

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ
МИНИСТРЛІГІ

Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ Ұлттық техникалық зерттеу университеті

Энергетика және машина жасау

«Энергетика» кафедрасы

Аукенов Ғасырбек Қайратұлы, Сандыбай Олжас Ғалымжанұлы

Монокристалды панель негізіндегі КЭС-ның энергетикалық сипаттамаларын
зерттеу

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5В071800 – Электр энергетикасы

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ Ұлттық техникалық зерттеу университеті

Энергетика және машина жасау

«Энергетика» кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
Кафедра меңгерушісі
Е.А. Сарсенбаев
ассистент-профессор
Допущен к защите
И.И. Сәтбаев
Институт энергетики
и машиностроения
«23» 05 2022 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Монокристалды панель негізіндегі КЭС-ның энергетикалық сипаттамаларын зерттеу»

5B071800– «Электр энергетикасы»

Орындағандар

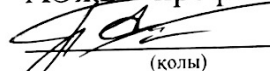
Аукенов Ғасырбек,
Сандыбай Олжас

Сын-пікір беруші

Ғылыми жетекші

АЭЖБУ профессоры, т.ғ.д.

техн.ғыл.канд., ассоц.профессор

 П.И.Сагитов
(қолы)

 Е.Хидолда
(қолы)

« 23 » 05 2022 ж.

« 21 » 05 2022 ж.

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ Ұлттық техникалық зерттеу университеті
Энергетика және машина жасау
Энергетика кафедрасы
5B071800 – «Электр энергетикасы» мамандығы

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі

PhD, ассистент-профессор

 Е.А. Сарсенбаев
« 04 » 01 2022 ж.

**Дипломдық жұмысты орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Аукенов Ғасырбек, Сандыбай Олжас.

Тақырыбы «Монокристалды панель негізіндегі КЭС-ның энергетикалық сипаттамаларын зерттеу».

Университет ректорының 2022ж. «22» ақпан №.332-б, бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «16» мамыр 2022 ж.

Бастапқы мәліметтер: «Энергетика» кафедрасының лабораториясы, қуаты 140 Вт-тық төрт күн панелі, қорғасын-қышқыл құрылымдағы 12 В-тық төрт аккумулятор және EXPERT MEX-3000-24 маркалы инвертор.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

- а) Күн электр станциясынан электр энергиясын алу ерекшеліктері*
 - б) Фотозлектрлік панель негізіндегі КЭС*
 - с) Лаборатория жағдайында қуаты 560 Вт болатын КЭС-сын құру.*
- Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 15 атау

Дипломдық жұмысты дайындау

КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Күн электр станциясынан электр энергиясын алу ерекшеліктері	15.04.2022	ДНОБ
Фотоэлектрлік панель негізіндегі КЭС	01.05.2022	ДНОБ
Лаборатория жағдайында қуаты 560 Вт болатын КЭС-сын құру	10.05.2022	ДНОБ

Аяқталған жұмысқа қойылған
кеңесшілер мен норма бақылаушының
қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Ғылыми жетекші, кеңесшілер	Қол қойылған күні	Қолы
Күн электр станциясынан электр энергиясын алу ерекшеліктері	Хидолда Е. техн.ғыл.канд., ассоц.профессор	15.05.2022	
Фотоэлектрлік панель негізіндегі КЭС	Хидолда Е. техн.ғыл.канд., ассоц.профессор	15.05.2022	
Лаборатория жағдайында қуаты 560 Вт болатын КЭС-сын құру	Хидолда Е. техн.ғыл.канд., ассоц.профессор	21.05.2022	
Норма бақылау	А.О. Бердибеков, сениор-лектор	20.05.2022	

Ғылыми жетекшісі

(қолы)

/ Хидолда Е./

Тапсырманы орындауға алған студент

(қолы)

/ Ф. Қ. Аукенов

Күні «01» 05 2022 ж

О. Ф. Сандыбай/

АНДАТПА

Дипломдық жұмыста монокристалдық панель негізіндегі күн электр станциясын құру және әр түрлі режимдегі жұмысын зерттеу іске асырылды. Ол үшін төрт монокристалдық панельден тұратын КЭС-сы құрылды, сонымен бірге оған қажетті аккумулятор, инвертор және күн панельдері тандалып алынды және соған байланысты монтаж жұмыстары жүргізілді. Ақпан, наурыз және сәуір айларында зерттеу жұмыстары жүргізілді, нәтижесінде көктем мезгіліндегі КЭС-ның жұмыс істеу ерекшеліктерін және генерациясын анықтадық.

АННОТАЦИЯ

В дипломной работе реализовано создание солнечной электростанции на основе монокристаллической панели и исследование ее работы в различных режимах. Для этого была создана СЭС, состоящая из четырех монокристаллических панелей, а также подобраны необходимые для этого аккумуляторы, инвертор и солнечные панели и в связи с этим проведены монтажные работы. В феврале, марте и апреле были проведены исследования, в результате которых мы определили принцип работы и генерацию СЭС в весенний период.

ANNOTATION

The thesis includes the creation of a solar power plant based on a single-crystal panel and the study of its operation in various modes. For this purpose, a SPP consisting of four single-crystal panels was created, as well as the batteries, an inverter and solar panels necessary for this were selected, and installation work was carried out in connection with this. In February, March and April, studies were conducted, as a result of which we determined the principle of operation and generation of SPP in the spring period.

МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	9
1	Күн электр станциясынан электр энергиясын алу ерекшеліктері	11
1.1	Күн станцияларының түрлері	12
1.2	Күн энергетикасының артықшылықтары мен кемшіліктері	15
2	Фотоэлектрлік панель негізіндегі КЭС	18
2.1	Фотоэлектрлік станциялардың жұмыс істеу принципі	18
2.2	Монокристалды күн панельдері	22
2.3	Поликристалды күн панельдері	23
2.4	Аморфты кремний негізіндегі күн панельдері	24
2.5	Пленкалы күн панельдері	25
2.6	Фотоэлектрлік күн станцияларының жұмыс схемалары	26
3	Лаборатория жағдайында қуаты 560 Вт болатын КЭС-сын құру	32
3.1	КЭС-ның құрылымы	32
3.2	Күн панельдерін диагностикалау	37
3.2.1	Күн панельдерін диагностикалау әдістері	37
3.2.2	Лаборатория жағдайында күн панельдерін диагностикалау жұмысын жүргізу	38
3.3	Күн панеліне әсер ететін факторлар	41
3.4	Күн ашық кездегі зерттеулер	41
3.5	Күн батареясына температура әсері	45
3.6	Күн батареяларының жұмысына көлеңкенің әсері	48
3.7	Күн панельдерінің уақыт өте келе тозуы	49
3.8	Ауа құрамының КП тиімділігіне әсері	50
3.9	Жел және ылғалдылық әсері	51
	Қорытынды	53
	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	54

КІРІСПЕ

Қазіргі кездегі энергетика саласының ажырамас бір бөлігі - күн энергетикасы. Энергетика саласында энергияның сарқылатын және сарқылмайтын энергия көздері бар. Сарқылатын энергия көздеріне: мұнай, газ, көмір т.б. жатады. Жалпы бұл энергия көздері белгілі бір уақытта сарқылары анық. Сондықтанда қазіргі таңда энергияны алудың балама көздерін қарастыруымыз қажет. Ал энергияның балама көздерін энергетиканың сарқылмас бөлігі құрайды. Яғни оған жататындар: күн сәулесі қуатын пайдалану, жел қуатын пайдалану т.б. жатады. Ал енді күн сәулесінің күн сәулесінің артықшылықтарын тілге тиек ете кетейік. Ең біріншіден күн сәулесі жер бетіндегі барлық физикалық процестердің негізі болып отыр. Адамзат тарихында қолданған энергияның барлығы күн сәулесімен тікелей байланысты деп саналады. Күн ғаламшарымыздағы жұлдыздар жүйесінің орналасқан ең үлкен энергияның көзі.

Табиғи жаңартылатын энергия көздері (ЖЭК): биомасса (отын, шыбық), жел, күн сәулесі, су ағындары, адамдар мен жануарлардың бұлшық етті күшімен қатар, адам өркениеттің ерте даму кезеңдерінде табиғи шаруашылықта қолданатын негізгі энергия көздері болды. Алайда оларды пайдалану үшін технологиялар мен тиісті техникалық құрылғылар (ошақтар, диірмендер, кептіргіштер және т.б.) сол уақытта примитивті болды және аз мөлшерде ғана жылу мен механикалық энергияны алуға мүмкіндік берді.

XIX ғасырдың ортасында басталған және қол еңбегінен машинаға көшумен сипатталған өнеркәсіптік революция негізінен көмір мен ағаш биомассасын жағуға негізделді, олардың XX ғасырдың басында энергия ресурстарын әлемдік тұтыну құрылымына қосқан үлесі тиісінше 60 және 40% - ға жетті.

XX ғасырда мұнай және газ өндіру технологияларын игеру әлемдік энергетикалық теңгерімге биомасса мен көмір салымдарының біртіндеп төмендеуіне алып келді және өткен ғасырдың 70-ші жылдарының басында мұнай адамзат пайдаланатын негізгі энергия ресурстарына айналды. Оның энергетикалық теңгерімге қосқан үлесі осы уақытта 47% - ға жуық тарихи максимумға жетті. Бұл ретте көмірдің салыстырмалы үлесі 25% - ға дейін, ал биомассасы 12% - ға дейін төмендеді. Баланстың қалған бөлігі (шамамен 16%) кеңінен пайдаланылатын табиғи газ жабыла бастады.

70-ші жылдардағы "энергетикалық дағдарыс" көптеген елдердің энергетикалық даму стратегияларын қайта қарауға түрткі болды. Мұнайдың әлемдік энергетиканы дамытудың сенімді ұзақ мерзімді негізі бола алмайтыны және пайдаланылатын бастапқы энергия көздерін әртараптандыру қажеттігі айқын болды. Атом энергетикасының әлемде белсенді дамып келе жатты, бірақ Чернобыль атом электр станцияларындағы апаттан (1986 ж.) кейін атом энергетикасының ықпалы күрт бәсеңдеді.

Әлемдегі энергетикалық проблемалармен қатар адамның қоршаған ортаға әсер ету деңгейіне алаңдаушылық арта бастады. 1992 жылы климаттың өзгеруі туралы БҰҰ-ның негіздемелік конвенциясы қабылданды. Көптеген елдерде жаңа экологиялық қауіпсіз энергия көздерін және оларды қайта құру технологияларын іздеу бойынша белсенді зерттеулер мен әзірлемелер басталды, оларға бірінші кезекте табиғи ЖЭК жатады. Жаңа ғасырдың басында салыстырмалы түрде қысқа мерзімде ЖЭК түрлендірудің әртүрлі технологияларының энергетикалық және техникалық-экономикалық көрсеткіштерін түбегейлі жақсартуда айтарлықтай табыстарға қол жеткізілді. Қарқынды әзірлемелер мен өнеркәсіптік технологияларды игеру салдарынан жел қондырғылары, фото - электр түрлендіргіштері, күн жылу, геотермальды және биоэнергетикалық қондырғылар көмегімен өндірілетін энергия мен биоотынның құны бірнеше есе төмендетілді.

Күн энергетикасы – электр энергиясын алу үшін күн сәулесін тікелей пайдалануға негізделген баламалы энергетика бағыты. Күн энергетикасы жаңартылатын энергия көзін пайдаланады және "экологиялық таза" болып табылады, яғни белсенді пайдалану фазасы кезінде зиянды қалдықтарды өндірмейді.

Әлемде соңғы бес жылдағы энергетиканың жылдық өсімі орта есеппен 50% құрады. Күн сәулесінің негізінде алынған энергия 2050 жылға қарай адамзаттың электрге деген қажеттілігінің 20-25% - ын гипотетикалық тұрғыда қамтамасыз ете алады және көмірқышқылының шығарындыларын қысқартады. Халықаралық энергетикалық агенттік (IEA) сарапшыларының пайымдауынша, күн энергетикасы 40 жылдан кейін озық технологияларды таратудың тиісті деңгейінде 9 мыңға жуық тераватт-сағат немесе барлық қажетті электрдің 20-25% өндіреді және бұл көмірқышқыл газының шығарындыларын жыл сайын 6 млрд тоннаға қысқартуды қамтамасыз етеді. Күн электрстанциясы түнде жұмыс жасамайды, таңғы және кешкі уақыттарда жеткілікті тиімді жұмыс істемейді. Сонда да электр тұтынудың көп мөлшері кешкі уақытта пайдаланылады. Сонымен қатар ауа райының өзгеруіне байланысты электр станциясының қуаты тез және күтпеген уақыттың тербелуі мүмкін. Осы кемшіліктерді жою үшін тиімді электрлік аккумуляторларды пайдалану (қазіргі кезде бұл шешілмеген мәселе) немесе үлкен аймақты алатын гидроаккумуляторлейтін станцияларды құру керек немесе әлі экономикалық тиімділіктен алшақтау сутекті энергетиканың концепциясын пайдалану керек.

1 Күн электр станциясынан электр энергиясын алу ерекшеліктері

Күн энергиясы-бұл энергияның әмбебап құралы. Күн энергиясын екі негізгі жолмен электр энергиясына айналдыруға болады: термодинамикалық және фотоэлектрлік. Күн энергиясын электр энергиясына түрлендіру үшін оптикалық шағылыстырғыштар мен күн энергиясын қабылдағыштың көмегімен күн сәулесін түсіруге арналған арнайы қондырғылар қолданылады.

Сондай-ақ, күн энергиясы адам өмірінің тұрмыстық салаларында белсенді қолданылады. Мысалы күн ас үйі - бұл тамақ дайындауға арналған тұрмыстық күн қондырғысы. Негізгі элемент - күн сәулесін радиациялық қабылдағыштың бетіне-тамақ орналасқан ыдысқа бағыттайтын күн қабы. Күн коллекторлары көбінесе күн асханалары үшін қолданылады, бірақ олар көбінесе күн сәулесінің фокустау дәлдігіне ие емес, өйткені ол күн қозғалысынан кейін қолмен реттеледі. Мұндай қондырғының тиімділігі 55-60% құрайды. Мұндай қондырғының басты артықшылығы ол жинақы болып табылады, сондай-ақ газбен жабдықтау болмаған кезде таптырмайтын болып табылады. [1]

Күн энергиясын ең танымал қолданылуы - бұл күн сәулесімен жұмыс істейтін көше жарықтандыру жүйелерін пайдалану. Бұл жүйелерде күн модуліне негізделген автономды қуат көзі бар, бұл жарықтандыруды арзан етеді. Мұндай жүйелердің жұмыс принципі сенімді ғана емес, сонымен қатар қарапайым [2]. Күн ішінде фотоэлемент батареяларды зарядтайды және күн энергиясын электр энергиясына айналдырады. Түнде шам автоматты түрде қосылып, таң атқанша жанады.

Батареяларды зарядтау кезінде күн сәулесінің қарқындылығы маңызды емес. Мұндай шам қысқы маусымды айтпағанда, бұлтты ауа-райында да зарядтауға қабілетті. 1.1-суретте күн батареясы бар күн шамы көрсетілген.



1.1 – сурет - Күн батареясы бар көше шамы

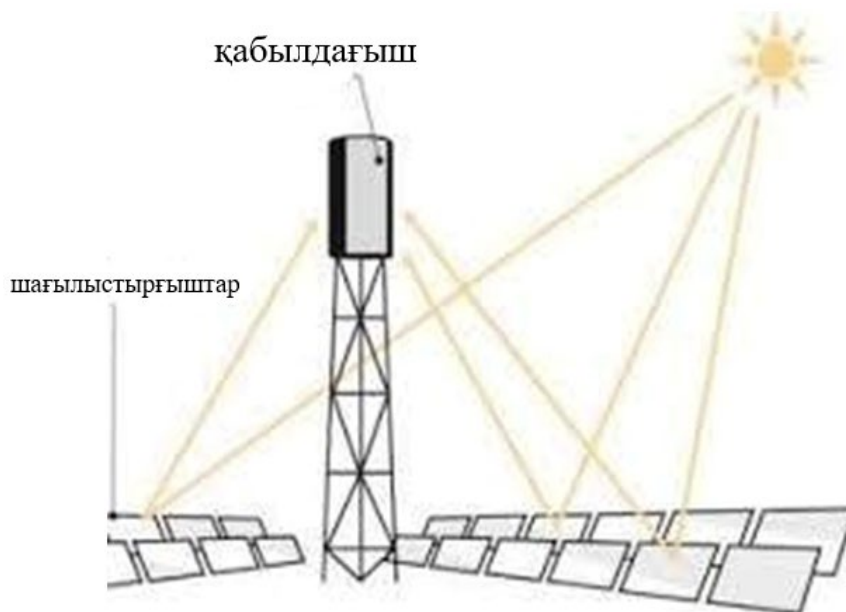
1.1 Күн станцияларының түрлері

Күн электр станциялары пішімі мен түріне қарай бірнеше түрге бөлінеді:

- фотоэлектрлік КЭС;
- ыдыстық КЭС;
- Мұнара түріндегі КЭС (СЭС башенного типа);
- аралас (комбинированный) КЭС;
- параболалық (параболические).

Мұнара типті станциялар бес негізгі элементтен тұрады: оптикалық жүйе, айналарды автоматты басқару жүйесі және жалпы станция, бу генераторы, күн қабылдағышты ұстап тұратын мұнара және жылу алмастырғыштар, энергия аккумуляторлары және турбогенераторлардан тұрады.

Мұндай электр станциясында тікелей күн сәулесін қолданылатындықтан, концентрацияланған күн жүйелерінде күн бақылау жүйесі болуы керек және әр гелиостат кеңістікте жеке-жеке бағытталуы керек. Мұнараның жоғарғы жағында айна хабтары арқылы алуға болады, температурсы 300-1500 ° C құрайды [3]. Бір модульде 200 МВт-тан аспайтын қуат алуға болады, бұл ең алыс хабтардан мұнараның жоғарғы жағына энергия беру тиімділігінің төмендеуіне байланысты. 1.2 – суретте мұнара түріндегі күн станциясының схемасы көрсетілген.



1.2 – сурет - Мұнара түріндегі КЭС схемасы

Мұнара станцияларын пайдаланудың әлемдік тәжірибесі олардың техникалық орындылығы мен тиімділігін дәлелделінген. Мұндай қондырғылардың негізгі кемшіліктері - олардың жоғары құны және олар алып жатқан едәуір аймақ. Осылайша, 100 МВт мұнара электр станциясын орналастыру үшін 200 га жер қажет.

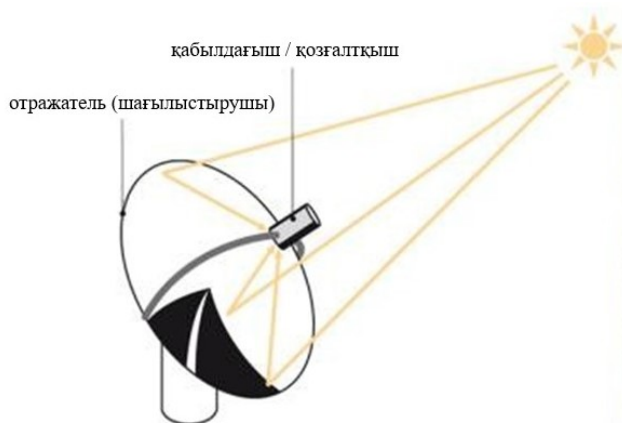
Күн электр станциялары күн радиациясы жоғары және бұлт жамылғысы төмен аудандарда тиімді. Олардың тиімділігі 20%, ал қуаты 100 МВт жетуі мүмкін.

Жұмыс принципіне ұқсас, бірақ мұнара типтегі КЭС құрылымында әр түрлі-бұл күн батареялары.

Тарелка тәрізді күн электр станциялары жеке модульдерден жиналады. Әр модуль қабылдағыш пен рефлектордың құрылымы бекітілген тіректен тұрады. Тиісінше, күн сәулесін шағылыстыру үшін рефлектор табақ тәрізді айналардан тұрады. Айналардың диаметрі күн қондырғысының қуатына байланысты 2 метрге жетуі мүмкін. Табақ түріндегі станцияларды өздігінен немесе топпен пайдалануға болады. 1.3 – суретте тарелка тәрізді КЭС схемасы көрсетілген.

Тарелка тәрізді күн электр станцияларының артықшылығы - күндізгі жарықтың өтуі кезінде күн сәулесін бақылау мүмкіндігі, дизайнды нақтылау арқылы, кемшілігі - қондырғының қымбаттығы, сонымен қатар үлкен қуаттылықты жабу үшін үлкен аумақ қажет.

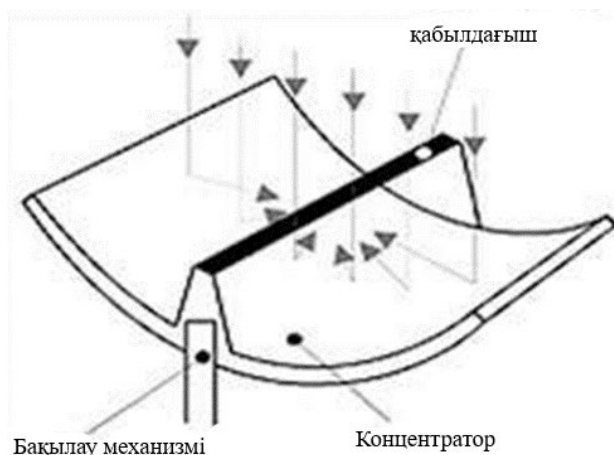
Параболалық концентраторларды қолданатын күн электр станциялары (1.4-сурет) салқындатқышты бу турбиналарында қолданылатын параметрлерге дейін қыздыруға негізделген.



1.3 – сурет - Тарелка түріндегі КЭС

Дизайнны ұзындығы үлкен параболалық айналар, онда параболаның фокусында салқындатқыш айналатын түтіктері бар (негізінен май қолданылады). Түтіктер арқылы барлық жолды жүріп өткен соң, салқындатқыш қызады және жылу алмастырғышта жылуды суға береді, ол буға айналады, генераторы бар бу турбинасына түседі.

Параболалық КЭС-тің бір түрі-хабтың фокусында Стирлинг қозғалтқышы бар күн қондырғысы. Айналар қозғалтқышқа жылу сәулесін көрсетеді, ал қозғалтқыштың бір жағы шағылысқан сәулелермен қызады, ал екінші жағы қоршаған ортамен салқындатылады. Осы жүйеге қатысатын сутегі поршеньді итеріп, жұмыс денесінің температурасының үнемі өзгеруіне байланысты жүйені айналдырады. Күні бойы мұндай қондырғылар күн сәулесінен кейін жүреді, ол мүмкіндігінше күн сәулесін түсіреді.



1.4 – сурет - Параболалық модуль жобалау

Аралас күн электрстанциясы күн сәулесінің түсуіне байланысты жылу берудің жылу реттейтін ілмектерін іске қосады. Мұндай электр станциялары гелио түзеткіштері бар төмен температуралы циклмен жабдықталған, олар сумен салыстырғанда тиімділігі жоғары және тиімді термодинамикалық қасиеттерге ие. Мұндай электр станциясының қозғалтқыштары металл сыйымдылығы мен сенімділігі бойынша кейде дәстүрлі станциялардың бу турбиналарынан асып түсетін көлемді роторлы бу машинасы түрінде жасалады. Жалпы фотодинамикалық коэффициент басқа термобарикалық күн электр станцияларынан асып түседі.

Ренкиннің таза термодинамикалық бу-су циклінің тиімділігі көбінесе 16% - дан аспайды, бұл мұндай күн электр станцияларының айтарлықтай кемшілігі болып табылады [4]. Бұл жерді пайдалану тиімділігінің едәуір төмендеуін және сәйкесінше жабдықтың жоғары құнын білдіреді, бұл өте ұзақ өтелу мерзіміне әкеледі. 1.5 – суретте аралас КЭС-сы көрсетілген.



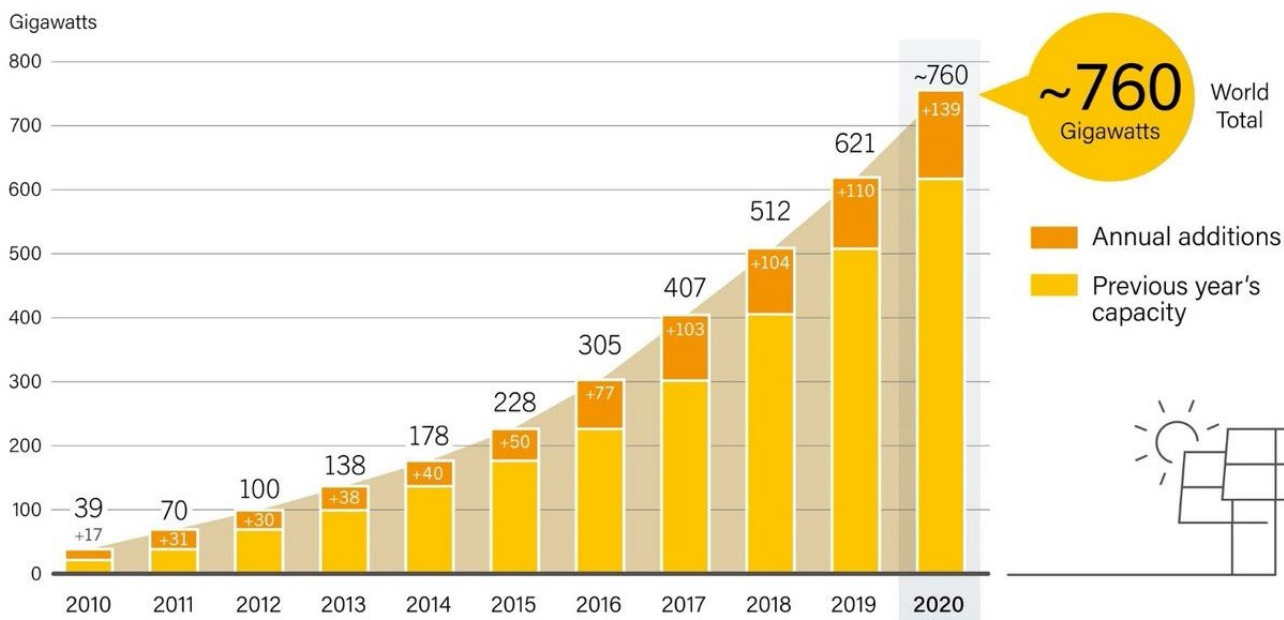
1.5 – сурет - Жылу алмастырғышы бар аралас күн электрстанциясы

1.2 Күн энергетикасының артықшылықтары мен кемшіліктері

Күн энергетикасы - қандай да бір түрде энергия алу үшін күн сәулесін тікелей пайдалануға негізделген баламалы энергетика бағыты. Күн энергетикасы жаңартылатын энергия көзін пайдаланады және "экологиялық таза" болып табылады, яғни белсенді пайдалану фазасы кезінде зиянды қалдықтарды өндірмейді.

Күн ортасынан бір астрономиялық бірлік қашықтықта (жер атмосферасына кіре берісте) сәулелену ағынына перпендикуляр орналасқан 1 м^2 алаң арқылы өтетін күн сәулесінің ағыны 1367 Вт/м^2 (күн тұрақтысы) тең. Жұтылу салдарынан, жердің атмосфералық массасынан өту кезінде, теңіз деңгейінде (экваторда) күн сәулесінің ең көп ағыны — 1020 Вт / м^2 .

Әлемде соңғы бес жылдағы энергетиканың жылдық өсімі орта есеппен 50% құрады. Күн сәулесінің негізінде алынған энергия 2050 жылға қарай адамзаттың электрге деген қажеттілігінің 20-25% - ын гипотетикалық тұрғыда қамтамасыз ете алады және көмірқышқылының шығарындыларын қысқартады. Халықаралық энергетикалық агенттік (IEA) сарапшыларының пайымдауынша, күн энергетикасы 40 жылдан кейін озық технологияларды таратудың тиісті деңгейінде 9 мыңға жуық тераватт-сағат немесе барлық қажетті электрдің 20-25% өндіреді және бұл көмірқышқыл газының шығарындыларын жыл сайын 6 млрд тоннаға қысқартуды қамтамасыз етеді.



1.6 – сурет – 2010-2020 жылдардағы бүкіл әлем бойынша күн энергиясы генерациясының экспонентасы

1.6 – суретте бүкіл әлем бойынша күн энергиясы генерациясының 2010-2020 жылдар аралығындағы көрсеткіштері берілген. Қуат өлшемі ГВт-пен берілген. Әлем бойынша күн энергиясын қолдану жыл сайын артып келеді және фотоэлектрлік панельдердің бағасы төмендеп келеді. Бұл күн энергетикасының болашағының зор екендігін көрсетеді.

Күн энергетикасының артықшылықтары мен кемшіліктері келесідей.[6]

Артықшылықтары:

- Жаңғыртылатын энергия көзі. Күн энергиясы сарқылмайды және тұрақты.
- Энерготасымалдаушылардың дәстүрлі түрлеріне бағаның тұрақты өсуі жағдайында күн энергия көзінің перспективалығы, қол жетімділігі және сарқылмауы.

- Қоршаған орта үшін толық қауіпсіз. Дегенмен күн энергетикасын барлық жерде енгізу жер бетіндегі альбедоны (шағылысу (шашырату) қабілетінің сипаттамасы) өзгерте алады және климаттың өзгеруіне әкеледі (алайда энергияны тұтынудың қазіргі деңгейінде бұл өте екіталай). Күн электр станцияларын өндіру, тасымалдау, монтаждау және пайдалану атмосфераға зиянды шығындар шығармайды. Шығарса да, олар шамалы шамада, дәстүрлі энергия көздерімен салыстырғанда, қоршаған ортаға әсер нөлдік мәнде.

- Күн энергиясының әлеуеті зор - жер беті күн сәулесінің 120 мың тераваттарымен сәулеленеді, ал бұл жалпы әлемдік қажеттіліктен 20 мың есе артық.

- Қол жетімділік. Күн энергиясы әлемнің әр нүктесінде – жердің экваторлық аймағында ғана емес, солтүстік ендіктерде де қол жетімді.

- Шусыз. Күн ресурсындағы жүйелерде, мысалы ешқандай қозғалатын тораптар жоқ болғандықтан, электр энергиясын өндіру шусыз жүреді.

- Кең қолдану аймағы. Күн энергиясы қосымшалардың кең спектріне ие - бұл орталықтандырылған электрмен жабдықтау жүйесіне қосылмаған аймақтарда электр энергиясын өндіру және Африкада суды тұщыландыру, тіпті жер маңындағы орбитада спутниктерді энергиямен жабдықтау. Күн энергиясын соңғы уақытта "Халықтық" деп атайды – бұл атау фотоэлектрлік және жылу элементтерінде қолдану кезінде қарапайымдылығын көрсетеді.

- Инновациялық технологиялар. Жыл сайын күн батареяларын өндіру саласындағы технологиялар неғұрлым жетілдірілген болып келеді. Нанотехнологиялар мен кванттық физика саласындағы заманауи жетістіктер күн панельдерінің қуатын 3 есе ұлғайтуға мүмкіндік береді.

Кемшіліктері:

- Сирек элементтерді қолдануға байланысты конструкцияның жоғары құны.
- Тұрақсыздығы. Күн сәулесі түнгі уақытта, сондай-ақ бұлтты және жаңбырлы күндері жоқ болғандықтан, күн энергиясы электр энергиясының негізгі көзі бола алмайды. Бірақ, жел генераторларымен салыстырғанда, бұл әлі де тұрақты нұсқа.

- Энергияны шоғырландырудың жоғары құны. Энергияны жинақтауға және тегістеуге мүмкіндік беретін аккумуляторлық батареялар әрбір үй иегеріне қол

жеткізе алмайтын жоғары бағадан ерекшеленеді. Электр энергиясын тұтыну шыңы тәуліктің жарық уақытына тура келуі жағдайды жеңілдетеді.

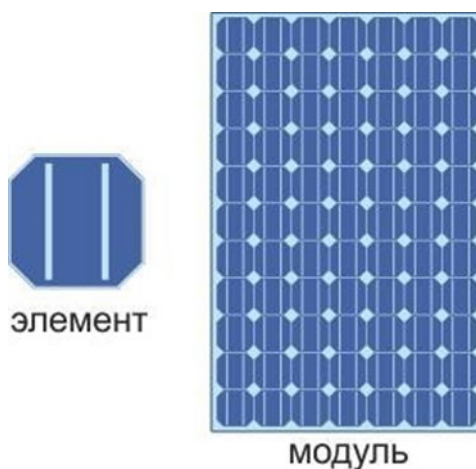
- Қымбат және сирек компоненттерді қолдану. Жұқа пленкалы күн панельдерін шығару кадмий теллуридін (CdTe) немесе мыс индий галлий селенидін (CIGS) енгізуді талап етеді, олар сирек және қымбат тұрады - бұл тұтастай алғанда баламалы энергиямен жабдықтау жүйесінің қымбаттауына әкеп соғады.

- Аз қуат тығыздығы. Электр энергиясы көзінің маңызды параметрлерінің бірі – Вт/м²-мен өлшенетін және аудан бірлігінен алуға болатын энергия мөлшерін сипаттайтын қуаттылықтың орташа тығыздығы болып табылады. Күн сәулесі үшін бұл көрсеткіш 1370 Вт/м² құрайды - бұл басқа жаңартылатын табиғи ресурстардан көп, бірақ мұнайға, газға, көмірге және атом энергетикасына қарағанда төмен. Осы себепті, күн энергиясынан 1 кВт электр энергиясын өндіру үшін күн панельдерінің едәуір алаңы қажет.

2 Фотоэлектрлік панель негізіндегі КЭС

2.1 Фотоэлектрлік станциялардың жұмыс істеу принципі

21 ғасырда күн электрстанцияларының ең танымал Фотоэлектрлік панель негізіндегі күн электрстанциялары болып табылады, өйткені күн шуақты күнде жер бетінің 1 шаршы метріне күннен 1000 Вт жарық энергиясы түседі. Жер учаскесіне және экваторға қатысты географиялық орналасуына байланысты мұндай станциялар өте тиімді. Оларды тіпті тұрғын үйлер үшін де қолдануға болады. Барлық осы энергияны сіңіру үшін фотогальваникалық элементтер қолданылады. 2.1 – суретте фотоэлектрлік элемент пен модуль көрсетілген.



2.1-сурет - Күн модульдер қатары

Фотоэлектрлік түрлендіргіштің жұмыс принципі жартылай өткізгіштерде ішкі фотоэлектрлік эффектін қолдануға және фотогендік заряд тасымалдаушылардың (электрондар мен тесіктер) электронды тесік арқылы немесе металл-диэлектрик жартылай өткізгіш түріндегі ықтимал тосқауылмен бөліну әсеріне негізделген. Фотоэлектрлік эффект фотон (жарық сәулесі) әр түрлі электр өткізгіштігі бар (бос орын немесе электронды) екі материалдың элементіне түскен кезде пайда болады. Осындай материалда фотон электронды қоршаған ортадан шығарып, бос теріс заряд пен "бос орын" түзеді. Нәтижесінде р-п-ауысу деп аталатын тепе-теңдік бұзылып, тізбекте электр тогы пайда болады. Фотогальваникалық эффект пайда болатын және сәйкесінше күн энергиясын түрлендіретін құрылғы фотоэлемент деп аталады. 2.1 – суретте күн панеліндегі кремний фотоэлементтің жұмыс принципі көрсетілген.

Фотоэлемент ұяшықтары жарықтың әсерінен электр энергиясын өндіретін монокристалды немесе поликристалды кремний сияқты жартылай өткізгіш материалдардан жасалады. Ашық ауа-райында кремний элементтері шамамен 25 мА электр тогын 1 см² ұяшықтың ауданына 0,5 В кернеумен шығарады, яғни 12-

13 мВт/см². Кремний элементтерінің теориялық тиімділігі шамамен 28%, практикалық тиімділігі 14-тен 20% - ге тең.



2.2 – сурет - Кремний фотоэлементтің жұмыс принципі

Фотоэлементтер өз кезегінде бірнеше түрге бөлінеді: кристалды кремнийлі: монокристалды, поликристалды; жұқа қабатты: аморфты, микрокристалды, нанокристалды және т.б.

Фотоэлементтер бөлек металл рамаға жиналады, оның үстіне шағылысатын материал қойылады, содан кейін полимерлі пленка, фотокелл, полимерлі пленканың екінші қабаты, содан кейін күн сәулесінің түсуіне әсер етпейтін берік қорғаныс әйнегі болады.

Панельдердің көп саны моно және поликремний негізінде жасалады. Күн модульдерін өндіру технологиясы өте күрделі, қымбат және энергияны қажет етеді. Өндірістің өзі 5 кезеңге бөлінеді:

- кремний алу;
- кристаллдарды өсіру;
- өңдеу;
- фотоэлектрлік элемент жасау;
- дайын модульді құрастыру.

Кремний өндірудің бірінші кезеңінде шикізат ретінде кремний диоксиді жоғары массалы кварц құмы қолданылады. Оттектен құтылу үшін ол Жоғары температуралы балқыту және химиялық заттарды қосу арқылы синтездеу арқылы көп сатылы тазартудан өтеді.

Осыдан кейін, екінші кезеңде тазартылған кремний шашыраңқы бөліктерге ұқсайды. Кристаллдарды алу үшін Чохраль әдісі қолданылады, оған сәйкес кремний бөліктері арнайы формаларға (тигельге) орналастырылады, онда олар ериді және нақты құрылымға таралады. Бұл кезеңнің өзі ұзақ уақытты алады, бірақ соңында біртекті кристалл алынады.

Үшінші кезең қажетті пішінді беру үшін кристалды өлшеу мен өңдеуден басталады. Жол-барыстан шыққан кезде ол көлденең қимада дөңгелек пішінді болады, бұл одан әрі пайдалану үшін өте ыңғайлы емес. Пайдалануды жеңілдету үшін монокристалға жалған квадрат формасы беріледі, содан кейін ол плиталарға кесіледі.

Соңғы кезеңде электр энергиясын өндіру үшін кремнийге бор мен фосфор қосылады. Дәл осы кезеңнің арқасында фосфор қабаты бос электрондарды алады, ал бор электрондардың болмайтын, яғни тесіктер жағы, сондықтан $p - n$ ауысуы алынады.

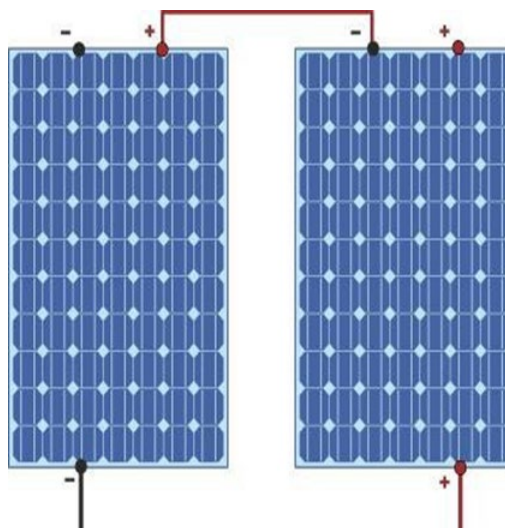
Соңғы кезеңде тақталар алдымен тізбектерге, содан кейін блоктарға қосылады. Әдетте, мұндай тақтайшаның біреуінде 2 Вт және кернеуі 0,5 В болады, сәйкесінше, мұндай блоктардың саны неғұрлым көп болса, дайын күн панелі соғұрлым жоғары қуат береді.

Барлық күн модульдері ең жоғары ваттағы ең жоғары қуат бойынша жіктеледі. Осыған сәйкес, бір ватт шыңы – 1 кВт/м² күн сәулесі 25 градус температурада элементке түскен кезде қондырғының қуат мәнін көрсететін шама. Бірақ мұндай ең жоғары көрсеткіштерге күн шуақты күнде де сирек қол жеткізіледі, өйткені модуль қызады және тиімділігі төмендейді.

Кез-келген электр элементтері сияқты, күн модульдері де өзара байланыстың бірнеше түріне ие:

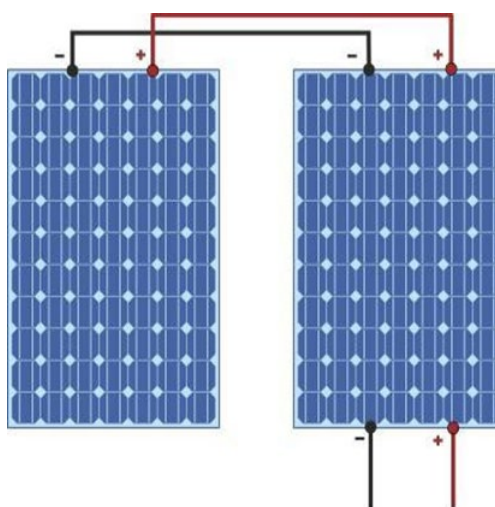
- тізбектей жалғау;
- параллель жалғау;
- тізбектей-параллель жалғау.

Сериялық қосылу кезінде бірінші күн панелінің теріс клемма екінші оң клеммаға, екінші минус клемма үшінші және т.б. қосылады. Физика заңдарына сүйене отырып, бірнеше панельдер тізбектелген кезде кернеу қосылады, демек жүйенің тогы батарея тогына тең болады. 2.3 – суретте тізбектей қосылу схемасы көрсетілген.



2.3 – сурет - Модульдердің тізбектей қосылуы

Параллель қосылу кезінде (2.4 – сурет) бірдей полюстері бар клеммалары бір-біріне Y-коннекторларының көмегімен қосылады. Содан кейін сымдар модульдердің бірінің терминалдарынан шығарылады, олар кейіннен зарядтау контроллеріне немесе тікелей батареяға қосылады. Мұндай қосылыста панель токтары жинақталады, ал максималды шығу кернеуі аз шығу кернеуі бар панельмен шектеледі.



2.4 – сурет - Модульдердің параллель қосылуы

Тізбетей-параллель қосылу арқылы бірнеше батареялардың шығысындағы кернеу мен токты реттеуге болады, бұл КЭС-тің оңтайлы жұмыс режимін ұсынады.

Тізбетей-параллель қосылуда күн элементтері күн батареясын (фотоэлектрлік) құрайды. Өнеркәсіпте жаппай шығарылатын күн панельдерінің қуаты 50-200 Вт құрайды.

Жеке күн элементтерінің ЭҚК-і олардың ауданына тәуелді емес және батарея күнмен қыздырылғанда шамамен 1 С⁰ градуста 4% төмендейді. шығу тогы күн сәулесінің қарқындылығына және күн элементтерінің мөлшеріне байланысты. Күн сәулесі жарқыраған сайын, күн элементтерімен соғұрлым көп ток жасалады. Зарядтау тогы және бұлтты ауа райында берілетін қуат күрт төмендейді. Бұл ток батареясының азаюынан болады.

Күн панелінің типтерін жасалу технологиясы мен материалдары бойынша кремний негізінде және пленкалы деп бөледі.

Қазіргі таңда кремний негізіндегі күн панельдері барлық шығарылатын күн панельдерінің шамамен 85% құрайды. Бұл көрсеткіш тарихи қалыптасқан жағдайдың әсерінен болған. Яғни күн панелінің өндірісінде басты қолданылатын материалы кремний болып саналатын ауқымды технологиялық дайындама және микроэлектрондық өндірістік инфраструктура қолданылған. Сонымен қатар, кремний жер қыртысында көп таралған элемент және әртүрлі мәліметтер бойынша жер қыртысының 27-29% құрайды. Осылайша, қазіргі таңда қолда бар кремний қорымен күн энергиясынан электр энергиясын өндіруге ешқандай физикалық кедергі жоқ.

2.2 Монокристалды күн панельдері

Монокристалды кремний негізіндегі күн батареясы бір-бірімен жалғанған силиконды ұяшық болып табылады. Оларды жасау үшін максималды таза кремний қолданылады. Оларды Чохральсков тәсілі арқылы жоғары таза кремний кристалдарын құю арқылы алады, онда балқыма кристаллды улаумен байланысқа түсіп қатая бастайды. Салқындату процесінде кремний біртіндеп цилиндрлік құйма түрінде диаметрі 13-20 см монокристалл түрінде қатып қалады, оның ұзындығы 200 см-ге жетеді. Дайын монокристалл қалыңдығы 250-300 мкм болатын жұқа пластиналарға бөлінеді. Кремний металл электродтар торынан өтеді. Қолданылатын технология салыстырмалы қымбат болып келеді, сондықтан монокристалды батарея поликристалды және аморфтыға қарағанда қымбат болып келеді. Мұндай элементтер басқа тәсілдермен өндірілетін элементтермен салыстырғанда анағұрлым жоғары тиімділікке ие, ПӘК-і электрондардың қозғалғыштығының өсуіне ықпал ететін монокристалл атомдарының ерекше бағдарының арқасында 17-22% - ға жетеді. Дәстүрлі монокристалды модульдер алюминий рамкасына салынған және соққыға қарсы шынымен жабылған. Монокристалды Фото-элементтердің түсі-қара-көк немесе қара (2.5 – сурет).

Монокристалл кремний негізіндегі батареялардың артықшылығы:

- Жоғарғы ПӘК – 17 - 22%.
- Ықшамдылық- поликристалды кремнийлі панельдермен салыстырғанда қуат бірлігіне есептелген жабдықты орналастырудың аз ауданы.

- Ұзаққа жарамдылығы - электр энергиясын өндірудің жеткілікті тиімділігі 25 жылға дейін қамтамасыз етіледі.
Мұндай батареялардың екі кемшілігі бар:
- Жоғары құн және ұзақ өтелімділік.
- Ластануға сезімталдық. Шаңнан ПӘК күрт төмендейді.



2.5 – сурет - Монокристалды кремний негізіндегі элемент

2.3 Поликристалды күн панельдері

Монокристалды кремнийдің баламасы-поликристалды кремний. Поликристалды күн батареясын өндіру үшін арнайы әзірленген тиглдегі бағытталған кристалдау әдісі бойынша өндірілген неғұрлым арзан кремний қолданылады. Поликристалл алу үшін кремний балқымасы баяу салқындатылады. Нәтижесінде алынатын кремнийлі пластиналар көптеген ұсақ түрлі бағыттағы кристаллдардан тұрады (типтік өлшемдері 1-10мм) . Бұл технология аз энергия шығынын талап етеді, демек, оның көмегімен алынған кремнийдің өзіндік құны аз.

Поликристалды кремний панельдері (multi-Si) кристалдардың жан-жақты бағытталуына байланысты қарқындылығы бойынша біркелкі емес көк түсті болып келеді. Оларды өндіру кезінде пайдаланылатын кремнийдің тазалығы монокристалды аналогтарға қарағанда біршама төмен.

Кристалдардың әр түрлі бағыттылығы шашыраңқы жарық кезінде ПӘК-тің жоғарғы мәнін қамтамасыз етеді-12-18%. Ол бір бағыттағы кристалдарға қарағанда төмен, бірақ бұлтты ауа райы жағдайында мұндай панельдер тиімдірек болады.

Поликристалды панельдер күнге тура бағытта тұрақты қозғалысты талап етпейді, сондықтан оларды орналастыру үшін үйлер мен өнеркәсіптік ғимараттардың шатырлары белсенді пайдаланылады.

Поликристалды күн батареясының артықшылықтары:

- Шашыраңқы жарық жағдайында жоғары тиімділік.
- Ғимараттардың шатырларында стационарлық монтаждау мүмкіндігі.

- Монокристалды панельдермен салыстырғанда аз құны.
- Пайдалану ұзақтығы - 20 жылдан кейін тиімділіктің төмендеуі тек 15-20% құрайды.

Поликристалды панельдерде де кемшіліктер бар:

- 12-18% мәні бар төмен ПӘК.
- Салыстырмалы үлкендігі - монокристалды аналогтармен салыстырғанда қуат бірлігіне есептелген орнату үшін көп кеңістік қажет.

Поликристалды күн панельдері басқа кремний батареяларының арасында үлкен нарықтық үлес алады. Бұл оларды өндіру құнын арзандату үшін кең әлеуетті мүмкіндіктермен қамтамасыз етіледі. Жыл сайын мұндай панельдердің ПӘК-і ұлғайып, жаппай өнімдерде 20% - ға тез жақындап келеді (2.6 – сурет).



2.6 – сурет – Поликристалды кремний негізіндегі элемент

2.4 Аморфты кремний негізіндегі күн панельдері

Егер қолданылатын материалға байланысты бөлу жүргізілсе, онда аморфты батареялар кремний батареяларына жатады. Ал егер өндіріс технологиясына байланысты бөлсе пленкалы батареяларға жатады. Аморфты кремнийден күн панельдерін өндіру механизмі кристалды фотоэлектрлік элементтерді дайындаудан мүлдем өзгеше. Аморфты панельдер өндірісінде кристалды кремний емес, жұқа қабатпен төсеніш материалына жағылатын силин немесе кремний сутегі пайдаланылады. Яғни, мұнда таза металл емес, оның гидридін пайдаланылады. Гидридтің ыстық булары төсеніш материалына отырғызылады. Бұл технология нәтижесінде классикалық кристалдар түзілмейді, ал өндіріс шығындары күрт төмендейді. Өндірістік технологияның ерекшеліктерінің есебінен кремний қабатын қатты және иілгіш төсеніште жасауға болады. Осыған байланысты аморфты кремнийден жасалған модульдер икемді жұқа пленкалы күн модульдерінде белсенді қолданылады. Элементтердің қалыңдығы 1 мкм аз болып келеді (2.7 – сурет).



2.7 – сурет - Аморфты кремний негізіндегі иілгіш ФЭТ

Аморфты кремний негізіндегі күн батареялары ең төменгі ПӘК-ке ие. Әдетте оның мәні 5-8% шегінде. Алайда, фотоэлектрлік түрлендіргіштердің барлық кремний технологияларының арасында олар ең арзан электр энергиясын өндіреді. Соңғы әзірлемелердің аморфты панельдерінің тиімділігі 12%-ға дейін ие, бірақ олардың құны әлдеқайда қымбат болып келеді.

Аморфты кремнийдің физикалық-химиялық құрылымы электр энергиясын генерациялау үшін әлсіз шашыраңқы жарықтың фотондарын барынша жұтуға мүмкіндік береді. Оптикалық жұтылу көрсеткіші поликристалды және монокристаллдарға қарағанда 20 есе жоғары. Сондықтан мұндай панельдер үлкен бос ауданы бар солтүстік аймақтарда қолдануға ыңғайлы. Аморфты кремний негізіндегі батареялардың тиімділігі жоғары температурада да төмендемейді.

2.5 Пленкалы күн панельдері

Пленкалы панельдер-күн энергиясындағы қуат көздерін дамытудың келесі қадамы. Бірінші кезекте батареялар өндірісінің бағасын төмендету және техникалық сипаттамалары мен энергия тиімділігін арттыруға ұмтылу қажеттілігінен туындаған қадам.

Пленкалы күн панельдері полимерлі, кадмия теллурид негізіндегі, мыс-индия селенид негізіндегі және аморфты болып келеді.

Кадмий - бұл 70-ші жылдардағы күн батареялары үшін материал ретінде ашылған жарық жұтудың жоғары деңгейіне ие материал. Сол уақытта ол ғарышта пайдалану үшін оңтайлы нұсқалардың бірі ретінде қарастырылды. Бүгінгі күні бұл материал тек ғарышта ғана емес, жер маңындағы орбитада қолданылады. Сонымен қатар күнделікті, үйде пайдаланылатын күн панельдері үшін материал ретінде белсенді қолданылады.

Мұндай материалды қолданудың ең басты мәселесі - оның улылығы. Алайда, зерттеулер атмосфераға кететін кадмия деңгейі адам денсаулығына зиян келтіру үшін тым аз деп атайды. Сондай-ақ, 10% шамасындағы төмен ПӘК болғанына қарамастан, мұндай батареялардағы қуат бірлігі аналогтарға қарағанда арзан.

CIGS негізіндегі күн панельдері. CIGS - мыс, индий, галлия және селеннен тұратын жартылай өткізгіш. Күн батареяларының бұл түрі де пленкалы технологиямен орындалған, бірақ теллурид кадмий панельдерімен салыстырғанда анағұрлым жоғары тиімділікке ие, оның ПӘК-і 15% - ға дейін жетеді.

Полимерлі күн батареяларының түрі ойлап табылғанына көп болмаған. Бұл жерде өткізгіш ретінде полифенилен, фуриллена, фталоцианин мыс қолданылады. Пленка өте жұқа — 100 нм шамасында. ПӘК-нің төмен деңгейіне қарамастан, шамамен 5%, күн батареяларының осы түрін неге таңдау керек деген себептерді атап өтуге болады: материалдардың қолжетімділігі, арзанырақ, атмосфераға зиянды заттарды бөлмеуі.

2.6 Фотоэлектрлік күн станцияларының жұмыс схемалары

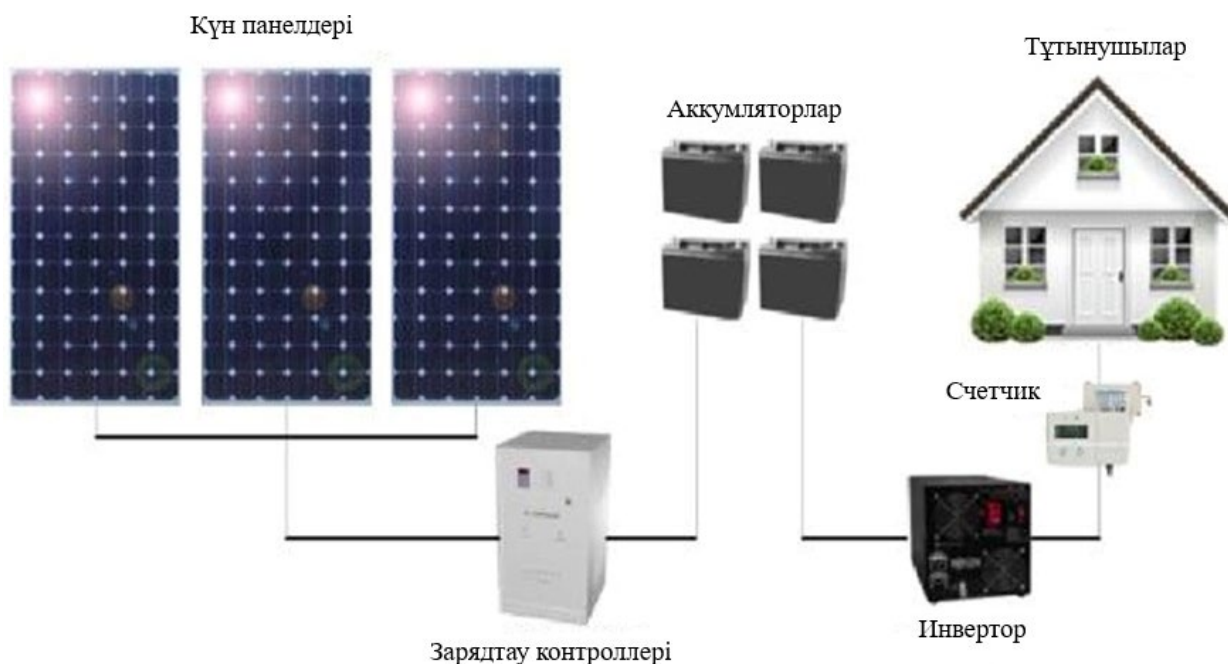
Күн фотокемалары бірнеше байланыс түрлері бойынша жұмыс істей алады:

- автономды электрмен жабдықтау схемасы;
- электр желісімен коммутация схемасы;
- резервтік дизель генераторы бар схема.

Қарастыру кезінде әрбір схемасын анықтауға болады өз артықшылықтары мен кемшіліктері.

Мысалы, пайдаланушының қоректенуінің автономды схемасы (2.8 – сурет) кезінде тиісті қосымша жабдық болған кезде тұтынушы күн панельдерінен күндізгі жарық бойы қуат алады, ал тәуліктің қараңғы уақыты басталған кезде жинақталған, бірақ күндіз пайдаланылмаған барлық энергия аккумуляторлық батареяларда қалады, бұл тұтынушыға тәуліктің түнгі уақытында қуат алуға мүмкіндік береді. Автономды күн электр станциясы күн панельдерінен, кіріктірілген немесе сыртқы зарядтағышы бар инвертордан және батареялардан тұрады.

Бұл байланыс схемасы өте пайдалы, өйткені тұтынушы желінің қуатына тәуелді емес, бірақ оның кемшілігі де бар. Яғни, бұлтты күн болса, тұтынушы автономды күн станциясынан электр энергиясын ала алмайды. Сондай-ақ, аккумуляторлық батареялардың болуына байланысты мұндай қондырғылардың қымбаттығы маңызды кемшілік болып табылады [5].



2.8 – сурет - КЭС автономды жұмыс схемасы

Барлық күн электр станциялары үшін қосымша жабдықтар қажет:

- қайта зарядталатын батареялар;
- зарядтау контроллері;
- инверторлар;
- байланыстырушы кабельдер мен коннекторлар.

Күн электр станциясындағы Аккумулятор (2.9 – сурет) энергияны сақтау және оны тәуліктің қараңғы уақытында одан әрі пайдалану үшін қажет.

Қайта зарядталатын батареялар әр түрлі: номиналды кернеу, номиналды сыйымдылық, өлшемдер, электролит түрі, ресурс, зарядтау жылдамдығы және т.б.

КЭС-тегі аккумуляторлар үшін олар қанағаттандыруы тиіс арнайы талаптар қойылады:

- үлкен циклдік;
- шағын өздігінен разряд;
- жұмыс температурасының кең ауқымы.

КЭС үшін батареяларды таңдаудағы ең жақсы нұсқасы қорғасын-қышқыл батареялары, өйткені олар ұзақ қызмет етеді, барлық талаптарға сай келеді және ең арзан.



2.9 – сурет - Қайта зарядталатын батарея

Аккумуляторлық батареяға қосымша станцияда сондай-ақ аккумулятордың зарядтау-разрядтау контроллері орнатылады (2.10 – сурет).

Күн электр станциясындағы зарядтау контроллері қажет:

- батареяны зарядтауға күн батареясын автоматты түрде қосу;
- батарея толық зарядталған кезде модульді автоматты түрде өшіру;
- заряд деңгейін орнату кезінде жүктемені автоматты түрде өшіру

Кейбір контроллерлердің қосымша ерекшеліктерінен оларда уақыт релесінің болуын, екі тәуелсіз батареяны зарядтауды, шаң мен ылғалдан қорғау стандарттарына сәйкестігін атап өтіңіз. Сондай-ақ, көптеген панельдерде қорғаныс дәрежелерінің кеңейтілген саны бар.



2.10 – сурет - Күн батареясы үшін зарядтау контроллері

Автономды күн электр станциясында инвертордың болуы (2.11 – сурет) міндетті болып табылады, өйткені инвертор аккумулятордың тұрақты кернеуін айнымалыға айналдыруға арналған. Инверторды таңдау кезінде өлшемдерді ескеру қажет:

- кіріс кернеуі;
- номиналды және максималды қуат;
- шығу тогының формасы;
- массасы;
- желдеткіштің болуы;
- қорғаныс механизмдерінің саны;
- Пәк;
- жүктемесіз жұмсалған қуат;

- батареяда (батареяларда) жинақталған энергияны үнемдеуге көмектесетін күту режимінің болуы;
- жұмыстың оңтайлы температуралық диапазоны.



2.11 – сурет – Инвертор

Күн модульдері

күн модульдерінің жиынтығына кіретін байланыс кабельдері немесе қосқыштар арқылы өзара байланысты. Кабельді дұрыс таңдау үшін кабельдің кедергісін ескеру керек, сонымен қатар кабельді мүмкіндігінше қысқа жолмен салу керек.

Күн панеліне қосылуды жеңілдету үшін "плюс" полюсі және "минус" полюсі бар қосқыштар бар, олар әр түрлі қосылыстарға ие, бұл қосылу кезінде тұйықталуды болдырмайды. 2.12 – суретте күн модульдерін қосуға арналған қосқыштар мен кабельдер көрсетілген.

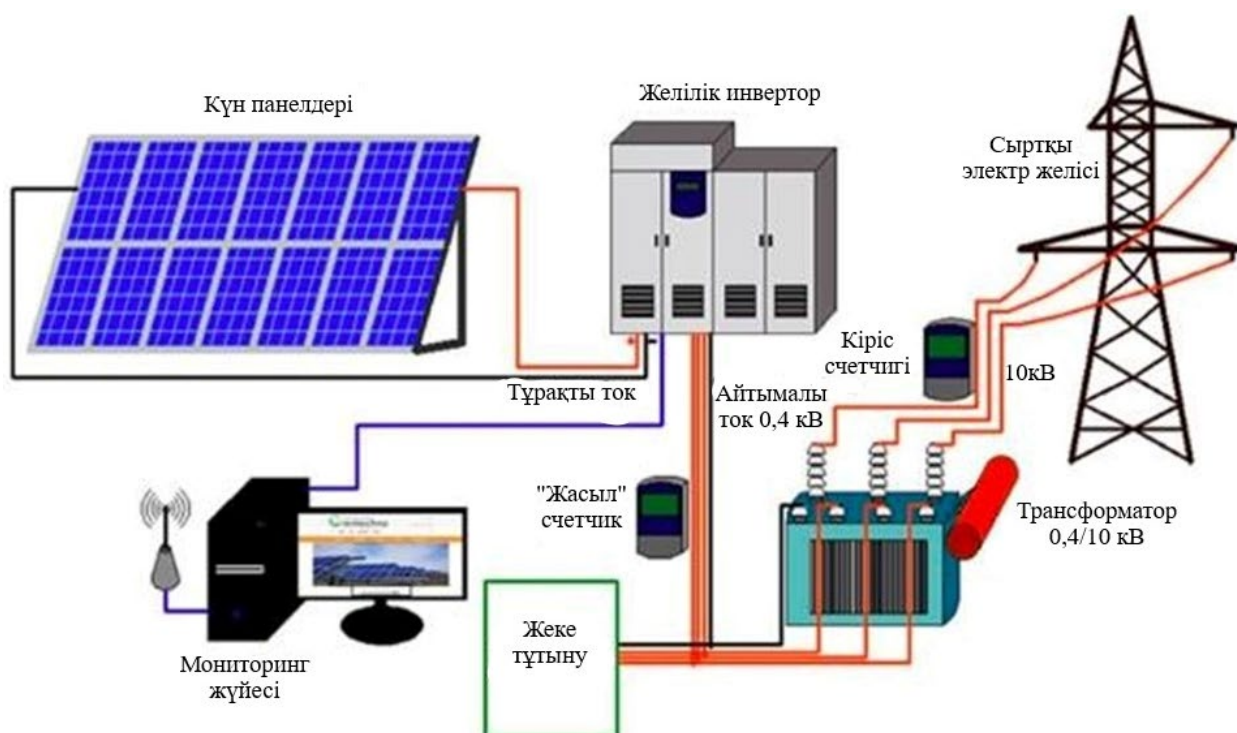
КЭС жұмыс схемаларын таңдағанда, олар көбінесе желімен жұмыс істеу схемасын таңдайды. Желілік күн электр станцияларында желілік типтегі инвертор қолданылады, ол күн панельдерімен өндірілген энергияны ішкі желіге тікелей тастай алады және артық (тұтынылмаған энергия) сыртқы желіге жасыл тариф бойынша сатуға жіберіледі.



2.12 – сурет - Жалғау коннекторлары мен кәбілдері

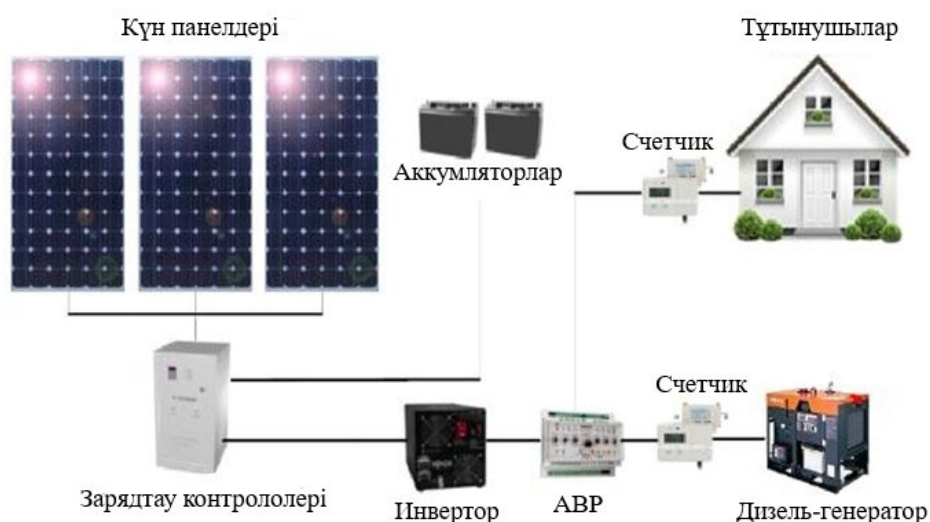
Желілік күн электр станцияларында артық электр энергиясы желіге жеке есептегіш - екі бағытты есепке алу торабы арқылы беріледі. Егер электр

қуатының жетіспеушілігі болса, сіз сыртқы желіден жетіспейтін электр қуатын аласыз. Желімен жұмыс істеу схемасы 2.13 – суретте көрсетілген.



2.13 – сурет - Желімен КЭС жұмыс схемасы

Дизель генераторымен жұмыс істеу схемасы (2.14 – сурет) автономды КЭС-ға қарағанда анағұрлым сенімді болып табылады. Күн бұлтты және аккумуляторлар таусылған жағдайда аккумулятор станциясын қайта зарядтаумен дизель генераторы автоматты түрде іске қосылады. Демек, бұл схема неғұрлым сенімді, бірақ сонымен бірге жабдықтың бағасы да жоғары болып қалады.



2.14 – сурет - Резервтік дизель-генераторы бар КЭС жұмысының схемасы

Жоғарыда аталған қосылу схемаларынан басқа, гибриді қосылу схемасы да бар (2.15 – сурет), яғни энергияның екі түрін, атап айтқанда күн энергиясы мен жел энергиясын қолдану. Мұндай схема гибриді контроллер арқылы немесе жел қондырғысы үшін бөлек контроллер арқылы жұмыс істейді. Мұндай схема толық автономды үздіксіз қуат құруға мүмкіндік береді. АҚҚ немесе дизель-генератор оған қосылған кезде жүйе толығымен автономды бола алады [5].

Мұндай жүйенің басты артықшылығы-жоғары сенімділік, өйткені екі қуат көзі қолданылады, ал батареялардың мөлшерін азайтуға болады.

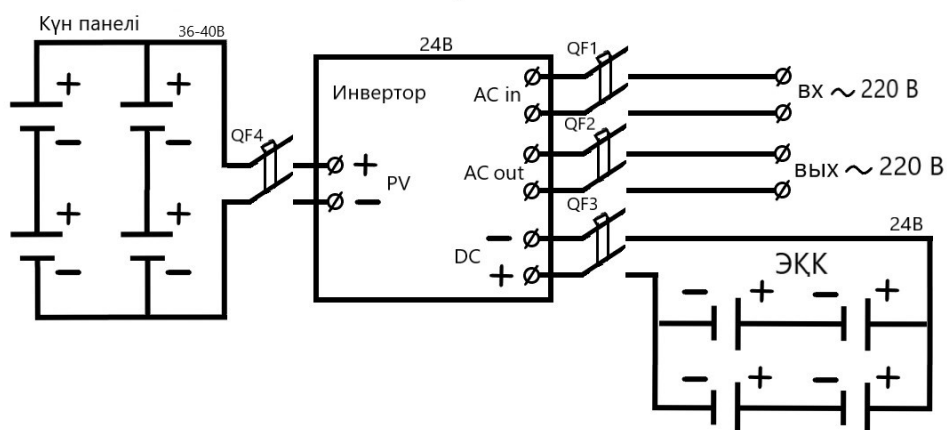


2.15 – сурет - Гибриді байланыс схемасы

3 Лаборатория жағдайында қуаты 560 Вт болатын КЭС-сын құру

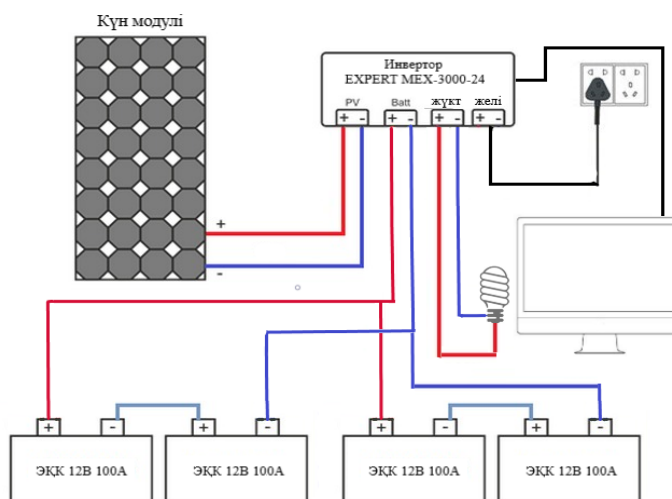
3.1 КЭС-ның құрылымы

Дипломдық жұмыс барысында қарастырылатын ең басты элемент ол күн панелі болып келеді. Біз күн панелінің эффективті жұмысына қоршаған орта әсерін бақылау бойынша жұмысты қарастырудамыз. Сондықтан, оның әр түрлі типтері және олардың құрылысы мен жұмысымен танысып өткен жөн (3.1 – сурет).



3.1 – сурет –

Проект бойынша бізде SM140W маркалы төрт күн панелін және EXPERT MEX-3000-24 маркалы орнатылған контроллері бар инвертор қолдандық. Электр энергиясын жинау ретінде 100А-лік қорғасын-қышқыл батареяларын қолдандық (3.2 – сурет).



3.2– сурет – Проект бойынша жүйеміздің қосылу схемасы

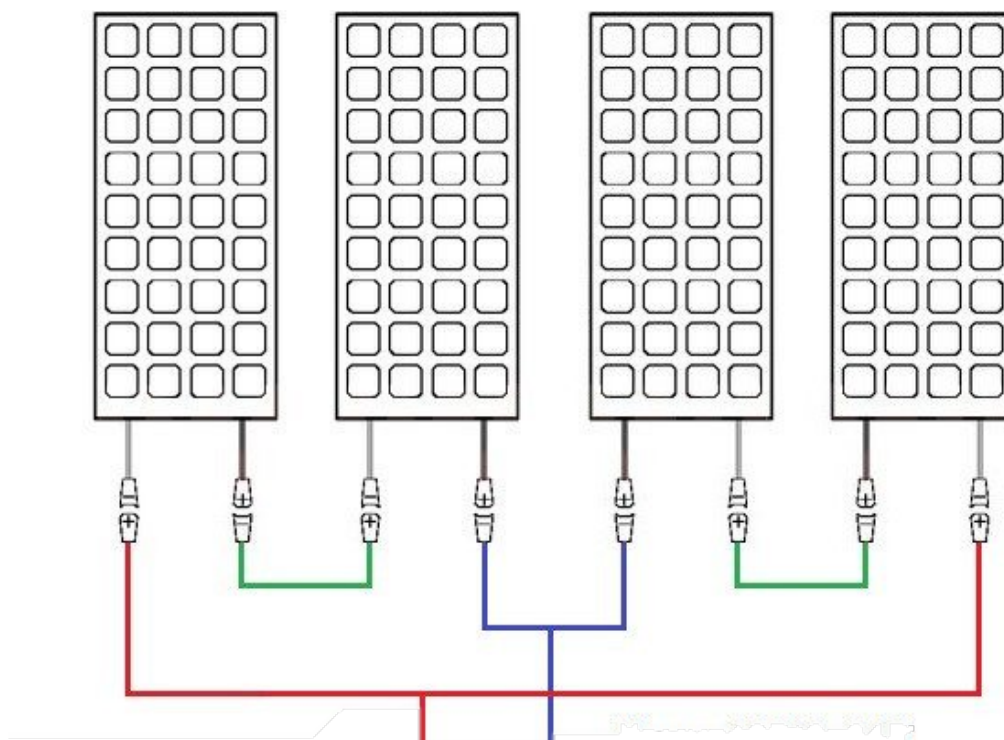
3.1 – кесте - Монокристалдық қуаты 140 Вт панельдің сипаттамасы

Маркасы	SM140W
Максималды қуаты (Вт)	140 Вт
Бос жүріс кернеуі (В)	22.2
Қысқа тұйықталу тоғы (А)	8.6
Максимал қуаттағы Кернеуі (В)	18.2
Максимал қуаттағы тоғы (А)	7.9
Эксплуатациялау температурасы	-40°C до +80 °C
Көлемі (мм)	1480×680×40мм

ФЭМ энергетикалық сипаттамаларын зерттеудегі монокристалдық 140 Вт (3.1 – кесте) панеліміздің қосу схемасы тізбектей-параллельді қостық. Батарея тізбектерін параллель қосу арқылы біз мыналарды аламыз - шығу кезіндегі номиналды кернеу $12В \times 2=24В$ сериялы екі аккумулятордың қосындысына тең болады, бос жүріс кернеу $22,2В \times 2=44,4 В$, ал ток $8.6 А \times 2=17,2 А$ болады (3.3, 3.4 – сурет).



3.3– сурет - SM140W күн модульдері



3.4 – сурет - Панельдің өз ара жалғану схемасы

Expert MEX-3000-24 контроллері бар Инвертор. Функцияларды біріктіретін көп функциялы инвертор, зарядтау, MPPT контроллері:

- Таза синусы бар инвертор
- MPPT функциясы бар Күн батареяларын зарядтау контроллері
- батарея зарядтағыш
- желі және жүктеме параметрлерін бақылау жүйесі

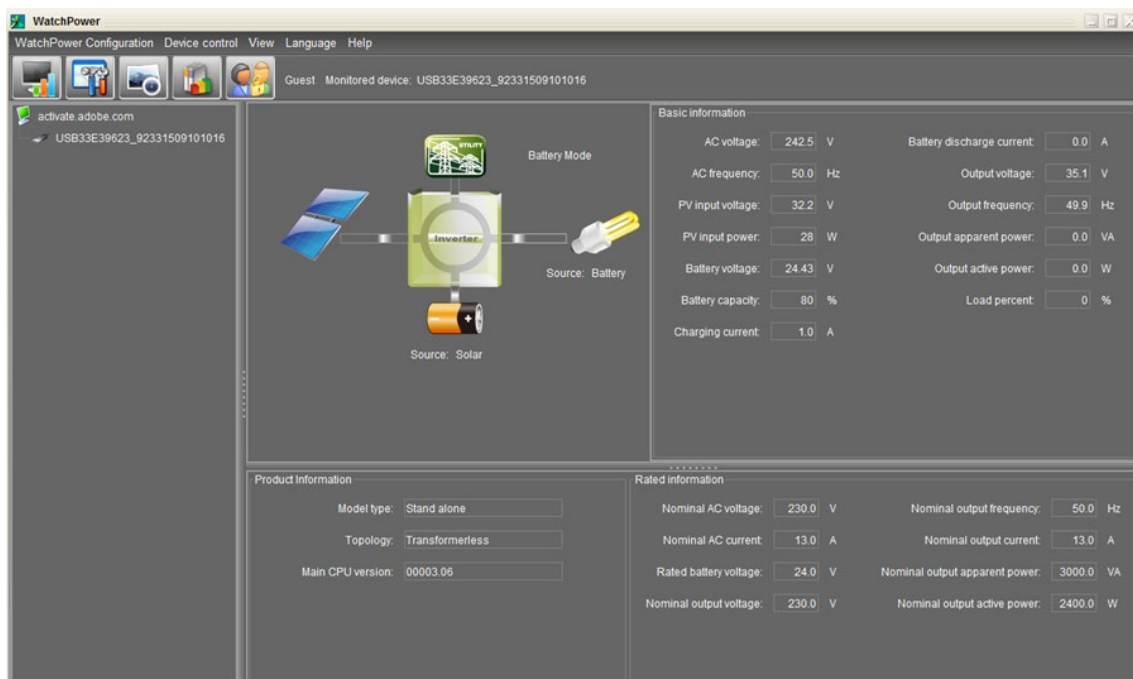
Ыңғайлы ЖК дисплейі параметрлерін бақылауға және ыңғайлы басқаруды қамтамасыз етеді, мысалы:

- ағымдағы жұмыс тәртібін
- желінің жиілігі мен кернеуі, ток және тұтыну қуатын
- генерация жиілігі мен кернеуін, ток және тұтыну қуатын
- батарея кернеуі және олардың жағдайын
- батареяларды зарядталу және разрядталу токтарын
- күн батареяларының кернеуі мен зарядтау тогын
- қате және ескерту кодтарын
- Жұмыс барысында біз мінездемелерін



3.5 – сурет – Expert MEX-3000-24 инвертор және қосу схемасы

Expert инверторы (3.2 – кесте) энергияны сыртқы электр көзінен (сыртқы желі, генератор немесе күн батареяларын) аккумуляторларға сақтайды және энергияны тұтынушыларға таратады (3.5 – сурет). Электр энергиясының сыртқы көзі ажыратылған немесе онда қауіпті жоғары кернеулер анықталған кезде инвертор үздіксіз қоректендіруді қамтамасыз ету және резервтік жүктемені ЭҚК-тен қорғау үшін генерация режиміне ауысады. Бұл жағдайда күн батареяларынан энергия үнемі тұтынушыларға, ал оның артық мөлшері батареяға түседі. Сыртқы көзді қалпына келтіру кезінде инвертор тұтынушыларды оған қосады және олардағы энергияны толықтыру үшін батареяларды зарядтайды. Күн модульдерінен үнемдеу және жеткілікті қуат болған кезде инвертор тұтынушыларды сыртқы көзден ажыратып, одан ештеңе тұтынбай ғана қоректендіре алады. Сипаттамаларын бақылау ретінде инверторда WatchPower жүйесі арқылы бақылау қарастырылған, 3.6 – суретте көрсетілген.



3.6 – сурет - WatchPower программасы

Артықшылықтары бойынша:

- Кіріктірілген қуатты MPPT күн батареясы контроллері
- Инвертордың шығысындағы таза синусоида
- Үй техникасы немесе ДК үшін реттелетін кіріс кернеу диапазоны
- Реттелетін батарея тогы
- Батареялардың қайта зарядталуын болдырмау үшін зарядтау тогын бақылау
- Дұрыс 3 сатылы батарея зарядтау режимі
- Желімен де, генератормен де үйлесімді
- Сыртқы қуатты қалпына келтіру кезінде автоматты түрде қайта іске қосыңыз
- Шамадан тыс, қызып кетуден, қысқа тұйықталудан қорғау
- Батарея өнімділігін оңтайландыру үшін зарядтағыштың тиімді дизайны
- Өшірілгеннен кейін автоматты түрде қайта іске қосу функциясы

3.2 – кесте - Expert MEX-3000-24 маркалы инвертордын сипаттамасы

Маркасы	Bineos
Қуаты (Вт)	2400
Қуаты (ВА)	3000
Максималды қуат (Вт)	6000
Зарядтау тогы (А)	20
DC шина (В)	24
Орташа температурасы (°C)	55
Ұзындығы (мм)	100
Ені (мм)	272
Биіктігі (мм)	355
Салмағы (кг)	7
Минималды АКБ саны (шт)	2
Кепілдік мерзімі (ай)	24
Өндіріс елі	Қытай

3.2 Күн панельдерін диагностикалау

Күн панельдері, кез-келген басқа жүйе-механизм сияқты, зерттеуді және тексеруді қажет етеді. Балама энергияны тұтыну және өңдеу үшін қымбат Күн жүйесін сатып алмас бұрын, жабдықты мұқият диагностикалау қажет. Техникалық қызмет көрсету және зерттеу күн панельдерінің сапалы және ұзақ жұмыс істеуі үшін қажет. Мұндай бақылаулар орнату кезеңінде немесе тікелей жұмыс процесі кезінде күн модульдерінің дұрыс жұмыс істемеуін анықтауға, сондай-ақ зақымдалған бөліктерді уақтылы ауыстыруға мүмкіндік береді.

3.2.1 Күн панельдерін диагностикалау әдістері

Электрлік байланыстар мен қосылыстардың ақауларын жою мәселесі де маңызды, бұл бүкіл электрмен жабдықтау жүйесінің жалпы өндірістік қасиеттерін едәуір арттыра алады. Тиімділік көрсеткіші-күн панельдерінің жұмысына, сондай-ақ құнына әсер ететін тағы бір фактор.

Тепловизор әдісінен тестілеу

Күн модульдерінің сапасы күн энергиясын өндіруге, өңдеуге және сақтауға әсер ететін негізгі фактор болып табылады. Электр станциясының бүкіл жүйесінің құқықтық қабілеттілігінің ұзақтығы оған тікелей байланысты. Күн электр станциясының өтелімділігі және оның үздіксіз жұмыс істеу қабілеті тиісті қондырғылардың тиімділігімен тығыз байланысты. Күн батареяларының модульдерін диагностикалау үшін орнату жұмыстары аяқталғаннан кейін оларды тікелей тексеруге болады.

Егер күн батареяларын өндіру кезінде сапасыз құрамдағы Фото байланыстарды қолдансаңыз, уақыт өте келе учаскелердің жергілікті қызып кетуі сияқты проблемалар туындауы мүмкін. Мұндай проблемаларды жылу түсіргіштердің көмегімен анықтауға болады-мұндай құрылғы жүйені оңтайлы және ұтымды зерттеуге мүмкіндік береді. Фото сілтемелердің барлық ақауларын тиісті камералардың жылу бейнесінде анық және анық көруге болады. Жылу бейнелеу құрылғылары күн панельдерінің жұмысы кезінде қондырғыларды тікелей тексеруге мүмкіндік береді. Барлық мүмкін және айқын проблемаларды жылу түсіргіштерді қолдана отырып, жүйені жұмыс күйінен толық ажыратқанға дейін де анықтауға болады. Алайда, кез-келген жылу камерасы күн панельдерін диагностикалауға жарамайды, сондықтан бұл мәселеге мұқият және жауапкершілікпен қарауыңыз керек.

Диагностика 1000 Вт/м^2 күн оқшаулау деңгейінде жасалады. Бұл қажетті жылу контрастын және нақты термографиялық өлшеулерді қамтамасыз етеді. Тестілеуді өткізудің тамаша шарты күн шуақты қысқы ауа-райы болады. Тағы бір шешуші фактор-күн модульдерінің ауданына қатысты жылу түсіргіштің дұрыс таңдалған көру бұрышы. $5-60^\circ$ бұрышы бар "жасыл сектор" - термографиялық диагностика үшін ұсынылған тексеру позициясы. Бұл позиция модульдердің ішкі жағдайын сканерлеуге мүмкіндік береді (күн батареясының төменгі бөлігінің термографиясын жүргізген жөн). Бұл әдіс әйнектегі қажетсіз күн мен бұлтты дисплейлерді азайтуға мүмкіндік береді. Артқы жағында температура көрсеткіштерінің контрасты күн модульдерінің бетін тікелей өлшеуге байланысты жоғары болады. Панельдер қуат жүктемесі кезінде қалыпты жұмыс жағдайында сыналады. Фото сілтемелердің түрлері, жүктемелерсіз өлшеу және модульдердің қысқа тұйықталуы кезінде күн панельдерінің жұмыс параметрлері туралы қосымша деректерді анықтайтын факторлар болып табылады.

Вольт-амперлік сипаттамасымен тестілеу

Күн элементінің вольт-амперлік сипатын толтыру коэффициенті-нақты қуаттың және теориялық қуатына қатынасы бойынша алынады. Бұл коэффициент фотоэлектрлік түрлендіргіштің сапасын бағалауға болатын негізгі параметрлердің бірі болып табылады. Типтік сапалы сериялық өндірілген күн батареялары $V_{OC} > 0.70$ толтыру коэффициентіне ие. Әдетте қытайлық өндірушілерде сатылатын ақаулы элементтер 0.4-тен 0.65-ке дейін V_{OC} толтыру коэффициентіне ие. Аморфты элементтерде және басқа жұқа пленкалы фотоэлектрлік түрлендіргіштерде V_{OC} толтыру коэффициенті 0.4 — 0.7 аралығында болады.

3.2.2 Лаборатория жағдайында күн панельдерін диагностикалау жұмысын жүргізу

КП-дерін монтаждау кезінде ең алдымен біз панельдерге тестілеу жүргіздік, тестілеу әдістеріне тепловизорлық диагнозы және панельдің вольт амперлік сипаттамасын өлшеу тестілеу жатады.

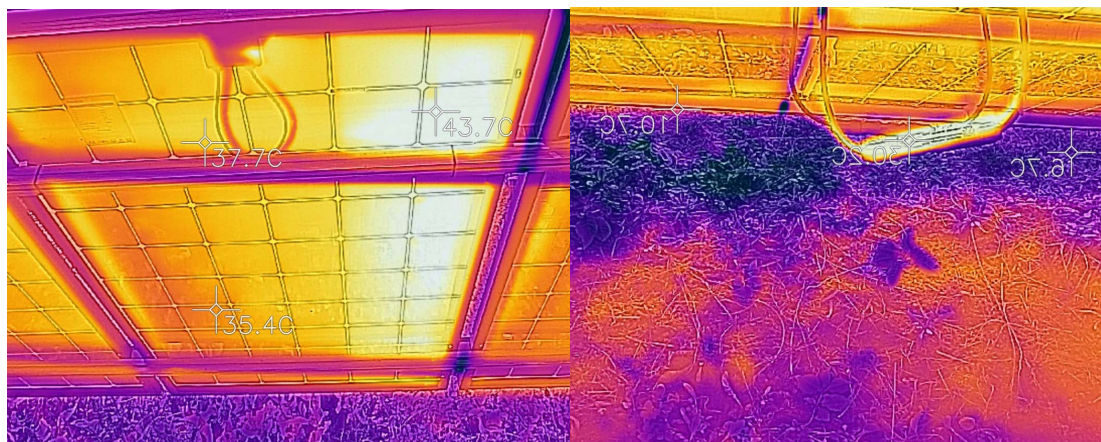
Біз тепловизор әдісімен тестілеуде Fluke ti25 тепловизорын қолдандық. Fluke Ti25 жылу түсіргіші -20°C -ден 350°C -қа дейінгі температураны өлшеу үшін оңтайландырылған, құрылғы ауыр жағдайда жұмыс істеуге арналған, 2 метр биіктіктен құлап, IP54 қорғаныс дәрежесіне сертификатталған.

Ir-Fusion технологиясы біріктірілген, инфрақызыл және көрінетін диапазондарда кескінді байқауға, қажетті ақпаратты тезірек және оңай табуға мүмкіндік береді. IR-Fusion зерттелетін объектіге дейінгі қашықтыққа қарамастан, көрінетін және ИК кескіндерінің дәл қабаттасуын қамтамасыз ететін кескінді түзетудің ерекше әдісін қолданады. Сұлбасы 3.7 – суретте көрсетілген.



3.7 – сурет - Fluke ti25 тепловизоры

Тепловизор әдісімен тестілеу барысында 31°C температурада тестілеу жасадық, люксметр бойынша 77000 лк-те тестілеу жүргізді. Тестілеу жүргізу бойынша панельдеріміз $36-38^{\circ}\text{C}$ -ті, кабельдеріміз $28-33^{\circ}\text{C}$ -ті, жалғағыш коннекторларымыз $31-35^{\circ}\text{C}$ -ті көрсетті, тестілеу барысындағы тепловизормен алынған сұлба 3.8 – суретте көрсетілген.



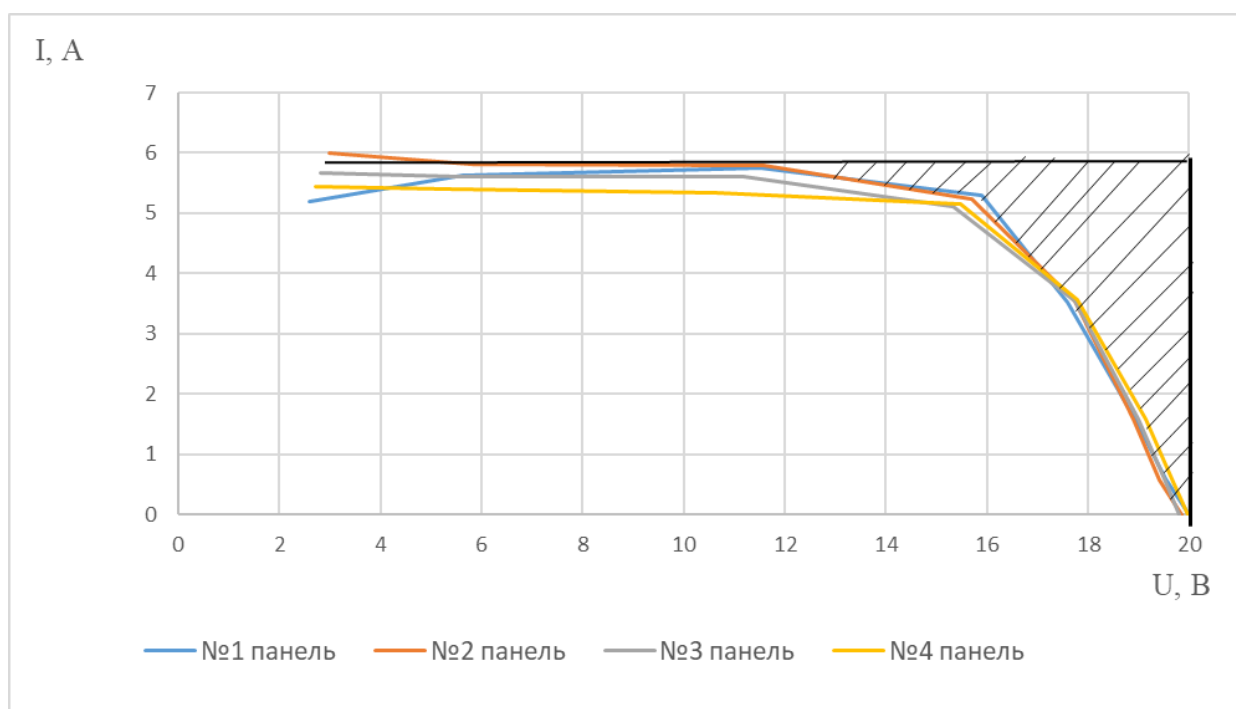
3.8 – сурет – Тепловизормен түсірілген тестілеулердің мәліметтері

Вольт-амперлік сипаттамасы бойынша тестілеу барысында люксметрде 77000 лк, ауарайы бойынша 32 °С-та кедергісі 0,5, 1, 2, 3, 5, 12 және 33 Ом болатын резисторлармен тестілеу жүргізілді. 3.3 – кестеде вольт-амперлік сипаттамалары көрсетілген, вольт-амперлік сипаттамасының диаграммасы 3.9 – суретте көрсетілген.

3.3 - кесте – Панельдердің вольт-амперлік сипаттамалары

№1 панель			№2 панель		№3 панель		№4 панель	
R, Ом	U, В	I, А	U, В	I, А	U, В	I, А	U, В	I, А
-	20	-	19,85	-	19,8	-	19,97	-
0,5	2,6	5,2	3	6	2,83	5,66	2,72	5,44
1	5,63	5,63	5,82	5,82	5,6	5,6	5,4	5,4
2	11,51	5,755	11,6	5,8	11,2	5,6	10,67	5,335
3	15,9	5,3	15,7	5,23	15,34	5,11	15,47	5,15
5	17,58	3,516	17,75	3,55	17,73	3,546	17,8	3,56
12	18,95	1,58	18,9	1,575	19	1,58	19,13	1,59
33	19,54	0,59	19,4	0,58	19,5	0,59	19,65	0,59

Вольт-амперлік сипаттамасы толтыру коэффициенті - 0.75 тең, зерттей келе панельдеріміздің өндірушісінің ауытқу дәресіне сай келді және сай келуіне байланысты біз зерттеу жұмысымызды бастаймыз.



3.9 – сурет – Вольт-ампер сипаттамасының толтыру диаграмм

3.3 Күн панеліне әсер ететін факторлар

Қазіргі таңда күннен алынатын энергияға сұраныстың артуының есебінен, күн энергиясын толыққанды зерттеу талабы қойылып отыр. Осыған орай ең бірінші зерттеу керек нәрсе – оның қандай жағдайларда, энергия тиімділігі артады және қандай жағдайларда энергия тиімділігі төмендейді. Осыдан оған әсер ететін факторларды анықтап зерттеу, қажеттілігі туындайды. Енді ол факторларды біле отырып, біз панельден максимум энергияны өндіріп алу мүмкіндігіміз болады.

Күн панеліне әсер ететін факторлар:

- Климаттық және географиялық жағдайлар;
- КП-нің шамадан тыс қызуы немесе көлеңкеленуі;
- Сымдардағы, инвертордағы, контроллердегі энергия шығындары;
- Уақыт өте келе КП-нің тозуы;
- Шаң, кір және ауаның ластануы есебінен қуаттың төмендеуі;
- Жарықтандырудың біркелкі болмауы;
- Күн мен түннің ауысуы.

Мына факторлар физикалық түрде әсері болмағанымен, КП-нің тиімділігіне әсер етеді:

- Ауа құрамы;
- Желдің әсері, бағыты;
- Қысымның әсері;
- Ылғалдылық әсері.

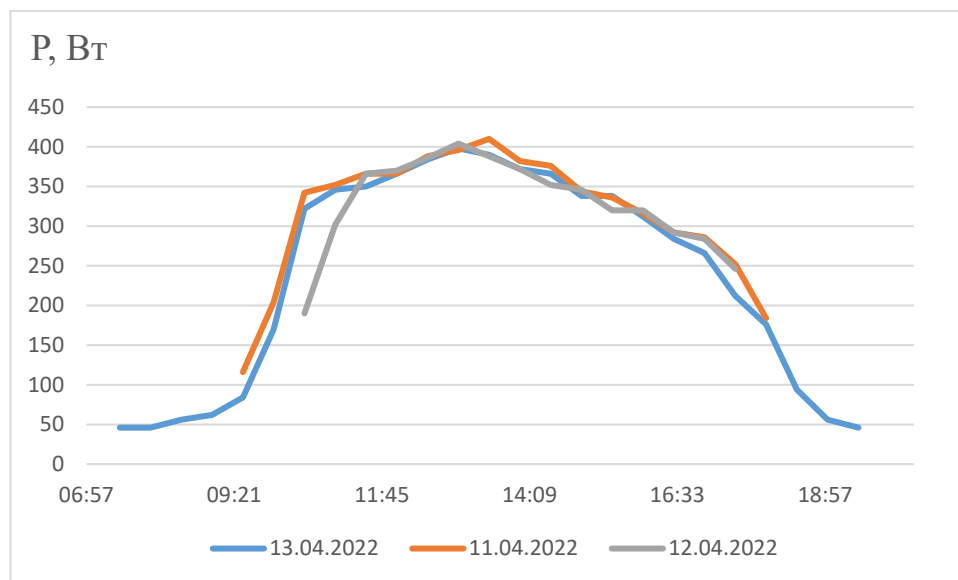
Ал мына факторлардың әсері өзгеруі мүмкін:

- жыл маусымына байланысты;
- географиялық орналасуы;
- монтаждау тәсілдері;
- КП-нің азимут және көлбеу бұрышы.

3.4 Күн ашық кездегі зерттеулер

Жер бетіне түсетін күн энергиясының мөлшері атмосфераның жағдайына, күн күнінің ұзақтығына, тәулік уақыты мен жыл мезгілдеріне байланысты екені белгілі. Жер бетіне жететін күн радиациясының санын анықтайтын негізгі атмосфералық құбылыс бұлт болып табылады. Жердің кез келген нүктесінде жер бетіне жететін күн радиациясы бұлттылықтың ұлғаюымен, азаяды. Күн панельдері ауа райы мен климатқа өте қатты тәуелді болып келеді. Күн бұлтты кездері және туман кездері күн панельдері тиімділігі төмендейді. Күнің ысуының өзіндік тигізетін зардабы жоғары. Осыған байланысты көптеген эксперименттік тәжірибелер жасадық. Осы жұмыста Алматы қ. климаттық

жағдайлардағы КП жұмыс параметрлеріне ауа райының (жауын-шашынның, температураның) әсері зерттелді. Алматы қ. климаттық жағдайлардағы КП жұмысының тиімділігіне ауа-райы жағдайларының әсерін бағалау үшін осы жұмыста КП 2022 жылдың ақпан 2022 жылдың мамырына дейінгі кезеңде тестілеу жүргізілді және әр түрлі күндер мен жыл мезгілдерінде КП жұмысының статистикалық деректері алынды: күн, бұлтты, жаңбырлы күндер және қар жамылғысы бар күндерде.



3.10 – сурет - КП-нің уақыт бойынша қуат өндіру мөлшері

Күн радиациясының ең жоғары қарқындылығы 11.04.22ж күні - 410 Вт, 12.04.22ж – 404 Вт, 13.04.22ж – 398 Вт және Күн радиациясының ең жоғары кезеңіндегі орташа күндік электр энергиясын өндіруі 2940 Вт*сағ тең болды (3.10 – сурет). Күндік электр энергиясын өндіруі бойынша 13.04.22ж күнгі толық күнгі болып саналады, себебі мәліметтер таңғы 7:30-19:30 дейінгі алынған және күндік электр энергиясын өндіруі 2940 Вт*сағ тең. 11.04.22ж күнгі алынған мәлімет бойынша күн сәулесі түсе бастағанан, панельге көленке түскенге дейінгі мәліметтер алынды, бұл күннің күндік электр энергиясын өндіруі 2854 Вт*сағ тең. 12.04.22ж күнгі алынған мәлімет бойынша күн сәулесі түсіп тұрғандағы алынған мәлімет, бұл күннің күндік электр энергиясын өндіруі 2470 Вт*сағ тең. 3.4 – кестеде келтірілген мәліметтер көрсетілген.

13.04.22ж күнгі күндік электр энергиясын өндіруі

$$A = \Sigma(P * \Delta t) = 5880 * 0.5 = 2940 \text{ Вт} * \text{сағ}$$

мұндағы A – күндік электр энергиясын өндіруі;
 ΣP – қуаттың суммасы;
 Δt – уақыт[4].

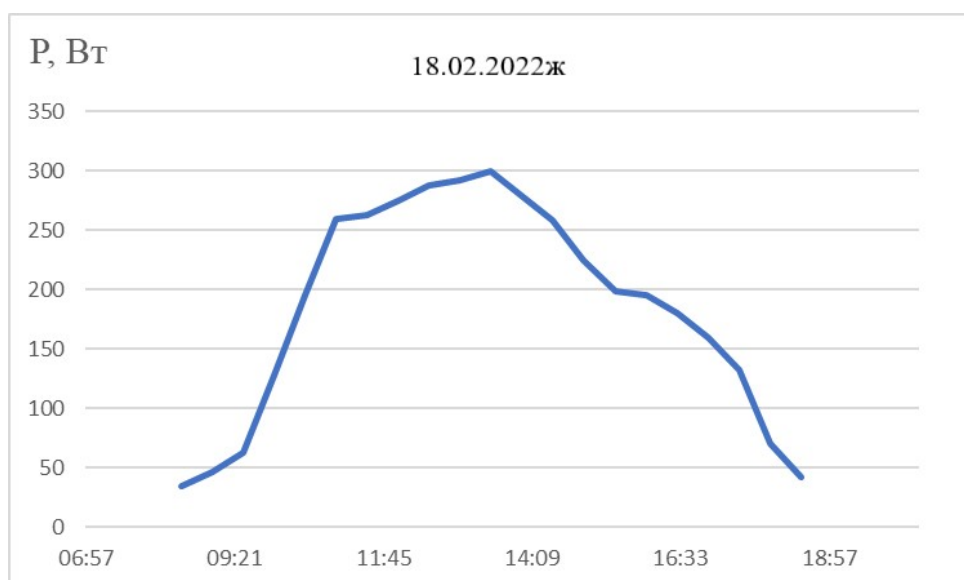
Алындаған мәліметтер бойынша күн панелінің сәуір айындағы электр энергиясын шығарылды. Сәуір айы бойынша күн панелі 88200 Вт*сағ электр энергиясын өндіреді.

3.4 – кесте – КП-нің күн радиациясының ең жоғары кезеңіндегі алынған мәліметтер

13.04.22ж		11.04.22ж		12.04.22ж	
t, сағ	P, Вт	t, сағ	P, Вт	t, сағ	P, Вт
07:30	46				
08:00	46				
08:30	56				
09:00	62				
09:30	84	09:30	116		
10:00	170	10:00	204		
10:30	322	10:30	342	10:30	302
11:00	346	11:00	352	11:00	366
11:30	350	11:30	366	11:30	370
12:00	366	12:00	366	12:00	386
12:30	384	12:30	388	12:30	404
13:00	398	13:00	396	13:00	388
13:30	390	13:30	410	13:30	372
14:00	372	14:00	382	14:00	352
14:30	366	14:30	376	14:30	346
15:00	338	15:00	344	15:00	320
15:30	338	15:30	336	15:30	320
16:00	312	16:00	316	16:00	292
16:30	284	16:30	292	16:30	284
17:00	266	17:00	286	17:00	246
17:30	212	17:30	252	17:30	192
18:00	176	18:00	184		
18:30	94				
19:00	56				
19:30	46				

Ақпан айындағы электр энергиясын өндіру

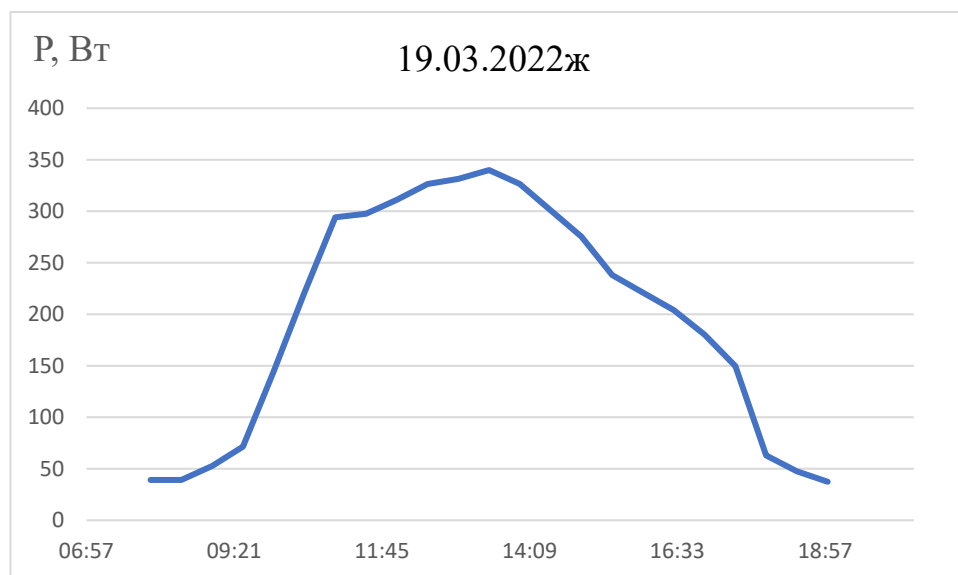
Ақпан айының электр энергиясын өндіруіне байланысты 18 ақпандағы электр энергиясы бойынша есеп жүргізілді және 18 ақпандағы күндік электр энергиясын өндіруі 1941 Вт*сағ тең. Ақпан айындағы орташа электр энергиясын өндіруі 54348 Вт*сағ тең. 3.11 – суретте күн панелінің 18 ақпандағы уақыт бойынша қуат өндіру мөлшері көрсетілген.



3.11 – сурет - КП-нің уақыт бойынша қуат өндіру мөлшері

Наурыз айының электр энергиясын өндіруі

Наурыз айының электр энергиясын өндіруіне байланысты 19 наурыздағы электр энергиясы бойынша есеп жүргізілді және 19 наурыздағы күндік электр энергиясын өндіруі 2255 Вт*сағ тең. Наурыз айындағы орташа электр энергиясын өндіруі 69920 Вт*сағ тең. 3.12 – суретте күн панелінің 18 ақпандағы уақыт бойынша қуат өндіру мөлшері көрсетілген.



3.12 – сурет - КП-нің уақыт бойынша қуат өндіру мөлшері

*Көктем айларындағы электр энергиясын өндіруі 212468 Вт*сағ құрайды.*

3.5 Күн батареясына температура әсері

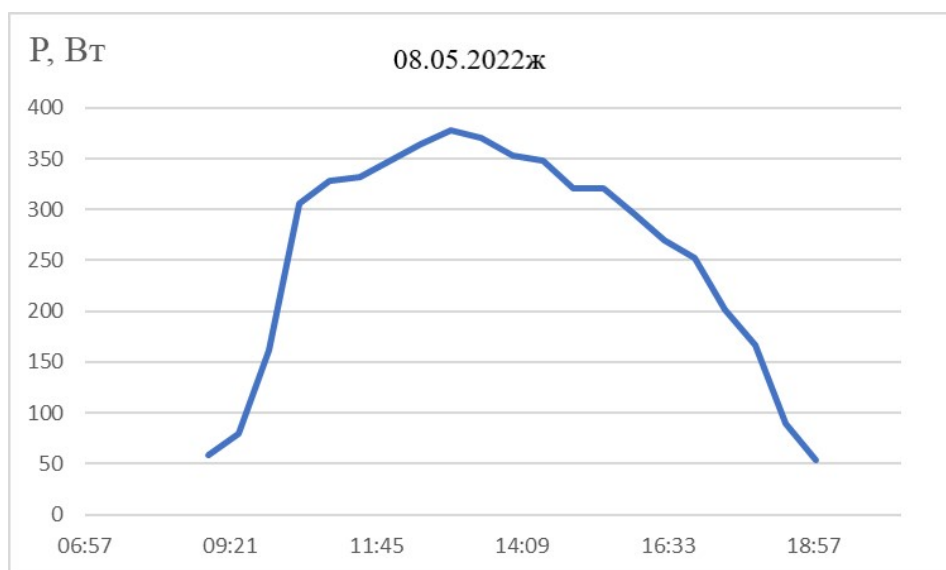
Күн батареясының температурасы күн панелінің тиімділігіне әсер ететін негізгі факторлардың бірі болып табылады. Панельге күннің ашық түскені өте жақсы екенін жоғарыда айтып кеттік, бірақ күннің температурасының қатты қызып кетуі- күн панеліне айтарлықтай зиянын тигізеді. Мысалға күннің температурасының қатты жоғарылауы, күн панелінің жұмысын уақытша тоқтатуға дейін, тіптен кей кездері зақымдануға дейін алып барады.

Эксперименттер нәтижесінде алынған мәліметтерге қарасақ, кейде мынадай жағдайлар кездесіп жатады, 1 күндік жазғы күні өндірілген энергия, 1 күндік қысқы күні өндірілген энергиядан аз болып тұрады. Оның себебі осы КП-нің температурасы көтеріліп кеткендіктен.

Күн батареялары көп жағдайда 25°C кезінде сыналады. Орналасқан жеріне байланысты, температура жоғарылағанда тиімділігі 10-15% - ға төмендетуі мүмкін.

Ыстық күні 40°C кезінде (стандартты жағдайдан 15 градусқа асып кеткен кезде), панельдің максималды қуаты шамамен 7% - ға азаяды.

Ауа райы бойынша температурасы 26 °C-тегі күн панелінің қуат өндіру мөлшері 3.13 – суретте көрсетілген.



3.13 – сурет - КП-нің уақыт бойынша қуат өндіру мөлшері

3.13 – суретте КП-нің 8 мамыр күні алынған қуат өндіру көрсетілген, бұл жерде температурасы 26 °C бойынша КП-лі зерттелген. Ең жоғарғы қуаты 378 Вт тең және 13 сәуір күнгі мәліметпен салыстырғанда (13 сәуір күнгі температура 18°C) 5% төмендеген. Күндік электр энергиясын өндіруі 257 Вт/сағ тең. 3.5 – кестеде - 8 мамыр күні алынған мәліметер көрсетілген.

3.5 – кесте – Ауа райы бойынша температурасы 18 °C кезеңіндегі алынған мәліметтер

08.05.22ж					
t, сағ	P, Вт	t, сағ	P, Вт	t, сағ	P, Вт
09:00	58	13:00	364	16:30	269
09:30	79	13:30	378	17:00	252
10:00	161	14:00	370	17:30	201
10:30	305	14:30	353	18:00	167
11:00	328	15:00	347	18:30	89
11:30	332	15:30	321	19:00	53
12:00	347	16:00	296		

КП тиімділігі мен өнімділігі әртүрлі стандарттар мен сынақ шарттарымен анықталады. Негізгі тест шарттарына мыналар жатады: — Standard Test Condition (STC) – тестілеудің стандартты шарты; -PV-USA Photovoltaics for Utility Systems (PTC). STC параметрлері күн панелінің жұмысын тамаша жағдайларда көрсетеді (жарықтандыру - 1000 Вт/м² модуль температурасы – 250C, АМ-1,5, ал желдің жылдамдығы нөлге тең). STC кезіндегі FM параметрлері барлық күн панельдерінің тақтайшасында көрсетілген және барлық өндірушілер үшін міндетті болып табылады.

Жоғары температураның КП-не әсерін келесідей қарастыруға болады: біріншіден, күн панельдерінің жылу тиімділігі панельдердің шатырға қаншалықты жақын орналасқандығына әсер етеді. Күн панельдері артқа орнатылмауы керек, бірақ модуль мен шатырдың арасында ауа айналымы үшін орын болуы керек. Екіншіден, күн панельдерін өндірушілердің көпшілігі күн Модулінің әйнек қабаттарынан жылуды кетіруге мүмкіндік беретін жылу өткізгіш пайдаланады. Күн панелі неғұрлым жақсы болса, соғұрлым ол жоғары температураға төзімді.

Әр түрлі фотоэлектрлік материалдар қуатының температуралық коэффициенті қарастырыңыз (3.6-кесте).

3.6 – кесте – Түрлі фотоэлектрлік материалдар қуатының температуралық коэффициенттері

Фотоэлектрлік материалдар		Қуаттылықтың температуралық коэффициенті (%/°C)
mono c-Si	Монокристаллические	-0,40
poly c-Si	Поликристаллические	-0,45
α -Si	Аморфный кремний	-0,20
α -Si/ μ c-Si	Аморфный кремний с микрокристаллическим кремнием	-0,26
CIGS	Селенид меди-индия-галлия	-0,36
CdTe	Теллурид кадмия	-0,25

3.6 – кестеде КП-дің температурасы стандартты температурасынан асқаннан кейін, шығысындағы қуаттың қанша пайызға төмендейтінін көрсетеді. Мысалға кремнилі кристалды панель 0,4 % пайызға төмендейді.

Қуатының температуралық коэффициентті есебі бойынша қуатымыз 0,4 %-ға төмендейді және осыған байланысты 8 мамыр күндегі температура 26 °C. 8 мамыр күнгі қуатының температуралық коэффициентті бойынша есебі төменде келтірілген.

Күн панелінің беткі температурасының қоршаған орта температурасына тәуелділігі қолданылды:

$$T_{pi} = T_{\text{возд}} + \frac{E_i}{800} (T_{\text{п.экс}} - 20^{\circ}\text{C}) = 26 + \frac{1000}{800} (50 - 20) = 63,5^{\circ}\text{C}$$

мұндағы T_{pi} -күн панелінің беткі температурасы, °C;

E_i - күн сәулесінің түсуі, Вт/м².;

$T_{\text{возд}}$ - қоршаған ортаның температурасы;

$T_{\text{п.экс}}$ - күн панелінің қалыпты жұмыс температурасы.

$$\eta_{pi} = \eta_0 (1 - 0,0045 \cdot (T_{pi} - 25)) = 0,4 \cdot (1 - 0,0045 \cdot (63,5 - 25)) = 15,3 \%$$

мұндағы η_{pi} – күн панелінің температураға байланысты шығыны, %,

η_0 – температурада күн панелінің тиімділігі, %.

Есеп бойынша температураға байланысты шығынға кеткен қуат 68,3 Вт құрайды және идеалды күн панеліміз үшін қуатымыздың мәні 446 Вт құрайды.

3.6 Күн батареяларының жұмысына көлеңкенің әсері

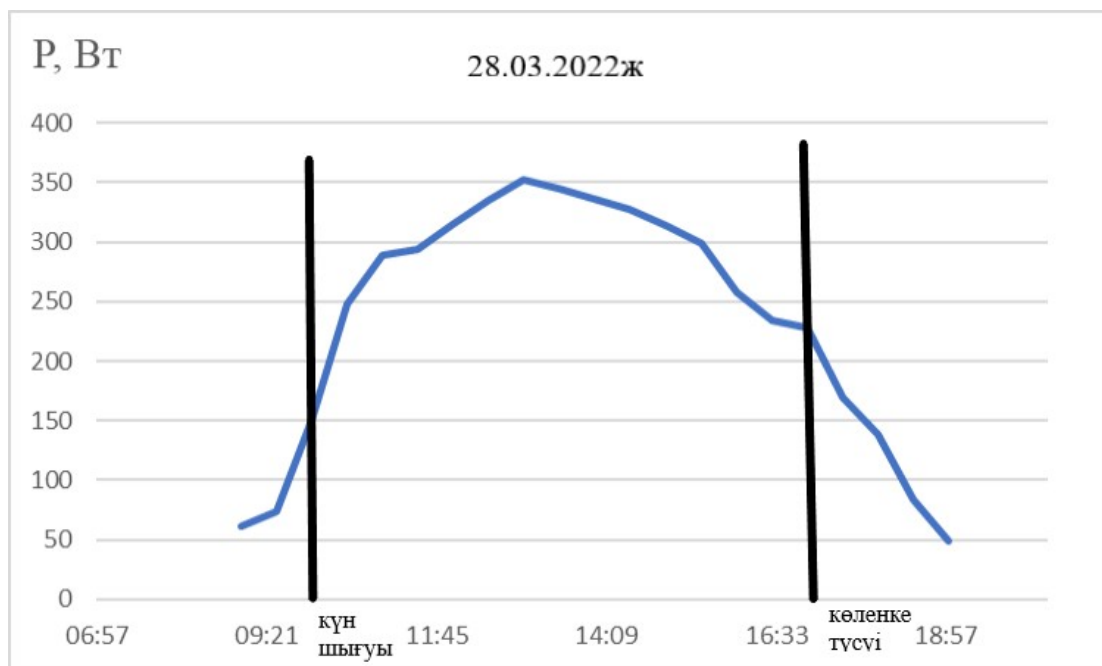
КП-дерін монтаждау кезінде (көбінесе стационар панельде) көлеңкеленуден құтылу мүмкін емес. Әсіресе таңертен және кешкі уақыттарда күн әлде қайда төмен болады. Енді сол әсерін қарастырып өтейік. Күн панеліндегі күн элементтерін труба ретінде қарастырайық, ал өндіріліп жатқан энергияны су ретінде қарастырайық. Күн элементтерінің біріне көлеңке түскен кезде, ол электр энергиясын өндіруді тоқтатады және ток ол арқылы ағуын тоқтатады. Бұл трубаның кейбір учаскесіндегі қоқыспен салыстыруға болады. Көлеңкеленген күн элементі бүкіл тізбек бойынша энергия ағынын бұғаттайды.



3.14 – сурет - Көлеңкеленген күн элементі бүкіл тізбек бойынша энергия ағынын бұғаттау имитациясы

Осылайша, күн батареясында бір фотоэлементтің шамалы көлеңкеленуі бүкіл күн станциясының электр энергиясын өндірудің елеулі төмендеуіне әкеледі (3.14 – сурет).[11]

Көлеңкенің түсуіне байланысты панель бетіне сағат 10:30 күн түседі және 16:30 көлеңке түседі. Көлеңке түсуіне зерттеу жүргізгенде көлеңке түспей тұрып 30 минут бұрын өлшенді және 242 Вт өлшем алынды, көлеңке түскенсоң бұл мәніміз 213 Вт-қа төмендеді. Көлеңке түспей тұрып және түскеннен кейінгі есеп бойынша қуатымыз 12 % төмендеді (3.15 – сурет).



3.15 – сурет –Күн сәулесі түсуі мен көленке түсуі көрсетілген диаграмма

3.7 Күн панельдерінің уақыт өте келе тозуы

Осы күнге дейін күн батареялары дала жағдайында көптеген қондырғыларда сыналды. Тәжірибе көрсеткендей, күн батареяларының қызмет ету мерзімі 30 жылдан асады. Еуропа мен АҚШ-та 25 жылға жуық жұмыс істеген фотоэлектрлік станциялар қуатының шамамен 10% - ға төмендегенін көрсетті. Осылайша, монокристалды күн модульдерінің нақты қызмет ету мерзімі 30 және одан да көп жыл деп айтуға болады. Поликристалды Модульдер әдетте 20 және одан көп жыл жұмыс істейді. Аморфты кремнийден (жұқа пленкалы немесе икемді) модульдердің қызмет ету мерзімі 7 жылдан 20 жылға дейін болады.

Күн модульдері пайдаланудың алғашқы 2 жылында жылдам тозады. Жұқа пленкалы модульдер пайдаланудың алғашқы 2 жылында 10-нан 30% - ға дейін қуаттан айырылады, сондықтан олар әдетте 15-20% - ға жуық артық қуатқа ие болады. Қазіргі уақытта фотоэлектрлік модульдер нарығының 90% — ға жуығы кристалды кремний модульдерін құрайды, өйткені олардың тозуы әлдеқайда аз, ал қызмет ету мерзімі күн модульдерінің басқа түрлеріне қарағанда көп.

Күн панельдерінің әдеттегі тозуы жылына 0.5% құрайды. Жоғарыда көрсетілгендей, жұқа пленкалы күн панельдері (a-Si, CdTe және CIGS) моно мен поликристалды панельдерге қарағанда тезірек азып-тозады. Төменде 2000 жылға дейін және 2000 жылдан кейін өндірілген күн панельдерінің деградациясы бойынша деректер кестесі келтірілген [12] :

3.7 – кесте - 2000 жылға дейін және 2000 жылдан кейін өндірілген күн панельдерінің деградациясы бойынша деректер кестесі

Күн элементінің түрі	Жыл ішіндегі қуаттың жоғалуы, %	
	2000 ж. дейін	2000 ж. кейін
Өндірілген жылы:		
Аморфты кремний (a-Si)	0.96	0.87
Теллурид кадмия (CdTe)	3.33	0.4
Селенид мыс- индий-галлий (CIGS)	1.44	0.96
Монокристалды кремний (mono-Si)	0.47	0.36
Поликристалды кремний (poly-Si)	0.61	0.64

3.8 Ауа құрамының КП тиімділігіне әсері

Ғалымдар ауаның құрамы, ауаның шаңы мен антропогендік ластануы күн энергиясының шашырауына алып келуіне байланысты, күн электр станцияларының тиімділігін айтарлықтай төмендететінін дәлелдеді.

Ауадағы қатты шаң бөлшектер саны күн радиациясына қатты әсер етеді, бұл шаң экранының әсері климаттың өзгеруін бағалау кезінде ескереді. 2017 жылы америкалық ғалымдар Үнді және Қытай әріптестерімен бірлесіп, шаң мен ауадағы өнеркәсіптік шығарындыларға байланысты, күн электр станцияларының қаншалықты қуатын жоғалтатынын анықтауға шешім қабылдады.

Ахмадабадтағы ірі үнді қаласында, ғалымдар белгілі бір уақыт аралығында электр станциядағы - күн панельдерінің учаскелерінен шаңның екі үлгісін жинады. Содан кейін үлгілер өлшеп, лазерлік дифракцияның көмегімен бөлшектердің дәл мөлшерін анықтады. Масс-спектрометрия көмегімен олардағы көміртегі, азот және сутегі құрамын анықтады. Ғалымдар Күн панеліне тұнған жалпы шаң массасын ғана емес, сонымен қатар шаңдағы карбонаттар мен силикаттардың үлесін де білді. Бұл үлес ауаның өнеркәсіптік шығарындылармен, иондық аэрозольдармен, көмір мен мұнайдың жану өнімдерімен және адам қызметінің басқа да өнімдерімен ластану дәрежесін көрсетеді, осылайша ол бізге, күн электр станцияларының энергетикалық шығындарының "үлесін" бағалауға мүмкіндік береді.

Ауадағы аэрозоль бөлшектері күн сәулесін шашырататыны белгілі. Зерттеу көрсеткендей, ластанған аудандарда аэрозоль жүктемесінің салыстырмалы-төмен деңгейінен, жоғары деңгейге өту кезінде жарықтың шашырауы үлесі 15-тен 40% - ға дейін артады.

Зерттеушілер ауаның және күн панельдерінің ластануына байланысты Үндістан мен Қытай сияқты мемлекеттер жылына 1 және 11 ГВт электр энергиясын жоғалтады деп есептей алды [13]

3.9 Жел және ылғалдылық әсері

Желдің әсері күн секілді тікелей әсер етпейді. Желдің КП-не жақсы жағыда және жаман жағы да бар.

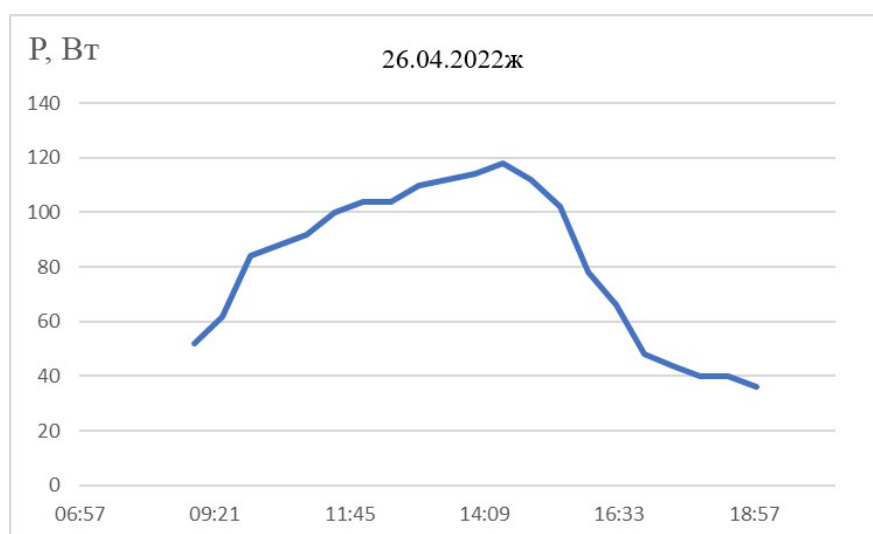
Бірінші жақсы жағына келетін болсақ, Жаздың күні температура қатты көтерілген кезде, желдер күн панельдерін суытады. Және бұл КП – нің энергия өндіруіне айтарлықтай көмегін тигізеді. Себебі суық панельдер ыстық панельге қарағанда энергияны бойынан көп өткізеді. Егер жел күн батареясын 1 температурасын градусқа азайтса, оның тиімділігі 0,05 пайызға артады

Енді жаман жағы: Күн панельдерінің бетіне шаң жиналып қалуының негізгі себептерінің бірі осы – жел болып келеді. Себебі желдің құрамында ауаға қарағанда шаң мен тозаң көп болады. Осыған орай егер КП-і шаңды желді аймақтарда орналасса оның бетін жиі тазартып отыру керек. Себебі жоғарыда айтып кеткендей, шаң басуы тиімділікті 40% - ға дейін төмендетуі мүмкін.

Ылғалдылық күн панелінің тиімділігін 2 жолмен азайтады.

1) Су немесе су буының кішкентай тамшылары күн панельдерінде (мысалы, КП- нің терінің тамшылары) жиналуы күн сәулесінің шағылысуына немесе сынуына алып келеді. Бұл күн сәулесінің күн панеліне түсу мөлшерін азайтады.

2) Тұрақты ылғалды ауа райында болу күн панелін мерзімінен бұрын тоздыруға алып келеді. Бұл жағдай кремнилі КП үшін және жұқа пленкалы КП үшін де бірдей.



3.16 – сурет – Жаңбырлы және бұлтты күні алынған электр энергиясын өндіру диаграммасы

3.16 – суретте КП-нің 26 сәуір күні алынған электр энергиясын өндіру диаграммасы көрсетілген, бұл жаңбырлы және бұлтты күні алынған КП-нің мәліметтері. Ең жоғарғы қуаты 118 Вт және электр энергиясын өндіруі 81 Вт/сағ тең. 3.8 – кестеде – 26 сәуір күні алынған мәліметер көрсетілген.

3.8 – кесте – Ауа райы бойынша кезеңіндегі температурасы 26 °С алынған мәліметтер

26.04.22					
t, сағ	P, Вт	t, сағ	P, Вт	t, сағ	P, Вт
09:00	52	13:00	104	16:30	66
09:30	62	13:30	110	17:00	48
10:00	84	14:00	112	17:30	44
10:30	88	14:30	114	18:00	40
11:00	92	15:00	118	18:30	40
11:30	100	15:30	112	19:00	36
12:00	104	16:00	102		

Қорытынды:

- максималды электр энергиясын өндіру (13 сәуірде алынған) - 2940 Вт*сағ
 - минималды электр энергиясын өндіру (26 сәуірде алынған) – 814 Вт*сағ,
- 13 сәуір күнімен салыстырғанда 73% төмен электр энергиясын өндірген, себебі 26 сәуір жаңбырлы және бұлтты күні алынған.
- Көлеңке жағдайында байланысты күн панелімізге сағат 10:30 дейін көлеңке түседі, ал кешкісін панеліміздің бетіне сағат 16:30 көлеңке түсе бастайды және осыған байланысты көлеңке түспей тұрып 242 Вт, ал көлеңке түскенсоң 213 Вт. Көлеңке түспей тұрып және түскеннен кейінгі есеп бойынша қуатымыз 12 % төмендеді.
 - Панель бентінің температурасына байланысты қуаттылықтың температуралық коэффициенті бойынша 0,4 % тең, осыған байланысты күн панелінің номиналды температурасынан 50 °С асқан соң темпретуранық өсуіне байланысты қуат 0,4 % азая береді.
 - Ауа температурасы бойынша 8 мамыр мен 13 сәуір күндерінің салсалыстырғанадағы қуаты бойынша 5 %-ға 8 мамыр күнің қуаты төмен, себебі 13 сәуір күнінің температурасы 18 °С, ал 8 мамырдың температурасы 26 °С тең.
 - Көктем айларындағы электр энергиясын өндіруі 212468 Вт*сағ құрайды

ҚОРЫТЫНДЫ

Жалпы күн энергетикасы қазіргі кезде қарқынды дамып келе жатыр және дами береді деп ойлаймыз. Күн энергетикасы сарқылмайтын энергия көзі болып табылады. Біз күн энергетикасының энергетикалық сипаттамаларын қарастырдық. Қазіргі кезде күн панельдерінің бірнеше түрлері бар, біз соның ішінде монокристалды панель түрімен жұмыс істедік нақтырақ айтсақ әр түрлі климаттағы жаңбырлы, күнді, бұлтты климаттарда эксперименттер жүргіздік ия сәйкесінше бізде әр түрлі мәндер көрсетілді, біз оны Whach power жүйесімен бақылап оның ауа райына байланысты неше түрлі күн панеліне зиянын келтіретін факторлармен зерттедік. Егер күн энергетикасы дамыса Күн панелінің қызметіне қатты әсер ететін факторлар: күн көзінің жабылуы яғни бұлттануы десек болады, мысалы (1%-100% пайызға дейін), КП-нің бетін шаң басуы (1-50% пайызға дейін), КП-нің температурасының жоғарылап кетуі (КП-нің температурасы 25°C-дан асқан әрбір градус сайын, тиімділігі 0,4% пайызға төмендей береді, ал күннің температурасы өте қатты көтеріліп кететін болса, ол КП зақымдауға дейін алып барады), уақыт өте келе КП-нің тозып бастауы байқалады.

Күн панельдің вольт-ампер сипаттамасының толтыру коэффициенті бойынша коэффициентіміз 0,75-тең және бұл көрсеткішке байланысты өндірушісінің ауытқу дәрежесіне сай болып келеді. Күн панельдің вольт-ампер сипаттамасының толтыру коэффициенті 0,75 аз мән болса қолданысқа жарамсыз болар еді немесе күн панельдің түп нұсқада өндірілген болып саналады. Қытайлық өндірушілерде сатылатын ақаулы элементтер 0.4-тен 0.65-ке дейін ВАС толтыру коэффициентіне ие. Аморфты элементтерде және басқа жұқа пленкалы фотоэлектрлік түрлендіргіштерде ВАС толтыру коэффициенті 0.4 - 0.7 аралығында болады.

Монокристалдық панельден тұратын КЭС құру барысында біз SM140W маркалы төрт монокристалдық күн панелін таңдап алдық және оны өзара тізбектей-параллел жалғадық. Келесі монтаждық жұмыс ретінде EXPERT MEX-3000-24 маркалы орнатылған контроллері бар инвертор мен электр энергиясын жинау ретінде 100А-лік қорғасын-қышқыл батареяларын қолдандық және оларды өзара жалғадық. Әр түрлі климатқа байланысты ақпан, наурыз және сәуір айларында зерттеу жұмыстарын жүргізілдік, нәтижесінде көктем мезгіліндегі КЭС-ның жұмысын, шығынын және генерациясын анықтадық.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Масанов Ю. Как в Казахстане развивается "зелёная" энергетика? [Электронды ресурс] / Ю.Масанов. - Электрон. стат. 2019. – URL: <https://informburo.kz/stati/kak-v-kazahstane-razvivaetsya-zelyonaya-energetika.html>, свободный.
- 2 В Казахстане в 2020 году введут еще 18 объектов ВИЭ [Электронный ресурс] /kapital.kz// – 2020 – Режим доступа: <https://kapital.kz/economic/84992/v-kazahstane-v-2020-godu-vvedut-yeshche-18-ob-yektov-vie.html>
- 3 Виссарионов В.И., Дерюгина Г.В., Кузнецова В.А., Малинин Н.К. Солнечная энергетика: Учебное пособие для вузов / Под ред. В.И. Виссарионова. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. - 317 с
- 4 Умаров Г.Я., Ершов А.А. Солнечная энергетика. – М.: Знание
- 5 Преимущества и недостатки солнечной энергии [Электронный ресурс] /solarelectro.ru// - Режим доступа: <https://solarelectro.ru/articles/preimuschestva-i-nedostatki-solnechnoj-energii>
- 6 Солнечные электростанции [Электронный ресурс] / - Режим доступа: <https://solarelectro.ru/articles/preimuschestva-i-nedostatki-solnechnoj-energii>
- 7 В.В. Бессель, В.Г. Кучеров, Р.Д. Мингалеева. Изучение солнечных фотоэлектрических элементов: Учебно-методическое пособие. – М.: Издательский центр РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2016. – 90 с.
- 8 Чопра К., Дас С. Тонкопленочные солнечные элементы / Пер. с англ. с сокращениями. – М.: Мир, 1986. - 435 с.
- 9 Н. Р. Юмаев, Н. Ш. Юсуфбеков. Исследование влияния погодных условий на параметры работы солнечных батарей в естественных условиях эксплуатации / Технические науки: традиции и инновации : материалы III Междунар. науч. конф. (г. Казань, март 2018 г.). — Казань : Молодой ученый, 2018. — С. 52-57.
- 10 Влияние тени на работу солнечных батарей [Электронный ресурс] / solarsoul.net//– Режим доступа: <http://solarsoul.net/vliyanie-teni-na-rabotu-solnechnyx-batarej>
- 11 Dirk C. Jordan, Sarah R. Kurtz Photovoltaic Degradation Rates — An Analytical Review/ NREL, June 2012.
- 12 Н. Bergin, Chinmay Ghoroi. Large Reductions in Solar Energy Production Due to Dust and Particulate Air Pollution [Электронный ресурс] / pubs.acs.org// - 2017. – Режим доступа: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.estlett.7b00197>
- 13 Е.Хидолда, А.В.Юрченко, К.С.Жонкешова. Моделирование энергетических характеристик фотоэлектрической панели в Matlab/Simulink. Вестник Satbayev University, 2020 г. — С. 553-559;
- 14 Е.Хидолда, К.С.Жонкешова, А.Қараман, Ж.Амангелді. Фотоэлектрлік модульдердің жұмыс тиімділігіне климаттық факторлардың әсері. Научный журнал «Вестник КазАТК», №3, Алматы: 2020 г.

15 Н.Б. Калмен, Ғ.Қ. Аукенов, О.Ғ. Сандыбай. Қазақстандағы қуатты күн электр станцияларының тиімділігін анықтау. «Сәтбаев оқулары-2022» Халықаралық ғылыми-практикалық конференция, 2022 ж.

Ғылыми жетекшінің пікірі

Комплекстік дипломдық жұмыс
(жұмыс түрінің атауы)

Аукенов Ғасырбек Қайратұлы, Сандыбай Олжас Ғалымжанұлы
(білім алушының Т.А.Ә.)

5B071800 – Электр энергетикасы
(мамандық атауы мен шифрі)

Тақырыбы: Монокристалды панель негізіндегі КЭС-ның энергетикалық сипаттамаларын зерттеу

Диплом бітіруші Аукенов Ғ.Қ. және Сандыбай О.Ғ. комплекстік дипломдық жұмысы графикке сәйкес орындалған, жұмысты дайындау кезінде бітірушілер сауатты, өздігінше қажетті материалдар мен әдебиеттерді іздей алатын, ынталы білім алушы ретінде көрсете білді. Бітірушілер өздерінің практикалық дағдылықтарын жоғары деңгейде көрсете білді.

Жұмыс монокристалды панель негізіндегі КЭС-ның энергетикалық сипаттамаларын зерттеуге арналған. «Энергетика» кафедрасының лабораториясы жағдайында аз қуатты КЭС құрылып, әр түрлі климаттық жағдайда жұмыс режимдері зерттелген.

Дипломдық жұмыс «өте жақсы» (95%) бағаға орындалған, ал оның авторлары Аукенов Ғ.Қ. және Сандыбай О.Ғ. 5B071800 – «Электр энергетикасы» мамандығы бойынша «бакалавр» академиялық дәрежесін иеленуге лайық деп санаймын.

Ғылыми жетекші

Қауымдастырылған профессор, техн.ғыл.канд.
(қызметі, ғыл. дәрежесі, атағы)

Хидолда Е.
Т.А.Ә.

қолы

«21» мамыр 2022 ж.

РЕЦЕНЗИЯ

Комплекстік дипломдық жұмыс (жұмыс түрлерінің атауы)

Аукенов Ғасырбек Қайратұлы, Сандыбай Олжас Ғалымжанұлы
(оқушының аты жөні)

5B071800 – Электр энергетикасы

Тақырыбы: **Монокристалды панель негізіндегі КЭС-ның энергетикалық сипаттамаларын зерттеу**

Орындалды:

а) графикалық бөлім _____ - _____ парақ
б) түсініктеме _____ 55 _____ бет

Дипломдық жұмыс монокристалдық панель негізіндегі күн электр станциясын құру және әр түрлі режимдегі жұмысын зерттеуге арналған.

Дипломдық жұмыста күн электр станциясының құрылымы қарастырылып, «Энергетика» кафедрасының лабораториясында қуаты 560Вт болатын КЭС құрастырылған. Станцияның жұмысы әр түрлі климатқа байланысты ақпан, наурыз және сәуір айларында зерттелген, нәтижесінде көктем мезгіліндегі КЭС-ның генерациясы анықталған.

Жүйенің моделі құрылып, WatchPower бағдарламасында мәндері алынған.

ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ

Дипломдық жұмыс «өте жақсы» (95 %) бағаға орындалған, ал оның авторлары Аукенов Ғ.Қ., Сандыбай О.Ғ. 5B071800 – «Электр энергетикасы» мамандығы бойынша «бакалавр» академиялық дәрежесін иеленуге лайық деп санаймын.

Пікір беруші

КЕАҚ АЭЖБУ профессоры, т.ғ.д.



П. И. Сагитов

2022 ж.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Аукунов Ғасырбек Қайратұлы, Сандыбай Олжас Ғалымжанұлы

Соавтор (если имеется): Сандыбай Олжас Ғалымжанұлы

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Монокристалды панель негізіндегі КЭС-ның энергетикалық сипаттамаларын зерттеу

Научный руководитель: Еркин Хидолда

Коэффициент Подобия 1: 1.1

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 1

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- ☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- ☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- ☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- ☐ Обоснование: *Рекомендуется к защите*

Дата

23.05.2022г.

проверяющий эксперт

[Подпись] / *Хидолда*

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Аукунов Ғасырбек Қайратұлы, Сандыбай Олжас Ғалымжанұлы

Соавтор (если имеется): Сандыбай Олжас Ғалымжанұлы

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Монокристалды панель негізіндегі КЭС-ның энергетикалық сипаттамаларын зерттеу

Научный руководитель: Еркин Хидолда

Коэффициент Подобия 1: 1.1

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 1

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

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

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

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

☐ Обоснование:

Дата
24.05.2022

Заведующий кафедрой Сарсебаев ЕА.