

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Энергетика және машина жасау институты

«Энергетика» кафедрасы

ОӘЖ 620.93

Қол жазба құқығында

Кишкенебаев Мусабек Пиржанович

Магистр академиялық дәрежесін алу үшін дайындалған

МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

Диссертация атауы «Күн электр станциясында энергияны генерациялайтын, сақтайтын және желіге беретін процестерді зерттеу»

Дайындау бағыты 7М071800 – «Электроэнергетика»

Ғылыми жетекші,
т.ғ.к., қауым.профессор
Е. Хидолда
" 05 " 06 2022 ж.

Рецензент
т.ғ.к., қауым.профессор
П.И. Сагитов
" 09 " 06 2022 ж.

Норма бақылаушы
А.О. Бердибеков
" 09 " 06 2022 ж.

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

«Энергетика» кафедрасының
менгерушісі, PhD, ассистент- профессор

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ. Сарсенбаев
НАО «КазНИТУ им.К.И.Сәтбаева» 2022 ж.
Институт энергетики
и машиностроения

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Энергетика және машина жасау институты

«Энергетика» кафедрасы

7M071800 – Электроэнергетика

БЕКІТЕМІН

Энергетика кафедрасының
меңгерушісі

PhD, ассистент- профессор

Е.А. Сарсенбаев

« 24 » 01 2022 ж.

Магистрлік диссертация орындауға
ТАПСЫРМА

Магистрант: Кишкенебаев Мусабек Пиржанович

Тақырыбы: «Күн электр станциясында энергияны генерациялайтын, сақтайтын және желіге беретін процестерді зерттеу»

Университет Ректорының 2020 ж. «28» 10 №. 1988, бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «__» _____ 2022 ж.

Магистрлік диссертацияның бастапқы берілістері:

- Өндіріс орын кешені- «ҚазҰЗТУ аймағында жүргізілді»;

Магистрлік диссертацияда қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) Күн панельдерін пайдалану туралы теориялық мәліметтер;

б) КЭС-те өндірілетін электр энергиясын өндіру процестерін зерттеу;

в) КЭС-те өндірілетін электр энергиясын сақтау процестерін зерттеу;

г) КЭС-те өндірілген электр энергиясын желіге беру процестерін зерттеу.

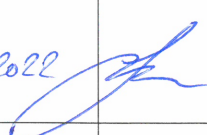
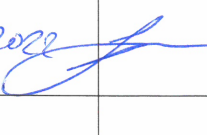
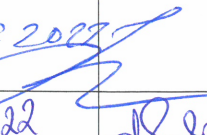
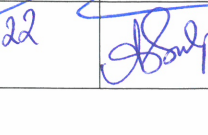
Сызбалық материалдар тізімі: Сызбалық материалдарды слайдпен дайындау.

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 27 атау.

Магистрлік диссертация дайындау
КЕСТЕСІ

Жұмыстың көлемі мен қысқаша мазмұны	Орындау мерзімі
<p>1. Теориялық жұмыс</p> <ul style="list-style-type: none"> - қазіргі фотоэлектрлік модульдерді талдау; - генерациялау үшін әртүрлі күн электр станцияларынан мәліметтерді жинау; - ФЭМ және жұмыс істеп тұрған күн электр станцияларының жұмыс режимдерін олардың жұмыс істеуіне талдау. <p>2. Эксперименттік жұмыс</p> <ul style="list-style-type: none"> - аз қуатты қолданыстағы КЭС бойынша тәжірибелер жүргізу; - энергия сақтаудың зерттеу әдісін жүргізу; - энергияны тасымалдау әдістеріне зерттеулер жүргізу. <p>3. Диссертацияны рәсімдеу</p> <p>Диссертациялық жұмыстың қорытынды бөлімін дайындау және рәсімдеу.</p>	<p>қыркүйек-желтоқсан 2020 ж. 2020 жылғы желтоқсан-2021 жылғы маусым</p> <p>наурыз-мамыр 2021 ж. мамыр-қыркүйек 2021 ж. қыркүйек-желтоқсан 2021 ж.</p> <p>2021 жылғы қараша-2022 жылғы сәуір</p>

Аяқталған магистрлік диссертация бөлімдеріне кеңесшілер мен норма
бақылаушының қойған қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Ғылыми жетекші, кеңесшілер	Қол қойылған күні	Қолы
1. Теориялық жұмыс	Е. Хидолда тех. ғыл. кон., қауым. профессор	01.04.2022	
2. Эксперименттік жұмыс	Е. Хидолда тех. ғыл. кон., қауым. профессор	01.05.2022	
3. Диссертацияны рәсімдеу	Е. Хидолда тех. ғыл. кон., қауым. профессор	01.06.2022	
Норма бақылау	Бердибеков А.О. магистр, сениор лектор	09.06.2022	

Ғылыми жетекші  Хидолда Е.

Тапсырманы орындауға алған магистрант  Кишкенебаев М.П.

Күні

«24» 04 2022 ж.

БЕЛГІЛЕР ЖӘНЕ ҚЫСҚАРТУЛАР

КФҚ -	Күн фотоэлектрлі қондырғылары
КЭС -	Күн электр станиясы
КБ -	Күн батареялары
АКЭС -	Автономды Күн электр станиясы
ПӘК -	Пайдалы әрекет коэффициенті
ФЭҚ -	Фотоэлектрлік қондырғы
СТК -	Стандартты сынақ жағдайлары
ФЭП -	Фотоэлектрлі панель
АБ -	Аккумулятор батареясы
ЕИМ -	Ендік-импульстік модуляциясы

КІРІСПЕ

Халық пен өнеркәсіптің электр энергиясына қажеттіліктері, өндірілетін энергияның көп бөлігі мұнай мен газ, көмір қорына тәуелді болғандықтан атмосфераның бұзылуына әкелетіні белгілі. Бұл жаңартылатын энергия көздерін пайдалану қажеттілігіне туындатады. Қазақстан Республикасы – Орта Азияның дамушы елдерінің бірі болғанымен, көрші елдермен салыстырғанда ондағы жаңартылатын энергия көздерін тұтынудың үлесі төмен. Қазіргі уақытта электр энергетикасының маңызды міндеттерінің бірі барлық өнеркәсіптік және тұрмыстық объектілерді сенімді, үздіксіз электрмен жабдықтауды қамтамасыз ету болып табылады.

Зерттеу тақырыбының өзектілігі: желілік және автономды режимде де жұмыс істейтін шағын күн фотоэлектрлі қондырғыларын (КФҚ) дамыту, бұл электірлік шалғай аумақтарда ірі энергетикалық жүйені дамытуға қарағанда, тұтынушыларды электрмен жабдықтауды тезірек жақсартуға мүмкіндік береді. Сондықтан шағын күн фотоэлектрлі қондырғысының (КФҚ) жабдықтарын зерттеу және жетілдіруге арналған жұмыс өзекті болып табылады және үлкен практикалық маңызы бар.

Тақырыптың даму дәрежесі өзекті болып табылады, өйткені: Сәтпаев университеті жағдайында шағын КФҚ зерттеу. Күн батареясынан (КБ), аккумулятордан және инвертордан элементтердің әртүрлі кернеулеріндегі КФҚ құрылымын оңтайландыру анықтау. Ғылыми-техникалық әдебиеттерше шолу және гармоникалық бұрмалану коэффициенті бар бір фазалы инверторлардың жұмысы және ФЭУ кернеуді реттеудің әдісі зерттеу.

Диссертациялық жұмыстың мақсаты - КФҚ негізінде Сәтпаев университеті жағдайы үшін автономды электрмен жабдықтауды (АКЭС) жобалаудың ақпараттық қамтамасыз ету жүйесін құру.

Диссертациялық жұмыста қойылған мақсатқа жету үшін келесі міндеттер қойылды және шешілді:

- 1) Күн элементтерінің құрылымдық оңтайлы нұсқаларын зерттеу.
- 2) Күн сәулесінің түсу бырышына қатысты және жыл мезгілдеріне байланысты мәліметтер алынып, фотоэлектрлік қондырғыны пайдалану мүмкіндігі талдау.
- 3) Жүктемнің активті – индуктивті сипатын және климаттық жағдайларды ескере отырып, КФҚ-сының акумуляциясына типтік сипаттамасын құру.
- 4) Сызықты емес бұрмалану коэффициенті төмен жүктемелер мен температуралардың кең диапазонында кернеуді дәл тұрақтандыруды қамтамасыз ететін жоғары жылдамдықты инверторлық кернеу реттегішінің сұлбасын жасау.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы келесідей:

- 1) Сәтпаев университетінің КП-ін пайдаланумен климаттық жағдайларын сипатталуын есепке алу негізінде (олардың Күн сәулесінің түсуіне

қатысты өзгертін сипаттамаларын қоса алғанда) КП және аккумуляторлық батареяны (АБ) тікелей қосу арқылы АКЭС құру мүмкіндігін растау.

2) Кернеу түрлендіргішінің басқару импульстерін генерациялаудың жаңа алгоритмі ұсынылады, ол қолданылатын кернеудің параметрлік әдісімен бірге қуат пен жүктеменің бұзылуының барлық диапазонында ФКҚ шығыс кернеуінің гармоникасының бұрмалануын жылдам тұрақтандыруды қамтамасыз етеді.

Нәтижелердің сенімділігі мен апробациясының дәрежесі: орындалған жұмыстардың нәтижелері «Сәтпаев оқулары-2021» Халықаралық ғылыми-практикалық конференциясында «Күн Электр станциясының Күз-Қыс мезгіліндегі жұмыс режимдеріне анализ жасау», «Сәтпаев оқулары-202» Халықаралық ғылыми-практикалық конференциясында «Matlab simulink ортасында автономды аз қуатты күн электр станциясын модельдеу» махаласы баяндалып, оң пікірлер алынды.

Бірінші тарауда Күн понелдерін пайдалану туралы теориялық мәліметтер, яғни жұмыс үрдісі, энергия өндіру, Күн понелдерінің құрылысы, құрылымдық сұлбасы келтірілді. Жаңа технологиядағы Күн элементтері туралы ақпараттар ұсынылды.

Екінші тарауда Алматы қаласының климаттық жағдайларына сәйкес жаңартылатын энергия көздері қарастырылады. Электр энергиясын өндіруіне байланысты Күн сәулесінің түсу бырышына қатысты және жыл мезгілдеріне байланысты мәліметтер алынып, фотоэлектрлік қондырғыны пайдалану мүмкіндігі талданды.

Үшінші тарауда Matlab бағдарламасындағы SimPowerSystems бөлімімен үйлесімді күн батареясының әмбебап моделі ұсынылған, бұл күн радиациясының өзгеруін, қоршаған орта температурасын ескере отырып, электрмен жабдықтау жүйесін модельдеуге мүмкіндік береді. Matlab бағдарламасымен модельдік-бағытталған математикалық зерттеудің көмегімен белгілі АБ параметрлерін есептеу жүргізілді.

Төртінші тарауда түрлендіргіші бар фотоэлектрлік қондырғының жаңа құрылымы жасалынған,. Инвертордың жұмыс режимі шығыс кернеуінің гармоникалық бұрмалану коэффициенті нашарлайды. Жасалған Инверторды кез-келген тұрмыстық электр құрылғыларында қолдануға болады. Инвертордың Шығыс кернеуін автоматты түрде тұрақтандырудың екі әдісі қарастырылады. Ендік импульстік модуляторы бар жаңа реттегішті қолдану ұсынылады, өйткені ол дәлдікті қамтамасыз етеді және жоғары бұрмалану коэффициенті азайтуға мүмкіндігі бар.

1 Күн панельдерін пайдалану туралы теориялық мәліметтер

1.1 Дереккөздерге шолу

Күн энергетикасы баламалы энергетиканың және жаңартылатын энергия көздерін пайдалану саласының ең ірі және перспективалы құрамдас бөліктерінің бірі болып табылады. Қазіргі уақытта күн энергиясын пайдаланудың әртүрлі үш негізгі әдісі бар: электр энергиясын өндіру, кейіннен генерациялау үшін шоғырланған жылу энергиясын алу және салқындатқышты тікелей жылыту (әдетте су) [1].

Бүгінгі таңда күн энергиясын пайдалану басым мәнге ие. Күн батареяларының негізі - Күн радиациясының электр энергиясына айналуы жүретін фотоэлектрлік түрлендіргіштер. Зерттеулер мен жоғары технологиялық дамудың маңызды бағыттары күн мен желдің энергиясы және оны күнделікті өмірде қолдану болып табылады. Басқа жаңартылатын энергия көздері сияқты жылу күн энергиясы да өз сипаттамаларына ие. Күн энергиясын пайдалану тиімділігінің маңызды көрсеткіші, жобаны іске асыру кезінде жоспарланып отырған өңірдің инсоляциясы зерттеу болып табылады. Инсоляция күн радиациясымен беттің сәулелену қарқындылығының дәрежесін айқындайды; инсоляцияны белгіленген уақыт аралығында (күн, ай, жыл) шаршы метрге киловатт сағатпен өлшенеді, аймақтағы инсоляция неғұрлым жоғары болса, соғұрлым күн радиациясының энергиясын электр немесе жылу энергиясына айналдыруға болады. [12]

Күн энергиясы адам қызметінің барлық салаларында қолданылады. Мысалы:

- Өнеркәсіптік жылу және электр станцияларында;
- әртүрлі объектілерді жылумен және электр энергиясымен жабдықтау станцияларында;
- жеке үйлер үшін экономикалық үнемді қондырғылар ретінде;
- жаппай тұтыну тауарларындағы резервтік тамақтану көздері ретінде;
- калькуляторлар, сағаттар, Ноутбуктер, шамдар, батареялар және т.б.;
- көлік құралдарының резервтік қоректендіру көздері ретінде;
- тәуліктің қараңғы уақытында жол белгілерін және басқа да заттарды күннің жинақталған энергиясы есебінен жарықтандыруға қолданады[4]

Бүгінгі таңда барлығы дерлік күн модульдері негізінде тәуелсіз электр энергиясын жинауға мүмкіндік алады. Уақыт өте келе қымбат құрылғылардың құны тегін электр энергиясын пайдалану мүмкіндігімен жабылады. Тағы бір маңызды аспект: күн панельдері-экологиялық таза энергия көзі. Соңғы уақытта фотоэлектрлік панельдердің құны ондаған есе төмендеді және бұл үрдіс жалғасуда, бұл күн панельдерін қолданудың керемет перспективалары туралы ойлауға мүмкіндік береді [2]. Дәстүрлі түрде "жасыл" электр энергиясының көзі келесі құрылғылардан тұрады: күн батареялары (тұрақты ток өндіретін

құрылғы), күн панельдерінің максималды қуат нүктесін бақылайтын контроллері бар батарея және тұрақты ток түрлендіргіші ретінде қызмет ететін инвертор. Күн электр түрлендіргіштерінің екі негізгі түрі бар: кейбіреулері үшін материал монокристалды кремний, басқалары үшін - поликристалды. Кейбір элементтердің басқа компоненттерден айырмашылығы өндіріс технологиясы және тиімділігі. Бірінші пәк 17,5% дейін, ал екінші – 15% [2].

Күн батареясы шығу параметрлерін (ток, кернеу және қуат) арттыру үшін параллель және тізбектей түрде қосылатын жеке күн батареяларынан тұрады. Шығу кернеуі элементтер тізбектей қосылған кезде, ал параллель болған кезде Шығыс тогы артады [2]. Ток пен кернеудің жоғарылауына қосылудың екі әдісі көмектеседі. Сонымен қатар, комбинерленген қосылыста сенімділік артады, яғни бір күн элементінің зақымдануы элементтердің бүкіл тізбегінің істен шығуына әкелмейді. Яғни, тізбектей-параллель қосылған элементтер күн батареясының негізін құрайды. Батареядан ағып жатқан токтың максималды мәні параллель қосылған күн батареяларына, ал ЭҚК тізбектей қосылған күн батареяларына тура пропорционал. Қосылыстар түрлерінің осы комбинациясының арқасында қажетті параметрлері бар батарея жиналады. Диодтар батареялардың кез-келген бөлігінің істен шығуынан қорғау үшін қажет, Модульдің күн батареяларының диодтарын айналып өту үшін батареяның әр төрттен бөлігі үшін олардың төртеуіне орналастырады. Бұл дегеніміз істен бір бөлігі шығар болса, күн модулі батареяның бүкіл бетін күн сәулесімен жарықтандырғаннан 25% аз шығыс қуатын уақытша шығарады [2].

Диодтарды орнату қараңғыланған элементтердің қызуын болдырмауға және одан әрі істен шығуға мүмкіндік береді, өйткені қараңғылаудың уақыт аралығында олар тұтыну режиміне өтеді, ал қосылған диодтар айналып өту арқылы электр тогының олар арқылы өтуіне мүмкіндік бермейді. Диодтардағы кернеудің төмендеуін азайту үшін олар жоғары қарсылыққа ие болмауы керек. Осыған байланысты соңғы уақытта неміс физигі Вальтер Шотткидің атымен аталатын, тікелей қосылу кезінде кернеудің төмендеуі төмен болатын жартылай өткізгіш Шоттки диодтары қолданыла бастады Диодтарды орнату қараңғыланған элементтерді қыздыруды және одан әрі істен шығуды болдырмауға мүмкіндік береді, өйткені. күнгірттену уақыт аралығы үшін олар тұтыну режиміне ауысады, ал диодтар қосулы кезде маневр арқылы олар арқылы электр тогының өтуіне жол бермейді.[15] Диодтардағы кернеудің төмендеуін азайту үшін олардың кедергісі төмен болуы керек. Осыған байланысты соңғы уақытта неміс физигі Вальтер Шотткидің атымен аталатын, тікелей қосылу кезінде кернеудің төмендеуі төмен жартылай өткізгіш Шоттки диодтары қолданыла бастады. [3]. Шоттки диодтарында Шоттки тосқауыл ретінде металл-жартылай өткізгішті өткел, ал кәдімгі диодтарда p-n өтуі қолданылады. Шоттки диодтары бірнеше оң қасиеттерге ие: кернеудің өте аз төмендеуі (0,2 0,4 вольт) және өте жоғары жылдамдық. Өкінішке орай, кернеудің мұндай аз төмендеуі 50-60 вольттан аспайтын қолданылатын кернеуде орын алады. Шоттки диодтарының кемшіліктері де бар: кері кернеудің кез келген қысқа мерзімді жоғарылауымен олар бірден істен шығады, ең бастысы, қайтымсыз. [5]

Өндірілген электр қуаты аккумуляторларда жинақталады, содан кейін жүктеме тасымалданады. Батареялар химиялық ток көзі болып табылады. Батарея заряды аккумулятордың өзінен гөрі кернеуде үлкен потенциал қолданылған сәттен басталады.

Тізбектей және параллель қосылған күн батареяларының саны зарядтау тізбегіндегі кернеудің төмендеуін ескере отырып, батарея терминалдарына берілетін жұмыс кернеуі батареялардың кернеуінен көп аспайтындай етіп таңдалады, ал батареяның жүктеме тогы зарядтау тогының қажетті мөлшерін қамтамасыз етеді. Аккумулятор заряды күн сәулесі аз болған кезде азаяды және батарея заряды таусылып, зарядсыздану және қайта зарядтау режимінде үздіксіз жұмыс істейтін батареяларға қуат береді. Бұл процесті бақылау үшін арнайы контроллер бар. Циклдік зарядтау тұрақты кернеу немесе зарядтың тұрақты электр тогы қажет. Батарея қажетті жарықтандыру кезінде номиналды сыйымдылықтың 85% - на дейін тез зарядталады, содан кейін зарядтау жылдамдығы максималды сыйымдылыққа дейін азаяды. Аз заряд жылдамдығына ауысу автоматты түрде жүреді [2].

Күн панелдерінің көмегімен күн сәулесі өткізгішке түскенде ол қызады, сәулелердің энергиясын ішінара жұтады. Энергия ағыны жартылай өткізгіштің ішіндегі электрондарды шығарады. Күн ұяшығына шығарылған электрондарды бағыттайтын электр өрісі әсер етіп, оларды белгілі бір бағытта қозғалуға итермелейді. Осы электрондар ағыны арқылы электр тогы пайда болады. Кремний сізге электрондарды шығару процесін жақсырақ түсінуге көмектеседі. Кремний атомында үш қабатта 14 электрон бар. Бірінші қабық толығымен екі электронмен, екіншісі сегізмен толтырылған. Үшінші қабық жартылай бос – оның небәрі 4 электроны бар. Электрондардың осылайша таралуына байланысты кремний кристалдық түрге ие болады; үшінші қабаттағы бос орындарды толтыру, кремний атомдары көршілерімен электрондарды «бөліседі». Бірақ кремний кристалы таза түрінде төмен өткізгіш, өйткені. оның электрондарының барлығы дерлік кристалдық торда тығыз байланысқан. [12]

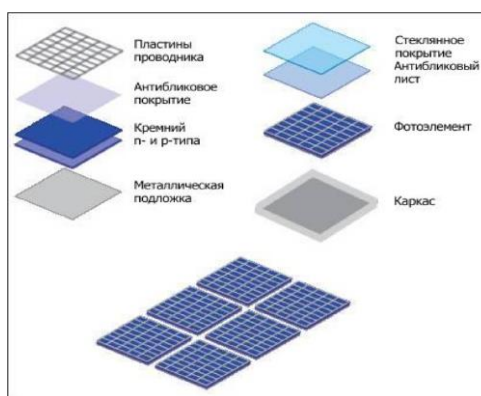
Осыған сүйене отырып, кремний күн батареяларында аз қоспалармен қолданылады, яғни.кремнийде басқа заттардың атомдары бар. Миллион кремний атомында басқа заттың бір ғана атомы бар, мысалы, фосфор. Сыртқы қабықтағы фосфордың бес электроны бар. Бес электронның төртеуі көршілес кремний атомдарымен кристалды байланыс түзеді, бір электрон кеңістікте "бос" қалады, көрші атомдармен байланыссыз. Күн сәулесі кремнийге тиген кезде электрондар үшін қосымша энергия оларды атомнан ажырату үшін жеткілікті. Нәтижесінде олардың орнында "саңылау" пайда болады. Шығарылған электрондар Кристалл тор арқылы электр тогының тасымалдаушысы ретінде қозғалады. Егер олардың жолында "саңылау" болса, онда электрондар оларды толтырады. Таза кремний бос электрондар саны өте аз болуы арқасында атомнан кристалдық торда мықты байланыс құрылған. Бірақ егер сіз фосфор қоспасы бар кремнийді қолдансаңыз, онда бос электрондарды шығару үшін аз энергия жткілікті. Электр энергиясын алу үшін бос электрондардың көп бөлігін пайдалануға болады. Әр түрлі заттардың химиялық және физикалық қасиеттерін жақсарту үшін қоспаларды

легирлеу процесі бар. Фосфор атомдарымен легирленген кремний n-типті электронды жартылай өткізгішке айналады. Легирлеу сыртқы қабығында тек үш электроны бар бормен де болады. Нәтижесінде р-типті жартылай өткізгіш алынады, онда бос оң зарядталған «саңылаулар» пайда болады. Егер сіз n-типті жартылай өткізгішті және р-типті жартылай өткізгішті біріктірсеңіз, онда біріншісінде көптеген босатылған электрондар, ал екіншісінде көптеген «саңылаулар» пайда болады. Электрондар «саңылауларды» мүмкіндігінше тез толтыруға бейім болады, бірақ бұл орын алса, екі жартылай өткізгіш те электрлік бейтарап болады. [18] Шын мәнінде, бос электрондар р типті жартылай өткізгішке енгенде, екі жартылай өткізгіштің шекарасындағы аймақ зарядталады, кедергі пайда болады, оны жеңу қиын. P-n ауысу аймағында электр өрісі пайда болады.

Кремний жарықты жақсы көрсететін қасиетке ие, сондықтан фотондардың көп бөлігі жоғалады. Шығындарды азайту үшін фотоэлемент жарқылға қарсы жабынмен жабылған. Шыны жабыны күн батареясын жаңбыр мен желден қорғайды [4].

Күн батареясы (1.1-сурет) келесі негізгі бөліктерден тұрады:

- алюминий жақтау;
- рефлексияға қарсы беті бар шындалған шыны;
- алдыңғы ламинаттау пленкасы;
- жазық өткізгіштермен тізбектей қосылған элементтер (ұяшықтар);
- артқы ламинаттау пленкасы;
- артқы қорғаныс пленкасы (PET, TPE, TPT);
- қорғаныс диодтары мен жалғау кабельдері бар қосқыш қорап



1.1-сурет – Күн батареясының құрамы

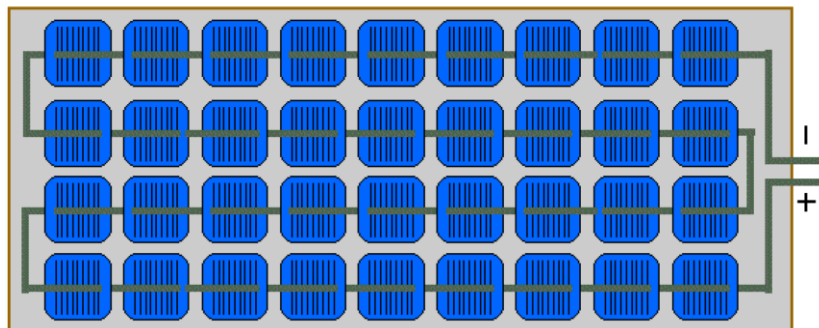
Күн батареяларының саны модульдің номиналды кернеуімен анықталады. Кез келген өлшемдегі әрбір элемент $\sim 0,5$ вольт ең жоғары қуат нүктесінде кернеуі бар кремний фотодиодымен ұсынылған.

Номиналды кернеуі 12 вольт болатын типтік модуль 36 элементтен тұрады.

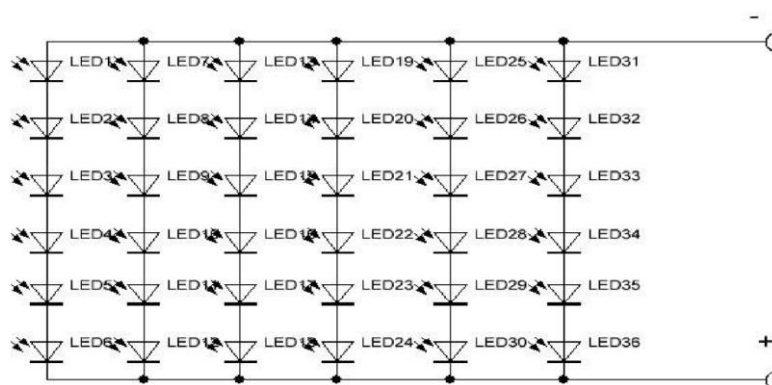
Егер сіз әрқайсысының кернеуі 0,5 В болатын 36 элементті тізбектей қоссаңыз, максималды қуат нүктесінде ~ 18 В аласыз. Дәл осы кернеумен 12 вольтты батареяны зарядтау керек, өйткені. толық зарядтау үшін

аккумулятордың кернеуі аккумулятор түріне байланысты 14,2–14,9 В жетуі керек, бірақ сонымен қатар сымдардағы жоғалтулар, модульді қыздыру және т.б. үшін белгілі бір маржа қажет [5].

Күн батареясының типтік қосылу схемасы 1.2-суретте және 1.3-суретте көрсетілген.



1.2-сурет – Күн батареяларының элементтерінің қосылу схемасы



1.3-сурет – КБ электр сұлбасының кескіні

Егер тұтынушыға көбірек қуат қажет болса, онда күн батареяларының белгілі бір саны және сәйкесінше, батареялар тізбекке параллель қосылуы керек. Фотоэлектрлік жүйе мыналарды қамтиды: бір немесе бірнеше күн панельдері, аккумуляторды зарядтау мен разрядты реттегіш контроллер, бірнеше батареялар және инвертор. Ең кең тарағандары 24 вольтты жүйелер, бір мезгілде тікелей кернеуді ауыспалы 220 вольтке түрлендіру. [12]

1.2 Гетерооткізгішті күн модульдері негізінде электр станцияларын пайдалану

Күн электр станцияларын өндіруге жаңа көзқарастың ерекшелігі неде және оның болашағы қандай?

Жобаның басты ерекшелігі-22% - дан астам ПӘК-і бар кремний базасында кремний фотоэлектрлі түрлендіргіштерін (күн элементтері) өндірудің бірегей гетероөткізгішті технологиясы. Айта кету керек, гетероөткізгішті модульдерді құру технологиясын 2016 жылы Nevel зерттеу орталығы патенттеген. [14]

Практикалық тұрғыдан алғанда, гетероқұрылым технологиясы алғашқы эксперименттер кезеңінде таңқаларлық нәтиже берді: кәдімгі жұқа пленкалы фотокеллалардың қуаты 125 Вт болса, гетероқұрылымдық элемент дәл сол аймақтың батареясынан шамамен 300 Вт береді. Күн энергиясын электр энергиясына өте тиімді түрленду ПӘК-і 20% дан астам тиімділікті береді, әсіресе қазір бұл зертханалық тәжірибелік жалғыз үлгі ғана емес, сонымен қатар қазіргі күнгі желіде өндірілген өнім ПӘК-іне сәйкес келеді. [13]

Осының барлығында тұндыру жұмыс қабаттарының қалыңдығының төмендеуіне байланысты өндірістің өзіндік құны кәдімгі кремний элементтерінен 1,5 есе аз. Кәдімгі элементтер үшін шыныға қалыңдығы 300 нм плюс 700 нм микрокристалды қабаты бар аморфты кремний қойылды, ал жаңа элементтер үшін тұндырылған қабаттардың максималды қалыңдығы сәйкесінше 7 және 20 нм болады. [17]

Тиімділігі 27%-ға дейін жоғары тиімді элементтерді бірнеше жыл бойы физика-техникалық институттың ғалымдар тобы мақсатты түрде әзірледі. А. ф. Иофф РАН. "А. ф. Иофф атындағы ФТИ жанындағы энергетикадағы жұқа қабатты технологиялардың ғылыми-техникалық орталығы" ЖШС директорының орынбасары Евгений Теруковтың айтуынша, Ресейде оны скептиктер айтпаса да, тиімді жаңартылатын энергия көзі ретінде пайдалану үшін күн жеткілікті. Оның үстіне Үкіметтің 2013 жылғы 28 мамырдағы қаулысын іске асыру шеңберінде № 449 "электр энергиясы мен қуатының көтерме сауда нарығында жаңартылатын энергия көздерін пайдалануды ынталандыру тетіктері туралы"[12].

Ресейлік ғалымдар өткен тәжірибені негізге алып, оларды зауытта инновацияны жүзеге асыруға бағытталған жетілдіруге кірісті: олар диффузия мен имплантацияны р-п-ауысуын — кристалды кремнийдің үстіне аморфты кремнийді тұндыруға плазмохимиялық жолмен алмастырды. Нәтижесінде, аморфты және кристалды жартылай өткізгіштердің гетероконтактісі 25% - ға жететін тиімділік берді, яғни ол дәстүрлі жұқа пленкалы кремнийлі күн элементтерінен екі есе асып түсті!

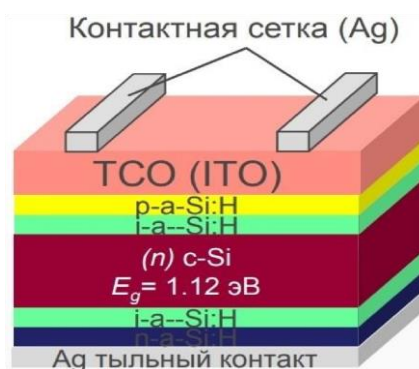
Жұқа пленкалы элементтер сияқты үлкен әйнектердің орнына реакторға кремний плиталары қойылады, олардың үстіне қабаттар кезектесіп жиналады: аморфты кремний, индий қорытпасы және қалайы оксиді, содан кейін ток өткізгіштер, содан кейін жасыту жүреді. Алынған фотоэлектрлік гетероқұрылымдық Модульдер 20% тиімділіктің төменгі шегіне ие, бірақ 27% негізгі әлеуетке ие. [16]

1.3 Гетерооткізгіш фотоэлементтердің құрылымы

Технологиялар эволюциясы процесінде кристалды кремний негізіндегі ФЭП құрылымы диффузиялық р-п-ауысудан hit типті көп қабатты құрылымдарға өтті. Монокристалды және поликристалды кремнийге негізделген күн батареяларының тиімділігі жыл сайын артып келеді және үлкен мәндерге жетеді [17,18].

Аморфты кремнийді пайдалану ФЭП өндірісінің технологиялық процестерін 200°C аспайтын төмен температурада жүргізуге мүмкіндік береді, бұл ФЭП дайындау кезінде сатылардың аз санын пайдалануға мүмкіндік береді және оның өзіндік құнын төмендетеді. Тұндыру процесіне аморфты кремний арналған кристаллическую подложку әдісі бойынша жүргізіледі плазма-газды фазадан химиялық тұндыру (PECVD - Plasma enhanced chemical vapor deposition). Дәл осы кезде материал басқа газды қосу арқылы легіріледі (с3нев - р-өткізгіштік түрі үшін және Р - өткізгіштік түрі үшін PH3).

ФЭП өндіру үшін hit құрылымы TCO ретінде негізінен индий-қалайы оксидін (ITO - Indium tin oxide) пайдаланады. Екі жақты фотоэлемент үшін құрылымның екі жағында және тек бір жақты ФЭП үшін алдыңғы жағында экранды басып шығару арқылы металл контактілер TSP пленкасының үстіне қолданылады (1.4-сурет). Бір жақты фотоэлемент үшін артқы жағына TCO қабатын жаққаннан кейін бірден магнетронды тозаңдату әдісімен тұтас металл түйіспесі жағылады. Әрі қарай, алынған ұяшық модульдегі басқа бірдей фотоэлементтермен біріктіріліп, ламинатталған.



1.4-сурет – Гетерооткізгішті Күн элементі технологиясы

Технологияның дамуымен кремний субстраттарын өндіру сапасы да жақсарады, бұл олардың тазалығына әсер етеді. Бұл өз кезегінде кристалды кремний негізіндегі күн элементтерінің тиімділігінің артуына әкеледі.

Сонымен қатар, жартылай өткізгіш құрылымдар мен құрылымдарды өндіру процесі дамуда [13, 892 Б.].

Фотоэлементтер арасында ең жоғары тиімділікті күн сәулесін Күн элементіне шоғырландыруға мүмкіндік беретін жүйелері бар ФЭП көрсетеді. Мұндай жүйелердің тиімділігі 37% - дан асады [19].

Күн сәулесінің хабтары бар жүйелер екі негізгі модульден тұрады: жарық көзінің күйін бақылау жүйесі және жарық жинау жүйесі. Жарық жинау жүйесі жоғары сапалы шағылысатын жабындардан тұрады, бұл мұндай жүйелерді өте қымбат етеді. Перовскиттік фотокеллалар тағы бір арзан балама болып табылады, бірақ бұл құрылымдардың проблемасы қалыпты экологиялық жағдайда тез деградация болып табылады [20].

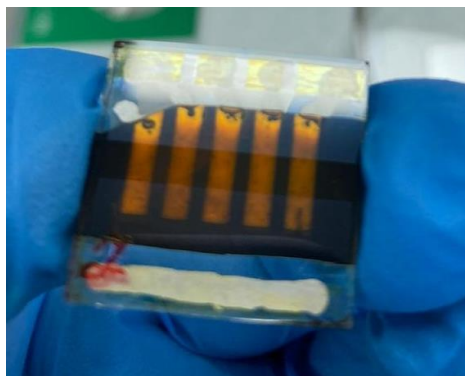
1.4 Органо-бейорганикалық перовскит негізіндегі күн батареялары

Ғалымдарға жүз жылдан астам уақыт бойы белгілі болған зат бүгінде, 21 ғасырдың басында ғана арзан және тиімді күн батареяларын өндіруге арналған өте перспективалы материал болып шықты. Перовскит немесе кальций титанатын алғаш рет 1839 жылы Орал тауларында неміс геологы Густав Роуз минерал түрінде тауып, даңқты мемлекет қайраткері және пайдалы қазбаларды жинаушы, Отан соғысының батыры граф Лев Алексеевич Перовскийдің есімімен аталған. 1812 ж., күн батареяларын өндіруде кремнийге балама рөлі үшін ең қолайлы кандидат болып шықты. [2]

Зат ретінде кальций титанаты соңғы уақытқа дейін көп қабатты керамикалық конденсаторлардың диэлектригі ретінде кеңінен қолданылды. Енді оны жоғары тиімді күн панельдерін салу үшін қолдануға тырысуда, өйткені бұл материал жарықты жақсы сіңіретіні белгілі болды. Қалыңдығы 180 мкм болатын кәдімгі, дәстүрлі кремний күн батареялары перовскит тек 1 мкм қалыңдығымен жұтылатындай Жарық сіңіреді. Перовскит, кремний сияқты, жартылай өткізгіш болып табылады және жарықтың әсерінен электр зарядын тиімді өткізеді, бірақ перовскиттегі электр энергиясына айналатын жарық спектрі кремнийге қарағанда кеңірек. Кальций титанатының кристалды затының құрылымы перовскит минералының құрылымымен бірдей, сондықтан олардың атауы бірдей. Дәл осы зат бүгінде күн энергиясын оңтайландыру жолдарының рейтингінде жетекші орындардың бірінде тұр[2].

Мәселе мынада, кремний негізіндегі күн батареялары бүгінде 1 кВт үшін орта есеппен 75 цент тұрады, ал перовскит негізіндегі күн батареялары олардың құнын 1 кВт үшін 10-15 центке дейін төмендетеді, яғни перовскиттегі күн батареялары технологиясы батареяларды өндіруде де, оларды пайдалану кезінде де кремнийден 5-7 есе арзан, ал өндірілетін электр энергиясының мөлшері бірдей. Перовскит негізіндегі күн батареяларының тиімділігін бағалау және жақсарту бойынша зерттеулер көптеген елдерде жүргізілуде: Австралияда — Мартин Грин, Швейцарияда — Майкл Грецель, АҚШ — та — Генри Сайнт, Феликс Дешлер, Лиминг Дай, Кореяда-Сок Санг Иль. Зерттеушілер

перспективалы технологияның арзандығы мен жоғары тиімділігі туралы бір дауыспен мәлімдейді. [3]. Перовскиттік күн элементі 1.5-суретте корсетілді.



1.5-сурет – Алтын түйістірмелі перовскиттік күн элементі

Майкл Грецель 15% - ға жеткен тиімділікті 25% - ға дейін оңай арттыруға болады, ал қол жетімді күн батареялары 15% - ға жетпейді дейді. Алғаш рет, 2009 жылы, күн энергиясы үшін перовскитті пайдалану мүмкіндігі туралы сөйлескен кезде, тиімділігі 3,5% болды, ал элементтер қысқа өмір сүрді, өйткені сұйық электролит перовскитті ерітіп, ғалымдар өлшеу жүргізуге уақыт тапқаннан кейін, батарея жұмысын тоқтатты. Алайда, үш жылдан кейін сұйық электролит қатты электролитке ауыстырылды және элементтер тұрақты бола бастады, тиімділігі алдымен екі есе, содан кейін тағы екі есе өсті. Пигментті қолданған бірнеше өткізгіш субстрат қабаттары мәселені шешіп, перспективаны ашты. [6]

Тиімділікті арттыру қадамдары осы күнге дейін тоқтамайды, ғалымдар кремний прекурсорларын жақсартуға қызмет еткен оңтайландырудың стандартты әдістерін қолданады. Майкл Гретцель пәк 25% күн энергетикасындағы төңкеріске әкелетініне сенімді. Австралиядан келген профессор Мартин Грин, зерттеудің алғашқы бастаушыларының бірі, кремнийсіз батареяларды өндіру оңай және тиімді жұмыс істейді, сондықтан сөзсіз сенімділік бар-перовскиттегі күн панельдерінің болашағы жарқын, өйткені алдын-ала бағалау 7 есе арзандауды болжайды[2]

1.5 Перовскиттік күн элементінің архитектурасы

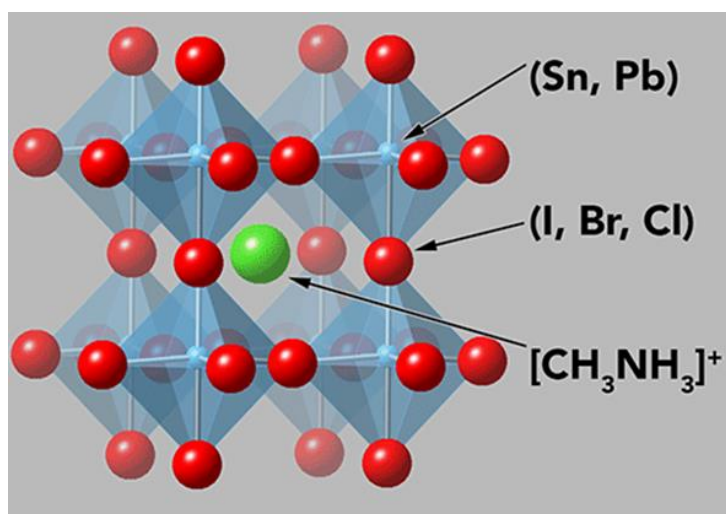
Табиғи перовскит-жер бетінде сирек кездесетін минерал, кальций титанаты (CaTiO_3). Минерал 1839 жылы Орал тауларында Густав Розадан табылды және оған орыс мемлекет қайраткері Граф Л.А. Перовскийдің есімі берілді.

Перовскит өзінің ерекше кристалды құрылымымен өте танымал. Титан атомдары сәл бұрмаланған текше торының түйіндерінде орналасқан.

Орталықтарда кальций атомдары орналасқан. Оттегі атомдары титан атомдарының айналасында тұрақты октаэдрлер түзеді [1].

Табиғи минералды перовскит сияқты кристалды құрылымы бар, бірақ басқа атомдардан немесе атомдар тобынан тұратын бірнеше қосылыстар бар. Бұл жағдайда "перовскит" термині табиғи минерал – перовскит (CaTiO_3) құрылымына тән AmBnCk материалдарының кристалды торының түрін ғана көрсетеді. Алайда, фотовольтаикадағы перовскит тәрізді құрылымы бар қосылыстардың ішінен (фотовольтаика – бұл арнайы жартылай өткізгіш элементтер – күн панельдерінің көмегімен электр энергиясын алуға мүмкіндік беретін технологиялық жабдық) гибридіті орган-Бейорганикалық перовскит материалдары ең көп қолданылды, олардың кристалды торында сілтілі металл катионы органикалық аммоний негізінің катионына ауыстырылды. Бұл гибридіті материалдарда $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbX}_3$ формуласы бар (мұндағы X-Cl -, Br-немесе I -). Олар жаңа материалдар емес және олардың пайдалы физикалық қасиеттеріне байланысты кеңінен зерттелген.

Мұндай синтетикалық перовскиттердің құрылымы үш өлшемді перовскит жақтауына шыңдар арқылы қосылған PbX_6 октаэдрден және октаэдрлер арасындағы қуыстарда орналасқан және 12 лигандпен Үйлестірілген $[\text{CH}_3\text{NH}_3]^+$ катиондардан тұрады (1.4-сурет) [2].



1.6-сурет – Перовскиттің кубтық құрылымы [2]

Перовскиттің кубтық құрылымында тек осы қосылыстардың жоғары температуралық фазасы бар екенін атап өткен жөн.

Бұл жағдайда полярлық органикалық катиондардың бағдарлау тәртібінің жоғарылауы байқалады. Тор симметриясының төмендеуі октаэдрлердің айналуымен және олардың бұрмалануымен бірге жүреді. TC температурасы = 54 – 55 °C фазалық ауысу қорғасын триодиді метиламмоний ($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$) кубтан тетрагональды құрылымға перовскит күн элементінің жұмыс температурасының аймағында орналасқан [3].

Перовскиттік күн батареяларының өнімділігі олардың архитектурасына байланысты, бұл өз кезегінде материалдарды таңдауды, материалдарды қолдану әдістерін және, әрине, құрылғыдағы әртүрлі компоненттер арасындағы үйлесімділікті талап етеді. Бүгінгі күні перовскиттік күн батареяларының екі негізгі архитектурасы белгілі: көлемді гетеропереходпен (мезокұрылымды) және жұқа қабықпен (планарлы). [7]

2 КЭС-те өндірілетін электр энергиясын өндіру процестерін зерттеу

2.1 Күн фотоэлектрлік қондырғының тиімділігіне климаттық жағдайлардың әсері

Жер бетіне күн радиациясының жалпы ағыны тікелей, диффузиялық және шағылысқан компоненттерден тұрады. Күн сәулесінің жер бетіне ең қарқынды шашырамай, сіңірілмей түсетін бөлігі тікелей сәулелену(радиация) деп аталады. Күн модульдері тікелей күн сәулесі болмаған кезде де электр қуатын өндіре алады. Сондықтан бұлтты ауа-райында да фотоэлектрлік жүйе электр энергиясын өндіреді. Алайда, электр қуатын өндірудің ең жақсы шарттары күн ашық болған кезде және панельдер күн сәулесіне перпендикуляр бағытта орналасқан жағдайда ғана. Бұлтты ауа-райында күн батареялары ашық ауа-райындағыдай жұмыс істемейді. Күн батареясының тудыратын кернеуі оған түсетін жарық ағынына байланысты, атап айтқанда: жарықтандырудың жоғарылауымен кернеу тек белгілі бір шекке дейін артады, содан кейін өспейді.[1]

Жер бетіне түсетін күн энергиясының мөлшері атмосфераның күйіне, күннің ұзақтығымен, тәулік уақыты мен жыл мезгілдеріне байланысты екендігі белгілі. Оның үстіне жер бетіне түсетін күн радиациясының мөлшерін анықтайтын негізгі атмосфералық құбылыс - бұлттылық. Мысалы, аспандағы өткінші бұлт модульдің шығыс қуатын 50% -дан астамға төмендетуі мүмкін. Күн батареяларының шығыс параметрлеріне тек жалпы күн радиациясы ғана емес, сонымен қатар күннің аспандағы орны әсер етеді. Күннің жағдайы зениттік позицияға жақын болған сайын, күн батареяларындағы өндірілетін қуат соғұрлым көп болады, бірақ сонымен бірге күн батареяларының жұмыс бетінің қызуы күшейеді. Күн батареяларын салқындатпай жұмыс жасағанда, күн батареясында жылу энергиясы көп бөлініп, жұмыс температурасы көтеріледі. Температураның едәуір жоғарылауы заряд тасымалдаушылардың концентрациясына, сондай-ақ жарықты сіңіру процесіне әсер етеді, нәтижесінде күн батареяларының шығу параметрлері төмендеуіне әкеледі. Сондықтан маусымдық (қысқы және жазғы) ауа температурасы мен желдің жылдамдығы күн фотоэлектрлік қондырғыларының тиімділігіне әсер ететін қосымша факторлар болып табылады.[1]

Сондай-ақ, ауа ылғалдылығы күн жүйесінің параметрлеріне әсер етеді, біріншіден, су буының жұтылу жолдарының бірі күн батареяларының жұмысының спектрлік аймағында жатыр; екіншіден, ылғалдылық күн батареялары мен қоршаған орта арасындағы жылу алмасу процестеріне әсер етуі мүмкін. Яғни ауаның ылғалдылығы неғұрлым көп болса, соғұрлым күн радиациясының жұтылуы күшейеді. [2]

Атмосфераның мөлдірлігі ауаның шаңдылығына және қалалық ортадағы түтінге де байланысты. Шаң басқан күн панельдері аз электр қуатын өндіретіні анық. Күн батареяларының бетіне түскен шаң, кір және басқада қоқыстар күн

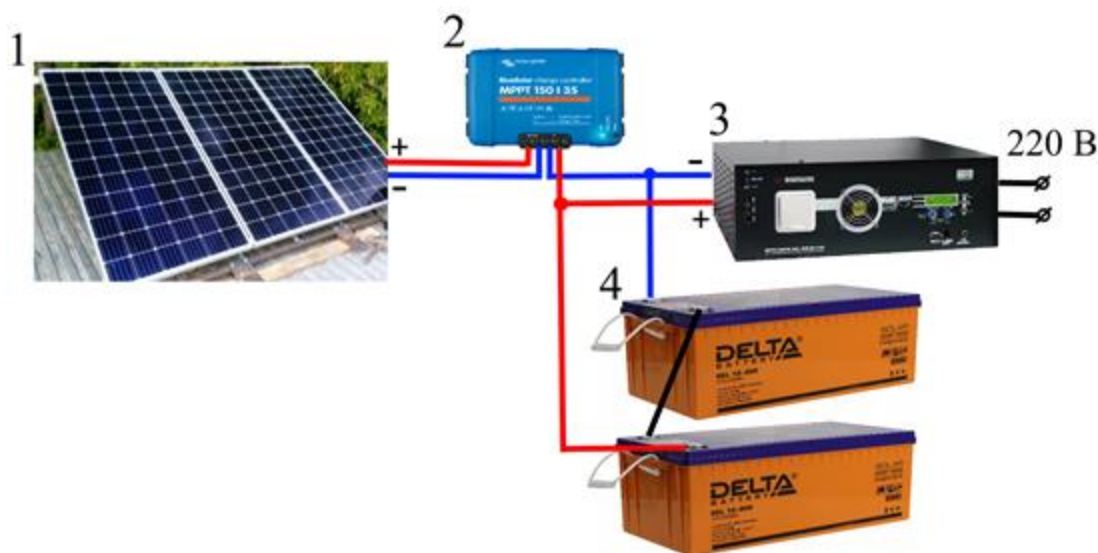
сәулесінің күн батареяларына толықтай түсуіне кедергі жасайды және сәйкесінше күн жүйесінің жұмысын төмендетеді. Бұл күн энергиясын өндіруде ескеретін негізгі факторлар болып табылады.[2]

2.2 Күн сәулесінің түсу бұрышы өзгерген кезде әртүрлі ауа-райы жағдайларында модульдік Күн электр станциясын эксперименттік зерттеу

Фотоэлектрлік элементтермен күн сәулесін түрлендіру жалпы электр энергетикасы саласындағы ең перспективалы бағыттардың бірі болып табылады. Әлемде шамамен 2 млрд. адам орталықтандырылған энергиямен жабдықтауға қол жеткізе алмайды [6]. Күн энергиясын электр энергиясына түрлендірудің тиімділігін дамыту және өзіндік құнын төмендету арқылы күн энергетикасы, оның ішінде тұтынушыға жақын болу және электр беру желілерінен автономдылық арқасында тұрақты дамиды болады. ҚР-да күн энергетикасының дамуына оның аумақтық орналасуы ықпал етеді. Жер бетіне түсетін күн энергиясының мөлшері атмосфераның күйіне, күн күнінің ұзақтығына және ауа-райының маусымдық ауытқуларына байланысты, бірақ ең алдымен бұлттылыққа байланысты. Сондықтан ауа-райының әсерін, оңтайлы бағдарлауды, панельдердің көлбеу бұрышын және т.б. оларды пайдаланудың табиғи жағдайларында күн батареясының жұмыс параметрлеріне зерттеу-бұл модульдік күн электр станцияларының және оларды басқару алгоритмдерінің тиімділігін арттыруға ықпал ететін өзекті мәселе.

Сынақ қондырғысының сипаттамасы. Күн электр станциялары заттың бетіне жарықтың әсерінен фотовольтаикалық әсерге байланысты жұмыс істейді, электрондар панель ішіндегі анод пен катод арасында ауыса бастайды [3], әдетте жартылай өткізгіш материалдардың бірнеше қабаттарынан тұрады.

Эксперименттік зерттеулер жүргізу үшін фотоэлектрлік қондырғы (ФЭК) жобаланып, жиналды. Автономды КЭС негізгі элементтері: 1 - параллель қосылған фотоэлектрлік модульдер жиынтығынан тұратын күн батареялары (250 Вт-тан 3 дана); 2 - максималды қуат нүктесін іздеу функциясы бар контроллердің басқаруымен жұмыс істейтін тұрақты 3-Шығыс инвертор (DC / AC 3 кВт); 4- энергия сақтағыш, мысалы, аккумуляторлық батареялар блогы-АВ (2*100 Ah) және байланыстырушы сым (2.1-сурет.) [7].



1-күн модулі, 2-күн контроллері, 3 - инвертор; 4-VRLA батареясы

2.1-сурет – Автономды фотоэлектрлік станцияның схемасы:

Монокристалды панельдер ең берік, ұзаққа шыдамды (30 жылға дейін) және тиімді өнеркәсіптік өндірістердің бірі ретінде таңдалды.

Күн панельдеріне арналған қуат контроллері бүкіл жүйенің тиімділігін анықтайтын негізгі элемент болып табылады. Қазіргі уақытта басқарудың ең тиімді алгоритмі-максималды қуат нүктесін бақылау (ЕИМ алгоритмдеріне қарағанда 30% - ға тиімді). Алгоритмнің ерекшелігі-ішкі кіріс кедергісінің өзгеруі, нәтижесінде күн қондырғысының кернеуі өзгереді. Өткен итерацияға қатысты қуатты есептеу және салыстыру жүреді және контроллер жұмыс нүктесін максималды қуат нүктесіне қарай жылжытады [7].

Схеманың барлық негізгі элементтері: «күн массиві - контроллер - аккумулятор батареясы - инвертор» әртүрлі қималарының аудандарынан тұратын сымдарымен өзара байланысқан, олардың таңдауы ГОСТ 22483-2012 [4] бойынша жасалған.

Бетінің ерікті аймағындағы нақты инсоляция - оның оңтүстікке қатысты бағдарына, көкжиекке еңкею бұрышына, жасанды көлеңкелердің (құрылымдар, ағаштар және т.б.) конфигурациясына, температураға және ең бастысы, географиялық ендік байланысты [10].

Сондай-ақ, күн энергиясын дамытудың баяулау факторы:

- 1) АҚ-ның жоғары құны және оларды утилизациялау проблемалары;
- 2) Фотопанель өндірісі кезіндегі табиғи ортаның ластануы;
- 3) Тәулік уақытының және ауа-райы жағдайларының өзгеруі ФЭП шығыс қуаты мен кернеуінің кең ауқымды ауытқуына әсері, бұл күн контроллері мен химиялық қуатты резервтік жүйелерге қойылатын техникалық талаптарды арттырады;

- 4) Күн энергиясын түрлендіретін үлкен аудандар мынадай проблемаларға әкелуі мүмкін: жерді иеліктен шығару, өсімдіктер мен топыраққа

әсер ету салдарынан жылу тепе-теңдігі мен ылғалдылықтың өзгеруі (панельдердің астыңғы көлеңкесі және үстіңгі ауаның жылытуы).

Қазіргі уақытта жаңартылатын энергия көздері негізінен қосымша қуаттарды қосу қиын шалғай аудандарда орналасқан шағын қуатты автономды энергиямен жабдықтау жүйелерінде қолданылады.

2.3 Эксперименттік зерттеулер

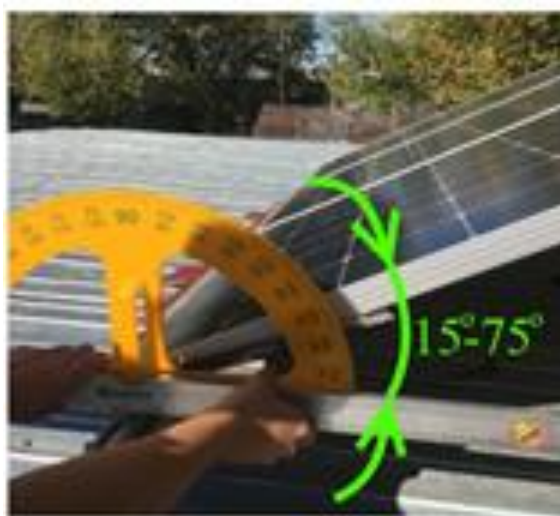
Есептелген сынақ қондырғысы Алматы қаласында орнатылды. КП жұмыс беті оңтүстікке бағытталған, өлшеу күн панелінің жер бетіне әр түрлі көлбеу бұрыштарында 2021 жылдың қыркүйегінде ашық және бұлтты күнде жүргізілді. Күн батареялары жұмысының тиімділігіне жарық пен температураның әсерін эксперименттік бағалау күн Модулінің көлбеу бұрышы 15° интервалмен көлденең жағдайға қатысты өзгерген кезде жүргізілді(2.2- сурет.).

Төменде айқын және бұлтты күндегі көлденең позицияға қатысты фотоэлектрлік модульдің көлбеу бұрышынан максималды қуат нүктесіндегі токтың тәуелділігінің алынған графиктері келтірілген (сурет.2.3 және 2.4)

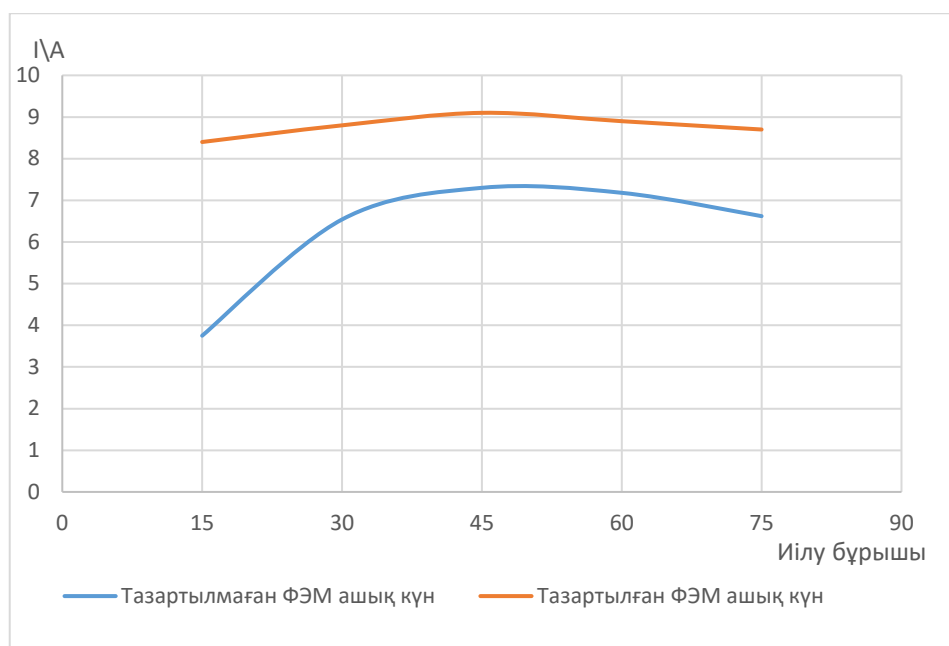
Панельді оңтүстікке қарай 45° еңкейту кезінде ең жоғары тиімділік болды. Панельдің жұмыс беті неғұрлым таза болса, жарық энергиясын электр энергиясына түрлендіру коэффициенті соғұрлым жоғары болады .

Шаңды беті бар күн панелінің 45° көлбеу бұрышы үшін алынған мәліметтерге сәйкес, жұмыс тогы 7,3 А, ал тазалаудан кейін ток 9А болды:

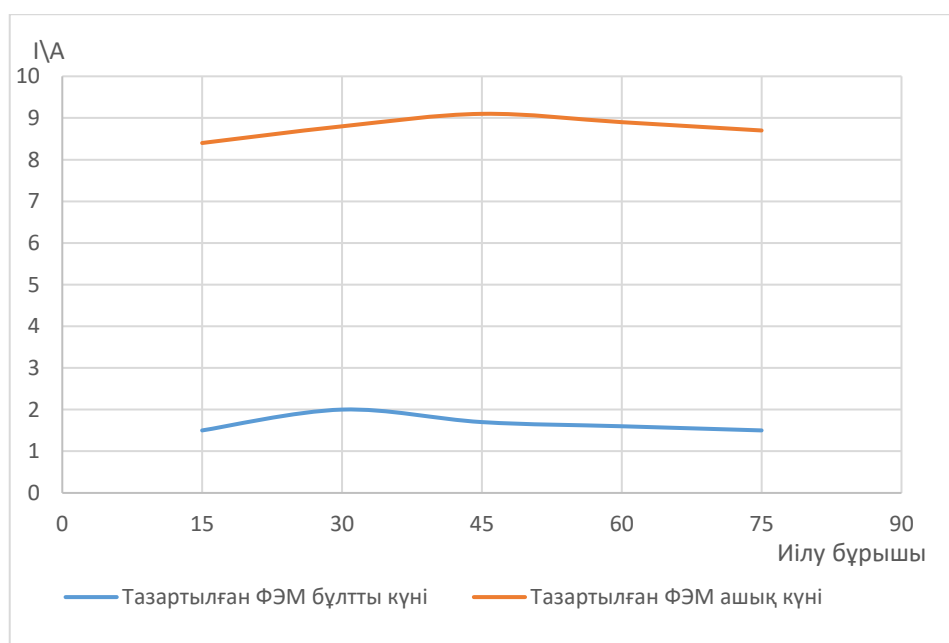
$$\iota = \frac{I_{\text{таза}} - I_{\text{лас}}}{I_{\text{таза}}} * 100 = \frac{9 - 7,3}{9} * 100\% = 18,9\%$$



2.2-сурет –Көлбеу бұрыштардың нәтижелері .



2.3-сурет – Максималды қуат нүктесіндегі токтың күн Модулінің көлбеу бұрышына тәуелділігі

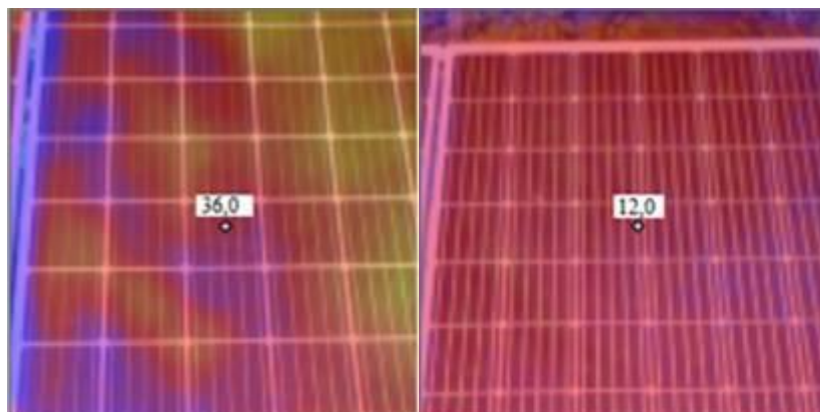


2.4-сурет – Максималды қуат нүктесіндегі токтың ашық және бұлтты күнде күн Модулінің көлбеу бұрышына тәуелділігі

Күн модулдеріндегі күн элементтерінің температурасы мен қызуының жоғарылауы фотоэлектрлік эффект пен электр энергиясын өндіруді азайту арқылы күн батареяларының жұмысына теріс әсер ететіні белгілі.

Пирометриялық диаграммалардан көрініп тұрғандай, ашық күнде ФЭП бетіндегі температура (2.5-сурет А.) 36°C (қоршаған орта 18°C), ал бұлтты 12°C

(қоршаған орта 8 С) құрады (2.5-сурет .б) бұл жағдайда кернеу 104 В мәнінен 116 В-қа дейін өсті. 7 таңдалған күн панелінің температуралық коэффициентіне сәйкес модуль кернеуінің температураға сызықтық тәуелділігі $-0,5 \text{ В} / ^\circ\text{C}$.



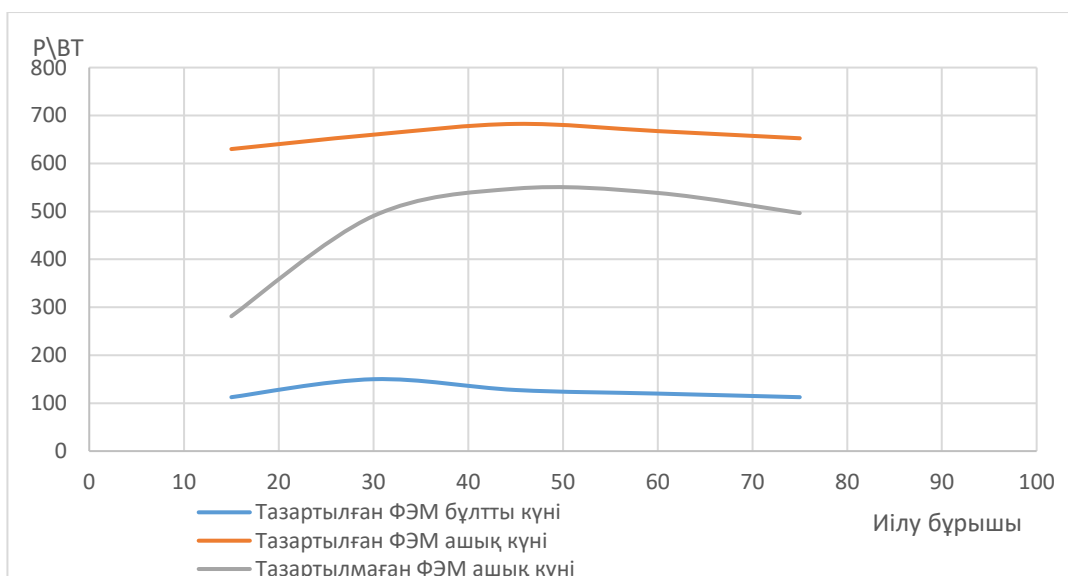
а) ашық күнде;

б) бұлтты күнде

2.5-сурет – Күн Модулінің пирометриялық суреттері:

Ашық күндегі жеке ұяшықтардағы температура айырмашылығы алюминий субстратының монокристалды пластинкалардың бетіне жақынырақ орналасуынан туындайды, осылайша бетінен жақсырақ жылуды кетіруді қамтамасыз етеді. Жалпы тиімділікті арттыру үшін күн батареяларын желдетілетін жерлерде (жақсы табиғи салқындатумен) орнатқан жөн.

Сынақ нәтижелері бойынша нақты жұмыс жағдайларындағы күн модулінің шығыс қуаты есептелді және стандартты сынақ жағдайларындағы (СТК) номиналды зауыттық көрсеткіштермен салыстырылды (2.6-сурет).



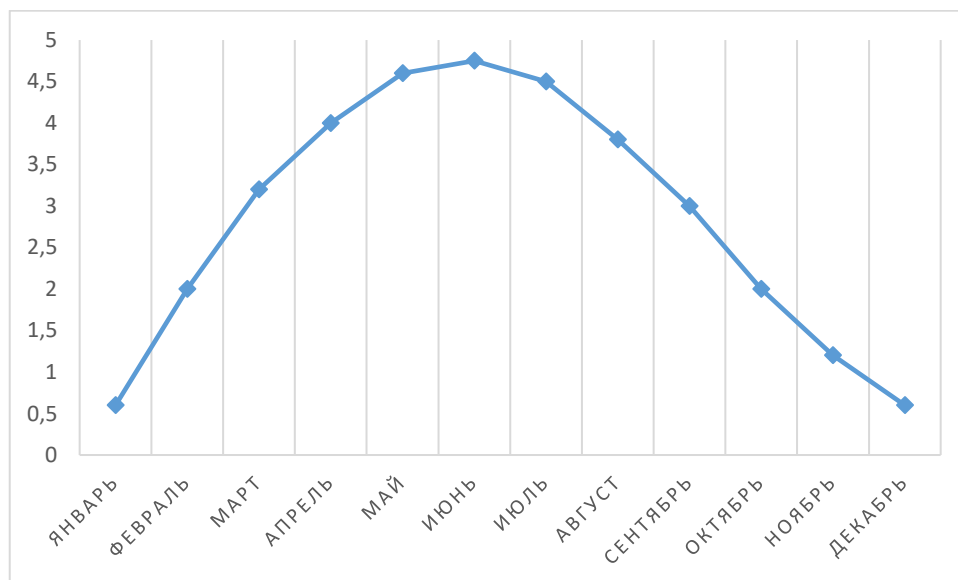
2.6-сурет – Күн панелінің әртүрлі еңісіндегі массивтің меншікті беттік қуаты

Нәтижелерді аналитикалық өңдеуден кейін күн электр станциясының модулін әртүрлі ауа-райы жағдайында эксперименттік зерттеу келесі қорытынды жасауға мүмкіндік берді:

- 1) Күн панелінің жұмыс тогы панельдің көлбеу бұрышына қарамастан, айқын күнде 6 есе артады;
- 2) Оңтайлы көлбеу бұрыштан ауытқу (5 градусқа дейін) модульдердің өнімділігін 2-ден аспайды%;
- 3) Бұлтты ауа-райында күн модулі атмосферада күн сәулесінің көп таралуына байланысты панельдердің көлбеу бұрышы 30^0 болған кезде ең үлкен кері токқа ие;
- 4) Күн радиациясын электр энергиясына түрлендірудің тиімділігі жарықтандыруға және панель бетіндегі температураның өзгеруіне байланысты;
- 5) Қыркүйек айында күн панелінің ластануы батареяның көлбеу бұрышынан гөрі күн панелінің Шығыс көрсеткіштеріне әсер етеді.

2.4 Жыл мезгіліндегі жұмыс режимдеріне анализ жасау

ФЭП негізгі сипаттамасы кезең ішінде өндірілген электр энергиясының мөлшері болып табылады. 2.7-суретте Алматы қаласы үшін күн сәулесінің инсоляциясының мәндеріне сәйкес жылдың әр айы үшін әзірленген ФЭС есептелген электр қуатын өндіру көрсетілген.



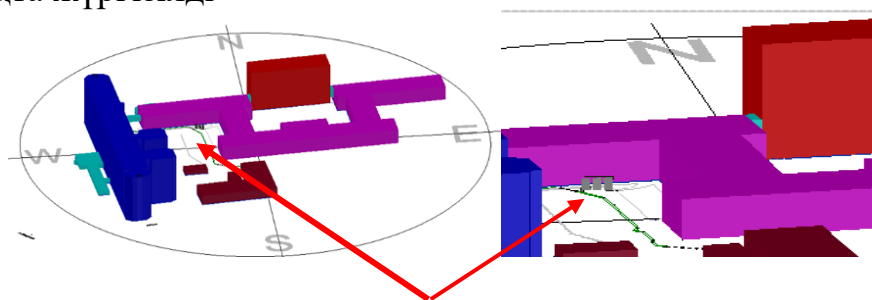
2.7-сурет – Айлар бойынша электр энергиясының болжамды тәуліктік өндірілуі

Кестеде сондай-ақ наурыздан қыркүйекке дейінгі кезеңде тәулігіне 3 кВт*сағ электр энергиясының орташа жылдық өндірісі келтірілген. Эксперименттік ФЭП артықшылығы оның масштабталуы шамамен 1 кВт.

Талдаудан сурет.3 қыс айларында энергия ағындарын алудың тиімділігі іс жүзінде мүмкін емес (электр энергиясын алудың балама көздері болмаған жағдайда ғана).

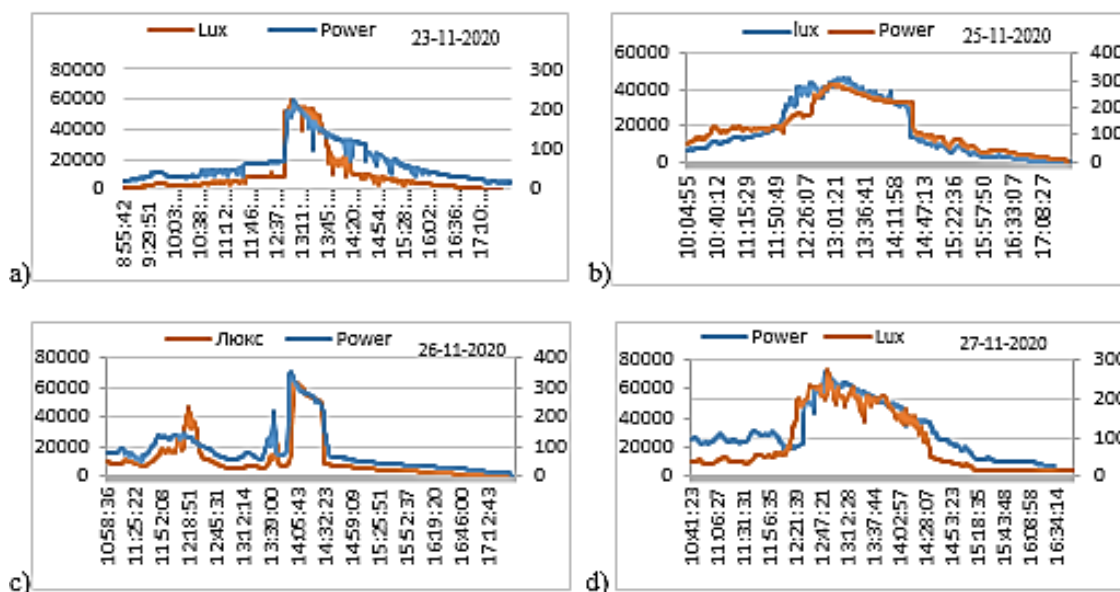
2.5 Күз-қыс мезгіліндегі жұмыс режимдеріне анализ жасау

Орналасу орнына шолу және электр энергиясын өндіруді талдау. Зерттеу желілік күн электр станциясын пайдалану тиімділігін бағалау ҚазҰЗТУ аймағында жүргізілді (2.8-сурет). Панельдер қозғалыссыз күйде, жермен салыстырғанда 45 градус бұрыш жасап, оңтүстікке батыса бағытталған. Тәжірибе 2020 жылдың қараша және желтоқсан айларында 8 : 00-тен 17: 35-ке дейінгі аралықта жүргізілді

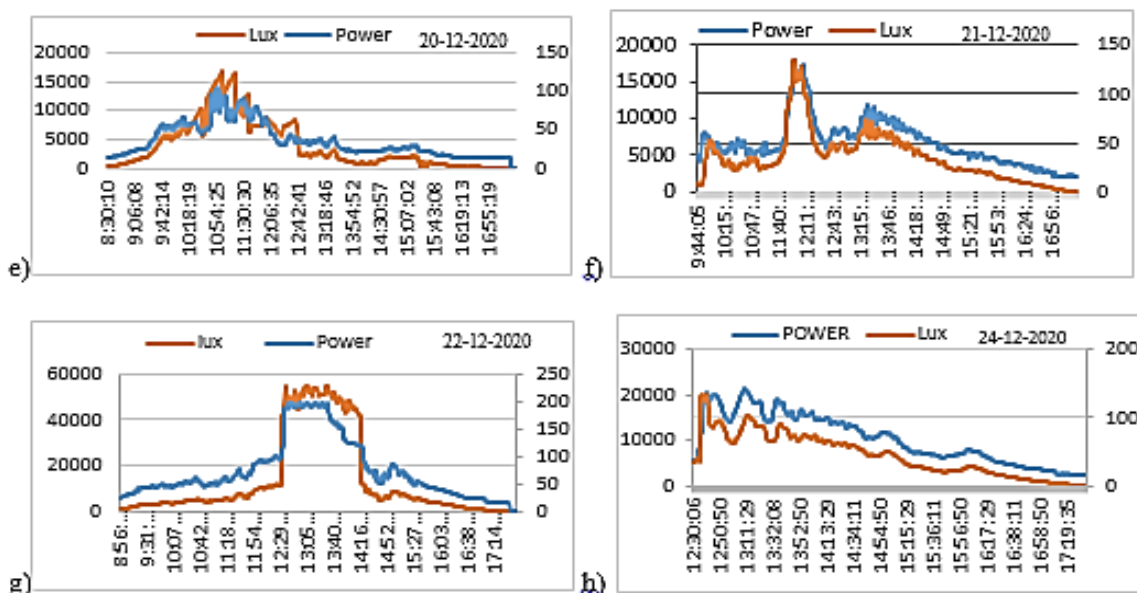


2.8-сурет – ҚазҰЗТУ аймағында орналасқан күн электр станциясының 3D көрінісі

Күз-қыс айларындағы бір күндік электр энергиясын өндіру көрсеткіштері.



2.9-сурет – Қараша айындағы бір күндік электр энергиясын өндіру
 а) 23 қараша б) 25 қараша с) 26 қараша д) 27 қараша



**2.10-сурет – Желтоқсан айындағы бір күндік электр энергиясын өндіру
а) 20 желтоқсан б) 21 желтоқсан с)22 желтоқсан д) 24 желтоқсан**

Жоғарыда келтірілген графикте көрсетілгендей, қараша айында нәтижелер желтоқсан айынд а алынған нәтижерлерден жоғары болады. Бұл күн радиациясының орнатылған панельге түсуіне байланысты. Қараша айында желтоқсан айымен салыстырғанда ауа райы ашық және күннің түсу уақытын ескерген жөн. Желтоқсан айында ауарайының бұлыңғыр болуы панелдің өндіретін энергиясна біршама әсер ететінін байқауға болады.

Жалпы күн электр станцияларының 25-27 қарашада (2.9-сурет) және 22 желтоқсан (2.10-сурет) толық сипаттамалары алынды . Қалған күндері ауарайына байланысты ауытқулар бар. Стационарлы режим болғандықтан күн саулесінің қарқынды түсу уақыты күндізгі уақытқа сәйкес келеді. Chinaland Solar Energy өндірген панелдердің тиімділігі 15% құрайды. Алынған көрсеткіштердің төмен болуы панельдердің тиімділігін бағалаудың қажеттілігі туады. 27 қарашада күн саулесінің радиациясы орта есеппен 642.8 Вт/м^2 және ауданы $1,63 \text{ м}^2$ болатын 3 панелдің орташа максималды қуаты 357 Вт өндірілген.

Күтілетін өндіру қуаты

$$P_{сб} = K \times S_{сб} \times П\text{ӘК} = 642,8 * 1,63 * 3 * 0,15 = 471,9\text{Вт}$$

мұндағы: $P_{сб}$ - Панельдің өнімділік қуаты, K - инсоляция коэффициенті (сәулелену деңгейі), S - панелдің ауданы, $П\text{ӘК}$ – панелдің тиімділігі.[2]

$$П\text{ӘК} = \frac{P_{сб}}{K \times S_{сб}} = \frac{357}{642,8 \times 1,63 \times 3} = 11,3\%$$

Тиімділігі 15 % болғанда 471,9 Вт қуат өндіруі тиіс. Панельдің тиімділігі 11% -ға төмендегенін көруге болады. 22 желтоқсан күн саулесінің радиациясы $551,9 \text{ Вт/м}^2$ мәніне сәйкес, өндірілген қуаты 190 Вт-қа тең. Тиімділігі 15% болғандағы

күтілетін өндіру қуаты 404,8 Вт. Есептеулер нәтижесінде тиімділігі 7,04% -ға төмендеуін байқаймыз.

Жалпы алғанда, КЭС тиімділігін бағалаудың қабылданған есептеу әдістемесінен қорытынды жасай аламыз. Кейбір сәйкессіздіктер модульдің көлбеу бұрышы мен азимут бағытына байланысты болуы мүмкін. Сондай-ақ жыл мезгілдеріне байланысты электр энергиясын өндірудің біркелкі еместігі байқалады, ал күзгі-қысқы кезеңдерде генерация қарқындылықтың төмендеуі есебінен азаяды. Осы зерттеуде күз және қыс мезгілдерінде КЭС тің ПӘКі 4-7%-ға азайғанын көреміз, яғни бұл көрсеткіш келесі зерттеулердің негізі болмақ.

3 КЭС-те өндірілетін электр энергиясын сақтау процестерін зерттеу

3.1 КЭС-те энергияны сақтау үшін қолданылатын батареяның негізгі параметрі

Батареяның негізгі параметрі оның сыйымдылығы болып табылады, ол не үшін арналғанына байланысты анықталуы керек. Ол резервтік немесе автономды қуат жүйесінде пайдаланылады. Сонымен, автономды электрмен жабдықтау жүйесі үшін үлкен сыйымдылығы бар аккумуляторды пайдалану керек. Бұл, ең алдымен, мұндай жүйеде аккумулятордың ең аз мәндерге жиі зарядсыздануымен байланысты, бұл оның ресурсын айтарлықтай азайтады. Сондықтан оның жиі толық зарядсыздануын болдырмау үшін резервтік сыйымдылығы бар аккумуляторды таңдаған жөн [10].

Сондай-ақ, батареяның қызмет ету мерзімін анықтайтын маңызды факторлардың бірі:

- қоршаған ортаның температурасы;
- өткен зарядтау-разряд циклдерінің саны; батарея зарядының дәрежесі;
- батареяның дизайн ерекшеліктері.

Батареялардың негізгі сипаттамалары:

- сыйымдылық, ампер/сағ;
- кернеу, вольт;
- разрядтың рұқсат етілген тереңдігі, %;
- қызмет ету мерзімі, жылдар;
- жұмыс температурасының диапазоны, °С;
- өздігінен разряд, %;
- өлшемдері, мм;
- Салмағы, кг;
- заряд тогы, А. [11].

Сонымен қатар, әдетте, өндіруші берген аккумулятордың барлық сипаттамалары 20-25 температурада көрсетілгенін түсіндіру керек. °С. Температураның төмендеуі немесе жоғарылауы кезінде өнімділік көрсеткіштері өзгеруі мүмкін.

Әрі қарай, біз батареялардың әртүрлі түрлеріне қатысты қысқаша түсініктеме береміз.

Стартер батареялары ең әлсіз және ең қысқа қызмет ететін батареялар болып табылады. Оларға қойылатын талаптар аз, сондықтан олар ең қарапайым технология (штамталған жұқа қорғасын торлы пластиналар) арқылы жасалады. Екеуі де қызмет көрсетілетін (электролит деңгейін тексеріп, тазартылған сумен толтыру қажет, әдетте жылына бір рет), және қызмет көрсетілмеген мөрленген (жоғары токтармен немесе кернеулермен шамадан тыс зарядталған жағдайда, қауіпсіздік клапаны арқылы су буланады, аккумулятор). лақтырылады және оны толтыру мүмкін емес). Қызмет көрсетілетін автомобиль аккумуляторлары

шамамен 100 разряд цикліне 80%, ал жабық батареялар шамамен 200-ге төтеп бере алады. [16].

AGM - электролит шыны төсеніштермен адсорбцияланатын қышқылмен жабылған батареялар. Шамамен 250-400 разряд цикліне 80% шыдайды. Пластиналарды өндіру технологиясы қарапайым, сондықтан циклдар саны аз. Артық зарядтарға сезімтал.

Гель - электролиті силикагельмен қалыңдатылған қышқылмен жабылған батареялар. Шамамен 350 - 450 разряд цикліне 80%-ға дейін төтеп бере алады. Пластиналарды өндіру технологиясы әдеттегі, сондықтан циклдар саны салыстырмалы түрде аз. Басқаларға қарағанда артық зарядтарға сезімтал (суды булану мүмкіндігі). Зарядтау токтары мен кернеулерінің төлқұжат көрсеткіштеріне дәл сәйкес келуін қамтамасыз ету қажет (олар үшін зарядтың аяқталу кернеуі әдетте басқа аккумуляторларға қарағанда төмен). [13].

Карапас(Панирные)-бұл құбырлы электродтары бар тақталардың торлы құрылымына салынған жоғары сапалы қышқыл батареялардың кең класы. Әрбір компонент полимерлі қышқыл өткізгіш өзекке салынған құбырлы оң плиталар химиялық таза қорғасын қорытпасынан (металл тазалығы кемінде 99,9%) және 2% сурьмадан жасалады. Ұқсас технология ұзақ қызмет ету мерзімі бар батареялардың барлық өнеркәсіптік түрлерінде қолданылады (тарту, стационарлық, күн, аз техникалық қызмет көрсету және герметизация). Қабық тақталарының негізінде жасалған герметикалық гель аккумуляторлары 80% - ға шамамен 900-1000 разряд цикліне төтеп береді. Қышқыл аз қызмет етеді-шамамен 1500 цикл. Сондай-ақ, батарея жиі сала бойынша бөлінеді қосымшалар-Стартер (олар бөлімнің басында айтылған), тарту, стационарлық, күн. [13].

Тартқыш(Тяговые)-электр көтергіштерде және басқа электр техникасында пайдалануға арналған. Әдетте, қажетті кернеудегі жалпы аккумуляторлық батарея әрқайсысы үлкен сыйымдылықтағы 2 батареядан тұрады (200 – 1200 Ач). Нағыз тарту батареялары карапас технологиясымен жасалған. Стандартты таңбалау – қызмет көрсетілмейтін PzS (H), герметикалық гель – PzV. [13].

Стационарлық-өнеркәсіптік объектілерде қолданылады(беріктік пен беріктікті арттыру қажет). Әдетте, қажетті кернеуге арналған жалпы батарея 2 В батареялардан тұрады, олар өте үлкен-жалғыз батареялар 200-ден 1200 Ач-қа дейін. Барлығы карапас технологиясын қолданады. Төмен техникалық қызмет көрсету (OPzS мөлдір корпусында) және герметикалық гель (OPzV) шығарылады. Олар батареялардың барлық түрлерінің ішіндегі ең үлкені және ең ұзақ қызмет ету мерзіміне ие. [13].

Күн электр станцияларына - әдетте тартқыш немесе стационарлық батареялардың модификациясы қолданылады. Бұл батареялар 2 В және 6 немесе 12 В-та шығарылады. Көптеген жағдайларда, бұл басқа таңбаланған/атауы бар стационарлық немесе тартқыш батареялар маркетингтік қозғалыс ретінде қолданылады.

Автономды электрмен жабдықтау жағдайында AGM технологиясымен дайындалған стартерді, қарапайым гелді немесе батареяларды сатып алу үлкен қателік болады. Егер қаржы шектеулі болса, Trojan t105 немесе Elhim-Iskra PzSH

тартқыш батареяларын сатып алған дұрыс. Егер қаражат жеткілікті болса, ең жақсы шешім ретінде мөлдір OpzS қолданған жөн. Алайда, карапас технологиясы бойынша жасалған гель батареялары да осындай талапқа сай келеді. Жоғары токпен жылдамдатылған зарядты герметикаланған батареялар жағдайында қолдану ұсынылмайды.

3.2 Аккумулятордың тоқтаусыз жұмыс істеу ықтималдығы

m сериялы қосылған аккумуляторлары бар аккумулятор батареясы үшін t -мен батареяның белгілі бір уақыт ішінде ақаусыз жұмыс істеу ықтималдығы келесі формуламен анықталады

$$P(t) = e^{-m*\lambda*t} = \frac{1}{e^{m*\lambda*t}} \quad (1)$$

мұндағы: m - ретімен қосылған аккумуляторлар саны,
 λ - істен шығу қарқындылығы (орташа жиілігі),
 t - Жұмыс уақыты-3 жыл.

$\lambda = 10^{-6} * \frac{1}{\text{сағ}}$ үшін-ақаулық жиілігінің типтік мәні, $t = 20$ жыл үшін, $T = \text{сан_жыл} - \text{күн} _ \text{саны} * \text{сағат} _ \text{саны} _ \text{күн} = 3*365*24 = 26380$ сағ, $U_n = 220V$ үшін сериялы қосылған батареялардың Саны $M=5$ біз ақаусыз жұмыс істеу ықтималдығын есептейміз

$$P(t) = \frac{1}{e^{5*10^{-6}*26380}} = 0.9$$

Бұл ақаусыз жұмыс істеудің жоғары ықтималдығы батареяның сенімділігін арттыру үшін арнайы әдістерді әзірлеу қажет емес екенін білдіреді: 3 жылдан ертерек ауыстыру, батареяны қадағалау және т.б., өйткені 5 данадан , 3 жылдан кейін батареялар түзетілмейді.

Батареяны күту істен шығуды минимумға дейін азаятады және тек анданда қажет, өйткені қалыпты жұмыс істеу үшін шамамен 3 жыл ішінде бір рет аз мөлшерде дистилденген суды толтыру керек, қажет болған жағдайда банка бетін сүрту және тазарту қажет.

Жалпы алғанда, толық автономды жүйе үшін тамаша нұсқа қызмет көрсетілетін батареялар болып табылады. Олар сенімдірек және берік. Қызметке келетін болсақ, бұл көрінетіндей қорқынышты емес. Шынында да, толық автономиямен сіз әлі де бәрін бақылап отыруыңыз керек, аккумулятордың зарядын (олардың толық зарядсыздануына жол бермеу ұсынылмайды) және тазалық. Осының аясында электролит деңгейін жылына бір рет немесе, сонымен қатар, дистилденген суды қосу арқылы 3 жылда бір рет тексеру өте маңызды .

3.3 Автономды Күн электр станциясына эксперименттік зерттеулер

Тәжірибелік жұмыстың мақсаты жаңартылатын электр энергиясы бар автономды жүйенің құрылысын бағалау болып табылады. Автономды жүйе Алматы қаласы Сәтбаев университетінің аймағындағы құрастырылып жасалды (3.1-сурет). Энергияның негізгі көзі ретінде күн панельдері таңдалды (1-кесте). Жинақтауыш ретінде аккумулятор батареясы таңдалды. Бұл жоба болашақта зертеу жұмыстарын жасауға, қандайда бірмаңызды параметрлерді алуға арнап жасалды.



3.1-сурет – Құрастырылған жүйенің жалпы бейнесі

Күн панелі. Орнату үшін портативті поликристалды шағын күн панельдері алынды.

3.1-кесте - Күн панелінің параметрлері

Тип	Монокристалл
Номиналды қуат, Вт	140
Номиналды кернеу, В	22,2
Максимал қуат кезіндегі кернеу(V_{mp}), В	18,2
Қысқа тұйықталу тогы, А	8,60
ПӘК-і %	15
Жұмыс температурасының диапазоны	-40°C-тан +85°C дейін
Панель өлшемі, мм	680x1480x40
Монокристалды кремний өндіруші:	SLARO

Панель жоғарғы тиімділігі, жоғары конверсия жылдамдығы және өнімділігі бар монокристалды Күн панелі таңдалынып алынды (3.2-сурет). Бірегей технология қоршаған ортаның әртүрлі жағдайларына (жаңбыр, жел және қар) жоғары төзімділікті қамтамасыз етеді. Судың қатып қалуын және деформациясын болдырмайды. Жоғары тұрақтылық, жақсы беріктік. Өте аз салмақ және оңай орнатылады.



3.2-сурет – Күн панелінің көрінісі

Күн элементтерін сипаттау үшін вольт-амперлік сипаттама (ВАХ) қолданылады.

Жүктеме таңдау. Жүктеме ретінде L2 Enterasys A2H124-24 типтегі коммутатор таңдалып алынды (3.3-сурет). Коммутатордың тұтынатын қуаты 100 Вт, түнгі уақытта тұтынатын қуаты 30 Вт. Кешкі уақытта коммутаторға қосалқы жүктеме ретінде жарық шамы қосылады, оның қуаты 50 Вт.



3.3-сурет – Коммутатор бейнесі

Аккумулятор батареясы Күн қондырғысы үшін аккумуляторлар 2 бірлік көлемінде таңдалды (3.4-сурет). Әр батареяның сыйымдылығы 100 А*сағ. Түрі - қорғасын-қышқылды аккумулятор.



3.4-сурет – Қорғасын-қышқылды аккумулятор

Инвентор таңдау. Таза синусоидальды толқын инверторы – тұрақты токты бір фазалы немесе көп фазалы айнымалы токқа түрлендіретін (газразрядты немесе шала өткізгішті аспап) қондырғысы тандалды (2-кесте). Мақсаты - ток пен кернеудің қалыпты мәндерін сақтау, аккумуляторды энергиямен қауіпсіз зарядтау, төмен вольтты тұрақты токты желілік кернеудің айнымалы тогына айналдыру.

3.2-кесте - Инвертордың сипаттамалары

Модель	Axpert MKS Inverter	Шығыс кернеуі, В	220/230
Номиналды қуаты, Вт	3000	Жиілігі, Гц	50
Кіріс кернеуі, В	22/33	ПӘК-і %	85

Батареяларды зарядтау және зарядтау шығындармен бірге жүреді. Қарастырылған қорғасын-қышқыл аккумуляторлар циклінің тиімділігі шамамен 80% құрайды. Модель 90% зарядтау және разрядтау тиімділігін бөлек есептеді. Бұл батарея сыйымдылығының мөлшерін жақсы анықтауға байланысты.



3.5-сурет – Инвертордың сыртқы бейнесі

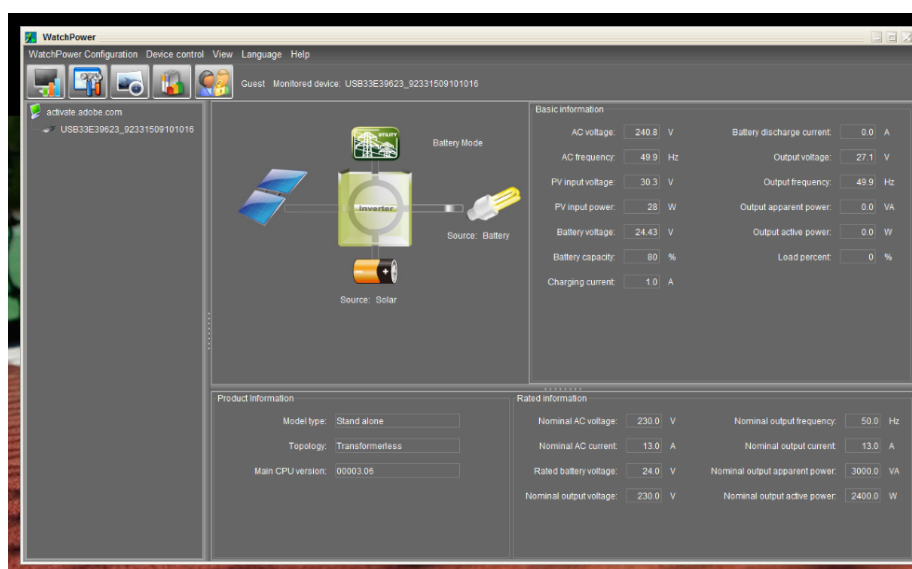
Фотоэлектрлік панельдерден алғашқы өндірілген электр энергиясы тұтыну үшін беріледі. Егер артық өндіріс болса, онда батареяларда электр энергиясы жиналады. Фотоэлектрлік панельдермен электр энергиясын өндіру сұраныстан төмен болған кезде, батареялар электр энергиясын шығара бастайды. Егер фотоэлектрлік панельдер электр қуатын шығармаса және батареялар минимумға дейін таусылса, қалған электр энергиясын желіден қамтамасыз етеді. Батареяларды зарядтау және зарядтау контроллермен басқарылады, сондықтан әр циклдің (күннің) басында және оның соңында әрқашан бірдей заряд болады.

3.4 Аккумулятор батареясының параметрлерін алу бағдарламасы

Watch power бір мезгілде сериялық порт арқылы бірнеше құрылғыларды бақылауға болады инвертор мониторинг бағдарламалық қамтамасыз ету болып табылады (3.5-сурет). Бұл бақылау бағдарламасының негізгі функциялары құрылғылар үшін журнал деректерін, дабыл хабарламаларын, ақаулықтар туралы хабарламаларды, және құрылғылар үшін параметрлерін теңеу кіреді.

Ерекшеліктері:

- Автоматты және нақты уақыт деректерді жинау және құрылғылар жинақ журналының деректерді қорғау.
- Деректерді графикалық түрде көрсету-жылдам әрі оңай оқуға арналған құрылғы.
- Мобильді мессенджер, электрондық пошта арқылы ақаулықтар туралы ескертулер немесе дабылдар.
- Оқиғалар статистикасынан диагностиканың қарапайымдылығы.



3.5-сурет – Watch power программасының негізгі беті

Қазіргі уақытта біз кездесетін климаттық проблемаларға байланысты көптеген адамдар үйде де, өнеркәсіптік мақсатта да күн панельдерін орнатады. Бұл жүйелер дұрыс жұмыс істеуі үшін пайдаланушылар күн панельдерінің тұрақты тогын электр құрылғыларының көпшілігі қолданатын айнымалы токқа айналдыратын ток инверторларын орнатуы керек.

Watch Power - бұл күн қондырғысында қолданылатын инверторларды бақылайтын бағдарлама. Ол инверторлардың өздері туралы да, оларға қосылған батареялар туралы да нақты уақыт режимінде ақпарат береді, мысалы, кернеу мен айнымалы ток, шығыс кернеуі және жиілік. Сондай-ақ, ол қосылған құрылғылардың параметрлерін орнатуға мүмкіндік береді және әр қосылған құрылғы үшін оқиғалар журналын жасайды. Бағдарламада сонымен қатар сіздің қажеттіліктеріңізге сәйкес баптауға болатын жетілдірілген мүмкіндіктер бар.

Бағдарламаның артықшылығы - ол бір уақытта бірнеше құрылғыны басқара алады, осылайша барлық тиісті ақпаратты бір көріністе көрсетеді. Сонымен қатар, бұл портативті бағдарлама болғандықтан, оны орнатудың қажеті жоқ. Зір файлын ашқаннан кейін ехе файлын басып, бағдарламаны кез-келген құрылғыда іске қосуға болады.

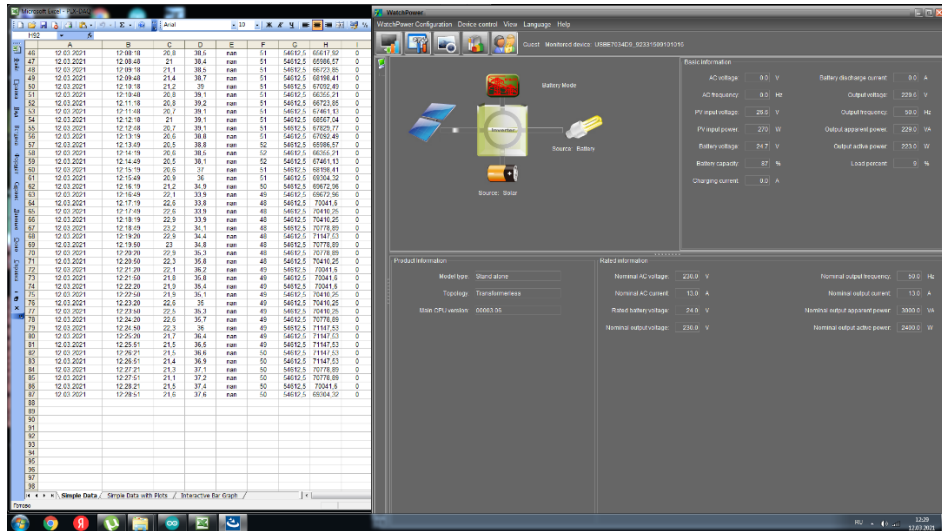
Негізгі кемшілігі - сығылған файл массивті және жүктеуге уақыт қажет. Сонымен қатар, бұл үлкен жадты дискіні қажет етеді.

Энергия ағыны: Құрылғының бес белгішесі бар: күн панелі, батарея, инвертор, жүктеме және қызметтік бағдарлама. Ол осы бес құрылғы белгішелері арқылы динамикалық қуат ағынын көрсетеді. Қуатты қосу және күту режимі: Инвертор "қосу" қосқышы басылғанша жүктемені қамтымайды. Білікті утилиталар немесе фотоэлектрлік көздер батареяны күту режимінде зарядтай алады.

Негізгі ақпарат: Онда айнымалы кернеу, айнымалы ток, PV кіріс кернеуі, батарея кернеуі, батарея сыйымдылығы, зарядтау тогы, шығыс кернеуі, шығу жиілігі, көрінетін қуат шығысы, белсенді қуат шығысы және жүктеме пайызы туралы ақпарат 3.6 және 3.7 - суретте көрсетілген.

Date	Time	AC voltage	AC frequency	PV input voltage	PV input current	PV input power	Output apparent power	Output active power	Battery voltage	Battery capacity	Charging current	Battery discharge rate	Output voltage	Output frequency
2021-03-12	12:35:54	0.0	0.0	28.7	0.0	273	248.0	243.0	24.32	0.0	0.0	0.0	210.1	50.0
2021-03-12	12:36:22	0.0	0.0	28.7	0.0	273	248.0	252.0	24.7	0.0	0.0	0.0	210.2	50.0
2021-03-12	12:36:53	0.0	0.0	28.7	0.0	273	215.0	215.0	24.48	0.0	0.0	0.0	210.5	49.0
2021-03-12	12:38:23	0.0	0.0	28.7	0.0	270	238.0	238.0	24.48	0.0	0.0	0.0	210.5	49.0
2021-03-12	12:38:53	0.0	0.0	28.7	0.0	270	238.0	238.0	24.48	0.0	0.0	0.0	210.2	50.0
2021-03-12	12:39:23	0.0	0.0	28.7	0.0	270	238.0	211.0	24.71	0.0	0.0	0.0	210.9	50.0
2021-03-12	12:39:53	0.0	0.0	28.7	0.0	270	238.0	222.0	24.71	0.0	0.0	0.0	210.0	50.0
2021-03-12	12:40:23	0.0	0.0	28.7	0.0	270	238.0	222.0	24.71	0.0	0.0	0.0	210.0	50.0
2021-03-12	12:40:53	0.0	0.0	28.7	0.0	273	238.0	216.0	24.71	0.0	0.0	0.0	210.2	50.0
2021-03-12	12:41:23	0.0	0.0	28.7	0.0	273	219.0	219.0	24.72	0.0	0.0	0.0	210.1	50.0
2021-03-12	12:41:54	0.0	0.0	28.8	0.0	270	228.0	224.0	24.72	0.0	0.0	0.0	210.9	50.0
2021-03-12	12:42:23	0.0	0.0	28.7	0.0	270	238.0	239.0	24.72	0.0	0.0	0.0	210.8	50.0
2021-03-12	12:42:54	0.0	0.0	28.7	0.0	270	238.0	216.0	24.74	0.0	0.0	0.0	210.8	50.0
2021-03-12	12:43:23	0.0	0.0	28.7	0.0	270	238.0	216.0	24.74	0.0	0.0	0.0	210.3	50.0
2021-03-12	12:43:53	0.0	0.0	28.7	0.0	270	238.0	216.0	24.74	0.0	0.0	0.0	210.3	50.0
2021-03-12	12:44:23	0.0	0.0	28.7	0.0	270	238.0	216.0	24.74	0.0	0.0	0.0	210.9	49.0
2021-03-12	12:44:54	0.0	0.0	28.7	0.0	270	238.0	224.0	24.75	0.0	0.0	0.0	210.3	50.0
2021-03-12	12:45:23	0.0	0.0	28.8	0.0	270	238.0	228.0	24.75	0.0	0.0	0.0	210.0	50.0
2021-03-12	12:45:54	0.0	0.0	28.8	0.0	270	238.0	228.0	24.75	0.0	0.0	0.0	210.0	50.0
2021-03-12	12:46:23	0.0	0.0	28.8	0.0	270	238.0	228.0	24.75	0.0	0.0	0.0	210.0	50.0
2021-03-12	12:46:54	0.0	0.0	28.8	0.0	270	238.0	228.0	24.75	0.0	0.0	0.0	210.0	50.0
2021-03-12	12:47:23	0.0	0.0	28.7	0.0	270	238.0	228.0	24.74	0.0	0.0	0.0	210.2	50.0
2021-03-12	12:47:54	0.0	0.0	28.8	0.0	270	238.0	228.0	24.75	0.0	0.0	0.0	210.0	50.0
2021-03-12	12:48:23	0.0	0.0	28.8	0.0	270	238.0	228.0	24.75	0.0	0.0	0.0	210.0	50.0
2021-03-12	12:48:54	0.0	0.0	28.8	0.0	270	238.0	228.0	24.75	0.0	0.0	0.0	210.0	50.0
2021-03-12	12:49:23	0.0	0.0	28.8	0.0	270	238.0	228.0	24.75	0.0	0.0	0.0	210.0	50.0
2021-03-12	12:49:54	0.0	0.0	28.8	0.0	270	238.0	228.0	24.75	0.0	0.0	0.0	210.0	50.0
2021-03-12	12:50:23	0.0	0.0	28.8	0.0	270	238.0	228.0	24.75	0.0	0.0	0.0	210.0	50.0
2021-03-12	12:50:54	0.0	0.0	28.8	0.0	270	238.0	228.0	24.75	0.0	0.0	0.0	210.0	50.0
2021-03-12	12:51:23	0.0	0.0	28.8	0.0	270	238.0	228.0	24.75	0.0	0.0	0.0	210.0	50.0
2021-03-12	12:51:54	0.0	0.0	28.8	0.0	270	238.0	228.0	24.75	0.0	0.0	0.0	210.0	50.0
2021-03-12	12:52:23	0.0	0.0	28.8	0.0	270	238.0	228.0	24.75	0.0	0.0	0.0	210.0	50.0
2021-03-12	12:52:54	0.0	0.0	28.8	0.0	270	238.0	228.0	24.75	0.0	0.0	0.0	210.0	50.0
2021-03-12	12:53:23	0.0	0.0	28.8	0.0	270	238.0	228.0	24.75	0.0	0.0	0.0	210.0	50.0
2021-03-12	12:53:54	0.0	0.0	28.8	0.0	270	238.0	228.0	24.75	0.0	0.0	0.0	210.0	50.0
2021-03-12	12:54:23	0.0	0.0	28.8	0.0	270	238.0	228.0	24.75	0.0	0.0	0.0	210.0	50.0
2021-03-12	12:54:54	0.0	0.0	28.8	0.0	270	238.0	228.0	24.75	0.0	0.0	0.0	210.0	50.0
2021-03-12	12:55:23	0.0	0.0	28.8	0.0	270	238.0	228.0	24.75	0.0	0.0	0.0	210.0	50.0
2021-03-12	12:55:54	0.0	0.0	28.8	0.0	270	238.0	228.0	24.75	0.0	0.0	0.0	210.0	50.0
2021-03-12	12:56:23	0.0	0.0	28.8	0.0	270	238.0	228.0	24.75	0.0	0.0	0.0	210.0	50.0
2021-03-12	12:56:54	0.0	0.0	28.8	0.0	270	238.0	228.0	24.75	0.0	0.0	0.0	210.0	50.0
2021-03-12	12:57:23	0.0	0.0	28.8	0.0	270	238.0	228.0	24.75	0.0	0.0	0.0	210.0	50.0
2021-03-12	12:57:54	0.0	0.0	28.8	0.0	270	238.0	228.0	24.75	0.0	0.0	0.0	210.0	50.0
2021-03-12	12:58:23	0.0	0.0	28.8	0.0	270	238.0	228.0	24.75	0.0	0.0	0.0	210.0	50.0
2021-03-12	12:58:54	0.0	0.0	28.8	0.0	270	238.0	228.0	24.75	0.0	0.0	0.0	210.0	50.0
2021-03-12	12:59:23	0.0	0.0	28.8	0.0	270	238.0	228.0	24.75	0.0	0.0	0.0	210.0	50.0
2021-03-12	12:59:54	0.0	0.0	28.8	0.0	270	238.0	228.0	24.75	0.0	0.0	0.0	210.0	50.0

3.6-сурет – Оқиғалар журналын негізгі беті



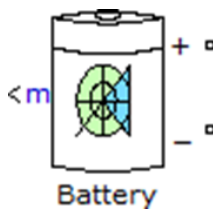
3.7-сурет – Оқиғалар журналындағы датчиктер параметрілері

Батареяларды зарядтау және разрядтау шығындармен бірге жүреді. Қарастырылған қорғасын-қышқыл аккумуляторлар циклінің тиімділігі шамамен 80% құрайды. Бұл батарея сыйымдылығының мөлшерін жақсы анықтауға байланысты. Фотоэлектрлік панельдерден алғашқы өндірілген электр энергиясы тұтыну үшін беріледі. Егер артық өндіріс болса, онда батареяларда электр энергиясы жиналады. Фотоэлектрлік панельдермен электр энергиясын өндіру сұраныстан төмен болған кезде, батареялар электр энергиясын шығара бастайды. Батареяларды зарядтау және разрядтау инвертормен басқарылады, сондықтан әр циклдің (күннің) басында және оның соңында әрқашан бірдей заряд болады.

3.5 Matlab Simulink ортасында аккумулятор батареясының параметрлері

Батареялық блок жалпыланған динамикалық модельді жүзеге асырады.

Батареяның динамикалық моделінің заряды мен разряды аккумулятордың ең танымал қорғасын-қышқылды аккумулятор түрімен эксперименталды түрде тексеріледі.



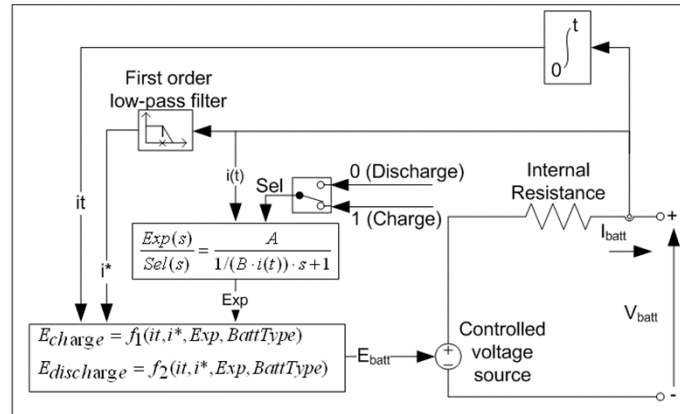
3.8-сурет – Matlab Simulink ортасында аккумулятор батареясының бейнесі

Батарейаның динамикалық моделінің заряды мен разряды аккумулятордың ең танымал қорғасын-қышқылды аккумулятор түрімен эксперименталды түрде тексеріледі.

Бұл модельдің ерекшелігі - пайдалану сипаттамаларын алудың қарапайымдылығы. Блокқа кіру үшін тек үш параметр қажет:

- номиналды кернеу, В (Nominal Voltage);
- номиналды сыйымдылық, А/сағ (Rated Capacity);
- бастапқы заряд күйі, % (Initial State-Of - Charge).

Батарейаның эквивалентті тізбегі 3.9 - суретте көрсетілген.



3.9-сурет – MATLAB ортасындағы аккумулятордың эквивалентті схемасы

Төменде батарея блогындағы батареялардың заряды мен разрядының модельдерін есептейтін формулалар келтірілген:

Қорғасын-қышқылды АБ үшін:

разрядтау моделі ($i^* > 0$)

$$f_1(it, i^*, i, Exp) = E_0 - K \cdot \frac{Q}{Q - it} \cdot i^* - K \cdot \frac{Q}{Q - it} \cdot it + \text{Laplace}^{-1} \left(\frac{Exp(s)}{Sel(s)} \cdot 0 \right). \quad (3.1)$$

зарядтау моделі ($i^* < 0$)

$$f_2(it, i^*, i, Exp) = E_0 - K \cdot \frac{Q}{it + 0.1 \cdot Q} \cdot i^* - K \cdot \frac{Q}{Q - it} \cdot it + \text{Laplace}^{-1} \left(\frac{Exp(s)}{Sel(s)} \cdot \frac{1}{s} \right). \quad (3.2)$$

мұндағы: E_{batt} - сызықты емес кернеу, В;

E_0 - тұрақты кернеу, В;

$E_{xp(s)}$ - аймақтың экспоненциалды динамикасы, В.

$S_{el(s)}$ - батареяның жұмыс режимін білдіреді:

Батарейаны зарядтау кезінде $S_{el(s)}=0$,

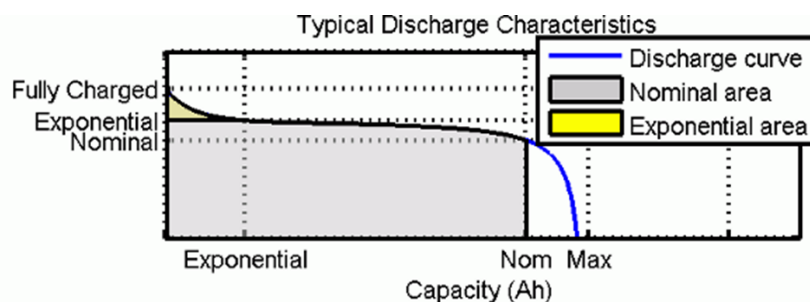
батареяны разрядтау кезінде $S_{el(s)}=1$.

K -поляризация тұрақтысы, А*сағ-1;

i^* - төмен жиілікті ағымдағы динамика, А;

I-батарея тогы, A;
 it-алынған сыйымдылық, A*сағ;
 B-экспоненциалды сыйымдылық, A*сағ;
 Q-батареяның максималды сыйымдылығы, A*сағ;
 A-экспоненциалды кернеу, B.

Эквивалентті тізбектің параметрлерін оның разрядтық сипаттамаларына негізделген батареяның белгілі бір түрін көрсету үшін өзгертуі 3.10 - суретте көрсетілген.



3.10-сурет -Типтік разряд қисығы

Бірінші аймақ - батарея зарядталған кезде кернеудің экспоненциалды төмендеуі. Батарея түріне байланысты бұл аймақ көп немесе аз болып келеді. Екінші аймақ - кернеу батареяның номиналды кернеуінен төмен түскенше батареядан алуға болатын кернеуді көрсетеді. Үшінші аймақта кернеу өте тез төмендеген кезде батареяның толық заряды көрсетілген. Батареялардың төрт түрі үшін алдын-ала анықталған параметрлер үлгілерінің тізімінен АБ түрін таңдауға мүмкіндік береді:

- Қорғасын-Қышқылды
- Литий-Ионды
- Никель-Кадмийлі
- Никель-Металл Гидрид.

Номиналды кернеу, B. Номиналды кернеу - разряд сипаттамаларының сызықтық аймағының соңын білдіреді.

Номиналды сыйымдылығы, A*сағ. номиналды сыйымдылығы - батареяның ең аз тиімді сыйымдылығы.

Зарядтың бастапқы күйі, %. Бастапқы заряд күйі SOC ретінде белгіленеді. Егер мән 100% болса, онда батарея толық зарядталған. Ал 0% мәнінде батарея заряды таусылған. Бұл параметр модельдеудің бастапқы шарты ретінде қолданылады және разряд қисығына әсер етпейді.

Максималды сыйымдылық, A*сағ. Батареяның кернеуінде үзіліс болған кезде максималды теориялық сыйымдылық. Бұл параметрдің мәні, әдетте, номиналды сыйымдылықтың 105% құрайды.

Разрядтың номиналды тогы, A. Разряд қисығы өлшенген разрядтың номиналды тогы.

Ішкі қарсылық, Ом. Зарядтау және разряд циклдері кезінде ішкі кедергі тұрақты болады және токтың амплитудасына байланысты өзгермейді.

Номиналды кернеудегі сыйымдылық, $A \cdot \text{сағ}$. Кернеу номиналды кернеуден төмен түскенше батареядан шығарылады.

Экспоненциалды аймақ. Кернеу (U_{exp}) және сыйымдылық (Q_{exp}) экспоненциалды аймақтың соңына тән. Кернеу U_{nom} және U_{full} интервалында анықталады, сыйымдылығы 0-ден Q_{nom} -ға дейін.

Разряд сипаттамасы бөлімі (Plot Discharge Characteristics). Ол екі графиктен тұратын фигураның бөлімдерін таңдауда қолданылады. Бірінші график разрядтың номиналды қисығын, разрядтың номиналды тогымен, ал екінші график берілген токтардағы разряд қисықтарын көрсетеді.

Разрядты ток (Discharge current). Сұрақ қоюға мүмкіндік береді әр түрлі маңызы бар разрядтық ток. Бұл токтардың разрядтық сипаттамалары графиктің екінші бөлігінде көрсетілген. Бұл график үшін X осі ретінде уақытты немесе ампер-сағатты орнатуға мүмкіндік береді. Батареяның жауап беру уақыты, с. Бұл мән кернеу динамикасын білдіреді.

Ұсынылған модель белгілі бір болжамдар мен шектеулерге негізделген:
Модель үшін:

- зарядтау және зарядтау циклдары кезінде ішкі кедергі тұрақты деп есептеледі және токтың амплитудасына тәуелді емес;

- модель параметрлері сипаттамалар санатынан алынады және зарядтау үшін тең қабылданады;

- батареяның сыйымдылығы токтың амплитудасына байланысты өзгермейді;

- температура модельдің параметрлеріне әсер етпейді;

- өздігінен разряд жоқ;

- жадтың әсері жоқ.

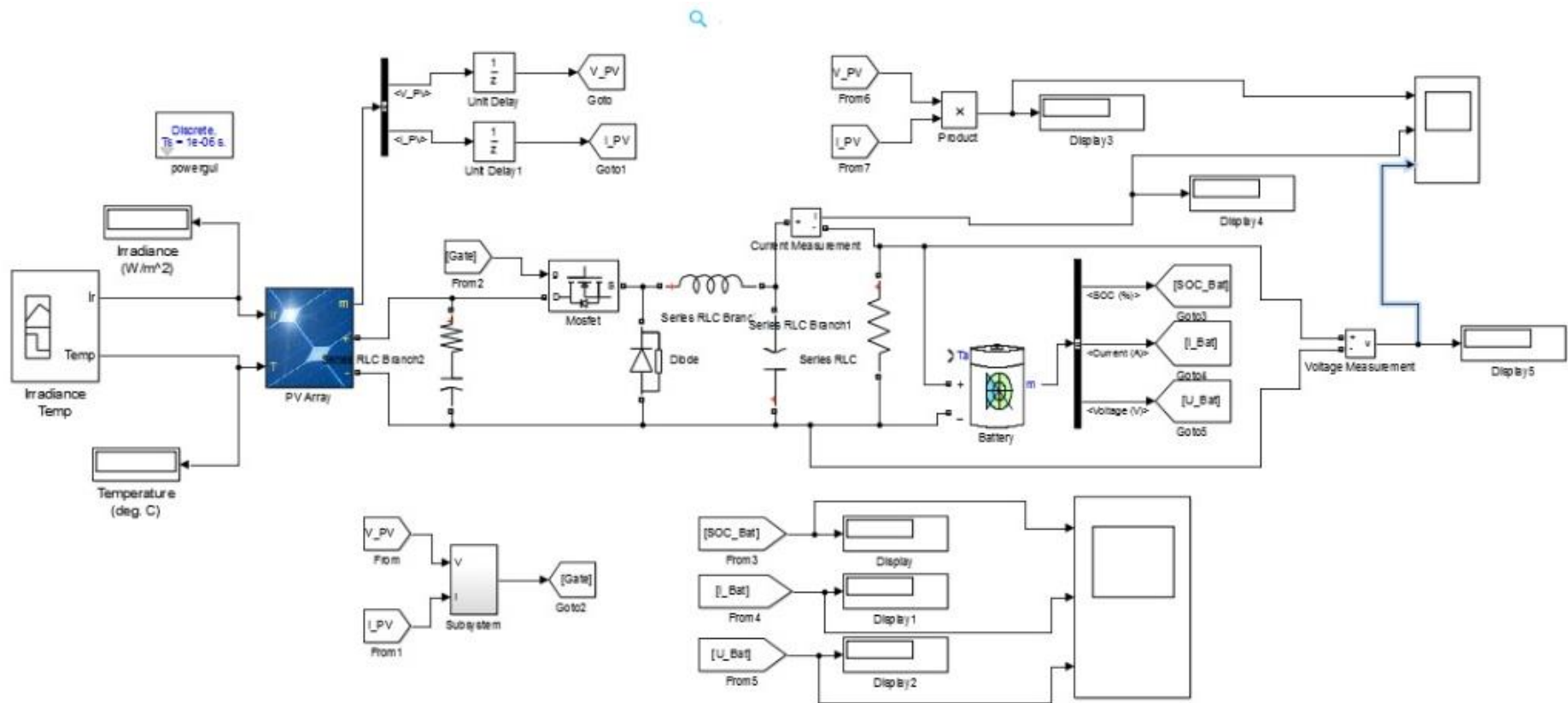
Модель шектеулері:

- батареяның минималды кернеуі - 0 В, ал батареяның максималды кернеуі - $2 \cdot E_0$.

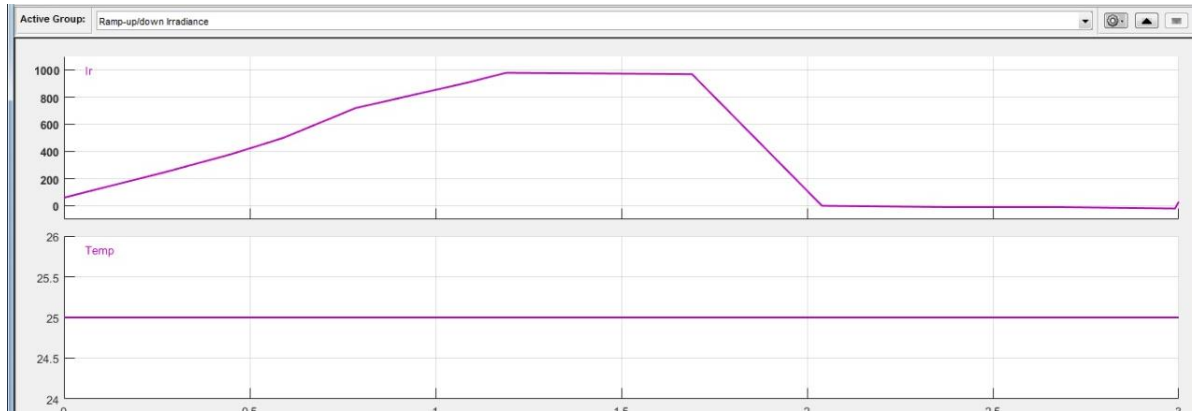
- батареяның минималды сыйымдылығы 0 А/сағ, ал максимум 100%-дан аспауы керек.

3.6 Matlab Simulink ортасында аккумулятор батареясын қолданып автономды күн станциясын модельдеу

Matlab/Simulink бағдарламалық жасақтамасында аккумулятор батареясын модельдеу жасалды. Модельдеу 3.13-суретте көрсетілген схемаға сәйкес жасалады. Күн радиациясының имитаторы 3.14-суретте көрсетілген.



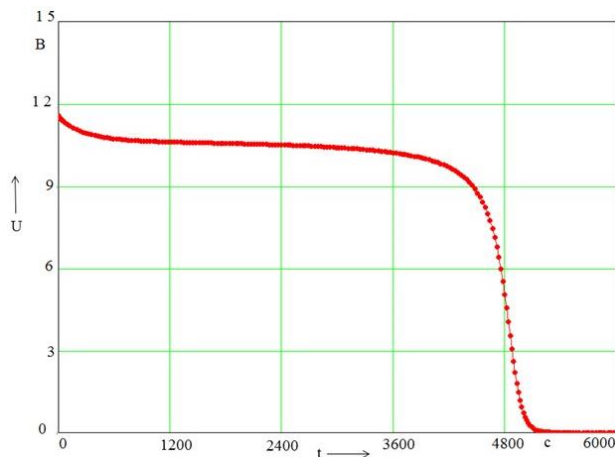
3.13-сурет – Matlab Simulink ортасындағы күн станциясының схемасы



3.14-сурет – Matlab Simulink ортасындағы күн радиациясының имитаторы

Battery блогына АБ тізімінен қорғасын-қышқылды аккумуляторлық батарея таңдалған. Блокқа негізгі деректер енгізілген: U -номиналды кернеу, Q -номиналды сыйымдылық, SOC - зарядтың бастапқы күйі. Шығыс параметрі - U жүктемесіндегі кернеу.

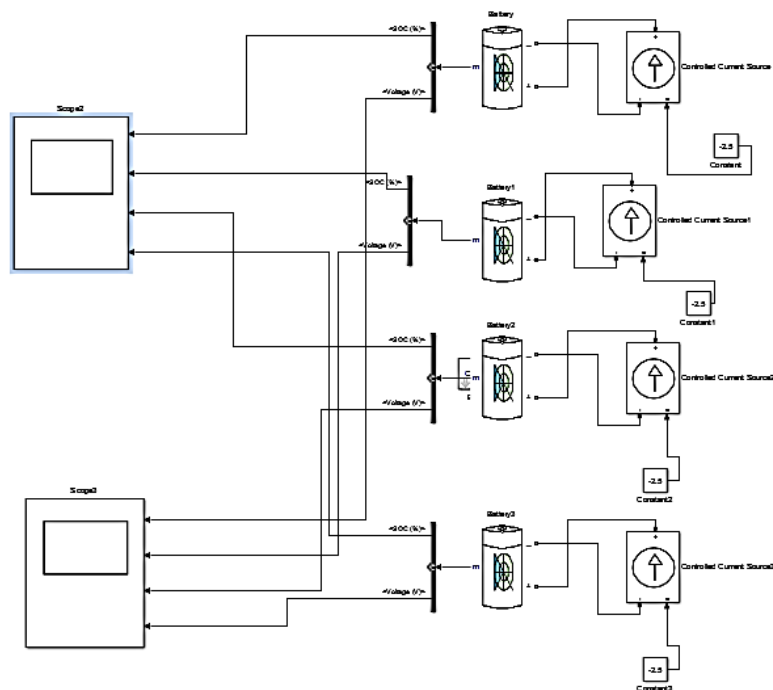
АБ үшін бастапқы мәндер: $U = 12$ В, $Q = 100$ А*сағ, SOC = 40 %. Жүктеме кернеуінің t уақытына тәуелділігі 3.15 және 3.16 -суретте көрсетілген.



3.15-сурет – U жүктемесіндегі кернеудің t уақытына тәуелділік графигі

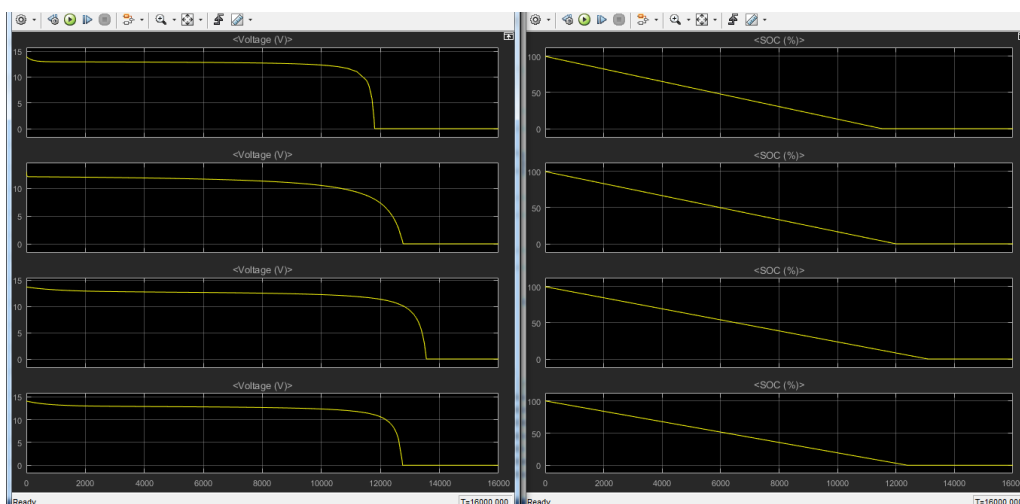
Эксперименттік зерттеу нәтижелерін талдау кезінде зерттеу үшін таңдалған батарея қолайлы сыйымдылықты сипаттамаларға ие. Біздің жағдайда, бұл қорғасын-қышқылды типті қайта зарядталатын батарея. Батарея заряды таусылғанда ішкі қарсылық артады, бұл әсіресе батареяның заряды біткен кезде байқалады. Matlab/Simulink бағдарламасында батарея блогтарына тәжірибе 3.16-суреттегі сұлба бойынша жасалынды.

Разрядтың алғашқы минуттарындағы барлық мәліметтерін талдағаннан кейін URC ашық тізбегінің кернеуі 3,3-5% төмендейді, келесі разряд кезінде URC 0,75 В төмендейді, орташа есеппен 4%.



3.16-сурет – Matlab/Simulink бағдарламалық жасақтамасындағы батарея блогтары

- Қорғасын-Қышқылды
- Литий-Ионды
- Никель-Кадмийлі
- Никель-Металл Гидрид.



3.17-сурет – Matlab/Simulink бағдарламасында батарея нәтижелері

Matlab/Simulink бағдарламалық жасақтамасындағы батарея блогы батареялардың 4 негізгі түрін модельдеуге мүмкіндік береді. Бұл модельдің ерекшелігі - пайдалану сипаттамаларын алудың қарапайымдылығы. Блокқа кіру

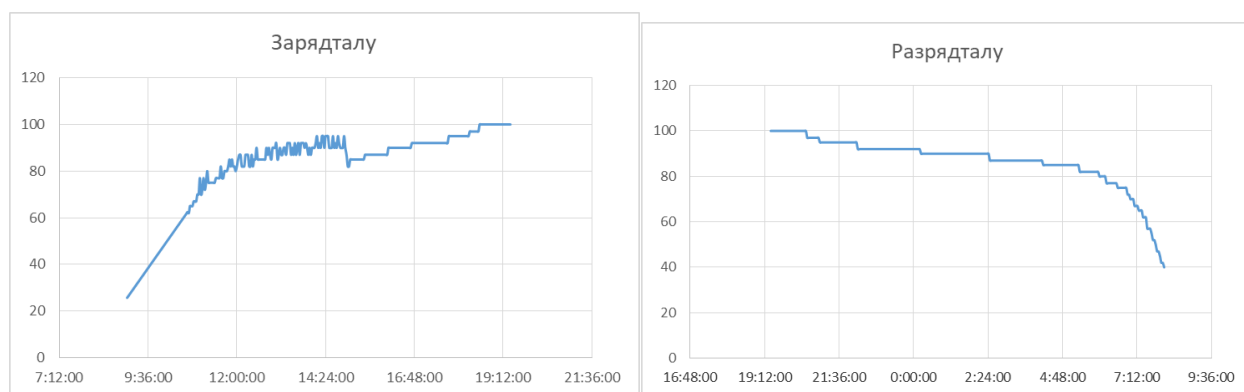
үшін тек үш параметр қажет: номиналды кернеу; номиналды сыйымдылық; зарядтың бастапқы күйі. Бірақ блок ішкі қарсылықтың өзгеруін ескермейді.

Зерттеу үшін таңдалған қорғасын-қышқылды батареяларды эксперименттік модельдеу математикалық модель разряд сипаттамасында жеткілікті екенін көрсетті.

Модельдеу мен тәжірибеден алынған мәндер арасында салыстыру жұмыстары жүргізілді.

3.7 Аккумулятор батареясын қолданып автономды күн станциясын модельдеу

Төменде көрсетілген графикте аккумулятор батареясының жүктемен бірге қалай жұмыс жасайтыны көрсетілген. Жүктеме ретінде бізде камутатор таңдалды, оның номиналды қуаты 30 Ватт. Және де таңдалған инветор 50 Ватт көлемінде энергия тұтынады. Жазғы график 2021 жылдың 11 мамыр күнгі алынған мәліметтер бойынша тұрғызылды. Таңғы 5 пен 8 сағат аралығында жүйенің жұмыс жасамағаны байқалады (3.18-сурет). Алынған мәліметтердің әр түрлі болғандығына байланысты арнайы осы күн таңдалынып алынды.



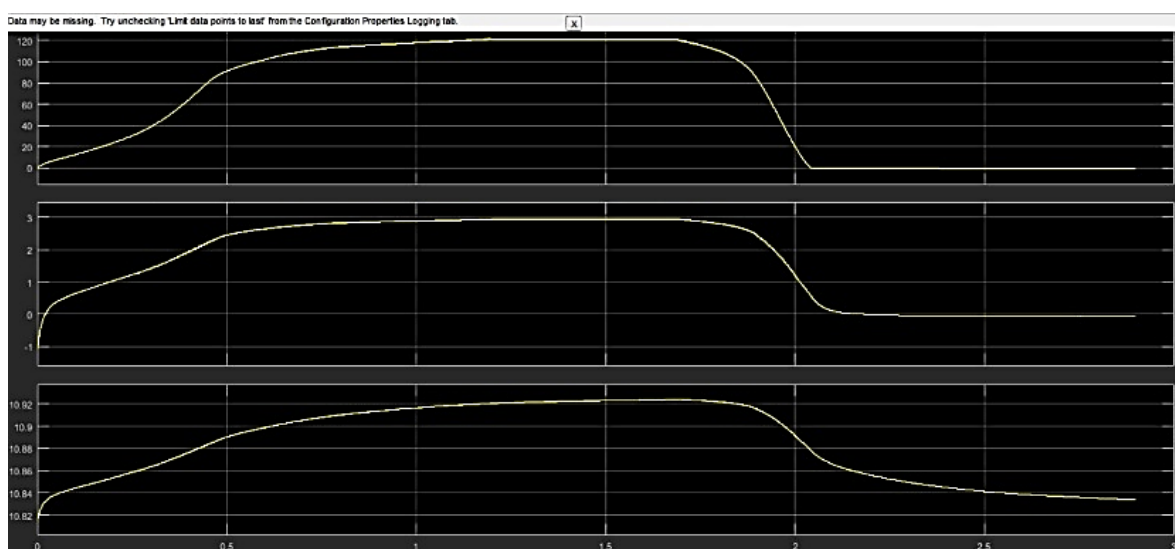
3.18-сурет – Аккумулятор батареясының сыйымдылық параметрінің тәулік өзгеру графигі

Тәжірибелік жұмыста біз қорғасын-қышқылды аккумулятор батареясын таңдап алдық. Оның сыйымдылығы 100 А*сағ. Аккумулятор батареясы автономды жүйеде тібектей жалғанды, себебі күн панелінен шыққан 24 В кернеумен теңестіру болып табылады. Аккумулятор батареясын 2 жағдайда зерттеулер жүргіздік. Бірінші жағдай аккумулятор батареясын тәжірбиелік жағдайда тексердік. Екінші жағдайда Matlab программасында виртуалды жағдайда зерттеу жасадық. Оның жүктеме кезінде қалай жұмыс жасайтынын тексердік.

Жалпы алғанда, КЭС тиімділігін бағалаудың қабылданған есептеу әдістемесінен қорытынды жасай аламыз. Кейбір сәйкессіздіктер модульдің

көлбеу бұрышы мен азимут бағытына және де Алматы қаласының ауа-райы құбылмалы болғанына байланысты болуы мүмкін.

Тәжірибелік жұмыста біз қорғасын-қышқылды аккумулятор батареясын таңдап алдық. Оның сыйымдылығы 100 Ампер*сағ. Аккумулятор батареясы автономды жүйеде тібектей жалғанды, себебі күн панелінен шыққан 24 В кернеумен теңестіру болып табылады. Аккумулятор батареясын 2 жағдайда зерттеулер жүргіздік. Бірінші жағдай аккумулятор батареясын тәжірбиелік жағдайда тексердік. Екінші жағдайда Matlab программасында виртуалды жағдайда зерттеу жасадық. Оның жүктеме кезінде қалай жұмыс жасайтынын тексердік. Нәтижесі 3.19-суретте келтірілді.



3.19-сурет – Аккумулятор батареясының параметрлерінің өзгеруі

Matlab Simulink программасында виртуальды автономды аз қуатты күн электр станциясы жасалды. Күн электр станциясын жасау үшін күн панелі, аккумулятор батареясы, жүктеме таңдалынып алынды. Күн панеліне, күннің сәулелену мөлшерімен, ауа температурасының уақыт бойынша мәндері енгізілді. Аккумулятор батареясына бастапқы сыйымдылық мөлшері енгізілді. Жүктеме қуатты көрсетілді. Автономды жүйе компьютерлік программада жасалғандықтан барлық параметрлер идеалды мәніне ие болды.

4 КЭС-те өндірілген электр энергиясын беру процестерін зерттеу

4.1 Дәстүрлі автономды күн фотоэлектрлік жүйелер үшін инверторлар

Энергетика саласында бір шаманы екіншісіне түрлендіру өте жиі қолданылады, өйткені электр энергиясы айнымалы немесе тұрақты ток көздері арқылы өндіріледі. Олар үшін тиісті тұтынушылар: электр қозғалтқыштары, трансформаторлық құрылғылар, тұрмыстық техникалар жасалған.

Көптеген салаларда, сондай-ақ баламалы энергияда тұтынушыларды біріктірілген көздерден пайдалану қажеттілігі туындайды. Қайта зарядталатын батареялар, радиотехникалық құрылғылар, компьютерлік құрылғылар тұрақты токпен қоректенеді немесе айналмалы электромагниттік өрісі бар электр генераторларынан түзеткіштермен түзетіледі. [20].

Тұрақты ток көздерінен тұрмыстық электр қабылдағыштардың синусоидалы гармоникасының электр қозғалтқыштарының жұмысының кері мәселесі инверторлар деп аталатын арнайы жобаланған күрделі электр құрылымдарының көмегімен электр энергиясын айнымалы токқа түрлендіру арқылы жасалады. [18].

Инвертордың мақсаты мен міндеттері. Күн станциясына қосылу әдісіне сәйкес инверторлар тұтынушылар мен аккумуляторларға бөлінеді:

- желілік,
- автономды,
- гибриді.

"On grid" белгісі бар желілік модельдер күн электр станциясынан қоғамдық электр желісінің жүктемелеріне жұмыс істейді. Олар 10 кВт-тан асатын қуаттылығы бар жүйелерде ең көп қолданылады, Еуропа елдерінде қолдануға тән. Ресейде "жасыл тариф" ережелері жеке тұлғаларға бұл әдісті қолдануға құқық бермейді.

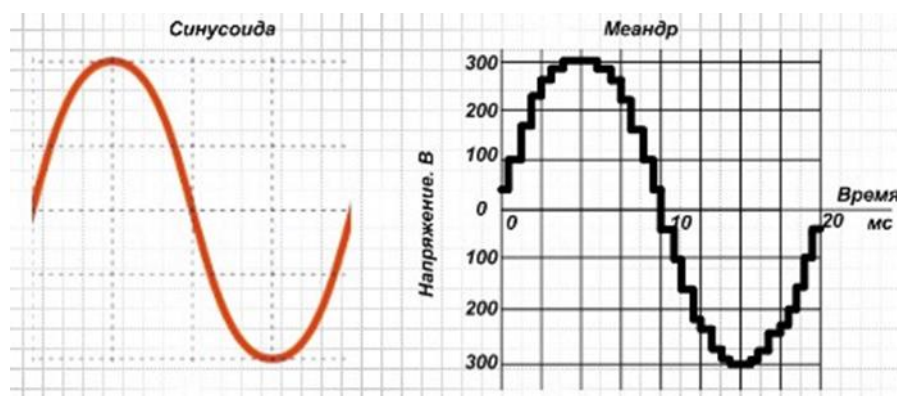
Автономды инверторлар "off grid" дегенді білдіреді. Олар үй тұтынушыларына қосылады және контроллерлер арқылы күн модульдерімен қайта зарядталатын батареялардан қуат алады.

Гибриді конструкциялар екі қосылу әдісін де қолданады. Олар үздіксіз қуат көздерінің схемаларымен жақсы үйлеседі, қажет болған жағдайда контроллердің автоматикасы арқылы батареядан және/немесе күн модулінен жұмыс істей алады. [21].

4.2 Желіге қосылған инверторлардың жұмыс істеу принциптері

Жұмыс кезінде электр тізбегінің элементтерін және бүйірлік процестерді қыздыру үшін қолданылатын энергияның аз бөлігі жоғалады. Сондықтан шығыс қуаты әрқашан кіріс қуатынан төмен. Жақсы конструкцияның тиімділігі 90 - 95% мәні бар тиімділікпен анықталады.

Инвертор периодты кернеу генераторы болып саналады, себебі оның пішіні синусоидалы гармоникаға өте жақын немесе одан шығу сигналының пішіні бойынша айтарлықтай ерекшеленеді.



4.1-сурет – Инвертор арқылы генерацияланатын синус толқынының және оның аналогының графиктері

Графикте синусоидтың негізгі түрлері және инвертордың шығысындағы оның түріне жақын кернеу көрсетілген, ол әдетте «Меандр» деп аталады. Әртүрлі функцияларды орындау мүмкіндіктері бар дизайнның күрделілігіне байланысты меандрдың пішіні синустың сипаттамаларына жақынырақ немесе әр жарты толқында қарапайым трапецияларға немесе тіпті тіктөртбұрыштарға ұқсас болуы мүмкін. [26].



4.2-сурет – Меандрдың синусты пішіні

Меандрдың жеңілдетілген пішіні электр қуатының белсенді компонентін тұтынатын индуктивті жүктемелері жоқ құрылғылар үшін қолайлы. Бұл әртүрлі термоэлектрлік жылытқыштар («TEN» белгісі), қыздыру шамдарымен жарықтандыру жүйелері және ұқсас резистивті құрылымдар[24].

Меандрдың пішіні айнымалы ток қозғалтқышының құрылғыларына және тұрмыстық техниканың трансформаторлық жинақтарына белгілі бір әсер етуі мүмкін. Олардың жұмысы үшін тамаша шешім - таза синус. Сондықтан синусоидалы гармоникаға өте жақын шығыс кернеуін шығаратын күрделі инверторлар жабдық үшін тартымдырақ. Бірақ олардың өндірісінің құны жоғары.

Меандрді синусоидқа жақындатудың ерекше дәлдігі жоғары дәлдіктегі өлшеу құралдары, медициналық жабдықтар, кәсіби аудио жүйелер және телекоммуникациялық жабдықтар үшін маңызды. Күн электр станциялары үшін 220 вольт мәні бар айнымалы кернеудің бір фазасын жасайтын тізбектер үлкен сұранысқа ие. Тұрақты токты түрлендіру үшін түрлендіргіш трансформатор тізбегі бар немесе онсыз жұмыс істей алады. Трансформатордың болуы дизайнды айтарлықтай қиындатады, бірақ жоғары сапалы шығыс сигналын жасауға мүмкіндік береді.

Құрылғының салқындату жүйесі мәжбүрлі желдеткішті пайдалана алады. Қымбат дизайнды мыналарға назар аударылады:

- шусыздық,
- жүктемеге байланысты бірнеше жұмыс режимдерін пайдалану (әсіресе қызып кету кезінде).

Өнеркәсіпте өндірілген инверторларды бір фазалы жүйелерден жоғары қуатты үш фазалы құрылғыларға біріктіруге болады. Олар артық өндірілген электр энергиясын өнеркәсіптік желіге беруге дейін әртүрлі тапсырмаларды орындауға қабілетті[23].

Инверторды таңдаудың негізгі ережелері. Тұрақты токтың тұрмыстық құрылғылары мен аккумуляторлары конструкциясына байланысты 12/24/36/48 вольт стандартты кернеулерде жұмыс істейді. Кернеудің әрбір көрсетілген түрі үшін инверторларды өндірушілер өз жабдықтарын шығарады. Модельді таңдағанда бұл ескерілуі керек.

Инверторды пайдалану кезінде мыналарды ескеріңіз:

- ең жоғары қуат тұтынуы,
- төрт жұмыс фазасы: іске қосу режимі, номиналды қуатта электр энергиясын ұзақ мерзімді түрлендіру кезеңі, бос жүріс, шамадан тыс жүктеме.

Тұтынушылардың ең жоғары қуаты сыни жүктемелерді жасау кезінде белгілі бір уақыт аралығында өлшенеді, ол стандартты желінің номиналды мәндерінен $\sim 220 \text{ В} / 50 \text{ Гц}$ айтарлықтай асып кетуі мүмкін[21].

Іске қосу режимінде инверторлар электр қозғалтқыштарын іске қосудың қысқа уақытында (бірнеше миллисекунд) шамадан тыс қуатты беруге және сыйымдылық жүктемелерін іске қосуға қабілетті. Бұл режим тоназытқыштарды, кір жуғыш машиналарды және ыдыс жуғыштарды қосқанда сипатталады.

Үздіксіз міндет таңдалған дизайнның рейтингтерінде болуы керек. Шығу кезінде жүктемесіз құрылғының қуат тұтынуы жоғары сапалы үлгілер үшін номиналды 1% аспауы керек.

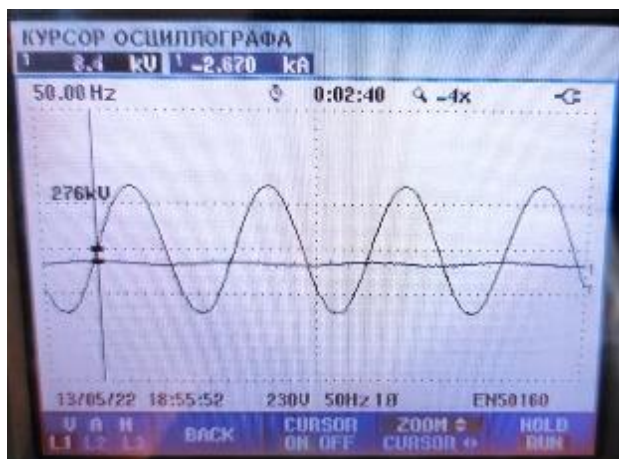
Шамадан тыс жүктеме кезеңінде инверторлардың белгілі бір түрлері жарты сағат ішінде номиналды мәннен 50% -дан асатын қуатты сенімді түрде бере алады. Бірақ құрылғының әрбір үлгісі үшін бұл мүмкіндік әртүрлі орындалады [26].

4.3 Желіге қосылған күн фотоэлектрлік жүйесінің электр энергиясының сапасын талдау

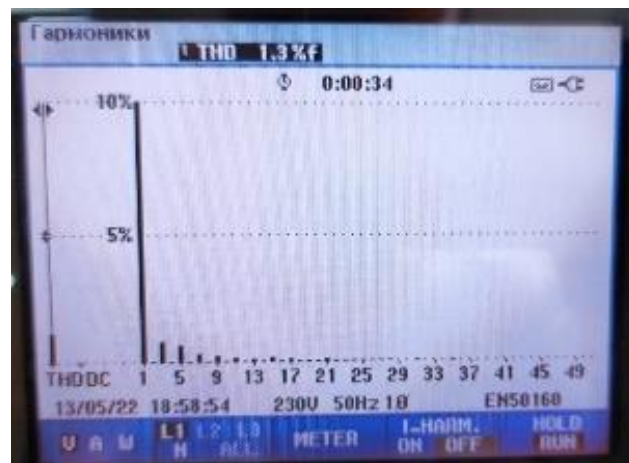
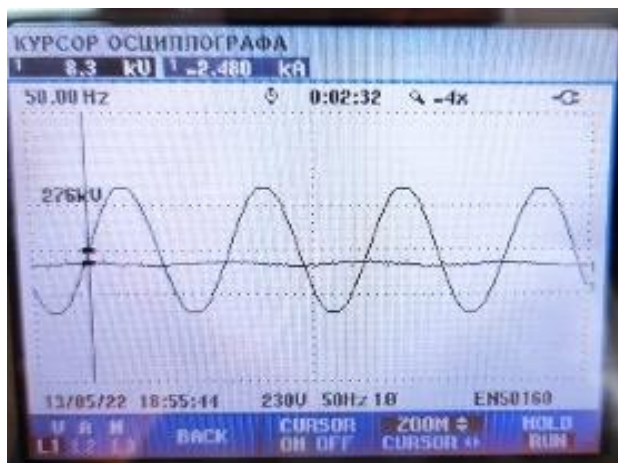
Тәжірибелік жұмыстың мақсаты автономды Күн электр станциясының энергияны электр желісіне тарату процестерін бағалау үшін жүргізілді.

Бұл жұмыс желідегі электр энергиясының параметрлерін зертеу жұмыстарын жасауға, маңызды параметрлерді алып электр энергиясының сапасын жақсартуға арнап жасалды. Энергияның негізгі көзі ретінде күн панельдері, жинақтауыш ретінде аккумулятор батареясы және түрлендіргіш ретінде инвертор және қыздыру шамдары алынып таңдалынды.

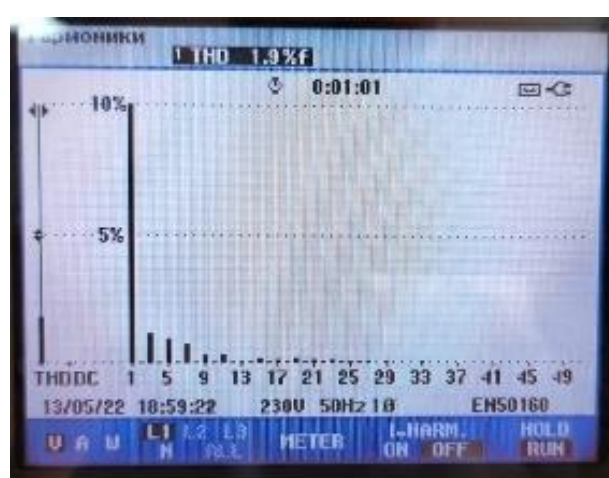
Желіге қосу кезінде инвертордың шығысындағы синусоидалы кернеудің гармоникасының бұрмалануы байқалады. Жүктемелердің өзгеруі кезінде кернеу гармоникасының бұрмалануы 4.3 - 4.6-суреттен көруге болады.



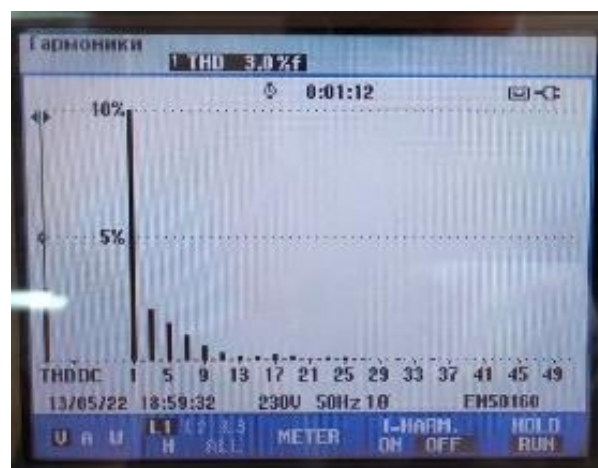
4.3 - сурет – Жүктеме шамасы 60 Вт болғанда



4.4 - сурет – Жуктеме шамасы 120 Вт болғанда



4.5 - сурет – Жуктеме шамасы 220 Вт болғанда



4.6 - сурет – Жуктеме шамасы 320 Вт болғанда

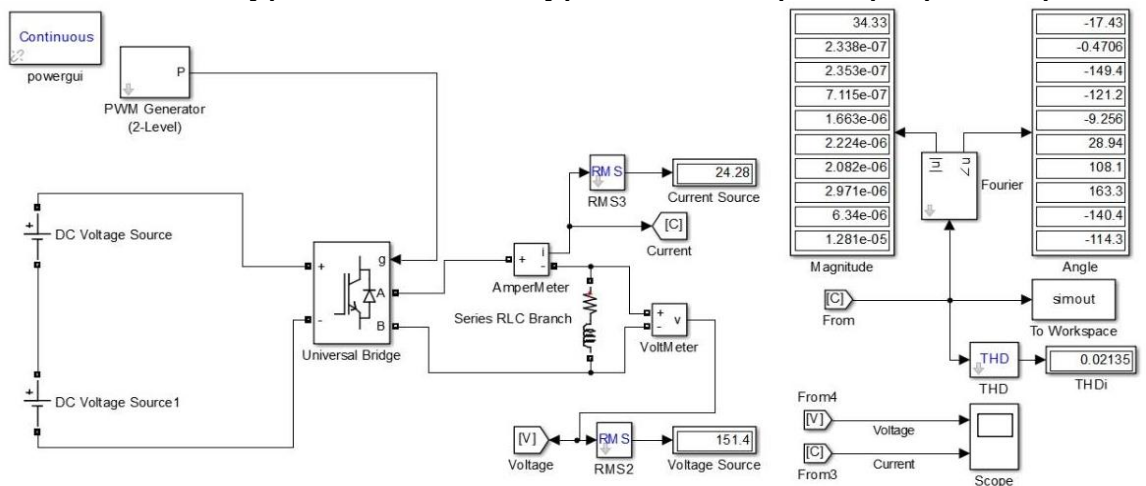
Жуктемелердің өсуіне байланысты гармоникалық бұрмаланудың синусойдолы кернеуге әсер етуін айөын байқауға болады. Меандрдың пішіні

айнымалы ток құрылғыларына және тұрмыстық техниканың трансформаторлық жинақтарына белгілі бір әсер етуі мүмкін. Яғни құрылғылардың жұмысы үшін тамаша шешім - таза синус болмақ. Сондықтан жабдықтар үшін синусоидалы гармоникаға өте жақын шығыс кернеуін шығаратын күрделі инверторларды Matlab Simulink ортасында жасалынды .

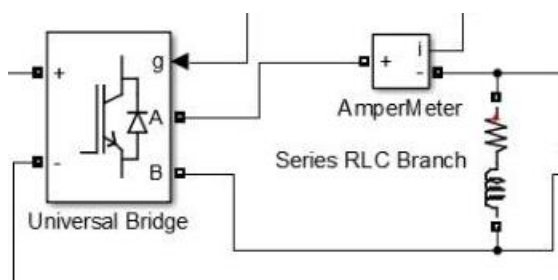
4.4 "ЕИМ"ендік-импульстік модуляциясы арқылы гармоникалық бұрмалануларды азайту

Бұл бөлімде ағымдағы гармоникалық бұрмалануға ЕИМ пайдаланудың әсері 4.8-сурет және 4.9-суреттерде көрсетілген.

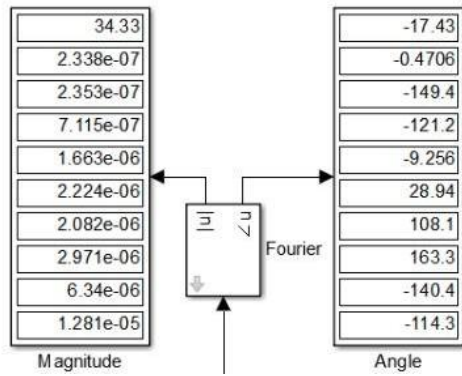
Келесі суретте ағымдағы гармоникалық бұрмалануға ЕИМ әсерін көрсету үшін блок-схема 4.7-суретте және 4.10-суретте блок параметрлері келтірілді.



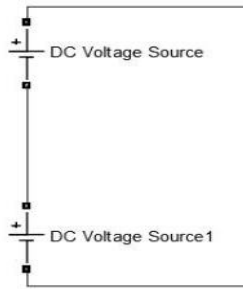
4.7-сурет – ЕИМ блок-схемасы



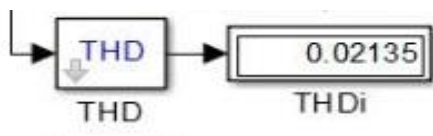
IGBT транзисторларына негізделген көпір инверторы бар активті-индуктивті жүктеме



Гармоникалық тәртіптің шамасы мен бұрышын көрсетуге арналған құрылымдық диаграмма.

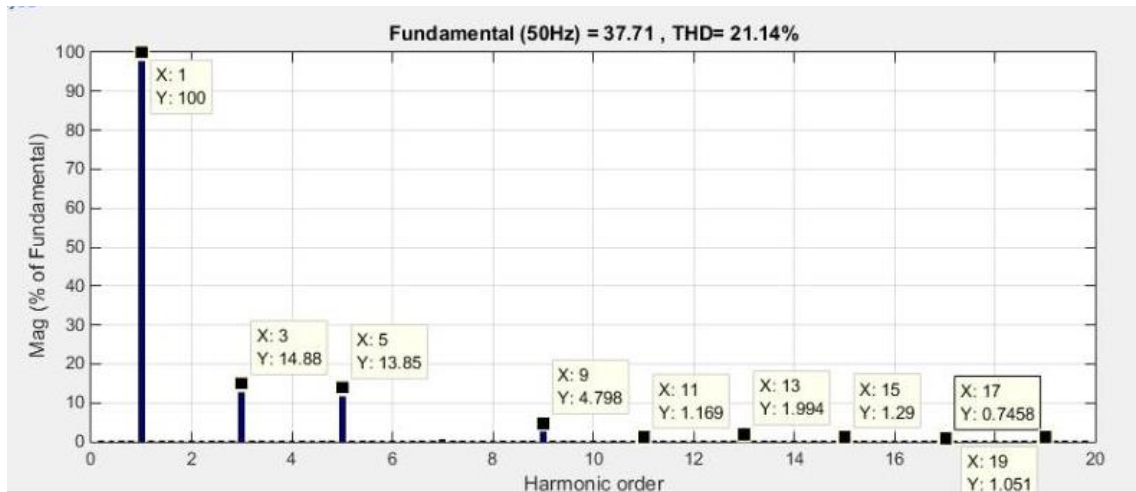


Қуат көзі (әрқайсысы 100 В)

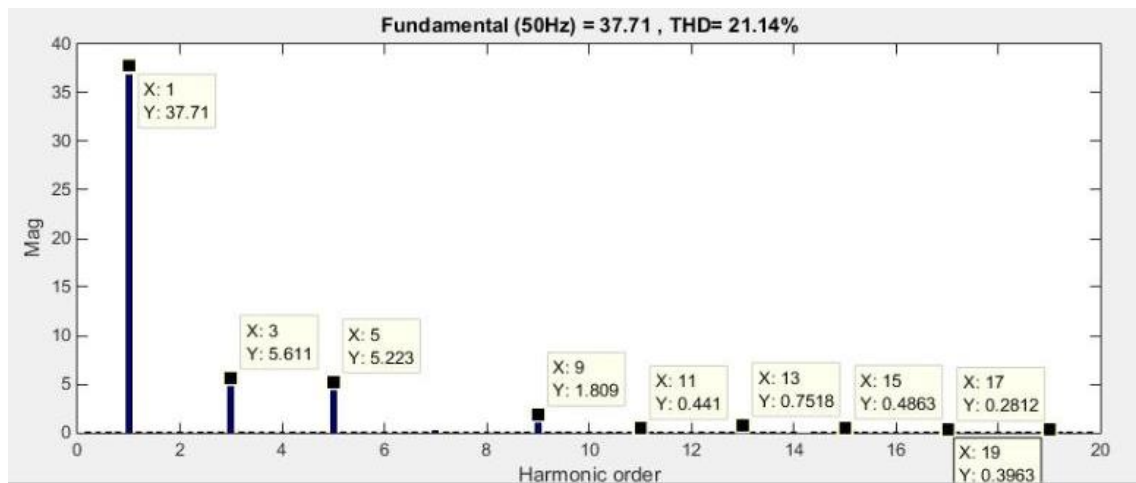


Тізбектегі жалпы гармоникалық бұрмалануды есептеуге арналған құрылымдық диаграмма (жиілік 50 Гц-ке орнатылған).

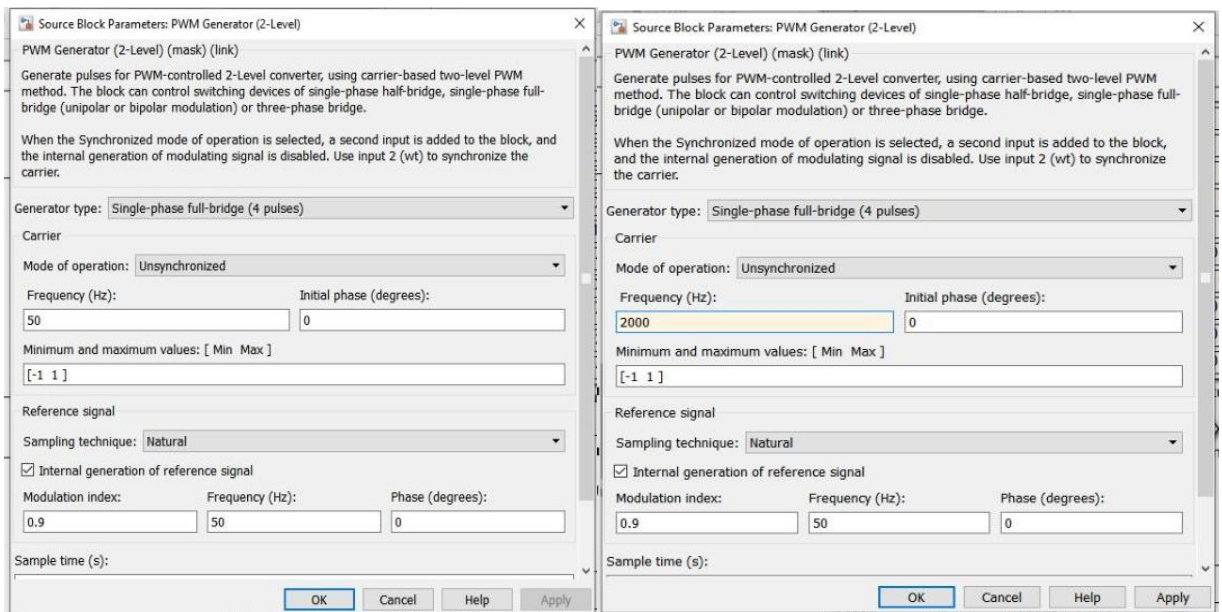
Бірінші кезеңде ЕИМ -дегі тасымалдаушы жиілігінің ағымдағы гармоникалық бұрмалану коэффициентіне әсері көрсетілген.



4.8-сурет – 50 Гц тасымалдаушы жиілігінде және 0,9 модуляция индексіnde сызықты емес жүктеменің әсерінен токтың гармоникалық бұрмалануының пайызы



4.9-сурет – 50 Гц тасымалдаушы жиілігіндегі сызықты емес жүктеме және 0,9 модуляция индексі әсерінен гармоникалық бұрмалану.



4.10-сурет - ЕИМ генераторының параметрлері

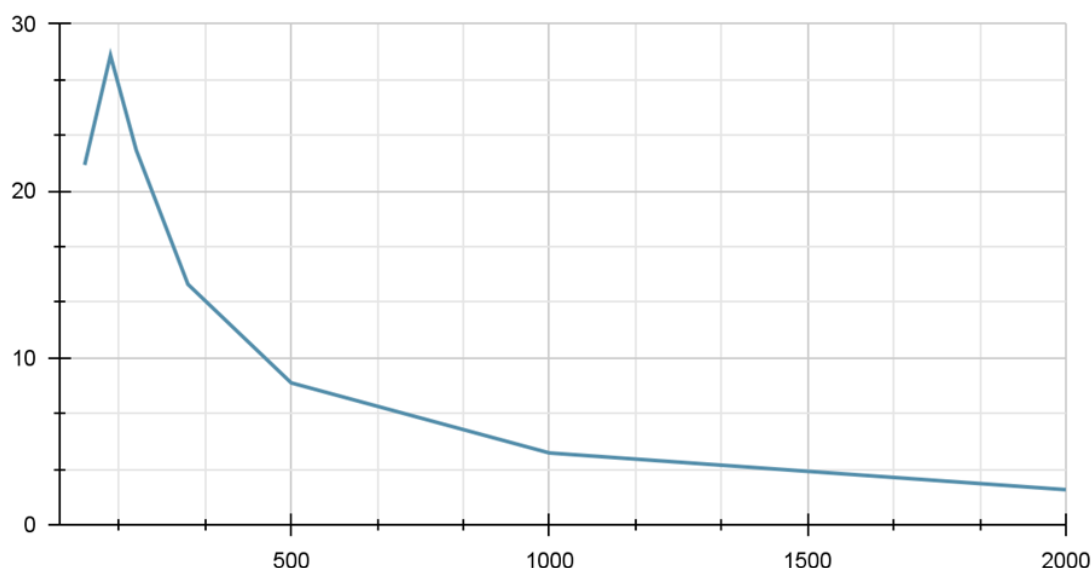
Келесі кестеде ЕИМ -дегі тасымалдаушы жиілігінің ток гармоникалық бұрмалануына әсері көрсетілген.

4.1-кесте – ЕИМ тасымалдаушы жиілігінің THD-ге әсері

Индекс модуляциясы	Жиілік	THD
0.9	50	21.27
0.9	100	21.56
0.9	150	28.12
0.9	200	22.44
0.9	300	14.41
0.9	500	8.5
0.9	1000	4.3
0.9	2000	2.1

Жоғарыда келтірілген кестеден токтың толық гармоникалық бұрмалануы 21,27% - дан 2,1% - ға дейін төмендейді, ал тасымалдаушы жиілік 50 Гц-тен 2000 Гц-ке дейін артады.

Келесі суретте ЕИМ-де қолданылатын тасымалдаушы жиіліктің токтың жалпы гармоникалық бұрмалануына әсері көрсетілген.



4.11-сурет – ЕИМ-де қолданылатын тасымалдаушы жиіліктің токтың жалпы гармоникалық бұрмалануына әсері.

Тасымалдаушы жиілігі артқан сайын ток гармоникалық бұрмалану коэффициенті төмендейтінін жоғарыдағы суреттен көруге болады.

THDі азайту үшін ЕИМ пайдаланудың екінші қадамы модуляция индексінің ток гармоникалық бұрмалануына әсерін көрсетеді.

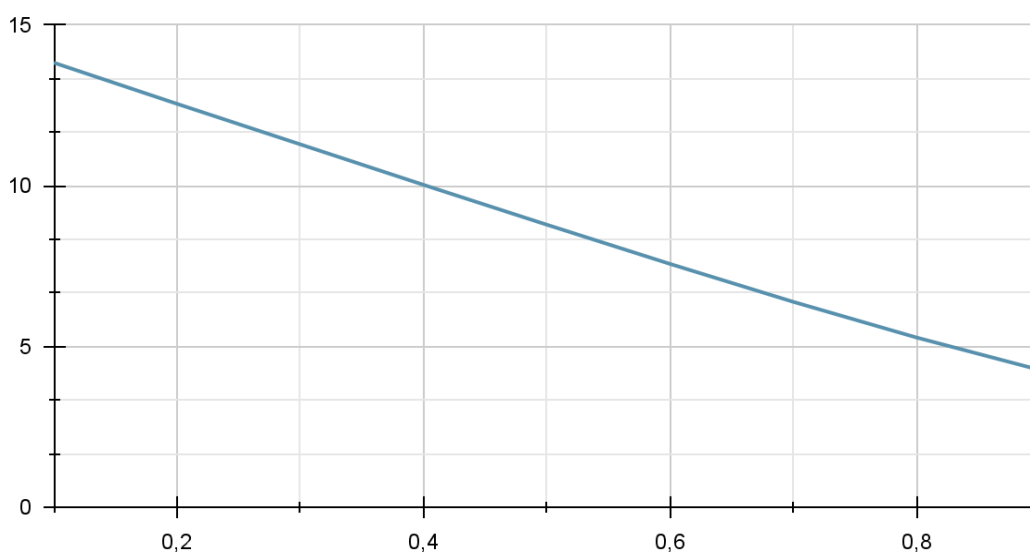
Келесі кестеде ЕИМ модуляция индексінің ток гармоникалық бұрмалануына әсері көрсетілген.

Кесте 4.2-ЕИМ модуляция индексінің THDi-ге әсері

Индекс модуляциясы	Жиілік	THD
0.1	1000	13.83
0.2	1000	12.55
0.3	1000	11.29
0.4	1000	10.03
0.5	1000	8.79
0.6	1000	7.57
0.7	1000	6.39
0.8	1000	5.28
0.9	1000	4.27

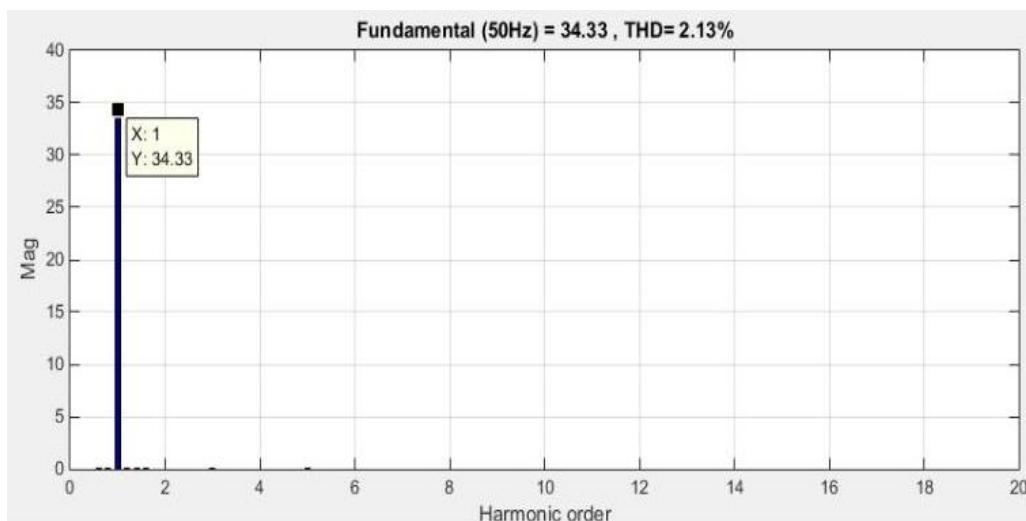
Жоғарыда келтірілген кестеден модуляция индексі 0,1-ден 0,9-ға дейін жоғарылаған кезде токтың гармоникалық бұрмалану коэффициенті 13,83% - дан 4,27% - ға дейін төмендейтінін атап өтуге болады.

Келесі суретте ЕИМ модуляция индексінің токтың жалпы гармоникалық бұрмалануына әсері көрсетілген.

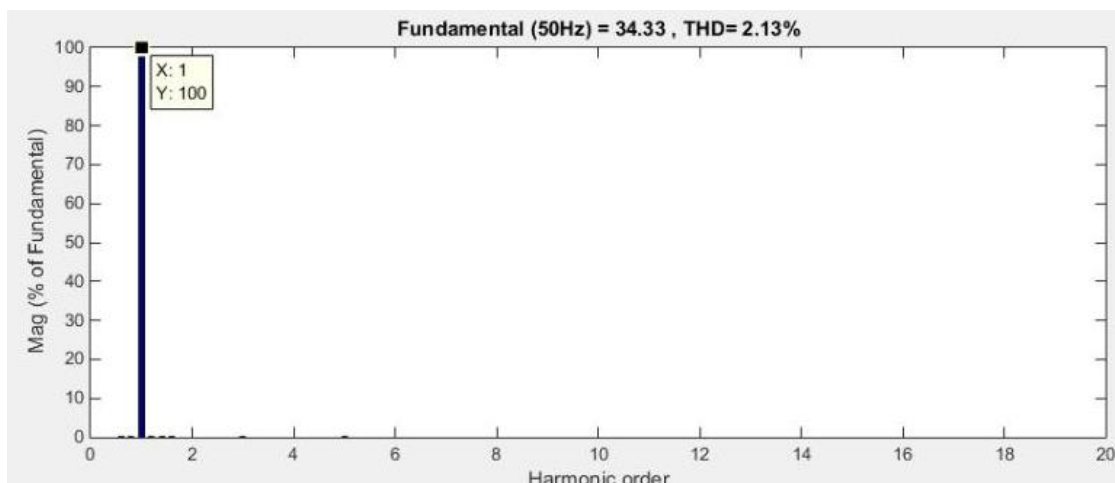


4.12-сурет – ЕИМ-де қолданылатын модуляция индексінің токтың жалпы гармоникалық бұрмалануына әсері.

Жоғарыда келтірілген суреттен модуляция индексінің жоғарылауымен токтың гармоникалық бұрмалану коэффициенті төмендегенін көруге болады.



4.13-сурет – 2000 Гц тасымалдаушы жиілігі мен 0.9 модуляция индексі кезіндегі сызықтық емес жүктемеге байланысты Гармоникалық бұрмаланулар



4.14-сурет – 2000 Гц тасымалдаушы жиілігі мен 0.9 модуляция индексі кезіндегі сызықтық емес жүктеме салдарынан токтың гармоникалық бұрмалануының пайызы

Төртінші тарауда гармоникалық бұрмалану коэффициентін азайту үшін MATLAB/SIMULINK схемаларының модельдері келтірілген. бұл ЕИМ "импульстік ендік модуляциясы", гармоникалық бұрмалану коэффициенті 21,27%-дан 2,1% - ға дейін төмендейді, ал тасымалдаушы жиілігі 50-ден артады. Гц-тен 2000 Гц - ке дейін, сонымен қатар біз модуляция индексінің 0,1-ден 0,9-ға дейін жоғарылауымен гармоникалық бұрмалану коэффициенті 13,83% - дан 4,27% - ға дейін төмендейтінін анықтадық.

ҚОРЫТЫНДЫ

Осы жұмыс аясында барлық тапсырмалар қамтылды, жүргізілген зерттеулер келесі қорытынды жасауға мүмкіндік береді:

1) Еліміздің электр қуатының жетіспеушілігі проблемаларын шешу үшін жанғыртылған энергияны пайдалану мүмкіндіктерін талдау болашақта күн энергиясы отын-энергетикалық кешенінің орнын баса алады деуге келмеседе, үлкен рөл атқаруы мүмкін. Күн энергетикасы саласындағы технологияның әлемдік дамуы, елдегі жеткіліксіз энергиямен жабдықтау мәселесін толығымен және тез шешуге мүмкіндік береді.

2) Жұмыстың идеясы фотоэлектрлік энергия көздері мен қуатты түрлендіру техникасы саласындағы заманауи шешімдерді тиімді пайдалануға негізделген. Сатбаев университеті жағдайында автономды электрмен жабдықтау үшін ФЭУ пайдаланудың орындылығы мен тиімділігі арттыру үшін болжамдар жасалды және дәлелденді.

3) Әдетте КП-інде жұмыс режимдері кезінде қоршаған ортаның күн радиациясының және температураның әсерін есепке алмайды. Бұл диссертацияда КП-лардың сәулелену мен температуралар ескеріле отырып, сонымен қатар бұлтты және ашық күндерге, жыл мезгілдері бойынша сипаттамалық нәтижелер келтірілді.

4) ФЭҚ сұлбалары зерттелді, олар КП, АБ кернеуімен және айнымалы токқа түрленген кездегі гармоникалардың бұрмалануы көрсетілді. Бұл зерттеу транзисторларда асқын кернеу және аккумулятордың кері тогы болмайтын бір фазалы көпірлі кернеу түрлендіргіші бар оңтайлы төмен вольтты тізбекті таңдауға мүмкіндік берді.

Инвертор кернеуін автоматты тұрақтандыру жүйесіндегі тірек кернеуінің екі түрі қарастырылады. Импульстік ендік модуляторы бар жаңа реттегішті қолдану ұсынылады (инвертор кернеуін реттеу әдісі), өйткені ол дәлдікті қамтамасыз етеді және жоғары бұрмалану коэффициентін бермейді.

ПАЙДАЛАНЫЛГАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Козлов А.В., Ковалевский К.В., Юрченко А.В. Результаты климатических испытаний кремниевой солнечной батареи в натуральных условиях г. Томска // Возобновляемая энергетика. Состояние, проблемы, перспективы: Матер. Междунар. конф. – СПб., 2003. – С. 275–281.[1]
- 2 Бурмистров А. А., Виссарионов В. И., Дерюгина Г. В., Кузнецова В. А. Методы расчета ресурсов возобновляемых источников энергии. – М.: МЭИ, 2009. – 144 с.[2]
- 3 Платформа для DIY-электроники. В режиме доступа: <https://amperka.ru/page/what-is-arduino> (дата обращения: 24.03.2021) [3]
- 4 Как проводить непосредственно расчеты солнечных панелей В режиме доступа: <https://solarpanel.today/how-to-calculate/> (дата обращения: 29.03.2021) [4]
- 5 Осадчий Г.Б. Совместное использование солнечной и ветровой энергии/ Осадчий Г.Б. // Академия энергетика.-2013.- №4 (54) .- С. 36-43.
- 6 Безруких П.П.Состояние, перспективы и проблемы развития возобновляемых источников энергии/ Безруких П.П., Стребков Д.С.//Малая энергетика.-2013.- №1-2.- С. 6-9.
- 7 Николаев В.Г. Об эффективности использования возобновляемых источников энергии для производства электроэнергии в базовом и полупиковом режиме/ Николаев В.Г., Ганага С.В. // Малая энергетика.-2005.- №1-2.- С. 20- 25.
- 8 Ганага С.В. Сравнительный анализ экономических показателей возобновляемых и традиционных источников энергии/ Ганага С.В., Кудряшов Ю.И., Николаев В.Г. // Малая энергетика.-2005.- №1-2.- С. 13-19.
- 9 А. да Роза. Возобновляемые источники энергии. Физико-технические основы/ А. да Роза. -2010.- С.622-640.
- 10 Н.Н. Баранов. Нетрадиционные источники и методы преобразования энергии/ Н.Н. Баранов. -2012.- С. 76-89.
- 11 Энергетика за рубежом.-2009.- Выпуск 2.- С. 51-53.
- 12 Быстрицкий Г.Ф. Общая энергетика/ Быстрицкий Г.Ф.- 2005.- С.127-133.
- 14 Бобров А.В. Ветродизельные комплексы в децентрализованном электроснабжении/ Бобров А.В., Тремясов В.А.//Монография. КрасноярскСФУ.- 2012.
- 15 Дубровский В.А. Общая энергетика./ Дубровский В.А.// КГТУ. Красноярск. – 2005. – С. 200-227.
- 16 Родионов В.Г. Энергетика проблемы настоящего и возможности будущего/ Родионов В.Г.//Энас. Москва. – 2010. – С. 103-117.
- 17 Алексеенко С.В. Нетрадиционная энергетика и энергоресурсосбережение/ Алексеенко С.В. // Иновации. Технологии. Решения.- 2006.- №3.- С. 36-39.

- 18 Бобров А.В. Энергосбережение изолированных потребителей северных районов Красноярского края на базе возобновляемых источников энергии/ Бобров А.В., Тремясов В.А., Чернышев Д.А. // Инновации.- 2012.- №3.
- 19 Безруких П.П. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России/ Безруких П.П. Арбузов Ю.Д. Виссарионов В.И.- М.: «Наука», 2002.
- 20 Удалов С. Н., Возобновляемые источники энергии/ Удалов С. Н.- 2007. -432с.
- 21 Ачитаев А. А. Шаги внедрения возобновляемых источников энергии в Республике Хакасия. Современная техника и технологии. Сборник трудов XVI международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых/ Ачитаев А. А., Бузин С. С.-2010.
- 22 Ачитаев А.А. Ветро–солнечные ресурсы и возможность их использования на территории юго-восточного региона Сибири. Сборник трудов международной научно-практической конференции студентов/Ачитаев А.А., Бузин С.С.-2010.
- 23 Аристов Г.Г. Солнце. Государственное издательство технико-теоретической литературы, Москва-Ленинград, 1950
- 24 Сабади П.Р. Солнечный дом. Изд. Стройиздат, Москва, 2005 г.
- 25 Сарнацкий Э.В., Чистович С.А. Системы солнечного тепло- и хладоснабжения. Изд. Стройиздат, Москва, 2001 г
- 26 Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки. Изд. Энергоатомиздат, Москва, 2012 г.
- 27 Volker Quaschnig. Understanding Renewable Energy Systems. Изд. Carl Hanser Verlag GmbH & Co KG, 2005 г

Ғылыми жетекшінің пікірі

Магистрлік диссертация

(Жұмыс түрлерінің атауы)

Кишкенебаев Мусабек Пиржанович

(Оқушының аты-жөні)

7M071800 – Электротехника және электроэнергетика

(мамандық атауы мен шифры)

Тақырыбы: «Күн электр станциясында энергияны генерациялайтын, сақтайтын және желіге беретін процестерді зерттеу»

Диссертациялық жұмыстың мақсаты – автономды Күн электр станцияларында электр энергиясын өндірудің, сақтаудың және желіге берудің мәселелерін зерттеуге негізделген. Диссертацияда зерттеу жұмыстары практикалық жағынан да құнды және диссертация бойынша мақалада жарық көрген.

Жұмыс бойынша қысқаша шолу:

Жұмыстың бірінші бөлімінде Күн панельдерін пайдалану туралы теориялық мәліметтер, жаңа технологиядағы Күн элементтері туралы ақпараттар ұсынылды

Жұмыстың екінші бөлімінде электр энергиясын өндіруіне байланысты Күн сәулесінің түсу бұрышына катысты және жыл мезгілдеріне байланысты мәліметтер алынып, фотоэлектрлік қондырғыны пайдалану мүмкіндігі талданды.

Жұмыстың үшінші бөлімінде Matlab бағдарламасындағы SimPowerSystems бөлімімен үйлесімді күн батареясының әмбебап моделі ұсынылған, бұл күн радиациясының өзгеруін, қоршаған орта температурасын ескере отырып, электрмен жабдықтау жүйесін модельдеуге мүмкіндік береді.

Жұмыстың төртінші бөлімінде кернеу түрлендіргішінің басқару импульстерін генерациялаудың жаңа алгоритмі ұсынылады, ол қолданылатын әдіспен ФКҚ шығыс кернеуінің гармоникасының бұрмалануын жылдам тұрақталуын қамтамасыз етеді.

Диссертациялық жұмысты орындау барысында магистрант теориялық және практикалық жағынан жоғары дайындығын көрсете білді. Жалпы диссертациялық жұмысқа «өте жақсы» (95%) баға беремін және магистрант 7M071800 – «Электротехника және электроэнергетика» мамандығы бойынша техника ғылымдарының магистрі дәрежесіне лайық деп санаймын.

Ғылыми жетекші:

техн.ғыл.канд., ассоц.профессор

Е. Хидолда

«09»

08

2022 ж.

СЫН-ПІКІР

Магистрлік диссертация

Кишкенебаев Мусабек Пиржанович

7M07113 – «Электротехника және энергетика» білім беру бағдарламасы

Тақырыбы: **Күн электр станциясында энергияны генерациялайтын, сақтайтын және желіге беретін процестерді зерттеу**

Өзерленген:

а) түсініктемелік жазба _____ бет

Диссертациялық жұмыс бойынша ескертулер

Бұл диссертациялық жұмыста, таңдалған тақырып өте өзекті және практикалық маңызы бар, ол автономды Күн электр станцияларында электр энергиясын өндірудің, сақтаудың және желіге берудің мәселелерін зерттеуге бағытталған. Диссертация тақырыбы бойынша мақсаттар, міндеттер қойылып, зерттеу пәні мен объектісі анықталған.

Жұмыстың бірінші бөлімінде Күн панельдерін пайдалану туралы теориялық мәліметтер, яғни жұмыс үрдісі, энергия өндіру, Күн панельдерінің құрылысы, құрылымдық сұлбасы келтірілді. Жаңа технологиядағы Күн элементтері туралы ақпараттар ұсынылды

Жұмыстың екінші бөлімінде электр энергиясын өндіруіне байланысты Күн сәулесінің түсу бұрышына катысты және жыл мезгілдеріне байланысты мәліметтер алынып, фотоэлектрлік қондырғыны пайдалану мүмкіндігі талданды.

Жұмыстың үшінші бөлімінде Matlab бағдарламасындағы SimPowerSystems бөлімімен үйлесімді күн батареясының әмбебап моделі ұсынылған, бұл күн радиациясының өзгеруін, қоршаған орта температурасын ескере отырып, электрмен жабдықтау жүйесін модельдеуге мүмкіндік береді.

Жұмыстың төртінші бөлімінде кернеу түрлендіргішінің басқару импульстерін генерациялаудың жаңа алгоритмі ұсынылады, ол қолданылатын әдіспен ФКҚ шығыс кернеуінің гармоникасының бұрмалануын жылдам тұрақталуын қамтамасыз етеді.

Ғылыми жұмыстың құрылымы сауатты ұйымдастырылған, нақты логикалық ресімделген, ғылыми стильде қажетті дәрежеде нақтыланып, мәтін қосымша кіріспе сөздермен ауыратпай жазылған. Жұмыста тұжырымдалған қорытындылар жеткілікті негізделген және практикада қолданылуы мүмкін. Рецензияланатын жұмыс мемлекеттік стандарт талаптарына толық жауап береді, қойылған мәселе жоғары деңгейде ашады және осы мәселенің шешімін көрсетеді.

Жұмыс бойынша ескертулер:

1) *Жұмыста КЭС-ның энергетикалық жүйемен үйлесімді жұмыс істеуі толық қарастырылмаған.*

2) *Генерациялау, энергияны сақтау және желіге беру процесін нақты бір КЭС жағдайында қарастырып, оны талдап, эксперимент жасап көрсе жұмыстың құндылығы артушы еді.*

Диссертациялық жұмыстың бағасы

Диссертациялық жұмыс, аталған кемшіліктерге қарамастан «өте жақсы» (95%) баға орындалған. Магистрант М.П. Кишкенебаев 7M07113 – «Электротехника және энергетика» білім беру бағдарламасы бойынша академиялық «магистр» атағына лайық деп санаймын.

Пікір беруші

АЭЖБУ ЭМЖЭЖ кафедрасының профессоры,
техника ғылымдарының докторы

П.И. Сагитов
« 9 » 06 2022 ж.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Кишкенебаев Мусабек Пиржанович

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Магистерская диссертация

Название работы: КЭС-те өндірілетін электр энергиясын өндіру, сақтау және желіге беру процестерін зерттеу

Научный руководитель: Еркин Хидолда

Коэффициент Подобия 1: 0

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 3

Знаки из других алфавитов: 3

Интервалы: 8

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:

Допущены к защите

Дата *9.06.2022*



Заведующий кафедрой «Энергетика»

Сарсембаев Е.А.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Кишкенебаев Мусабек Пиржанович

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Магистерская диссертация

Название работы: КЭС-те өндірілетін электр энергиясын өндіру, сақтау және желіге беру процестерін зерттеу

Научный руководитель: Еркин Хидолда

Коэффициент Подобия 1: 0

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 3

Знаки из других алфавитов: 3

Интервалы: 8

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: *Рекомендуется допустить к защите*

Дата

[Подпись]
09.06.2022г.



[Подпись]

проверяющий эксперт