

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Шербай Жансая Асанбекқызы

«Қуаттылығы 7,5кВт күн электр станциясына арналған транзисторлық
инверторды зерттеу»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

 Е.Таштай

« 20 » 05 2022ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы «Қуаттылығы 7,5кВт күн электр станциясына арналған
транзисторлық инверторды зерттеу»

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы

Орындаған:

Ж.А.Шербай

Пікір беруші

Ғылыми жетекші

т.ғ.к., қауым. профессор

т.ғ.д., профессор

ХАТУ



Б.Л.Илипбаева

« 10 » 05 2022 ж.



Н.Т.Исембергенов

« 10 » 05 2022 ж.

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И.Сәтпаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

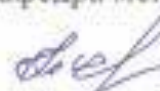
Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыш технологиялар кафедрасы

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

 Е.Таштай
«21» ХІІ 2021 ж

**Дипломдық жоба орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Шербай Жансая Асанбекқызы

Тақырыбы «Қуаттылығы 7,5 кВт күн электр станциясына арналған транзисторлық инверторды зерттеу»

Университет ректорының « » № бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жобаны тапсыру мерізімі «30» сәуір 2022 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы деректері: транзисторлық инвертор; күн электр станциясы; коммутация схемалары; MATLAB / Simulink модельдеу бағдарламасы

Жұмыстың бастапқы мәліметтері:

а) Мақсаты - Қуаты 7,5 кВт күн электр станциясы үшін транзисторлық Инверторды әзірлеу және зерттеу.

б) перспективалық транзисторлық инверторларды талдау:

- 1) транзисторлық инверторлар әдебиетіне шолу,
- 2) транзисторлық инверторлардың параметрлерін таңдау,
- 3) модульдік инвертор транзисторларын таңдау.

в) Қуаты 7,5 кВт күн электр станциясының компоненттерін әзірлеу

- 1) қуаттылығы 7,5 кВт күн панельдерін қосу схемасын әзірлеу,
- 2) транзисторлық кілтті инверторға қосу схемасын жасау,
- 3) транзисторлық кілттің коммутация уақытын есептеу.

г) Қуаты 7,5 кВт күн электр станциясы үшін транзисторлық инвертор компоненттерін таңдау.

- 1) қуаты 7,5 кВт күн электр станциясының қуатын есептеу,

- 2) қуаты 7,5 кВт күн электр станциясының транзисторлық инверторының бірлескен жұмысын талдау
- 3) транзисторлық инвертор мен күн электр станциясының жұмысын дербес жүктемеге зерттеу,
- д) MATLAB / Simulink автономды жүктемеге транзисторлық инвертор мен күн электр станциясының жұмысын модельдеу
- Графикалық материалдың тізбесі (міндетті чертеждерді нақты көрсете отырып): транзисторлық инвертор мен күн электр станциясының практикалық артықшылықтары,
- Болашақ күн электр станциясының ерекшеліктері,
- Жүздеген және одан да көп кВт күн электр станциясы үшін көп жылу транзисторлық инверторын пайдалану,
- Жиілік түрлендіргіші үшін MATLAB / Simulink-те транзисторлық Инверторды модельдеу нәтижелерін қолдану.

Ұсынылатын негізгі әдебиет:

1. Taissariyeva K.N., Issebergenov N. *The research of the “Solar panels – commutator – inverter – load” system with the pulse-amplitude control. PROCEEDINGS OF SPIE Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2014 Volume 9290*
2. J. Basic. «Reduction of Harmonic in Multilevel Inverters using FA and LAFA ALGORITHMS». *Journal of Basic and Applied Scientific Research. Appl. Sci. Res.*, 3(1s)130-135, 2013. ISSN 2090-4304
3. N.T. Issebergenov, B.T. Matkarimov, *Using Genetic Algorithm for Finding Switching Angles of a Single-phase Multilevel DC/AC Converter on Solar Modules. Proceedings of the Eighth International Conference on Machine Learning and Applications, 13-15 November. 2009, New York.*
4. Mohammad Farhadi Kangarlu, Student Member, IEEE, and Ebrahim Babaei, Member, IEEE. *A Generalized Cascaded Multilevel Inverter Using Series Connection of Submultilevel Inverters. IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS, VOL. 28, NO. 2, FEBRUARY 2013. Res.*, 3(1s)625- 635.
5. Issebergenov N., Taissariyeva K.N. *The multilevel on IGBT transistors for transformation of solar energy to the electric power. BULLETIN OF NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN. Volume 2, Number 354 (2015), pp. 183-186.*
6. Исембергенов Н.Т. *Многоступенчатый транзисторный инвертор для преобразования энергии солнечных батарей – “Электричество”. – 2011. – № 7. – С. 12-17.*
7. В.Г. Герасимов. *Электротехнический справочник. – М.: Изд-во МЭИ. – 2002. – С. 12-17*

Дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерізімі	Ескерту
Мақсаты 7,5 кВт күн электр станциясы үшін транзисторлық Инверторды құру	30.02.2022	Қуаты 7,5 кВт күн электр станциясына арналған транзисторлық инвертор
Перспективалық транзисторлық инверторларды талдау	10.02.2022	Транзисторлық инверторлардың перспективалық тізбектеріне талдау жасау. Транзисторлық инверторлардың әртүрлі тізбектерінің артықшылықтары мен кемшіліктерін көрсету
Қуаттылығы 7,5 кВт күн электр станциясының компоненттерін әзірлеу	1.03.2022	Күн электр станциясының құрамдас бөліктерінің ерекшеліктері мен сипаттамаларын ашыңыз.
Қуаты 7,5 кВт күн электр станциясының қуатын есептеу	30.03.2022	Қуаты 7,5 кВт күн электр станциясы үшін қуатты есептеу әдістемесін қолдану
MATLAB / Simulink-да транзисторлық инвертор мен күн электр станциясының автономды жүктеме жұмысын модельдеу.	25.04.2022	MATLAB / Simulink модельдеу нәтижелері
Дипломдық жұмысқа презентация дайындау	27.04.2022	Презентация

Дипломдық жұмыс (жоба) бөлімдерінің кеңесшілері мен норма
бақылаушының аяқталған жұмысқа (жоба) қойған

Қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер (аты, әкесінің аты, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Норма бақылау	Қауым.профессор Смайлов.Н.К	18.05.2022	

Техн.ғыл.докторы., профессор  Н.Т.Исембергенов
(қолы)

Тапсырманы орындауға алған білім алушы  Ж.А.Шербай

Күні « 10 » 05 2022 ж.

АҢДАТПА

Бүгінгі таңда энергияны үнемдеу мәселесі бәріне белгілі, әлемнің көптеген ғалымдары энергетикада жаңа технологияларды дамыту арқылы онымен күресуде. Бұл мәселенің бір шешімі-күн радиациясын қолдану идеясы болып табылды. Күн энергиясының дамуымен жаңа технологиялар да дамыды.

Қазіргі уақытта адамзаттың ең өзекті мәселесі жалпы әлемнің энергетикалық болашағы мәселесі деп санауға болады.

Бұл мәселенің шешімі көптеген электр станциялары болса, онда көбірек энергия алады. Дегенмен, оларды көбейту үшін біз мұнайдың, газдың, көмірдің шексіз табиғи қорларынан алатын отынды көбірек пайдалану қажет.

Бұл дипломдық жұмыста Күн электр станцияларының түрлерін, артықшылығы мен кемшілігі талқыланды. Күн инверторларының жұмыс істеу принципі қарастырылды, сондай — ақ қуаттылығы 7,5 кВт күн электр станциясына арналған транзисторлық инверторды зерттеу жүргізілді, Matlab бағдарламасында модель құрылды.

АННОТАЦИЯ

Сегодня проблема энергосбережения хорошо известна, и многие ученые всего мира борются с ней посредством разработки новых технологий в энергетике. Одним из решений этой проблемы стала идея использования солнечного излучения. С развитием солнечной энергетики появились и новые технологии.

На сегодняшний день наиболее актуальной проблемой человечества можно считать вопрос об энергетическом будущем мира в целом. Решение этой проблемы состоит в том, чтобы получить больше мощности, если есть больше электростанций. Однако для их увеличения нам нужно использовать больше топлива из бесконечных природных ресурсов нефти, газа и угля.

В данной дипломной работе обсуждались виды, преимущества и недостатки солнечных электростанций. Изучен принцип работы солнечных инверторов, а также проведено исследование транзисторного инвертора для солнечной электростанции мощностью 7,5 кВт, создана модель в программе Matlab.

ANNOTATION

Today the problem of energy conservation is well known, and many scientists around the world are struggling with it through the development of new technologies in the energy sector. One of the solutions to this problem was the idea of using solar radiation. With the development of solar energy, new technologies have appeared.

To date, the most pressing problem of mankind can be considered the question of the energy future of the world as a whole. The solution to this problem is to get more power if there are more power plants. However, to increase them we need to use more fuel from the endless natural resources of oil, gas and coal.

This thesis discussed the types, advantages and disadvantages of solar power plants. Studied the principle of solar inverters, and conducted a study of a transistor inverter for a solar power plant with a capacity of 7.5 kW, created a model in Matlab program.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	11
1 Технологиялық бөлім	12
1.1 Күн энергиясы және оны қолдану. Күн энергетикасының даму тарихы	12
1.2 Жаңғыртылатын энергия көздерін қолдану	16
1.3 Фотоэлектрлік жүйелердің негізгі артықшылықтары мен кемшіліктері	17
1.4 Күн панелінің таңдауы мен сипаттамасы және зарядтау/разряд контроллерін есептеу	19
1.5 Күн электр станцияларының түрлері	21
2 Арнайы бөлім	25
2.1 Күн электр станцияларына арналған инверторлар. Инверторлардың түрлері және олардың ерекшеліктері	25
2.2 Күн инверторының жұмыс істеу принципі	26
2.3 Инверторды күн электр станциясына қосу	27
2.4 Көп деңгейлі түрлендіргіштер бойынша заманауи зерттеулерге шолу	28
2.5 Көпдеңгейлі түрлендіргіштердің мақсаты мен қолданылу саласы мен құру принциптері	32
2.6 Бірфазалы көп деңгейлі түрлендіргіштің жұмыс принципі	34
2.7 Амплитудалық импульстік модуляциясы бар транзисторлық инверторлық сұлбаларды әзірлеу	36
2.8 Транзисторлық инвертордың жұмысын басқару алгоритмі	41
2.9 Бір фазалы күн түрлендіргішіне күн батареяларын оңтайландыру	42
3 Есептеу бөлім	45
3.1 Күн батареяларын есептеудің матрицалық әдістері	45
Қорытынды	
Пайдаланылған әдебиеттер	

КІРІСПЕ

Бүгінгі таңда энергияны үнемдеу мәселесі бәріне белгілі, әлемнің көптеген ғалымдары энергетикада жаңа технологияларды дамыту арқылы онымен күресуде. Бұл мәселенің бір шешімі-күн радиациясын қолдану идеясы болып табылды. Күн энергиясының дамуымен жаңа технологиялар да дамыды.

Адам қызметі планетаның жаһандық жылынуына ықпал етеді. Нәтижесінде әр ел көміртегі шығындарын азайтуға тырысады. Әлем қазба отынының сарқылуымен ғана емес, сонымен бірге оған бағаның өсуімен де бетпе-бет келеді, бұл бүкіл әлемде экономикалық тұрақсыздықты тудырады. Бүкіл әлемдегі үкіметтер баламалы энергия көздерін зерттеу және қоршаған ортаның ластануын азайту үшін бірқатар күш салуда. Сондықтан,күн радиациясын алу үшін жақсартуды қажет ететін күн электр станциялары салынды [4].

Сондай-ақ заманауи әлемде электр энергиясының баламалы көздері тақырыбы барған сайын көтерілуде және жыл сайын ол қарқын алуда. Осындай электр энергиясының барлық көздерінің ішінде күн электр станциясы танымал болуда, өйткені біздің кең байтақ еліміздің кез келген қарапайым тұрғыны оны жабдыққа ақша жұмсап, оны жинауға және орнатуға уақыт жұмсай алады. Басқа энергия тасымалдаушылармен және энергия көздерімен салыстырғанда Күн энергиясының бірқатар мәселесіз артықшылықтары бар:

- біріншіден, Күн энергиясы экологиялық таза, себебі жұмыс кезінде Күн электр станциясы қоршаған ортаға зиянды заттар шығармайды.

- екінші артықшылығы - Күн энергиясының жоғары ресурстық қарқындылығы, оның Жердің Күннен алатын үлкен көлеміне байланысты.

- үшіншіден, Күн энергиясы жүйелерін енгізудің ерекшелігі оларды ұлғайтуға және мұндай жүйелерді, оның ішінде автономды пайдалану үшін жаппай өндіруге мүмкіндік береді. Шындығына келгенде, Күн электр станциясының сұлбасы өте қарапайым және оны баламалы энергия көздері саласындағы маман емес адам да қайта шығарып, жинай алады[4].

Күн электр станциясы - күн радиациясын электр энергиясына айналдыратын инженерлік құрылым. Күн радиациясын түрлендіру әдістері әртүрлі және электр станциясының конструкциясына байланысты.

Күн электр станциялары күн радиациясының энергиясын электр энергиясына айналдырады. Олар екі түрге бөлінеді:

1. фотоэлектрлік - фотоэлектрлік генератордың көмегімен күн энергиясын тікелей электр энергиясына түрлендіру.

2. термодинамикалық – күн энергиясын жылуға, содан кейін электр энергиясына айналдыру. Термодинамикалық күн электр станцияларының қуаты фотоэлектр станцияларының қуатына қарағанда жоғары.

1 ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ БӨЛІМ

1.1 Күн энергиясы және оны қолдану. Күн энергетикасының даму тарихы

Күн энергетикасының даму тарихы 17 ғасырда Францияда күн сәулесінен қуат алатын суды қамтамасыз ететін қозғалтқыш ойлап табылған кезде басталды. 1839 жылы Эдмонд Беккерель жарық сәулесінің әсерінен электрондар заттан бөлініп шығатын фотоэффектіні ашты. Сондай-ақ, ол мұндай жағдайларда бірқатар материалдардың электр тогын шығаруға қабілетті екенін анықтады. Ал 1883 жылы американдық Чарльз Фритс Уиллоуби Смиттің селеннің фотоөткізгіштігі туралы зерттеулеріне негізделген алғашқы күн батареясын құрастырды. Дегенмен, тек 1950 жылдары ғана пайдаланылған күн батареясын ағындарда кеңінен қолдануға болатындай жақсарту мүмкін болды. Бұған Альберт Эйнштейннің 1905 жылы жарық көрген жұмысы үлкен септігін тигізді. Ол сыртқы фотоэффекттің негізгі принциптерін түсіндірді (1921 жылы ғалым осы зерттеулері үшін Нобель сыйлығымен марапатталды). Ал қазірдің өзінде 1958 жылы күн энергиясының технологиялары ғарыш саласында спутниктерді пайдалану кезінде тиімді пайдаланылды [4].

Жалпы, күн энергетикасын дамытумен АҚШ, Испания, Жапония, Германия сияқты Оңтүстік елдері айналысады. Күн электр станцияларына арналған жаңа өнертабыстарды АҚШ-тың Stirling Energy компаниясы - жылына 60 000 кВт/сағ электр энергиясын өндіре алатын SunCatcher қондырғысы ұсынды. Бұл оншақты жеке үйді қуаттандыруға жетеді.

Қазір Қытай мен Жапония күн энергиясының әлемдік нарығының 50% алып жатыр. Қытай 2016 жылы күн қондырғыларынан 35 ГВт энергия алу ниетін жариялады. Бұл ниет үнемі өсіп келе жатқан энергия қажеттіліктері бар қазба отындарын жағуға байланысты қоршаған ортаның ластануын азайту қажеттілігімен ынталандырылады.

Жапондық фотоэлектрлік энергия қауымдастығы (Photovoltaic Energy Association) 2030 жылға қарай елдегі күн станцияларының қуаты 100 ГВт-қа жетеді деп болжайды. Үндістан орта мерзімді перспективада күн қондырғыларының қуатын 2 ГВт-тан 20 ГВт-қа дейін арттыруды жоспарлап отыр. Үндістандағы соңғы тенденциялар күн энергиясының құны Мегаватт үшін 100 долларға жеткенін көрсетеді, бұл импортталған көмірден немесе газдан алынған энергиямен салыстырылады.

Африкада автономды күн қондырғылары мен микро желілері дамып келеді, онда Сахараның оңтүстігінде орналасқан аумақтың тек 30 пайызы энергия көздеріне қол жеткізе алады. Африка, қуатты өндіруші өнеркәсібі бар басқа аймақтар сияқты, күн энергиясын дизельді электр станцияларына балама ретінде немесе сенімсіз электр желілерінің резервтік көзі ретінде дамытады. Күн энергиясының кВт бағасы әр 2,5 жыл сайын екі есе азаятынын және 1977 жылдан

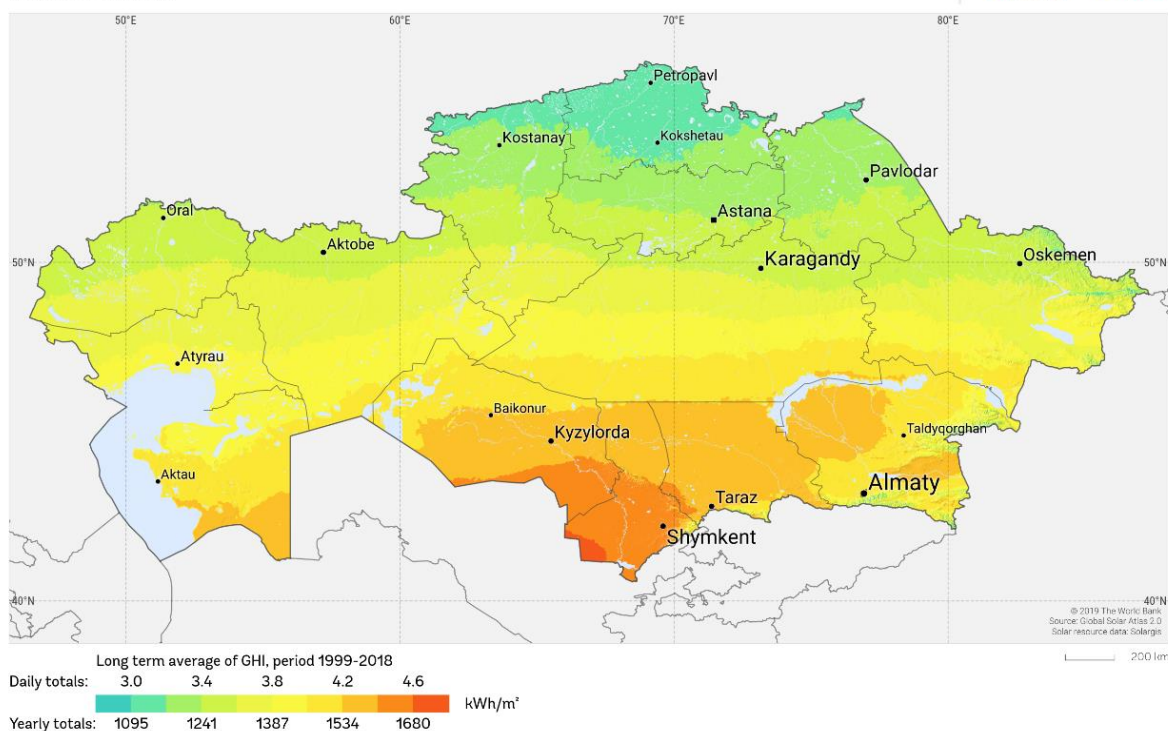
бастап 100 есе азайғанын және болашақта осы трендтің өзгеруіне ешқандай себеп жоқ екенін есте ұстаған жөн. Есептеулер көрсеткендей, әлемдегі шөл далалардың 1% - ы әлем пайдаланатын барлық энергияны өндіруді қамтамасыз ете алады, ал әлемдегі шөл далалардың 25% - ы пайдаланғаннан 25 есе көп энергия бере алады [5,6].

Ал, Қазақстан – әртүрлі минералдық ресурстарға мысалға мұнай, газ және көмір бай мемлекет. Ел экономикасы үшін осы минералдар ең маңызды болып табылады. Сондықтан Қазақстан үкіметі тәуелсіздік алғалы баламалы энергия көздерін емес, негізінен қазба отын көздерін дамыды. Дегенмен, географиялық орналасуына байланысты еліміздің жаңартылатын энергия көздерін дамытудың әлеуеті зор. Дегенмен, қазіргі уақытта энергияның 75% көмірмен жұмыс істейтін электр станцияларында өндіріледі, бұл ауаның ластануына, халықтың денсаулығы мен әл-ауқатына зиянын тигізетін, сондай-ақ климат пен қоршаған ортаға әсер ететін үлкен әсер етеді. Оның үстіне Кеңес Одағынан бері жұмыс істеп келе жатқан көмірмен жұмыс істейтін электр станцияларының көпшілігі ескірген және энергия өндіру тиімділігі төмен.

Жақында ғана елімізде жаңартылатын энергия көздерін дамытуға бағытталған саясат белсенді түрде қалыптаса бастады. Осылайша, мұнай бағасының тұрақсыздығынан туындаған соңғы қаржылық дағдарыс енді жаһандық пандемиямен де күшейе түсті. Демек, қазба отындарына тәуелділікті, сондай-ақ қоршаған ортаға тигізетін әсерді азайту қажеттілігі дүние жүзіндегі көшбасшыларды, соның ішінде Қазақстан үкіметін де жаңартылатын энергия көздерін дамытуға көбірек көңіл бөлуге итермеледі. Осылайша, бүгінгі таңда жаңартылатын энергия көздерін дамыту мемлекеттік саясатты, экономиканы, инновацияларды және ғылымды қамтитын маңызды тақырып болып табылады.

2020 жылдың мамыр айындағы жағдай бойынша елде жалпы қуаты 1260 МВт болатын жаңартылатын энергия көздері бойынша 97 жоба бар және тағы 19 жоба үкіметпен мақұлданды, оның тоғызы 2020 жылдың желтоқсанына дейін іске қосылуы тиіс. Қазіргі уақытта күн электр станциялары 697 МВт өндіреді, бұл Қазақстандағы жаңартылатын энергия өндірісінің жартысы.

Күн энергиясы халық аз қоныстанған үлкен аудандар мен климаттық жағдайларға байланысты жаңартылатын энергия көзі ретінде орасан зор әлеуетке ие, әсіресе Қазақстанның оңтүстігінде жылына 2200-ден 3000 сағатқа дейін күн сәулесі түседі. Жаз айларында (маусым-тамыз) географиялық жағдайына байланысты Қазақстанның оңтүстік бөлігі күндізгі жарықтың көп бөлігінде тікелей күн радиациясын алады, бұл максималды мәннің 83-96% құрайды. Еліміздің солтүстігінде 2000 сағатқа жуық күн сәулесі түссе, Қызылорда мен Шымкент сияқты оңтүстік қалалар жыл сайын 2936 және 2892 сағат күн сәулесін алады, бұл Қазақстанның оңтүстігіндегі электр энергиясына деген сұранысты өтеуге жетеді. Салыстыру үшін Вьетнамда күннің орташа саны 2200, Қытайда 2500, Германияда, Ұлыбританияда, Норвегияда және Жапонияда жылына 1000-нан аз [5].



1.1 Сурет – Қазақстанның күн радиациясының картасы

Орталық Азиядағы ең ірі ел Қазақстанның күн энергиясының әлеуеті зор. Күн радиациясының мөлшері жылына бір шаршы метрге 1300-1800 кВт/сағ құрайды (1.1 -сурет). Күн энергиясының жылдық әлеуеті 2,5 млрд кВт*сағ. 1.1-кестеде үш облыс бойынша айлық және жылдық күн радиациясының мәндері бойынша деректер келтірілген: Форт-Шевченко (Каспий теңізінің жағалауында), Арал теңізі (Арал теңізінің жағалауында) және Алматы (Қазақстанның оңтүстік-шығысында).

1.1 Кесте-Көлденең беттің күн сәулесі, кВт/м²

Қаңтар	44	55	49
Ақпан	64	85	65
Наурыз	108	131	101
Сәуір	153	171	136
Мамыр	201	228	182
Маусым	208	236	199
Шілде	209	231	211
Тамыз	188	204	186
Қыркүйек	142	155	141
Қазан	91	95	91
Қараша	50	50	52
Желтоқсан	34	39	37
Жылдық	1492	1682	1450

Қазақстан аумағының кем дегенде 50%-ы күн электр станцияларын орнатуға жарамды. Алайда соңғы уақытқа дейін еліміздің күн ресурстары электр энергиясын өндіруге пайдаланылмады. Қазақстанда күн энергиясының технологиялары, атап айтқанда жергілікті кремнийді пайдаланып фотоэлектрлік модульдер өндірісі дамып келеді. Қазақстан кремнийге (85 млн тонна) бай болғандықтан, ішкі нарықта кремнийлі күн батареяларын шығару қолға алынды. Осыған орай жуырда Нұр-Сұлтанда фотоэлектрлік модульдер шығаратын Astana Solar зауыты іске қосылды. Зауыт қазақстандық кремнийден күн батареяларын шығаратын болады. Фотоэлектрлік плиталардың жобалық қуаты 100 МВт-қа дейін ұлғайту мүмкіндігімен 50 МВт құрайды.

2012 жылы Жамбыл облысында 0,5 МВт энергия өндіретін алғашқы “Отар” күн электр станциясы салынды. Алматы облысының Сарыбұлақ ауылында қуаттылығы 52 кВт болатын тағы бір күн электр станциясы салынды. 2019 жылы Алматы облысының Қапшағай қаласында қуаты 100 МВт “Нұрғысын” күн электр станциясы іске қосылды. 2019 жылы Қарағанды облысында қуаттылығы 100 МВт болатын Қазақстандағы тағы бір күн электр станциясы Саран жұмыс істей бастады [5].

Халықаралық энергетикалық агенттіктің (ХЭА) мәліметтері бойынша, 40 жыл ішінде күн энергиясы елдің энергияға деген қажеттілігінің шамамен 20-25 пайызын қанағаттандыра алады. Сонымен қатар, қажетті электр энергиясының бұл үлесі көмірқышқыл газының шығарындыларын жыл сайын 6 миллиард тоннаға азайта алады. Алайда, өкінішке орай, орасан зор күн энергиясына қарамастан, қазіргі уақытта күн радиациясынан өндірілетін энергияның мөлшері шамалы, өйткені ел энергия көзі ретінде қазбалы отынды пайдалануды жалғастыруда.

Жалпы алғанда, электр және жылу энергиясын өндіру мен тұтынуға қатысты мәселелер «Электр энергетикасы туралы» заңмен (2004 ж.) реттеледі. Жаңартылатын энергия көздеріне қатысты кейбір басқа да мәселелер Жер кодексі (2003 ж.), Су кодексі (2003 ж.), Табиғи монополиялар туралы заң (1998 ж.) және басқалары сияқты заңдармен реттеледі. Дегенмен, ел үкіметі жаңартылатын энергия көздерін дамытуға қатысты мәселелерді шешуге бағытталған жеке саясат әзірледі. Жаһандық тенденцияға сүйене отырып, Қазақстан Республикасының «жасыл экономикаға» көшу тұжырымдамасына сәйкес ел үкіметі 2020 жылға қарай елдегі жаңартылатын энергияның үлесін 3%-ға жеткізуді мақсат етіп қойды. жалпы энергетикалық баланс, 2030 жылға қарай 10% және 2050 жылға қарай 50% болады. Үкімет пен басқа да халықаралық агенттіктердің қолдауымен Қазақстан жаңартылатын энергия секторын дамыту бойынша шаралар қабылдауда. Жаңғыртылатын энергия бағдарламалары мен саясаты Қазақстанның қысқа және ұзақ мерзімді жаңартылатын энергия әлеуетін қолдайтынын көруге болады. Дегенмен, көптеген заңнамалық актілерге қарамастан, өкінішке орай, еліміздің дамыған елдерді қуып жетуі үшін әлі алда[1].

1.2 Жаңғыртылатын энергия көздерін қолдану

Күн – сарқылмас, экологиялық таза және арзан энергия көзі. Мамандардың пікірінше, бір апта ішінде жер бетіне түсетін күн энергиясының көлемі дүние жүзіндегі барлық мұнай, газ, уран және көмір қорының энергиясынан асып түседі. Академик Ж.И. Алферов, “Адамзаттың сенімді табиғи термоядролық реакторы – Күн” деп айтқан. Күн энергиясы таза және планета экологиясына теріс әсер етпейді [1, 2, 4].

Күн энергиясын өндіру ауа мен суды ластамай, қоршаған ортаның жаһандық ластануы есебінен және қоршаған ортаға зиян келтірмей өндірілетін отыннан электр энергиясы болып табылады. Жердегі барлық 18 күн күнінде көмірдің, мұнайдың және табиғи газдың барлық қорларында жинақталған энергия мөлшері бар. Атмосфералық шектерде күн энергиясы бір шаршы метрге шамамен 1300 ватт құрайды. Содан кейін, ол атмосфераға жеткенде, бұл жарықтың шамамен үштен бірі ғарышқа қайта шағылысады, ал қалған бөлігі Жер бетіне түседі. Орташа алғанда, планетаның бүкіл бетінде бір шаршы метр күніне 4,2 кВт*с энергия жинайды немесе жылына шамамен бір баррель мұнайдың шамамен энергия баламасы. Ауасы өте құрғақ және бұлтты аз шөлдер жылдың ортасында бір шаршы метрге тәулігіне 6 кВт*састам қуат алады [5, 6].

Алайда, кейбір сарапшылар күн энергиясын экологиялық таза деп атауға болмайды, өйткені фотогальваникалық элементтерге арналған таза кремний өндірісі өте лас және көп энергияны қажет ететін өндіріс болып табылады. Сонымен қатар, күн электр станцияларын салу аумағы жағынан су қоймаларымен салыстырылатын көптеген жерлерді бөлуді талап етеді. Мамандардың пікірінше, күн энергиясының тағы бір кемшілігі — жоғары құбылмалылық, яғни фотоэлементтердің техникалық параметрлерінің де, баға сипаттамаларының да өзгеруі. Элементтері Күн электр станциялары болып табылатын энергия жүйесінің тиімді жұмысын қамтамасыз ету:

- түнде немесе бұлтты күндерде қосылуға болатын дәстүрлі энергия тасымалдаушыларын пайдаланатын резервтік қуаттардың болуы;
- электр желілерін ауқымды және шығынды жаңғыртуды жүргізу, күннен күнге Күн энергиясы әлемде өз дамуын жалғастыруда [9, 10].

Қазіргі уақытта әлемде күн энергиясын тікелей түрлендіру әдісіне негізделген электр энергиясына түрлендіретін фотоэлектрлік қондырғылар және күн энергиясы алдымен жылуға айналатын, содан кейін жылудың термодинамикалық циклінде механикалық энергияға айналатын термодинамикалық қондырғылар бар. Қозғалтқыш және генераторда электр энергиясына айналады. Күн батареяларын энергия көзі ретінде келесілерге пайдалануға болады:

- өнеркәсіпте (авиация өнеркәсібі, автомобиль өнеркәсібі және т.б.);
- ауыл шаруашылығында;
- тұрмыстық салада;

- құрылыс индустриясында (мысалы, экоүйлер);
- күн электр станцияларында;
- автономды бейнебақылау жүйелерінде;
- автономды жарықтандыру жүйелерінде;
- ғарыш саласында.

Бірақ, адамзатқа электр энергиясы өте қажет, оған деген қажеттілік жыл сайын артып келеді. Сонымен қатар, дәстүрлі табиғи отындардың (мұнай, көмір, газ және т.б.) қоры шектеулі. Сондай — ақ ядролық отынның қоры-уран мен торий де бар, оны плутоний көбейткіш реакторларынан алуға болады. Сондықтан бүгінгі таңда отынның арзандығы тұрғысынан ғана емес, сонымен қатар құрылымдардың қарапайымдылығы, жұмыс істеуі, станцияны салу үшін қажетті материалдардың арзандығы, станциялардың беріктігі тұрғысынан да пайдалы электр энергиясының тиімді көздерін табу маңызды [6].

Жаңартылатын немесе қалпына келетін энергия («Жасыл энергия») адам ауқымында сарқылмайтын көздерден алынатын энергия. Жаңартылатын энергияны пайдаланудың негізгі принципі оны қоршаған ортада үнемі болып жатқан процестерден алу және оны техникалық пайдалануға беру болып табылады. Жаңартылатын энергия күн сәулесі, жел, жаңбыр, толқындар және геотермиялық жылу сияқты табиғи ресурстардан алынады, (табиғи жолмен толтырылады).

Жаңартылатын энергия көздерінің басты артықшылығы — олардың сарқылмайтындығы және экологиялық тазалығы. Оларды пайдалану планетаның энергетикалық балансын өзгертпейді. Бұл қасиеттер шетелде жаңартылатын энергияның қарқынды дамуына және олардың алдағы жылдарда дамуының өте тиімді болжам болды. Жаңартылатын энергия көздері адамзат алдында тұрған үш жаһандық мәселені шешуде маңызды рөл атқарады: энергетика, экология, азық-түлік [5, 6].

1.3 Фотоэлектрлік жүйелердің негізгі артықшылықтары мен кемшіліктері

Фотоэлектрлік түрлендіргіштер сенімді, тұрақты және олардың қызмет ету мерзімі іс жүзінде шексіз. Олар тікелей және шашыраңқы күн сәулесін түрлендіре алады. Сондай ақ олардың артықшылығы:

- фотоэлектрлік жүйелердің негізгі артықшылықтарына сарқылмайтын энергия ресурсы, орнатудың қарапайымдылығы, қозғалатын бөліктердің болмауы, минималды техникалық қызмет көрсету, шу мен дірілдің болмауы жатады. Басқа энергия түрлерімен салыстырғанда, күн энергиясы негізінен экологиялық таза энергия түрлерінің бірі болып табылады;
- орталықтандырылған электр тарату желілері жоқ жерлерде тегін пайдаланылады;

- күн батареясын тез өтейді;
- күн электр станциясының фотоэлектрлік элементтерін кез келген бос аумаққа, соның ішінде ғимараттардың шатыры мен қабырғаларына орналастыруға болады. Бұл, әрине, оның құнын айтарлықтай төмендетеді;
- отынның кез келген түрін пайдаланудың қажеті жоқ;
- электр станциясында бірнеше жылжымалы бөліктер бар, сондықтан тез тозбайды. Нәтижесінде, күн электр станциясы, әрине күн панельдерінің бетін уақытылы тазалауды қоспағанда, қозғалатын бөліктерді айтарлықтай жөндеусіз бірнеше ондаған жылдар бойы жұмыс істей алады;
- күн электр станциясы жұмыс істеп тұруы үшін көп еңбекті қажет ететін техникалық қызмет көрсетуді қажет етпейді;

Дегенмен, қажетті материалдарды алудан электр энергиясын өндіруге дейінгі бүкіл технологиялық тізбекті ескерсек, күн энергиясының адамға және қоршаған ортаға зиянды әсерінен толықтай құтылу мүмкін емес. Бұл аспектіде ең тән болып жұмыс істеуі қоршаған ортаға ең аз зиян келтіретін күн фотоэлектрлік қондырғылары (КФЭҚ) болып табылады. Сонымен қатар жартылай өткізгіш материалдар өндірісі экологиялық және әлеуметтік жағынан өте қауіпті. Осыған байланысты, әлемнің бірқатар елдерінде (мысалы, АҚШ-та) КФЭҚ үшін жартылай өткізгіштерді өндіруге, сондай-ақ өндірістегі зиянды заттарды сақтауға, тасымалдауға және жоюға өте қатаң талаптар қойылады. КФЭҚ, персоналдың осы заттармен байланысын шектеу, төтенше немесе қалыптан тыс технологиялық жағдайлар кезіндегі іс-қимыл жоспарларын, сондай-ақ жарамдылық мерзімі өтіп кеткен немесе КФЭҚ қабылданбаған өндіріс қалдықтарын жою бағдарламаларын әзірлеу. Сондай-ақ жаңартылатын энергия көздерін пайдалануды шектейтін негізгі кемшіліктерге салыстырмалы түрде төмен энергия тығыздығы және шектен тыс өзгергіштік жатады. Энергия тасымалдаушы ағынының меншікті қуатының төмендігі электр станцияларының салмақтық және өлшемдік көрсеткіштерінің ұлғаюына әкеледі, ал бастапқы энергия ресурсының өзгерісі оның толық кезеңдері үшін энергия сақтау құрылғыларын немесе резервтік энергия көздерін қажет етеді. Нәтижесінде энергияның жалпы бағасы, өндірілген энергияның өзіндік құнынан жоғары болады.

Күн электр станциясы (КЭС, немесе фотоэлектрлік станция, ФЭС) - күн фотондарының энергиясын түрлендіретін құрылым, яғни. электр энергиясын тұрмыстық және өнеркәсіптік пайдалануға жарамды күн радиациясының жеңіл компонентінің энергиясы. Қарапайым жағдайда КЭС негізгі құрамдастары келесідей болады: фотопанель (немесе күн батареясы) және инвертор[3, 4].

Термодинамикалық күн электр станциялары

Термодинамикалық күн электр станцияларының құрылғысында селективті Жарық сіңіретін сырты бар жылу алмасу элементтері қолданылады. Олар күн сәулесінің 97% - на дейін сіңіре алады. Бұл элементтер тіпті күн сәулесінің әсерінен 200°C дейін немесе одан да көп қызуы мүмкін. Олардың көмегімен су кәдімгі бу қазандықтарында буға айналады, бұл бу турбинасында тиімді

термодинамикалық цикл алуға мүмкіндік береді. Күн бу турбиналық қондырғысының тиімділігі 20% жетуі мүмкін.

Осы әсердің негізінде аэростатты күн электр станциясының конструкциясы әзірленеді. Ондағы энергия көзі-су буымен толтырылған аэростат цилиндрі. Цилиндрдің сыртқы бөлігі күн сәулелерін өткізеді, ал ішкі бөлігі селективті Жарық сіңіретін панель жабылған және цилиндрді 150-180°C дейін қыздыруға мүмкіндік береді. Негізгі мәселе Күн аэростат электр станцияларын орналастыру тәсілі. Мұндай электр станцияларын жер үстінде, теңіз үстінде немесе тауларда орналастыруға болады. Әр кезде пайдалы және теріс жақтары бар. Мұнда бу құбырының ұзындығын, турбогенератордың орналасуын және цилиндрлер ұшақтардың қозғалысына кедергі келтірмейтіндігін ескеру қажет.

Күннен энергия алудың басқа тәсілдері бар, егер барлық мәселелерді шеше алса, онда мұндай өнімдерге сұраныс шексіз болуы мүмкін.

1.4 Күн панелінің таңдауы мен сипаттамасы және зарядтау/разряд контроллерін есептеу

Күн батареяларын таңдау туралы шешім қабылдау үшін бірлескен кәсіпорындардың барлық түрлерін қарастырды. Кремний атомдарының кристалда қалай ұйымдастырылғанына байланысты күн батареялары осындай түрлерге бөлінеді:

- Монокристалды кремнийлі күн батареялары
- Поликристалды кремнийлі күн батареялары
- Аморфты кремнийлі күн батареялары

Монокристалды кремнийлі күн батареялары. Бір кристалды кремний негізіндегі күн батареясының тиімділігі 15-20% құрайды. Монокристалды энергияны түрлендірудің ең жоғары тиімділігіне ие. Негізгі материал – монокристалды күн панельдері жасалатын өте таза кремний жартылай өткізгіш өндіріс саласында жақсы игерілген. Кремний балқымасынан баяу шығарылатын кезде кремний монокристалы өседі. Осы жолмен алынған таяқшалар қалыңдығы 0,2-ден 0,4 мм-ге дейін кесектерге кесіледі.

Поликристалды кремнийден жасалған күн модульдері Поликристалды кремний негізіндегі күн батареясының ПӘК 10-14% құрайды. Поликристалды кремний балқымасын баяу және бақылауда суытқанда дамиды. Поликристалды панельдер өндірісінде сызу операциясы өткізілмейді, ол энергияны аз қажет етеді және әлдеқайда арзан. Дегенмен, поликристалды кремний кристалында түйіршікті шекаралармен бөлінген аймақтар бар, бұл жасушалардың тиімділігін төмендетеді.

Аморфты кремнийлі күн модульдері. Аморфты кремний негізіндегі күн батареясының тиімділігі 5-6% құрайды. Аморфты кремний тасымалдаушы

материалға кремнийдің жұқа қабығы тұнып, қабымен қорғалатын «булану фазасының техникасы» арқылы өндіріледі. Бұл технологияның бірқатар кемшіліктері мен артықшылықтары бар:

- аморфты кремний негізіндегі күн панельдерін өндіру процесі;
- салыстырмалы түрде қарапайым және қымбат емес, үлкен аумақтың элементтерін өндіру мүмкін;
- төмен қуат тұтыну.

Алайда:

- конверсия тиімділігі кристалдық элементтерге қарағанда әлдеқайда төмен;

- элементтер деградация процесіне ұшырайды.

Осыған байланысты монокристалды кремний негізіндегі күн панелін таңдалады, өйткені олардың тиімділігі шамамен 20% - ыңқұрайды, атап айтқанда HH-POLY280W БК.



1.2 Сурет—HH-POLY 280 Вт күн панелі

Күн Зарядтау контроллері күн электр станциясының маңызды элементі болып табылады, онсыз қалған жабдықтардың дұрыс жұмыс істеуі, атап айтқанда батареялардың дұрыс зарядталуы мүмкін емес. Сондықтан, осы жүйе үшін контроллерді таңдағанда, өнімнің техникалық деректері таңдалған күн элементтерінің қажеттіліктеріне сәйкес келетініне көз жеткізу керек. Ең алдымен, контроллерлердің түріне және олардың маңызды айырмашылықтарына назар аудару керек. Контроллерлердің ең танымал екі түрі бар:

MPPT зарядтау контроллері. Бұл басқа зарядтау контроллерлерімен салыстырғанда 25-30% - ға артып, жинақталған энергия мөлшеріне айтарлықтай

әсер ететін маңызды өнім. Бұл өнімнің жұмыс принципі күн Модулінің максималды қуат нүктесін бақылау алгоритміне негізделген. Бұл өнімнің бастапқы құнының жоғары болуына қарамастан, күн электр станциясының өтелу мерзімі әлдеқайда қысқа.

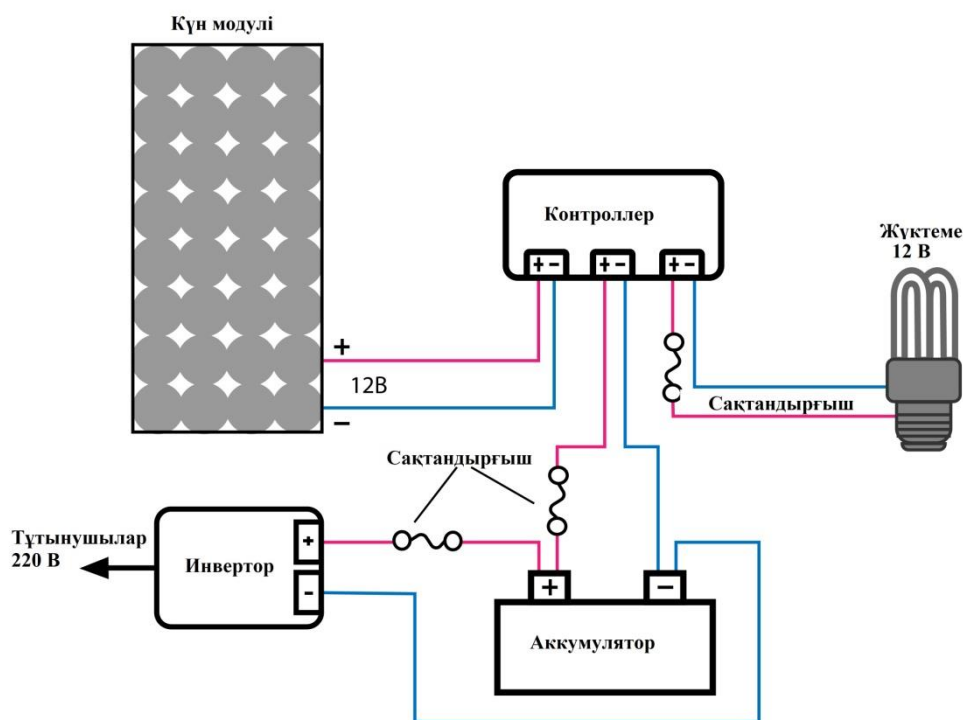
PWM (ЕИМ) зарядтау контроллері күн белсенділігі өте жоғары аймақтарда ғана ұсынылады. Бұл өте қарапайым алгоритмі бар" үнемді " нұсқа. [9, 10].

Контроллерді таңдаған кезде зарядтау тогын ескеріп, әрқайсысы 280 Вт болатын 4 панельдің қуат деңгейінен және олардың кернеуінен бастау керек.

Панельдер тізбектей жалғанғандықтан, разряд $I_{разряд}$ келесі формула бойынша есептеледі:

$$I_{разряд} = \frac{P_{КП}}{U_{ном.КП}} = \frac{4 \cdot 280 Вт}{4 \cdot 24 В} = 11,7 А \quad (1.1)$$

мұндағы КП – күн панелінің қуаты, $U_{ном.КП}$ - күн панелінің номиналды кернеуі.

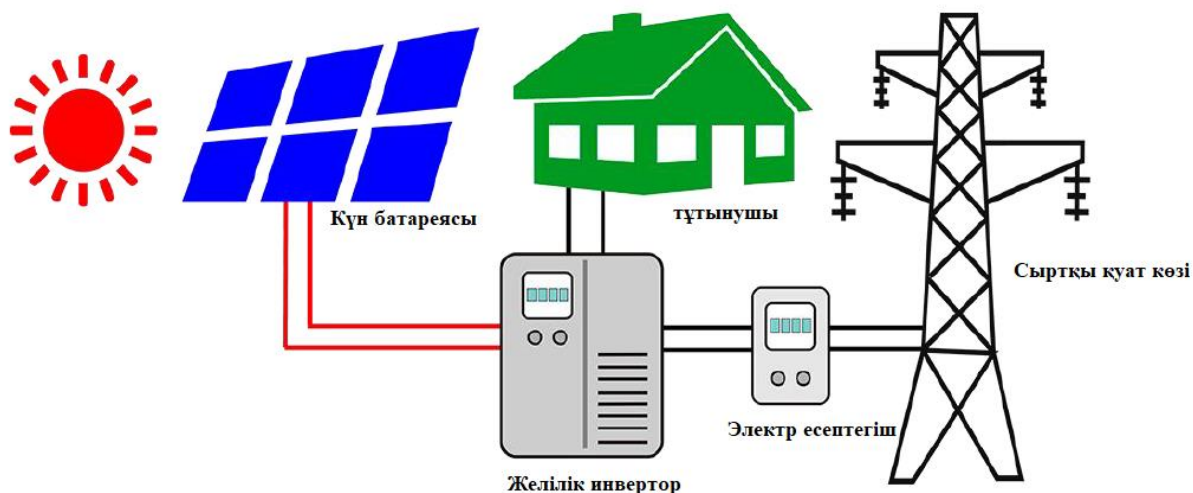


1.3 Сурет–Контроллерді күн панельдеріне қосу сұлбасы

1.5 Күн электрстанцияларының түрлері

Күн электр станцияларының негізгі құрылымдық түрлерін және олардың мүмкіндіктерін қарастырады:

- Негізгі КЭС сипаттамасы,
- Желілік КЭС.
- Желілік күн электр станциясының (және қарапайым КЭС) қарапайым сұлбасы 1.3-суретте көрсетілген



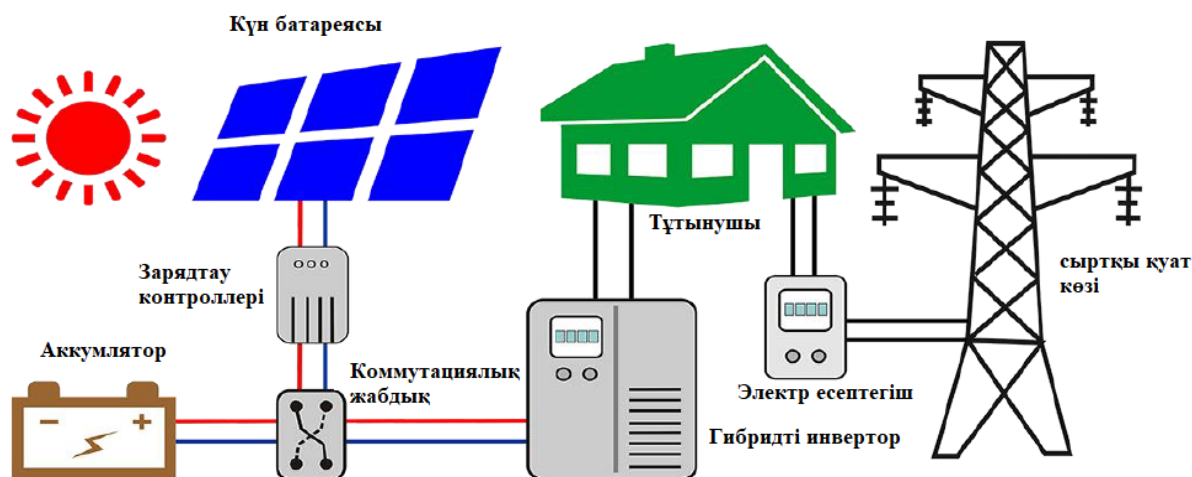
1.4 Сурет– Желілік КЭС

Қалыпты жұмыс істеу үшін оны сыртқы қуат көзіне қосу керек. Күн электр станциясының жұмысы үшін сыртқы электр желісінің (күнге қосымша) болуы және сапасы өте маңызды болу керек. Ол болмаған жағдайда немесе стандарттарға сәйкес келмегенде, мұндай КЭС ең шуақты және бұлтсыз ауа-райында да пайдасыз болады.

Артықшылықтары КЭС-ның салыстырмалы, бірақ айтарлықтай арзандығын және КЭС-тің басқа түрлерімен салыстырғанда ПӘК жүйенің жоғары жалпы тиімділігін (90-95%) қамтуы керек. Бұл КЭС-ның түрін электр энергиясын өндіру және сату үшін тартымды етеді.

Гибридті КЭС (желімен қосылған автономды)

Бұл аккумулятор батареяларын (батареяларды), зарядтау контроллерін және желілік Инверторды гибридке ауыстыру арқылы желілік КЭС-тің негізгі сұлбасы. Айырықша ерекшелігі күн жарық кезде өндірілген электр энергиясының бір бөлігін батареяда сақтау мүмкіндігі (1.5- сурет).



1.5 Сурет - Автономды желіге қосылған (гибридті) КЭС

Батарея АКБ банкінің болуына байланысты олар орталық электрмен жабдықтау көзіне тәуелі аз. Мұндай КЭС негізінен орталық электрмен жабдықтау жеткіліксіз немесе тұрақсыз болған жағдайда үздіксіз электрмен жабдықтау жүйесінің бөлігі ретінде пайдаланылады. Кемшіліктерге жүйенің жоғары бағасы жатады, бұл аккумуляторлық қордың және түрлендіргіштің қуатының арқасында, ол неғұрлым көп болуы керек, сәйкесінше үздіксіз жұмыс істеуге және қосылған жүктемелерге көп уақыт қажет[8].

Автономды күн электр станциялары сыртқы электр желісіне қосылмай жұмыс істейтін күн электр станциялары автономды деп аталады (1.4 сурет)



1.6 Сурет-Автономды, желіге қосылмаған (автономды) КЭС сұлбасы

Автономды фотоэлектрлік станцияда күн батареяларынан басқа, әдетте батареялар мен заряд реттегіші бар. 220/380 В айнымалы токтың стандартты

кернеуін қажет ететін тұтынушыларды электрмен жабдықтау қажет болса, фотоэлектрлік қондырғыға инверторды қосу керек [3].

Фотоэлектрлік қондырғының жалғыз кемшілігі - төмен жүктемелерде энергияның жоғалуы.

Сондай-ақ, модульдік инверторларды осы конфигурацияда қолдануға болады орташа номиналды қуат әдетте 10 кВт деңгейіне жетеді. Келесі вариациялар да мүмкін. Әр панельге жүздеген ватт қуат беретін шағын интеграцияланған инвертор қызмет етеді; жеке DC/DC түрлендіргіштері фотогальваникалық элементтердің әр бөлімінде қолданылады, DC/DC түрлендіргіштерінің шығысы бір DC/AC инверторына параллель қосылады. Бұл топология ең тиімді, номиналды қуаты 100 кВт-қа жетеді.

2 АРНАЙЫ БӨЛІМ

2.1 Күн электр станцияларына арналған инверторлар. Инверторлардың түрлері және олардың ерекшеліктері

Күн батареясынан тұрақты токты 220 В-та айнымалы токқа түрлендіруге арналған құрылғы инвертор деп аталады. Инвертор токты күн батареясынан ғана емес, аккумулятордан да алады. Кешкі уақытта, күн батареялары жоғары тұтынушылық қуатта тұрақты кернеудің негізгі көзі батареялар болып табылады [8].

Күн қондырғысына арналған инверторлардың екі түрі бар. Айнымалы ток желісінде жұмыс істейтін инвертор күн батареясы мен 220 В айнымалы ток желісіне қосылады. Желілік инверторлар тәуліктің күндізгі уақытында инверторға тікелей қосылған жеке тұрмыстық аспаптардың жұмыс істеуіне мүмкіндік береді, яғни желілік инверторлар күндіз ғана қолданылады.

Автономды түрлендіргіштер күн батареяларында пайдаланылған кезде қайта зарядталатын батареялармен бірге қолданылады. Мұндай сұлбада инвертор 12 В аккумулятордың тұрақты тогын өзгерту үшін қолданылады, оны 220 В-қа түрлендіреді, ол өз кезегінде күн батареяларынан заряд алады. Мұндай модельдер үздіксіз қуат көздерінде қолданылады. Осылайша, энергияны тұтынудың энергиямен жабдықтау жүйесінің үзіліссіз жұмысынан тәуелсіз болады[8].

Айнымалы токтың шығыс кернеуінің сигналы инвертордың негізгі функционалдық сипаттамасы болып табылады

Шығыс сигналы келесідей болады:

- 1) синусоидалы;
- 2) квазисинусоидалы;

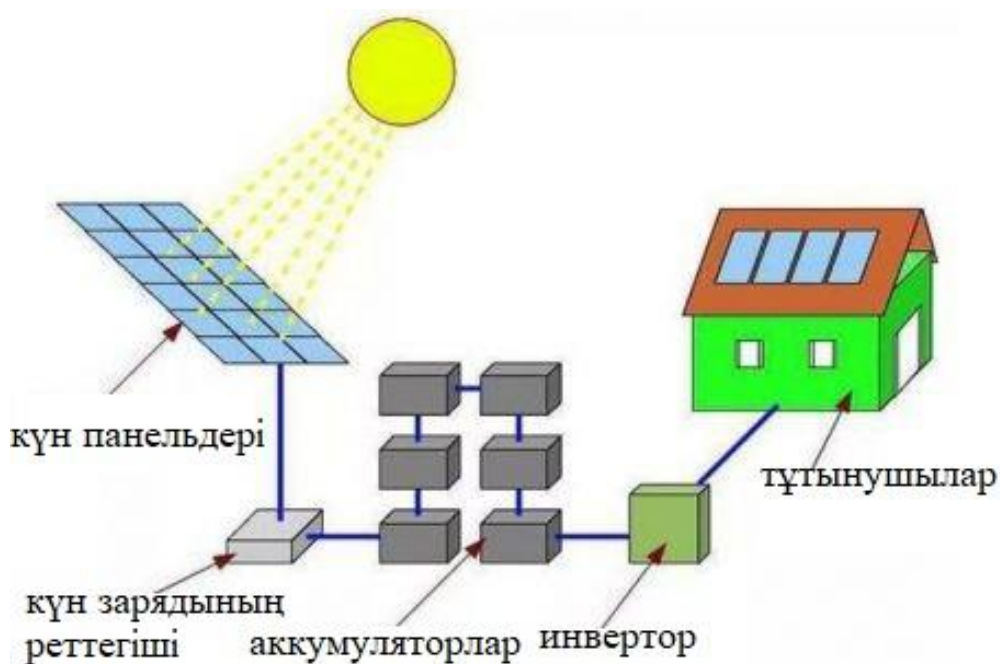
Таза синусоидалы кернеудің толқын пішіні бар бірінші типті инвертор пайдалану тұрғысынан ең қарапайым және ең жақсы нұсқа болып табылады, өйткені ол идеалды синусоидалы ток жасайды. Ол кәдімгі үй электрмен жабдықтау желісіне қарағанда пішін сапасы жағынан жоғары. Мұндай токтың қасиеттері электр құрылғыларын ақаулардан сенімді қорғайды, өйткені құрылғылар тұрақсыз кернеуге өте сезімтал. Күн электр станцияларына арналған мұндай инверторлар жоғары бағаға және үлкен өлшемдерге ие. Бұл өз кезегінде оларды орналастыру тұрғысынан өте ыңғайсыз.

Екінші типті инверторлар алатын токтың «квазисинус толқыны» тек нақты синусын имитациялайды, өйткені оның пішіні үшбұрыш немесе тіктөртбұрыш немесе көбінесе трапеция пішінді болады. Бұл түрдегі инверторлар арзан бағаға және бірінші түрдегі түрлендіргіштерге қарағанда өлшемдері кішірек болғандықтан жиі кездеседі. Олардың бірден-бір кемшілігі - қуат кернеуіне сезімталдығы жоғары электр құрылғыларын қосу қажет емес.

2.2 Күн инверторының жұмыс істеу принципі

Күн энергиясымен жұмыс істейтін күн электр станциясы батареядан немесе күн батареяларының ұяшықтарынан, инвертордан (кернеу түрлендіргішінен), зарядтау реттегішінен және аккумулятор батареясынан тұрады. Күн электр станциясының қалыпты параметрлермен тұрақты жұмыс істеуі үшін оның барлық бөліктері әрбір құрылғының техникалық деректерін ескере отырып таңдалуы керек. Мұндай талаптар ең алдымен күн батареяларымен бірге жұмыс істейтін инверторға да қатысты.

Күн фотоэлементтері бірнеше мәндердің кернеулерін құрайды: 12, 24, 48 вольт тұрақты ток. Электр құрылғыларын бірден күн батареяларына тікелей қосу мүмкін емес, себебі бұл құрылғылар 220 вольт айнымалы кернеуге арналған. Сондықтан, бұл жүйеде инвертор атап айтқанда күн панельдерінен өндірілетін энергияны тұрмыстық электр құрылғыларына жарамды кәдімгі қуат түріне түрлендіру үшін қолданылады. Бұл күн энергиясы жүйесіндегі инвертордың негізгі мақсаты[9, 10].



2.1 Сурет - Күн электр станциясының сұлбасы

Күн электр станциясы үшін инверторды таңдағанда, құрылғылардың кейбір қасиеттерін мұқият ескеру қажет:

- бос энергияны тұтыну,
- жұмыс температурасының диапазоны, салмағы, тиімділігі,
- максималды және номиналды қуаты.

Сондай-ақ, инвертордың қуаты мен күн батареясының шығыс кернеуіне байланысты болуы керек екенін есте ұстаған жөн. Қуаттың тәуелділігі келесідей өрнектеледі: 12 вольт - 600 ватттан аз, 24 вольт - 600-1500 ватт, 48 вольт - 1,5 кВт жоғары.

Инверторды сатып алу және пайдалану кезінде қысқа тұйықталу, шығыс шамадан тыс жоғары немесе тым төмен кернеу, қызып кету сияқты төтенше қорғаныс жүйесінің болуына назар аудару керек.

Инвертордың техникалық құрылғысының қасиеттерін сыртқы түрі мен салмағы бойынша анықтауға болады. Құрылғы салмағының 1 килограммы 100 ватт қуатқа сәйкес келеді. Көлемді және ауыр 50 Гц желілік жиілік трансформаторын ұлғайтылған жиілік трансформаторына ауыстыру үшін электр желісінен гальваникалық жүктемені оқшаулау функциясын сақтай отырып, инвертордың салмақ және өлшем сипаттамаларын жақсартады. Құрылғы жұмыс істейтін жұмыс температурасының жеткілікті кең диапазоны оның жоғары тұтынушылық қасиеттерін сипаттайды [1, 10].

Күн электр станциясының барлық түрлендіргіш тізбегін есептеу кезінде электр станциясына қосылатын барлық электр құрылғыларын бір уақытта қуаттандыруға жеткілікті шығыс қуатын қамтамасыз ету қажет екенін ескеру керек. Бірақ іске қосу кезінде кез келген құрылғының тогы номиналды мәннен асып кететінін ұмытпау керек. Шамадан тыс ток бірнеше секунд ішінде пайда болады, содан кейін құрылғы қалыпты режимде жұмыс істейді. Инверторды таңдағанда, атап айтқанда инвертордың қуаты номиналды мәннен бір жарым есе асуы керек.

2.3 Инверторды күн электр станциясына қосу

Электр энергиясын түрлендіргіш деп бір-бірінен ерекшеленетін параметрлері бар екі (немесе одан да көп) электр жүйесін қосатын және осы параметрлерді берілген заңға сәйкес өзгертуге мүмкіндік беретін, қосылған жүйелер арасында электр энергиясының алмасуын қамтамасыз ететін құрылғы. Айнымалы және тұрақты ток жүйелерін қосатын және тұрақты токты айнымалы токқа түрлендіретін жартылай өткізгішті түрлендіргіштер (электрондық трансформаторлар) инверторлар деп аталады.

Инверторды күн электр станциясына қосқанда, тұрақты ток кабелінің қондырғының номиналды қуатына сәйкес келетін ток күшін беру үшін жеткілікті көлденең қимасы болуы керек екенін білу керек. Кабель қажетті мөлшерден ұзағырақ болмауы керек. Алынған энергияны тұтынатын құрылғылардан күн батареяларының айтарлықтай қашықтығымен олар айнымалы ток кабелін 220 вольтке арттырады, ал инвертор фотоэлемент батареясының жанында орналасқан. Инвертордан күн батареясына дейінгі кабельдің ұзындығы үш метрден аспауы керек.

Қуатты түрлендіргішке 500 ватттан жоғары арнайы талаптар қойылады. Кабельде құрылғылармен және батарея терминалдарымен қосылу нүктелерінде жақсы, жоғары сапалы қатты контакт болуы керек. Егер байланыс нашар болса, ұшқын пайда болады, бұл өз кезегінде қызып кетуді тудырады және өртті тудыруы мүмкін. Үздіксіз қуат жүйелерінде автономды түрлендіргіштерді пайдаланған кезде ыңғайлылық пен қауіпсіздік үшін тұрақты ток тізбегіне автоматты ажыратқыштарды орнату қажет. Сондай-ақ түрлендіргіштің шығыс кернеу сигналының қажетті формасын қалыптастыру кезінде күн батареяларын қосудың әртүрлі тәсілдерінің мүмкіндіктерін ескеру ұсынылады.

Тиристорлар дәстүрлі түрде қолданылған қуатты түрлендіргіш технологиясының өнімдерінде транзисторларды кеңінен қолдану түрлендіргіштердің қуат тізбегінің жаңа сұлбаларын жасауға әкелді. Транзисторлық инверторларда инверторлардың жұмыс істеу принципінің ерекшеліктеріне байланысты, инвертордың максималды меншікті қуатын алу үшін генерацияланған кернеудің спектрлік құрамын немесе сүзгінің жиілік реакциясын өзгертуге үлкен мүмкіндіктер бар. Меншікті қуат сипаттамалары тұрақты шығыс кернеуі бар түрлендіргіштерге қарағанда 2–4 есе аз. Бұл келесі себептерге байланысты: олар статикалық шығындарды екі есе арттыратын көпір сұлбаларына ғана орындалуы мүмкін. Барлық жағдайларда инвертор шығыс кернеуінің жиілігінде қуат трансформаторын қажет етеді. Толық тоқтағы инвертордың күштік транзисторлары қысқа уақытқа ғана пайдаланылады [1, 2]. Микроэлектрондық схеманың қарқынды дамуы бір микрокомпьютерге дейін интеграцияның үлкен және ультра үлкен дәрежелері бар интегралдық сұлбалар негізінде түрлендіргішті басқаруды жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Транзисторлық инверторлар автоматика мен есептеуіш техниканың электрондық жүйелерінің, телекоммуникациялық жүйелердің, айнымалы ток қозғалтқышын басқару құрылғыларының жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін қажет, оның ішінде бастапқы айнымалы ток желісі болған кезде авариялық қуат көзі ретінде пайдаланады. Алғашқы транзисторлық түрлендіргіштер 50 жыл бұрын жасалған. Өткен кезеңде транзисторлық түрлендіргіштерді және олардың құрамдас элементтерін құру мәселелері өте терең қарастырылды [1].

2.4 Көп деңгейлі түрлендіргіштер бойынша заманауи зерттеулерге шолу

Электр энергиясын түрлендіргіш деп екі (немесе одан да көп) параметрлермен біріктіретін және осы параметрлерді берілген заңға сәйкес өзгертуге мүмкіндік беретін, қосылған жүйелер арасында гальваникалық энергияның алмасуын қамтамасыз ететін құрылғыны айтады. Біріншісі жиілігі нөлге тең (тұрақты ток жүйесі), ал екінші ток түрлендіргішінің бір түрі болып табылады.

Жартылай өткізгішті түрлендіргіштер (электрондық трансформаторлар), айнымалы және тұрақты ток ұғымдарын біріктіреді, төрт түрге бөлуге болады:

- айнымалы кернеу түрлендіргіштері(жиілік түрлендіргіштері, фазалық түрлендіргіштер, айнымалы кернеуді реттегіштер және тұрақтандырғыштар және т. б.);

- түзеткіштер деп аталатын айнымалы кернеуді тұрақты түрлендіргіштер;

- инверторлар деп аталатын тұрақты кернеу түрлендіргіштері;

- тұрақты кернеу түрлендіргіштері тұрақты кернеу түрлендіргіштері деп аталатын басқа параметрлермен тұрақты кернеу түрлендіргіштері. Кейбір жағдайларда түрлендіргіштердің екі немесе одан да көп түрлерін бірге қолданған жөн. Мұндай түрлендіргіштер көп сатылы (күрделі) немесе тұрақты және (немесе) ауыспалы кернеудің айқын көрінетін аралық байланысы бар түрлендіргіштер деп аталады.

2.2 -суретте электр энергиясын түрлендіргіштердің классификациясы көрсетілген.

Тізімде көрсетілген төрт түрдің барлығына жататын жартылай өткізгішті түрлендіргіштерді екі түрде көрсетуге болады:

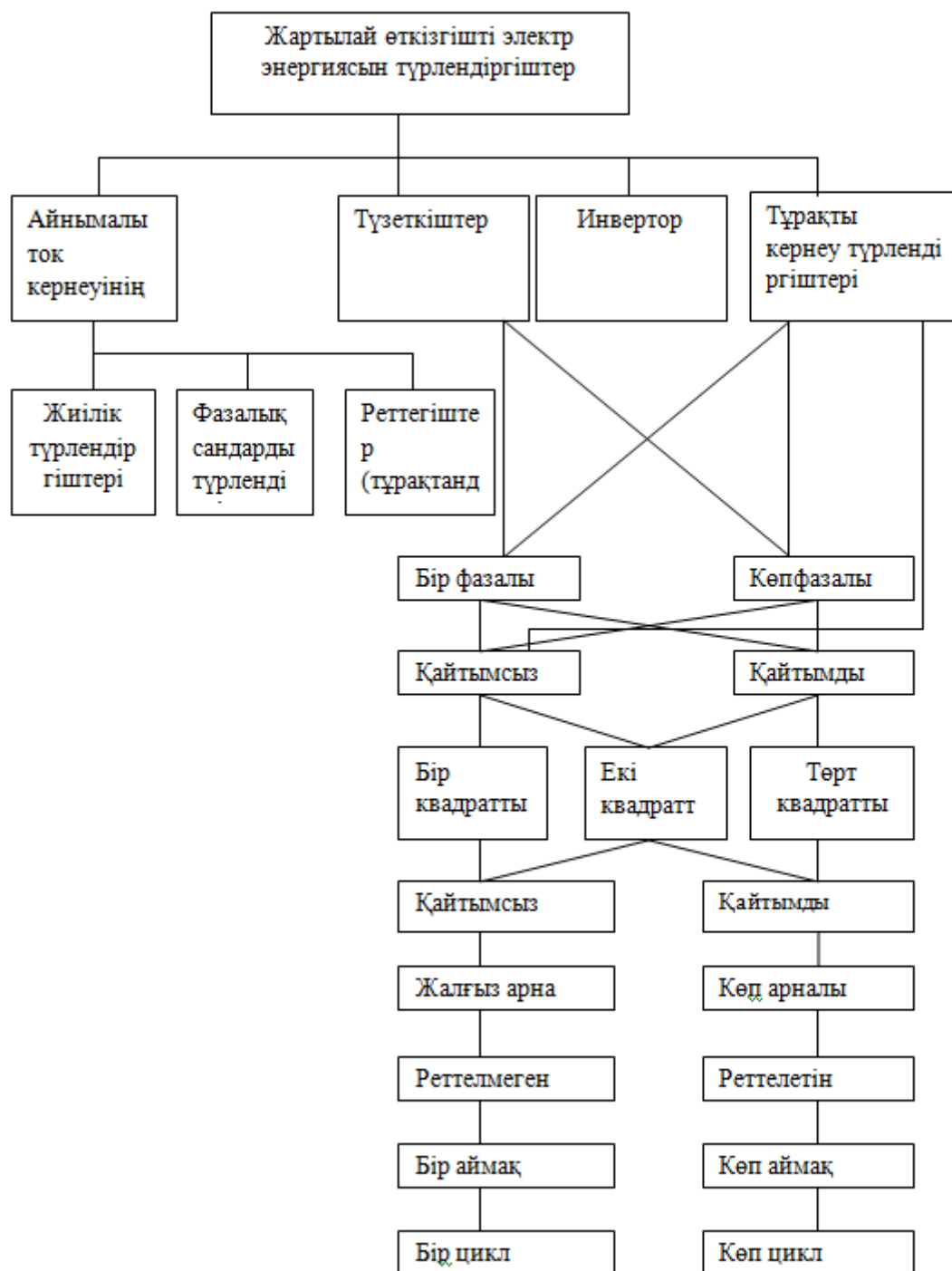
- қайтымсыз, яғни энергияны тек бір ағында тасымалдау;

- қайтымды, яғни. энергияны, сондай-ақ бірінші гальваникалық тұжырымдамадан екіншісіне және қарама-қарсы бағытта беру мүмкіндігіне ие болу;

Қайтымды түрлендіргіштер келесі айқын формаларда қажет:

- кез келгені электр энергиясының көздерін де, тұтынушыларын да қамтитын жүйелерді қосу үшін және осы жүйелер арасында энергия алмасу қажет болғанда, мысалы жүйелердің өзара резерві үшін, функцияларды бір блокта біріктіру және т.б.;

- тұтынушыларды қамтитын жүйені жүйе жұмысының белгілі бір кезеңінде энергияны тұтынуы қажет басқа көзге қосу үшін, мысалы, аккумуляторды зарядтау, генераторды стартер режимінде іске қосу және т.б.



2.2 Сурет- Электр энергиясын түрлендіргіштердің классификациясы

Жүйе жұмысының белгілі бір кезеңінде оны пайдалануда өзектілікке айналуы тиіс, мысалы, электр қозғалтқышы регенеративті тежеу режимінде жұмыс істегенде, тұтынушылары бар жүйенің басқа тұтынушымен реттелетін байланысы үшін;

Шартты түрде түрлендіргішті қайтымды деп атауға болады және ол тұтынушының реактивті энергиясын немесе түрлендіргіштің сақтау элементін

(дроссельді) жартылай циклдің бір бөлігінде қуат көзіне қайтаруға кепілдік береді. Бұл жағдайда кері энергия ағыны әрқашан тікелей ағыннан аз болады, яғни нәтижесінде алынған энергия ағыны бір бағытта өтеледі және түрлендіргіш функциялары өзгермейді, ал көрсетілген реактивті энергияны қалпына келтіру шығыс кернеуінің пішініне қарамастан сақталуын қамтамасыз етеді. жүктеменің сипаты және осылайша жүйенің тиімділігін арттырады. Жартылай өткізгішті түрлендіргіштердің аталған төрт санатының барлығында тікелей жұмыс режимінен кері жұмыс режиміне көшу электр жүйелерімен байланысты айнымалы сипаттамалар болмаған жағдайда жүреді. Сондықтан, мысалы, энергияны тікелей тасымалдайтын қайтымды түрлендіргіш инвертор ретінде, ал кері энергиямен түзеткіш ретінде жұмыс істейді.

Түрлендіргіштер қайтымсыз және қайтымды болуы мүмкін. Кері емес түрлендіргіштерде тұрақты ток жағындағы кернеу полярлығы өзгермейді. Қайтымды түрлендіргіштерде түрлендіргіштің шығысындағы тұрақты ток кернеуінің полярлығы реттеу кезінде өзгереді, мысалы, жүктеме реверсивті электр қозғалтқышы немесе электр машинасының (аппараттың) басқару орамы болған кезде[9, 10].

Кейбір жағдайларда кіріс тұрақты ток кернеуінің кез келген полярлығымен түрлендіргіштің жұмысын қамтамасыз ету мақсаты пайда болады. Мұндай түрлендіргіш те қайтымдыға жатады. Айнымалы ток кернеуінің реттелетін түрлендіргіштерінде қайтымсыз түрлендіргіштер орын алады, оларда шығыс кернеуі кіріске қатысты тұрақты фазалық бұрышқа ауысады немесе бұл бұрыш 180° -қа дейін өзгереді. Қайтымдылық және қайтымдылық қасиеттерінің жиынтығы бойынша түрлендіргіштер келесі түрлерге бөлінеді:

- бір квадрантты, олардың арасында қайтымсыз;
- екі квадрантты, олардың арасында қайтымсыз немесе қайтымды;
- төрт квадрантты, олардың арасында қайтымды.

Түрдің атауы шығыс параметрлері мен кіріс параметрлері арасындағы байланыс сипаттамалары орналасқан квадранттардың санымен анықталады.

Қатысты ұғымдардың кем дегенде біреуінің фазаларының саны бойынша түрлендіргіштер (инверторлар, түзеткіштер) бір фазалы және көп фазалы болып бөлінеді.

Шығыс және (немесе) кіріс арналарының саны бойынша олар бір арналы және көп арналы болып бөлінеді. Көп арналы түрлендіргіштерде оның әрқайсысына тұтынушылар қосылған бірнеше бір мезгілде немесе тәуелсіз реттелетін (тұрақтандырылған) шығыстары болады. Түрлендіргіш тұрақты және айнымалы ток жүктемелерін беруге қабілетті. Жүктемелерді бір сыммен қосуға болады немесе абсолютті гальваникалық оқшауланған. Көп арналы кірісі бар түрлендіргіштер бір мезгілде бірнеше қуат көздеріне қосылу үшін пайдаланылады, мысалы, резервтеу мақсатында, бір көз негізгі, ал қалғандары резервтік болып табылады.

Байланысты ұғымдардың (кернеу, ток және жиілік) параметрлерінің қатынасы бойынша түрлендіргіштер реттелмейтін және реттелетін (тұрақталған)

болып бөлінеді. Реттелмейтін түрлендіргіштерде кіріс және шығыс параметрлерінің сәйкестігі өзгермейді, ал реттелетін түрлендіргіштерде ол белгіленген шектерде өзгереді немесе кіріс параметрі көрсетілген шектерде өзгергенде шығыс параметрі тұрақты болып қалады.

Шығыс кернеуін (ток) қалыптастыру және реттеу әдісі бойынша түрлендіргіштер бір аймақтық және көп аймақтық болып бөлінеді.

Бір аймақты түрлендіргіштерде шығыс кернеуді (токты) түрлендіру және реттеу толық өшіру арқылы шығыс кернеуінің (ток) барлық тереңдігіне (амплитудасына) импульстік-уақыт модуляциясы арқылы жүзеге асырылады, содан кейін қуат көзіне қосылады [3]. Көп аймақты түрлендіргіштер, сондай-ақ көп ұяшықты, көп циклді, полифазалы (егер шығыс тұрақты ток болса) деп те аталады, бірнеше түрлендіргіш ұяшықтарында, бірнеше кіріс, шығыс трансформаторларында, бастапқы және бірнеше секцияларында таратылады. Осы трансформаторлардың қайталама орамдары және бірнеше қуат көздеріне және олардың секцияларына қосу үшін бірнеше кірістері бар. Көрсетілген ұяшықтарды тізбектей, параллельді, тізбектей параллельді біріктіруге немесе тізбекті қосылудан параллельді қосуға ауыстыруға болады[7].

Көп аймақты түрлендіргіштерді мына жағдайларда да қолдануға болады:

- қуат кілтінің элементтерінің тізбекті қосылымын қолданбай кіріс кернеуін арттыру;
- қуат кілтінің элементтерінің параллель қосылымын пайдаланбай қуатты мұқият арттыру;
- жылдам әсер ететін негізгі элементтерді (қалпына келтіру уақыты қысқа тиристорлар) қолданбай шығыс кернеуінің жиілігін арттыру;
- жүктеме кең ауқымда өзгерген кезде жоғары тиімділік өзгеріссіз қалады;
- жоғары сенімділікті көрсету.

2.5 Көпдеңгейлі түрлендіргіштердің мақсаты мен қолданылу саласы мен құру принциптері

Тұрақты жиілік пен амплитудасы бар кернеуді жиілігі мен амплитудасы айнымалы кернеуге түрлендіруді жүзеге асыратын түрлендіргіш мамандандырылған. Түрлендіргіш қоректендірудің номиналды кернеуі 6000 В, $\varphi > 0,85$, $\eta > 0,95$ түрлі машиналар мен механизмдердің тұрғын үй-коммуналдық шаруашылығында, өнеркәсіпте, отын-энергетика кешенінің кәсіпорындарында.

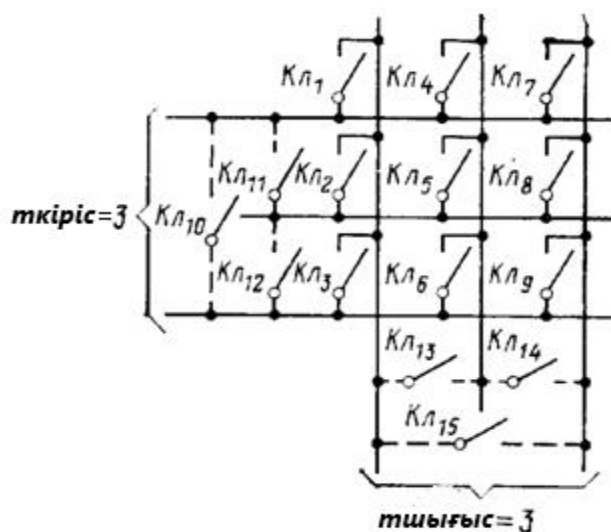
Бұл түрлендіргіште жоғары тиімділік бар және шығыс кернеуінің пішіні синусоидаға жақын.

Түрлендіргіш желіні пайда болатын кедергілерден қорғау үшін қосымша кіріс сүзгілерін орнатуды қажет етпейді, ал шығыс кернеуінің синусоидалы пішіні қосымша шығыс сүзгілерін пайдаланбай, қуат кабелінің ұзындығына шектеулерсіз стандартты электр қозғалтқышын қосуға мүмкіндік береді.

Түрлендіргішті пайдалану мыналарға мүмкіндік береді:

- машиналар мен механизмдердің бірдей өнімділігін сақтай отырып, энергия, жөндеу және пайдалану шығындарын азайту;
- электр қозғалтқышы мен жетек механизмінің жұмыс істеу мерзімін жүктеменің өзгеруінің кең ауқымында оңтайландыру арқылы арттыру;
- сорғы қондырғысын іске қосу кезінде құбырлардағы су балғасын және динамикалық артық жүктемелерді жою;
- сорғыларды, желдеткіштерді, центрифугаларды және т.б. басқару жүйелеріндегі пайдалану шығындарын азайту;
- айнымалы жүктемемен жұмыс істейтін сорғы, компрессорлық және басқа қондырғылардың энергия шығынын азайту;
- берілген технологиялық параметрлерді дәл сақтау мүмкіндігі бар асинхронды электр жетегінің жабық жүйелерін құру

Жартылай өткізгіш негізгі элементтерді қолдана отырып, электр энергиясының параметрлерін қайта құру ережесі уақыт өте келе белгілі бір функциясы бар (коммутация алгоритмі) Шығыс электр жүйесінің әр терминалымен кіріс электр жүйесінің әр терминалын қосу және ажыратудан тұрады.



2.3 Сурет – Түрлендіргіштің қуат тізбегін орындау принципі

2.3 сурет – кіріс электр жүйесін үш терминалмен ($m_{ш}=3$) және шығыс электр жүйесін үш шығыс терминалымен ($m_{ш}=3$) байланыстыруға арналған түрлендіргіштің қуат тізбегін құру үлгісі көрсетілген.

$KЛ_1-KЛ_2$ негізгі кілттерінен басқа, кейде жүйелер фазалары арасында реактивті энергияның өзара алмасуын немесе осы энергияның көздің және жүктеменің индуктивтілігінде сақталуын қамтамасыз ету үшін кіріс және шығыс түйіндерін қайта қосатын қосымша $KЛ_{10} - KЛ_{15}$ қолданылады.

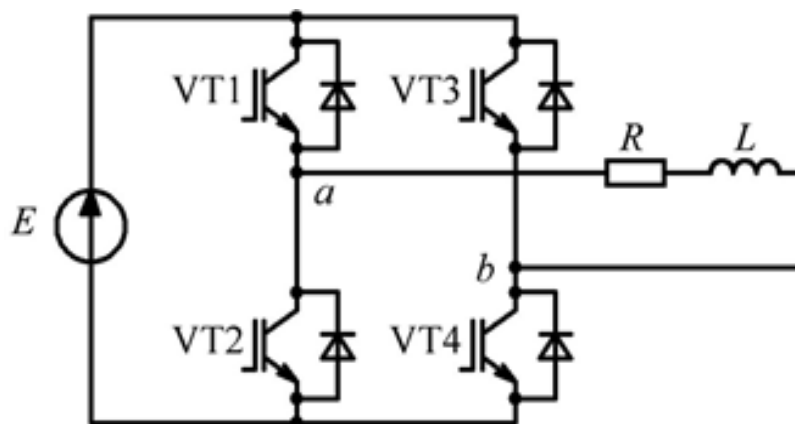
2.6 Бірфазалы көп деңгейлі түрлендіргіштің жұмыс принципі

Көп деңгейлі түрлендіргіштер тұрақты кернеуді айнымалыға түрлендіру үшін есептелген электр аппараты деп аталады.

Көп деңгейлі түрлендіргіштер екі түрлі болуы мүмкін: желі басқаратын және автономды.

Қарапайым жағдайда модель келесі алгоритм бойынша жұмыс істейді: транзисторлар жұппен қосылады және ток кезекпен жүреді: алдымен VT2, VT3, содан кейін VT1, VT4 және т.б. инвертордың шығысында меандр (тікбұрышты) түрінде кернеу пайда болады. Транзисторлардың қосылған күйінің ұзақтығы құрылған кернеу кезеңінің жартысына тең. Меандр Фурье қатарына ыдыраған кезде әрдайым үйлеспейтін гармоникалық компоненттер болатыны белгілі. Бірінші (негізгі) гармониканың жиілігі меандр кезеңімен анықталады. Негізінен, мұндай кернеу тұтынушылардың талаптарын қанағаттандырмайды. Инверттелген кернеудің гармоникалық құрамын жақсарту үшін транзисторларды басқарудың ең қиын әдістері, атап айтқанда ендік импульсті басқару қолданылады. [9]Ендік импульстік модуляциясы (ЕИМ) импульсті басқару деп аталады, онда импульстардың ені Шығыс кернеуінің белгілі бір формасын жасау үшін негізгі жиілік кезеңінің мәнінен өзгереді. Негізгі импульстардың пайда болу жиілігі өзгеріссіз қалады. ЕИМ ұйымының қарапайым түрі-бір модуляция. Бұл жағдайда транзисторлардың әр жұбын ауыстыру басқасына қатысты ығысумен жүзеге асырылады. Нәтижесінде инвертордың шығысында кернеу нөлдік үзілістермен қалыптасады. Нөлдік емес аралықтардың салыстырмалы ұзақтығын (толтыру коэффициенті) өзгерту арқылы кернеуді үйлестіруге мүмкіндік береді. Негізгі гармониканың амплитудасы келесідей есептеледі:

$$U_{ab1m} = \frac{4E}{\pi} \sin \frac{\alpha\pi}{2} \quad (2.1)$$



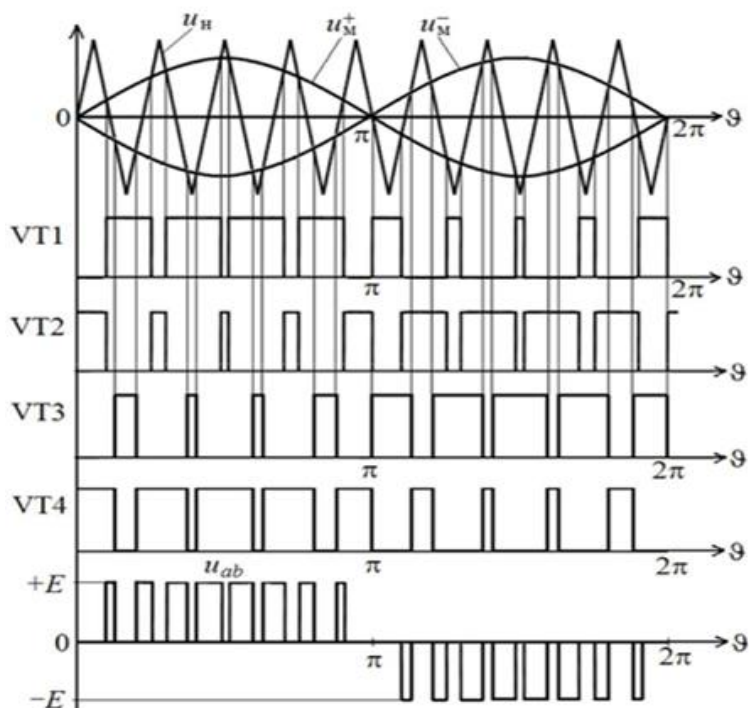
2.4 Сурет– RL жүктемесі бар бір фазалы көп деңгейлі кернеу түрлендіргіші

Бір полярлы модуляция кезінде басқару импульстарының екі түрі қалыптасады – біреуі VT1 және VT2 үшін, екіншісі VT3 және VT4 үшін, суретте көрсетілгендей. Осы мақсатта фазаға қарсы орналасқан екі модуляциялық сигнал қолданылады.

Ауыстыру шарттары:

и $m^+(\vartheta)$ и $m^-(\vartheta)$ – VT1 қосулы, VT2 өшірулі;

и $m(\vartheta)$ и $n(\vartheta)$ – VT3 қосулы, VT4 өшірулі.



2.5 Сурет- Бірполярлы ЕИМ бар басқару импульстерінің қалыптасу принципі

ЕИМ неғұрлым тиімді түрі синусоидалы заңға (синусоидалы ЕИМ) сәйкес шығыс кернеу импульстерінің енін өзгерту болып табылады. Импульстік пішіндеу анықтамалық деп аталатын берілген пішінді (синусоидалы) сигналды үшбұрышты пішінді (тасымалдаушы) жоғары жиілікті сигналмен салыстыру мақсатында орындалады. Анықтамалық сигнал модуляцияланады және түрлендіргіштің шығыс кернеуінің түрін орнатады. Бұл әдіске модуляциялаушы сигналдар синусоидтан басқа арнайы функциялармен ұсынылған модификациялар бар, бұл кейбір жоғары гармоникаларды басуға көмектеседі. ЕИМ негізіндегі басқару оның амплитудасы мен фазасын басқару мүмкіндігімен қажетті жиіліктегі кернеудің (токтың) іргелі гармониясын жасауға мүмкіндік береді [7].

2.7 Амплитудалық импульстік модуляциясы бар транзисторлық инверторлық сұлбаларды әзірлеу

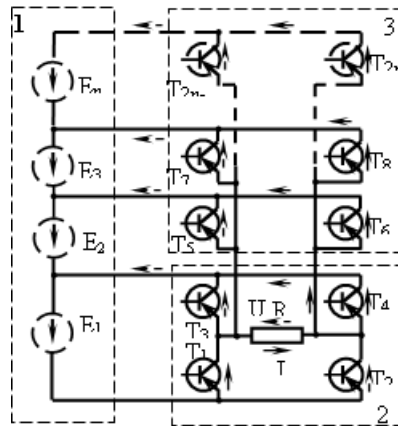
Дәстүрлі емес энергия көздерін енгізу, электр энергиясына сұраныстың артуына байланысты, Күн энергиясын электр энергиясына айналдырудың жоғары тиімді әдістерінің болуымен, тұтынушылардың электр энергиясына күннен күнге сұраныс артуда. Күн энергиясын тұрақты жиіліктегі және кернеудегі айнymалы ток электр энергиясына айналдыру мәселесі өзекті мәселе болып табылады, өйткені электр энергиясының негізгі тұтынушылары айнymалы ток тұтынушылары болып табылады.

Күн энергиясын өнеркәсіптік жиіліктегі және кернеулі электр энергиясына түрлендірудің жоғары тиімді және энергияны үнемдейтін жүйелерін құру проблемалары бар, олардың техникалық-экономикалық көрсеткіштері жоғары, сонымен қатар өндіріске материалдық және қаржылық шығындар аз кетеді.

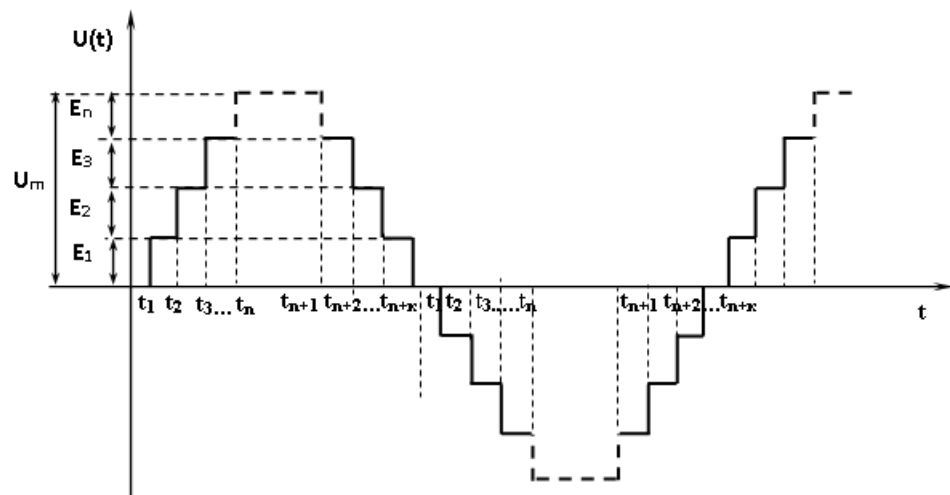
Күн модульдері 0,5-тен 17 В-қа дейінгі кернеуді шығаратын элементтерден жиналатыны белгілі, сондықтан күн модульдерін қажетті кернеулер мен қуаттарға байланысты тізбектей параллель қосылу арқылы күн элементтерінің кез-келген санынан жинауға болады.

Көп сатылы түрлендіргіш тізбектелген тұрақты кернеу көздерінен (күн энергиясын түрлендіру арқылы алынған) және транзисторлық инвертордан тұрады және R_H жалпы жүктемесі көп сатылы инвертордың шығысына қосылған. Бұл көп сатылы транзисторлық түрлендіргіш кернеу инверторы режимінде жұмыс істейді. Жүктемеде барлық кернеу көздерінің сатылы қосындысы жүреді және көп сатылы кернеу қисығы пайда болады.

Көп сатылы түрлендіргіш тізбектелген тұрақты кернеу көздерінен (күн энергиясын түрлендіру арқылы алынған), транзисторлық инвертордан тұрады және R_H жалпы жүктемесі көп сатылы инвертордың шығысына қосылған. Бұл көп сатылы транзисторлық түрлендіргіш кернеу инверторы режимінде жұмыс істейді. Жүктемеде барлық кернеу көздерінің кадамдық қосындысы жүреді және көп сатылы кернеу қисығы пайда болады.



2.6 Сурет – Тұрақты кернеу көздерін тізбектей қосу кезіндегі көп сатылы түрлендіргіш



Сурет 2.7 – Жүктеменің белгілі бір уақыт нүктелерінде сатылы кернеудің қалыптасуы

Көп сатылы транзисторлық түрлендіргіштің шығысындағы кернеу транзисторлардағы кернеудің төмендеуін есепке алмағанда, жүктемедегі кернеуге тең болады.

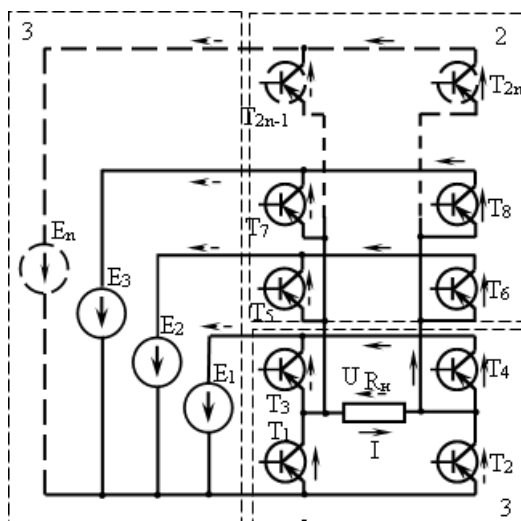
$$E_n = E_1 + E_2 + E_3 + \dots E_n = \sum_{j=1}^n E_j . \quad (2.2)$$

Шығыс кернеуінің графигінен және соңғы өрнектен көрініп тұрғандай, жүктемеде барлық кернеу көздерінің сатылы қосындысы орын алады, ал кернеу қисығының пішіні іс жүзінде синусоидтан ерекшеленбейді. Бұл көп сатылы

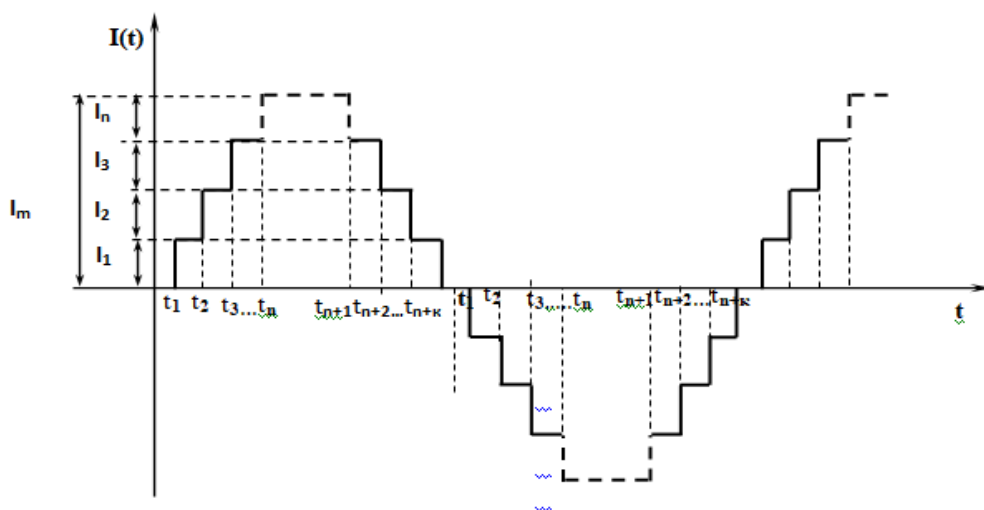
транзисторлы түрлендіргіш кернеу түрлендіргіші ретінде жұмыс істейтінін білдіреді.

n көздерін параллель қосқан кезде жүктемедегі токтар қосылады және инвертор ток режимінде жұмыс істейді. Ток режимінде жұмыс істеуге мүмкіндік беретін көп сатылы инвертордың сұлбасы 2.8-суретте көрсетілген. Тұрақты ток кернеуінің n көзі параллель қосылғанда көп сатылы транзисторлы инвертордың жұмыс принципі 2.8-суреттегідей болады. Мұнда, жүктемедегі токтар қосылып, инвертор ток режимінде жұмыс істейді. Тиісінше, жүктемедегі ток тең болады.

$$I_H = I_1 + I_2 + I_3 + \dots I_n = \sum_1^n I_j . \quad (2.3)$$



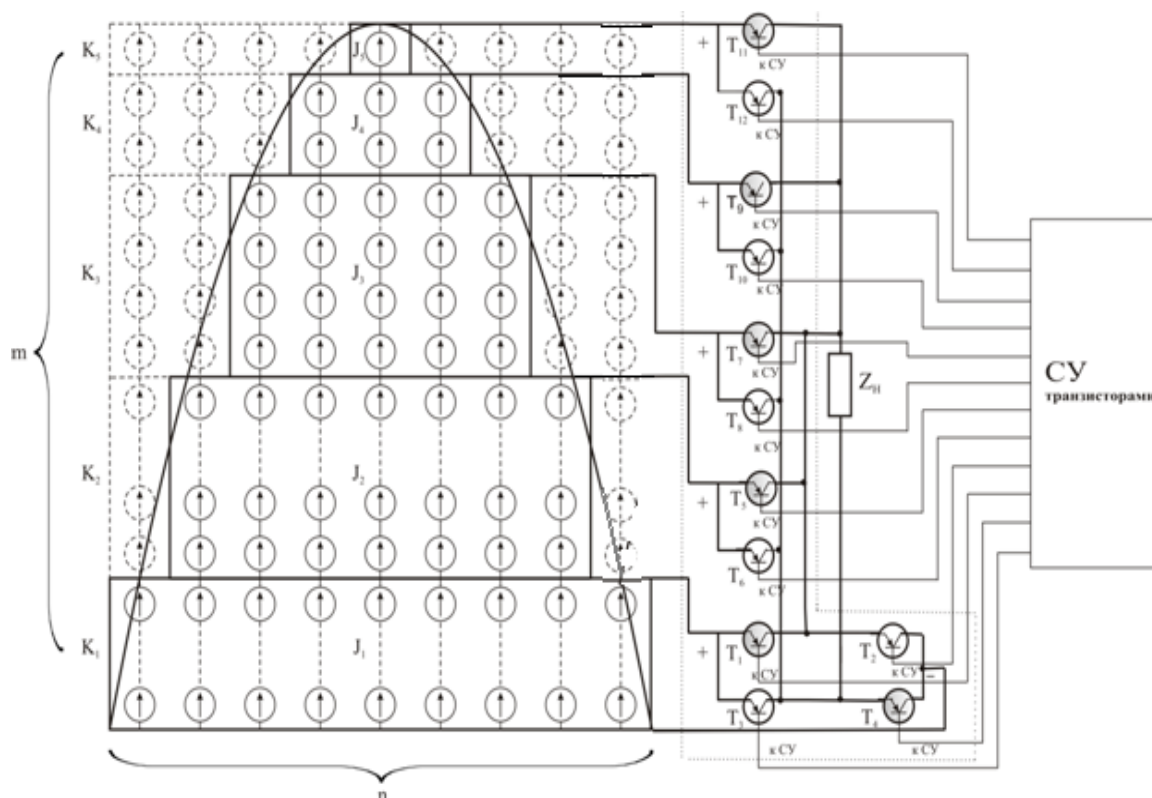
2.8 Сурет-Тұрақты кернеу көздерін тізбектей қосу арқылы көпсатылы түрлендіргіш



2.9 Сурет-Белгілі бір уақытта жүктемеде сатылы токтың қалыптасуы

Күн батареяларының көп сатылы тізбектей және параллельді қосылу диаграммалары негізінде күн энергиясын өнеркәсіптік жиіліктегі айнымалы ток қуатына көп сатылы түрлендіргіш әзірленді. Күн батареялары сатылы, қатар-параллель қосылады және әрбір кезең көп сатылы инверторға қосылып, нәтижесінде қуат сапасы жақсарады.

Инвертор, өз кезегінде, өнеркәсіптік жиіліктің айнымалы кернеуін тудырады. Бұл транзисторлардың көмегімен қуат көзіне қадамдармен қосылған белгілі бір топтардың жүктемеге кезекпен қосылуы арқылы шешіледі. Транзисторларды қосу және өшіру тізбегі кернеу жоғары гармоникасыз дерлік синусоидальды кернеу пішініне ие болатындай етіп жүзеге асырылады.



2.10 Сурет– Күн энергиясын түрлендіруге арналған көп сатылы бір фазалы инвертор

(mxn) - күн элементтерінің жалпы саны:

мұнда $m=k_1+k_2+k_3+k_4+k_5$; k_1, k_2, k_3, k_4, k_5 күн элементтері бір-бірімен тізбектей байланысқан және топқа біріктірілген m ; $n= J_1+J_2+J_3+J_4+J_5$;

мұнда J_1, J_2, J_3, J_4, J_5 - бір-бірімен параллель байланысқан және n тобына күн элементтері біріктірілген;

T_1-T_{12} - күн элементтерінің белгілі бір тобын сатылы қосатын транзисторлар;

БЖ - басқару жүйесі;

Z_n – жалпы жүктеме;

Кернеу деңгейі бойынша тең емес бес сатыға бөлінген $n \times m$ күн элементтері бар жүйе ұсынылған. Олар $m = k_1 + k_2 + k_3 + k_4 + k_5$ қатарынан қосылған күн элементтерінен және параллель қосылған бес топтан $N = j_1 + j_2 + j_3 + j_4 + j_5$ күн элементтері тұрады. Кернеу қисығының синусоидальды формасы кернеудің ең жоғары гармоникасы іс жүзінде жоқ кернеудің бес оңтайлы сатысынан қалыптасады. Қалыптастыру келесідей: транзисторлардың белгілі бір саны күн элементтерінің әр тобына қосылады. Бірінші кезеңде T_1 және T_4, T_3 және T_2 транзисторлары $K_1 j_1$ күн элементтеріне қосылған. Оң синусоидальды жартылай кернеудің бірінші кезеңі келесідей қалыптасады: T_1 және T_4 транзисторлары ашылады және $K_1 x_{j_1}$ сатысының күн элементтерінің токтары T_1 , Z_n жүктемесі және T_4 транзисторы арқылы өтеді.

Сол сияқты синусоидальды кернеудің теріс жарты циклінің бірінші сатысы қалыптасады; белгілі бір уақыттан кейін T_3 және T_2 транзисторларын ашу арқылы. Синусоидальдық кернеу қисығының екінші сатысының қалыптасуын T_5 және T_6 транзисторларына қосылған күн батареялары $k_2 x_{j_2}$ жүзеге асырады, T_5 оң жарты циклді, ал T_6 теріс жарты циклді құрайды. Оң периодтың екінші сатысы қалыптасқан кезде T_5 транзисторы ашылады, ток жүктеме арқылы және T_4 транзисторы арқылы өтеді, ал теріс жарты цикл сәйкесінше T_6 және T_2 транзисторлары арқылы қалыптасады. Сондай-ақ, синусоидальды кернеу қисығының үшінші сатысын қалыптастыру үшін $k_3 x_{j_3}$ топтарының күн батареялары қолданылады, оларға T_7 және T_8 транзисторлары қосылады. Олар сәйкесінше оң және теріс жарты циклдердің қалыптасуын қамтамасыз етеді. Сондай-ақ T_7 транзисторы ашылады, ток ол арқылы T_4 транзисторына өтеді, бұл кезде токтың оң жарты циклі, ал T_8 және T_2 транзисторлары ашылғанда үшінші кезеңнің теріс жарты циклі қалыптасады. Төртінші және бесінші сатылардың синусоидальды кернеу қисығын құру үшін T_9 және T_{10} транзисторлары $k_4 x_{j_4}$ күн батареяларына, сәйкесінше T_{11} және T_{12} транзисторлары $k_5 x_{j_5}$ күн элементтерінің тобына қосылады. Оң жарты- төртінші сатылы циклдары T_9 және T_4 транзисторлары қосылады, ал теріс жарты циклдар үшін T_{10} және T_2 транзисторлары уақыт аралығынан кейін қосылады. Сондай-ақ бесінші кезеңнің оң жарты циклдерін қалыптастыру үшін T_{11} және T_4 транзисторлары қосылады, ал T_{12} және T_2 транзисторлары арқылы теріс жарты циклдар жасалады. Ток бірінші, екінші және үшінші сатыдағыдай синусоидальды кернеудің толқын пішіні пайда болатындай жолмен өтеді. T_1 - T_{12} транзисторларының барлық негіздері басқару жүйесіне қосылған, оның көмегімен фазалық ығысулар сатылы қалыптасады. Тұрақты кернеуді айнымалы ток кернеуіне сатылы түрлендіру бойынша өте ұқсас синусоидальды кернеу қисығын береді [10].

Бұл қуатты түрлендіру жүйесі қымбат күн батареяларын үнемдеуге мүмкіндік береді, өйткені мұндай жүйеде барлық $n \times m$ күн батареялары пайдаланылмайды, ал пайдаланылмаған күн батареялары бүкіл жүйенің құнының төмендеуіне әкеледі, сонымен қатар сүзгіні жүйеден алып тастау арқылы қуат жүйе салмағын арттырады және азайтады.

2.8 Транзисторлық инвертордың жұмысын басқару алгоритмі

Күн энергиясын қуат жиілігінің айнымалы кернеуіне түрлендіру бірқатар проблемаларды тудырады:

- өндірістік жиіліктің айнымалы кернеуінің күн түрлендіргішінің өлшемдерінің массасының азаюы;
- Күн түрлендіргішінің шығысындағы қисық синусоидалы кернеу қисығының қалыптасуы;
- Күн элементтерін тиімді пайдалану.

Салмағы мен өлшемдерін азайту және күн түрлендіргішінің синусоидалы кернеу қисығын қалыптастыру үшін көп сатылы бір фазалы күн түрлендіргішінің жүйесі ұсынылады.

Түрлендіргіштің шығысындағы ең көп синусоидалы кернеу қисығын алу үшін инвертордың элементтік негізін дұрыс таңдап, оның дұрыс жұмысын ұйымдастыру қажет. Жартылай өткізгішті түрлендіргіштердің параметрлерін дамыту және жетілдіру транзисторларды күн түрлендіргіштерден алынған тұрақты токты түрлендіруге қолдануға мүмкіндік береді. Күн энергиясын айнымалы токтың электр энергиясына түрлендіруге арналған инвертор тізбегі 2.4 –формулада көрсетілген [9].

Бір фазалы бес сатылы күн түрлендіргішінің шығысында синусоидальды кернеу қисығын алу керек, бұл үшін инвертордың тиімді жұмысын ұйымдастыру қажет. Ол үшін транзисторлардың жұмысын басқарудың дұрыс алгоритмін жасау керек.

Ол үшін S_i логикалық айнымалысын енгізеді

$$S_i = \begin{cases} 0, & \text{егер } i - \text{ші транзистор ашық,} \\ 1, & \text{егер } i - \text{ші транзистор түйық} \end{cases} \quad (2.4)$$

Содан кейін кез-келген уақытта теңдік орындалуы керек

$$S_1 S_2=0, S_2 S_4=0, S_1 S_5=0, S_5 S_6=0, S_7 S_8=0, S_9 S_{10}=0, S_{11} S_{12}=0. \quad (2.5)$$

Жүктемеде кернеуді алу үшін диагональ бойынша орналасқан транзисторларды 1 және 4, немесе 2 және 3, 5 және 4, немесе 6 және 2, 7 және 4, немесе 8 және 2 сәйкесінше жабу қажет:

$$U_H = \begin{cases} E, & \text{егер } S_1 S_4 = 1, S_5 S_4 = 1, S_7 S_4 = 1, S_9 S_4 = 1, S_{11} S_4 = 1 \\ -E, & \text{егер } S_2 S_3 = 1, S_6 S_2 = 1, S_8 S_2 = 1, S_{10} S_2 = 1, S_{12} S_2 = 1 \end{cases} \quad (2.6)$$

Жүктеменің айнымалы кернеуі болуы үшін әр сәтте транзисторлардың диагональдық жұптарының бірі жабылуы керек:

$$\begin{aligned}
S_1 \cdot S_4 V \cdot S_2 \cdot S_3 &= 1, \\
S_5 \cdot S_4 V \cdot S_6 \cdot S_2 &= 1, \\
S_7 S_4 V \cdot S_{10} S_2 &= 1, \\
S_9 S_4 V \cdot S_{10} S_2 &= 1, \\
S_{11} S_4 V S_{12} S_2 &= 1.
\end{aligned} \tag{2.7}$$

Шығыс кернеуінің гармоникалық құрамын реттеу және жақсарту үшін сатылар санын көбейту қажет. Инвертор тек белсенді жүктемеде ғана емес, сонымен қатар индуктивті жүктемеде де жұмыс істеуі үшін өзгерткен кезде кернеу көзінен жүктеменің толық үзілуін болдырмау керек. Бұл шартты орындау үшін әрбір сатыда теңдіктердің бірін орындау арқылы нөлдік деңгей құрылуы қажет:

$$\begin{aligned}
S_1 \cdot S_2 &= 1 \text{ немесе } S_3 \cdot S_4 \\
S_5 &= 1 \text{ немесе } S_6 = 1, \\
S_7 &\text{ немесе } S_8 = 1, \\
S_9 &\text{ немесе } S_{10} = 1, \\
S_{11} &\text{ немесе } S_{12} = 1.
\end{aligned} \tag{2.8}$$

Енді инвертордың жұмысының сипаттамасын кеңейтуге болады

$$U_H = \begin{cases} E, & \text{егер } S_1 S_4 = 1, S_5 S_4 = 1, S_7 S_4 = 1, S_9 S_4 = 1, S_{11} S_4 = 1 \\ 0, & \text{егер } S_1 S_3 \vee S_2 S_4 = 1, S_5 \vee S_6 = 1, S_7 \vee S_8 = 1, S_9 \vee S_{10} = 1, S_{11} \vee S_{12} = 1 \\ -E, & \text{егер } S_2 S_3 = 1, S_6 S_2 = 1, S_8 S_2 = 1, S_{10} S_2 = 1, S_{12} S_2 = 1 \end{cases} \tag{2.9}$$

Әзірленген алгоритмге сәйкес әр кезеңде бір фазалы көп сатылы инвертордың транзисторларының жұмысын оңтайлы басқаруға болады.

2.9 Бір фазалы күн түрлендіргішіне күн батареяларын оңтайландыру

Күн энергиясын аз материалдық және қаржылық шығындармен өнеркәсіптік жиілік кернеулерінің электр энергиясына айналдыру өзекті мәселе болып табылады. Бұл оны үнемдеу үшін күн батареяларын оңтайлы пайдалану арқылы мүмкін [1, 2].

Бұл түрлендіру жүйесін жетілдіру мақсатында күн энергиясын өнеркәсіптік жиіліктегі электр энергиясына айналдыру сұлбасы жасалды. Мұны істеу үшін инвертордың кірісіне көп сатылы кернеуді беру керек, содан кейін шығысындағы кернеу кезеңдерінің санына байланысты кернеу қисығының синусоидальды формасы алынады. Инвертордың кірісіне кернеудің көп сатылы формасын қалыптастыру N , тізбектелген күн батареяларын әртүрлі кернеу деңгейімен төрт сатыға бөлу арқылы жүзеге асырылады және M қосылысқа параллель, әр түрлі коммутация уақыты бар. Кернеудің әр сатысы инверторға беріледі, ал инверторөз кезегінде, параллель және тізбектелген күн элементтерінің белгілі бір топтарын кезекпен қосады, синусоидалы пішінге жақын кернеуді қалыптастырады. Осылайша, өндірістік жиіліктің ауыспалы кернеуі инверторда қалыптасады. Күн элементтерінің сатылы орналасуымен белгілі бір мөлшерде КЭ пайдаланылмайды. Сондықтан пайдаланылмаған күн элементтерінің санын бағалау керек.

Егер сұлбаның әр КЭ белгілі бір матрицаның элементі ретінде қарастырылса, онда барлық мүмкін болатын белсенді және пассивті күн элементтерін есептеуге болады. Бір-біріне параллель және параллель қосылған күн элементтерінің жалпы санын келесі матрицадан анықтауға болады.

$$A_{жалпы} = \begin{bmatrix} a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & a_{nm} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{2m} \\ a_{11} & a_{12} & a_{13} \dots & a_{1m} \end{bmatrix} \quad (2.10)$$

Егер жалпы матрица сатыға ыдырайтын болса және пайдаланылмаған күн батареялары алынып тасталса, активті элементтердің матрицасын анықтауға болады. Бұл жағдайда матрицалардың саны инвертордың шығысындағы кернеуді құрайтын инвертор кірісіндегі кернеу сатысының санына байланысты болады. Инвертордың кірісіндегі төрт сатылы кернеу кезінде матрицаның ыдырауы келесі формада болады:

$$A_1 = \begin{bmatrix} a_{kn,1} & a_{kn,2} & & a_{kn,m} \\ & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{k_1,1} & a_{k_1,2} & \dots & a_{k_1m} \end{bmatrix},$$

$$A_2 = \begin{bmatrix} a_{k_n, (k_1+1)} & a_{k_n, (k_1+2)} & \cdots & a_{k_n, (m-1)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{k_2, (k_1+1)} & a_{k_2, (k_1+2)} & \cdots & a_{k_2, (m-1)} \\ a_{k_1, (k_1+1)} & a_{k_1, (k_1+2)} & \cdots & a_{k_1, (m-1)} \end{bmatrix} \quad (2.11)$$

$$A_3 = \begin{bmatrix} a_{k_n, (k_1+3)} & a_{k_n, (k_1+4)} & \cdots & a_{k_n, (m-3)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{k_2, (k_1+3)} & a_{k_2, (k_1+4)} & \cdots & a_{k_2, (m-3)} \\ a_{k_1, (k_1+3)} & a_{k_1, (k_1+4)} & \cdots & a_{k_1, (m-3)} \end{bmatrix},$$

$$A_4 = \begin{bmatrix} a_{k_n, (k_1+4)} & a_{k_n, (k_1+5)} & \cdots & a_{k_n, (m-4)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{k_2, (k_1+4)} & a_{k_2, (k_1+5)} & \cdots & a_{k_2, (m-4)} \\ a_{k_1, (k_1+4)} & a_{k_1, (k_1+5)} & \cdots & a_{k_1, (m-4)} \end{bmatrix}$$

Сонымен бірге, ыдыраған матрицалардың саны тізбектей қосылған күн элементтерінің сатыларының санына байланысты болатынын атап өткен жөн, матрицалар қатары сатыдағы генерацияланған кернеу деңгейіне байланысты біркелкі немесе біркелкі емес болуы мүмкін.

Сатыға бөлінген барлық матрицаларды қоссақ, белсенді элементтердің қосындысын алуға болады.

$$A_{ак} = A_1 + A_2 + \dots + A_n \quad (2.12)$$

Пассивті күн батареяларының санын есептеу үшін күн батареяларының жалпы санынан ұяшықтардың белсенді санын алып тастау керек.

$$A_{пас} = A_{жалпы} - A_{ак} \quad (2.13)$$

Активті және пассивті элементтердің пайыздық қатынасын ескере отырып, әзірленген түрлендіру сұлбаның тиімділігін және күн батареяларын үнемдеуді есептеуге болады.

$$\bar{A}_{пас} = \frac{A_{пас}}{A_{жалпы}} = \left(1 + \frac{A_{ак}}{A_{жалпы}}\right) \times 100\% \quad (2.14)$$

3 ЕСЕПТЕУ БӨЛІМІ

3.1 Күн батареяларын есептеудің матрицалық әдістері

Кіріс кернеуі $U_{\text{кіріс}} = 110 \text{ В}$ және шығыс кернеуі бар $P_{\text{ТР}} = 7500 \text{ Вт}$ қуаттылықты арттыру трансформаторын таңдау $U_{\text{шығыс}} = 220 \text{ В}$.

$P_{\text{КП}} = 100 \text{ Вт}$ қуаты бар күн панелін таңдап, номиналды кернеуі $U_{\text{КП}} = 18 \text{ В}$ және ток $I_{\text{КП}} = 5,5 \text{ А}$.

Кіріс кернеуінің

максималды мәні $U_{\text{max}} = 110 \times 1,42 = 156 \text{ В}$

m тізбектей қосылған күн панельдерінің саны тең болады:

$$m = U_{\text{max}} / U_{\text{КП}} = 156 / 18 = 8,66 = 9 \text{ дана}$$

Онда кіріс кернеуінің көрсетілген максималды мәні $I = P / U_{\text{max}} = 7500 / 162 = 46,3 \text{ А}$ тең болады.

Параллель қосылған күн панельдерінің саны n , тең болады

$$n = I / I_{\text{КП}} = 46,3 / 5,5 = 8,4 = 8 \text{ дана}$$

Осылайша, күн электр станциясының қуаты

$$P_{\text{КЭ}} = m \times U_{\text{КП}} \times n \times I_{\text{КП}} = 9 \times 18 \times 8 \times 5,5 = 7128 \text{ Вт}$$

тең болады.

Содан кейін дәстүрлі түрлендіру сұлбадағы 9 тізбектей және 8 параллель қосылған КЭ үшін жалпы матрица келесідей анықталады:

$$A_{\text{жалпы}} = \begin{bmatrix} a_{91} & a_{92} & \cdots & a_{99} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{31} & a_{32} & \cdots & a_{38} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{28} \\ a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{18} \end{bmatrix} = \sum a_{ij} = 72 \quad (3.1)$$

Ұсынылған түрлендіру сұлбаларына қатысатын КЭ бірінші және тоғызыншы сатыларының матрицалары келесі түрге ие болады:

$$\begin{aligned}
A_1 &= [a_{91} \ a_{92} \ ...a_{99}] = \sum a_{ij} = 9 \\
A_2 &= [a_{81} \ a_{82} \ ...a_{88}] = \sum a_{ij} = 8 \\
A_3 &= [a_{71} \ a_{72} \ ...a_{72}] = \sum a_{ij} = 7 \\
A_4 &= [a_{61} \ a_{62} \ ...a_{63}] = \sum a_{ij} = 6 \\
A_5 &= [a_{51} \ a_{52} \ ...a_{53}] = \sum a_{ij} = 5 \\
A_6 &= [a_{41} \ a_{42} \ ...a_{43}] = \sum a_{ij} = 4 \\
A_7 &= [a_{31} \ a_{32} \ ...a_{33}] = \sum a_{ij} = 3 \\
A_8 &= [a_{21} \ a_{22} \] = \sum a_{ij} = 2 \\
A_9 &= [a_{11} \] = \sum a_{ij} = 1
\end{aligned} \tag{3.2}$$

Егер жоғарыда аталған матрицалар сатылы түрде қосылса, онда энергияны өндіретін активті күн элементтерінің жалпы санын таба алады.

$$A_{ак} = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7 + A_8 + A_9 = 9 + 8 + 7 + 6 + 5 + 4 + 3 + 2 + 1 = 45 \tag{3.3}$$

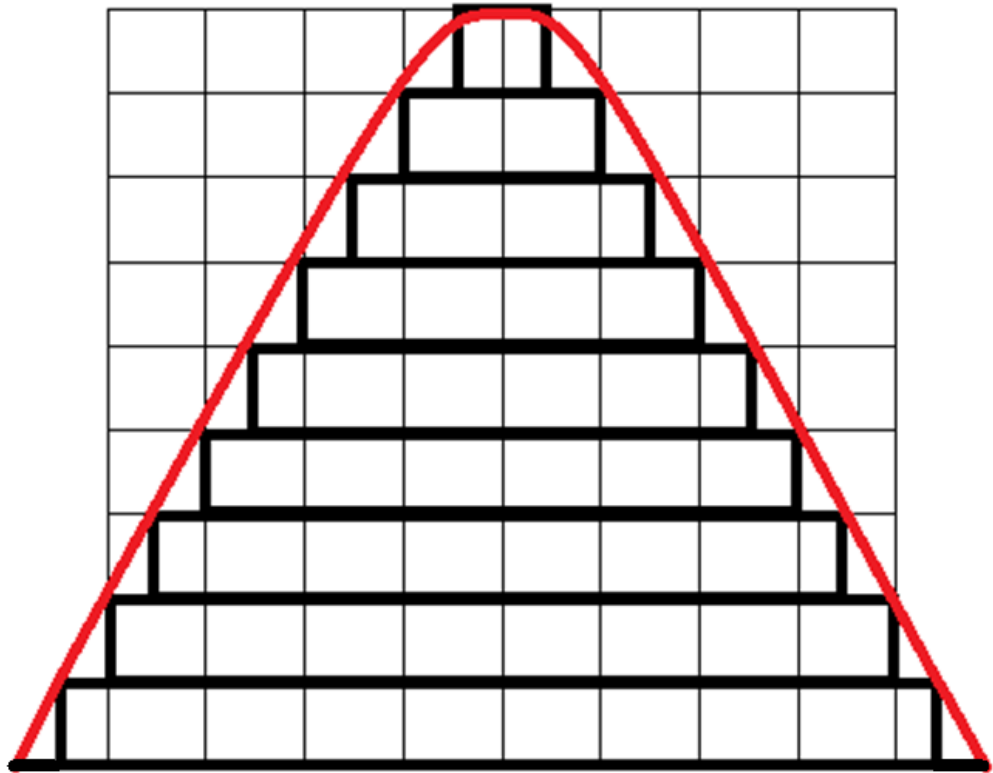
Енді активті КЭ матрицасын алып, жалпы матрицадан энергия шығаратын пассивті элементтердің санын анықтауға болады:

$$A_{пас} = A_{жалпы} - A_{ак} = 72 - 45 = 27 \tag{3.4}$$

Бұл ұсынылған түрлендіру сұлбасында пассивті КЭалып тастауға және сол арқылы КЭ-ның белгілі бір мөлшерін сақтауға болатынын білдіреді. Күн энергиясын үне деуді пайызбен келесідей анықтауға болады:

$$\overline{A}_{пас} = \frac{A_{пас}}{A_{жалпы}} = \frac{27}{72} \times 100\% = 37,5\% \tag{3.5}$$

Осылайша, күн энергиясын өнеркәсіптік жиіліктің айнымалы ток қуатына түрлендіру үшін күн батареяларын қосудың ұсынылған сұлбақымбат күн батареяларының белгілі бір мөлшерін үнемдеуге мүмкіндік береді, бұл айтарлықтай шығын.



3.1 Сурет– Тоғыз сатылы инвертордың тиім

Көп сатылы шығыс кернеуінің гармоникалық талдауы көрсеткендей, 3-ден p -ға дейін кернеудің синусоиды жақындаған қисықта тек $n = 0.25(p+1)$ "саты" болуы керек. Бұл жағдайда M_m -ның ерікті түрде таңдалған m -ші "сатының" амплитудасы және оның айнымалы кернеудің нөлдік мәнен өткен сәтінен бастап есептелген Q_m фазалық бұрышы шарттардан таңдалуы керек:

$$\mu_m = A_1 \left[\sin\left(\frac{\pi m}{2n+1}\right) \right] \left[\frac{\pi}{2(2n+1)} \operatorname{cosec} \frac{\pi}{2(2n+1)} \right] \quad (3.6)$$

$$Q_m = \frac{\pi}{2} \frac{2m+1}{2n+1} \quad (3.7)$$

мұндағы A_1 -инвертордың Шығыс кернеуінің негізгі гармоникасының амплитудасы;

m –"сатылардың" реттік нөмірі ($m = 1, 2, 3, \dots, n$).

Тоғыз саты үшін:

$$\mu_1 = \sqrt{2} * 220 \left[\sin\left(\frac{180*1}{2*9+1}\right) \right] * \left[\frac{3,14}{2(2*9+1)} \frac{1}{\sin \frac{180}{2(2*9+1)}} \right] = 51,2;$$

$$\mu_2 = \sqrt{2} * 220 \left[\sin\left(\frac{180*2}{2*9+1}\right) \right] * \left[\frac{3,14}{2(2*9+1)} \frac{1}{\sin \frac{180}{2(2*9+1)}} \right] = 101,1;$$

$$\mu_3 = \sqrt{2} * 220 [\sin(\frac{180*3}{2*9+1})] * [\frac{3,14}{2(2*9+1)} \frac{1}{\sin} \frac{180}{2(2*9+1)}] = 148,2;$$

$$\mu_4 = \sqrt{2} * 220 [\sin(\frac{180*4}{2*9+1})] * [\frac{3,14}{2(2*9+1)} \frac{1}{\sin} \frac{180}{2(2*9+1)}] = 191,2;$$

$$\mu_5 = \sqrt{2} * 220 [\sin(\frac{180*5}{2*9+1})] * [\frac{3,14}{2(2*9+1)} \frac{1}{\sin} \frac{180}{2(2*9+1)}] = 229,0;$$

$$\mu_6 = \sqrt{2} * 220 [\sin(\frac{180*6}{2*9+1})] * [\frac{3,14}{2(2*9+1)} \frac{1}{\sin} \frac{180}{2(2*9+1)}] = 260,6;$$

$$\mu_7 = \sqrt{2} * 220 [\sin(\frac{180*7}{2*9+1})] * [\frac{3,14}{2(2*9+1)} \frac{1}{\sin} \frac{180}{2(2*9+1)}] = 285,1;$$

$$\mu_8 = \sqrt{2} * 220 [\sin(\frac{180*8}{2*9+1})] * [\frac{3,14}{2(2*9+1)} \frac{1}{\sin} \frac{180}{2(2*9+1)}] = 304,2;$$

$$\mu_9 = \sqrt{2} * 220 [\sin(\frac{180*9}{2*9+1})] * [\frac{3,14}{2(2*9+1)} \frac{1}{\sin} \frac{180}{2(2*9+1)}] = 323,6;$$

$$Q_1 = \frac{\pi}{2} \frac{2*1+1}{2*9+1} = \frac{3\pi}{38} = 14,2^0,$$

$$Q_2 = \frac{\pi}{2} \frac{2*2+1}{2*9+1} = \frac{5\pi}{38} = 23,7^0,$$

$$Q_3 = \frac{\pi}{2} \frac{2*3+1}{2*9+1} = \frac{7\pi}{38} = 33,2^0,$$

$$Q_4 = \frac{\pi}{2} \frac{2*4+1}{2*9+1} = \frac{9\pi}{38} = 42,6^0,$$

$$Q_5 = \frac{\pi}{2} \frac{2*5+1}{2*9+1} = \frac{11\pi}{38} = 52,1^0.$$

$$Q_6 = \frac{\pi}{2} \frac{2*6+1}{2*9+1} = \frac{13\pi}{38} = 61,6^0,$$

$$Q_7 = \frac{\pi}{2} \frac{2*7+1}{2*9+1} = \frac{15\pi}{38} = 71,1^0,$$

$$Q_8 = \frac{\pi}{2} \frac{2*8+1}{2*9+1} = \frac{17\pi}{38} = 80,5^0.$$

$$Q_9 = \frac{\pi}{2} \frac{2*9+1}{2*9+1} = \frac{19\pi}{38} = 90^0.$$

1-саты:

МКП-100; $U_{c6} = 18$; $N = 1$; $U_{c6\Sigma} = 18$ В; $\mu_1 = 51,2$ В;

$$E_1 = \mu_1 - U_{c6\Sigma} = 51,2 - 18 = 33,2 \text{ В};$$

2-саты:

МКП-100; $U_{c6} = 18$; $N = 2$; $U_{c6\Sigma} = 36$ В; $\mu_2 = 101,1$ В;

$$E_2 = \mu_2 - U_{c6\Sigma} = 101,1 - 36 = 65,1 \text{ В};$$

3-саты:

МКП-100; $U_{c6} = 18$; $N = 3$; $U_{c6\Sigma} = 54$ В; $\mu_3 = 148,2$ В;

$$E_3 = \mu_3 - U_{c6\Sigma} = 148,2 - 54 = 94,2 \text{ В};$$

4-саты:

МКП-100; $U_{c6} = 18$; $N = 4$; $U_{c6\Sigma} = 72$ В; $\mu_4 = 191,2$ В;

$$E_4 = \mu_4 - U_{c6\Sigma} = 191,2 - 72 = 119,2 \text{ В};$$

5-саты:

МКП-100; $U_{c6} = 18$; $N = 5$; $U_{c6\Sigma} = 90$ В; $\mu_5 = 229$ В;

$$E_5 = \mu_5 - U_{c6\Sigma} = 229 - 90 = 139 \text{ В};$$

6-саты:

МКП-100; $U_{c6} = 18$; $N = 6$; $U_{c6\Sigma} = 108$ В; $\mu_6 = 260,6$ В;

$$E_6 = \mu_6 - U_{c6\Sigma} = 260,6 - 108 = 152,6 \text{ В};$$

7-саты:

МКП-100; $U_{c6} = 18$; $N = 7$; $U_{c6\Sigma} = 126$ В; $\mu_7 = 285,1$ В;

$$E_7 = \mu_7 - U_{c6\Sigma} = 285,1 - 126 = 159,1 \text{ В};$$

8-саты:

МКП-100; $U_{с6} = 18$; $N = 8$; $U_{с6\Sigma} = 144$ В; $\mu_8 = 304,2$ В;

$$E_8 = \mu_8 - U_{с6\Sigma} = 304,2 - 144 = 160,2 \text{ В};$$

9-саты:

МКП-100; $U_{с6} = 18$; $N = 9$; $U_{с6\Sigma} = 162$ В; $\mu_9 = 323,6$ В;

$$E_9 = \mu_9 - U_{с6\Sigma} = 323,6 - 162 = 161,6 \text{ В};$$

Тоғыз сатылы инвертор үшін және әрбір саты үшін жалпы қуат, Вт-қа тең:

$$P_1 = 100 * 1 = 100 ,$$

$$P_2 = 100 * 2 = 200 ,$$

$$P_3 = 100 * 3 = 300 ,$$

$$P_4 = 100 * 4 = 400 ,$$

$$P_5 = 100 * 5 = 500 ,$$

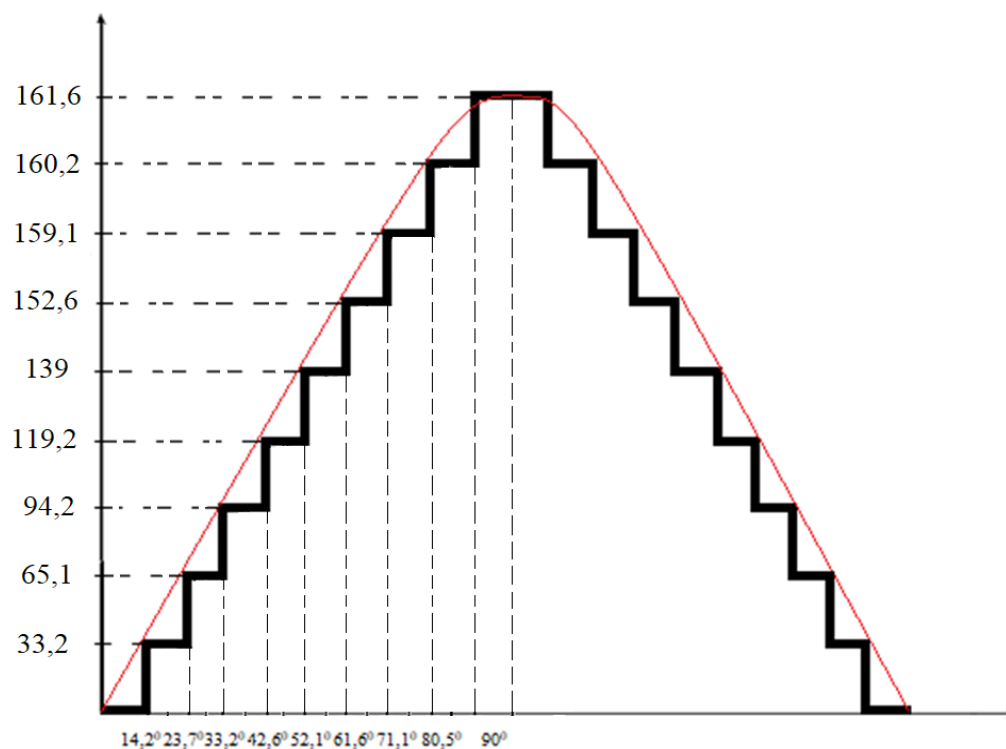
$$P_6 = 100 * 6 = 600 ,$$

$$P_7 = 100 * 7 = 700 ,$$

$$P_8 = 100 * 8 = 800 ,$$

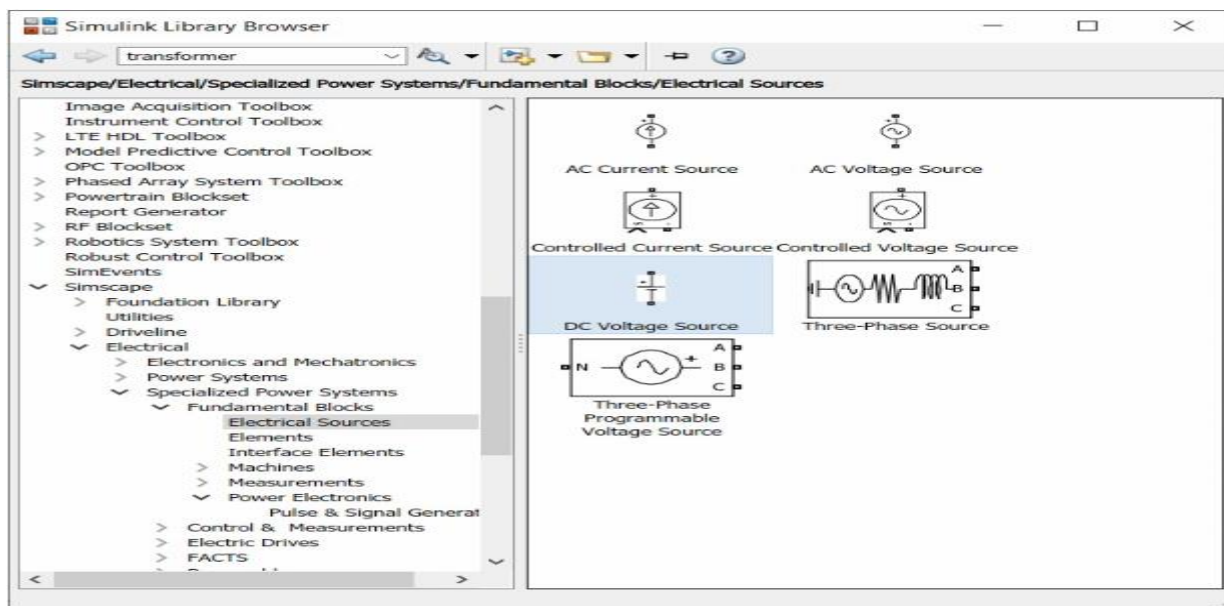
$$P_9 = 100 * 9 = 900 ,$$

$$P = 4500 \text{ Вт.}$$

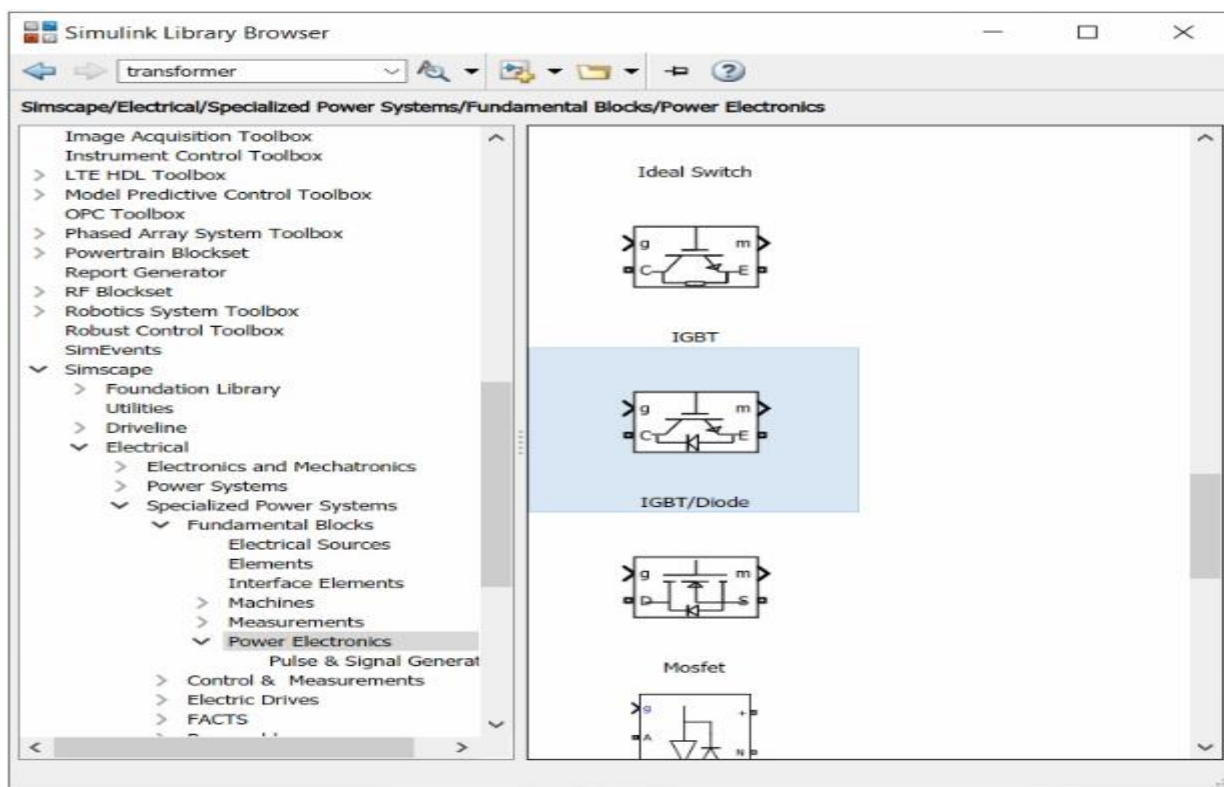


3.2 Сурет -Тоғызсатылыкернеуі бар синусоидалы айнымалы ток кернеуінің жуықтауы

Енді осы есептеуімізді MATLAB / Simulink модельдеу бағдарламасы арқылы салып көретін боламыз.Ең алдымен Simulink Library Browser бөлімінен бізге қажетті күн панельдері мен инверторды таңдап аламыз

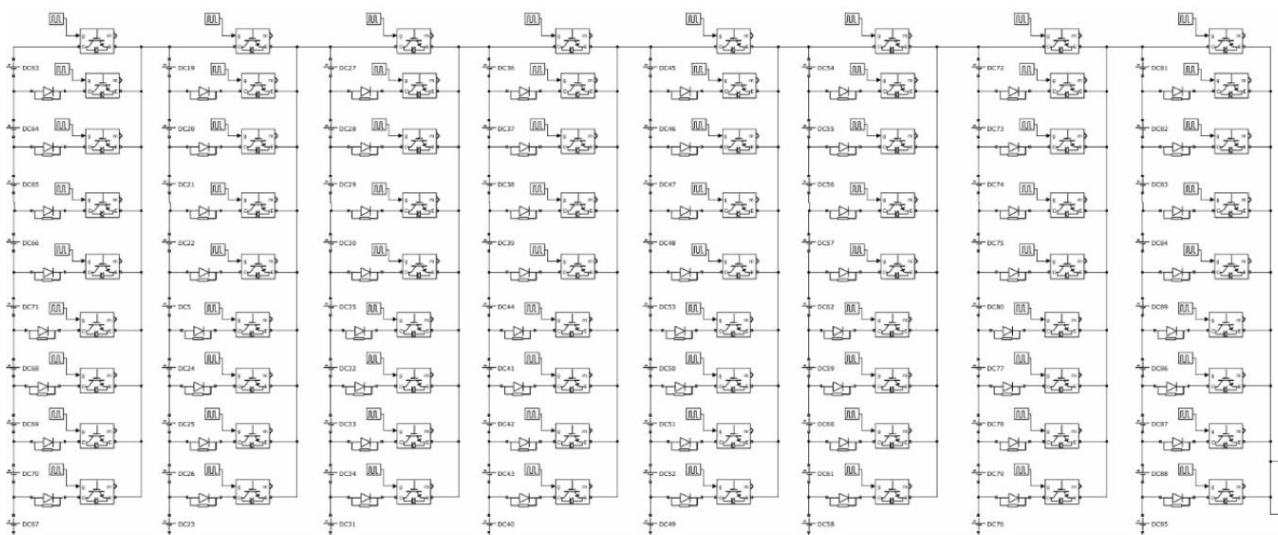


3.3 Сурет- Модельге қажетті күн панелі

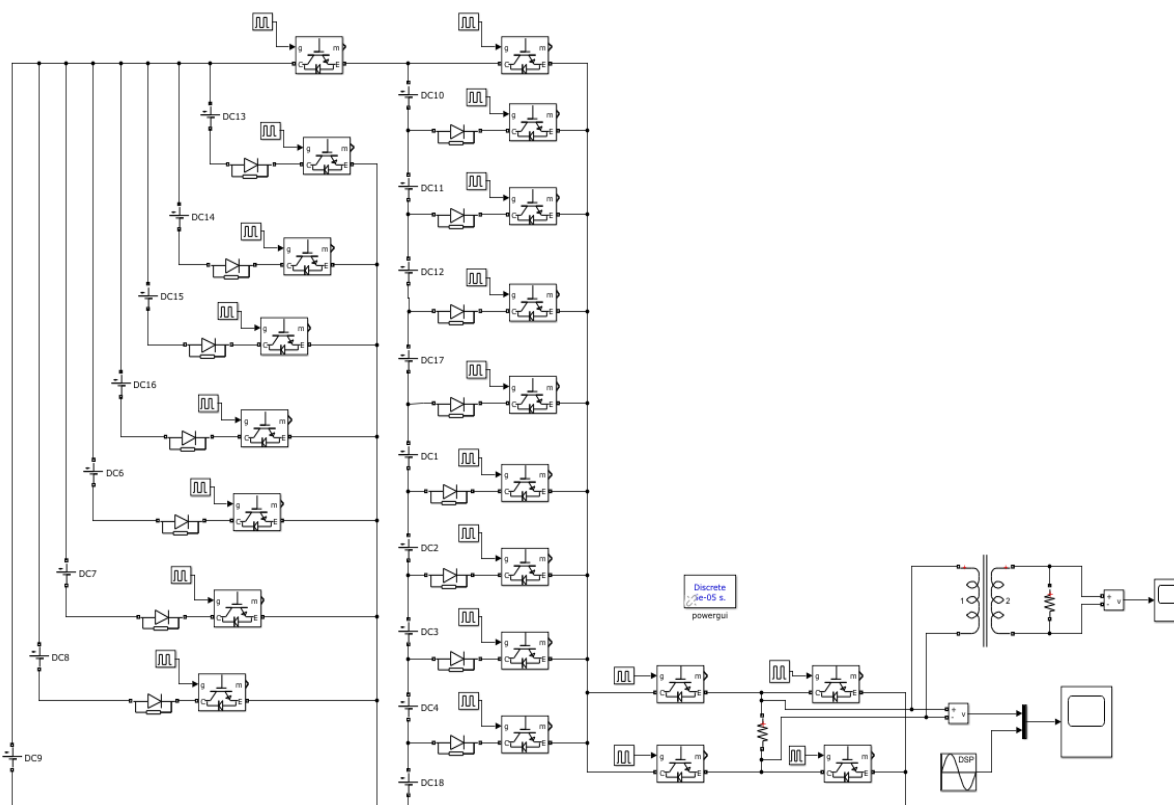


3.4 Сурет– Модельге арналған инвертор

Есептеу барысында шыққан тізбектей 9,параллель 8 қатарда орналасқан панельдеріміздің схемасын саламыз.

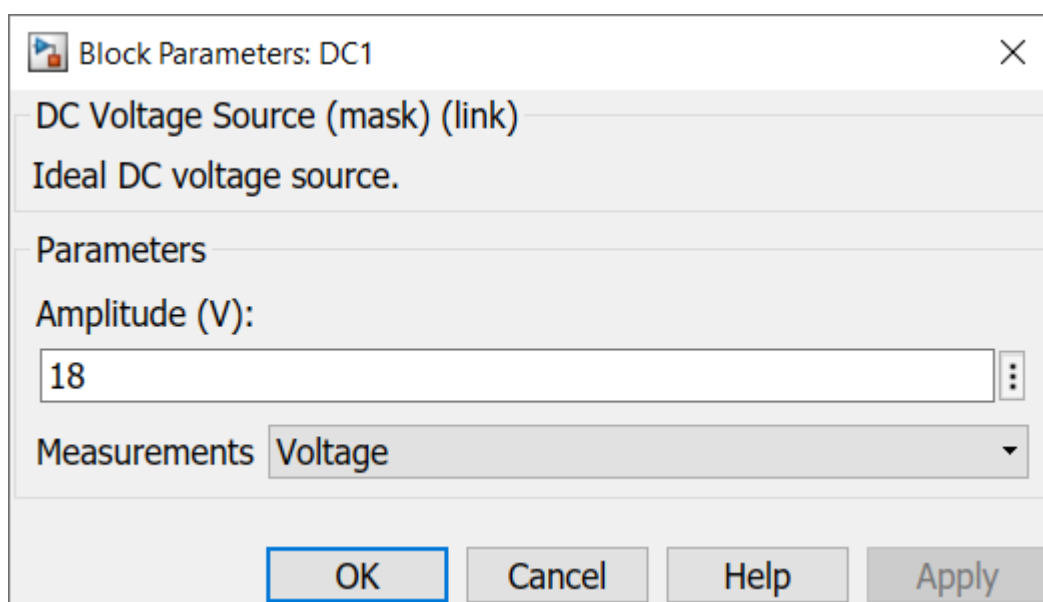


3.5 Сурет – Күн панельдері инвертор жүктеме толық моделі



3.6 Сурет– Күн панельдері инвертор жүктеме қысқартылған моделі

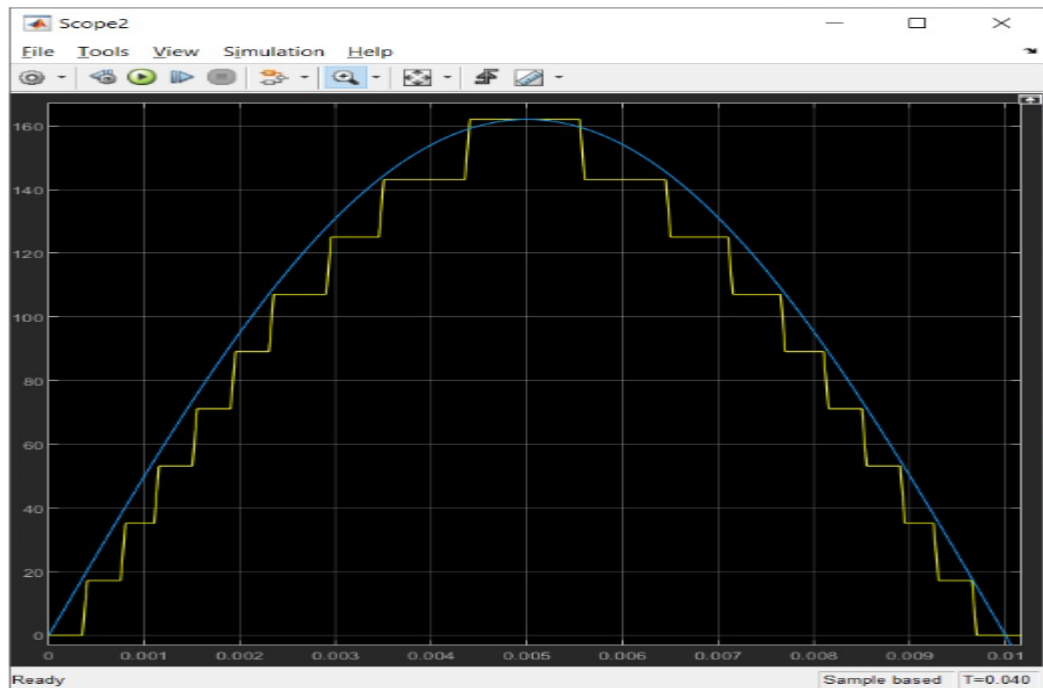
Әрбір күн панельдерін $I=5.5\text{A}$ ток күші және $U=18\text{ В}$ кернеу, қуаты $P=100\text{ Вт}$ шамасында аламыз.



Сурет 3.7 -Күн панельдері кернеуі

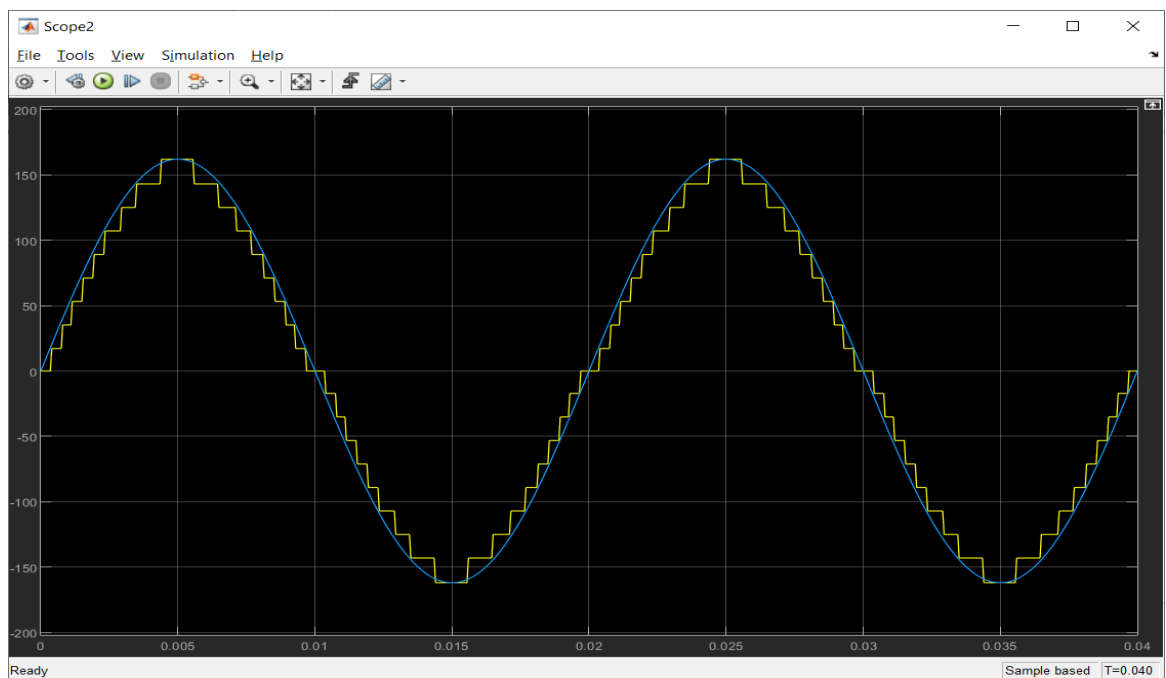
Тізбектей жалғанғанда күн панельдері кернеуі өзгеріп,көбейеді.Яғни

$U=18*9=162\text{В}$. Ал параллель жалғанғанда ток күшінің мәні $I=5.5*8=46.3\text{А}$ -ге тең болады.



3.8 Сурет-Күн панельдері – инвертор шығыс кернеуі

Осылай анықтау керек 7,5 кВт -тық күн электр станциясына арналған инвертор моделі құрылды. $P=U*I=162*46.3=7500\text{Вт}$



3.9 Сурет -Күн панельдері – инвертор шығыс кернеуі

Block Parameters: Linear Transformer

Linear Transformer (mask) (link)
Implements a three windings linear transformer.

Click the Apply or the OK button after a change to the Units popup to confirm the conversion of parameters.

Parameters

Units **pu**

Nominal power and frequency [Pn(VA) fn(Hz)]:
[7500 50]

Winding 1 parameters [V1(Vrms) R1(pu) L1(pu)]:
[110 0.002 0.08]

Winding 2 parameters [V2(Vrms) R2(pu) L2(pu)]:
[220 0.002 0.08]

☐ Three windings transformer

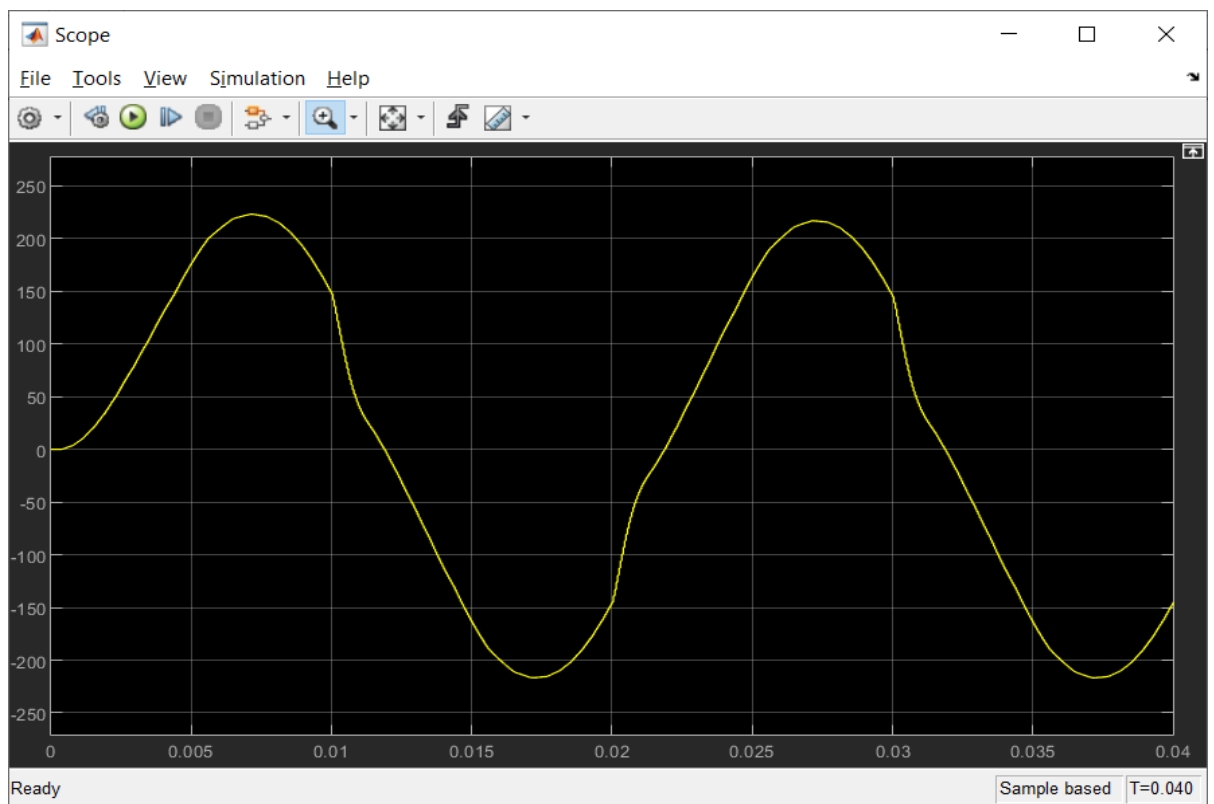
Winding 3 parameters [V3(Vrms) R3(pu) L3(pu)]:
[315e3 0.002 0.08]

Magnetization resistance and inductance [Rm(pu) Lm(pu)]:
[500 500]

Measurements **None**

OK Cancel Help Apply

3.10 Сурет-Трансформатор параметрі



3.11 Сурет-Күшейтпелі трансформатор шығыс кернеуі 110 В тен 220 В ке көтерді

ҚОРЫТЫНДЫ

Күн сәулесі – қоршаған ортаны ластамайтын, сарқылмайтын энергия көзі. Электр энергиясын өндіру үшін күн энергиясын пайдаланатын кез келген технология жан-жақты, бейімделгіш және тиімді болып саналады. Шынында да, күн сәулесін электр энергиясына түрлендіру технологияларын кез келген жерге орнатуға және де Күн панельдерін адамдар күнделікті қолданатын тұрмыстық өмірде кеңінен қолдануға болады.

Қазіргі уақытта адамзаттың ең өзекті мәселесі жалпы әлемнің энергетикалық болашағы мәселесі деп санауға болады.

Бұл мәселенің шешімі көптеген электр станциялары болса, онда көбірек энергия алады. Дегенмен, оларды көбейту үшін біз мұнайдың, газдың, көмірдің шексіз табиғи қорларынан алатын отынды көбірек пайдалану қажет.

Бұл дипломдық жұмыста технологиялық бөлімде күн электр станцияларының түрлерін, артықшылығы мен кемшілігі талқыланды. Сонымен қатар қазіргі таңда күн энергетикасының маңыздылығы және әлем бойынша даму қарқындылығына әдебиеттік шолу жасалды. Жаңғыртылатын энергия көздерін қолдану, фотоэлектрлік жүйелерге шолу, күн панельдерін таңдау және сипаттамаларына анықтамалар берілді. Арнайы бөлімде күн инверторларының жұмыс істеу принципі, күн элементтерінің қызметі, көп деңгейлі түрлендіргіштер бойынша заманауи зерттеулерге шолу және олардың мақсаты, қолданылу саласы, құру принциптері қарастырылды. Сонымен қатар бірфазалы көп деңгейлі түрлендіргіштер, амплитудалық импульстік модуляциясы бар транзисторлық инверторлық сұлбаларды әзірлеу, транзисторлық инвертордың жұмысын басқару алгоритмі, бір фазалы күн батареяларын оңтайландыру жұмыстары жүргізілді. Есептеу бөлімі бойынша бізге берілген тапсырма бойынша алдымен есептеу жұмыстарын жүргізілді, бізге берілген параметрлер: кіріс кернеуі $U_{\text{кіріс}} = 110 \text{ В}$ және шығыс кернеуі бар $P_{\text{тр}} = 7500 \text{ Вт}$ қуаттылықты арттыру трансформаторын таңдау $U_{\text{шығыс}} = 220 \text{ В}$. Осы параметрлерді қолдана отырып, күн батареяларын есептеудің матрицалық әдісі қолданылды. Есептеу барысында энергияны қаншалықты тиімді пайдалануға болатынына көз жеткіздік, сондай – ақ қуаттылығы $7,5 \text{ кВт}$ күн электр станциясына арналған транзисторлық инверторды зерттеу жүргізілді, Matlab бағдарламасында модель құрылды. Модель құрылу арқылы есептеудің шарты орындалды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Исембергенов Н.Т. Электромашинные преобразователи для нетрадиционных источников энергии (солнечной энергетики), //Перспективы развития солнечной энергетики в Казахстане , Алматы, 2004.
2. Тонкаль В.Е., Гречко Э.Н., Кулешов Ю.Е. Оптимальный синтезавтономных инверторов с амплитудно-импульсной модуляцией. – К.: Наук.думка, 1987. – 220 с.
3. Забродин Ю.С. Автономные тиристорные инверторы с широтно импульсным регулированием. – М.: Энергия, 1977. – 136 с.
4. «Энергия будущего» - Вторая конференция по возобновляемой энергетике Ереван, 27-28 июня 2005 года. Труды конференции.
5. Твайделл Дж., Антони Уэйр, Возобновляемые источники энергии, М.: Энергоатом-издат, 1990.
6. Рубан С.С. Нетрадиционные источники энергии-М.:Энергия, 2003
7. Хасаев О. Н., Транзисторные преобразователи напряжения и частоты М.: Наука, 1966. 176б.
8. Кашкаров А.П. Аккумуляторы: Справочное пособие. – М.: ИП РадиоСофт,2014. – 192 с.: ил.
9. Низовкин А.В. Солнечная энергетическая установка, // Физико – химические основы преобразования солнечной энергии, Алматы.
- 10.Электрические машины, Л. М. Пиотровский, Л., «Энергия», 1972.
- 11.Моин В.С. Стабилизированные транзисторные преобразователи. М.:Энергоатомиздат, 1986. – 376
- 12.Yuri Rojankovski, MATLAB for Electrical Circuits. - Yuri Rojan, 2011.
- 13.Steven T. Karris, Circuit Analysis I with MATLAB Computing and Simulink/SimPowerSystems Modeling. - Orchard Publications, 2009.
- 14.Розанов Ю.К., Рябчицкий М.В. Силовая электроника. М.: Издательский дом МЭИ, 2007г. – 632б.
15. Г. И. Атабеков, Лань, Основы теории цепей, С-Пб.,-М.,-Краснодар,2006.
16. Электрические машины, Л. М. Пиотровский, Л., «Энергия», 1972.
- 17.Taissariyeva K.N., Issembergenov N. The research of the “Solar panels – commutator – inverter – load” system with the pulse-amplitude control. PROCEEDINGS OF SPIE Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2014 Volume 9290
- 18.N.T. Isembergenov, B.T. Matkarimov, Using Genetic Algorithm for Finding Switching Angles of a Single-phase Multilevel DC/AC Converter on Solar Modules. Proceedings of the Eighth International Conference on Machine Learning and Applications, 13-15 November. 2009, New York.
- 19.Mohammad Farhadi Kangarlu, Student Member, IEEE, and Ebrahim Babaei,

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

Дипломдық жұмыс

Шербай Жансая Асанбекқызы

5B071900-Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар

Тақырыбы: «Қуаттылығы 7,5кВт күн электр станциясына арналған
транзисторлық инверторды зерттеу»

Берілген бітіру жұмысында қуаттылығы 7,5кВт күн электр станциясына арналған транзисторлық инверторды қарастырған.

Жұмыста транзисторлардың тиімді жұмыс істеу алгоритімі өңделген және күн батареяларын тиімді қолдануы эффектісі есептелген. Тоғыз деңгейлі инвертордың моделі Matlab моделдеу бағдарламасы арқылы құрылып синусойдалы шығыс кернеу алынған.

Алайда, келесі ескертулерді атап өту керек:

1. Дипломдық жобада стилистикалық және грамматикалық қателер кездеседі;

2. Алынған нәтижелер толық салынбаған.

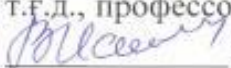
Жоғарыда келтірілген ескерту жұмыстың маңыздылығын төмендетпейді. Дипломдық жұмыс оқу жұмыстарының талаптары мен стандарттарына сәйкес келеді

Жалпы, дипломдық жобаға "жақсы" (80%) деген баға, ал студент Шербай Жансая Асанбекқызы 5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы бойынша «техника және технологиялар бакалавры» академиялық дәрежесіне ұсынылады.

Ғылыми жетекші

ЭТ және ҒТ каф. лекторы,

т.ғ.д., профессор

 Исембергенов Налик Турегалиевич

(колы)

«20» мамыр 2022 ж.

РЕЦЕНЗИЯ

Дипломдық жұмыс

Шербай Жансая Асанбекқызы

5B071900-Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар

Тақырыбы: «Қуаттылығы 7,5кВт күн электр станциясына арналған
транзисторлық инверторды зерттеу»

Орындалды:

а) графикалық бөлім

парақ;

б) түсініктеме

бет.

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Дипломдық жұмыста автор қуаттылығы 7,5кВт күн электр станциясына арналған транзисторлық инверторды қарастырған, сонымен қатар күн батареяларының жұмыс істеу принципі, олардың артықшылықтары мен кемшіліктері зерттелген.

Жұмыста транзисторлардың тиімді жұмыс істеу алгоритімі өңделген және күн батареяларын тиімді қолдануы эффектісі есептелген. Төғыз деңгейлі инвертордың моделі Matlab моделдеу бағдарламасы арқылы құрылып синусойдалы шығыс кернеу алынды.

Дипломдық жұмыс жоғарғы оқу орынның талаптарына сай жеткілікті дәрежеде жазылған, алынған нәтижелер – электроника саласындағы технологиялардағы ғылыми бағытқа жауап береді.

Алайда, келесі ескертулерді атап өту керек:

1. Дипломдық жобада стилистикалық және грамматикалық қателер кездеседі;

2. Алынған нәтижелердің сараптауы көрсетілмеген.

Жоғарыда келтірілген ескерту жұмыстың маңыздылығын төмендетпейді. Дипломдық жұмыс оқу жұмыстарының талаптары мен стандарттарына сәйкес келеді.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Шербай Жансая Асанбекқызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Қуаттылығы 7,5кВт күн электр станциясына арналған транзисторлық инверторды зерттеу

Научный руководитель: Налик Исембергенов

Коэффициент Подобия 1: 1.3

Коэффициент Подобия 2: 0.3

Микропробелы: 16

Знаки из других алфавитов: 58

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:

2022-05-19

Дата

Заведующий кафедрой



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Шербай Жансая Асанбекқызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Қуаттылығы 7,5кВт күн электр станциясына арналған транзисторлық инверторды зерттеу

Научный руководитель: Налик Исембергенов

Коэффициент Подобия 1: 1.3

Коэффициент Подобия 2: 0.3

Микропробелы: 16

Знаки из других алфавитов: 58

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано 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:

2022-05-19

Дата

Сүңғат Марқсұлы

проверяющий эксперт