 r 2 r \quad (3.14)$$

мұндағы r -жел қондырғысының радиусы, ал $\delta=1$. Демек, бұл қуаттар тең болуы керек, яғни:

$$0,51,21 C_1 2 b [w^2 + (w \cdot Z)^2] \cos(\gamma + 90^\circ) w Z = 0,590,50,21 A w^3, \quad (3.15)$$

енді C_1 профилімен және алдын – ала есептелген Z және r көмегімен біз қалақшаның ұшының b енін оңай табамыз.

Жел қондырғыларының әртүрлі түрлерін қарастырайық. Бір және екі қалақшалы жел қондырғылары, олардың барлық механикалық кемшіліктеріне қарамастан, ең жоғары тиімділікке ие - 44-42% ауданында, үш қалақшалы - ауданда 40%, 5-6 қалақшалы - 38%, көп қалақшалы төмен

жылдамдықты 36% - дан аспайды - бұл сандар есептелмеген, олар жел қондырғыларын салудың көпжылдық тәжірибесінен алынған, сондықтан олардың дәлдігі ең жоғары - олар жылдар бойы сыналды.

Жуковскийдің шегінің орнына бұрын алынған теңдеуде біз нақты санды қоямыз, мысалы, үш қалақшалы үшін 0,59 орнына 0,44 алмастырамыз, яғни біз теңдеуді аламыз:

$$0,51,21C_1 2b[w^2 + (w \cdot Z)^2] \cos(\gamma + 90^\circ) wZ = 0,440,50,21 A w^3, \quad (3.16)$$

b' - ді оңай алатынымыз түсінікті. b' - бұл идеалды жел қондырғысының минималды ені, ол шексіз және индуктивті шығынсыз жұмыс істейді, бірақ нақты коэффициентпен немесе басқаша айтқанда, егер біз нақты жел қондырғысын салсақ, онда қалақшалардың ұштары b' еніне ие болады, содан кейін тиімділік жоғалту салдарынан 44%-дан төмен болады, бірақ бұл шығындар өте аз болады, өйткені қалақша b' - ге қарағанда жұқа болады. салу мағынасы жоқ. Шындық, қалақшаның нақты ұшы b және b' арасында болады. b және b' бір-бірінен тек 25% - ға ерекшеленеді, яғни жоғары сапалы профиль үшін бұл бірнеше миллиметр болуы мүмкін. Жалпы алғанда, сіз жоғалту теңдеулерін шығарып, бірнеше итерация жасай аласыз және белгілі бір профиль үшін ені үшін орынды таба аласыз – егер сіз осы шектерде жатқан кез-келген ені өте төзімді тиімділікпен жұмыс істейтін компьютерлерді қолдана отырып, сандық әдістерді қолдансаңыз, бұл талдаудың дәлдігі жоғары болады.

C_1 тек шабуылдың бұрышына ғана емес, сонымен қатар профиль жұмыс істейтін Рейнольдс санына да байланысты, әр жел мен жел қондырғысының айналу жылдамдығы үшін сізге қалақшаның басқа ұшы қажет. Аэродинамикалық профильдің айналасындағы ауаның ағымын зерттеп, көтеру күштері мен фронтальды қарсылықты өлшей отырып, Рейнольдс саны (ге деп аталады) деп аталатын белгілі бір үлгі табылды.

$$Re = VD/\nu \quad (3.17)$$

мұндағы V (м/с) – профиль бойындағы ауа ағынының жылдамдығы, D (м) ауа ағатын профильдің тән ұзындығы (біз хорданы немесе енін аламыз), ν -ауаның кинематикалық тұтқырлығы оны тұрақты және $\nu=1,56 \cdot 10^{-5}$ (м²/с) тең деп есептейміз.

Егер өлшемді тексерсек, онда бәрі қысқартылып, дерексіз мән алынады. Осылайша, профильдерді масштабтауға болатын белгілі бір мән бар. V тұрақты болғандықтан және бірдей көтеру күшін алу үшін Рейнольдстың

бірдей саны қажет, ол кезде $V \cdot b = V' \cdot b'$ аламыз, сәйкесінше, $b'/b = k$, қалақша хордасы k есе кең.

Жаңа жел қондырғысында қалақшаның ұшында басқа z саны болады. Бүкіл жел қондырғысының қалақшасының ұшы $\omega \cdot r$ жылдамдықпен қозғалады (ω – бұрыштық жылдамдық), егер қазір жаңа радиус r -ден аз болса, онда жаңа сызықтық жылдамдық $\omega \cdot r$ –ден r/r' есе аз болады (r' - жаңа радиус).

Егер бізде соңында N жылдамдығы бар қалақша болса, онда оны N тең бөліктерге бөліп, N , $n-1$, $n-2$, жылдамдығы бар нүктелерді аламыз 1 , емле бұрышы мен профиль ені тұрғысынан оңай жобаланады.

Профильдің берілген жеріндегі енін есептеу үшін, бетс шегінен индуктивті шығындарға дейін, біз қондырғының жұмысы кезінде пайдалы энергия әкелмейтін қалақшаның түбірлік (кесек) бөлігін алып тастаймыз, өйткені бұл бөліктегі айналу жылдамдығы кез-келген аэродинамикалық профиль үшін төмен.

Үш жүзді жылдам жел қондырғысы үшін бұл пайдасыз бөліктің ұзындығы радиустың 30-35% құрайды. Бұл қондырғының сыпырылған беті диск емес, ауданы дисктен 10-12% - ға кем кесінді екенін білдіреді ($0.35 \cdot 0.35 \sim 0.12$). Осылайша $59\% - 12\% = 47\%$, біз үш қалақшалы пропеллердің тиімділігі шамамен 42% екенін білеміз, сондықтан соңғы шығындар шамамен 5% құрайды. Бұл сан өте қисынды, индуктивті шығындарды параллель есептеуден 5-7 % алынады, сондықтан b профилінің енін есептеу үшін $59-7=52\%$ алу керек – бұл бір рет, ал екіншісі – Бетс-Жуковскийдің идеалды жел қондырғысының шегі жел қондырғысына өте жақсы сәйкес келеді. Сондықтан жел қондырғысын оңтайлы пайдалану үшін генераторға қатысты қалақшаның орналасуы мен бұралуын дұрыс пайдалану керек.

Қалақшаның геометриялық өлшемдерін бұрау мен тарылтусыз есептеу. Бұрын олар идеалды қалақшалар орталықтан радиустың 30%-на тең, барлық энергияның 4% - дан азын шығарады, ал қалақшаның білікшесінің 40% - ы желдің жылдамдығы мен сәйкесінше Рейнольдс санына байланысты пайдаланбайды деген қорытындыға келді. Осы мәселеге байланысты есептеулер қалақшаның жоғарғы жартысының деректерін пайдаланып жүзеге асырылады.

Қалақша профилінің шабуыл бұрышын жел ағынымен өзгерту арқылы біз осы бұрышқа сәйкес келетін күш пен осы күштің бағытын аламыз. Оны тригонометриялық функцияны қолдана отырып, жел қабылдағыштың иық қалақшаларының айналу жазықтығына жобалап, біз осы күштің пайдалы компонентін аламыз.

Бетс шегінің теңдеуі бойынша қалақша профилінің енін есептеу үшін біз осы концентрлік белдеудегі жалпы қуатты есептейміз, оны жоғарыда есептелген жел ағынының жалғыз қуатына бөлеміз. Қалақша профилінің енін біле отырып, Рейнольдс санын есептейміз. Содан кейін біз полярларға ораламыз, коэффициенттерді түзетеміз және қалақша профилінің бірлік қуатын есептеуді қайтадан жасаймыз. Осылайша, біз серия біріктірілгенге дейін жасаймыз. Осылайша, біз қалақша профилінің енін аламыз. Содан

кейін келесі концентрлік белдеуге өтіп, жоғарыда жасалған операцияларды қайталай отырып, оның енін де табамыз.

Біз бұл операцияларды жел қондырғысының барлық концентрлік профиль белдіктерінің енін есептегенге дейін орындаймыз. Егер профильдің әртүрлі бөлімдеріндегі ені бірдей болмаса, онда емле бұрышын өзгертіп, бірдей деректерді алғанға дейін есептеуді қайта жасаңыз. Есептеу Excel математикалық кестелерінің көмегімен жүзеге асырылады. Есептеу жылдамдығы $Z=5$ және диаметрі $D=1.4$ м болатын үш қалақшалы жел қондырғысы үшін жасалады (4.1-кесте).

3 - кесте - Үш қалақшалы жел қондырғысы үшін Рейнольдс санын есептеу

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1		Z	r	α	β	γ	F_a	b	Re	$Re_{расч}$
2	0.083333	0.41667	0.1	3	64.38014	64.380		-		-
3	0.166667	0.83333	0.2	3	47.19443	47.194		-		-
4	0.25	1.25	0.3	3	35.65981	35.659		-		-
5	0.33333	1.66667	0.4	3	27.96376	27.963		-		-
6	0.41667	2.08333	0.5	3	22.64101	22.641		-		-
7	0.5	2.5	0.6	3	18.80141	18.801		-		-
8	0.58333	2.91667	0.7	3	15.92464	15.924		-		-
9	0.666667	3.33333	0.8	3	13.69924	13.699	0.1335	0.145	200000	234798
10	0.75	3.75	0.9	3	11.93142	11.931	0.1287	0.122	200000	220112
11	0.83333	4.16667	1	3	10.49573	10.495	0.1105	0.117	250000	233543
12	0.916667	4.58333	1.1	3	9.308016	9.308	0.0866	0.125	250000	273402
13	1	5	1.2	3	8.309932	8.309	0.0710	0.130	350000	307846

Есептеу кестесінде γ баған – біз болжайтын қалақшаның емле бұрышы, r -тамырдан қалақшаның радиусы, Re - Рейнольдстың болжамды саны, гетексеруден кейін алынған Рейнольдстың есептелген саны (егер Рейнольдстың болжамды және есептелген саны 30000-нан аспаса, қалақшаның енін есептеу аяқталды деп санаймыз), Z -жылдамдық әрбір радиустағы қалақтар, β -пайда болатын жел мен жауырын жазықтығы арасындағы бұрыш, α -шабуыл бұрышы, F_a -пайда болатын аэродинамикалық күштің пайдалы құрамдас бөлігі (оны жеке кестеде қарастырамыз), b – профильдің осы бөліміндегі қалақшаның ені.

Re санын да орнатамыз, басқа кестеден F_a енгіземіз-қалғанының бәрі автоматты түрде есептеледі. Бастама үшін 4.2-кестеге сәйкес 1 м қимасындағы

F_a пайдалы аэродинамикалық компонентін есептейміз. 4.2-кестеге сәйкес $\beta = 13,5^\circ$ бұрышы, біз бұл бұрышты келесі кестенің қызыл өрісіне көшіреміз.

Re мәндері болжанғанға жақын, ал $\gamma \approx 3^\circ$, ал α $10-11^\circ$ -ге сәйкес келетін жол деректерін көшіреміз. Нақты $\gamma = 3^\circ$ мәні жоқ, 3.5 және 2.5 бар, сондықтан сызықтық интерполяция әдісімен дәл мән және оны есептеу кестесіне

енгіземіз, кесте алынған енге сәйкес келетін Рейнольдс санын автоматты түрде есептейді – $Re_{расч} = 233543,1772$, болжамалы $Re = 250000$, айырмашылық 30 000-нан аз, бұл шартты қанағаттандырады.

Негізгі кестедегі өзгерістерді қарастырайық.

Кестеге сәйкес біз қалақша профилінің хордасындағы өзгерістерді көреміз, яғни заклинение бұрышына түзетулер енгізу керек. Біз бұрышты $0,5^\circ$ -ге өзгертеміз және емле бұрышы үшін $2,5^\circ$ -ге қайта есептейміз.

3.1 - кесте - Бұрышты есептеу

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	α	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2	β	13.5	12.5	11.5	10.5	9.5	8.5	7.5	6.5	5.5	4.5	3.5	2.5	1.5	0.11
3	60000	-	-0.09	-0.1	-0.09	-0.08	-0.06	-0.04	-0.02	0.01	0.03	0.09	0.06	0.12	0.20
4	100000	-	-0.05	-0.08	-0.08	-0.07	-0.06	-0.03	-0.01	0.01	0.04	0.09	0.08	0.16	0.21
5	120000	-	-0.04	-0.07	-0.08	-0.07	-0.05	-0.03	-0.01	0.01	0.04	0.09	0.08	0.16	0.20
6	140000	-	-0.03	-0.06	-0.07	-0.07	-0.05	-0.03	-0.01	0.01	0.05	0.09	0.08	0.16	0.20
7	200000	-	-0.03	-0.04	-0.06	-0.06	-0.05	-0.03	-0.01	0.01	0.05	0.09	0.08	0.16	0.20
8	250000	-	-0.03	-0.04	-0.05	-0.05	-0.05	-0.03	-0.01	0.02	0.05	0.09	0.09	0.16	0.20
9	300000	-	-0.02	-0.04	-0.05	-	-0.05	-0.03	-0.01	0.02	0.05	0.09	0.09	0.17	0.21
10	350000	-	-	-0.04	-0.05	-0.05	-0.04	-0.03	-0.01	0.03	0.05	0.09	0.09	0.17	0.21
11	400000	-	-0.02	-0.04	-0.04	-0.05	-0.04	-0.03	-0.01	0.02	0.06	0.09	0.09	0.18	0.22

Бұл кестедегі профиль хордасы іс жүзінде өзгермейді. Біз ені 10 см, заклинение бұрышы $2,5^\circ$, ұшынан құйрығына дейін ұзындығы 0,9 м болатын жел қондырғысының қалақшасын аламыз. Шын мәнінде, бұл қалақшалы жел қондырғысының өлшемі.

3.2 - кесте - Үш қалақшалы жел қондырғысы үшін Рейнольдс санын қайта есептеу

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1		Z	r	α	β	γ	F_a	b	Re	$Re_{расч}$
2	0.083333	0.41667	0.1	3	67.38014	64.880		-		-
3	0.166667	0.83333	0.2	3	50.19443	47.694		-		-
4	0.25	1.25	0.3	3	38.65981	36.159		-		-
5	0.33333	1.66667	0.4	3	30.96376	28.463		-		-
6	0.41667	2.08333	0.5	3	25.64101	23.141		-		-
7	0.5	2.5	0.6	3	21.80141	16.424		-		-
8	0.583333	2.91667	0.7	3	18.92464	15.924		-		-
9	0.666667	3.33333	0.8	3	16.69924	14.199	0.1335	0.145	200000	234798
10	0.75	3.75	0.9	3	14.93142	12.431	0.1287	0.122	200000	220112
11	0.833333	4.16667	1	3	13.49573	10.99	0.1105	0.117	250000	233543
12	0.916667	4.58333	1.1	3	12.308016	9.808	0.0866	0.125	250000	273402
13	1	5	1.2	3	11.309932	8.808	0.0710	0.130	350000	307846

3.3 - кесте - Үш қалақшалы жел қондырғысы үшін профильді есептеу

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1		Z	r	α	β	γ	F _a	b	Re	Re _{расч}
2	0.083333	0.41667	0.1	2.5	67.38014	64.880		-		-
3	0.166667	0.833333	0.2	2.5	50.19443	47.694		-		-
4	0.25	1.25	0.3	2.5	38.65981	36.159		-		-
5	0.333333	1.66667	0.4	2.5	30.96376	28.463		-		-
6	0.41667	2.08333	0.5	2.5	25.64101	23.141		-		-
7	0.5	2.5	0.6	2.5	21.80141	16.424		-		-
8	0.583333	2.91667	0.7	2.5	18.92464	15.924		-		-
9	0.666667	3.33333	0.8	2.5	16.69924	14.199		-	200000	-
10	0.75	3.75	0.9	2.5	14.93142	12.431	0.1560	0.100	200000	181547
11	0.833333	4.16667	1	2.5	13.49573	10.99	0.1260	0.103	200000	204779
12	0.916667	4.58333	1.1	2.5	12.308016	9.808	0.1016	0.107	250000	233002
13	1	5	1.2	2.5	11.309932	8.808	0.0850	0.108	250000	257239

Қорытындылай кетсек жалпы бұл бөлімде математикалық модель жасалды және жел қондырғысының қалақшаларының геометриялық өлшемдері есептелді. Зерттеу барысында ені 10 см, емле бұрышы 2,50, ұшынан ұшына дейінгі ұзындығы 0,9 м болатын қалақшалар алынды.

3.1 Жел энергетикалық қондырғыларды орналастыру

Дәстүр бойынша, ірі жел энергетикасы қондырғылары бірнеше себептерге байланысты тұрғын үйлерден біршама қашықтықта орналасады:

- адам мен жануарлардың жарақаттану қаупі төмендейді;
- ЖЭҚ жұмысының адам ағзасына әсерін береді;
- ЖЭҚ-ны қала шегінде бөлу кезінде жердің тапшылығы мен қымбаттығы Жел энергетикалық қондырғысының рентабельділігін төмендетеді.

Алайда, жел электр станцияларын қашықтан бөлу бірқатар проблемаларды тудырады:

- электр энергиясын қорғалмаған шығындармен байланысты үлкен шығындарға беру;
- адамның вандализмінен және жабайы жануарлардың араласуынан қорғау мәселелері туындайды;
- жергілікті жерлердегі қажетті жабдықтардың әрекетсіздігінен ЖЭҚ-на қызмет көрсету қиындайды;
- тарату қашықтығымен ЖЭҚ монтаждау, жөндеу және қызмет көрсету құнын растайды, яғни пайдалану шығындарын тудырады.

Егер қауіпсіздік талаптарын қанағаттандыратын жел энергетикасы қондырғылары тұрғын елді мекендерге жақын немесе олардың

инфрақұрылымына тікелей орналастырылса, біздің ойымызша, жоғарыда аталған мәселелер ішінара алынып тасталуы мүмкін.

Біз бұл тапсырма қала және жеке тұрған ғимараттар жағдайында техникалық тұрғыдан орындалуы әбден мүмкін деп есептейміз. Жел қондырғыларын ғимараттардың шатырларына, желдің тұрақты тартылу орындарына, туннельдерге және т. б. орнатуға болады.

Бұл, бір жағынан, электр энергиясының бірқатар қосымша көздерін жасайды, ал екінші жағынан, қала ішіндегі жел ағынын азайтады, бұл тұтастай алғанда осы қондырғыларды енгізудің оң факторы болып табылады.

Мұндай үрдістер Ресейде байқалады. Мысал ретінде 2006 жылдың 5 шілдесінде Мәскеуде қабылданған "Мәскеу қаласындағы Энергия үнемдеу туралы" № 35 Заң болады. Заңның негізгі мақсаты-Мәскеу экономикасы үшін қол жетімді барлық шаралармен, соның ішінде балама энергия ресурстарын енгізу арқылы энергия тұтынудың өсуін болдырмау.

Ресейдің әртүрлі аймақтарындағы, соның ішінде Мәскеу, Челябинск және басқа қалалардағы климаттың ерекшеліктерін ескере отырып, баламалы энергия көздерінен тек жел энергиясына сенуге болады. Сонымен қатар, мұндай мегаполистерде жел қондырғыларын орналастыруға орын жоқ. Осылайша, жел қондырғыларын орналастыруға арналған орындар тұрғын үй, кеңсе және өндірістік ғимараттардың төбелері болуы мүмкін, олар тиісті шектеулермен, нақтылаулармен және әдістермен бұл диссертациялық жұмысты анықтау жоспарлануда. Сонымен қатар, осы жұмыста сипатталған әдістер ауа-райының теріс әсерін рұқсат етілген шектерге дейін азайтады, бұл оларды қолдануды кеңейтеді және бұл қондырғыларды қала ішінде енгізу үшін жаңа перспективалар ашады. Дегенмен, жел энергетикасы қондырғысына тән бірқатар факторлардың қоршаған ортаға және адам денсаулығына қолайсыз әсері туралы ұмытпау керек.

Жұмыс барысында тіпті жұмыс істейтін жел энергетикасы қондырғысы механикалық, электромагниттік және дыбыстық тербелістердің барлық спектрін жасайды (5.1 сурет.):

- Компоненттердің механикалық шуы негізінен мультипликатор (беріліс қорабы) және мойынтіректер процесінде пайда болады. Зерттелетін қондырғыда мультипликаторсыз өстік саңылауы бар тұрақты магниттерде төмен жылдамдықты генератор қолданылады. Яғни мойынтіректерден шығатын Шу зерттеуге жатады. Зерттеу өлшеу арқылы жүргізілуі керек;

- Аэродинамикалық шу ауа ағынының элементтеріне, негізінен қалақшаларға, траверстерге, экрандарға қысым мен үйкеліске байланысты пайда болады. Сонымен қатар, әр қалақша пен траверс ауыспалы жүктемені сезінеді, соның арқасында механикалық шу да пайда болуы мүмкін. Аэродинамикалық шу өлшеу арқылы зерттеледі;

- Аэродинамикалық ультрадыбысты шағын және/немесе жұқа ЖЭҚ элементтерімен, мысалы, кабельдік созулармен, кронштейндермен, экрандармен, болт қосылыстарының бекіткіштерімен жасауға болады.



3 - сурет - Қоршаған ортаға, адамның денсаулығы мен әл-ауқатына теріс әсер ететін жұмыс істеп тұрған жел энергетикалық қондырғының (ЖЭҚ) параметрлері

- Электромагниттік тербелістер генератор орамаларының магнит өрісінде айналуына және орамаларда электр қозғаушы күштің пайда болуына байланысты пайда болады. Бұл параметр өлшеу арқылы зерттеледі;

- Аэродинамикалық инфрадыбыс қалақтардан ағынның үзілуі, жел ағынының ЖЭҚ артындағы турбуленттілігі есебінен пайда болады және өлшеу арқылы зерттеледі.;

- Механикалық инфрадыбыс жел қондырғысы хабының айналмалы бөліктерінің жұмысы кезінде тиісті гармониканың пайда болу процесінде үйкелетін беттердің жетілмегендігіне, айқын және жасырын ақаулар мен теңгерімсіздіктерге байланысты қалыптасады;

- Тербелістер жел энергетикасы қондырғысының жұмысы барысында сыртқы бұзушы күш әсерінің, компоненттердің бір-біріне ішкі өзара әсерінің, айналатын бөлшектердің теңгерімсіздіктерінің, қалақтар мен дінгектердің иілу тербелістерінің әсерінен пайда болады. Вибрация нәтижесінде Шу мен инфрақызыл пайда болады. Егер бұзылу әсерінің тербелістерінің гармоникасы компоненттердің табиғи тербелістерінің гармоникасымен және/немесе компоненттер жүйесінің реакциясымен сәйкес келсе, резонанс болуы мүмкін.

Қоршаған орта мен адам денсаулығына теріс әсер ететін ЖЭҚ параметрлерін талдау мынадай қорытындыға әкеледі:

- Теріс процестердің пайда болуының негізгі көзі-бұл ЖЭҚ процесінде болатын бірқатар физикалық процестердің әрекеті мен өзара әсерінен пайда болатын тербелістер. Осылайша, негізгі және туынды теріс параметрлердің қоршаған ортаға әсерін азайтудың негізгі міндеті-тербелістерді стандарттар

мен нормалармен анықталған деңгейге дейін төмендету, ал туынды теріс процестердің пайда болу мүмкіндігінің болмауына кепілдік беру.

- ЖЭҚ-нің қалған параметрлері Қолданылатын стандарттар мен нормалардың қанағаттанушылығын бағалау мақсатында өлшенуі тиіс, қажет болған жағдайда кейіннен конструкторлық пысықталады.

Жел энергетикасы қондырғысы оның параметрлерінің стандарттар мен нормалар талаптарына қанағаттануы тұрғысынан бағалануы тиіс.

3.2 Елді мекендерде жел энергетикасы қондырғыларын желіде орналастыру мәселелері

ЖЭҚ-нің адам мен жануарлар ағзасына әсері әлі жақсы түсінілмеген. Зерттелген әдебиеттерге сәйкес бірқатар горизонталь өсті қондырғылар (дәстүрлі "пропеллерлер") негізгі зерттеулерге ұшырады. Жел қондырғылары шығаратын және адамның құлағын қабылдау ауқымында жатқан Шу жел турбинасының негізгі теріс факторларының бірі болып табылады. Veu акустикалық шуының негізгі көздері-гондола, жел тартқышы (Vc) немесе ротор, қалақшалар мен діңгектер.

Мысалы, горизонталь айналу өсі бар қуаттылығы 850 кВт болатын жел доңғалағының өсі деңгейінде шу деңгейі 104 дБ құрайды. Шабуыл бұрышын басқару жүйесі оны азайтуға қабілетті, бірақ өте аз. 300 м қашықтықта Шу 42-45 дБ дейін төмендейді. Бұл сізге Ллойдтың талаптарына сәйкес Еуропада қабылданған тұрғын үйге салыстырмалы түрде жақын орналастыруға мүмкіндік береді.

Инженерлік механика зертханасында (Ибараки, Жапония) жел жылдамдығы 8 м/с кезінде диаметрі 15 м жел доңғалағымен қуаты 15 кВт ЖЭҚ акустикалық сипаттамаларына зерттеулер жүргізілді.

Генератордың білігі оның негізінен 1,0; 6,5 және 13 м биіктікте фланецті қосылыстары бар цилиндрлік металл мұнарада тігінен орналасқан.

Мұнараның табиғи жиіліктерін және жұмыс істеп тұрған әуе кемесінің акустикалық сипаттамаларын өлшеу жел доңғалағының білігінің айналмалы тербелістеріне байланысты шу деңгейінің ауытқуы бар екенін көрсетті. Бұл беріліс білігінің тербелісі төмен жүктемелерде пайда болады.

Оның шу деңгейін анықтайтын факторлар беріліс түрі, жұмыс жағдайлары, конструкциясы, өнімділігі, орналасуы болып саналады. Әдетте осындай ЖЭҚ үшін қолданылатын планетарлық берілістің акустикалық шу деңгейін берілетін қуат функциясындағы эмпирикалық формула бойынша есептеуге болады.

Қуаты 2 МВт (Германия) горизонталь өсті ЖЭҚ-ға тікелей жақын жерде өлшенген шу жиынтығы 102.2 дБ(А) құрайды.

3.2.1 Жел қондырғыларында инфрадыбыстың пайда болу проблемасын шешу жолдары

Адамның құлағы қабылдаған акустикалық шуылдан басқа, белгілі бір жағдайларда ЖЭҚ айналасында 3-9 Гц жиіліктегі қауіпті инфрақызыл пайда болады, ол адам ағзаларының табиғи тербелістерінің жиілігімен, сондай-ақ мидың альфа ырғағымен және адамдар мен жануарлардың жүрек соғуымен сәйкес келеді.

Себебі, горизонталь өсті жел жұмыс істеп тұрған кезде қалақшаның барлық нүктелері әртүрлі сызықтық жылдамдыққа ие болады. Жылдамдықтың айырмашылығына және ағынның бұзылуына байланысты инфрадыбыс пайда болады (дыбыстық тербелістер 16 Гц-тен төмен, яғни көпшілік есту шегіне дейін). Бұл жұмыста инфрақызыл оның ерекше қауіптілігіне байланысты терең қарастырылады.

16-20 Гц-тен төмен дыбыстық тербелістердің жиілігі инфрақызыл деп аталады.

"Инфрадыбыс" лат. *infra* - "төмен, асты" және дыбысқа ұқсас серпімді толқындарды білдіреді, бірақ жиіліктер адам еститін жиілік аймағынан төмен.

Қазіргі уақытта әлемнің әртүрлі елдерінің зертханалық зерттеулерінің нәтижесінде жиілігі мен қуатына байланысты инфрақызыл адамның әртүрлі органдарына теріс әсер ететіні анықталды, олар өздерінің тербеліс жиілігімен резонанс тудырады (алайда кейбір өте орташа инфрақызыл жиіліктер үшін қарама-қарсы нәтижелер бар).

Профессор В. Арабажидің "инфрадыбыстар әлемінде" мақаласында жазғандай, "адамның бүкіл денесі үшін резонанс жиілігі орташа есеппен 6 Гц, кеуде үшін 5-8 Гц, іш қуысы үшін 3-4 Гц және

Бас үшін 20-30 Гц екендігі анықталды. 4-8 Гц жиіліктегі күшті тербелістерге ұшыраған кезде адам ішектердің қозғалысын сезінеді, ал 20-30 Гц жиіліктерде бастың шайқалуы сезіледі".

Күшті инфрақызыл тербелістер қан қысымының төменгі шегінің жоғарылауына, жүрек соғу, тыныс алу ырғағының өзгеруіне, есту және көру функциясының әлсіреуіне, бұрын айтылған адамның психикалық жағдайына әсер етуі мүмкін. Инфрадыбыстың ең қауіпті жиіліктері-бұл мидың альфа ырғағына сәйкес келетін 6-7 Гц жиіліктегі төмен жиілікті тербелістер. Мұндай жиіліктің инфрақызыл көзінің қуатына байланысты адам мінез-құлқының реакциясы өзгереді, оның ішінде қауіп немесе себепсіз қорқыныш сезімі, дүрбелең қорқынышы немесе қорқыныш сезімі, тіпті ми тамырларының жарылуынан өлім.

Жүрек үшін инфрақызыл резонанстық жиіліктер өте қауіпті. Жануарларға жүргізілген тәжірибелерде олардың жүрек соғу жиілігімен сәйкес келуі оның қан тамырларының жарылуына әкелді. Сондай-ақ, мұндай жиіліктің инфрақызыл тербелісі, бірақ жүрек фазасына қарама-қарсы жүрек жүректі тоқтата алады деген ұсыныстар айтылды.

Планетаның "Өлі" аймақтарындағы қайғылы оқиғалар үшін, олардың себептері ретінде 2-ші және 3-ші дәрежелі трагедия

(бұл, сәйкесінше, өлі экипаждары бар кемелер және "ұшатын голландтар"), ең көп дәлелдер ми қыртысы мен жүректің жиырылуы үшін инфрақызыл резонанстық жиіліктердің әсеріне байланысты.

Жануарлардың инфрадыбыстарға да өте сезімтал екендігі белгілі. Әлсіз тербелістерде де олар мазасыздықтың айқын белгілерін көрсетеді. Бұл әсіресе құстарға қатысты. Мүмкін, адам үшін олардың мінез-құлқы ең түсінікті болып көрінуі мүмкін. Әсіресе, олар қауіпті аймақтарды бірінші болып қалдырады. Проф. в. Арабажи, " кейбір сүтқоректілер инфрадыбысқа ұқсас реакцияны анықтайды. Жер сілкінісінен бірнеше сағат бұрын қояндар өсіп келе жатқан инфрақызыл тербелістердің көзінен кетуге тырысады, иттер үйден кетеді, шошқалар шошқалардан қашады". Мұхиттық кеңістіктердің "өлі вибрациямен" жансыздығы да белгілі, бұл су асты және жер үсті әлемінің барлық тұрғындарының ұқсас реакциясын көрсетуі мүмкін. Бірақ ұзақ уақыт бойы, инфрақызыл проблема пайда болғанға дейін, көптеген теңіз жануарлары, ең алдымен медузалар мен гаммарустар дауыл алдында қалай әрекет ететіндігі байқалды.

Профессор В.Арабажидің сөзімен түйіндей келе: «Айтылғандар инфрадыбыстарды келе жатқан дүлей зілзалалардың жақсы сигнализаторлары, алыстағы жер сілкіністерінің, жарылыстардың индикаторлары және т. б. ретінде пайдалануға болады деп болжауға мүмкіндік береді». Сонымен қатар, оларды бекітетін құралдарды жануарлар өздерінің реакциясы деп санауға болатындығын қосу керек. Болашақта осы мақсатта тағы бір әмбебап "құрылғы" - адам ағзаларының тербелмелі жүйесі қолданылады деп болжауға болады.

Инфрадыбыстың пайда болуын болдырмаудың мүмкін жолдары:

- қалақтардың, ротордың (гондоланың) және қандай да бір жағдайда және/немесе режимде инфрадыбысты генерациялайтын ЖЭҚ басқа элементтерінің конструкциясын жақсарту (мысалы, горизонталь өсті ЖЭҚ гондоласын бұру кезінде гондола қабырғаларында ағынның бұзылуы туындауы мүмкін, бұл инфрадыбыстың пайда болуына себеп болуы мүмкін). Бұл құбылыстың алдын алу үшін горизонталь өсті жел қондырғыларының гондоласының арнайы есептелген формасы немесе тік өстік қондырғылардың хабының пішіні қолданылады;

- тиісті сенсорлардың қатысуымен жел энергиясын басқару жүйесін жақсарту, бұл, біріншіден, қондырғыны тиісті дыбыстық сенсорлармен жабдықтауға, екіншіден, жүйенің жағымсыз тербелістердің пайда болуына реакциясын тездетуге мүмкіндік береді;

- ЖЭҚ тұрғын үй, кеңсе және өндірістік объектілерден алыс орналасуы. Бұл шара, жалпы айтқанда, «Шара» емес, Лос – Анджелестің (АҚШ) жанында орналасқан бірқатар американдық өндіруші компаниялар мен ЖЭҚ иелері қолданатын мәселені шешуден аулақ болу тәсілі. ЖЭҚ инфрадыбыс жасайды, айналадағы аудандардың тұрғындары бас аурулары мен басқа да

бұзылулар туралы шағымдармен хат жазуды тоқтатпайды, ал ЖЭҚ инфрадыбыспен бірге тұрып, электр энергиясын өндіруді жалғастыруда.

3.2.2 Ультрадыбыс

Ультрадыбыс-бұл серпімді ортаның механикалық тербелісі, онда ауыспалы сығымдау және сирету түрінде таралады; жиілігі 16-20 кГц-тен жоғары, адамның құлағы қабылдамайды.

Ультрадыбысты жел қондырғысы жел ағынының қысқа мерзімді атмосфералық турбуленттілігі кезінде, сондай-ақ қалақшада бойлық жарықтар болған кезде немесе оған бөгде заттар жабысқан кезде пайда болуы мүмкін(жәндіктер, шандар, құстардың қалдықтары және т.б.). Бұл жағдай көбінесе горизонталь өсті қондырғыларда кездеседі, өйткені құстар мен жәндіктер қалақшаның баяу қозғалатын бөлігін (құйрықты) ғана бекітеді және тез қозғалатын ұштың астына түседі, осылайша ультрадыбыстық себеп болуы мүмкін элементтерді қалдырады.

Ауа арқылы жұмыс істейтін адамдардың денесіне жалпы әсерден басқа, төмен жиілікті (НН) ультрадыбыс ультрадыбыстық тербелістер қозғалған өңделген бөлшектер мен орталармен байланыс кезінде жергілікті әсерге ие. Ультрадыбыстың ең үлкен әсер ету аймағында жабдықтың түріне байланысты қолдар бар. Жергілікті әрекет тұрақты болуы мүмкін.

Қуатты қондырғылардың әсері (6-7 Вт/см²) қауіпті, өйткені жанасу орындарында перифериялық жүйке және тамыр аппаратының зақымдалуына әкелуі мүмкін (вегетативті полиневрит, саусақтардың, қолдардың және білектердің кесілуі). Ультрадыбыстың байланыс әсері көбінесе ультрадыбыстық ванналардан бөлшектерді жүктеу және түсіру кезінде орын алады.

1,5 кВт түрлендіргіш қуаты бар ваннаның суына саусақтардың үш минуттық батуы қышу сезімін, кейде қышуды тудырады, ал ультрадыбысты тоқтатқаннан кейін 5 минуттан кейін суық сезім, саусақтардың ұйқышылдық сезімі байқалады. Вибрация сезімталдығы күрт төмендейді, әртүрлі адамдардағы ауырсыну сезімталдығы жоғарылауы немесе төмендеуі мүмкін. Мұндай қондырғыларда ұзақтығы 20-30 с немесе одан да көп болатын айтылған ортамен қысқа мерзімді жүйелі байланыс вегетативті полиневрит құбылыстарының дамуына әкелуі мүмкін.

Ультрадыбыстың ағзаға әсері:

Орталық және перифериялық жүйке жүйесі, жүрек-қан тамыр жүйесі, есту және вестибулярлық анализатор тарапынан функционалдық өзгерістер, нормадан эндокриндік және гуморальдық ауытқулар; фронтальды-мұрын орбиталық және уақытша аудандарда басым локализациясы бар бас аурулары, шамадан тыс шаршағыштық; құлақтардағы қысым сезімі, жүрістің белгісіздігі, бас айналу; ұйқының бұзылуы (күндіз ұйқышылдық); ашушандық, гиперакузия, гиперосмия, жарқын жарықтан қорқу, қозғыштық шегі мен ауыру шегінің жоғарылауы; шуылмен бірге қарқынды ультрадыбыстық әсер ету жағдайында тамырлы тонустың жеткіліксіздігі (қан қысымының төмендеуі, гипотензия), жарқын вазомоторлық реакциямен бірге

тері-тамыр рефлекстерінің тежелуі; жалпы церебральды бұзылулар; әртүрлі дәрежедегі вегетативті полиневрит (сирек және аз) (пастозность, саусақтардың акроцианозы, термоасимметрия, қолғап немесе шұлық түріндегі сезімталдықтың бұзылуы).

Патологиялық өзгерістердің көріну дәрежесі ультрадыбыстың қарқындылығы мен ұзақтығына байланысты; ортамен байланыс және спектрде шудың болуы денсаулық жағдайын нашарлатады.

Жоғары жиілікті (ЖЖ) шуылмен салыстырғанда ультрадыбыстық есту функциясына айтарлықтай әлсіз әсер етеді, бірақ вестибулярлық функция, ауырсыну сезімталдығы және терморегуляция нормасынан айқын ауытқуларды тудырады. Интенсивті ЖЖ ультрадыбыс қосылғанда беті дене тудырады, негізінен нақ сол бұзушылық, және ТЖ.

Тік-өстік қондырғылар ультрадыбысты тудыратын құбылыстарға азырақ бейім, өйткені біріншіден, горизонталь өсті желге қарағанда баяу қозғалады, екіншіден, қалақшаның барлық нүктелері бірдей жылдамдықпен қозғалады, сондықтан жәндіктер мен құстар жақындап келе жатқан қалақшаға реакция жасап, астына түспейді.

ҚОРЫТЫНДЫ

Осы дипломдық жұмысты жүзеге асыру нәтижесінде келесі міндеттер орындалды: - Қазақстан Республикасының жел әлеуетіне шолу жасалды; - жел қондырғыларын аяқтау үшін нарықта бар жабдықтар зерттелді; Жұмыста MATLAB аясында горизонталь өсті типті нақты төмен қуатты жел турбинаның имитациялық моделі ұсынылған. Құрамдас бөліктердің математикалық үлгілері негізінде желдің әртүрлі жылдамдықтарында жүктемесіз және жүктеме кезінде жел турбинысы жұмысының процестері зерттелді. Алынған осциллограммалар төмен гармоникалық құрамы бар кернеулер мен токтардың синусоидалы пішіні есебінен тұтынушыларды жоғары сапалы электрмен жабдықтау қамтамасыз етілетінін көрсетеді.

MATLAB аясында модельдеу нақты жұмыс жағдайында физикалық модельдің жұмыс қабілеттілігін растайды, алайда жел турбинысы моделінде қалақшалардың радиусы және сәйкесінше осы қалақшаға тән ерекше сипаттамалар ескерілмейтін шектеулер бар. Оның орнына, модель үш қалақшалы жел турбиналары үшін шекті болып саналатын және ауытқулар қарастырылмаған $K_{cv}=0,47$ және $Z=8,1$ жылдамдықты жел ағынын пайдаланудың максималды эмпирикалық коэффициенттерін қамтиды.

ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1) Global Wind Energy Council; BP Statistical Review of World Energy, June 2016-36 с.
- 2) Рензо Д.Д. «Ветроэнергетика» – Москва, Энергоатомиздат, 1982.
- 3) Ветровой атлас Казахстана. Проект ПРООН – Астана, февраль 2011.- 36
- 4) Парамонов С.Г, Методические указания к выполнению расчетно графической работе. –: АУЭС, 2012 - 19 с.
- 5) Guidelines for Design of Wind Turbines. 2nd Edition, 2002 – P. 286.
- 6) Ichinokura O, Kikuchi T, Nakamura K, Watanabe T, and. Guo H. J. Dynamic Simulation Model of Switched Reluctance Generator / IEEE Trans. Magn., Vol. 39, No. 5, 2003. –P. 3253-3255.
- 7) McCosker J. Design and Optimization of a Small Wind Turbine./ Rensselaer Polytechnic Institute Hartford, Connecticut, 2012–. P. 56.
- 8) Ramasamy Bh. K, Palaniappan A, Yakoh S. M. Direct-drive low-speed wind energy conversion system incorporating axial-type permanent magnet generator and Z-source inverter with sensorless maximum power point tracking controller. // IET Renewable Power Generation Received. 2013. Vol. 7, Iss. 3. – P. 284– 295.
- 9) Datta R, Ranganathan V.T. A method of tracking the peak power points for a variable speed wind energy conversion system / IEEE Trans. Energy Convers., - P.18.
- 10) Li H, Chen Z. Design optimization and site matching of direct-drive permanent magnet wind power generator systems / Renew. Energy, 34, 2009. –P. 1175– 1184.
- 11) Wang F., Zhang Y., Shen Y. Comparison of different structures for variable speed constant frequency wind power generator / ICEMS Int. Conf. Electrical Machines and Systems, October 2008. – P.17–20.
- 12) Drouilnet S, Muljadi E., Holz R., Gevorgian V. Optimizing Small Wind Turbine Performance in Battery Charging Applications / National Renewable Energy Laboratory (NRL), May 1995.P.306
- 13) Rodrigo F.M., Analysis of the Efficiency Improvement in Small Wind Turbines when Speed Is Controlled / Industrial Electronics, 2007. ISIE 2007. IEEE International Symposium on 4-7 June 2007. – P. 437 - 442.
- 14) Camblong H, and al. Principles of a simulation model for a variable speed pitch regulated wind turbine / Wind Eng. 28(2), 2004. –P.36-38
- 15) Соломин Е.В, Обеспечение вибробезопасности вертикально-осевых ветроэнергетических установок-Челябинск, 2009.- 136 с.
- 16) СТ КазННТУ – 09 – 2023. Работы учебные. Общие требования построению, изложению, оформлению и содержанию текстового и графического материала. Алматы: КазННТУ, 2023.