

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ
БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ»
КеАҚ



КӨЛІК-ЭНЕРГЕТИКА ФАКУЛЬТЕТІ



**«КӨЛІК ЖӘНЕ ЭНЕРГЕТИКАНЫҢ ӨЗЕКТІ МӘСЕЛЕЛЕРІ:
ИННОВАЦИЯЛЫҚ ШЕШУ ТӘСІЛДЕРІ» XIV ХАЛЫҚАРАЛЫҚ
ҒЫЛЫМИ-ТӘЖІРИБЕЛІК КОНФЕРЕНЦИЯСЫНЫҢ
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XIV МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ: «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТА И
ЭНЕРГЕТИКИ: ПУТИ ИХ ИННОВАЦИОННОГО РЕШЕНИЯ»**

**PROCEEDINGS OF THE XIV INTERNATIONAL SCIENTIFIC- PRACTICE
CONFERENCE «ACTUAL PROBLEMS OF TRANSPORT AND ENERGY:
THE WAYS OF ITS INNOVATIVE SOLUTIONS»**

Астана, 2026

УДК 656:620.9

ББК 65.37+65.305.1

A43

Редакционная коллегия:

Председатель – Талтенов А.А., член Правления – Проректор по науке и коммерциализации, д.х.н., профессор; Заместитель председателя – Кокаев У.Ш. декан транспортно-энергетического факультета, к.т.н., ассоциированный профессор; Тлепиева Г.М. – заместитель декана по научной работе, к.т.н., доцент; Султанов Т.Т. – заведующий кафедрой «Организация перевозок, движения и эксплуатация транспорта», к.т.н., доцент; Тогизбаева Б.Б. – заведующая кафедрой «Транспортная инженерия», д.т.н., профессор; Байхожаева Б.У. – заведующая кафедрой «Стандартизация, сертификация и метрология», д.т.н., профессор; Жумажанов С.К.– заведующий кафедрой «Электроэнергетика», к.т.н., доцент; Садыкова С.Б. – заведующая кафедрой «Теплоэнергетика», PhD, доцент.

A43 Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения: XIV Международная научно-практическая конференция, 19 марта 2026г. / Подгот. А.А. Талтенов, У.Ш. Кокаев, Г.М. Тлепиева – Республика Казахстан, г.Астана, НАО «Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева», 2026. – 632 с.

ISBN 978-601-385-216-4

В сборник включены материалы XIV Международной научно-практической конференции на тему: «Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения», проходившей в г. Астана 19 марта 2026 года.

Тематика статей и докладов участников конференции посвящена актуальным вопросам логистики, организации перевозок, движения и эксплуатации транспорта, стандартизации, метрологии и сертификации, транспорту, транспортной техники и технологии, теплоэнергетики и электроэнергетики.

Материалы конференции дают отражение научной деятельности ведущих ученых дальнего и ближнего зарубежья, Республики Казахстан и могут быть полезными для докторантов, магистрантов и студентов.

ISBN 978-601-385-216-4

УДК 656:620.9
ББК 65.37+65.305.1

© НАО «ЕНУ имени Л.Н. Гумилева», 2026

**Секция 5 «ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ
В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ»**

Азмуханбетов Б.Т. ТҰРАҚТЫ ТОК ҚОЗҒАЛТҚЫШТАРЫН БАСҚАРУДАҒЫ ПИД-РЕТТЕГІШТЕРДІ ГЕНЕТИКАЛЫҚ АЛГОРИТМ ЖӘНЕ ФАЗЗИ-ЛОГИКА АРҚЫЛЫ ОҒТАЙЛАНДЫРУ	565
Айсанов А.Б. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИЗОЛЯЦИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 6-10 КВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ	569
Ашимов Д.Е. МЕТОДЫ АНАЛИЗА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИМПУЛЬСОВ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ В КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЯХ И ИХ АДАПТАЦИЯ К УСЛОВИЯМ ЭКСПЛУАТАЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН	575
Әлімқазы Ш., Нұржанова А.Б. ЭЛЕКТРОМАГНИТТІК ТОЛҚЫНДАР. ТЕОРИЯЛЫҚ ТАЛДАУ.	579
Багиров И.Я. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ГРАФОВ К РАСЧЕТАМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ	584
Гайнуллина Д.А. АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ НА КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ-НАПРЯЖЕНИЯ	590
Ғизат М.Н. АСТАНА ҚАЛАСЫНЫҢ ЖАҒДАЙЫНДА ОРТАЛЫҚ ЭЛЕКТР ЖЕЛІСІНЕ ҚОСЫЛМАЙТЫН ТІК ЖЕЛІ ТУРБИНАЛАРЫ НЕГІЗІНДЕГІ ЖЕРГІЛІКТІ ЭЛЕКТРОМОБИЛЬДЕРДІ ЗАРЯДТАУ СТАНЦИЯСЫН ЖОБАЛАУ	593
Зуев Д.Н. МЕТОДЫ КОМПЕНСАЦИИ НЕСТАБИЛЬНОСТИ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ГЛОБАЛЬНОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЕ	596
Қайратов А.К. ИНТЕГРАЦИЯ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПРОЦЕСС ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 0,4–35 кВ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ФОРМИРОВАНИЯ НОРМАТИВНО КОРРЕКТНОЙ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ	601
Қостанаев Ә.Д. 0,4 КВ ЖЕЛІЛЕРІНДЕГІ РЕАКТИВТІ ҚУАТТЫ КОМПЕНСАЦИЯЛАУ ЖҮЙЕСІН МОДЕЛЬДЕУ ЖӘНЕ ТАЛДАУ	605
Ниязов Б.Ш. СОЦИАЛЬНОЕ ВОСПРИЯТИЕ ПЕРЕХОДА К ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ В КАЗАХСТАНЕ	609
Сағиев Т.А. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВНЕДРЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ НАКОПИТЕЛЕЙ НА БАЗЕ SSB	614
Сейткалиева М.С. АУЫСПАЛЫ ЖІЛІКТІ ЖАҒАРТЫЛАТЫН ЭНЕРГИЯ КӨЗДЕРІН ҚАЗАҚСТАННЫҢ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ЖҮЙЕСІНЕ БІРІКТІРУ	619
Социал Б.Қ. ЖОҒАРЫ ТОК ГАРМОНИКАСЫН БАСУ ҚҰРЫЛҒЫСЫ	622
Уаханова К.Б. ҚАЗАҚСТАН ЖАҒДАЙЫНДА КҮН-ЖЕЛІ ГИБРИДТІ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРІН ҚОЛДАНУДЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ ЖОЛДАРЫ	628

14. Understanding BESS Specifications: Key Factors to Consider <https://sinovoltaics.com/energy-storage/storage/understanding-bess-specifications-key-factors-to-consider/>
15. Lithium Battery Self Discharge Rate: How to Minimize Loss and Extend Lifespan - tycorun <https://www.tycorun.com/blogs/news/lithium-battery-self-discharge-rate>
16. <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/the-california-duck-curve>
17. <https://www.sciencedirect.com/topics/materials-science/lithium-dendrite>
18. На шахте "Абайская" эвакуировали 155 горняков - Караван <https://www.caravan.kz/news/na-shahte-abajskaja-jevakuirovali-155-gornjakov/>
19. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590238520301284>

ӘӨЖ 620.92

АУЫСПАЛЫ ЖИЛІКТІ ЖАҢАРТЫЛАТЫН ЭНЕРГИЯ КӨЗДЕРІН ҚАЗАҚСТАННЫҢ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ЖҮЙЕСІНЕ БІРІКТІРУ

Сейткалиева Мадина Сапаркановна
m.seitkaliyeva@mail.ru

Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ «Электрэнергетика» кафедрасының магистранты, Астана,
Қазақстан

Ғылыми жетекшісі: PhD, аға оқытушы Тынышбаева Қымбат Мұратжанқызы

Түйіндемe. Мақалада жаңартылатын энергия көздерін (ЖЭК), атап айтқанда күн электр станцияларын Қазақстанның біртұтас энергетикалық жүйесіне интеграциялаудың техникалық мәселелері қарастырылады. ЖЭК генерациясының құбылмалылығы мен метеорологиялық факторларға тәуелділігі, сондай-ақ олардың электр энергетикалық жүйенің тұрақтылығы мен жиілік режимдеріне әсері талданады. Зерттеу барысында фотоэлектрлік жүйелерге тән айналмалы инерцияның төмендігі және оның желі жиілігінің тұрақсыздануына ықпалы сипатталады. Сонымен қатар, қуат теңгерімін сақтау үшін жедел әрекет ететін резервтік қуат көздерінің маңыздылығы негізделіп, генерацияның күрт өзгеру жылдамдығының (ramp-rate) энергетикалық жүйеге әсеріне шолу жасалады.

Тірек сөздер: жаңартылатын энергия көздері, ауыспалы жиілік, күн энергетикасы, Қазақстанның энергетикалық жүйесі.

Кіріспе. Энергетика саласындағы тұрақты дамуды қамтамасыз ету мақсатында жаңартылатын энергия көздерінің (ЖЭК) үлесі жыл сайын артып келеді. Бұл үрдіс көмірқышқыл газы шығарындыларын азайтуға және энергетикалық дербестікті нығайтуға мүмкіндік береді. Алайда күн энергетикасы сияқты айнымалы ЖЭК-ті қолданыстағы электр энергетикалық жүйелеріне біріктіру бірқатар техникалық және пайдалану мәселелерін туғызады.

Жаңартылатын энергия көздерінің құбылмалылығы және оның себептері. Жаңартылатын энергия көздерінің құбылмалылығы бірнеше табиғи факторларға байланысты. Күн энергетикасында электр энергиясын өндіру деңгейі бұлттылыққа, тәуліктік күн-түн циклдеріне және маусымдық өзгерістерге тәуелді. Мысалы, күн ашық кезде генерация жоғары болса, бұлтты ауа райында немесе түнгі уақытта электр энергиясын өндіру айтарлықтай төмендейді немесе толық тоқтайды.

ЖЭК-тен алынатын электр энергиясының мұндай өзгермелілігі электр энергетикалық жүйенің тұрақтылығына әсер етеді. Электр желісінің негізгі қағидаларының бірі — өндіру мен тұтыну арасындағы нақты уақыттағы тепе-теңдікті сақтау. Генерацияның ауытқуы бұл тепе-теңдікті бұзып, кернеу мен жиіліктің тұрақсыздығына әкелуі мүмкін. Мысалы, бұлттылықтың артуы немесе жел жылдамдығының төмендеуі генерацияның күрт азаюына себеп болып, желідегі кернеу мен жиіліктің ауытқуына және жүйе жұмысының бұзылуына әкелуі ықтимал.

$$\frac{2H}{\omega_0} \cdot \frac{\partial^2 \delta}{\partial t^2} = P_m - P_e \quad (1)$$

мұндағы H – генератордың инерция тұрақтысы, (с);

ω_0 – синхронды бұрыштық жиілік, (рад/с);

δ – генератор роторының бұрышы;

t – уақыт, (с);

P_m – генератордың механикалық қуаты, (МВт);

P_e – генератордың электрлік қуаты, (МВт).

Жаңартылатын энергия көздері (ЖЭК), әсіресе фотоэлектрлік (PV) энергетикалық жүйелері, айналмалы инерциясының төмендігімен сипатталады, соның нәтижесінде энергетикалық жүйенің инерция тұрақтысының (H) мәні азаяды. Бұл жағдайда ротор бұрышының δ өзгеру жылдамдығы артып, электр энергетикалық жүйеде жиіліктің тұрақсыздануына әкеледі.

Электр энергетикалық жүйелерде, әсіресе жаңартылатын энергия көздерінің үлесі жоғары болған жағдайда, электр энергиясын өндірудегі өзгермелілік жедел әрекет ететін резервтік қуат көздері арқылы теңестірілуі тиіс. Нақты уақыт режимінде қуат теңгерімін қамтамасыз ету мақсатында газ турбиналары, дизельдік генераторлар немесе энергия жинақтау жүйелері (BESS) қажетті сәттерде іске қосылады.[1] Алайда мұндай резервтік қуат көздеріне тәуелділік энергетикалық жүйені пайдалану шығындарының артуына алып келеді.

Резервтік қуаттың қажеттілігін бағалау үшін келесі негізгі формула қолданылады:

$$P_{rez} \geq \Delta P_{QEm}^{max} \quad (2)$$

мұндағы P_{rez} – қажетті резервтік қуат, (МВт);

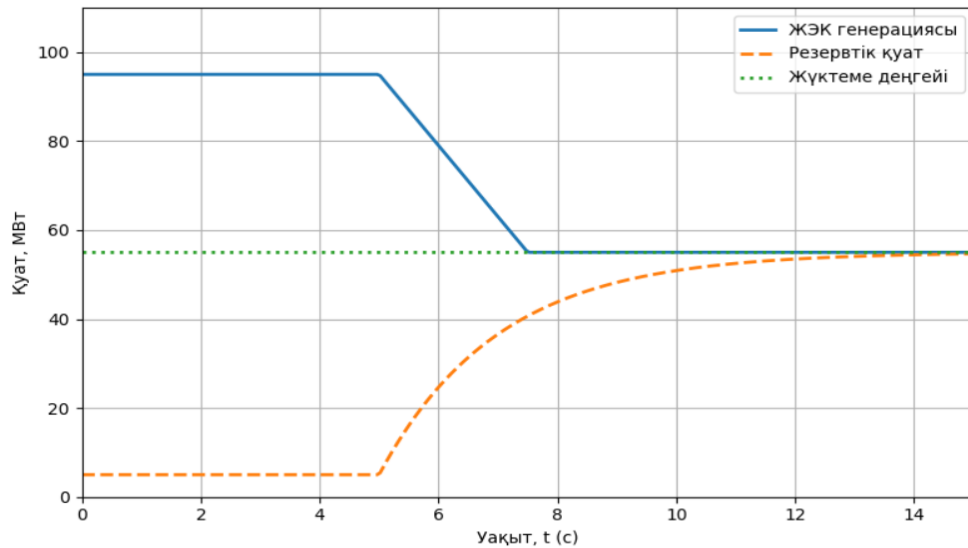
ΔP_{QEm}^{max} – жаңартылатын энергия көздерінен (ЖЭК) өндіріс көлемінің ең үлкен болжанған төмендеуі, (МВт).

Бұл формула (2) электр желісінің ЖЭК генерациясындағы кенеттен 50 МВт төмендеуді қолда бар резервтік көздер арқылы тез өтейтін мүмкіндігі болуы тиіс екенін көрсетеді.

Жаңартылатын энергия көздерінің үлесі жоғары электр желілерінде резервтік қуат қажеттілігі тек техникалық талап емес, сонымен қатар жүйенің тұрақтылығын қамтамасыз ету, жиілік ауытқуларын шектеу және электр энергиясының сенімділігін сақтау үшін стратегиялық маңызды міндет болып табылады.

Резервтік қуат жеткіліксіз болған жағдайда, электр жүйесі өзін қорғау үшін автоматтандырылған жүктемені қысқарту алгоритмдерін қолдануға мәжбүр болады, бұл кейбір өнеркәсіптік және тұрғын үй тұтынушыларын уақытша ажыратып тастайды.

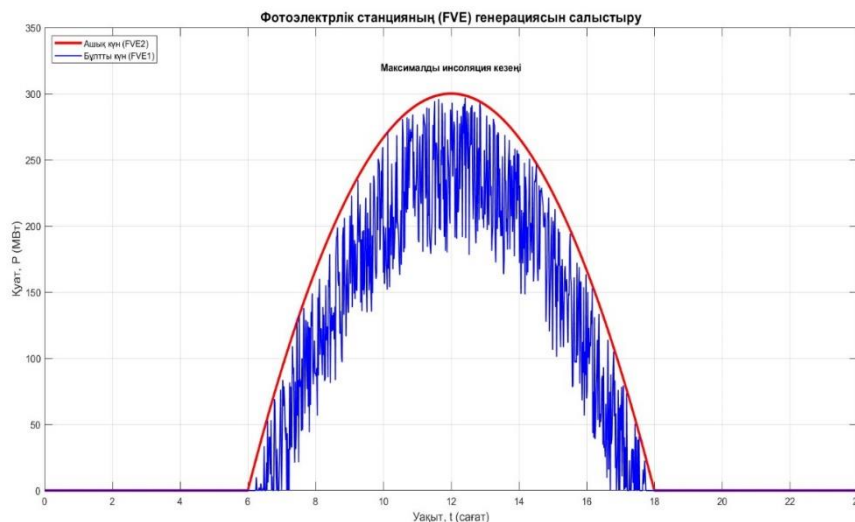
Сондықтан, ЖЭК-тің кең таралу жағдайында резервтік қуатты ғылыми түрде жоспарлау, оны географиялық және желіге қосылу шарттарына сәйкес стратегиялық бөлу, сондай-ақ энергия сақтау технологияларын кеңінен енгізу өте маңызды.



Сурет 1 - Генерациялау және резервтік қуат реакциясының өзгергіштігі

Суретте жаңартылатын энергия көздерінен (ЖЭК) электр энергиясын өндірудің кенеттен төмендеуі және оған сәйкес резервтік қуаттың ($P_{рез}$) реакциясы көрсетілген. Генерация көлемінің азаюына жауап ретінде резервтік жүйе белгілі бір уақыттық кешігумен іске қосылып, өндірістің өзгермелілігінен туындайтын жағымсыз әсерлерді өтуге мүмкіндік береді. Бұл процесс электр энергетикалық жүйедегі қуат теңгерімін сақтауға және желінің тұрақты жұмысын қамтамасыз етуге бағытталған.

Генерация профильдерін сипаттау. Графикке сәйкес (2 суретті қараңыз), FVE2 (ашық күн) профилі күн энергиясының идеалды өндірісін сипаттайды. Мұнда қуат деңгейі таңертеңнен бастап тал түске дейін бірқалыпты өсіп, кешке қарай біртіндеп төмендейді. Бұл қисық сызық инсоляцияның астрономиялық заңдылықтарына сәйкес келеді және жүйелік операторлар үшін болжауға ең қолайлы режим болып табылады.



Сурет 2 - Күн электр станциясының (КЭС) шығыс қуатының метеорологиялық факторларға тәуелділік динамикасы

Алайда, FVE1 (бұлтты күн) профилі күн энергиясының басты техникалық кемшілігі болып табылатын — құбылмалылықты (intermittency) көрсетеді. Графиктегі кенеттен пайда болған ауытқулар («ара тісті» кескін) бұлттардың панельдер бетін жауып, күн сәулесінің ағынын үзуінен туындайды. Халықаралық зерттеулер көрсеткендей, мұндай жағдайларда станция қуаты бірнеше секунд ішінде 70-80%-ға дейін төмендеуі мүмкін.[1] Бұл құбылыс ғылыми әдебиеттерде «gap-

gate» (қуаттың өзгеру жылдамдығы) деп аталады және ол энергожүйедегі кернеу мен жиіліктің тұрақсыздығына тікелей себепші болады.

Қазақстанның энергожүйесіне әсері. Қазақстанның Біртұтас электр энергетикалық жүйесі (БЭЖ) жағдайында, әсіресе КЭС шоғырланған оңтүстік аймақтарда, FVE1 графигіндегідей (2 суретті қараңыз) тербелістер үлкен қиындықтар тудырады. Мәселе мынада: еліміздегі базалық энергия көздері (көмір станциялары) мұндай шұғыл ауытқуларды теңгеру үшін тым инерциялы, яғни олар өз қуатын тез арада өзгерте алмайды. Бұл жағдай жүйелік оператордан (KEGOC) қосымша маневрлік резервтерді (ГЭС немесе газ станцияларын) қолдануды талап етеді.[3]

Мәселені шешудің заманауи әдістері. Мақалаларда КЭС-тің құбылмалы жұмысын тұрақтандырудың бірнеше негізгі бағыттары [2] қарастырылады:

1. Энергия жинақтаушы жүйелер (BESS): Литий-иондық аккумуляторлар бұлтты күнгі генерацияның «ойықтарын» толтырып, графикаға тегістеуге мүмкіндік береді.
2. Интеллектуалды болжау: Метеорологиялық спутниктер мен нейрондық желілерді қолдану арқылы бұлттардың қозғалысын алдын ала есептеу.
3. Гибридизация: Күн станцияларын басқа басқарылатын энергия көздерімен бір кешенде пайдалану.

Қорытынды. Жүргізілген талдау қайта жаңартылатын энергия көздерін электр энергетикалық жүйелерге біріктіру кезінде туындайтын негізгі техникалық мәселелерді жүйелеуге мүмкіндік берді. Ғылыми зерттеулерді салыстыру күн энергетикасының табиғи факторларға тәуелділігі электр энергиясын өндірудің құбылмалылығын арттырып, қуат теңгерімінің бұзылуына, сонымен қатар кернеу мен жиілік көрсеткіштерінің тұрақсыздығы мен құбылмалылығына әкелетінін көрсетеді.

Әдеби деректер ЖЭК-не тән төмен инерция энергожүйенің тұрақтылығын әлсіретіп, жиілік ауытқуларының жылдам өсуіне себеп болатынын айқындайды. Сондықтан зерттеулерде жедел әрекет ететін резервтік қуат көздері мен энергия сақтау жүйелері электр энергетикалық жүйенің сенімді және тұрақты жұмысын қамтамасыз етудің тиімді құралдары ретінде қарастырылады.

Қарастырылған ғылыми деректер жаңартылатын энергия көздерінің үлесі жоғары энергожүйелерде резервтік қуатты тиімді жоспарлау мен басқарудың маңызды екенін көрсетеді.

П а й д а л а н ы л ғ а н ә д е б и е т т е р т і з і м і :

1. C. He, H. Geng, K. Rajashekara & A. Chandra — Analysis and control of frequency stability in low-inertia power systems.
2. IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica, vol. 11, no. 12, 2024.
3. Әлемдегі жаңартылатын энергия көздерінің жел және күн энергиясына қатысты дамуы. Г.У. Қуттыбаев, Ж.С. Шыныбай. Алматы, 2022.
4. KEGOC. Қазақстанның бірыңғай электр энергетикалық жүйесінің жұмыс режимдері туралы есеп. Астана, 2023.
5. Қазақстан энергетика саласын дамыту және жаңартылатын энергия көздерін электр жүйесіне енгізу. Астана, 2023.
6. Владимир Сидорович. Возобновляемая энергетика: современное состояние и перспективы развития. Москва: Издательство Высшей школы экономики, 2018.

УДК 621.311

ЖОҒАРЫ ТОК ГАРМОНИКАСЫН БАСУ ҚҰРЫЛҒЫСЫ

Социал Бақытжан Қалмурзаұлы

bakitzhannn03@mail.ru

«Электр энергетикасы» кафедрасының магистранты, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия

Ұлттық университеті, Астана қ., Қазақстан

Ғылыми жетекші: Жумажанов Серик Каратаевич