



QAZAQ GREEN



HUAWEI

ТАЛДАМАЛЫҚ ШОЛУ

# ҚАЗАҚСТАН БЭЖ-ДЕ BESS ЭНЕРГИЯНЫ ЖИНАҚТАУ ЖҮЙЕЛЕРІН ҚОЛДАНУ

WHITE PAPER



HUAWEI TECHNOLOGIES KAZAKHSTAN  
«QAZAQ GREEN» ЖЭК ҚАУЫМДАСТЫҒЫ

**White Paper**  
**Қазақстан БЭЖ-де BESS энергияны жинақтау  
жүйелерін қолдану**

АСТАНА - 2025

# 01

## Дәйексөз

Ақ кітап. ҚР БЭЖ-де энергияны жинақтау жүйелерін (BESS) қолдану әлеуеті, Астана, 2025 ж.

## Дисклеймер

Бұл құжат Ақ кітап (White Paper) – нақты тақырып бойынша шолуды, зерттеуді және ұсынымдарды қамтитын талдамалық есеп болып табылады.

## Алғыс

**Huawei компаниясы мен «Qazaq Green» ЖЭК** қауымдастығы есептің тұжырымдамалық көзқарасын талқылауға және қалыптастыруға қатысқан сарапшылар: Дәурен Сихаевқа, Lai Xin Hong, Dr. Carlos Alvarez Ortega, Dr. Hamada Almasalma, Dr. Suresh Maganti (Huawei), Нұрлан Қапеневке, Айнұр Соспановаға, Арсений Катерушеға, Сұлтан Дүкенбаевқа, Тимур Шалабаевқа («Qazaq Green» ЖЭК қауымдастығы), Бекжан Мұқатовқа (техника ғылымдарының кандидаты, тәуелсіз сарапшы), Валерий Тюгайға, Инна Кимге (Energy System Researches), Дархан Ахметовке («KEGOC» АҚ) алғысын білдіреді.

## Ұйымдар

1987 жылы негізі қаланған Huawei компаниясы ақпараттық-коммуникациялық технологиялар (АКТ) инфрақұрылымы мен интеллектуалды құрылғылардың жетекші әлемдік жеткізушісі болып табылады. Huawei компаниясында 207000 қызметкер жұмыс істейді және 170-тен астам елдер мен аймақтарда қызметін жүргізеді. Huawei алғаш рет Қазақстан нарығына 1998 жылы келді. Содан бері қызметкерлер мен жергілікті әріптестердің жанқиярлық жұмысының арқасында компания Қазақстанда 18 миллионнан астам пайдаланушыға қызмет көрсетеді және шалғайдағы ауылдық аудандардың 850 000 тұрғынын байланыспен қамтамасыз етеді.

**«Qazaq Green» ЖЭК қауымдастығы** Қазақстанда ЖЭК секторын дамытуды қолдау мақсатында жұмыс істейтін және инвесторларды, әзірлеушілер мен жабдық өндірушілерді, сондай-ақ халықаралық қаржы институттарын, зерттеу және жобалау институттарын біріктіретін қоғамдық салалық бірлестік болып табылады. Qazaq Green маңызды міндеттерінің қатарында – норма-шығармашылық процеске қатысу және әр түрлі деңгейлерде ЖЭК бизнес-қоғамдастығының мүдделерін білдіру. Қауымдастық QazaqGreen салалық журналын шығарады, ЖЭК бойынша Qazaq Green Fest халықаралық фестивалінің ұйымдастырушысы болып табылады. Қазіргі уақытта Qazaq Green мемлекеттік органдар үшін де, бизнес-қоғамдастық үшін де Қазақстанда ЖЭК дамыту жөніндегі негізгі сараптамалық орталықтардың бірі болып табылады.

<b>1-бөлім</b>	<b>ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНДА ЭЛЕКТР ЭНЕРГЕТИКАСЫ СЕКТОРЫНЫҢ ДАМУЫ ЖӘНЕ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ АУЫСУ</b>	<b>15</b>
<b>1.1.</b>	<b>Қазақстан Республикасының Бірыңғай энергетикалық жүйесін дамытудың қазіргі жағдайы</b>	<b>15</b>
1.1.1.	Өндіруші қуаттардың құрылымы	15
1.1.2.	Энергияның қолжетімділігі	16
1.1.3.	Желілік инфрақұрылымның жай-күйі	16
1.1.4.	Негізгі мәселелер мен проблемалар	17
1.1.5.	Қазақстан Республикасының электр энергетикасы секторын дамыту жоспарлары	17
<b>1.2.</b>	<b>Қазақстанда жаңартылатын энергетиканы дамытудың ағымдағы жағдайы</b>	<b>17</b>
1.2.1.	Жаңартылатын энергия әлеуеті	18
1.2.2.	Өндіруші қуаттардың құрылымы	19
1.2.3.	Жаңартылатын энергетика саласындағы саясат және институционалдық қолдау	20
1.2.4.	Жаңартылатын энергетика жобаларына арналған тарифтік және инвестициялық саясат	20
<b>1.3.</b>	<b>Қазақстан Республикасында жаңартылатын энергетиканы дамытудың перспективалық бағыттары</b>	<b>22</b>
1.3.1.	Жаңартылатын энергетика саласында корпоративтік екіжақты келісімшарттар нарығын дамыту	22
1.3.2.	Бөлінген ЖЭК генерациясын дамыту әлеуеті	28
1.3.3.	Гидроэнергетикалық әлеуетті дамыту	33
1.3.4.	Энергияны сақтаудың аккумуляторлық жүйелерін қолдану (BESS)	38
1.4.	Жаңартылатын энергия көздерін Қазақстан Республикасының Бірыңғай энергетикалық жүйесіне интеграциялаудың өзекті проблемалары	43
<b>2-бөлім</b>	<b>ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІРЫҢҒАЙ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ЖҮЙЕСİNДЕ ЭНЕРГИЯНЫ ЖИНАҚТАУДЫҢ АККУМУЛЯТОРЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРІН (BESS) ҚОЛДАНУ</b>	<b>69</b>
2.1.	Қазақстан үшін энергияны жинақтаудың аккумуляторлық жүйелерінің (BESS) өзектілігі	69
2.2.	Қазақстан Республикасында энергияны жинақтаудың аккумуляторлық жүйелерін (BESS) дамыту жөніндегі жүйелік оператордың пайымы	74
2.3.	Қазақстан Республикасының Бірыңғай энергетикалық жүйесін дамытуды модельдеу шеңберінде энергия жинақтаудың аккумуляторлық жүйелері (BESS) (болжамды теңгерім)	75
2.4.	Негізгі мәселелер мен проблемалар	76
<b>3-бөлім</b>	<b>АККУМУЛЯТОРЛЫҚ БАТАРЕЯЛАР НЕГІЗІНДЕГІ ЭНЕРГИЯНЫ САҚТАУ ЖҮЙЕЛЕРІ (BESS): НЕГІЗГІ ҰҒЫМДАР, ФУНКЦИЯЛАР, ҚОЛДАНУ</b>	<b>77</b>
3.1.	Негізгі ұғымдар мен терминдер	77
3.2.	Аккумуляторлық батареялар негізіндегі энергияны сақтау жүйелерінің технологиялары мен нарығына шолу (BESS)	80
3.3.	Аккумуляторлық батареялар негізіндегі энергияны сақтау жүйелерінің технологиялары мен нарығына шолу (BESS)	85
3.4.	Энергияны сақтау сегментіндегі өндірушілер мен өнім берушілерге шолу	87

3.5.	Аккумуляторлық энергияны сақтау жүйелерін (BESS) қолданудың негізгі салалары	88
3.6.	Аккумуляторлық энергияны сақтау жүйелерінің (BESS) функциялары	89
3.7.	Аккумуляторлық энергияны жинақтау секторындағы (BESS) негізгі үрдістер	93
<b>4-бөлім</b>	<b>АККУМУЛЯТОРЛЫҚ БАТАРЕЯЛАР НЕГІЗІНДЕГІ ЭНЕРГИЯНЫ САҚТАУ ЖҮЙЕСІНІҢ (BESS) ЖҰМЫС ПАРАМЕТРЛЕРІ ЖӘНЕ ҚОЛДАНЫЛАТЫН МОДЕЛЬДЕР</b>	<b>97</b>
4.1.	Аккумуляторлық энергияны жинақтау жүйелеріне (BESS) қойылатын техникалық талаптар: халықаралық тәжірибе	97
4.2.	Аккумуляторлық батареяларда энергияны сақтау жүйелерінің (BESS) сегментінде қолданылатын халықаралық стандарттар	99
4.3.	Қолданылатын бизнес-модельдер	101
4.4.	BESS жүйелерінің ағымдағы бағалары мен құны	101
<b>5-бөлім</b>	<b>ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІРЫҢҒАЙ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ЖҮЙЕСІНДЕ ЭНЕРГИЯ ЖИНАҚТАУДЫҢ АККУМУЛЯТОРЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРІН (ЭЖАЖ) ЕНГІЗУ ЖӨНІНДЕГІ ҰСЫНЫМДАР</b>	<b>107</b>
5.1.	BESS техникалық талаптары бойынша ұсынымдар	107
5.2.	Нормативтік базаға өзгерістер енгізу бойынша ұсынымдар	110

# 02

## КІРІСПЕ

ЖЭК дамытудың өзекті мәселелерінің бірі желідегі интеграция болып табылады. Энергия жүйесінің тұрақты жұмысының негізгі технологиялық қағидаты – уақыттың әрбір жеке сәтінде генерацияның және үнемі өзгеріп отыратын тұтыну қажеттілігінің тепе-теңдігін сақтау. Бұл ретте ЖЭК пен бөлінген генерацияның қарқынды дамуы, электр көлігін енгізу электр жүктемесін жабу кестесінің барған сайын құбылмалылығына алып келеді және олардың энергия жүйесін реттеуді қамтамасыз ету жөніндегі мүмкіндіктері бөлігінде дәстүрлі генерацияға қойылатын талаптарды арттырады. Осылайша, электр жүйесінде белгілі бір сағаттарда тұрақтылықтың бұзылуы, желілердің рұқсат етілген мәндерден жоғары жүктелуі, кернеу мен жиіліктің ауытқуы, электрмен жабдықтау сенімділігінің жалпы төмендеуі мүмкін.

Энергияны жинақтау жүйелерін (бұдан әрі – ЭЖЖ) қолдану жоғарыда аталған проблемаларды ішінара немесе толығымен шеше алады. Осы орайда Қазақстан Республикасында бірнеше жыл бойы ҚР БЭЖ-де теңгерімдеу мәселесін шешу үшін ЭЖЖ қолдану мәселесі талқылануда.

Осы орайда «Qazaq Green» ЖЭК қауымдастығы «Хуавей Текнолоджиз Қазақстан» ЖШС қолдауымен «Қазақстан БЭЖ-де BESS энергияны жинақтау жүйелерін қолдану» Ақ кітабын (White paper) әзірледі. Ақ кітап – бұл ҚР БЭЖ-де BESS технологияларын қолдану мәселесінің мақсатты сипаттамасын ұсынатын зерттеуге негізделген есеп.

Ақ кітап электр энергетикасы саласының мамандары мен электр энергетикасын, жаңартылатын энергия көздерін және энергияны сақтау жүйелерін дамыту мәселелеріне қызығушылық танытатын оқырмандардың кең ауқымына қызықты болады.

## 03

## АЛҒЫ СӨЗ

Қазақстан Республикасы  
Парламенті мәжілісінің депутаты  
Дүйсенбай Тұрғанов



## Құрметті әріптестер! Қадірменді достар!

Заманауи энергетика қарқынды өзгерістер дәуірін бастан кешуде. Электр энергиясын жинақтау жүйелері (ЭЭЖЖ) шешуші рөл атқаратын электр жүйелерінің тұрақтылығы, икемділігі және экологиялық тазалығы мәселелері басты орынға шығуда. Бұл - жай ғана технологиялық тренд емес, жаһандық энергетикалық ауысудың ажырамас бөлігі.

Қазақстан Республикасында осы бағытта маңызды қадам жасалды - «Жаңартылатын энергия көздерін пайдалануды қолдау туралы» ҚР Заңына ел үшін «электр энергиясын жинақтау жүйесі» жаңа ұғымын енгізетін түзетулер енгізілді. Бұл жаңартылатын энергия көздерін (ЖЭК) пайдалана отырып, жобалар шеңберінде ЭЭЖЖ енгізудің құқықтық негізін ашады. Таяу болашақта Қазақстанның тұрақты энергетикалық болашаққа дайындығының маңызды индикаторы болып табылатын ЭЭЖЖ қамтитын жобалар үшін басымдықпен аукциондар өткізу жоспарлануда.

Жаһандық трендтер бұл қадамның уақтылығы мен өзектілігін растайды. Халықаралық энергетикалық агенттіктің (IEA) мәліметтері бойынша, аккумуляторлық энергияны жинақтау жүйелерінің нарығы экспоненциалды өсім көрсетеді. 2022 жылы:

- Қытай шамамен 5 ГВт жаңа желілік батарея қуатын орнатты;
- АҚШ автономды жинақтағыштар үшін салық жеңілдіктерін қамтитын, «Инфляцияны төмендету туралы заң» (IRA) ынталандыратын 4 ГВт қуатты іске қосты;
- Үндістан өзінің ұлттық энергетикалық жоспарының өршіл мақсаттарын жариялады: 2032 жылға қарай 74 ГВт/411 ГВт-сағ жинақтау қуаты.

2023 жылдың наурыз айында ЭЭЖЖ дамыту бойынша ұсыныстар жарияланған Еуропалық одақта қызығушылықтың тез өсуі байқалады. Осылайша, Швеция Солтүстік Еуропада энергияны тұрмыстық сақтау саласында көшбасшы болды және 2024 жылы жүйелік оператордың инфрақұрылымына экономикалық тиімді интеграцияны қамтамасыз ете отырып,

қуаты 211 МВт болатын аймақтағы ең ірі BESS-станцияны іске қосты.

Қазақстанда ЭЭЖЖ енгізу мәселесі Энергетика министрлігі, «KEGOC» АҚ жүйелік операторы, салалық қауымдастықтар мен бизнес өкілдері, оның ішінде «Qazaq Green» ЖЭК қауымдастығы арасында белсенді талқылау сатысында.

Жүйелік тәсіл бірнеше негізгі қадамдарды қажет ететіні анық. Бұл нормативтік бекітуге көшпес бұрын техникалық және экономикалық деректерді (қуат, сыйымдылық, циклдер, деградация, құн, дайындық коэффициенті) алуға мүмкіндік беретін жиілік пен қуатты автоматты реттеуге (ЖҚАР) қосумен «KEGOC» АҚ базасында пилоттық жобаны әзірлеу. Бұл - бастапқы реттеуге қатысу талаптарының бөлігі ретінде ЖЭК объектілеріне ЭЭЖЖ міндетті интеграциялаудан бастарту. Оның орнына - кез келген генерация көздерінен зарядтауға қол жеткізе отырып, жинақтағыштарды көмекші сервистердің жеке санаты ретінде қарастыру.

Сондай-ақ, әрине, инвестицияларды қайтарудың ашық және болжамды тетігін құру. Инвесторларды экономикалық модельді есепке алусыз ЭЭЖЖ орнатуға мәжбүрлеу ЖЭК жобаларының құнын 1,5–2 есеге арттыруы мүмкін, бұл тарифтік саясат пен макроэкономикалық тұрақтылық үшін тәуекелдер туғызады.

Бұл тұрғыда Ақ кітапты әзірлеу ерекше өзекті болып отыр, оның мақсаты осы саладағы тиімді саясатты қалыптастыру бойынша қолданыстағы тәсілдерге, халықаралық тәжірибелер мен ұсыныстарға жан-жақты шолу жасау болып табылады. Онда ұсынылған материалдар болашақ шешімдер үшін сенімді негіз болатынына және негізгі терминдер мен қағидаттар туралы біртұтас түсінік беретініне сенімдімін.

Осы басылымды дайындауға қатысқандардың барлығына алғысымды білдіремін, басылым мамандарға, инвесторларға және мемлекеттік органдарға Қазақстанның заманауи, тұрақты әрі экологиялық бағдарланған энергетикасын құру ісінде сұранысқа ие құрал болады деп үміттенемін.

## 04

## АЛҒЫ СӨЗ

**Қазақстан  
Республикасының  
энергетика вице-министрі  
Сұңғат Есімханов**

**Құрметті әріптестер!**

Бүгінгі таңда Қазақстанда жалпы белгіленген қуаты 3082,12 МВт болатын 154 ЖЭК объектісі жұмыс істейді.

Бұл нысандар көміртегі ізін азайтуда шешуші рөл атқарады және елдің электр желісін экологиялық таза және тұрақты энергиямен қамтамасыз етеді. Әрине, ЖЭК енгізу тұрақты энергетиканы дамыту үшін маңызды қадам болып табылады. Алайда, перспективалық жоспарларға сәйкес, Қазақстанда ЖЭК енгізудің озық қарқыны күтілуде, бұл энергетика жүйесінің тұрақтылығына әсер ететін бірқатар жағымсыз салдарға әкелуі мүмкін.

2030 жылға дейінгі перспективалық жоспарларға сәйкес кейінгі ЖЭК енгізу жоспарлануда. Осылайша, ҚР Энергетика министрлігі бекіткен 2023 жылға арналған аукциондық сауда-саттық кестесі және 2024-2027 жылдарға арналған аукциондық сауда-саттық жоспары бойынша қуаты 6 700 МВт-қа жуық ЖЭК объектілерін, оның ішінде 4 000 МВт ЖЭС, 500 МВт КЭС және 2 220 МВт ГЭС енгізу көзделеді.

Сондай-ақ, ірі ЖЭК жобаларын салу жоспарлануда (белгіленген қуаты шамамен 4 800 МВт).

Бүгінде іске асыруға мәлімделген ЖЭК жобаларының жалпы көлемі шамамен 8,4 ГВт құрайды.

ҚР БЭЖ баланстық тұрақтылығын модельдеудің жүйелік операторы жүргізген нәтижелері бойынша, аталған жобаларды іске асыру кезінде ЖЭК электр

энергиясын ауыспалы өндіру үлесі электр энергиясы бойынша 30%-дан (бұл нысаналы индикаторлардан екі есе көп) және 2030 жылға қарай нақты тәуліктік кестеде қолда бар қуат бойынша 50%-дан асады.

Өздеріңіз білетіндей, күн және жел электр станциялары тәулік бойы да, маусымдық бөліністе де тұрақты емес генерациямен ерекшеленеді. Бұған қоса, күн жобаларының басым дамуы күндізгі уақытта дәстүрлі генерацияның мәжбүрлі «шөгуіне» және тұтынудың кешкі шыңдарын жабу үшін өндірістің тез есуіне әкеледі.

Осыған байланысты, шешімдердің бірі елдің энергия жүйесінде электр энергиясын жинақтау жүйелерін пайдалану болып табылады. Жасырмаймын, бүгінде елімізде мұндай жүйелерді пайдалану тәжірибесі жоқ. Сондықтан әзірленген Ақ кітап осындай жобаларды жүзеге асыру жолдарын іздеуге маңызды үлес болып табылады. Барлық негізгі тұжырымдар жұмысқа қабылданып, ҚР Энергетика министрлігі деңгейінде талқыланытынына сенімдімін.

«Qazaq Green» ЖЭК қауымдастығы мен Huawei компаниясына осы кітаппен бірлесіп жұмыс істегені үшін алғыс білдіремін.

# 05

## АЛҒЫ СӨЗ

**«Qazaq Green» ЖЭК  
Қауымдастығы» ЗТБ  
Директорлар кеңесінің  
төрағасы  
Нұрлан Қапенов**



### Құрметті әріптестер!

Сараптамалық қоғамдастықта бірнеше жыл бойы Қазақстанда энергия жинақтау жүйелерін дамыту қажеттілігі туралы пікірталас жүргізіліп келеді. Осы уақыт ішінде әр түрлі нұсқалар ұсынылды: ЖЭК объектілеріне белгіленген қуаттың 50% мөлшерінде энергияны сақтаудың электрохимиялық жүйелерімен жарақтандыру міндеттемелерін енгізу, ЖЭК-тің 10 МВт-тан жоғары барлық объектілерін осындай жүйелерді орнатуға міндеттеу және т.б.

Елдің энергетикалық жүйесі маневрлік генерацияның тапшылығына байланысты үлкен қиындықтарға тап болуда және жүйелік операторға мұндай жүйелерді енгізу қысқа мерзімде (су ресурстарының шектеулілігі мен ішкі нарыққа газ жеткізу проблемаларын ескере отырып) жүзеге асырылуы мүмкін ең оңтайлы шешім болып көрінеді. Алайда, елде энергия жинақтау жүйелері бойынша құзыреттер жоқ екенін атап өткен жөн. Бұл туралы НҚА терминологиялық және әдіснамалық кемшіліктері ғана емес, сонымен қатар қазіргі уақытта жүйелік операторға энергияны сақтау жүйелерін ЖҚАР-мен біріктіруге және «қолмен» басқару режимінде оларды пайдалану үшін осындай жүйелерге техникалық талаптарды одан әрі дамыту үшін қандай да бір эмпирикалық тәжірибе жинақтауға мүмкіндік беретін бірде-бір пилоттық жоба іске асырылмағандығы қуәландырады.

Мұндай жүйелерді пайдаланудың, сондай-ақ нормативтік-құқықтық және техникалық реттеудің тәжірибесі болмаған жағдайда, әзірге елдің энергетикалық жүйесіне энергияны сақтау жүйелері не үшін қажет екенін және оларды қандай тетіктер арқылы іске асыру қажет екенін түсінудегі тұжырымдамалық алшақтықтың болуын айтуға мәжбүр.

Осы мақсатта «Qazaq Green» ЖЭК қауымдастығы «Хуавей Текнолоджиз Қазақстан» компаниясының қолдауымен «Қазақстан Республикасының Бірыңғай энергетикалық жүйесінде BESS аккумуляторлық үлгідегі энергияны жинақтау жүйелерін қолдану әлеуеті» Ақ кітабын әзірледі. Ақ кітапта энергияны сақтау жүйелерін дамытудың негізгі мәселелері: негізгі ұғымдар, функциялар, қолдану, пайдаланылатын бизнес-модельдер, елдің электр энергетикасының шындығына ЭЖЖ енгізу туралы ұсыныстар ашылған. Ақ кітапты әзірлеуге отандық және халықаралық сарапшылар қатысқаны қуантады.

Ақ кітап шешім қабылдаушыларға және саланың барлық мүдделі сарапшыларына арналған нұсқаулық болады және осы сегментті ынталандыру үшін дұрыс шаралар қабылдауға мүмкіндік береді деп үміттенеміз.

# 05

## АЛҒЫ СӨЗ

**Huawei Technologies  
Kazakhstan  
бас директоры  
Song Yaxu**



## Құрметті әріптестер!

Қазақстан Республикасының Энергетика министрлігімен және «Qazaq Green» ЖЭК қауымдастығымен бірлесіп, біз Қазақстанның Бірыңғай энергетикалық жүйесіндегі энергияны сақтаудың аккумуляторлық жүйелерінің (BESS) әлеуеті туралы Ақ кітабымызбен жұмысты аяқтадық.

Huawei компаниясы елдің 2060 жылға қарай көміртегі бейтараптығына қол жеткізу бойынша өршіл мақсатын қолдауға тырысады. Жаңартылатын энергия көздері мен BESS дамыту және біріктіру осы мақсатқа жету жолындағы шешуші қадам болып табылады. BESS шешімдерін әзірлеу мен енгізудегі жаһандық тәжірибемізді пайдалана отырып, біз Қазақстанның энергетикалық ландшафтының тұрақтылығын, тиімділігін және төзімділігін арттыруға өз үлесімізді қосатынымызды мақтан тұтамыз.

Біз Qazaq Green қауымдастығымен ынтымақтас-тық және Қазақстан Республикасы Энергетика министрлігі тарапынан баға жетпес қолдау үшін ризамыз. Бұл әріптестік сала, үкімет және технология көшбасшыларының маңызды өзгерістер жасау үшін қалай біріге алатынының мысалы болып табылады.

Аймаққа және одан тыс жерлерге үлгі болатын тұрақты және сенімді энергетикалық жүйені құру бойынша бірлескен жұмысты жалғастыруға ниеттіміз.

# 06

## 1-бөлім.

### Қазақстан Республикасында электр энергетикасы секторының дамуы және энергетикалық ауысу

#### 1.1. Қазақстан Республикасының Бірыңғай энергетикалық жүйесін дамытудың қазіргі жағдайы

Қазақстанның электр энергетикасы – экономиканың негізгі салаларының бірі. Ол халықты, өнеркәсіпті және ауыл шаруашылығын энергиямен қамтамасыз етеді.

Қазақстан көмір, газ, гидроэнергетика және жаңартылатын энергия көздерін (ЖЭК) қоса алғанда, энергетикалық ресурстарға ие, бұл энергетика секторының дамуына ықпал етеді. Дегенмен, оң жетістіктерге қарамастан, салада кешенді тәсіл мен жаңғыртуды талап ететін бірқатар сын-қатерлер бар.

ҚР БЭЖ шартты түрде үш аймаққа бөлінген – Солтүстік, Оңтүстік және Батыс.

Солтүстік аймаққа Абай, Ақмола, Ақтөбе, Шығыс Қазақстан, Қарағанды, Қостанай, Павлодар, Солтүстік Қазақстан, Ұлытау облыстары және Астана қаласы кіреді.

Оңтүстік аймаққа Алматы, Жамбыл, Жетісу, Қызылорда, Түркістан облыстары, сондай-ақ Алматы және Шымкент қалалары кіреді.

Құрамына Атырау, Батыс Қазақстан және Маңғыстау облыстары кіретін Батыс аймақтың республика аумағы бойынша біріккен Солтүстік және Оңтүстік аймақтармен электр байланысы жоқ.

#### 1.1.1. Өндіруші қуаттардың құрылымы

Қазақстанның энергетикалық жүйесі негізгі рөлді көмір және газ энергетикасы, сондай-ақ өсіп келе жатқан ЖЭК сегменті атқаратын түрлі генерациялау көздерін қамтиды. Қазақстанда электр энергиясы жаңартылатын энергия көздерінде (ЖЭК) жұмыс істейтін станцияларды қоса алғанда, меншіктің әр

түрлі нысандарындағы 222 электр станциясында өндіріледі

• **Жылу станциялары:** көмір электр станцияларының үлесіне өндірілетін электр энергиясының жалпы көлемінің 70%-дан астамы немесе Қазақстанның электр станцияларының жалпы белгіленген қуатының 53,3%-ы келеді. Көмір электр станциялары орналасқан негізгі өңірлер Солтүстік, Орталық және Шығыс Қазақстан болып табылады. Сонымен қатар, көмір генерациясы генерациялаушы қуаттар құрылымында басым орын алады және ҚР БЭЖ-де базалық генерацияны қамтамасыз етеді.

• **Газ станциялары:** газ электр станцияларына электр энергиясын өндірудің жалпы көлемінен шамамен 20-25% келеді және белгіленген қуаттан 25% құрайды. Табиғи газды пайдаланудың негізгі бағыттары – елдің оңтүстігі мен батысы.

• **Ірі гидроэлектр станциялар:** негізінен Шығыс Қазақстанда орналасқан ірі ГЭС елдегі электр энергиясын өндірудің жалпы көлемінің шамамен 12%-ын құрайды. Бұл ҚР БЭЖ белгіленген қуатының шамамен 10%-ын құрайды.

• **Жаңартылатын энергия көздері (ЖЭК):** Қазақстанның электр энергиясын өндірудің жалпы құрылымында ЖЭК үлесі біртіндеп өсуді қамтамасыз етеді. 2023 жылдың қорытындысы бойынша ол күн, жел және шағын су электр станцияларын қосқанда шамамен 6% құрады. Қазақстан энергетикалық ауысу стратегиясының бөлігі ретінде ЖЭК-ті белсенді дамытуда.

Соңғы жылдары Қазақстанда экологиялық таза және жаңартылатын технологияларға баса назар аудара отырып, энергия көздерін әртараптандыру үрдісі байқалады. Жаңа күн және жел станцияларын,

## 1-диаграмма – Белгіленген қуаттардың құрылымы, %



Дереккөз: ҚР Энергетика министрлігі

сондай-ақ өтпелі отын ретінде газбен жұмыс істейтін электр станцияларын салу белең алуда. Бұдан басқа, ЖЭК саласында шағын және орта бизнесті белсенді қолдау жүргізілуде, бұл саланы дамытудың ұзақ мерзімді стратегиясының бөлігі болып табылады. Жалпы, ЖЭК қуаты жыл сайынғы тұрақты өсуді көрсетеді, бұл олардың энергетикалық құрылымда маңызды рөлін растайды. Қазіргі уақытта ЖЭК ҚР-дағы барлық қуаттардың шамамен 12%-ын құрайды.

### 1.1.2. Энергияның қолжетімділігі

Бүгінгі таңда Қазақстанда энергияның қолжетімділігі проблемалардың бірі болып қалуда. Елдің көптеген ірі қалалары мен өнеркәсіптік орталықтарында энергетикалық инфрақұрылым жақсы дамыған. Алайда, шалғай өңірлерде, әсіресе ауылдық жерлерде тұрақты электрмен жабдықтау проблемалары бар. Жалпы, электр энергиясын тұтынудың жыл сайынғы өсуі болжануда, бұл ретте электр энергиясын өндіру 2022 жылғы деңгейде қалып отыр. 2023 жылы Қазақстан бойынша электр энергиясын өндіру 115 млрд кВт·сағ тұтыну кезінде 112,8 млрд кВт·сағ құрады.

#### • Халық үшін энергетикалық қолжетімділік:

Қазақстанның ірі қалалары халқының басым бөлігі тұрақты энергиямен жабдықтауға ие, ал кейбір шалғай аудандарда, соның ішінде таулы және дала аймақтарында электрмен жабдықтауда үзілістер орын алуда.

#### • Өнеркәсіп үшін энергетикалық қолжетімділік:

Қазақстанда ірі өнеркәсіптік кәсіпорындар үшін энергияның қолжетімділігі аса күрделі емес, алайда шағын және орта өндірістер үшін, әсіресе шалғай аудандарда электр энергиясына қолжеткізу мәселелері өзекті болуда.

Энергетикалық саясат мақсаттарының бірі – халықтың барлық топтары үшін энергияның қол-

жетімділігін жақсарту, сондай-ақ таратылған энергия көздері (күн және жел қондырғылары) үшін инфрақұрылым құру.

### 1.1.3. Желілік инфрақұрылымның жай-күйі

Қазақстан Республикасының электр желілері электр энергиясын трансформациялауға, беруге және (немесе) таратуға арналған қосалқы станциялардың, тарату құрылғыларының және оларды қосатын кернеуі 0,4–1150 кВ электр беру желілерінің жиынтығын білдіреді.

ҚР БЭЖ-де жүйе құраушы желінің рөлін ұлттық электр желісі (бұдан әрі – ҰЭЖ) орындайды, оны басқаруды ҰЭЖ операторы мен жүйелік оператордың функцияларын біріктіретін «Электр желілерін басқару жөніндегі Қазақстан компаниясы» акционерлік қоғамы («KEGOC» АҚ) жүзеге асырады. Ұлттық электр желісіне кернеуі 220 кВ және одан жоғары өңіраралық және (немесе) мемлекетаралық электр беру желілері жатады.

Өңірлік деңгейде (ел ішінде) электр энергиясын беруді балансында кернеуі 0,4–220 кВ электр желілері бар 19 өңірлік электр желілік компания (ӨЭЖК) және 145 шағын энергия беруші компания жүзеге асырады. Өңірлік электр желілерінің ағымдағы тозу деңгейі шамамен 65% құрайды.

Дегенмен, елдің желілік инфрақұрылымы тұрақты энергиямен қамтамасыз ету үшін жаңғырту мен жақсартуды талап етеді. ҰЭЖ-де электр энергиясының жоғалуы дамыған елдермен салыстырғанда біршама жоғары, олардың көпшілігі электр энергиясын беру қашықтығы мен нарықтың үлкен сыйымдылығымен сипатталады. Қазақстан үшін негізгі тұтыну және генерациялау орталықтары арасындағы үлкен созылған желілер тән. Бұған қоса, елдегі күрт континенталды климатты ескеру қажет, бұл кернеуі 220 кВ және одан жоғары электр желілеріндегі тәждің

жоғалуына теріс әсер етеді (тәждегі шығындардың үлесі жалпы шығындардан 20-30% құрайды).

Өз кезегінде, тарату желілері электр беру желілерін 40 жылдан астам уақыт бойы пайдалануға байланысты айтарлықтай шығындармен сипатталады. 2021 жылы ӨЭЖК шығындарының орташа деңгейі шамамен 14% құрады және электр желілері топологиясының, тарату желілерінің кернеу сыныптарының, желілердің ұзындығы мен қосалқы станциялар санының айырмашылығына байланысты 6-дан 18%-ға дейін ауытқиды.

• **Желідегі жүктеме:** электр энергиясын тұтынудың өсуімен және жаңа объектілердің дамуымен желіні генерациялау жүктемеге ұшырайды. Атап айтқанда, қазіргі заманғы талаптарға сәйкес келмейтін ескі электр желілерін қайта құру және жаңғырту қажет.

• **Көрші елдермен интеграция:** Қазақстан өзінің энергетикалық жүйесін Ресей, Қытай, Өзбекстан, Қырғызстан сияқты көрші елдермен интеграциялауды жақсарту бойынша белсенді жұмыс істеуде, бұл энергетикалық ағындарды оңтайландыруға және энергиямен жабдықтау сенімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Желілік инфрақұрылымның жай-күйін жақсарту үшін желілерді жаңартуға және жаңғыртуға, оның ішінде энергия жүйесіне интеграциялау бойынша нақты шешімдерді талап ететін жаңартылатын энергия көздерінің үлесінің өсуін ескере отырып инвестициялау қажет.

#### 1.1.4. Негізгі мәселелер мен проблемалар

Бүгінгі таңда Қазақстанның энергетикалық секторында бірнеше негізгі проблемаларды бөліп көрсетуге болады:

**1. Экологиялық сын-тегеуріндер:** көмірмен жұмыс істейтін электр станцияларының үстемдігі көмірқышқыл газы мен басқа ластаушы заттардың жоғары шығарындыларына әкеледі, бұл климаттың өзгеру проблемасын күшейтеді. Бұл проблеманы шешу үшін ЖЭК сияқты таза энергия көздеріне көшуді күшейту, сондай-ақ көміртекті тұту технологияларын дамыту қажет. Экологиялық саясат пен саланы тарифтік реттеу саясатының сәйкессіздігі, сондай-ақ көміртегі бейтараптығына көшудің ұзақ мерзімді перспективаларында өндіруші қуаттарды енгізу және шығару бойынша келісілген жоспарлардың болмауы да саланың болашағы үшін сын-тегеурін болып табылады.

**2. Инвестициялардың жетіспеушілігі:** энергетикалық инфрақұрылымды жаңғыртуға, сондай-ақ тұрақты энергиямен жабдықтауға көшу үшін қажетті жаңа объектілерді дамыту қажет.

**3. Техникалық жай-күйі:** қорлардың қартаюы және жаңғыртудың төмен қарқыны, ҚР БЭЖ энергетикалық активтерінің тозуының жоғары деңгейі, электр және жылу энергиясын өндіру мен тұтынудың бүкіл тізбегі бойынша шығындардың жоғары

деңгейі, электр энергиясы мен қуаттардың, оның ішінде реттеуші қуаттардың болжамды тапшылығы, ҰЭЖ жекелеген энергия тораптары арасында өткізу қабілетін шектеу және ҚР БЭЖ Батыс аймағының оқшаулануы қазіргі уақытта энергетика саласының негізгі проблемалары болып табылады.

**Жаңартылатын энергия көздерінің интеграциясын** жеке мәселе ретінде бөліп көрсетуге болады: айнымалы энергия көздерін (жел және күн энергиясы) сақтау жүйелерін пайдалану мен қуатты реттеудің икемді тетіктерін әзірлеуді қажет ететін энергия жүйесіне біріктіру проблемасы.

#### 1.5. Қазақстан Республикасының электр энергетикасы секторын дамыту жоспарлары

Энергетика саласын тұрақты дамыту үшін Қазақстан бірқатар стратегиялық бастамаларды тұжырымдады:

**1. Жаңартылатын энергия көздерін (ЖЭК) дамыту:** ЖЭК үлесін 2050 жылға қарай 50%-ға дейін ұлғайту жоспарлануда. Ол үшін жаңа күн және жел станцияларының құрылысы жүргізілуде.

**2. Энергетикалық инфрақұрылымды жаңғырту:** қолданыстағы энергетикалық объектілерді жаңарту және ескі электр желілерін жаңғыртуды, жаңа электр беру желілерін салуды, сондай-ақ көрші елдермен желіаралық байланыстарды құруды қамтитын желілік инфрақұрылымның сапасын жақсарту.

**3. Энергия тиімділігін арттыру:** энергия үнемдеудің заманауи технологияларын енгізу, энергия өндіру мен тұтынуды оңтайландыру, энергетикалық процестерді басқару жүйелерін жақсарту.

**4. Көміртегі бейтараптығы:** Қазақстан неғұрлым экологиялық таза энергетикаға көшу және экологиялық қауіпсіздік саласындағы заңнаманы жетілдіру үшін жағдай жасай отырып, көміртегі шығарындыларын азайту бойынша белсенді жұмыс істейді.

**5. Инвестициялар мен инновациялар:** энергетикалық технологиялар мен инфрақұрылымды дамытуға инвестициялар тарту, энергия жүйесінің жұмысын жақсарту үшін инновациялық шешімдер жасау, соның ішінде электр энергиясын жинақтау жүйелерін пайдалану.

**6. Кадрларды даярлау:** электр энергетикасының қажеттіліктері үшін жоғары кәсіби кадрларды даярлау, жастарды салаға тарту үшін жағдайлар жасау, технологиялық орталықтар мен құзыреттілік орталықтарын дамыту.

Осылайша, Қазақстан барлық тұтынушылар үшін тұрақты және экологиялық таза энергиямен жабдықтауды қамтамасыз етуі тиіс энергетикалық ауысу жолында тұр. Ағымдағы және жоспарланған шаралар энергияның қолжетімділігі мен сапасын жақсартуға, сондай-ақ энергетика секторының қоршаған ортаға әсерін азайтуға бағытталған.

#### 1.2. Қазақстанда жаңартылатын энергетиканы дамытудың ағымдағы жағдайы

### 1.2.1 Жаңартылатын энергия әлеуеті

Қазақстан Республикасы аумағы бойынша әлемде 9-орында. Қазақстанның кең жерлері жел, күн және гидроэнергетиканы дамытудың айтарлықтай әлеуетіне ие.

Ел алдағы жылдары жел генерациясын дамыту бойынша әлемде көшбасшы позицияны иеленуге барлық мүмкіндіктерге ие, ол:

- максималды тұрақты;
- бүкіл ел аумағы бойынша біркелкі бөлінген;
- соңғы тұтынушылардың тарифтерінің өсуіне минималды әсер ету.

Қазақстанда климат жел электр станцияларын салу үшін қолайлы, желдің жылдамдығы 5 м/с-тан асатын жел дәліздерінің болуына байланысты, бұл жел турбиналарының жұмысы үшін қажет. Сараптамалық бағалаулар бойынша, Қазақстанда жел энергетикасының энергетикалық әлеуеті жылына 920 млрд кВт·сағ құрайды.

Жел ресурстары өте қолайлы төрт негізгі аймаққа ерекше назар аудару керек:

**1. Каспий аймағы** – жел энергетикасын дамыту үшін ең перспективалы орындардың бірі, тұрақты және қатты жел, әсіресе қыс мезгілінде. Жағалау аймағында жоғары әлеует қуатты жел парктерін құруға ықпал етеді.

**2. Қазақстанның оңтүстік өңірлері** – Алматы және Жамбыл облыстарын қоса алғанда, аумақтар, әсіресе таулы және тау бөктеріндегі аудандарда тұрақты жел ағындарымен сипатталады. Мұнда ұлттық энергетикаға елеулі үлес қосатын ірі жел электр станцияларын құруға болады.

**3. Шелек дәлізі** – Қазақстанның шығыс бөлігінде орналасқан бұл аймақ жоғары жылдамдықты желімен танымал, бұл оны жел турбиналарын орналастыру үшін тамаша таңдау етеді. Бұл – жел генерациясы үшін ең тиімді және перспективалы аймақтардың бірі.

**4. Жоңғар қақпасы** – Қазақстан мен Қытай арасындағы табиғи өткел, қуатты жел ағындарымен танымал. Бұл аймақ жел станцияларын жаппай салу үшін үлкен әлеуетке ие, бұл энергия өндірудің едәуір көлемін қамтамасыз етеді.

Осы аймақтардың әрқайсысында Қазақстанда жел энергетикасының тұрақты дамуы үшін тамаша мүмкіндіктер туғызатын бірегей климаттық жағдайлар бар.

\*\*\*

Бұған қоса, Қазақстан өзінің географиялық жағдайы мен климаттық жағдайына байланысты айтарлықтай күн әлеуетіне ие. Ел Еуразия құрлығының орталық бөлігінде орналасқан, онда күн белсенділігі орташа деңгейден едәуір жоғары.

Бұл ретте еліміздің оңтүстік өңірлерінде бұл жылына шамамен 2200-3000 күн сағаты бар, бұл

Қазақстанға әлемнің ең шуақты елдерімен бәсекеге қабілетті болуға мүмкіндік береді. Күн радиациясының жоғары деңгейі және ұзақ күн маусымы бар бұл аймақтар күн энергиясын тиімді пайдалану үшін тамаша мүмкіндіктерге ие.

Мұндай аймақтарға ерекше назар аудару керек:

**1. Қазақстанның оңтүстік және оңтүстік-шығыс өңірлері** – Алматы, Жамбыл, Түркістан және Қызылорда облыстары, онда жылдың шуақты күндер саны 280-300-ге жетеді. Бұл облыстарда күн радиациясы жоғары, бұл оларды күн панельдерін орнатуға өте ыңғайлы етеді. Мұнда энергияның едәуір көлемін қамтамасыз ететін ірі күн электр станцияларын құруға болады. Электр қуаты жетіспейтін және күн әлеуеті жоғары Арал маңы мен оңтүстік аймақтар ерекше маңызды, бұл оларды күн генерацияларын орналастыру үшін ең қолайлы етеді.

**2. Қазақстан шөлі мен жартылай шөлі** – елдің орталық және батыс бөлігін қамтитын аумақтың да күн генерациясы үшін әлеуеті жоғары. Бұл – кең күн ресурстары бар аудандар, сондай-ақ пайдаланылмаған, бірақ болашақта электр желісінің маңызды бөлігі бола алатын бос аумақтар.

Қазақстанда күн энергиясының даму үшін зор әлеуеті бар. Сараптамалық бағалаулар көрсеткендей, күн ресурстарын оңтайлы пайдалану арқылы ел жыл сайын шамамен 2,5 млрд кВт·сағ өндіре алады. Бұл Қазақстан алдында экологиялық таза және жаңартылатын энергия өндіруге, сондай-ақ энергетика секторын әртараптандыруға және дәстүрлі энергия көздеріне тәуелділікті төмендетуге кең мүмкіндіктер ашады.

Алайда, электроникаға негізделген көптеген электр станцияларын орнату қосымша қиындықтар туғызады. Бұл техникалық құжат жаңартылатын энергия көздерінің орасан зор әлеуетін пайдалана отырып, Қазақстанда табысты көшуді қамтамасыз ету мақсатында жазылған.

\*\*\*

Қазақстанның гидроэнергетикалық әлеуеті елдің энергетикалық қауіпсіздігін қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады. Қазақстанның гидроэнергетикасының жалпы энергетикалық әлеуеті шамамен 170 млрд кВт·сағ құрайды, оның ішінде техникалық әлеуеті 62 млрд кВт·сағ деп бағаланады. Бұл ресурс жаңартылатын энергияның маңызды көзі болып қала береді, ол болашақта елдің энергетикалық тәуелсіздігін айтарлықтай арттыра алады.

Қазақстанда гидроэнергетикалық ресурстарға бай үш өңір бар:

**1. Ертіс өзенінің бассейні** – Бұқтырма, Шүлбі және Өскемен ГЭС сияқты ірі гидроэлектр станциялар орналасқан. Бұл станциялар елдегі гидроэнергетиканың айтарлықтай үлесін қамтамасыз етеді және жоғары пайдалану мүмкіндіктеріне ие.

**2. Іле өзенінің бассейні** – Қапшағай және

мойнақ сияқты су электр станциялары бар, олар да энергия өндіруге ықпал етеді және одан әрі даму перспективалары бар.

**3. Сырдария, Талас және Шу өзендерінің бассейндері** – Шардара ГЭС-ін қоса алғанда, бұл өңір Қазақстанның оңтүстік облыстары үшін гидроэнергетиканың маңызды көзі болып табылады.

Айта кету керек, Қазақстанның барлық өзендерінің 90%-ы шағын. Бұл экономикалық тұрғыдан тиімді және елдің жалпы энергетикалық балансын едәуір арттыра алатын шағын гидроэлектростанцияларды салуға мүмкіндіктер ашады. Соңғы жылдары шағын ГЭС пайдалануға беруге бағытталған жобалар белсенді түрде іске асырылуда, бұл жергілікті жерлерде су ресурстарын тиімдірек пайдалануға мүмкіндік береді.

Қазақстанда 2174 өзен бар, оның 86,9%-ы ұзындығы 10-нан 50 км-ге дейін, 6%-ы 50-ден 100 км-ге дейін және 7,1%-ы 100 км-ден асады. Өзендердің бұл бейіні шағын гидроэлектр станцияларды белсенді дамытуға мүмкіндік береді, бұл энергия көздерін әртараптандыруға және өңірлердегі энергетикалық инфрақұрылымды жақсартуға ықпал етеді.

Гидроэнергетика Қазақстанның энергетикалық қауіпсіздігін қамтамасыз етудің негізгі элементі болып қала береді. Ұлттық энергия жүйесін қолдау үшін маневрлік қуаттарға қажеттілік жағдайында шағын және ірі ГЭС-ті енгізу міндеті таяу болашақ үшін өзекті болып отыр. Бұл энергетиканың тұрақты дамуына ықпал етіп қана қоймай, сонымен қатар жаңартылатын энергия көздерін пайдалану және ел-

дің көміртегі ізін азайту мақсаттарына қол жеткізуде маңызды рөл атқарады, өйткені ГЭС инерция сияқты синхронды генераторларға тән артықшылықтарға ие болады.

**1.2.2. ЖЭК генерациялау қуаттарының құрылымы**

Бүгінде Қазақстанда жалпы белгіленген қуаты 3032,12 МВт болатын жаңартылатын энергия көздерінің (ЖЭК) 153 объектісі жұмыс істейді. Елдегі ЖЭК генерациялау қуаттарының құрылымы энергетикалық қондырғылардың әр алуан түрлерімен ұсынылған:

- Жел электр станциялары (ЖЭС) – 1520,05 МВт;
- Күн электр станциялары (КЭС) - 1222,61 МВт;
- Шағын гидроэлектр станциялар (шағын ГЭС) – 287,68 МВт;
- Биогаз электр станциялары (БиоЭС) – 1,77 МВт.

Қазақстанда ЖЭК секторы барлық негізгі бағыттар бойынша өсудің оң серпінін көрсетеді. Біріншіден, ЖЭК объектілерінің белгіленген қуаты жыл сайын артып келеді. Егер 2010 жылы ЖЭК нысандарының жалпы қуаты небәрі 60 МВт болса, 2024 жылдың соңына қарай бұл көрсеткіш 3032 МВт-қа дейін өсті. Бұл елдегі жаңартылатын энергия көздерін дамытудағы айтарлықтай прогресті көрсетеді. Екіншіден, Қазақстанда электр энергиясын өндірудің жалпы көлеміндегі ЖЭК үлесі де өсуде. 2024 жылы ол 7%-ға жетті. Салыстыру үшін, 2010 жылы бұл көрсеткіш 0,1%-дан аспады. Бұл өсім белгіленген қуаттың

**2-диаграмма – Жаңартылатын энергия көздерін өндіретін қуаттардың құрылымы**



Дереккөз: ҚР Энергетика министрлігі

ұлғаюымен ғана емес, сонымен қатар ЖЭК саласындағы жобаларды, соның ішінде салықтық жеңілдіктерді, субсидияларды және «жасыл» энергетикаға инвестициялар тартуға арналған бағдарламаларды белсенді мемлекеттік қолдаумен байланысты.

Осылайша, Қазақстанда ЖЭК секторы қарқынды дамып келеді, бұл қуаттылықтың, өндірістің жалпы көлеміндегі үлестің және өндірілген электр энергиясының көлемінің ұлғаюымен расталады. Бұл – елдің тұрақты энергетикалық болашағына және дәстүрлі энергия көздеріне тәуелділікті төмендетуге бағытталған маңызды қадам.

### 1.2.3. Жаңартылатын энергетика саласындағы саясат және институционалдық қолдау

Қазақстанда жаңартылатын энергетика саласындағы саясат тұрақты дамуға, дәстүрлі энергия көздеріне тәуелділікті төмендетуге және елдегі экологиялық жағдайды жақсарту жөніндегі мақсаттарға қол жеткізуге бағытталған. Соңғы жылдары Қазақстан ЖЭК секторының дамуын реттейтін стратегиялық құжаттарды әзірлей отырып, «жасыл» энергетикаға көшу саласындағы өзінің күш-жігерін едәуір жандандырды.

Қазақстан климат жөніндегі Париж келісіміне қол қойды және парниктік газдар шығарындыларын азайту бойынша міндеттемелер алды. Осыған байланысты Қазақстан Республикасының 2030 жылға дейінгі энергетикалық балансы қабылданды, онда электр энергиясын өндірудің жалпы көлеміндегі ЖЭК үлесін ұлғайту жөніндегі мақсаттар қойылды. Негізгі мақсаттардың бірі 2030 жылға қарай энергетикалық баланстағы ЖЭК үлесінің 15%-на қол жеткізу болып табылады. Сондай-ақ жоспарға сәйкес, Қазақстан көміртегі ізін азайтуға және жаңартылатын энергия көздерін пайдалануды ынталандыруға ұмтылады.

ЖЭК секторына инвестициялар тарту үшін мемлекеттік субсидиялар, салықтық жеңілдіктер және энергияны сатып алуға кепілдіктер сияқты түрлі тетіктер әзірленді. Жаңартылатын энергия көздері жобаларының өсуіне ықпал ететін «жасыл» облигациялар мен басқа да қаржы құралдарын қоса алғанда, шетелдік инвесторларды тарту бағдарламалары бар.

ЖЭК саласындағы мемлекеттік саясатты тиімді іске асыру үшін Қазақстанда жаңартылатын энергия көздері саласында жұмыс істейтін мемлекеттік органдар мен компанияларды қамтитын кең институционалдық құрылым құрылды.

Қазақстан Республикасының Энергетика министрлігі ЖЭК секторын қоса алғанда, энергетика саласындағы саясатты әзірлейтін, үйлестіретін және жүргізетін бас мемлекеттік орган болып табылады. Министрлік жаңартылатын энергетика саласындағы жұмысты реттейтін нормативтік актілерді, қаулылар мен өкімдерді әзірлеумен айналысады.

#### Қазақстан Республикасы Энергетика мини-

**стрлігінің** «Жаңартылатын энергия көздерін қолдау жөніндегі қаржы-есеп айырысу орталығы» ЖШС жаңартылатын энергия көздерін пайдалану объектілері өндірген және Қазақстан Республикасының Бірыңғай электр энергетикалық жүйесінің электр желілеріне жеткізілген электр энергиясын орталықтандырылған сатып алуды және сатуды жүзеге асырады.

«Жаңартылатын энергия көздерін қолдау жөніндегі қаржы-есеп айырысу орталығы» ЖШС құру және дамыту Қазақстан Республикасының жаңартылатын энергия көздері секторын дамыту жөніндегі қабылданған курсымен байланысты. ЖЭК секторын дамытуға жағдай жасау мақсатында бірыңғай сатып алушы – қаржы-есеп айырысу орталығы ЖЭК объектілері өндіретін электр энергиясын орталықтандырылған сатып алуды енгізуге негізделген мемлекеттік қолдау тетігі қабылданды.

«КОРЭМ» АҚ өз алаңын ұсынады және Қазақстан Республикасында ЖЭК жобаларын іріктеу бойынша аукциондық сауда-саттықты өткізуді қамтамасыз етеді. Сондай-ақ, «КОРЭМ» АҚ елімізде осы саланың дамуына ықпал ете отырып, энергия жүйесін басқаруға инновациялық тәсілдерді енгізу және «жасыл» энергетиканы қолдау тетіктерін дамыту жөніндегі бастамаларды іске асыруда.

«KEGOC» АҚ – энергетикалық ауысу жағдайында болашақ энергетикалық жүйенің және нарықтың өзгеруіне ықпал ететін, экономиканың өсіп келе жатқан қажеттіліктерін қамтамасыз ететін және инфрақұрылымды жоспарлау және экологиялық таза энергияны дамыту арқылы тұрақты электр энергетикалық жүйенің дамуына үлес қосатын Қазақстан БЭЖ жүйелік операторы.

ЖЭК саласындағы саясат басқа елдермен және ұйымдармен халықаралық ынтымақтастықты да белсенді қамтиды. Қазақстан Париж климат жөніндегі келісімі сияқты халықаралық келісімдерге қатысады және Дүниежүзілік банк, Еуропалық қайта құру және даму банкі, Азия даму банкі сияқты халықаралық қаржы институттарымен, сондай-ақ ЖЭК жобаларын іске асыруға мүдделі инвесторлармен белсенді ынтымақтасады.

Осылайша, Қазақстанда жаңартылатын энергетика саласындағы саясат пен институционалдық қолдау ішкі және халықаралық инвестицияларды ынталандыра отырып, «жасыл» энергетиканы дамыту үшін қолайлы орта жасайды. Мемлекеттік қолдаумен және заманауи технологияларды енгізумен ұштастыра отырып, бұл елдің тұрақты энергетикалық болашағы үшін жаңа көкжиектер ашады.

### 1.2.4. Жаңартылатын энергетика жобаларына арналған тарифтік және инвестициялық саясат

Қазақстанның жаңартылатын энергетика саласындағы тарифтік және инвестициялық саясаты ЖЭК секторының өсуін ынталандыруға, жеке және

шетелдік инвестицияларды тартуға, сондай-ақ тұрақты және бәсекеге қабілетті энергетикалық жүйені құруға бағытталған. Соңғы жылдары ел Үкіметі жаңартылатын көздерден өндірілетін электр энергиясына кепілдендірілген тарифтерді белгілеуді және жобаларды қаржыландыру тетіктерін әзірлеуді қоса алғанда, «жасыл» энергетиканы қолдауға бағытталған бірқатар шараларды қабылдады.

#### **Электр энергиясын кепілдендірілген сатып**

**алу.** ЖЭК үшін тарифтік саясаттың негізгі құрамдас бөліктерінің бірі жаңартылатын энергетика объектілерін салатын инвесторлар үшін тұрақты кірісті қамтамасыз ететін электр энергиясын кепілдендірілген сатып алу жүйесі болып табылады. Бұл тәуекелдерді азайтуға және күн, жел және шағын су электр станциялары жобаларына инвестициялардың тартымдылығын арттыруға мүмкіндік береді. ЖЭК-тен кепілдендірілген электр энергиясының бағасы белгілі бір мерзімге белгіленеді, бұл инвесторларға өз салымдарын қайтаруға сенімділік береді.

**Бәсекеге қабілетті баға.** 2018 жылдан бастап Қазақстанда ЖЭК объектілерінде өндірілген электр энергиясына неғұрлым бәсекеге қабілетті тарифтерді айқындау үшін аукциондар жүйесі іске асырылды. Бұл тетік электр энергиясының құнын төмендетуге және нарықтың тиімділігін арттыруға, сондай-ақ ЖЭК саласында инновациялар мен жаңа технологияларды ынталандыруға мүмкіндік береді.

**Тарифтерді индексстеу.** ЖЭК объектілері үшін тарифтер инфляция мен валюта бағамының әсерін ескере отырып, тұрақты негізде қайта қаралады. Мұндай тәсіл электр энергиясын өндіру құнының өзгеруін ескере отырып, жаңартылатын энергия көздерін пайдаланғаны үшін инвесторларға барабар өтемақы беруге көмектеседі.

Қазақстанда жаңартылатын энергетика (ЖЭК) саласындағы жобалар үшін түрлі инвестициялық және салықтық преференциялар көзделген, бұл инвесторлар үшін тартымды жағдайлар жасайды.

**1. Басым инвестициялық жобалар үшін инвестициялық преференциялар:** басым жобалар шеңберінде инвесторлар тауарлардың импортына кедендік баждар мен қосылған құн салығын (ҚҚС) салудан босатылады, бұл ірі жобаларды іске асыру кезінде шығындарды айтарлықтай төмендетеді.

**2. Мемлекеттік заттай гранттар:** Қазақстанда инвесторларды қолдау үшін мемлекеттік заттай гранттар көзделген. Гранттың ең жоғары мөлшері жер учаскелерін, ғимараттарды, құрылыстарды, жабдықтарды, есептеу техникасын, көлік құралдарын (жеңіл автомобильдерді қоспағанда), сондай-ақ өндірістік мүкәммалды қоса алғанда, тіркелген активтерге инвестициялар көлемінің 30%-на дейін құрайды.

**3. Басым инвестициялық жобалар үшін салықтық преференциялар:**

- Корпоративтік табыс салығы (КТС) сомасын 100%-ға азайту.
- Жер салығының мөлшерлемесіне 0 коэффициентін қолдану, бұл кәсіпорындарға қаржылық жүктемені азайтады.
- Мүлік салығы салық базасына 0% мөлшерлеменен есептеледі, бұл инфрақұрылым мен жабдыққа инвестицияларды тиімдірек етеді.

#### **4. 4. Преференциялардың қолданылу мерзімдері мен күшін жою шарттары:**

инвестициялық келісімшартта әрбір преференцияның қолданылу мерзімі, бірақ Қазақстан Республикасының Салық кодексінде көзделген шекті мерзімнен аспайтын мерзім белгіленеді. Инвестициялық келісімшарт мерзімінен бұрын тоқтатылған жағдайда салық преференцияларын қолдану жойылуы мүмкін екенін ескеру маңызды.

Қазақстанның тарифтік және инвестициялық саясаты елдің энергетикалық теңгеріміндегі ЖЭК үлесін ұлғайту мақсатында дамуын жалғастыруда. Болашақта аукциондар мен сатып алу бағаларына жаңа тәсілдерді енгізуді қоса алғанда, тарифтік реттеу тетіктерін жетілдіру, сондай-ақ жаңартылатын энергетика саласындағы жаңа технологияларды қолдауды күшейту жалғасады деп күтілуде.

Осылайша, Қазақстанның кешенді тарифтік және инвестициялық саясаты ЖЭК секторының өсуін ынталандыруға, инвесторлар үшін қолайлы жағдайлар жасауға және орнықты және экологиялық таза энергетикалық болашаққа көшу жөніндегі ұлттық мақсаттарды іске асыруға ықпал етеді.

Сонымен қатар, жүйедегі ағымдағы қуат тапшылығын, сондай-ақ соңғы жылдары пандемияға байланысты енгізілген шектеулер алынып тасталғаннан кейін республика экономикасының кейінге қалдырылған өсуімен байланысты электр энергиясын тұтынудың өсуімен сипатталатынын назарға ала отырып және Орталық Азия елдеріндегі теңгерімді талдау ел мен өңірде қуат тапшылығының өсіп келе жатқанын көрсеткенін ескере отырып жалпы, ҚР Энергетика министрлігі Электр энергетикасы саласын дамытудың 2035 жылға дейінгі тұжырымдамасын және электр энергетикасы саласын дамыту жөніндегі іс-шаралар жоспарын әзірлеп, бекітті.

Бұл ретте электр энергетикасы саласын дамыту жөніндегі іс-шаралар жоспары елдегі қуат тапшылығын жабу және энергетика секторының экспорттық әлеуетін ұлғайту үшін 26 ГВт жаңа өндіруші қуаттарды енгізуді көздейді.

ЖЭК жобаларын іріктеу бойынша аукциондар шеңберінде ЖЭК секторын дамытуға жоғары әлеуеттің болуына байланысты Министрлік аукционға қойылған жалпы қуаты 6,7 ГВт-ты құрайтын бес жылдық кезеңге арналған аукциондық сауда-саттықты өткізу кестесін әзірлеп, бекітті, сондай-ақ стратегиялық инвесторлармен бірлесіп ЖЭК-тің ауқымды жобаларын іске асыру көзделіп отыр.

Осылайша, 2030 жылға дейінгі перспективалық жоспарларға сәйкес ЖЭК-ті келесі енгізу жоспарлануда:

ҚР Энергетика министрлігі бекіткен 2023 жылға арналған аукциондық сауда-саттық кестесіне және 2024-2027 жылдарға арналған аукциондық сауда-саттық жоспарына сәйкес 6 700 МВт-қа жуық ЖЭК объектілерін, оның ішінде 4 000 МВт ЖЭС, 500 МВт ЖЭС және 2 220 МВт ГЭС енгізу көзделеді.

Сондай-ақ, ЖЭК-тің ірі жобаларын салу жоспарлануда (шамамен 7 000 МВт), оның ішінде:

- Алматы облысында Total Energies (Франция) компаниясының қуаты 300 МВт және сыйымдылығы 600 МВт-сағ энергия жинақтау жүйесімен 1 000 МВт ЖЭС құрылысы;
- Жамбыл облысында Masdar (БАӘ) компаниясының қуаты 300 МВт және сыйымдылығы 600 МВт-сағ энергия жинақтау жүйесімен 1 000 МВт ЖЭС құрылысы;
- Aswa Power (Сауд Арабиясы) компаниясының қуаты 300 МВт және сыйымдылығы 600 МВт-сағ энергия жинақтау жүйесімен Жетісу облысының Жоңғар қақпасы ауданында 1 000 МВт ЖЭС құрылысы;
- China Power International Holding (СПИН) (ҚХР) компаниясының қуаты 300 МВт және сыйымдылығы 600 МВт-сағ энергия жинақтау жүйесімен 1 000 МВт ЖЭС құрылысы;
- қытайлық power China (ҚХР) компаниясының «Шелек» ЖЭС-ін 750 МВт-қа кеңейтуі;
- «Самұрық-Қазына» АҚ ӨК өнеркәсіптік объектілерінде орналастыра отырып, Nevel (Ресей) компаниясының жалпы қуаты 1 000 МВт КЭС құрылысы;
- Қарағанды облысында «Нұра» ҚС-на ЖЭС және Түркістан облысында Кентау ҚС-на КЭС-ті қоса отырып, Gezhouba Group компаниясының энергия жинақтау жүйесімен жалпы қуаты 800 МВт ЖЭС және СЭС құрылысы.
- Алматы облысында Gezhouba Group, Power China компаниясының «Алма» ҚС-на ЖЭС қосумен 1250 МВт ЖЭС құрылысы.

Жоспарланған генерациялау объектілері электр қуаттарындағы тепе-теңдікті және электр желілеріне біркелкі жүктемені қамтамасыз ету мақсатында энергия жүйесі бойынша таратылады.

Электр энергетикасы саласын дамыту жөніндегі іс шаралар жоспарын табысты іске асыру кезінде 2035 жылға қарай отын түрлері бойынша белгіленген қуаттың құрылымы мынадай түрде қалыптасады:

- ЖЭК – 24,4%;
- ГЭС – 10,8%;
- Газ – 25,8 %;
- Көмір – 34,3%;
- АЭС – 4,7%.

Электр энергиясын тұтыну көлеміндегі көмір генерациясы үлесінің едәуір төмендеуі жаңартылатын, баламалы энергия көздерін енгізу және газ генерациясы есебінен қамтамасыз етілетіні атап өтілді.

Осылайша, 2035 жылға қарай көміртекті офсетке жылына 44 млн тонна CO<sub>2</sub> деңгейіне жету жоспарлануда.

### 1.3. Қазақстан Республикасында жаңартылатын энергетиканы дамытудың перспективалық бағыттары

#### 1.3.1. ЖЭК екіжақты келісімшарттар нарығын дамыту

Екі жақты ЖЭК келісімшарты – жаңартылатын энергия өндірушісі мен тұтынушы арасындағы электр энергиясын алдын ала келісілген бағамен және белгілі бір мерзімге сату мен сатып алуды реттейтін келісім. Бұл жағдайда ЖЭК-тен электр энергиясын ұзақ мерзімді сатып алушы тұтынушы болып табылады.

Екіжақты ЖЭК келісімшарттарын дамытудың негізгі мақсаты – сатып алушыларға тұтынылатын электр энергиясын өндіру көзін өз бетінше таңдау мүмкіндігін жасау, ал ЖЭК электр энергиясын өндіруші өз қызметін қаржыландыруды жоспарлауға мүмкіндік алады. Сондай-ақ, ЖЭК екіжақты келісімшарттары келесі міндеттерді шешуге мүмкіндік беретінін атап өткен жөн:

- электр энергиясын бірыңғай сатып алушыға тәуелділіктің болмауы;
- электр энергиясының әділ құнын анықтау;
- ЖЭК қолдау заңнамасындағы өзгерістерден және көміртекті төмендету жөніндегі халықаралық талаптардан тәуекелдерді хеджирлеу мүмкіндігі қоршаған орта;
- электр энергиясын сатып алушының экологиялық міндеттемелерді орындауы;
- сатып алушы мен сатушы үшін электр энергиясын сатып алу мен сатудың ұзақ мерзімді жоспарлауын ұйымдастыру;
- ЖЭК энергия жүйесіне теріс әсер ету деңгейін төмендетуге арналған шешімдердің бірі.

BloombergNEF есебіне сәйкес, корпорациялар<sup>1</sup> 2023 жылы 46 ГВт күн және жел энергиясын сатып алу туралы келісімдерді (PPA) жариялады, бұл өткен жылмен салыстырғанда 12%-ға өсті.

2022-2023 жылдар аралығында Еуропадағы корпоративтік PPA<sup>2</sup> көлемі 74%-ға – 15,4 ГВт-қа дейін өсті. Бұл – барлық аймақтардағы ең үлкен өсім. BloombergNEF хабарлағандай, «2022 жылы аймақтағы энергетикалық дағдарыстан кейін жеткізу тізбегіндегі проблемалар жеңілдеп, газ теңгерімі қалыпқа келгендіктен, аймақтағы корпоративтік PPA бағалары көбінесе электр энергиясының бағасынан тезірек төмендеді».

Электр энергиясын сатып алу туралы келісімдердің (PPA) ең үлкен нарығы Америка Құрама Штаттары болып қала береді. Онда жарияланған мәмілелер көлемі 17,3 ГВт құрады, алайда 2022 жылы қол жеткізілген рекордтық 20,6 ГВт-пен салыстырғанда жылдық көрсеткіш 16%-ға төмендеді.

**3-диаграмма – ЖЭК екіжақты келісімшарттарының схемасы**



Дереккөз: «Qazaq Green» ЖЭК қауымдастығы

Жаңартылатын энергияны жылжыту мақсатында бүкіл әлемдегі ірі корпорациялар мен компаниялар RE100 бастамасын біріктірді.

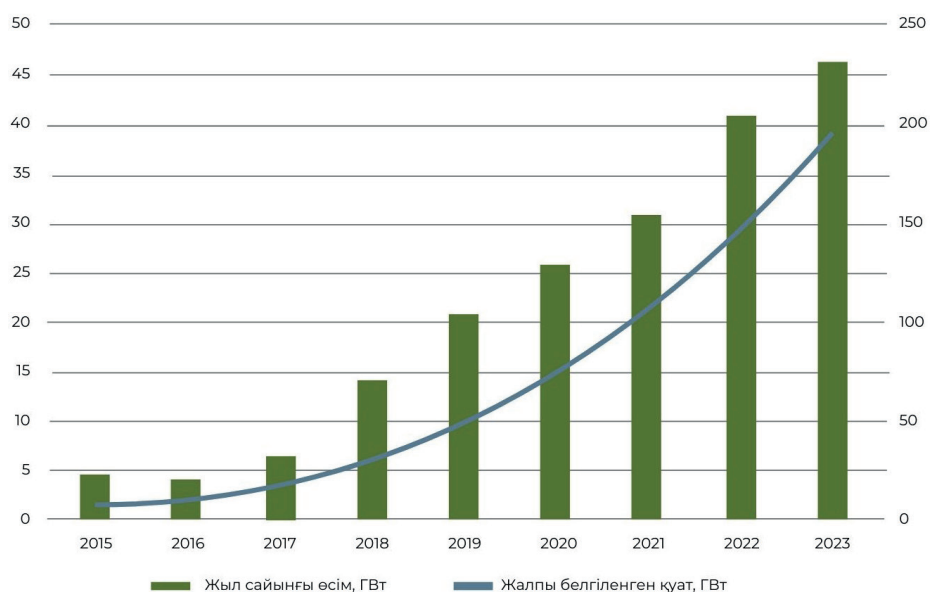
RE100 – жаңартылатын энергияны 100% пайдалану қағидатын ұстанатын жүздеген ірі және өршіл компанияларды біріктіретін жаһандық корпоративтік жаңартылатын энергия бастамасы. RE100 мүшелері қазірдің өзінде орташа елді электр қуатымен қамтамасыз ету үшін жеткілікті жаңартылатын электр энергиясына сұранысты қамтамасыз етуде.

RE100 бастамасы 420-дан астам ірі компанияларды біріктіреді, олардың арасында Apple, Airbnb,

Samsung, Adobe және басқалары бар. Қазіргі уақытта RE100 компаниялары 440 ТВт-сағ таза электр энергиясын сатып алды және 2040 жылға қарай 100% көміртексіз электр энергиясын тұтынуға қол жеткізуге ұмтылуда.

2022 жылдың қорытындысы бойынша RE100 компанияларының 31%-ы жаңартылатын электр энергиясын екіжақты PPA-келісімшарттар механизмі арқылы сатып алды. Есептілік физикалық және виртуалды PPA, сондай-ақ электр жеткізушілерімен бөлшек және жобалық келісімшарттар арасындағы айырмашылықты анықтайды.

**4-диаграмма – Корпоративтік PPA жаһандық нарығының көлемі**



Дереккөз: BloombergNEF

<sup>1</sup>BloombergNEF (BNEF) in its 1H 2024 Corporate Energy Market Outlook  
<sup>2</sup>PPA – Power purchased agreement – электр энергиясын сатып алудың ұзақ мерзімді шарты

RE100 бастамасы мүшелерінің электр энергиясын сатып алу мәмілелерінің шамамен 41%-ы энергияның шығу тегі туралы сертификаттарды (Energy Attribute Certificate) сатып алу арқылы жүзеге асырылды. Оларды әдетте электр қуатын физикалық түрде бермейтін үшінші тарап бөлшек саудагерлері сатады. Алайда, осы жағдайлардың барлығында ЕАС сатып алушылары электр энергиясын желіден тұтынады және жаңартылатын энергия туралы шағымдарды негіздеу және шығарындыларды азайту үшін сертификаттарды пайдаланады.

Amazon төртінші жыл қатарынан әлемдегі ең ірі корпоративтік таза энергия сатып алушысы болды.

тиесілі. Еуропа елдерінде мұндай корпоративтік PPA негізінен тартымды, өйткені олар бөлшек сауда тарифтерінің ауытқуынан сақтандырғысы келетін ірі өнеркәсіптік тұтынушылар үшін энергия бағасының ұзақ мерзімді көрінуін қамтамасыз етеді.

Корпоративтік PPA енгізуге 2024 жылдың сәуірінде өткізілген электр энергиясы нарығының реформасы да ықпал етеді. Еуропарламент қабылдаған негізгі түзетулерге қазба емес энергияны жеткізуге, таза және икемді шешімдерді енгізуге және нарықтың ашықтығын арттыруға арналған ұзақ мерзімді келісімшарттарды ынталандыру кіреді. Осылайша, жаңалықтардың бірі мемлекеттік қаржы-

**5-диаграмма – Компаниялардың RE100 ЖЭК электр энергиясын сатып алу құрылымы**



Дереккөз: RE100 Annual disclosure report 2023

Ол 16 елде 8,8 ГВт PPA, оның ішінде 5,6 ГВт күн PPA туралы жариялады. Компанияның таза энергия портфолиосы 33,6 ГВт құрайды, бұл Бельгия мен Чили сияқты нарықтарда электр энергиясын өндіретін парктарға қарағанда үлкен. Amazon компаниясынан кейін күн энергиясында 3,1 ГВт PPA жариялаған Meta келеді.

BloombergNEF деректері бойынша, RE100 бастамасы бойынша 100% таза энергияға бағытталған компаниялар 2030 жылға қарай қосымша 105 ГВт күн мен жел энергиясын қажет етеді.

Халықаралық энергетикалық агенттіктің болжамына сәйкес, 2030 жылға қарай<sup>3</sup> корпоративтік PPA бәсекелестік аукциондық сауда-саттықтан кейін ЖЭК дамуының екінші маңызды факторы болады. Бүгінгі таңда Испания, Италия, Польша, Швеция, Германия, Франция, Ұлыбритания және Даниядағы ЖЭК қуатының шамамен 20%-ы корпоративтік секторға

ландыру қажет болатын төмен көміртекті энергия өндірісіне жаңа инвестициялар үшін баға айырмашылығына арналған екіжақты келісімшарттар (CFD) болып табылады. Бұл дегеніміз, ұлттық билік электр энергиясын өндірушілермен энергия бағасының алдын ала белгіленген диапазондарымен келіседі. Бұл бәріне тиімді: өндіруші өз тұтынушыларына қажетті энергия көлемін бере отырып, энергияны болжамды бағамен сата алатынына сенімді бола алады. Екіжақты айырмашылық келісімшарттары маңызды емес салаларда электр энергиясын сатып алу туралы келісімдер (PPA) көтермеленеді. Олар да ұзақ мерзімді тұрақтылықты қалыптастыратын әсерге ие.

Корпоративтік PPA-ға қосымша сұраныс алдағы жылдары қолдау мерзімі аяқталатын жаңартылатын энергия көздерін пайдаланып жұмыс істейтін энергия өндіруші ұйымдар тарапынан күтіледі.

### Қазақстанда корпоративтік PPA-келісімшарттарды дамыту

Қазақстан Республикасының заңнамасына сәйкес келесі нормалар бекітілген:

1. «Жаңартылатын энергия көздерін пайдалануды қолдау туралы» Қазақстан Республикасының 2009 жылғы 4 шілдедегі №165-IV Заңы (Заңның 9-бабының 2-тармақшасы) – «1. Жаңартылатын энергия көздерін пайдаланатын энергия өндіруші ұйым өз қалауымен, өндірілген электр энергиясын мынадай нұсқалардың бірі бойынша:

1) осы Заңның 8-1-бабының 2-тармағында көзделген индекстеу ескеріле отырып, өзі мен қаржы-есеп айырысу орталығы арасында сатып алу-сату шартын жасасқан күні қолданыста болатын тіркелген тариф бойынша не аукциондық сауда-саттық қорытындылары бойынша айқындалған аукциондық баға бойынша электр энергиясын бірыңғай сатып алушыға;

2) Қазақстан Республикасының электр энергетикасы туралы заңнамасына сәйкес жасалған екіжақты шарттарға сай шарттық бағалар бойынша тұтынушыларға және шекті тарифтер бойынша энергиямен жабдықтаушы ұйымдарға өткізуге құқылы.»



#### «ҚазМұнайГаз» ҰК» АҚ гибриді жобасы

Корпоративтік PPA-келісімшартты іске асырудың алғашқы мысалы «ҚазМұнайГаз» ҰК» АҚ және Eni S.p.A. итальяндық энергетикалық компаниясының (Eni) гибриді жобасы болып табылады.

Гибриді жоба Eni Plenitude еншілес компаниясы әзірлеген жаңартылатын энергия көздерінен (жел мен күн) электр энергиясын, сондай-ақ Eni халықаралық өндірістік тәжірибесін пайдалана отырып, электр энергиясын өндіруді теңестіру және тұрақтандыру үшін газ электр станциясын біріктіріп өндіруді көздейді.

Күн электр станциясының қуаты 50 МВт, жел станциясының қуаты – 77 МВт және газ станциясының қуаты – 120 МВт құрайды. Гибриді электр станциясы «Өзенмұнай-газ» АҚ және «ҚазГӨЗ» ЖШС қоса алғанда, өңірдегі ҚМГ еншілес компанияларына электр энергиясын тұрақты және сенімді жеткізуді қамтамасыз етеді. Бұл электрмен жабдықтаудың жиі үзілуіне байланысты өндірісте апаттық тоқтау тәуекелін жояды. «ҚазМұнайГаз» ҰК» АҚ жобасын іске асыру мақсатында ҚР Энергетика министрлігі жобаға қатысушылар: ЖЭК энергия өндіруші ұйымы, гибриді топтың әкімшісі және гибриді топтың тұтынушылары, сондай-ақ электр энергиясының теңгерімдеуші нарығымен өзара қарым-қатынастарды

нормативтік-құқықтық бекіту үшін Гибриді топтарды қалыптастыру және жүргізу қағидаларын әзірледі. Осылайша, анықтамаға сәйкес гибриді топ – электр энергиясын өндіру кезінде жаңартылатын энергия көздерін пайдаланудың жиынтық үлесі кемінде 25% болатын, бір энергия торабында орналасқан және осы Қағидаларда айқындалған тәртіппен гибриді топтар тізбесіне енгізілген электр энергиясының көтерме сауда нарығы субъектілерінің тобы. Гибриді топтың әкімшісі – гибриді топқа кіретін энергия өндіруші ұйымдардан электр энергиясын осы гибриді топ ішінде тұтынушыларға және (немесе) электр энергиясының теңгерімдеуші нарығында кейіннен өткізу (сату) мақсатында алуды (сатып алуды) жүзеге асыратын, гибриді топқа кіретін, сондай-ақ гибриді топқа кіретін энергия өндіруші ұйымдар мен электр энергиясын тұтынушылар үшін теңгерім провайдері болып табылатын заңды тұлға. Гибриді топ тұтынушысы – электр энергиясының көтерме сауда нарығының субъектісі болып табылатын және гибриді топтардың тізбесіне енгізілген тұтынушы.

Бұдан басқа, Қазақстан Республикасының заңнамасына сәйкес ЖЭК жобаларын іске асыруды қолдау тетіктерінің бірі «басым тұтынушы» болып табылады.

Басым тұтынушылар (бұдан әрі – БТ) – құрамына электр энергиясын өндіру үшін қазба отындарын пайдаланатын энергия өндіруші ұйымдар кіретін тұлға немесе тұлғалар тобы және (немесе) өндіріп шығарған электр энергиясын осы тұлға немесе тұлғалар тобы толық көлемде тұтынатын не электр энергиясын бірыңғай сатып алушыға орталықтандырылған сауда-саттықта сататын, жұмыс істеп тұрған (2018 жылғы 1 қаңтардан кейін пайдалануға берілген және уәкілетті орган жаңартылатын энергия көздерін пайдаланатын энергия өндіруші ұйымдар тізбесіне енгізбеген) жаңартылатын энергия көздерін пайдалану объектілерін және (немесе) жұмыс істеп тұрған (2021 жылғы 1 қаңтардан кейін пайдалануға берілген) қайталама энергетикалық ресурстарды пайдалану объектілерін меншік құқығымен немесе өзге де заңды негізде иеленетін энергия өндіруші ұйымдар.

Тарихи тұрғыдан алғанда, басым тұтынушы тетігі мұндай ұйымдар ай сайын ҚЕАО-да осы БТ құрамындағы ЖЭК көлемінен қысқарта отырып, өз электр энергиясын желіге жіберу үлесіне пропорционалды электр энергиясының көлемі үшін төлейді және өтпелі үстеме арқылы босату тарифіндегі шығындарды ескере отырып, электр энергиясын түпкілікті тұтынушыларға бөледі деп болжады.



### Kazakhmys ЖЭК жобасы – басым тұтынушы

Осы тетік бойынша 2022 жылы «Kazakhmys Holding (Қазақмыс Холдингі)» ЖШС отын-энергетикалық кешенінің стратегиясы шеңберінде Балқаш КЭС станциясының қуаты 50 МВт құрылысының 1-кезеңі іске асырылды. «Қазақмыс» тобы – негізгі активтері тау-кен өндіру саласында және түсті металлургияда шоғырланған тігінен интеграцияланған холдинг. «Қазақмыс» концентраттамыс шығару бойынша әлемде 20-орынды (271 мың тонна), тазартылмаған және катодты мыс өндіру бойынша 12-орынды (алыс-беріс шикізатын ескере отырып, тиісінше 377 және 365 мың тонна) алады.

2020 жылы «Қазақмыс» тобының қосқан үлесі Қазақстан Республикасына күміс өндіруші елдердің әлемдік рейтингінде 11-орында тұруға мүмкіндік берді (279 тонна, елдегі жалпы өндірістен 51%).

«Kazakhmys Energy» ЖШС (Қазақмыс Энерджи) құрамына екі станция – Жезқазған ЖЭО және Балқаш ЖЭО кіреді, осылайша «Қазақмыс» өндірістік объектілерін және Жезқазған, Сәтбаев, Балқаш қалаларының тұрғындарын, басқа аудандарды жылумен және электр энергиясымен қамтамасыз етеді.

«Балқаш» КЭС 140 гектар аумақты алып жатыр, оның 70 гектарына жабдық орнатылды. Қалған 70 га жер 50 МВт 2-кезеңнің құрылысына дайындалған. 1-кезең көлемінде 50 МВт қуатты өндіру үшін 94 150 дана екіжақты фото-электр модульдері, әрқайсысының қуаты 6250 кВт 8 дана инвертор-трансформатор станциялары, 220/20 кВ қосалқы станциясы, ұзындығы 2,5 км 220 кВ әуе желісі орнатылды, «Kazakhmys Distribution» ЖШС-не тиесілі «Қоңырат» 220/110/10 кВ қосалқы станциясы кеңейтілді. 50 МВт күн электр станциясы жылына 80 млн кВтсағ астам көлемде электр энергиясын өндіруге арналған.

Алайда, нарықты реформалау және бірыңғай сатып алушы тетігін енгізу нәтижесінде 2023 жылғы 1 шілдеден бастап білікті тұтынушы тетігі заңнамалық арнада одан әрі жетілдіруді талап етеді.



### Solidcore Resources Plc. компаниясының ЖЭК жобалары.

Аукциондық сауда-саттықтан тыс жүзеге асырылатын кәсіпорынның өз қажеттіліктері үшін өнеркәсіптік ауқымдағы тағы бір ЖЭК жобасы Solidcore Resources Plc компаниясының күн станциялары жобасы болып табылады. Осылайша, жоба бес жыл ішінде Абай және Қостанай облыстарында жалпы белгіленген қуаты 39,6 МВт екі күн электр станциясын салуды көздейді. Реттеуші қуат ретінде күн станцияларының тұрақсыз генерациясын жабу үшін белгіленген қуаты 40 МВт бір газ микбасты маневрлік станция салу жоспарланған. Инвестициялардың жалпы көлемі 90 млн АҚШ долларынан асады.

Айта кету керек, бүгінгі күні ЖЭК екіжақты корпоративтік келісімшарттар нарығының одан әрі дамуына әсер ететін бірқатар елеулі кедергілер бар.

### Біріншісі – екіжақты келісімшарттар бойынша ЖЭК электр энергиясын бөлшек тұтынушыларға сату мүмкін еместігі.

«Бірыңғай сатып алушы» жаңа тетігі енгізілгеннен кейін ЖЭК энергия өндіруші ұйымы (бұл мысалда – шағын ГЭС) бөлшек сауда нарығы субъектілері үшін электр энергиясын жеткізуші бола алмайды. Бұл энергиямен жабдықтаушы ұйым болуы керек. Осыған байланысты ЖЭК станциялары электр энергиясының көтерме сауда нарығы субъектілерімен электр энергиясын сатуға екіжақты шарттар жасасуы қажет.

Атап айтқанда, бірқатар шағын ГЭС: Тасөткел ГЭС 1, Тасөткел ГЭС 2 («Компания А&Т энерго» ЖШС); Қарақыстақ ГЭС («Жамбыл ГЭС» ЖШС); Меркі ГЭС 1, Меркі ГЭС 2 («Гидроэнергетикалық компания» ЖШС); Меркі ГЭС 3 («Ремкоммстрой» ЖШС); Успенровка ГЭС («Қайнар-АКБ» ЖШС); Антоновка ГЭС («Қаратал ГЭС каскады» ЖШС); «Ақсу ГЭС» ЖШС; Сарқанд ГЭС («Фирма Тамерлан» ЖШС); 3 станция - Дархан, Рысжан, Қошқарата («Келесгидрострой» ЖШС); Қордай ЖЭС («Изенсу» ЖШС) бірыңғай сатып алушы енгізілгеннен кейін шалғай, жету қиын жерлерде орналасқан бөлшек тұтынушыларға (тұрғындар, шипажайлар, демалыс үйлері, шаруа қожалықтары және т.б.) электр энергиясын жеткізу бойынша өз міндеттемелерін жүзеге асыруды жалғастыра алмады.

2024 жылғы маусымда қабылданған түзетулердің арқасында ЭЖҰ-ны шағын ГЭС-тен электр энергиясын басым тәртіппен сатып алуға міндеттейтін норма бекітілді. Атап айтқанда, энергиямен жабдықтаушы ұйымдар басым тәртіппен 2023 жылғы 1 шілдеге дейін пайдалануға берілген және 2023 жылғы 1 шілдеге бірыңғай сатып алушымен жаңартылатын энергия

көздерін пайдалануды қолдау саласындағы Қазақстан Республикасының заңнамасына сәйкес электр энергиясын сатып алу-сатудың ұзақ мерзімді шарттары жасалмаған, оларға қызмет көрсету аймағындағы жиынтық белгіленген қуаты 10 мегаваттан аспайтын гидроэлектрстанциялардан электр энергиясын электр энергиясының шекті тарифі бойынша сатып алады. Бұл ретте осы гидроэлектрстанциялардан 2023 жылғы 1 шілдеге белгіленген қуат деңгейінде электр энергиясын сатып алуға жол беріледі.

### **Екіншісі – екіжақты келісімшарттарды іске асыру шеңберінде теңгерімдеуші қуаттардың болуы бойынша жүйелік оператордың талаптары.**

Электр желілерінің қағидаларына сәйкес (2-тараудың 4-тармағы) электр станциясының қуатын беру схемасы электр желілеріне қосу жоспарланып отырған тиісті ұйыммен (энергия беруші немесе энергия өндіруші), жүйелік оператормен келісіледі.

Бұл ретте, жүйелік оператор реттеу қуаттары болған жағдайда ғана қуат беру схемасын келіседі. Мәселен, жобаны «ҚЕАО» ЖШС арқылы қолдауынсыз екіжақты шарттар шеңберінде іске асыру ниеті болған жағдайда, осы жобаны іске асырудың қажетті шарты (Қазақстан БЭЖ-де реттеуші қуаттың тапшылығын ескере отырып, нәтижесінде ЖЭК тұрақсыз объектілері үлесінің өсуі Қазақстан БЭЖ жұмысының сенімділігінің төмендеуіне қауіп төндіреді) арыз берушіден жиілік пен қуатты автоматты реттеуге қосыла отырып, реттеу қуаты жобасын ұсыну және «КЕГОС» АҚ-мен Қазақстан БЭЖ-де электр қуатын реттеу бойынша қызметтер көрсетуге тиісті шарт жасасу болып табылады (келісім жобасы қоса беріледі). Бұл ретте реттеу қуаты ретінде қазіргі уақытта Қазақстанның БЭЖ қуатының теңгеріміне қатысы жоқ маневрлік генерациялаушы қуаттар ұсынылуы тиіс. Баламалы нұсқа ретінде КЭС-ті белгіленген КЭС қуатының 50% қуатымен және төрт сағат ішінде жинақтағыштың белгіленген қуатын беру үшін жеткілікті сыйымдылықпен энергия жинақтағышпен жарақтандыруды қарауға болады.

Осы орайда жоғарыда көрсетілген жаңартылатын энергия көздері жобаларының мысалдары – «ҚазМұнайГаз» ҰК» АҚ және Solidcore Resources Plc газ генерациясын теңгерімдеуші қуат ретінде пайдалану туралы шешім қабылдады.

Қазіргі уақытта елімізде теңгерімсіздіктерді реттеуге қатысу мақсатында ЖЭК жобаларымен байланысты іске асырылған BESS жүйелерін пайдаланудың мысалдары жоқ екенін атап өткен жөн. Мұның себебі – мұндай жүйелерді пайдалану тәжірибесінің болмауы, іске асырудың жоғары күрделі шығындары және BESS деградациясымен және қуатты сақтау қажеттілігімен байланысты операциялық шығындар.

### **Үшіншісі – корпоративтік PPA-келісімшарттар сегментін дамыту үшін нормативтік базаның болмауы.**

ЖЭК нарығын дамыту құралдарының бірі корпоративтік PPA-келісімшарттар сегменті болып табылады, мұнда өнеркәсіптік кәсіпорындар көміртегі ізін азайту үшін ЖЭК генераторымен «жасыл» электр энергиясын сатып алу бойынша тікелей келісімшарт жасасады. Бүгінде көміртегі бейтараптығына қол жеткізу стратегиясын іске асыру шеңберінде өнеркәсіп секторындағы компаниялардың көпшілігі корпоративтік деңгейде өндірістік процестерді көміртексіздендіруге бағытталған стратегияларды қабылдады. Бірақ корпоративтік PPA-келісімшарттар сегментін реттеудің болмауына және тиісті заңға тәуелді актілерді әзірлеу қажеттілігіне байланысты ЖЭК заңының қолданыстағы нормасы жұмыссыз күйінде қалуда, бұл ЖЭК электр энергиясын сатып алу-сату корпоративтік шарттарын дамытудың тиісті түрде дамымауына әкеледі.

Мұндай сценарийге жол бермеу, сондай-ақ көміртегі бейтараптығы бойынша стратегиялық мақсаттарға қол жеткізу мақсатында ҚР Үкіметімен және ЖЭК нарығымен бірлесіп ЖЭК корпоративтік PPA-келісімшарттарын іске асыру қағидаларын әзірлеу және бекіту жолымен елде ЖЭК-ті дамытуға икемді тәсілді көздеу қажет.

### **Төртіншісі – басым тұтынушы тетігін жетілдіру қажет.**

ЖЭК жобаларын БТ тетігі арқылы жүзеге асыратын компаниялар келесі проблемаларды атап өтеді.

Біріншіден, бірыңғай сатып алушы енгізілгеннен кейін заңнамада ұғымдық сәйкессіздіктер пайда болды. ҚР Кәсіпкерлік кодексінің 165-бабына сәйкес ЖЭК пайдаланатын және БТ шеңберінде жұмыс істейтін энергия өндіруші ұйымдар тұлғалар тобына айқындалады. Сонымен қатар, «Электр энергетикасы туралы» ҚР Заңының 15-5-бабына сәйкес уәкілетті орган тұлғалар тобын электр қуатын құру жөніндегі тұлғалар топтарының тізіліміне енгізеді. Алайда, мысалы, басым тұтынушының құрамына кіретін дәстүрлі отынмен энергия өндіруші ұйымдардың тұлғалар тобының тізілімінен шығу жағдайлары орын алады. Осылайша, ҚР «Электр энергетикасы туралы» Заңының ұғымдық аппараты тұрғысынан мұндай жобалар басым тұтынушыларға жатқызу өлшемшарттарына сәйкес келуді тоқтатады, дегенмен ҚР Кәсіпкерлік кодексіне сәйкес олар «тұлғалар тобына» жатқызу өлшемшарттарына сәйкес келеді. Осылайша, «Электр энергетикасы туралы» ҚР Заңы бойынша электр қуатын құру жөніндегі тұлғалар тобын тізілімнен шығару басым тұтынушы тетігінен тұлғалар тобын алып тастау өлшемшарты болуға тиіс емес.

Екіншіден, тұтынушы БТ тетігінде электр энергиясын бір сатып алушыдан да, онымен бірге бір топқа кіретін ЖЭК бойынша ЭӨҰ-нан да сатып алуға тура келеді. Электр энергиясын бірыңғай сатып алушыдан сатып алынатын ЖЭК электр энергиясының үлесі бар екенін назарға ала отырып, тұтынушы ЖЭК электр энергиясының «қосарланған» көлемін сатып алады, ол

**1-кесте – ЖЭК жобаларын іске асыру схемаларын салыстыру**

	«ЖЭК жөніндегі ҚЕАО» ЖШС-мен РРА бар ЖЭК	ЖЭК екіжақты шарттары
ЖЭК нарығы сегментінің дамуын реттейтін қағидалары	Нормалар заңнамада және ЖЭК бойынша НҚА-да бекітілген	Жоқ
Электр энергиясын тасымалдау үшін төлемнен босату	Бар	Жоқ*
Басым диспетчерлеу	Бар	Жоқ
РРА заңнамасының шарттары	20 жыл ішінде электр энергиясын кепілдендірілген сатып алу	«ЖЭК жөніндегі ҚЕАО» ЖШС өндіретін электр энергиясын сатуға ауысуға құқылы емес
Реттелетін қуаттың болуы бойынша ЕО талаптары	Жоқ	Реттеу қуатын салу немесе жинақтағыштарды пайдалану
ЭЭТН-на нақты уақыт режимінде қатысу	НҚА әзірленді	Жұмыс шарттары жоқ

Дереккөз: «Qazaq Green» ЖЭК қауымдастығы

бүгінгі күнге дейін сальдоға алынбайды.

Жоғарыда айтылғандардың негізінде, заңнамалық актілерде тұлғалар тобы ішінде электр энергиясын өткізу мүмкіндігі болғандықтан, одан әрі әр түрлі оқуды болдырмау және басым тұтынушылар тетігі арқылы ЖЭК жобаларын іске асыру үшін «берік» нормативтік-құқықтық базаны қалыптастыру үшін ілеспе заңнамалық актілерді толық сәйкестікке келтіру керек деп санаймыз.

Осы мақсатта келесі қадамдар қажет:

1. Тұлғалар тобы құрамындағы тұтынушылар электр энергиясын бірыңғай сатып алушыдан да, ЖЭК бойынша ЭӨҰ-нан да басым тұтынушы қағида-ты бойынша сатып ала алатын және онымен бірге тұлғалардың бір тобына кіретін ЖЭК бойынша ЭӨҰ-нан осындай электр энергиясын сатып алу есебінен бірыңғай сатып алушыдан ЖЭК электр энергиясына жұмсалатын шығындардың көлемін азайта алатын заңнамадағы нормаларды қарастыру.

2. Басым тұтынушы тетігі бойынша ЖЭК жобаларын іске асырған ұйымдар үшін электр энергиясын сатып алуды қайта есептеу (сальдо) тетігін енгізуді / тұлғалар тобындағы тұтынушыларға жаңартылатын энергия көздерін пайдалануды қолдауға арналған шығындар үлесін қайта бөлуді қарастыру.

3. Нормативтік-құқықтық өрісте «тұлғалар тобы» (ҚР Кәсіпкерлік кодексі), «тұлғалар тобының тізілімі» («Электр энергетикасы туралы» ҚР Заңы), «басым шартты тұтынушы» (Жаңартылатын энергия көздерін пайдалану жөніндегі объектілерді орналастыру жоспарын қалыптастыру қағидалары) ұғымдарын сәйкестікке келтіру.

Осылайша, корпоративтік РРА-келісімшарттар секторын дамыту елдегі ЖЭК-ті дамытуға жәрдемдесіп қана қоймай, кәсіпорындардың бәсекеге қабілеттілігін арттыру, өнеркәсіптегі көміртегі ізін

азайту үшін жұмыс істей алады, сондай-ақ өнеркәсіптік ауқымда да, «есептегіш артындағы» жинақтау жүйелерінде де BESS энергияны жинақтау жүйелерін дамытудың драйвері бола алады.

### 1.3.2. Бөлінген ЖЭК генерациясын дамыту әлеуеті

Қазіргі уақытта әлемде энергия жүйелерін орталықтандырылған генерациядан орталықтандырылмаған генерацияға түрлендіру процестері жүріп жатыр. Осыған байланысты соңғы онжылдықта әлемнің көптеген елдерінде – Германияда, Испанияда, Ұлыбританияда, Данияда, Италияда, АҚШ-та, Қытайда және басқаларында таратылған ұрпақ үрдісі дамыды. Бұл елдерде бөлінген генерацияға көшу тұрақты аумақтық дамуға әкелетін, энергетикалық қауіпсіздікті қамтамасыз ететін және экологиялық мәселелерді шешуге мүмкіндік беретін мемлекеттік қолдауға ие.

2023 жылы қытай жалпы белгіленген қуаты 225 ГВт болатын таратылған күн сегментінің әлемдік көшбасшысы болды, одан кейін Германия (~51 ГВт) және АҚШ (47 ГВт) келеді<sup>5</sup>. Жетекші экономикаларда шатыр фотовольтаикалық жүйелерінің дамуын жеделдеткен негізгі факторлар саяси және нормативтік қолдау, әр түрлі және мақсатты қаржылық тетіктер, инновациялық бизнес-модельдер, сондай-ақ күн модульдерінің құнының төмендеуіне әкелетін технологиялық жетістіктер болды. АҚШ, Италия, Қытай және Жапония сияқты елдер Feed-in-Tariffs схемаларын кезең-кезеңімен сәтті енгізді, FiT мөлшерлемесін біртіндеп төмендетіп, үлестірілген фотозлектрлік жүйелер сегментінде нарықта жоғары сұраныстың сақталуын қамтамасыз етті.

Бұған қоса, кейбір елдер тұтынушылар санаттары бойынша «шатыр» фотовольтаикалық жүйелердің әлеуетін пайдалану үшін инклюзивті бағдарлама-



ларды енгізді. Мысалы, Қытайдағы кедейлікке қарсы күн энергиясы бағдарламасы (SEPRAP), Бразилиядағы әлеуметтік жаңартылатын энергияны дамыту бағдарламасы (PERS) және Үндістандағы PM Surya Ghar: Muft Bijli Yojana бағдарламасы. АҚШ-та қолдау салықтық жеңілдіктер беру арқылы жүзеге асырылады. Германиядағы соңғы бастамалардың бірі 2024 жылдың наурызына дейін 250 МВт қуаттылықты енгізуді қамтамасыз ететін «Балконның күн схемасы» болды.

«Есептегіш артындағы» BESS жүйелері дамып келе жатқан нарық елдерінде және дамушы елдерде желіге қол жеткізе алмайтын объектілерге электр энергиясын жеткізетін шағын желілер мен автономды күн жүйелерінде сақтауды қамтамасыз ету немесе желінің сенімсіздігін өтеу үшін резервтік қуатты қамтамасыз ету үшін көбірек қолданылуда. Халықаралық энергетикалық агенттіктің болжамына сәйкес, BESS жүйелерін пайдаланудың бұл бағыты электрлендірудің одан әрі трендіне қарай өседі.

Алайда, кейбір елдерде мұндай «есептегіш артындағы» BESS жүйелерінің енуі соншалық, олардың синхронды істен шығуы тіпті электр қуатының толық өшуіне және қара түске әкелуі мүмкін. Сондықтан басқа елдерде байқалған проблемалардың алдын

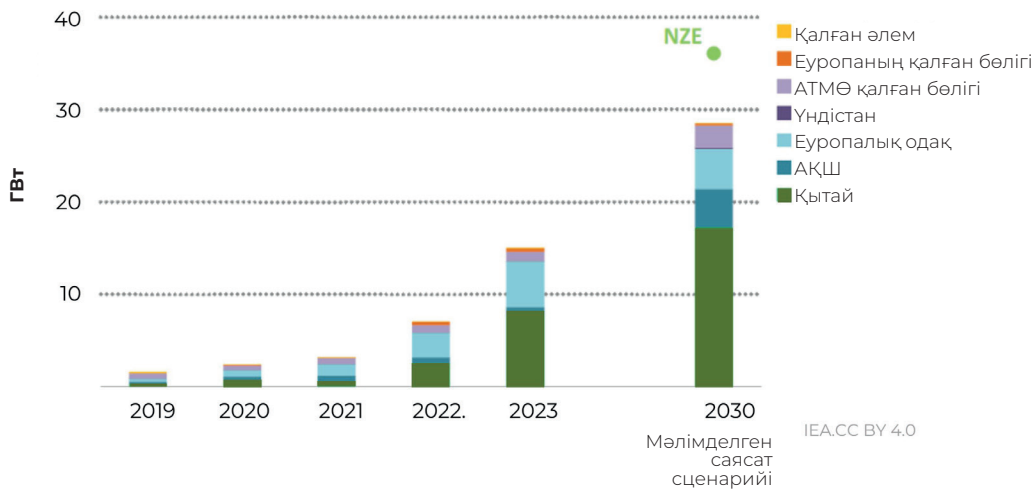
алу үшін белгіленген қуаттылықтың өсуін бақылаудың тиісті жүйесін, «есептегіш артындағы» BESS жүйелерін енгізу қажет.

Халықаралық энергетикалық агенттік сарапшыларының пікірінше, 2030 жылға қарай ЖЭК қуатын үш есеге арттыру бойынша 28 СОР-да қойылған мақсатқа қол жеткізуде күн энергетикасы шешуші рөл атқаратындықтан, «есептегіш артындағы» BESS жүйелері энергия ауысуында маңызды рөл атқарады. Осыған байланысты «есептегіш артындағы» BESS жүйелерінің дамуы бөлінген ЖЭК генерациясының даму процестерімен тікелей байланысты.

Алдағы онжылдықта мұндай жүйелердің өнеркәсіптік тұтынушылар мен үй шаруашылықтары деңгейінде 30 ГВт-қа дейін өсуі болжануда. Трендтің көшбасшысы Қытай болып қала береді, мұнда негізгі драйвер коммерциялық және өнеркәсіптік сектор болып табылады, ол «есептегіш артындағы» BESS жүйелерін тәулік уақыты бойынша электр энергиясы тарифтерінің айырмашылығынан пайда алу үшін орнатады. Бұған қоса, Қытайдың кейбір аймақтарында PV қондырғыларын BESS жүйелерімен жабдықтауға қойылатын талаптар бар. «Есептегіш артындағы» BESS жүйелерінің 8 ГВт-тан (2023 жылы) 17 ГВт-қа

<sup>3</sup> Global Perspectives on Rooftop Solar Energy: A Deep Dive on How Leading Economies Advance Rooftop Solar Energy Adoption, CEEW, 2024

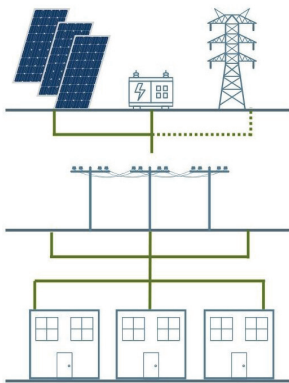
**6-диаграмма – «Есептегіш артындағы» BESS жүйелерінің 2030 жылға дейінгі әлемдік өсімінің болжамы**



Дереккөз: Халықаралық энергетикалық агенттік, 2024 жыл

(2030 жылы) өсуі дәл осы факторларға байланысты. Германияда BESS жүйелерімен жұптастырылған шатыр PV қондырғыларының үлесі бүгінде 80%-ға жақындады. Бұл тренд үй шаруашылықтары үшін электр энергиясы тарифтерінің болжамды өсуімен және BESS жүйелерінің жабдықтары құнының төмендеуімен қамтамасыз етіледі.

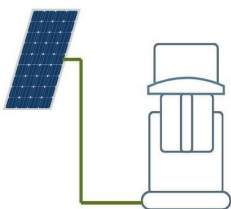
АҚШ-та «есептегіш артындағы» BESS жүйелерінің 1 ГВт-тан (2023 жылы) 4 ГВт-қа (2030 жылы), негізінен оңтүстік штаттарда – Калифорния, Флорида, Техаста өсуі болжануда. Бұл күн энергетикасын дамытудың одан әрі жоспарларына байланысты. Таратылған генерацияның дамуын ескере отырып, Халықаралық энергетикалық агенттік «есепте-



**Шағын желілер**

Генерация: 1 кВт – 1 МВт МВт·сағ  
 BESS: 1 кВт·сағ – 1 МВт·сағ

Жұмыс уақыты: 90%+  
 Шағын желі – бұл электр жүктемелерінің жиынтығы және біртұтас жүйе ретінде жұмыс істейтін бір немесе бірнеше энергия көздері. Олар әдетте фотовальтаикадан генерацияны энергияны сақтау жүйелерімен біріктіреді және резервтік қуат ретінде дизельді генераторға ие. Мұндай желілерді ортақ желіге қосуға болады. BESS жүйелері энергиямен жабдықтау мен сұраныстың тепе-теңдігін қамтамасыз етеді, әсіресе ең жоғары сұраныс кезінде, негізінен үй шаруашылықтарынан.

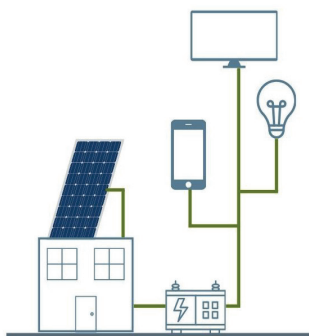


**Күн сәулесі мен шамдар**

Генерация: <10 Вт  
 BESS: 10с Вт·сағ дейін  
 Жұмыс уақыты: күніне бірнеше сағат

Шағын күн панельдері мен батареялары тәуліктің қараңғы уақытында негізгі жарық қажеттілігін қамтамасыз ету үшін қолданылады.

### Үй шаруашылықтарының немесе бизнестің шатыр қондырғылары



Генерация: 10 Вт – 1 кВт

BESS: 0,2 – 5 кВт·сағ

Жұмыс уақыты: 90%+

Шатырдағы күн энергиясы жүйесі немесе шатырдағы фотоэлектрлік жүйе – бұл тұрғын үй немесе коммерциялық ғимараттың немесе құрылыстың төбесіне электр энергиясын өндіретін күн панельдері орнатылған фотоэлектрлік жүйе. Электр энергиясын тұтынуға байланысты қондырғының қуаты анықталады. Тұрғын үйлердің төбесіндегі фотоэлектрлік жүйелер әдетте шамамен 5-20 киловатт (кВт) қуатқа ие, ал коммерциялық ғимараттарға орнатылатындардың қуаты көбінесе 100 киловаттан 1 мегаваттқа (МВт) дейін ауытқиды. Гибридті қондырғы ретінде BESS үздіксіз электрмен жабдықтау үшін қолданылады.

гіш артындағы» BESS жүйелерін қолдану перспективаларын көреді, оларды қолданудың ықтимал схемаларын келесідей жіктейді.

Бұл жүйелер энергия көзі ретінде біліктілікке ие емес, бірақ мұндай жүйелердегі батареялардың едәуір саны тұрғысынан қарастырылады.

Халықаралық энергетикалық агенттіктің деректеріне сәйкес, бүгінде гибриді автономды жүйелер (шатырдағы фотоэлектрлік жүйелер + BESS жүйелері) таратылған генерация олардың кеңеюі өте қымбат және жұмыстарды орындау үшін ұзақ уақытты қажет ететін объектілер электр желілерінен алыс орналасқан жағдайларда қолданылады. Батареялар бұл жүйелерде шешуші рөл атқарады, жаңартылатын энергия көздерін өндіруді сенімді қуат көзіне айналдырады. Энергияға қол жеткізу үшін BESS жүйелерін енгізу жеделдетіледі деп күтілуде, өйткені энергияны сақтау жүйелерінің құнын төмендету үрдісі дамып, оларды қолжетімді етеді.

Тіпті, электр желісіне қолжетімділік бар аймақтарда да жеткізілімдердің сенімділігі мен сапасы үлкен проблемаға айналуы мүмкін. Бұл тұрғыда желіге қол жеткізе алатын көптеген үй шаруашылықтары мен кәсіпорындарға резервтік қуат қажет. Күн фотоэлектрлік жүйелері мен батареяларының құнының төмендеуі және PayGo модельдерінің өсуі<sup>6</sup> көптеген адамдарды дизельді резервтік генерацияны автономды күн жүйелерімен алмастыруға итермелейді.

Автономды және орталықтандырылмаған жүйелер әр түрлі көздерден қуат алуы мүмкін болса да, күн энергиясы басым болып қалады деп болжануда. Жүктеме ауқымы мен тұтынушылар саны бойынша ерекшеленетін екі негізгі түрі бар: шағын желілер және дербес күн жүйелері. Автономды жүйелер күн үй қондырғылары және күн жарықтандыру жүйелері болып бөлінеді.

Шағын желілер бүкіл ауылдар мен қалаларды, соның ішінде көптеген үй шаруашылықтары мен өндіріс орындарын қуатпен қамтамасыз ете алады. Олар желіден мүлдем тәуелсіз немесе оған қосылған болуы мүмкін. Бұл жүйелерге кіріктірілген BESS ауқымы ондаған-мың кВт·сағ аралығында және кешкі және түнгі уақытта электр қуатына қол жеткізуді қамтамасыз етеді. Бүгінгі таңда 1,1 ГВт·сағ мәнінен асатын күн шағын желілері әлемде шамамен 20 миллион адамды қуатпен қамтамасыз етеді.

Автономды күн жүйелері жеке үй шаруашылықтарын немесе бизнесті, сонымен қатар кішігірім күн шамдары мен көп жарықтандыру жүйелерінен бастап үлкен үй күн жүйелеріне дейін қуаттандырады. Күн жарықтандыру жүйелері тек түнгі жарықтандыруды қамтамасыз етеді және IEA анықтамасына сәйкес тәуелсіз энергия көздері болып табылмайды. 2022 жылы шағын, жеке смартфон батареяларын қамтитын бұл кішігірім жүйелер шамамен 67 миллион бірлік үшін жалпы қуаты 0,4 ГВт·сағ болды.

Үй шаруашылықтары/бизнес үшін шатыр қондырғыларына 20 Вт·сағ-тан бірнеше кВт·сағ-қа дейінгі аккумуляторлық батарея кіреді, ХЭА электр көзінің анықтамаларына сәйкес келеді және жарықтандырудан басқа кейбір тұрмыстық техниканы қуаттай алады. 2022 жылы үйдегі шатыр қондырғыларына арналған батареялардың жалпы сыйымдылығы 3,8 ГВт·сағ-тан асады деп есептеледі. Бұл шамамен 19 миллион үй шаруашылығын негізгі энергиямен және резервтік қызметтермен қамтамасыз етті.

Күн үй жүйелері мен күн жарықтандыру жүйелері «қорап» шешімдері түріндегі стандартты BESS шешімдерімен жабдықталған. Екінші жағынан, шағын желілерге арналған аккумуляторлық жүйелер көбінесе тапсырыс бойынша жасалады және олардың мөлшері сұранысты бағалау бойынша алдын ала

<sup>6</sup> Мұндай қаржыландыру әдістері пайдаланушыларға энергия үшін апта сайынғы төлемдермен немесе басқа мерзімді төлемдермен төлеуге мүмкіндік береді. Бұл тұтынушыларға бүкіл жүйе үшін бір реттік төлемнің орнына төлемдерді біртіндеп жүзеге асыруға мүмкіндік беру арқылы энергияға қол жеткізудің бастапқы шығындарын төлеу қажеттілігінің кедергісін жояды.

зерттеулерге байланысты. Батареялардың химиялық құрамын таңдау әр түрлі болуы мүмкін және жүйенің түріне және географиялық орналасуына, сондай-ақ шығындарға, қызмет көрсету шығындарына, әзірлеушілердің тәжірибесіне және күтілетін сұраныстың сипатына байланысты.

Алайда, Халықаралық энергетикалық агенттіктің бағалауы бойынша, BESS жүйелерінің бағасының төмендеуі автономды күн қондырғыларының өсуіне тез әсер етпейді. Бағаның одан әрі төмендеуін күту, керісінше, инвесторларды жоспарланған автономды жобаларды кейінге қалдыруға итермелеуі мүмкін. Осыған байланысты мемлекеттік қолдау шаралары, мысалы, импортқа әкелу баждарынан босату немесе жергілікті деңгейде BESS жүйелерін өндіруді дамытуға қолдау көрсету шаралары ынталандыру болуы мүмкін.

BESS жүйелерінің істен шығуы әлі де осындай жүйелер үшін өзекті мәселелердің бірі болып табылады. Басқа компоненттердің қызмет ету мерзімі ондаған жылдарға созылғанша (мысалы, фотовольтаикалық модульдер), көптеген шағын желілер бес жылдан аз уақыт ішінде батареяның күтпеген істен шығуына ұшырайды. Бұл ақаулардың себептері ақаулар, компоненттердің сапасының төмендігі, нашар жұмыс жағдайлары және техникалық қызмет көрсетудің жеткіліксіздігі болуы мүмкін. BESS жүйесінің мерзімінен бұрын істен шығуының себебі инвестордың амортизацияның ұзақ кезеңінің орнына Капиталды шығындарды тез өтеуге деген ұмтылысы болуы мүмкін. Өз кезегінде, бұл мәселе пайдаланылған жабдықты кәдеге жарату саясатын құру қажеттілігін тудырады. Жаңа химиялық технологияларды қолданатын BESS жүйелері үшін оларды автономды жүйелерде қолдану мүмкіндігі бойынша қосымша шешімдер үшін көбірек далалық сынақтар жүргізу ұсынылады.

### Қазақстанда бөлінген генерацияның дамуы

БҰҰДБ-ЖЭҚ «ЖЭҚ-ке инвестициялау тәуекелдерін төмендету» жобасын іске асыру шеңберінде Түркістан облысы мен Шымкент мысалында шағын қуатты ЖЭҚ-тің бөлінген генерациясын енгізуді бағалау жүргізілді<sup>7</sup>. Зерттеу қорытындысы бойынша өндірілетін электр энергиясы бөлігінде жалпы Қазақстан бойынша үй шаруашылықтарының әлеуетінің 5-10%-ын іске асыру қуаты 0,5-1 ГВт ірі дәстүрлі станция құрылысына баламалы болады, ал электр энергиясының шығынын азайту, электрмен жабдықтаудың сенімділігін арттыру, өндірілетін әлеуметтік-экономикалық әсер (шығындарды оңтайландыру, ШОБ дамыту, қосылған құны бар жұмыс орындарын құру) тұрғысынан одан да айқын әсер етеді.

Сондай-ақ, зерттеуде жүктелген электр желілері объектілерінің жүктемесін азайтуға, шығындарды азайтуға, тарату желілеріндегі кернеу деңгейлерін және жүктеме түйіндерінің тұрақтылығын тұрақтандыруға бөлінген генерацияны енгізудің оң әсері атап өтілді, бұған электр желілері компаниялары тарапынан елеулі қосымша капитал салымдарынсыз қол жеткізуге болады.

Қазақстан аумағына үлкен қашықтық тән болғандықтан: оңтүстіктен солтүстікке – 1700 км, батыстан шығысқа – 3000 км, бөлінген генерацияның дамуы өңірлер бойынша әр түрлі болады. Мәселен, Оңтүстік өңірде (төрт облыс – Алматы, Жамбыл, Түркістан және Қызылорда) – күн шуақты және Алматы облысында шағын ГЭС, солтүстік облыстарда (Ақмола және Ақтөбе) – жел қондырғылары және т.б. дамуы мүмкін. ЖЭҚ технологияларының типі бойынша бөлінген генерацияның дамуын анықтау үшін Қазақстан өңірлері бойынша егжей-тегжейлі зерттеулер жүргізу қажет.

Сарапшылар таратылған генерацияны жаппай енгізу электр желілері компанияларының жұмыс көрсеткіштерінің өзгеруіне әкелетінін атап өтті: желілерді түсіруге және күнделікті жүктеме кестесінің біркелкі болмауына (электр энергиясын жинақтаусыз және сұранысты басқарудың тиімді тетіктерінсіз). Мұндай жағдайда өңірлік электр желілік компанияларда басқа да сын-қатерлер туындайды: көрсетілетін қызметтер көлемінің төмендеуі, сұраныс пен генерацияны басқару арқылы теңгерімсіздіктерді төмендетуге белсенді қатысу қажеттілігі, ынталандыру шараларын енгізу (сараланған тарифтер түрінде және т.б.) және ЖЭҚ-те пайдаланылатын электр электроникасының сапасын сапа стандарттарын арттыру есебінен төмендетуге жол бермеу.

Бұл өзгерістер қысқа мерзімді емес, ұзақ мерзімді перспективада болады, бірақ бүгінде қарым-қатынас құрылымын өзгертуге дайындалу қажет. Бөлінген генерацияны дамыту субъектілерге де, сала объектілеріне де айтарлықтай әсер етеді, өйткені энергия жүйесі барлық тараптардың, соның ішінде тұтынушылардың, электр желілік компаниялардың, жүйелік оператордың, энергия өндіруші ұйымдардың өзара байланысты қызметі болып табылады.

Бірнеше жыл ішінде негізінен шатырлы күн қондырғыларымен ұсынылған шағын ауқымды ЖЭҚ жобалары Қазақстанда негізінен елдің оңтүстігінде дамыды. Бұған соңғы пайдаланушылар үшін электр энергиясының жоғары тарифтері ықпал етті. ЖЭҚ технологияларының арзандауын ескере отырып, негізінен орта бизнес желіден энергияны үнемдеу үшін PV панельдерін орнатты.

2024 жылғы маусымда «Жаңартылатын энергия көздерін пайдалануды қолдау туралы» ҚР Заңына

<sup>7</sup> Шағын қуатты ЖЭҚ-ті электр желісіне қосу бойынша техникалық-экономикалық зерттеуді әзірлеу. Шағын қуатты ЖЭҚ бөлінген генерациясын енгізуді бағалау, «Energy System Researches» ЖШС, 2020

түзетулер қабылданды. Осы түзетулерге сәйкес бірқатар жаңалықтар қабылданды.

Біріншіден, «шағын ауқымды ЖЭК жобасы» ұғымының анықтамасы қабылданды. Заңнамаға сәйкес, жаңартылатын энергия көздерін пайдалану жөніндегі шағын масштабты объект – бұл жаңартылатын энергия көздерін пайдалана отырып, электр және (немесе) жылу энергиясын өндіруге арналған жалпы белгіленген қуаты 200 кВт-қа дейінгі (қоса алғанда) техникалық құрылғылар және шағын масштабты объектіні пайдалану үшін технологиялық тұрғыдан қажетті олармен өзара байланысты құрылыстар мен инфрақұрылым. Осылайша, шағын масштабты ЖЭК белгіленген қуаты 100 кВт-тан 200 кВт-қа дейін ұлғайтылды.

Екіншіден, шағын ауқымды жобаларды іске асыруды қолдаудың<sup>8</sup> негізгі тетіктері таза өлшеу жүйесін қолдануды және артық өндірісті желіге жоғары тариф бойынша сатуды көздейді.

Мысалы, электр энергиясын нетто-тұтынушы болып табылатын жеке тұлға электр энергиясын және (немесе) жылу энергиясын өндіру немесе жаңартылатын энергия көздерін пайдалану жөніндегі шағын масштабты объект өндірген электр энергиясын сату жөніндегі қызметті жүзеге асыруға байланысты дара кәсіпкер ретінде тіркелмеуге құқылы. Нетто-тұтынушы оған қызмет көрсететін энергиямен жабдықтаушы ұйымға оның қолданыстағы тарифі бойынша электр желісінен есептік кезеңде тұтынылған электр энергиясының көлемін сол кезеңде электр желісіне жеткізген көлемін шегергенде төлейді.

Есепті кезеңде электр желісіне нетто-тұтынушы жеткізген электр энергиясының көлемі электр желісінен сол кезеңде тұтынған электр энергиясының көлемінен асып кеткен жағдайда өндірілген электр энергиясының артық мөлшерін сату бөлігінде қызмет көрсететін энергиямен жабдықтаушы ұйым нетто-тұтынушыға оның шекті бағасы бойынша (тұтынушылар топтары бойынша саралаусыз) жоғарыда көрсетілген асып кету көлемін төлейді).

Түпкілікті тұтынушылар үшін тарифтер жеке тұлғаларға, заңды және бюджеттік ұйымдарға арналған тарифтерге сараланатындығын ескере отырып, шекті тариф саралаусыз өңірлер мен энергиямен жабдықтаушы компаниялар бойынша ерекшеленетін жоғары орташа өлшенген тарифті қолдануды көздейді.

Үшіншіден, заңнамада шағын көлемді ЖЭК-ті желіге қосу процесін жеңілдететін нормалар жазылған.

Мысалы, шағын көлемді ЖЭК қосу бойынша ЭЖҰ міндеттемелері тіркелді. Осылайша, энергиямен жабдықтаушы ұйым тұтынушы ретінде энергия беруші

ұйымның желілеріне қосылған кезде электр энергиясын сатып алу-сатудың үлгілік шартын нетто-тұтынушымен жасасуға міндетті. Бұдан басқа, энергия беруші ұйым нетто-тұтынушыға тиесілі шағын масштабты объектінің шекаралары бөлінгенге дейін оның тарапынан орналасқан нүктеде нетто-тұтынушыны энергия беруші ұйымның электр желісіне кедергісіз қосуды қамтамасыз етуге міндетті.

Осы ережелерді іске асыру мақсатында ҚР Энергетика министрлігі электр энергиясын нетто-тұтынушылардан сатып алу-сату қағидаларын әзірледі.

Қазақстанда бөлінген ұрпақты одан әрі дамыту жөніндегі негізгі сын-тегеуріндер мен шаралардың ішінде мынадай бағыттарды бөліп көрсетуге болады.

Біріншісі. Шағын көлемді ЖЭК енгізудің артықшылықтары бойынша халықпен және бизнеспен ақпараттық-түсіндіру жұмыстарын ұйымдастыру қажет. ЖЭК жобаларын іске асыру тәжірибесі жоқ ел халқы мен бизнесі шағын ауқымды ЖЭК жобаларын дамыту мүмкіндіктері туралы білікті ақпарат алу мүмкіндігінен іс жүзінде айырылған. Бұдан басқа, ел ауқымындағы шағын ауқымды ЖЭК-ті дамыту мониторингі мәселесі де өзекті болып табылады.

Екіншісі. Желідегі жүктемелерді азайту мақсатында, әсіресе таңертеңгі және кешкі уақытта, үй шаруашылықтары мен бизнес деңгейінде «есептегіш артындағы» BESS жүйелерін дамытуды ынталандыру мәселесін қарастыруға болады. Бір жағынан, бұл аймақтық бөлімде белгілі бір қуат резервіне ие болуға мүмкіндік береді, сонымен қатар кәсіпорындарға жоспардан тыс өшіру жағдайында резервтерге ие болуға мүмкіндік береді. Мұндай дамуды ынталандыратын шаралар тәулік уақыты бойынша сараланған тарифтерді қолдану, сұранысты басқару бағдарламаларын іске қосу, генерация және сұраныс агрегаторлары ретінде шағын желілерді дамытуды ынталандыру болуы мүмкін.

### 1.3.3. Гидроэнергетикалық әлеуетті дамыту Қазақстанның гидроэнергетикасының ерекшеліктері

Қазақстанның негізгі гидроэнергетикалық ресурстары келесі үш өңірде шоғырланған:

- ірі гидроэлектр станциялары бар Ертіс өзенінің бассейні (Бұқтырма, Шұлбі, Өскемен);
- Іле өзенінің бассейні (Қапшағай, Мойнақ);
- Сырдария, Талас және Шу өзендерінің бассейндері (Шардара).

Жалпы, елдің су ресурстары пропорционалды емес бөлінген және айтарлықтай маусымдық серпінімен сипатталады. Мысалы, шығыс және солтүстік-шығыс өңірлердегі Балқаш-Алакөл және Ертіс

<sup>8</sup> Таза өлшеу жүйесі (ағылш. *Net energy metering, net metering*) – шағын жаңартылатын энергия көздерінің (жел, күн, отын ұшықтары) немесе V2G (*vehicle-to-grid*) тұжырымдамасын пайдаланатын электромобильдердің иелеріне қолданылатын электрмен жабдықтау саласындағы саясат. Бұл тұрғыда «таза» деп «иесімінен кейінгі қалдық» түсініледі. Бұл мән тұтынылған электр мен желіге берілген электр арасындағы айырмашылық ретінде анықталады.

өзендерінің бассейндері ел ішінде өндірілетін жер үсті су ресурстарының шамамен 75%-ын құрайды, ал батыс және оңтүстік-батыс өңірлерде тұщы судың айтарлықтай тапшылығы байқалады.

Қазақстанның гидроэнергетикасының негізгі ерекшеліктеріне қыс мезгілінде қолда бар қуаттылықтың төмендігі, Қазақстанның ірі ГЭС-і орналасқан өзендердің су ағынына тәуелділігі және оның аумағында осы өзендердің көзі орналасқан көрші елдердің реттелуі жатады. Су ағыны немесе су қоймасы бойынша ұқсас шектеулер жаңа ГЭС үшін де бар, олар үшін әлеуетті алаңдар жету қиын жерлерде орналасқан.

Қазақстанның ірі ГЭС-і аумақтық түрде елдің шығыс, оңтүстік-шығыс және оңтүстік өңірлерінде шоғырланған. Жұмыс істеп тұрған ірі және орта ГЭС электр энергиясын өндіру үлесіне барлық жұмыс істеп тұрған ГЭС-тің 90%-ы тиесілі, бұл ретте олар елдің гидроэнергетикасының экономикалық әлеуетінің шамамен үштен бірін пайдаланады.

Сонымен бірге, Қазақстанның барлық өзендерінің 90%-дан астамы шағын болып табылады, бұл шағын ГЭС-ті дамытуды экономикалық тұрғыдан тиімді етеді. Елімізде барлығы 2174 өзен бар. Бұл ретте 1889 өзеннің (86,9%) ұзындығы 10-нан 50 км-ге дейін құрайды, 50-ден 100 км-ге дейін – 130 өзен (6%), 100 км-ден астам – 155 өзен (7,1%).

2023 жылдың соңында шағын ГЭС жалпы белгіленген қуаты 269,6 МВт, 2023 жылы генерация – 993,87 млн кВт·сағ құрады. Қазақстанның шағын гидроэнергетикасын дамытудың негізгі өңірлері – Түркістан, Жамбыл және Алматы облыстары.

### Елдің су ресурстары

Қазақстан Республикасының су ресурстарын басқару жүйесін дамытудың 2024 – 2030 жылдарға арналған тұжырымдамасының деректеріне сәйкес гидрографиялық қағидат бойынша ел аумағы сегіз су шаруашылығы бассейніне бөлінген: Арал-Сырдария, Балқаш-Алакөл, Ертіс, Есіл, Жайық-Каспий, Нұра-Сарысу, Тобыл-Торғай және Шу-Талас<sup>9</sup>.

Су ресурстарының негізгі көлемі орташа көпжылдық көлемде 106 км<sup>3</sup> жер үсті суларымен қамтамасыз етіледі, оның 55,7%-ы ел аумағында қалыптасады, қалған 44,3%-ы Қытайдан, Өзбекстаннан, Ресейден және Қырғызстаннан трансшекаралық өзендер ағынының арқасында, бұл елдің қазіргі және әлеуетті су проблемаларын шешу үшін трансшекаралық ағындарды реттеудің маңыздылығын едәуір арттырады.

2023 жылғы 1 наурызға Қазақстан аумағындағы орташа көпжылдық өзен ағыны 1960 жылмен салыстырғанда 12,5 км<sup>3</sup> азайды, оның ішінде 9,0 км<sup>3</sup> немесе қысқартудың барлық көлемінің 72%-ы жергілікті өзендердің үлесіне, ал трансшекаралық өзендердің

үлесіне – 3,5 км<sup>3</sup> немесе 28% келеді. Жергілікті өзендер ағынының қысқаруы Балқаш-Алакөл және Тобыл-Торғайдан басқа барлық бассейндерде орын алды.

Ел аумағы бойынша су ресурстары біркелкі бөлінбеген, сондықтан республиканың жекелеген өңірлері бойынша жер үсті суларының ресурстармен қамтамасыз етілу жағдайы айтарлықтай ерекшеленеді.

Еліміздің оңтүстік-шығыс және шығыс өңірлері (Ертіс және Балқаш-Алакөл су шаруашылығы бассейндері) жер үсті суларының өз ресурстарымен барынша қамтамасыз етілген. Ең аз қамтамасыз етілген – орталық аймақ (Нұра-Сарысу су шаруашылығы бассейні).

Елдің оңтүстік, оңтүстік-шығыс және батыс өңірлері (Арал-Сырдария, Балқаш-Алакөл, Шу-Талас және Жайық-Каспий су шаруашылығы бассейндері) шектес елдердің аумақтарынан су ағынына неғұрлым тәуелді болып табылады.

Қазақстан үшін су ресурстары тұрақты әлеуметтік-экономикалық дамуды айқындайтын негізгі факторлардың бірі болып табылады. Республика аумағы бойынша жер үсті су ресурстары біркелкі бөлінбейді және айтарлықтай көпжылдық және жыл ішіндегі серпінмен сипатталады. Елдің климаттық ерекшеліктеріне байланысты жер үсті көздерінің барлық дерлік ағыны көктемгі кезеңге келеді. Бұл трансшекаралық сумен жабдықтау көздеріне тәуелділікпен бірге өңірлердің су ресурстарымен біркелкі қамтамасыз етілмеуін шарттайды. Елдің барлық дерлік аумағында экономикалық өсу кезеңінде ең жоғары деңгейге жеткен су ресурстарының жетіспеушілігінен және су көздерінің ластануынан ғана емес, сонымен қатар су шаруашылығы жүйесін тиімсіз пайдаланудан, оны тиімсіз басқарудан туындаған шиеленісті су шаруашылығы жағдайы орын алады.

Сарапшылардың пікірінше, елдің су ресурстары келесі мақсаттарда пайдаланылады:

- Қазақстандағы жалпы су алудың 66%-ы (Сырдария, Іле, Шу, Талас және Ертіс өзендерінен) ауыл шаруашылығын жүргізу үшін пайдаланылады;
- 30%-ын өнеркәсіп объектілері тұтынады;
- 4%-ы халықты сумен қамтамасыз етуге жұмсалады.

Өңірлік су стратегиясын жаңарту және өзен жүйесінің ресурстық әлеуетін және оның экологиялық қауіпсіздігін сақтау жөніндегі шараларды күшейту бүгінгі таңда су ресурстарын басқару саласындағы негізгі міндеттердің бірі болып табылады.

### Қазақстан энергетика нарығының құрылымында гидроэнергетиканың рөлі

Қазақстанның жалпы гидроэнергетикалық әлеуеті

<sup>9</sup> Қазақстан Республикасының су ресурстарын басқару жүйесін дамытудың 2024 – 2030 жылдарға арналған тұжырымдамасы

жылына 170 млрд кВт-сағ құрайды, бұл ретте 62 млрд кВт-сағ оның техникалық әлеуетін құрайды, оның ішінде жылына 30 млрд кВт-сағ пайдалану үшін экономикалық тұрғыдан орынды. Соған қарамастан, Қазақстан жылына орта есеппен 9 млрд кВт-сағ өндіреді, бұл елдің гидроэнергетикалық ресурстарын жеткіліксіз пайдалану туралы айтады.

Кеңестік және посткеңестік кезеңдерде орнатылған гидроэлектр станциялар Қазақстанның энергетикалық теңгерімінде маңызды рөл атқарады. Қазақстандағы гидроэлектр станцияларда электр энергиясының жалпы өндірісі 1990 жылы 7,3 млрд кВт-сағ-тан 2019 жылы 9,4 млрд кВт-сағ-қа дейін ұлғайды.

Алайда, соңғы төрт жылда ірі ГЭС өндірген электр энергиясының үлесі төмендеу үрдісіне ие. 2019 жылы ГЭС 9,97 млрд кВт-сағ өндірілген электр энергиясын құрады, ал 2022 жылы бұл көрсеткіш 9,14 млрд кВт-сағ дейін төмендеді. Қазақстанда ГЭС-те электр энергиясын өндіру 2023 жылы 2022 жылдың ұқсас кезеңімен салыстырғанда 436,9 млн кВт-сағ (4,8%) азайды. Қазақстанның ГЭС жұмыс режимі су шаруашылығы балансымен және гидрологиялық жағдаймен айқындалды. Электр энергиясының жалпы өндірісіндегі ГЭС үлесі тиісінше 2019 жылғы 9,4%-дан 2023 жылы 7,8%-ға дейін төмендеді.

Қазақстанның гидроэлектр станцияларында генерацияның төмендеуі негізінен ГЭС-те, оның ішінде Ертіс каскадты ГЭС және Алматы облысының гидроэлектр станцияларын қоса алғанда, су шығынының төмендеуіне байланысты.

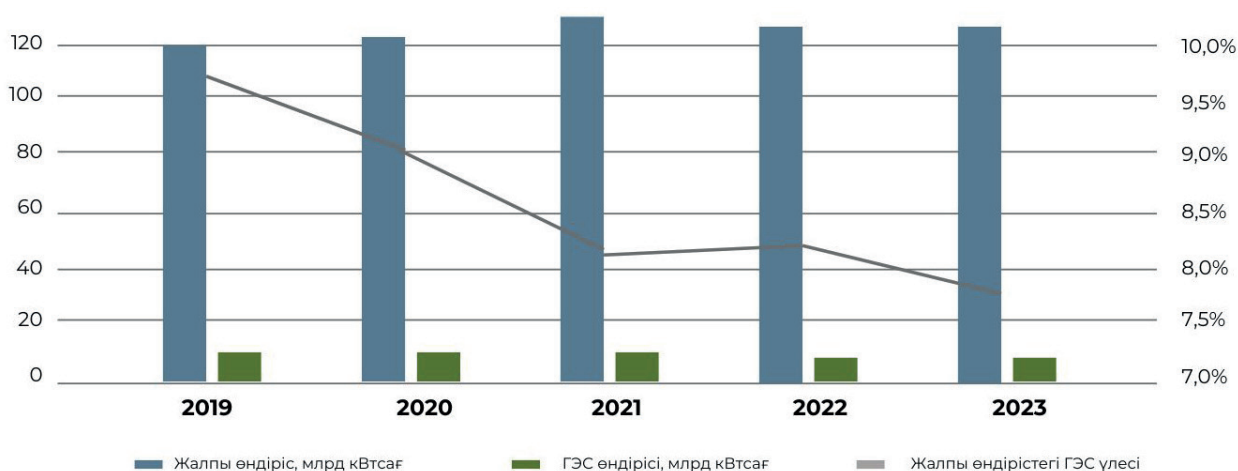
Газ-турбиналы электр станцияларымен бірге елдің ГЭС-і ең жоғары сағаттарда тұтыну секірулерін жабуға және ЖЭК өндіретін тұрақсыз электр энергиясын теңестіруге көмектесетін маневрлік қуаттардың негізгі көзі ретінде қарастырылады. Осыған

қарамастан, бүгінгі таңда Қазақстанда маневрлік энергия көздері жеткіліксіз, бұл ең жоғары жүктемелер кезінде энергетикалық жүйенің теңгерімсіздігіне әкеледі. Мәселен, ең жоғары жүктемелердің жекелеген сағаттарында (18:00-ден 21:00-ге дейін) реттеуші қуат Орталық Азия мен Ресейде сатып алынады. BESS жүйелерін енгізу бұл проблеманы шешуге маңызды үлес қоса алады.

Бұл ретте қазіргі уақытта Қазақстанның жұмыс істеп тұрған ірі ГЭС арасында Қазақстанның бірыңғай энергожүйесі жүктемесінің тәуліктік кестесінің ең жоғары бөлігін жабу үшін қысым бойынша қолда бар қуатты пайдаланудың толыққанды мүмкіндіктеріне тек Бұқтырма ГЭС ие. Өскемен ГЭС Бұқтырма ГЭС-іне қарсы реттегіш ретінде қызмет етеді, оның тәулік ішіндегі біркелкі емес ағындарын теңестіру үшін пайдаланылады және біркелкі емес тәуліктік режимде жұмыс істеуге арналмаған. Шүлбі ГЭС-те төменгі бьефтегі деңгейлердің ауытқуына байланысты шектеулер бар, қысқы кезеңде шамалы ауытқуларға жол беріледі; максималды жүктеме 200 МВт-тан аспайды, ал 500 МВт пайдаланылмайды. Қапшағай ГЭС үшін де осындай шектеулер бар. Бұл ретте 300 МВт орташа қуаты кезінде 180 МВт қолданылады. Шардара ГЭС ең жоғары жүктемелерді жабу режимінде жұмыс істеуге арналмаған.

Маневрлік қуаттардың тапшылығы ҚР барлық өңірлерінде байқалады. Оңтүстік аймақта, атап айтқанда Алматы энергия торабында жоғары тапшылық бар. Мойнақ ГЭС оңтүстік аймақтың ең жоғары жүктемелерін ішінара жабуды шешеді, бірақ жаңа маневрлік қуаттарды енгізу қажет. Оңтүстік аймақта мәселе Қапшағай ГЭС-те құлыпталған қуатты босату, шығыста – Шүлбі ГЭС-те құлыпталған қуатты босату арқылы шешілуі мүмкін.

**7-диаграмма – Электр энергиясының жалпы генерациясы мен ГЭС генерациясын салыстыру, млрд кВт-сағ**



Дереккөз: «KEGOC» АҚ жылдық есептері және ҚР Энергетика министрлігінің деректері

### Гидроэнергетиканы дамыту жөніндегі жоспарлар және оларды іске асыру

Гидроэнергетикалық әлеуетті дамыту мақсатында<sup>10</sup> 2021 жылы ҚР премьер-министрінің бірінші орынбасары бекіткен Қазақстан Республикасының гидроэнергетикалық саласын дамытудың 2020-2030 жылдарға арналған жоспары әзірленді. Жоспарға сәйкес мыналарды қамтитын міндеттер кешені көзделген:

1) жаңа ГЭС салу және жұмыс істеп тұрған станцияларды қайта жаңарту/жаңғырту жөніндегі инвестициялық жобаларды іске асыру үшін жағдайларды жетілдіру;

2) ҚР заңнамасын және гидроэнергетиканың жұмыс істеу нарығының моделін жетілдіру;

3) ГЭС салу мен пайдалануды жүзеге асыру, оның ішінде энергия жүйесіне қуат беруді қамтамасыз ету үшін инфрақұрылымды дамыту;

4) гидроэнергетика саласындағы отандық кадрлық әлеуетті дамыту;

5) су ресурстарын пайдаланудың сенімділігі мен тиімділігін арттыру мақсатында қолданыстағы ГЭС-ті жаңғырту/реконструкциялау/кеңейту;

6) іске асырылып жатқан ГЭС салу жобаларының аяқталуын қамтамасыз ету;

7) перспективалы ГЭС салу.

Қойылған міндеттерге сәйкес жоспарлануда:

– ірі ГЭС жаңа қуаттарын іске қосу: 1 300 МВт;

– шағын ГЭС жаңа қуатын іске қосу: 1 500 МВт;

– қолданыстағы ГЭС белгіленген қуатын арттыру: 464 МВт;

– ағымдағы жобалардың құрылысын аяқтау: 90 МВт;

– 70 перспективалы ГЭС салу.

Сондай-ақ, 2023 жылы ҚР Энергетика министрілігі 2024-2027 жылдарға арналған ЖЭК жобаларын іріктеу бойынша аукциондық сауда-саттық өткізу жоспарын бекітті. Жоспарға сәйкес жалпы белгіленген қуаты 2220 МВт ГЭС қуатының жобаларын іріктеу көзделген. Аукциондық іріктеу шеңберінде қуаты 20-30 МВт шағын ГЭС-ке де, қуаты 200 МВт-қа дейінгі ірі ГЭС-ке де сауда-саттық жүргізіледі.

Қазақстан Республикасының гидроэнергетикалық саласын дамытудың 2020-2030 жылдарға арналған жоспарына сәйкес қолданыстағы ГЭС қуаттарын жаңғырту, кеңейту және реконструкциялау жөніндегі іс-шаралар жоспарлануда: Кербұлақ ГЭС қарсы реттегішін салумен Қапшағай ГЭС жобалық қуатын ұлғайту (2028 жылға дейін), қуаты 300 МВт Семей ГЭС-ін салу (2030 жылға дейін), Шұлбі ГЭС екінші кезегін салу арқылы жобалық қуатты 1050 МВт-тан

1200 МВт-қа дейін ұлғайту (2035 жылға дейін).

### ГАЭС энергияны сақтау жүйесі ретінде

Гидроаккумуляциялық электр станциясы (ГАЭС) – бұл электр жүктемесі кестесінің күнделікті гетерогенділігін теңестіру үшін қолданылатын гидроэлектр станциясы. Ол электр энергиясын өндіру және жинақтау үшін қажет және төтенше жағдайларда, тіпті ауыр жүктемелерде де электр энергиясын үздіксіз қамтамасыз ете алады.

ГАЭС бірнеше маңызды функцияларды орындайды:

• Сұраныс ең жоғары сәттерде генерация: ГАЭС тез қосылып, тұтынудың жоғарылауы кезінде электр энергиясын бере алады.

• Желідегі жиілік пен кернеуді реттеу: жүктемедегі өзгерістерге жылдам жауап беру арқылы жүйе қуат жүйесіндегі тұрақтылықты сақтауға көмектеседі. Суды ысырап етпеу үшін, бірақ синхронды генераторлардың кернеуін басқарудың артықшылықтарын алу үшін бір уақытта электр қуатын өндіруге және суды айдауға негізделген тағы бір жұмыс режимі бар.

• Жаңартылатын энергияны тиімді пайдалану: жел және күн электр станцияларының қуатын олардың өзгергіштігіне байланысты реттеу қиын болған жағдайда, ГАЭС генерациядағы өзгерістерді өтеуге көмектеседі.

Гидроаккумуляциялау станциясын салудың негізгі мақсаты – максималды жүктеме сағаттарында электр энергиясының тапшылығын жабу үшін маневрлік генерация көзі ретінде ГАЭС пайдалану және түнгі сағаттарда сәтсіздіктерді толтыру (ГАЭС реттеудің жылдам қолжетімді мүмкіндіктері үлкен сақтау сыйымдылығымен бірге жел мен күн энергиясының жоғары үлесі бар желілерде тұрақты жүйені қамтамасыз ету үшін қажет).

ҚР-дағы гидроаккумуляциялық электр станциясының бірінші жобасы бойынша «Қытай халықаралық су шаруашылығы және энергетика корпорациясы» (ҚХСШЭК) және «Самұрық-Энерго» АҚ арасындағы ынтымақтастық туралы жасалған келісім шеңберінде ҚХСШЭК техникалық-экономикалық зерттеу (ТЭЗ) жүргізуге бастамашылық жасады.

ТЭЗ күтілетін нәтижесі техникалық аспектілерге, станциялардың негізгі параметрлеріне (белгіленген қуаттылық/МВт, сақтау көлемі/сағ), есептелген күрделі шығындарға, өтелу тетіктеріне, тәуекелдерге, экологиялық және әлеуметтік аспектілерге, әрі қарай зерттеуге және басқа да сапалық параметрлерге негізделген ГАЭС неғұрлым тиімді схемасының ұсынымын ұсына отырып, Қазақстанда ГАЭС орналастыру

<sup>10</sup> Қазақстан Республикасының гидроэнергетикалық саласын дамытудың 2020-2030 жылдарға арналған жоспары

үшін әлеуеті қолайлы/мүмкін болып көрінетін барлық қолжетімді алаңдарды анықтау болып табылады.

Жүргізілген жұмыстардың нәтижесінде Қазақстанда алғашқы ГАЭС-ті бастапқы қаржылық бағалаумен алдын ала талдау туралы есепті ҚХ-СШЭК ұсына отырып, белгіленген қуаты 600 МВт және сақтау көлемі 6 сағат ГАЭС салу үшін әлеуетті алаңдар айқындалды.

Қазіргі уақытта Энергетика министрлігімен ГАЭС жобалары үшін инвестицияларды қайтару тетігі бойынша нормативтік-құқықтық актілерге түзетулер енгізуге қатысты мәселелер талқылануда.

2025 жылы техникалық-экономикалық негіздемені әзірлеуге шарт жасасу жоспарлануда.

### **Азия даму банкімен бірлесіп гидроэнергетиканы дамыту**

2024 жылы ҚР Энергетика министрлігі Азия даму банкімен (АДБ) Қазақстанның гидроэнергетикасын дамыту бағдарламасы бойынша консультациялық қызметтер туралы келісім жасасты.

Келісімнің мақсаты электр энергиясын өндіру мен тұтынудың тәуліктік режимдерін реттеу үшін маневрлік электр қуатын ұлғайта отырып, гидроэнергетика саласын дамыту арқылы Қазақстанның энергетикалық қауіпсіздігін қамтамасыз ету болып табылады.

ГЭС дамыту бағдарламасы Қазақстан Республикасының Балқаш, Алакөл және Ертіс-Зайсан бассейндерінде гидроэнергетикалық жобаларды жобалауды, қаржыландыруды, салуды, пайдалануды және оларға техникалық қызмет көрсетуді қамтиды.

Жасалған келісім шеңберінде АДБ аукциондық құжаттама пакетін, оның ішінде геологияны, геодезияны, топотүсірілімді қоса алғанда, әлеуетті учаскелерді егжей-тегжейлі зерттей отырып, алдын ала ТЭН әзірлеу үшін техникалық көмек қаражатын бөледі, сондай-ақ электр энергиясын сатып алу туралы шарттың жобасын, аукциондық құжаттаманы, қаржы-экономикалық модельді, тарифтер бойынша есептеулерді және жобалардың құрылымына қатысты ұсынымдарды әзірлейді.

Келісім сонымен қатар қуаты 600 МВт ГЭС жобасы үшін құжаттамамен алғашқы аукциондық сауда-саттықты өткізуге бағытталған. Жобалық аукциондық сауда-саттықты өткізу инвесторларға құжаттаманы дайындау үшін уақыт пен ресурстарды қысқартуға мүмкіндік береді, өйткені келісімде ГЭС салу үшін сәулет, функционалдық-техникалық, инженерлік-техникалық шешімдерді айқындайтын алдын ала ТЭН әзірлеу жоспарланып отыр.

### **Негізгі сын-тегеуріндер мен кедергілер**

Гидроэнергетика саласын дамыту үшін қажет-

ті шарт елдің су ресурстарының нақты жай-күйін көрсететін объективті және сенімді ақпараттың, сондай-ақ гидроэнергетикалық әлеуетті зерттеу контекстінде тиісті зерттеулердің болуы болып табылады.

Мұндай ақпараттың ел деңгейіндегі негізгі көзі әдетте су объектілерін мемлекеттік мониторингтеу нәтижелері бойынша алынған деректер болып табылады. Су объектілерінің мемлекеттік мониторингі жүйесінің болуы мемлекеттік бақылау желісін қалыптастыруды, оны техникалық жарақтандыруды, болжаудың қазіргі заманғы әдістерін, сондай-ақ су объектілерінің мемлекеттік мониторингі деректерін жүйелеуге және интеграциялауға мүмкіндік беретін ақпараттық жүйенің болуын білдіреді, бұл олардың мемлекеттік басқару органдары, ғылыми ұйымдар мен азаматтар үшін қолжетімділігін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Жетекшілік ететін мемлекеттік органдарда су ресурстары туралы деректердің бар алшақтықтары осы саладағы жақсартулардың қажеттілігін айғақтайды. Осылайша, су ресурстары комитетінің мәліметі бойынша, өзен ағыны 2010 жылы 181 км<sup>3</sup>, ал 2016 жылы 160 км<sup>3</sup> құрады. Бұл ретте «Қазгидромет» РМК деректері ерекшеленеді: 2010 жылы – 143,6 м<sup>3</sup>, 2016 жылы – м<sup>3</sup>-ке 146,0-ден сәл артық. Деректер өзендер мен уақытша су ағындарының саны бойынша да бөлінеді. Су ресурстары комитетінің мәліметінше, олардың саны 39 мың, «Қазгидромет» РМК 84 мыңнан асады деп мәлімдейді<sup>11</sup>.

Негізгі проблемалардың бірі – бақылау бекеттері мен бақылау бағдарламаларының санын азайту. Болжамдардың әдістемелік базасы гидрологиялық болжамдардың сапасына теріс әсер ететін ескірген әдістер мен технологияларға негізделген. Бұл факторлар гидрологиялық деректер сапасының нашарлауының тұрақты тенденциясын тудырды.

Гидрометеорологиялық деректермен қамту деңгейі бойынша Қазақстанның мемлекеттік желісі дамыған елдерден едәуір артта қалып отыр. 80-90 жылдары Қазақстанда 1983 гидрологиялық бекет жұмыс істеді, ал 2010 жылға қарай олардың саны 245-ке дейін қысқарды. 2024 жылға елімізде ең аз қажетті саны 516 болатын 377 гидрологиялық бекет жұмыс істейді. Бұл көрсеткішке 2050 жылға дейін жету жоспарланған.

Нәтижесінде объективті деректердің болмауы гидроэнергетикалық әлеуетті бағалау тақырыбында тиісті зерттеулер жүргізу мүмкіндігін шектейді.

Сондай-ақ, су ресурстарын республикалық деңгейде гидроэнергетикалық әлеует тұрғысынан зерттеу саласындағы зерттеулердің жетіспеушілігін атап өткен жөн. Бүгінгі таңда қолжетімді деректердің көп бөлігі 1990 және одан бұрынғы жылдарға жатады.

<sup>11</sup>Қазақстан Республикасының су ресурстарын басқару жүйесін дамытудың 2024 – 2030 жылдарға арналған тұжырымдамасы

Экономикалық тиімді гидропотенциалды айқындау және ГЭС әлеуетті жобаларының онлайн-картасын құру жөніндегі тиісті міндет 2021 жылы орындалу мерзімімен ҚР гидроэнергетика саласын дамыту жоспары шеңберінде жоспарланған болатын, дегенмен оның нәтижелері туралы ақпарат, сондай-ақ онлайн-картамен гидропотенциал туралы ақпараттың өзі бүгінгі күнге дейін қолжетімді емес.

Осылайша, бүгінгі таңда карталармен, ұлттық және халықаралық көздерден алынған тарихи деректермен деректер банкі құра отырып, Қазақстан өзендерінің гидроәлеуетіне ауқымды зерттеу жүргізу және бұл деректерді ашық қолжетімділікте орналасыру қажеттілігі туындады.

#### 1.3.4. Энергияны сақтау жүйелерін дамыту (BESS)

BESS жүйелері жаңартылатын энергия көздерін пайдалану ауқымы кеңейген сайын энергетикалық жүйелердің тұрақтылығы мен икемділігін қамтамасыз етуде маңызды рөл атқаруға арналған. 2023 жылы Дубайда өткен COP 28 климаттық саммитінде 200-ге жуық ел 2050 жылға қарай энергетикалық секторда нөлдік шығарындыларға қол жеткізуге, қазба отындарынан кетуге, жаңартылатын энергия қуатын үш есеге арттыруға және энергия тиімділігін арттыру қарқынын 2030 жылға дейін екі есеге арттыруға уағдаласты.

Қазақстан бұл процестен ерекшелік емес. Ел 2060 жылға қарай көміртегі бейтараптығына қол жеткізуді мақсат етіп қойды. Осылайша, бес жылдық кезеңге арналған аукциондық сауда-саттықты өткізудің бекітілген кестесіне сәйкес аукционға қойылған жалпы қуат 6,7 ГВт құрады, бұл ретте өткізілген сауда-саттықтың қорытындысы бойынша 2027 жылдың соңына дейін 592 МВт енгізу жоспарлануда. Энергетикада белгіленген мақсаттарды іске асыру мақсатында Қазақстан Республикасының электр энергетикасы саласын дамытудың 2035 жылға дейінгі іс-шаралар жоспары қабылданды. Жоғарыда аталған құжатты іске асыру шеңберінде ЖЭК ірі гигаваттық жобаларын енгізу жоспарланғанын атап өту қажет. Бұл – Total Energies, Masdar, AcwaPower, China Power, Nevel (жел электр станциясы + күн электр станциясы) сияқты компаниялармен 300 МВт сақтау жүйелері бар 1 ГВт жел станциясының жобалары. Осылайша, Қазақстанда энергия жинақтау жүйелерінің белгіленген қуаты алдағы онжылдықта 1 ГВт-тан асуы мүмкін. Жоспарды сәтті іске асыру кезінде энергия жүйесіндегі ЖЭК белгіленген қуаттарының көлемі 2035 жылға қарай 24,4% құрайды.

BESS энергетикалық қауіпсіздікті арттыруда шешуші рөл атқарады. Мұндай жүйелер электр желілерінің тұрақтылығы мен тұрақтылығын сақтайды, үйлерге, кәсіпорындарға, соның ішінде ауруханаларға және басқа да маңызды инфрақұрылымға резервтік қуат беру әдісін ұсынады. Сондай-ақ батареялар төтенше ауа-райынан немесе басқа ақаулар-

дан туындаған төтенше жағдайлар кезінде маңызды қызмет көрсете алады.

2023 жылы аккумуляторлық батареялардың әлемдік нарығы екі есеге өсіп, 90 ГВт-сағ-тан асады және пайдаланылатын аккумуляторлық батареялардың көлемін 190 ГВт-сағ-тан асады. Батареяларды сауданың ең үлкен өсуі өнеркәсіптік масштабтағы жүйелерде, ал «есептегіш артында» (behind-the-meter) орналасқан аккумуляторлық батареялар 2023 жылы жылдық өсімнен 35% құрайды. Автономды қайта зарядталатын батареялар қазіргі уақытта әлдеқайда аз көлемде. Барлық өлшемдегі BESS қысқа мерзімді икемділікті қамтамасыз ету үшін жақсы жұмыс істейді – энергияны секундтар, минуттар немесе бірнеше сағат ішінде жылжыту, бірақ жүйенің жұмысын қамтамасыз ету үшін кеңірек қызмет көрсете алады. Оларға қосалқы және резервтік қызметтер, жүйенің сәйкестігін қамтамасыз ету және тарату және тарату жүйелеріндегі шамадан тыс жүктемелерді басқару кіреді. Қаржылық ынталандырулар, соның ішінде салықтық жеңілдіктер мен гранттар, сондай-ақ сақтауды жаңа күн немесе жел жобаларымен біріктіру талаптары да осы жүйелерді енгізуді ынталандырады.

Батареяларды үнемді пайдалану жеке жағдайларға және жеке жағдайларға байланысты. Жауап электр энергетикасы жүйесі мен нормативтік-құқықтық базаның ерекшеліктеріне байланысты әр аймақта әр түрлі болуы мүмкін. Бір уақытта бірнеше қызмет көрсету арқылы әр түрлі нарықтық тетіктерді біріктіру BESS экономикалық тартымдылығын арттыруы мүмкін, бірақ бұл бизнес жағдайының күрделілігін арттырады.

#### Өнеркәсіптік ауқымдағы BESS энергияны сақтау жүйелері

Өнеркәсіптік масштабта BESS қолдану ЖЭК үлесі жоғары энергия жүйелерінде аса маңызды. Мұндай жүйелерде энергияны 1-ден 8 сағатқа дейін сақтау мүмкіндігі бар және ең жоғары қуатты қамтамасыз ете алады: оларды электр энергиясына сұранысы төмен ең жоғары емес сағаттарда, мысалы, бір күн ішінде күн фотоэлектрлік энергиясының ең жоғары өндірісі кезінде зарядтауға болады. Мұндай жүйелер ең жоғары сағаттарда электр энергиясына сұраныс жоғары болған кезде, мысалы, кешке, күн фотоэлектрлік жүйелері электр энергиясын өндірмеген кезде таусылады. Бәсекеге қабілетті электр нарықтарында аккумуляторлық батареялар энергетикалық төрелікке қатысу арқылы, көтерме электр нарықтарында тарифтерді бөлу төмен баға кезінде BESS зарядтау және жоғары баға кезінде разрядтау арқылы пайдаланып артықшылықтарды пайдаланып ақшаға айналдыра алады.

Лездік ден қоюдан арқасында аккумуляторлар жиілікті реттеу, кернеуді қолдау және резервтерді басқару сияқты электр желілеріндегі көмекші қызметтердің тамаша жеткізушілері болып табылады. Сонымен қатар, олардың «нөлден бастау» (black start)

мүмкіндіктері жүйенің бұзылуынан кейін қызметті қалпына келтіре алады.

Еуропаның көптеген елдерінде, әсіресе Германияда, Швецияда, Ұлыбританияда, BESS жүйелері жиілік пен резервтік қолдау қызметтерінің негізгі жеткізушілеріне айналды, бұл BESS-ке осы қызметті көрсету үшін нарықтарға қол жеткізуге мүмкіндік беретін реформалар көмектесті. Айнымалы жаңартылатын энергия көздерінің үлесі артып келе жатқан және синхронды генерацияның төмендеуі бар жүйелерде дәстүрлі жылу электр станциялары пайдаланудан шығарылғандықтан, инерциялық қуат пен қысқа тұйықталу қуатына (short-circuit power) қажеттілік артады, оларда тор түзетін инверторлармен жабдықталған батареялар бар. Алайда, барлық желілік түрлендіргіштер қысқа тұйықталу тогын қамтамасыз етпейтінін ескеру қажет.

Қолдау қызметтерін ұсыну соңғы жылдары бүкіл әлем бойынша бірнеше нарықтарда аккумуляторлық батареялардан түсетін маңызды табыс көзі ретінде пайда болды. Ол жыл сайын жаңа жобаларды орналастырудың 15%-дан астамын қамтамасыз етеді, әсіресе сақтау мерзімі екі сағаттық аккумуляторлар үшін.

Жүйенің жеткіліктілігін қолдау үшін жеткілікті қуат беру де сақтау батареяларын қолданудың артуы болып табылады. Бұл реттеуге мүмкіндік беретін жерде, қуат нарықтарына қатысу BESS иелеріне ұзақ мерзімді перспективада кірістерге инвестиция салуға мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, батареялар жоғары өндіріс кезеңдерінде жаңартылатын энергия көздерінен өндірілетін артық электр энергиясын үнемдеу арқылы желінің шамадан тыс жүктемесін азайтуға көмектеседі, бұл өндірісті шектеу (curtailment) шығындарын

және электр жүйесіне интеграцияны азайтады.

Жүктемелерді басқару үшін пайдаланған кезде батареялар тарату желісіне аудару немесе инвестициялау қажеттілігін азайтады. Бұл – Германиядағы желілік күшейткіштердің (grid boosters) негізгі қолданылуы, олар электр энергиясын беру жүйесіндегі кедергілерді жою үшін орналастырылған өнеркәсіптік масштабтағы батареялар болып табылады және осылайша белгілі бір желілерді нығайту үшін қосымша инвестиция қажеттілігін азайтуға қызмет етеді.

Төменде қуат жүйелерінде BESS қолданудың әр түрлі мысалдары келтірілген.

Реттеушілік орта және желілердің техникалық сипаттамалары BESS қолданудың негізгі факторлары болып табылады. Еуропалық одақты қоса алғанда, электр энергетикасы жүйелеріндегі нарықтық тетіктері бар көптеген юрисдикцияларда заң талаптары тасымалдау және тарату жүйелері операторларының энергияны сақтау жүйелерін иеленуіне және пайдалануына қатаң шектеулер қояды (grid boosters сияқты жеке пилоттық жобаларды қоспағанда), сондықтан кез келген жүктемені басқару қызметтері үшінші тараптармен келісімшартқа отыруы керек.

Жақында Ұлыбританияда үшінші тараптар ұсынатын икемді шешімдердің шығындары мен пайдасын желіні күшейту құнымен салыстыратын ашық қоғамдық тендерлерге негізделген тарату жүйелерінің икемділік нарықтары құрылды: 2022-2023 жылдары жасалған келісімшарттардың 30%-дан астамы немесе 600 МВт-қа жуық жинақтау қуаты. Францияда тарату жүйесінің операторлары мен жеке тарату жүйесінің операторлары жақында энергияны сақтау жобалары үшін ашық жергілікті икемділік (маневрлік) тендерлерін бастады. Калифорния мен Нью-Йорк штатында тарату жүйесінің оператор-

**2-кесте – Өнеркәсіптік ауқымдағы BESS жобаларының мысалдары**

Жобаның атауы	Елі	Қуаты/сыйымдылығы	Нарық тетігі	Функционалды қолдану
Далримпл	Австралия	30 МВт / 8 МВт-сағ	Көмекші қызметтер	Қысқа тұйықталу жиілігін, инерциясын және тоқты басқаруды қамтамасыз етеді: бұл үлкен үлестерді қосатын өңірлік желіні сенімді электрмен жабдықтауды қамтамасыз етеді ЖЭК генерациясының айнымалысы және синхронды генерация болмаған жағдайда.
Әр түрлі алаңдар	Ұлыбритания	Қуаты 869 МВт болатын BESS келісімшарттары	Көмекші қызметтер	Жүйелік оператор үшін инерция мен желі түзуші аккумуляторлық батареяның қысқа тұйықталу тогын қамтамасыз ету
T1 және T4 аукциондары	Ұлыбритания	BESS қуатының 3,9 ГВт-тан (2024 жылы) 16 ГВт-қа дейін өсуі (2027 жылы)	Қуат нарығы	Нарықтар қаныққан сайын жиілікті реттеуден түсетін кірістер төмендейтін Ұлыбританияда қуат нарығындағы көпжылдық келісімшарттар бойынша аукциондар BESS үшін маңызды кіріс көзіне айналуға.

Жобаның атауы	Елі	Қуаты/сыйымдылығы	Нарық тетігі	Функционалды қолдану
Блюпари	Жаңа Каледония, Франция	3 сағатқа 50 МВт	PPA-келісім-шарттар	Жергілікті желілік компаниямен кешкі шыңдарды жабу туралы 12 жылдық PPA-келісімшарті
Далянь	Қытай	200 МВт / 800 МВт-сағ	Ең жоғары жүктемелерді азайту / төрелік	Желідегі ең жоғары жүктемелерді азайтуға арналған және желінің тұрақтылығын арттыра отырып, Далянь түбегінде қосымша жүктеме нүктесі ретінде қызмет етеді. Жобаның бірінші кезеңі 2022 жылы пайдалануға берілді. Оның толық орналастырылуы ең жоғары жүктемелерді 2020 жылғы деңгейден 8%-ға төмендетеді деп күтілуде.
Төрт энергия аймағы	Германия	950 МВт	Беру жүйесін нығайтуға арналған желілік күшейткіштер (grid boosters)	Желіні дамыту жоспары аясында BNETZ реттеушісі мақұлдады. 450 МВт қазірдің өзінде төрт жүйелік оператордың екеуінде құрылыс кезеңінде.
Дюнкерк	Франция	68 МВт /	Француз электр энергиясын беру жүйесінің операторы (RTE) жариялаған ұзақ мерзімді тендер	Жиілікті реттеу сияқты желілік қызметтерді ұсыну – бастапқы резерв
Danish	Техас, АҚШ	Қуаты 720 МВт күн электр станциясы және қуаты 150 МВт/262МВт-сағ BESS жүйесі	Төрелік және көмекші қызметтер	BESS жобасы беру жүйесінің операторы (TSO) үшін кейбір көмекші қызметтермен энергетикалық төрелікті жүзеге асыруға арналған. Ол күн фермасынан тәуелсіз жұмыс істейді және заряд пен разрядты пайдалануды желілік оператор анықтайды.
Локалстир-Лонгьербуен	Норвегия	6 МВт/9 МВт-сағ	Көмекші қызметтер	BESS қаланың көмір электр станциясының жанында орналасқан және тербелістерді жеңу үшін резервтік қуат, сондай-ақ нөлден бастау (black start) мүмкіндігі үшін резервтік қуат қамтамасыз етеді. 2023 жылы көмір станциясы жабылғаннан кейін BESS дизельді генераторларды және жаңартылатын энергия көлемінің өсуін біріктіру үшін кернеу мен жиілікті бақылауды қамтамасыз етеді

Дереккөз: «Batteries and Secure Energy Transitions» есебінің материалдары, Халықаралық энергетикалық агенттік, 2024, сондай-ақ SAFT компаниясының ақпараты бойынша

лары электр энергиясын сатып алу-сату шарттары (PPA-келісімшарттар) бойынша бірлескен меншіктегі немесе үшінші тұлғалардан сатып алынған энергияны сақтау жүйелерін желідегі жүктемелерді азайту мақсатында көбірек пайдаланады, осылайша оларды күшейтуге қымбат инвестицияларды болдырмайды немесе кейінге қалдырады.

Микрожелілер – BESS өнеркәсіптік ауқымының тағы бір қолданылуы. Мысалы, Австралияда және АҚШ-тың кейбір штаттарында реттеушілер ауруханалар немесе ірі өнеркәсіптік тұтынушылар

сияқты маңызды нысандардың, сондай-ақ табысы төмен қауымдастықтарға арналған қызметтердің тұрақтылығын арттыру үшін көбінесе энергияны сақтау жүйелерін пайдалануға негізделген микрожелілерді дамытуды ынталандыратын арнайы шаралар мен бағдарламаларды енгізді. Микрожелілер жүйенің тұрақтылығын арттырады, бұл жүйелік операторларға негізгі қуат көзінің жоғалуына қарамастан, елеулі ақаулар болған жағдайда және энергиямен жабдықтауды ұстап тұру кезінде «бейімделген оқшаулау» арқылы негізгі желіден ажырату

### 1-сурет – Энергияны сақтау жүйесімен Dalian Constant Current Energy Storage Power Station Co., Ltd. электр станциясы



Энергияны сақтау жүйесімен Dalian Constant Current Energy Storage Power Station Co., Ltd. электр станциясын Dalian Rongke Energy Storage Technology Development Co., Ltd компаниясы әзірлеп, дайындаған. Жоба Қытай Ғылым академиясының Далянь химиялық физика институтының (DICP) қолдауымен жүзеге асырылды. Дереккөз: DICP фотосуреті

мүмкіндігін береді.

Кейбір аккумуляторлық технологияларды бірнеше күндік энергияны сақтау және ең жоғары сұраныс кезеңдері немесе жаңартылатын энергия көздерінің төмен эпизодтарын өтеу үшін пайдалануға болады. Мысал ретінде Калифорнияда 100 сағатқа созылатын темір-ауа батареясының салынып жатқан алғашқы жобасы болып табылады, ол мемлекеттік ресурстардың жеткіліктілігін қамтамасыз ету бағдарламасының бөлігі ретінде жұмыс істейді. Дегенмен, қазіргі уақытта энергетикалық нарықтардың қалай жұмыс істейтіні желілік қызметтердің көпшілігі қысқа мерзімді сақтауға бағытталғанын білдіреді. Мысалы, АҚШ-та операциялық резервтер нарығының ұзақтығына (бір сағаттан аз) және қуатқа (төрт сағат) қойылатын қолданыстағы талаптар орнатылған энергияны сақтау жүйелерінің көпшілігінің жұмыс уақыты бойынша төрт сағат немесе одан аз уақытқа жағдай туғызды.

Тарихи тұрғыдан алғанда, өнеркәсіптік масштабтағы BESS негізінен энергияға сұраныстың жиілігін немесе уақытын реттеу үшін пайдаланылды. Айналымы жаңартылатын энергия көздері өндіретін энергия көлемінің ұлғаюымен және қолдау нарықтарының шағын көлеміне байланысты электр энергиясына сұраныс уақытын жылжыту функциясы энергияны сақтау жүйелерінің негізгі функциясына айналды. Оның үлесі 2023 жылы BESS орнатылған құрамынан шамамен 85% құрады.

Мысалы, Германияда жиілікті қолдауды қамтамасыз ету BESS өнеркәсіптік ауқымда орналастырудың

негізгі ынталандырушысы болды, бірақ жаңа нарық тетіктерінің пайда болуы олардың дамуына қосымша мүмкіндіктер ашты. Оларға энергияны сақтау жүйелерімен ЖЭК генерациялаудың инновациялық тендерлерін ұйымдастыру, электр энергиясын беруді реттеу үшін BESS пайдалану (желілік күшейткіштер, grid boosters) және өнеркәсіптік нысандарда энергия тұтынуды оңтайландыру кіреді.

Егер нормативтік-құқықтық база BESS-ті әр түрлі пайдалану мүмкіндіктерін біріктіруге және әр түрлі нарықтық тетіктерді қолдануға мүмкіндік берсе, онда бұл BESS жобаларының экономикасын жақсартуға және бірыңғай ұзақ мерзімді келісімшарттардың (PPA-келісімшарттар) шектелуіне жол бермеуге мүмкіндік береді. Алайда, бұған жету үшін энергетикалық жүйені барынша күрделі басқару жүйесі қажет. Сонымен қатар, BESS заряд-разряд циклдерін пайдалану санының артуы мұндай жүйелердің деградация процестерін жеделдетеді. Бұған қоса, кейбір қызметтер сәйкес келмеуі мүмкін. Мысалы, егер BESS жүйесі жоғары жиілікті және қысқа мерзімді қызметтер үшін оңтайландырылған болса, ол жиілікті емес және ұзағырақ реттеу қызметтерінің қажеттіліктері үшін дұрыс жұмыс істемейді мүмкін.

#### «Есептегіш артындағы» BESS энергияны сақтау жүйелері

Автономды энергияны сақтау жүйелері электр энергиясын тарату деңгейінде қолданылады және соңғы пайдаланушыларға тиесілі тұрғын үй, коммерциялық және өндірістік нысандарға орнатыла-

ды. Олар ғимараттың өзі электр желісіне қосылған электр есептегіші арқылы ғимараттағы және шатырдағы күн фотоэлектрлік жүйелеріне тікелей қосылады. Олар жаңартылатын энергия көздерін біріктіруде маңыздылығы артып келе жатқан таратылған энергия ресурстарының бір бөлігін құрайды. Бұл жүйелер электр қауіпсіздігін нығайту және өнеркәсіптік секторды электрлендіруді қолдау кезінде шығындар мен қоршаған ортаға әсерді азайту арқылы тұтынушыларға да, желіге де пайда әкелуі мүмкін.

BESS энергияны сақтау жүйелері тұтынушыларға үнемдеудің көптеген жолдарын ұсынады. «Есептегіш артында» орналасқан батареяларды зарядтау үшін күндізгі артық күн фотоэлектрлік генерациясын пайдалана отырып, тұтынушылар шатырдағы күн фотоэлектрлік батареясы өндіретін электр энергиясын тұтынуды арттырып, желіден тұтынуды азайта алады. Электр қуатының бағасы ең төмен болған сағаттарда зарядтау кезінде «есептегіш артындағы» аккумуляторлық батарея тұтынушыларға электр энергиясына төлемдерін азайтуға мүмкіндік береді. BESS пайдалану сонымен қатар тұтынушылардың ең жоғары сұранысын төмендетуге арналған, бұл оларға ең жоғары сағаттарда шығындарды үнемдеуге мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, үй шаруашылықтары деңгейінде қолданылатын жеке BESS жүйелерін виртуалды электр станциялары (virtual power plants – VPP) деп атауға және нарыққа қатысуға болады. Виртуалды электр станциялары бөлінген энергетикалық ресурстарды, соның ішінде «есептегіш артындағы» BESS жүйелерін және бөлінген жаңартылатын энергия көздері мен икемді жүктемелерді біріктіреді және оларды бірыңғай электр көзі ретінде басқарады. Виртуалды электр станцияларын құру үшін әрбір бөлінген энергия ресурсы олардың ұжымдық жұмысын оңтайландыратын және нарықтар мен желілік операторлардың сигналдарына жауап беретін орталықтандырылған басқару жүйесіне қосылуы керек. Егер нарық ережелері мүмкіндік берсе, олар электр энергиясын нарықта көтерме бағамен сата алады, сонымен қатар қосалқы қызметтерді ұсына алады және қуатты қолдауға қатысу арқылы энергия қауіпсіздігін сақтай алады. Мұндай виртуалды станцияларда жергілікті желілердегі шектеулерге олардың құрамына кіретін жеке энергетикалық ресурстардың қуатын реттеу арқылы икемді жауап беру мүмкіндігі бар. Бұл оларды электр қуатын беру және тарату кезінде кептелістерді жою үшін әлеуетті құнды ресурсқа айналдырады.

Шығындарды үнемдеу шараларынан басқа, «есептегіш артындағы» BESS жүйелері жоспарланбаған үзілістер кезінде резервтік қуатпен қамтамасыз ету және электр қуатымен қамтамасыз ету арқылы электрмен жабдықтау сенімділігін жақсарта алады: бұл, әсіресе, өнеркәсіп, әлеуметтік инфрақұрылым (мысалы, ауруханалар) және үздіксіз қуат қажеттіліктері бар осал тұтынушылар үшін өте маңызды.

Жүйе тұрғысынан алғанда, «есептегіш артындағы» BESS жүйелері өнеркәсіптік ауқымдағы BESS жүйелері ұсынатын көптеген артықшылықтарды қамтамасыз ете алады. Егер дұрыс сигналдар мен ынталандырулар болса, олар желінің жалпы қажеттілігін азайтуға, ең жоғары жүктемелерді шектеу арқылы желідегі жүктемені азайтуға және қуат резервін қамтамасыз етуге көмектеседі.

Өнеркәсіптік масштабтағы BESS жүйелерімен салыстырғанда, «есептегіш артында» энергияны сақтау жүйелері жергілікті деңгейде жұмыс істейді, бұл тарату желісін кеңейтуді немесе жаңартуды кейінге қалдыруға мүмкіндік береді. Виртуалды электр станцияларына біріктірілген кезде есептегіш арқылы BESS жүйелері көмекші қызметтерді де қамтамасыз ете алады: жиілікті реттеу, кернеуді қолдау және резервтерді қамтамасыз ету. Алайда, «есептегіш артындағы» BESS жүйелерінің іске асырудан пайда алу дәрежесі көбінесе нормативтік-құқықтық базаға, ең алдымен, электр энергиясын түпкілікті тұтынушыға арналған тарифтер құрылымына және агрегаторлардың нарыққа кіру ережелеріне байланысты. Бұл сонымен қатар зияткерлік есеп жүйелерін енгізу деңгейіне байланысты.

### **Қазақстанда BESS энергияны жинақтау жүйелерін қолдану**

Қазақстанда BESS жүйелерін практикада қолдану мәселесі соңғы бірнеше жыл ішінде көтеріліп келеді. 2024 жылғы шілдеде «энергияны жинақтау жүйесі» ұғымын және нормативтік реттеудің өзге де сәттерін қамтитын заңнамалық түзетулер қабылданды.

Осылайша, «Жаңартылатын энергия көздерін пайдалануды қолдау туралы» ҚР Заңында ЖЭК жобаларын іріктеу бойынша аукциондық сауда-саттықты айқындау түзетілді, бұл таяу болашақта уәкілетті мемлекеттік орган энергия жинақтау жүйелері бар ЖЭК аукциондарын ұйымдастыратынын көрсетеді. Осылайша, қабылданған түзетулерге сәйкес аукциондық сауда-саттық – аукцион негізінде электрондық жүйеде аукциондық сауда-саттықты ұйымдастырушы ұйымдастыратын және жүргізетін және жаңартылатын энергия көздерін, осы объектілерді, қалдықтарды энергетикалық кәдеге жарату жөніндегі объектілерді орналастыру жоспарын және жаңартылатын энергия көздерін пайдалану жөніндегі объектілер, қалдықтарды энергетикалық кәдеге жарату жөніндегі объектілер өндіретін электр энергиясының аукциондық бағаларын айқындауды ескере отырып, оның ішінде электр энергиясын жинақтау жүйелерімен жарақтандырылған энергия көздерін пайдалану бойынша жаңа объектілер салу жөніндегі жобаларды іріктеуге бағытталған процесс.

Бұдан басқа, 2024 жылғы тамызда ҚР Энергетика министрлігі нормативтік-құқықтық базаға (Станциялар мен желілерді техникалық пайдалану қағидала-

ры және Электр желілерінің қағидалар) түзетулер жобасын жариялады, олар «электр энергиясын сақтау жүйесі» ұғымын заңға тәуелді актілерде бекітуді, ЖЭК генерациялайтын қондырғылардың осындай жүйелерді пайдалану жөніндегі міндеттемелерін, әзірленген электр станциясының қуатын берудің схемасының (ҚБС) мазмұнында электр энергиясын сақтау жүйелерінің жыл сайынғы қолда бар қуаты мен сыйымдылығының көлемі, жыл сайынғы дайындық коэффициенті және энергия сақтау жүйелерінің техникалық сипаттамалары бойынша ақпараттың міндетті түрде болуын көздейді.

Елдің энергетикалық жүйесі маневрлік генерацияның тапшылығына байланысты үлкен қиындықтарға тап болуда және жүйелік операторға мұндай жүйелерді енгізу қысқа мерзімде (су ресурстарының шектеулілігі мен ішкі нарыққа газ жеткізу проблемаларын ескере отырып) жүзеге асырылуы мүмкін ең оңтайлы шешім болып көрінеді. Алайда, елде энергия жинақтау жүйелері бойынша құзыреттер жоқ екенін атап өткен жөн. Бұл туралы қазіргі уақытта жүйелік операторға энергияны сақтау жүйелерін ЖҚАР-мен біріктіруге және «қолмен» басқару режимінде оларды пайдалану үшін осындай жүйелерге техникалық талаптарды одан әрі дамыту үшін қандай да бір эмпирикалық тәжірибе жинақтауға мүмкіндік беретін бірде-бір пилоттық жоба іске асырылмағандығы қуәландырады.

Осы мақсатта «KEGOC» АҚ жүйелік операторы 2023 жылғы желтоқсанда China Power International Development Limited және China Power International Holding Limited компанияларымен ҚР БЭЖ-де электр энергиясын сақтау жүйесін енгізу жөніндегі пилоттық жобаны іске асыру туралы келісімге қол қойды. Осы келісім шеңберінде China Power International Development Limited компаниясы «KEGOC» АҚ қосалқы станциясында белгіленген қуаты 5 МВт дейін электр энергиясын сақтау жүйесін орнатады. Пилоттық жобаның мақсаты жаңартылатын электр көздерін Қазақстан Республикасының Бірыңғай электр энергетикалық жүйесіне интеграциялау кезінде электр энергиясын сақтау жүйелерінің энергия жүйесін реттеуге әсерін зерттеу болып табылады.

Сонымен қатар, бүгінгі таңда BESS дамытудағы негізгі проблемалар энергия жүйесі деңгейінде BESS қолдану тәжірибесінің болмауы және соның салдарынан BESS пайдалануға нормативтік-құқықтық база мен техникалық талаптардың болмауы болып табылады. Алайда, энергияны сақтау нарығын дамытудың негізгі кедергісі BESS инвестицияларын қайтарудың түсінікті тетіктерінің болмауы, нарықтық ынталандырудың болмауы, BESS инвестициялау үшін көмекші қызметтер нарығының дамымауы болып табылады.

Бұдан басқа, ЖЭК объектілерін де-юре электр энергиясын жинақтау жүйелерімен жарақтандыру

жөніндегі талаптарды ЖЭК аукциондарынан өткен және ЖЭК объектілерінен электр энергиясын сатып алуға бұрын жасалған ұзақ мерзімді шарттардың (PPA-келісімшарттар) қорытындылары бойынша ЖЭК жобаларына қолдануға болмайтынын ескеру қажет. Біріншіден, электр энергиясын сақтау жүйелерінің болуы өткен аукциондарға қатысудың шарты болған жоқ. Екіншіден, 2023 жылғы 1 шілдеге дейін жасалған жаңартылатын энергия көздерін пайдаланатын энергия өндіруші ұйымдармен электр энергиясын ұзақ мерзімді сатып алу-сату шарттарында шарттардың барлық талаптары тұрақты болып табылатын, Қазақстан Республикасы заңнамасының өзгеруіне тәуелді емес ережелер бар.

Осылайша, бүгінгі таңда энергия жүйесінің BESS жүйелерін кеңінен қолдану қажеттілігін, сондай-ақ энергияны сақтау жүйелерімен ЖЭК аукциондарын ұйымдастыруға бағытталған қабылданған ережелерді ескере отырып, тұжырымдамалық аппараты неғұрлым нақты анықтау, осындай жүйелерді пайдаланудың техникалық талаптарын бейімдеу және осындай жобаларды іске асырудың нарықтық тетіктерін қалыптастыру қажеттілігі артып келеді. Осылайша, қарастырылған халықаралық тәжірибеге сәйкес, BESS жүйелері жиілікті, инерцияны реттеуге қатыса алады, қысқа тұйықталу қуатын қамтамасыз етеді, қуат резервін қамтамасыз етеді, ең жоғары жүктемелерді азайтуға қатысады немесе желілік күшейткіштер функциясын орындай алады. Осы бағыттарды іске асыру көмекші қызметтер нарығын одан әрі дамытуды талап етеді.

#### **1.4. ҚР БЭЖ-не ЖЭК интеграциялаудың өзекті проблемалары**

ҚР БЭЖ-не ЖЭК енгізу жоспарындағы белгілі бір жетістіктерге қарамастан, ЖЭК интеграциясымен байланысты көптеген проблемалар шешілмеген күйінде қалып отыр.

ЖЭК дамуын тежейтін айқын теріс факторлар теңгерімдеуші қуаттардың өткір жетіспеушілігі, жабдықтардың тозуына байланысты Қазақстанның энергожүйесі инфрақұрылымының толыққанды интеграцияға дайындалмауы, бірқатар бағыттарда магистральдық және тарату желілерінің өткізу қабілеттілігінің таусылуы, энергия желілерінің географиялық шектелуі, ЖЭК-тің жылу энергиясымен интеграциялануына дайын еместігі, сондай-ақ Қазақстанның батыс өңірінің жабықтығы (өңірдің жоғары табиғи әлеуетіне қарамастан, ЖЭК-ті дамыту түпкілікті пайдаланушы үшін энергия құнының едәуір артуына әкеп соғады). болып табылады.

Инфрақұрылыммен байланысты проблемалардан басқа, заңнаманың жетілмегендігі, инвестициялық тәуекелдер, бәсекеге қабілетсіз тарифтер, микро генерацияны қолдаудың болмауы сияқты ЖЭК-ті қолдау бөлігінде саланы реттеуге және мемлекеттік саясатқа байланысты проблемалар бар.

### 1.4.1. Негізгі проблемалар мен сын-тегеуріндер

#### 1.4.1.1. Маневрлік генерацияның (теңгерімдеуші қуаттардың) болмауы

Бүгінгі таңда ЖЭК-тің одан әрі дамуын тежейтін негізгі шектеу және тұтастай алғанда энергетика секторы алдындағы аса ірі сын-тегеурін Қазақстандағы қолжетімді теңгерімдеуші қуаттардың шектелуі болып табылады.

Қазақстанда, көптеген басқа елдердегідей, ЖЭК пайдасына дәстүрлі энергетикадан толығымен бас тарту ғана емес, сонымен қатар, мысалы, Дания сияқты Еуропа елдері деңгейінде ЖЭК енгізуді қамтамасыз ету мүмкін емес, өйткені бұл – энергетикалық қауіпсіздік мәселесі. Қазақстанда ЖЭК өзінің маневрлік қуаты есебінен 100% резервтеуді қажет етеді: бұл қуаттарды қарқынды дамып келе жатқан ЖЭК көлемінде тысқары еш жерден алуға болмайды. Дания сияқты елдерде ЖЭК-тің дамуы жылдам қарқынмен жүрде, ал ЖЭК-тегі дәстүрлі көздер энергияны алмастыруда. Мұның бірнеше себептері бар, мысалы, жоғары тарифтер, жоғары өмір сүру деңгейі, тұтынушылардың белсенді мінез-құлқы. Бірақ басты себеп – Данияда ЖЭК резервтеу іс жүзінде 100%-ға өз көздерінен емес, Швеция, Норвегия, Франция, Германия және т.б. сияқты көрші елдердің маневрлік қуаттары есебінен жүзеге асырылады. Осындай мақсаттар үшін ЕО елдерінде Данияның энергетикалық жүйесімен салыстыруға болатын қуат ағынын қамтамасыз етуге қабілетті күшті мемлекетаралық энергетикалық және экономикалық байланыстар бар. Олардың ұлттықтан жоғары деңгейдегі өзара іс-қимылының бұл тетігі ЕО-ның орындауға міндетті тиісті директиваларында бекітілген, бұл Дания сияқты елдерге энергия қауіпсіздігіне белгілі бір кепілдік береді. Мұндай жағдайларда, мысалы, Дания көршілес Еуропа елдерінен өзінің максималды жүктемесін 100% жаба алатын қуаттылықтың осындай көлемін жеткізуде толықтай сене алады. Дәл сол себепті Португалияда олар Испаниямен тығыз байланыста болғандықтан 100% жаңартылатын энергияны пайдалана алады, бірақ Испания 100% жаңартылатын энергияны пайдалана алмайды, өйткені энергетикалық жүйенің Франциямен байланысы әлсіз. Қазақстанның энергожүйесі үшін көрші мемлекеттермен шекарада Қазақстанның энергожүйесінің қуатына қатысты секциялардың өткізу қабілетінің жеткіліксіздігі түріндегі шектеулер де бар. Теңдестіру қуатының жалпы нарығының болмауы да әсер етеді.

Елімізде электр энергиясын өндірудің белгіленген қуаты мен тұтыну деңгейінің ағымдағы теңгеріміне сәйкес, бүгінгі күні Қазақстанда ресми түрде қуаттың профициті шамамен 8000 МВт құрайды. Алайда, бұл өндірістік қуаттарды жоспарлы және авариялық жөндеуді, электр энергиясын экспорттау жөніндегі міндеттемелерді, отынның болмауы себепінен тоқтап қалуды, жабдықтың тозуынан туындаған шектеулерді, су шаруашылығы қызметі тарапынан

шектеулерді және т.б. ескермейді. Егер жоғарыда айтылғандардың барлығын ескеретін болсақ, нақты резерв 500 МВт-қа дейін төмендеуі мүмкін немесе қуаттың максималды тұтыну кезеңінде мүлдем болмауы мүмкін, РФ-мен шекарада 1000 МВт-қа жеткен ауытқулар кезінде – бұл Қазақстан үшін мүлдем жеткіліксіз.

Ауыспалы кестеде жұмыс істеу бойынша ҚР генерациясының қазіргі мүмкіндіктері тұтынушылардың қуатын тұтыну бейінін қанағаттандыру үшін жеткіліксіз болып табылады. Синхронды аймақта жиілікті реттеуді ұйымдастырудың қазіргі технологиясымен тұтынуға қатысты генерацияның жетіспеушілігі мен артық болуы Ресейдің БЭЖ шекарасында теңгерімсіздікке әкеледі.

Қазақстанда ЖЭК-ті өздерінің маневрлік қуаттары есебінен резервтеу қажет, өйткені мемлекетаралық қуат алмасулар үшін теңгерімсіздіктерді жабу мүмкіндіктері таусылған. ҚР және РФ шекарасында қуаттың рұқсат етілген ауытқуы  $\pm 150$  МВт-қа тең болғанда ауытқулар  $\pm 1000 \div 1500$  МВт-қа жетеді, яғни бұл көрсеткіш 10 еседен асады.

Қазақстанда маневрлік қуаттарды дамыту қажет, өйткені Қазақстанның генерациялаушы қуаттарының негізін құрайтын көмір генерациясы жеткілікті икемді емес, бұл Қазақстанның энергия жүйесінің жалпы жеткіліксіз маневрлігіне әсер етеді.

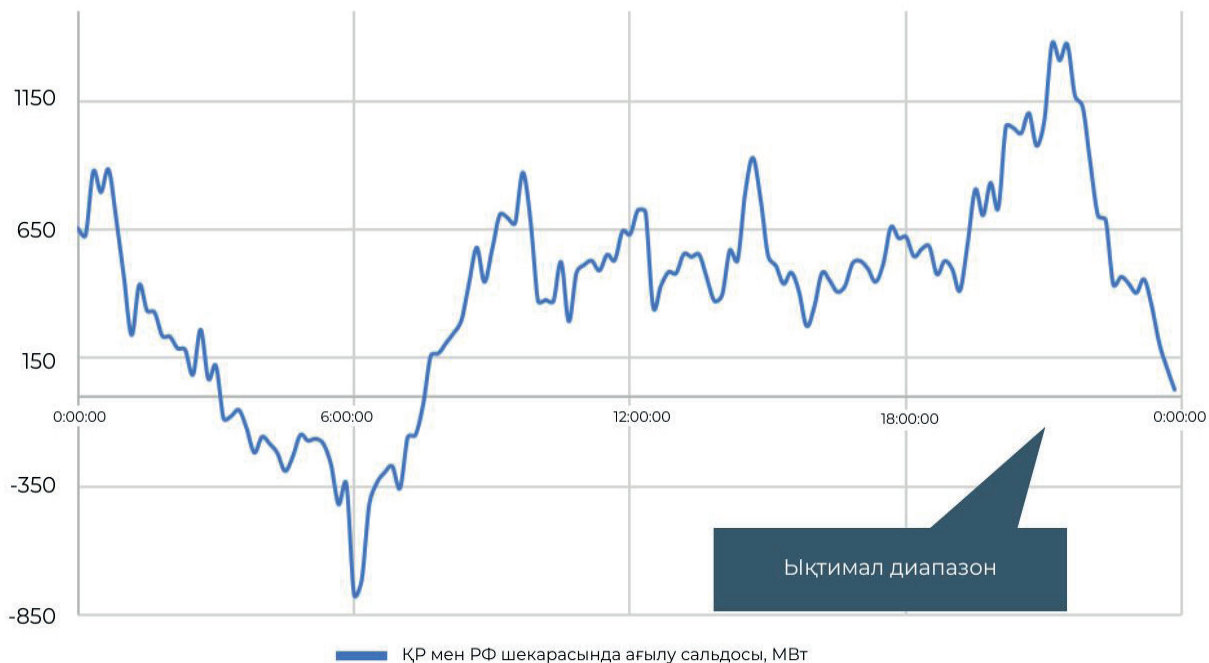
Елдің энергетикалық жүйесіне ЖЭК интеграциялау жыл сайын қиындай түсуде, өйткені ЖЭК өндіру көлемі артып келеді және өндіру тұрақсыз болып қалады. Бұл проблеманы қосымша маневрлік генерацияны құру немесе ЖЭК электр энергиясын сақтау құрылғыларын енгізу арқылы шешуге болады. Бұл екі шешім де жобалардың өтелу мерзімін ұзарта отырып, айтарлықтай инвестицияларды қажет етеді.

Маневрлік қуат тапшылығының ықтимал шешімдерінің ішінде келесі нұсқаларды атап өтуге болады:

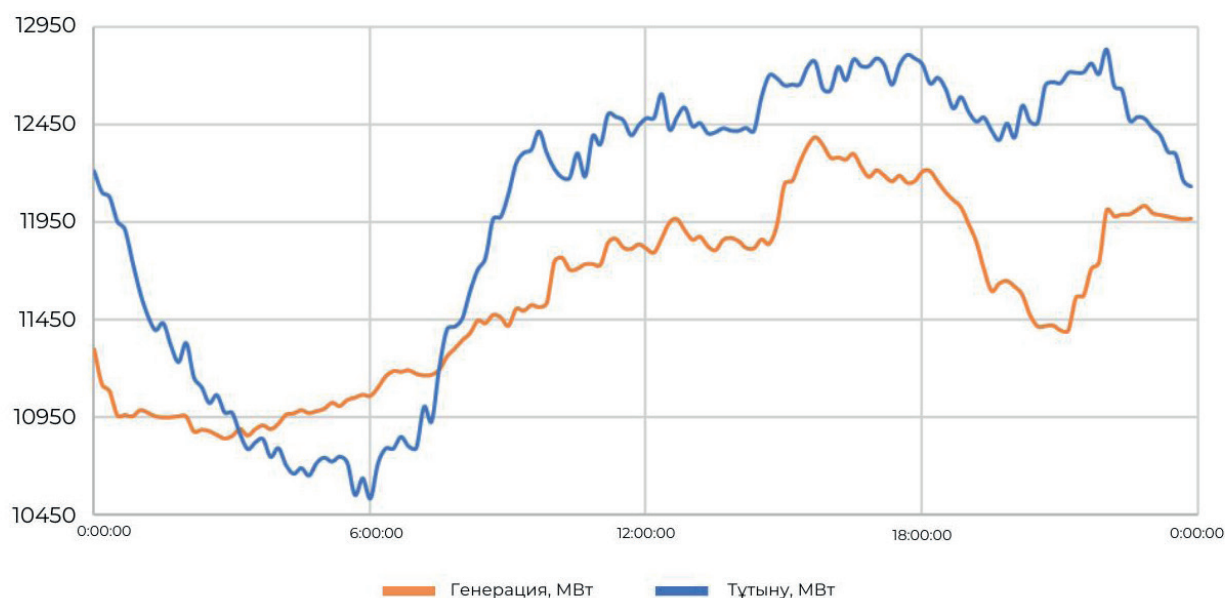
- жаңа маневрлік қуаттарды салу: газ және су электр станциялары;
- 2023 жылы электр энергиясының теңгерімдеуші нарығын (ЭТН) енгізу нақты уақыт режимінде станцияларды реттеуге қатысуға ынталандырады, осылайша қолданыстағы электр станцияларының теңгерімдеуші қуаттарының әлеуетін босатады;
- ЖЭК энергиясын жинақтау теңгерімдеуші қуаттардың тапшылығы мәселесін шеше алады;
- қолданыстағы гидроэлектр станцияларын тиімді пайдалану. Қолданыстағы гидроэлектр станцияларда қарсы реттегіштерді салу тепе-теңдікті сақтау үшін маневрлік генерация ретінде пайдалануға болатын бекітулі қуатты босатуға мүмкіндік береді;
- тұтынушылармен жұмыс: сұранысты басқару, сатылы тарифтер, энергияны үнемдеу.

Маневрлік генерация – бұл газ станциялары, гидроэлектр станциялары немесе жинақтағыштар. Мұндай қуаттардың шектеулігі ЖЭК өсуінің техни-

8-диаграмма – ҚР мен РФ шекарасында қуаттың сипатты теңгерімсіздігі



9-диаграмма – Қазақстанда электр энергетикасына тән генерация және тұтыну



калық шектеулерінің бірі болып табылады. 15 жыл бұрын Қазақстанда осы сектор дами бастаған кезде ЖЭК үлесі шамалы болды – 1%-дан аз, бұл тұтынушы-

лар үшін желілер мен тарифтерге айтарлықтай әсер еткен жоқ. Бүгінгі таңда электр энергиясын өндірудің жалпы көлеміндегі ЖЭК үлесі 7%-ға жеткенде,

энергия жүйесіне және тұтынушылар үшін тарифтерге әсері айқын болады. Өздеріңіз білетіндей, ЖЭК объектілерінің электр энергиясын өндіруі тұрақсыз, сондықтан қазіргі уақытта энергетика саласының алдында тұрған негізгі міндет – жүйені тұрақтандыру үшін жеткілікті резервтік қуаттарды құру.

Газ және гидроэлектр станцияларының басты артықшылығы – оларды жылдам іске қосу мүмкіндігі, соның арқасында олар маневрлік қуаттың негізгі көзі бола алады. Алайда, Қазақстанда газ көзі батыста болса, ал энергияның негізгі тапшылығы – оңтүстікте. Сонымен қатар, Қазақстанда газ тапшылығының болуын, сұраныс ұсыныстан асып түсетінін түсіну қажет. Егер газ ЭС құрылысы туралы айтатын болсақ, онда инвесторлар үшін газдың кепілдендірілген жеткізілімі, белгіленген тариф және басқа да артықшылықтар сияқты тиімді шарттарды ұсыну қажет.

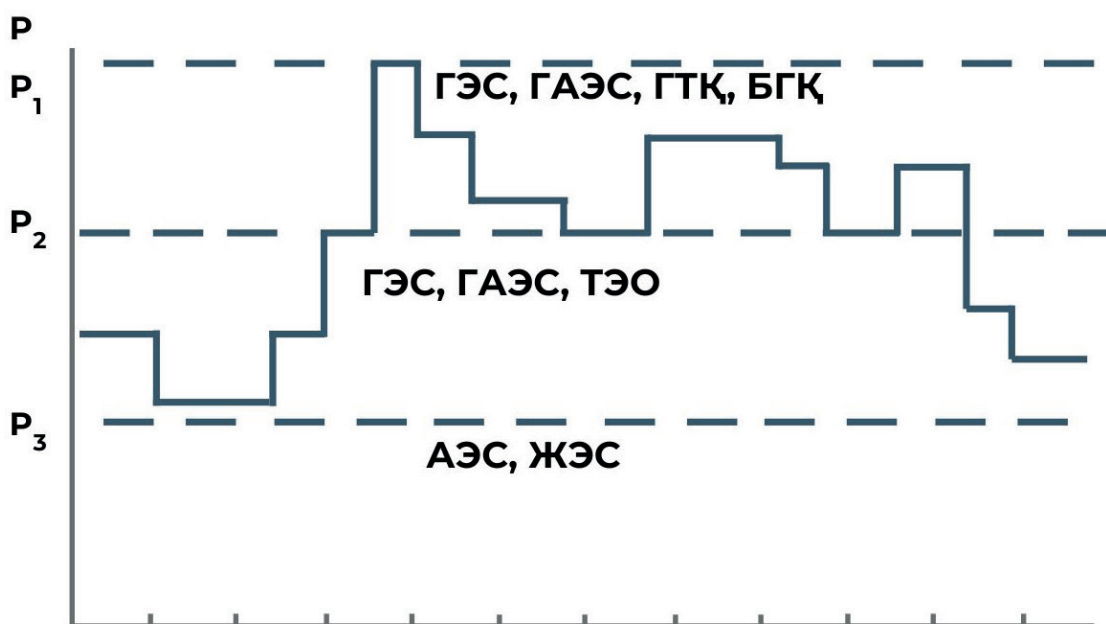
Соңғы уақытқа дейін электр энергиясы нарығының субъектілері (электр станциялары мен тұты-

тұрғысынан тиімді шешім болып табылады.

ЖЭК энергиясын жинақтау энергияны сақтау және теңгерімдеу үшін аккумуляторлық станцияларды сатып алуды және орнатуды білдіреді. Қазіргі уақытта жоғары шығындарға байланысты мұндай жабдықты сатып алу құрылыс құнын едәуір арттырады және жобаның табыстылығына теріс әсер етеді. Бұл ретте, ЖЭК өндірушілері электр энергиясына тарифтердің едәуір артуы шартымен осындай жабдықты орнатуға дайын. Энергия жинақтау арқылы теңгерімдеуші қуат мәселесін шешу болашақта аккумуляторлық станциялардың арзандауы жағдайында ең тартымды болады.

Гидроэлектр энергиясын дамыту да тартымды көрінеді, өйткені гидроэлектр станциялар жоғары маневрге ие және операциялық шығындары төмен. Сонымен қатар, гидроэнергетика экологияға ең аз зиян келтіреді және зиянды шығарындылары жоқ. Алайда, қазіргі уақытта Қазақстанда бұл салада бір-

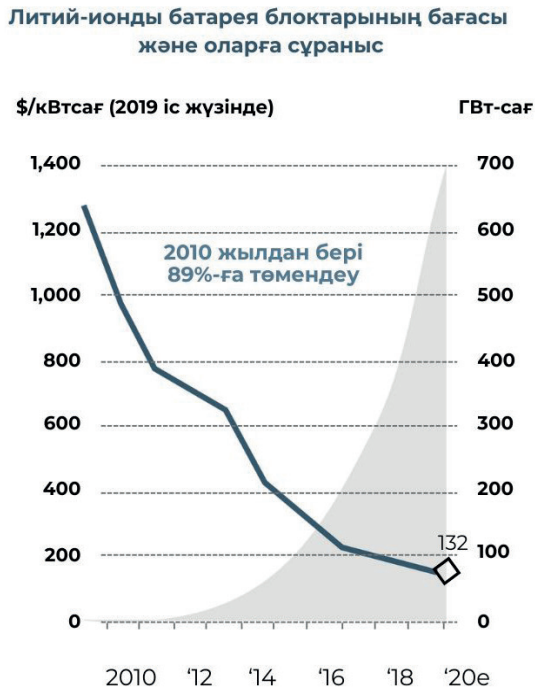
#### 10-диаграмма – Тәуліктік кестені теңестіру үшін маневрлік электр станцияларын пайдалану



нушылар) үшін оларды электр желісіндегі жүктемені реттеуге қатысуға тартатын нарықтық сигналдар жеткіліксіз болды. Алайда, электр энергиясының теңгерімдеуші нарығында (ЭТН) көзделген нарықтық тетік қолданыстағы электр станциялары мен электр энергиясын тұтынушыларды реттеу әлеуетін толық іске асыруға мүмкіндік береді, бұл болашақта жаңа маневрлік электр станцияларының белгілі бір көлемін салу қажеттілігін төмендетуге мүмкіндік береді. Яғни, бұл, біріншіден, қосымша маневрлік қуаттарды құру шығындарын біршама төмендетеді, екіншіден, тәуліктік жүктеме кестесін оңтайландыру

де-бір ірі жоба жоқ. Қазақстанда гидроэнергетиканы дамыту жолындағы негізгі кедергілер жоғары күрделі салымдар, құнарлы жерлерді иеліктен шығару қажеттілігі және ГЭС орналастырудың әлеуетті алаңдарының географиялық қашықтығы болып табылады. Бұл мәселеде орналастыру, желілердің болуы, сондай-ақ экологиялық құрамдас бөлігі (өзендер мен жағалау аумақтарының фаунасына ықтимал зиян келтіру) тұрғысынан әлеуетті түсіну үшін ҚР Энергетика министрлігіне де, ҚР Экология және табиғи ресурстар министрлігіне де бірлескен жұмыс жүргізу қажет.

**11-диаграмма – Литий-ионды аккумулятор блоктарының баға үрдістері**



Тағы бір перспективалық бағыт – тұтынушылар-

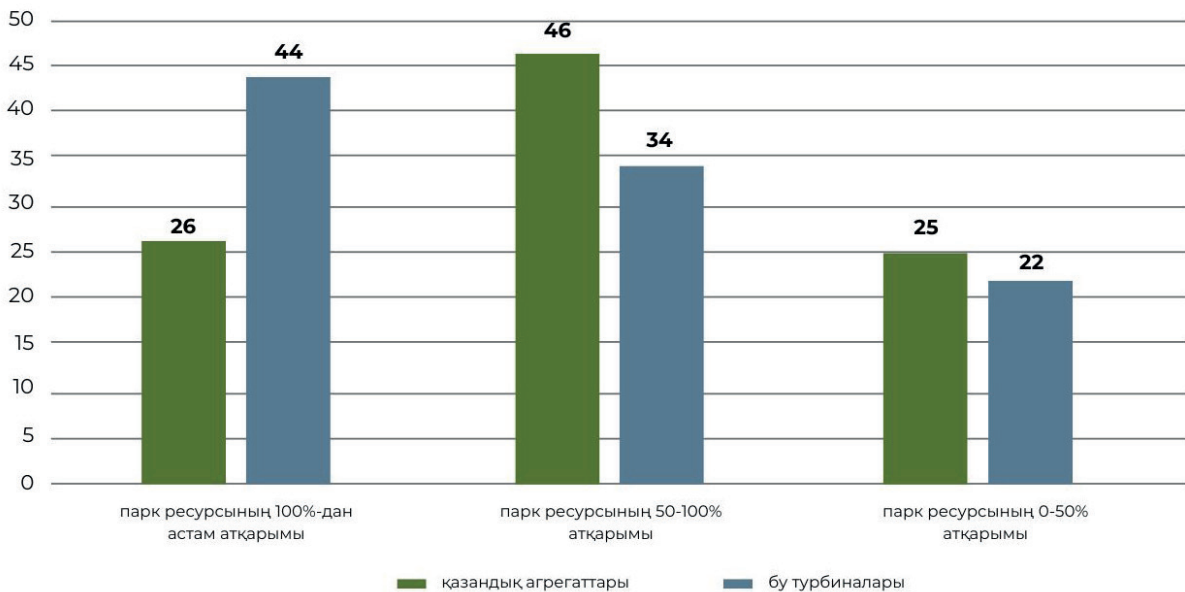
ды теңдестіру процесіне тарту. Сұранысты басқару және бағаға тәуелді тұтыну маневрлік станцияларды салуға қарағанда арзанырақ. Ең бастысы, бұл тәсіл тұтынушыны процеске тартады, оның энергетикалық хабардарлығын арттыруға көмектеседі, өйткені бұл жағдайда ол жүйелік қызметтер нарығына қатыса алады.

Электр энергиясын резервтеу мәселесі шешілгенде, барлық энергия көздері үшін электр энергиясы нарығында әділ баға белгіленгенде, жел және күн станциялары дәстүрлі көздермен бәсекеге түсе алады деп айтуға болады. Қазір бұл үрдіс бүкіл әлемде байқалады, өйткені ЖЭК енгізу тек экологиялық тұрғыдан ғана емес, сонымен қатар экономикалық жағынан да тиімді.

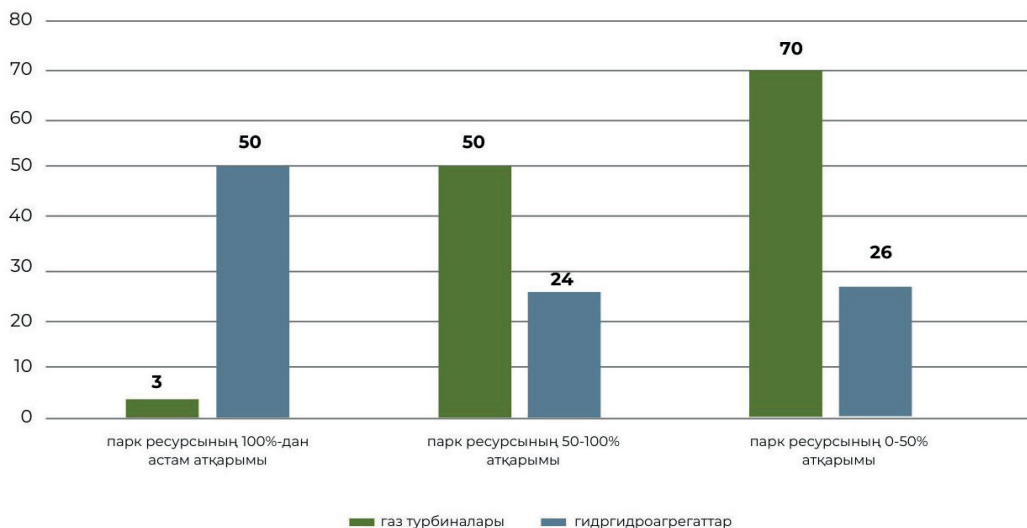
**1.4.1.2. Дәстүрлі генерацияның қанағаттанарлықсыз жағдайы**

Қазақстан Республикасы Энергетика министрлігінің Атомдық және энергетикалық қадағалау және бақылау комитетінің деректері бойынша қазақстандық БЭЖ-де генерациялайтын жабдықтың жоғары тозуы байқалады. Жұмыс істейтін жабдықтардың едәуір бөлігі парк ресурсынан асып түсті. Төмендегі суреттерде қазандық агрегаттарының, бу турбиналық жабдықтардың, гидроагрегаттардың және газ-турбиналық жабдықтардың жұмысы туралы ақпарат берілген.

**12-диаграмма – Қазандық және турбиналық жабдықтар бойынша парк ресурсының дамуы туралы ақпарат, %**



**13-диаграмма – Гидроагрегаттар мен газ турбиналық жабдықтар бойынша парк ресурсының атқарылуы туралы ақпарат, %**



**14 – диаграмма – ҚР жылу электр станцияларын генерациялайтын жабдықтың жасы**



**15-диаграмма – ҚР гидроэлектр станцияларының генерациялаушы жабдықтарының жасы**



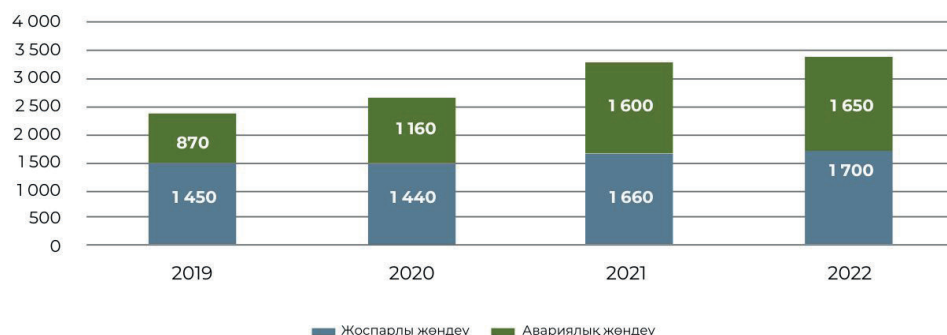
Жыл сайын апаттық жөндеулер саны артып келеді:

- 2022 жылы электр станцияларында 1789 технологиялық бұзушылық орын алды (2021 жылға қарай +23%);
- 3000 МВт – 2022 жылдың жылдық ең жоғары сағатына қолжетімді және қажетті генерация арасындағы алшақтық.

16-диаграмма – ҚР электр станцияларындағы қуат шектеулерінің орташа мәндері, МВт

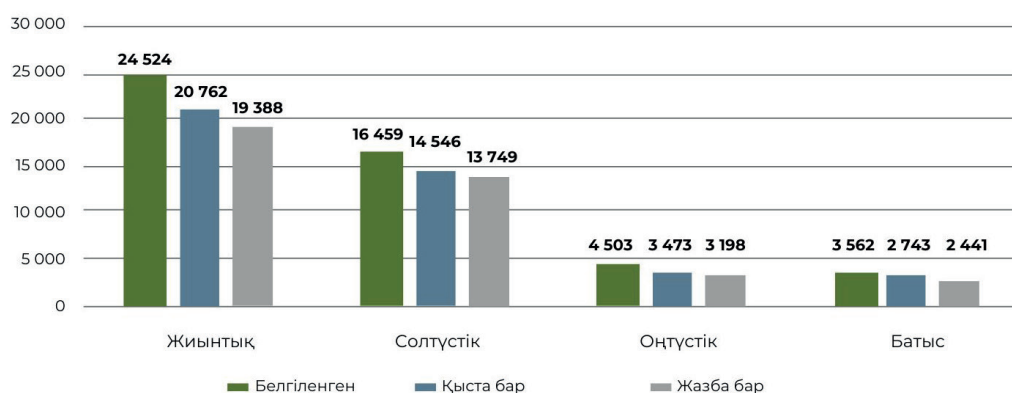


17-диаграмма – ҚР электр станцияларындағы жөндеу серпіні, МВт



Жазғы кезеңде жүргізілетін электр станцияларындағы жоспарлы жөндеулерді ескере отырып, қазірдің өзінде жазғы уақытта да электр энергиясы мен қуаттың тапшылығы орын алуда. Жазғы кезеңде электр станцияларының қолда бар қуаты қыс мезгіліне қарағанда 1374 МВт-қа аз.

18-диаграмма – ҚР Электр станцияларының аймақтар бойынша белгіленген және қолда бар қуаты, МВт



### 1.4.1.3. Электр энергетикалық желіні дамыту қажеттілігі

Қазақстанда жаңартылатын энергетиканың тиімді дамуы үшін дамыған инфрақұрылым қажет – бұл маневрлік станциялардың болуы ғана емес, сонымен қатар өткізу қабілеті жоғары тармақталған электр желілері.

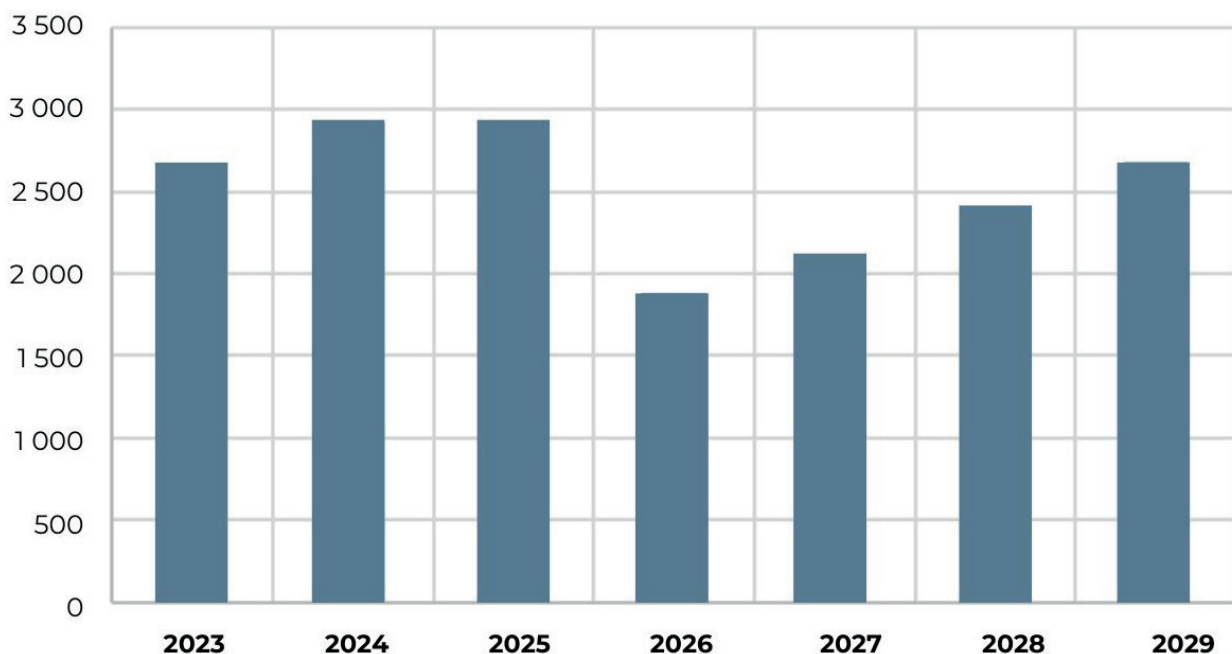
Қазақстанның энергия жүйесінің ерекшеліктерінің бірі – генерация және тұтыну тораптарының біркелкі бөлінбеуі. Генерацияның негізгі бөлігі Солтүстік аймақта орналасқан, ал республиканың тығыз қоныстанған оңтүстік өңірлері жылына 5% деңгейінде тұтыну өсімінің ең серпінді көрсеткіштерін көрсетеді. Қазіргі уақытта Оңтүстік аймақ шамамен 2500 МВт энергия тапшылығына ие және болжамды теңгерімге сәйкес бұл тапшылық келесі жылдары сақталады.

Қазақстанның энергожүйесінің электр желісінің ерекшелігі, ол республиканың елеулі аумақтарын

Оңтүстік аймақтың тапшылығы негізінен 500 кВ Солтүстік – Шығыс – Оңтүстік үш тізбекті транзит бойынша энергиясы артық Солтүстік аймағынан энергия жеткізумен жабылады. Нәтижесінде Қазақстан БЭЖ-ндегі тұрақтылықтың негізгі проблемалары Солтүстік және Оңтүстік аймақтарды байланыстыратын транзитте байқалады. ЖЭК генерациясының құбылмалы сипаты теңдестірудің тұрақты қажеттілігін білдіреді. Тепе-теңдік қуаты негізінен Солтүстік аймақта орналасқанын ескере отырып, Оңтүстік аймақтың пайда болатын теңгерімсіздігі Солтүстік – Шығыс – Оңтүстік транзиті бойынша қуат ағынына сәйкес келеді. Айта кету керек, қазіргі уақытта бұл дәліздің өткізу қабілеті іс жүзінде таусылған.

ЖЭК енгізудің Солтүстік – Оңтүстік транзитінің тұрақтылығына әсері мәселелерін «KEGOC» АҚ мамандары 2018 жылғы зерттеуде қарады. Зерттеу Оңтүстік аймақтағы ЖЭК генерациясының бір бөлігін жоғалту сценарийін қарастырды, бұл Солтүстік

### 19-диаграмма – ҚР БЭЖ Оңтүстік аймағының қуат тапшылығын болжау кестесі



қамтымайды, бұл ЖЭК станцияларын ҰЭЖ-не қосудың қолжетімділігін шектейді. Төмендегі диаграммада Қазақстан аумағында күн және жел ресурстарының орналасу карталары көрсетілген. Осы карталарды Қазақстанның электр желілерінің схемасымен салыстырған кезде ЖЭК-тің әлеуетті орналасыру орындарының едәуір бөлігі магистральдық желіге қол жеткізе алмайтыны анық. Осы орындарда ЖЭК салу желілік құрылысқа және қосылуға қосымша шығындарды талап етеді.

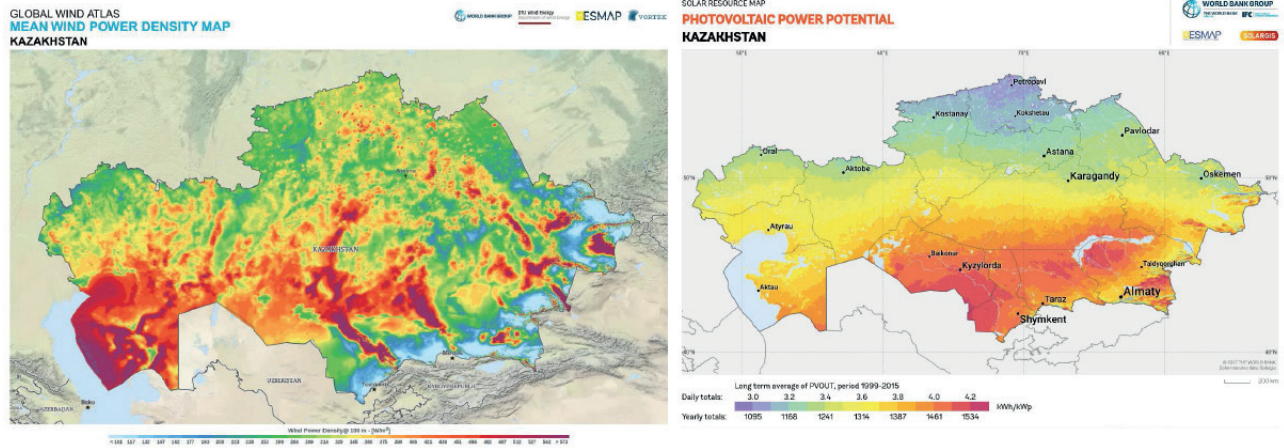
### 1.4.1.4. Параллель жұмыс тұрақтылығының мәселелері

– Оңтүстік транзитіне қуат әкеледі. 2021 жылғы тұтыну деңгейінде Солтүстік – Оңтүстік транзиттік өткізу қабілеті Солтүстік аймақтан ағылу арқылы Оңтүстік аймақта генерацияның ықтимал шығындарын сақтауға мүмкіндік берді.

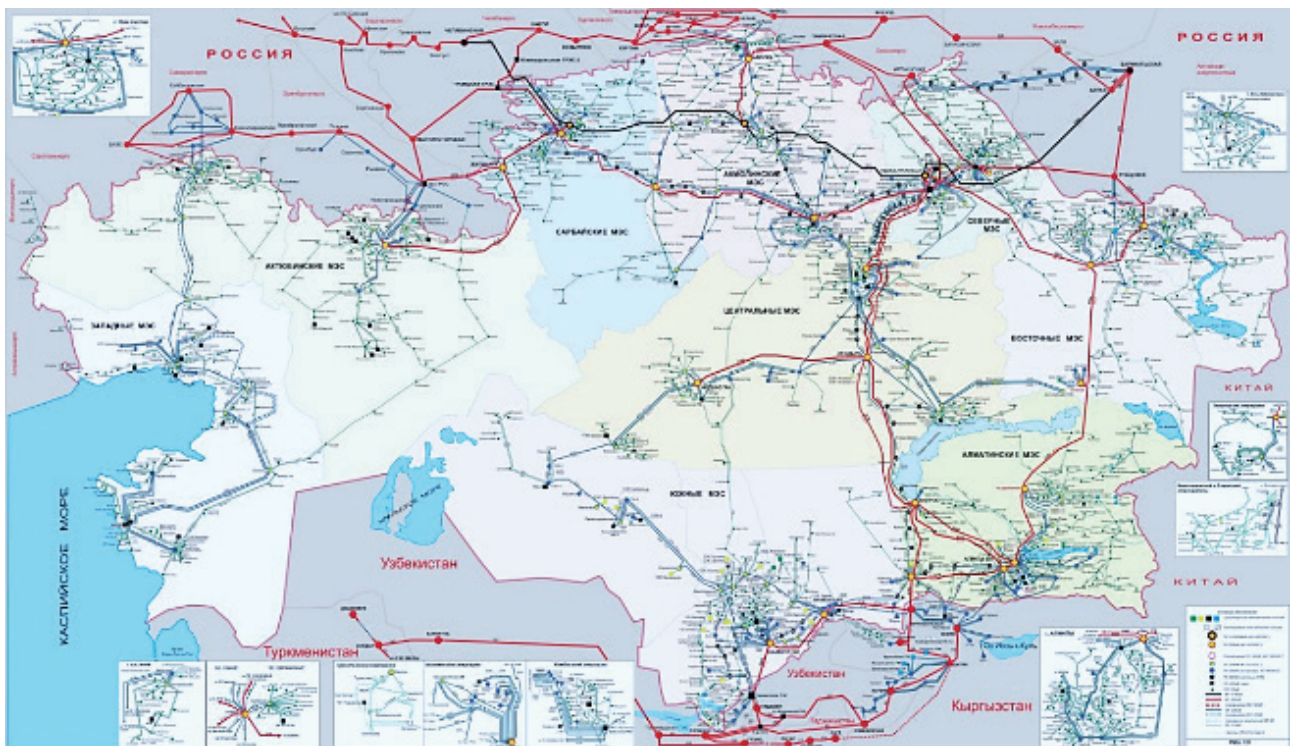
Оңтүстік аймақта тұтырудың жыл сайынғы өсімін 5% деңгейінде сақтай отырып, ЖЭК үлесінің жоспарланған өсуі тапшылықты жаба алмайды. Өсіп келе жатқан тапшылық Солтүстік – Оңтүстік қима-сы бойынша ағынның ұлғаюына және транзиттік тұрақтылық бойынша қордың төмендеуіне әкеледі. Сонымен қатар, ЖЭК үлесінің артуы қимаға мүмкін болатын қуат жобаларының артуына әкеледі.

**2-сурет – Күн және жел ресурстары туралы мәліметтер және 2020 жылы жаңа ПВЭ қуаттарының орналасуы**

**Қазақстан Республикасында жаңартылатын энергия көздерінің әлеуеті**



**3-сурет – ҚР электр желісінің карта-схемасы**

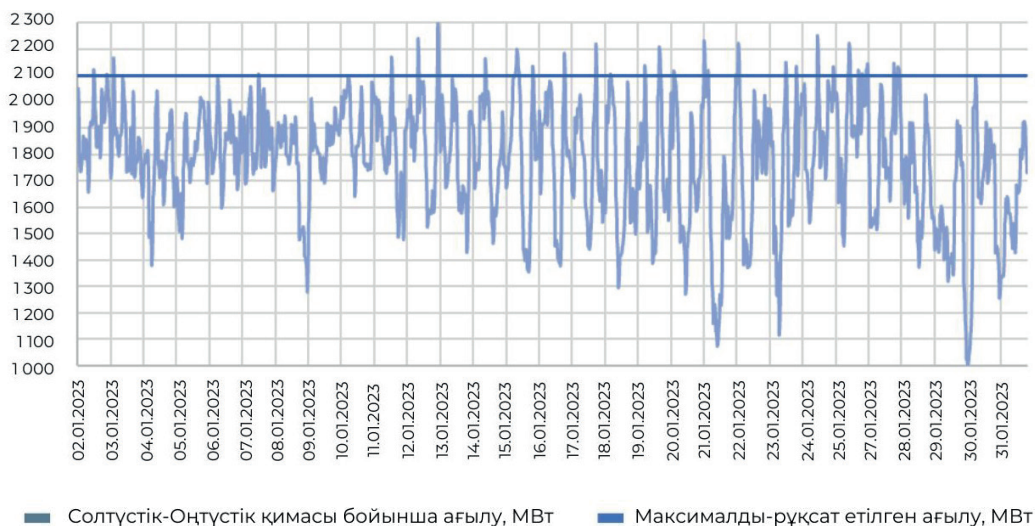


Тұтынудың өсуі және ЖЭК үлесінің артуы кезінде сыни қуат нобайлары өшірілген ЖЭК генерациясының аз пайызымен орын алуы мүмкін. 2031 жылы ЖЭК-тің 80% жоғалуы Солтүстік – Оңтүстік қимасына эскиз жасау арқылы динамикалық тұрақтылықтың бұзылуына әкеледі. 2035 жылы ЖЭК-тің 50% жоғалуы динамикалық тұрақтылықтың бұзылуына әкеледі. ЖЭК енгізу есебінен Оңтүстік аймақта тапшылықтың барлық өсуін қамтыған жағдайда да тұрақтылық проблемалары өзек-

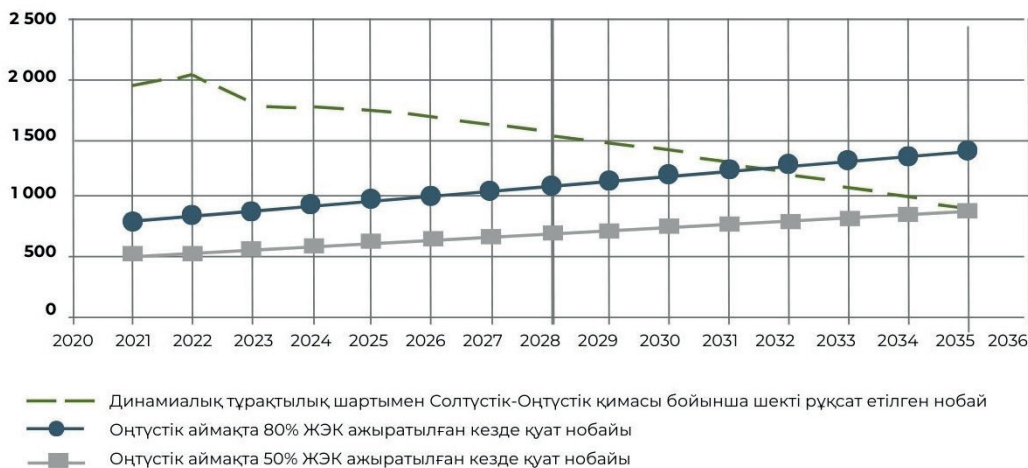
ті болып қала береді. Бұл жағдайда көбірек ЖЭК енгізу қажет болады, бұл сонымен қатар мүмкін болатын қуат нобайларының көбеюіне әкеледі.

ЖЭК енгізу есебінен Оңтүстік аймақта тапшылықтың барлық өсуін қамтыған жағдайда да тұрақтылық проблемалары өзекті болып қала береді. Бұл жағдайда көбірек ЖЭК енгізу қажет болады, бұл сонымен қатар мүмкін болатын қуат нобайларының көбеюіне әкеледі.

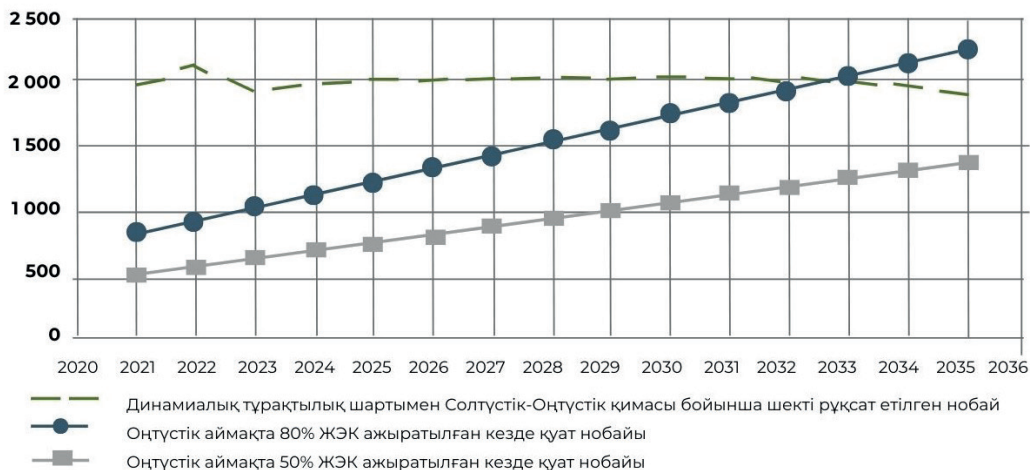
20-диаграмма – Қыс айындағы Солтүстік-Оңтүстік транзитіне тән жүктеме



21-диаграмма – Оңтүстік аймақтағы ЖЭК өшірудің әр түрлі қуат нобайлары, %



22-диаграмма – Оңтүстік аймақтағы ЖЭК өшірудің әр түрлі қуат нобайлары, %



Қазақстанның энергожүйесі үшін көрші мемлекеттермен шекарада қазақстандық энергожүйенің қуатына қатысты секциялардың өткізу қабілетінің жеткіліксіздігі түріндегі шектеулер де бар. Бұл ретте ресейлік энергия жүйесімен ұзақ мерзімді өзара тиімді және сенімді өзара әрекеттесу туралы көзқарас жоқ.

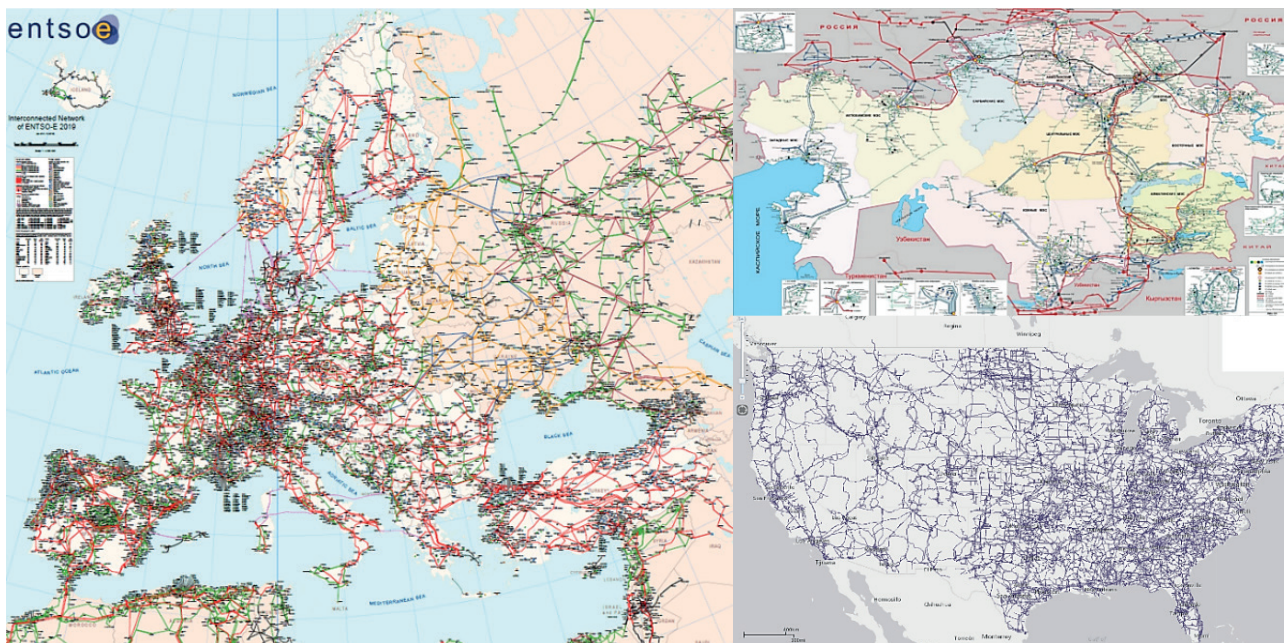
#### 1.4.2. Параллель жұмыстың тұрақтылығын қамтамасыз ету тұрғысынан Қазақстан БЭЖ мен шетелдік энергия жүйелерінің айырмашылықтары

Үзіліссіз генерацияның сенімділік, тұрақтылық тұрғысынан энергия жүйесінің жұмыс режиміне әсері шетелдік және қазақстандық жұмыстарда зерттеледі. Көптеген зерттеулер энергия жүйесінің тұрақтылығының төмендеуін, дәстүрлі генерация жүйелеріне теріс әсерін, енгізілген ЖЭК объектілерінің жоғары үлесімен басқару процестерінің күрделілігін анықтайды<sup>12</sup>. Жүйенің энергия теңгерімінде ЖЭК үлесін ұлғайту саясатын іске асыру барысында шетелдік энергия жүйелерінің тәжіри-

сәйкес келетін күрт континенттік климатты келтіруге болады, бұл жылу энергиясына деген қажеттіліктің артуын болжайды. Генерацияның едәуір үлесі жылу кестесі бойынша жұмыс істейтін және техникалық және технологиялық шектеулерге байланысты ЖЭК теңгерімсіздіктерін реттеуге қатысумен шектелген когенерациямен ұсынылған. Жылуды қамтамасыз етуге қатысатын генерацияны тарту үшін айтарлықтай инвестициялар, сондай-ақ тиімсіз жұмыс режимдеріне көшу қажет. Мұндай шектеу факторлары желінің өткізу қабілеттілігіне де қатысты<sup>13</sup>.

Қазақстанның энергожүйесін ЕО және АҚШ елдері сияқты ЖЭК үлесі жоғары дамыған елдердің энергожүйелерімен салыстырған кезде энергожүйелер топологиясындағы айырмашылық айқын көрінеді. Еуропаның бірыңғай электр жүйесінің ерекшеліктері ретінде артық желілік инфрақұрылымды, электр желілерінің салыстырмалы түрде қысқа ұзындығын, сондай-ақ генерация және тұтыну орталықтарының біркелкі таралуын атап өтуге болады. Энергетикалық жүйенің мұндай құрылымы ЖЭК үлкен көлемін енгізу тұрғысынан белгілі бір ар-

#### 4-сурет – ЕО мен АҚШ энергожүйелерімен салыстырғанда Қазақстанның энергожүйесінің топологиясы



бесін неғұрлым анық қабылдап, энергия жүйесінің конфигурациясының ерекшеліктерін, сипаттамасын, жұмыс режимін, қолданыстағы өндіруші жабдықтың жасын, жүйе құраушы желінің шектеулерін, тұтыну концентрациясын және тағы басқаларын ескеру қажет екенін түсіну маңызды. Мысал ретінде Қазақстанның географиялық жағдайын және оған

тықшылықтар береді.

Біріншіден, салыстырмалы түрде қысқа сызықтар үшін статикалық аperiодтық тұрақтылық өлшемшарты бойынша өткізу қабілеттілігін шектеуді елемеуге болады, өйткені бұл шектеу жеткілікті ұзын желілерге қатысты болады. Қысқа ұзындықтағы желілер үшін негізгі шектеу ағымдағы жүктеме болып табылады.

<sup>12</sup> Yosef G.B., et al. (2021), Wu Y. et al. (2016), Mars, P., O'Sullivan, A., & Keppo, L. (2020), Xiangjun, LI, Liangzhong, YAO & Dong, HUI. (2016), Kriemeyer, B., Dedrick, J., & Sabaghian, E. (2021).

<sup>13</sup> Mukatov, B., Khabibullin, R. (2018). Renewable energy sources in future energy balance of the republic of Kazakhstan. E3S Web of Conferences, 58, 03006. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20185803006>

Қысқа желілер үшін ағымдағы жүктеме өлшемшарты бойынша берілетін қуат шегі статикалық тұрақтылық өлшемшарты бойынша шектен асады, бұл желілердің өткізу қабілеттілігін оңтайлы пайдалануға мүмкіндік береді және желі ұзындығы ұлғайған сайын статикалық тұрақтылық өлшемшарты бойынша берілетін қуат шегі төмендейді.

**23-диаграмма – Статикалық тұрақтылық бойынша және сымдардың термиялық төзімділік шарты бойынша шекті ағындарды салыстыру**



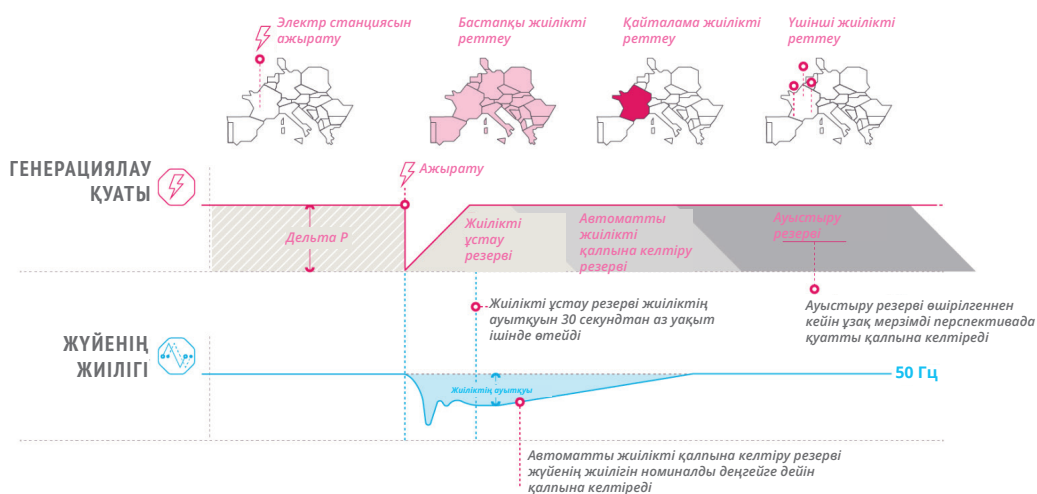
Екіншіден, желілік инфрақұрылымның артықтығы апаттық бұзылулар туындаған кезде қажетті апаттан кейінгі ағындарды сақтау қажеттілігінің болмауына

байланысты қолданыстағы желілерді көбірек жүктеуге мүмкіндік береді. Қазақстанның энергожүйесінде талап етілетін апаттан кейінгі ағымды қамтамасыз етуді ескере отырып және апатқа қарсы автоматиканың басқарушы әсерлерінің қолжетімді көлемін ескере отырып, негізгі қималар бойынша ағымды айқындау пайдаланылады, өйткені желілер аз болған жағдайда олардың біреуін де ажырату апаттан кейінгі режимде қалған байланыстардың шамадан тыс жүктелуіне әкелуі мүмкін.

Артық желілік инфрақұрылым және желінің жоғары өткізу қабілеттілігі тұрақсыз ЖЭК генерациясынан туындаған теңгерімсіздіктердің резервін жабу үшін энергия тораптарының бір-бірімен жақсы байланысын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Бұл Еуропа елдеріне энергия жүйелеріне ЖЭК үлкен көлемін енгізуге және тіпті кейбір режимдерде дәстүрлі генерацияны толығымен алмастыруға мүмкіндік береді, бұл іргелес энергия жүйелерінің реттеуші қабілеттеріне сүйенеді. Бұл ретте электр берудің ұзын желілерінен тұратын және аралас энергия жүйелерімен қималары бойынша өткізу қабілеті шектеулі Қазақстанның энергия жүйесі дәстүрлі генерацияны жаңартылатын энергия көздерімен толық алмастырып қана қоймай, оның жартысын да алмастыра алмайды<sup>14</sup>.

Қазақстанның Еуропа елдерінен энергия жүйесінің тағы бір айрықша ерекшелігі қуаттың жиілігі мен ағынын реттеу тәсілі болып табылады. Еуропаның Бірыңғай энергия жүйесінде жиілікті бастапқы реттеуді энергия бірлестігіне кіретін барлық елдердің барлық электр станциялары жүзеге асырады.

**24-диаграмма – Еуропаның біртұтас энергетикалық жүйесінің құрамындағы Францияның энергетикалық жүйесінің мысалында жиілік пен қуат ағындарының бастапқы, қайталама және үшінші реттелуі**



**Rte Резервтерді дәйекті белсендіру**

<sup>14</sup> Mukatov, B., Khabibullin, R. (2018). Renewable energy sources in future energy balance of the republic of Kazakhstan. E3S Web of Conferences, 58, 03006. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20185803006>.  
<sup>15</sup> ENTSO-E. AUTOMATIC FREQUENCY RESTORATION RESERVE PROCESS. IMPLEMENTATION GUIDE. 2021-01-27. APPROVED DOCUMENT VERSION 1.1

Белгіленген сальдо ағындарын сақтау үшін әр елдің энергия жүйелері автоматты түрде реттейді. Мұндай үлестірілген реттеу жүйесі ЖЭК ауытқуларынан туындаған қуат теңгерімсіздіктерін тиімді жоюға және қолжетімді реттеу резервтерін бірлесіп пайдалануға мүмкіндік береді<sup>15</sup>.

Қазақстанның энергия жүйесінде, Еуропа елдерінің энергия жүйелерінен айырмашылығы, іс жүзінде жиілікті өзіндік бастапқы реттеу жоқ. Бұрынғы Кеңес Одағы елдерінің бірыңғай энергетикалық жүйесіндегі жиілікті реттеу функцияларын Ресейдің энергетикалық жүйесі орындайды. Қазақстанда аралас энергия жүйелерімен сальдо-ағындарды реттеу ЖҚАР жүйесімен жүзеге асырылады. Алайда, тепе-теңдік қуатының болмауына байланысты ЖҚАР шекарадағы ауытқуларды толығымен өтей алмайды.

Бастапқы және қайталама реттеудің жергілікті резервтерінің болмауы ЖЭК тұрақсыз генерациясынан туындаған қуаттың барлық ауытқуларының Ресей Федерациясының электр жүйесімен мемлекетаралық ағынға ауысуына әкеледі, бұл шекарадағы ауытқуды арттырумен қатар, электр желісін жүктейді және желідегі шығындарды арттырады. Қазақстанның энергия жүйесінде қуаттың ауытқуын теңестірудің меншікті құралдарының болмауы да ЖЭК дамуына қатты тежеуші әсер етеді.

#### 1.4.2.1. Техас электр жүйесінің мысалында батыс электр жүйесін құру архитектурасының ерекшеліктері

Батыс елдеріндегі ЖЭК үшін неғұрлым қолайлы энергетикалық құрылымға қарамастан, ЖЭК үлкен үлесі бар энергия жүйелері тұрақсыз генерациямен байланысты тәуекелдерге ұшырайды. Мысал ретінде 2021 жылдың 14-15 ақпанында АҚШ-тың Техас штатында болған жүйелік апатты келтіруге болады.

Жылу энергиясы АҚШ-тағы жалпы электр энергия-

сын өндіруден 80% құрайды. ЖЭС және КЭС өндірісі – электр энергиясын өндірудің шамамен 10%-дық бөлігі.

Техаста жаңартылатын энергия көздерінің үлесі АҚШ-тың орташа деңгейінен әлдеқайда жоғары. ЖЭС және КЭС штаттағы электр энергиясының жылдық өндірісінен шамамен 25% құрайды.

Техас штаты өзінің энергетикалық секторын дербес реттейді. Бұл ретте Техастың реттелмейтін энергетикалық нарығының бәсекелестік сипаты жабдықтың сенімділігін қамтамасыз ететін қосымша шығындарға ықпал етпейді.

2021 жылдың 14-15 ақпанында қараңғылық күрт салқындау салдарынан болды, бұл ЖЭС генерациясының төмендеуіне әкелді және жүйелік апаттың тізбекті реакциясын бастады.

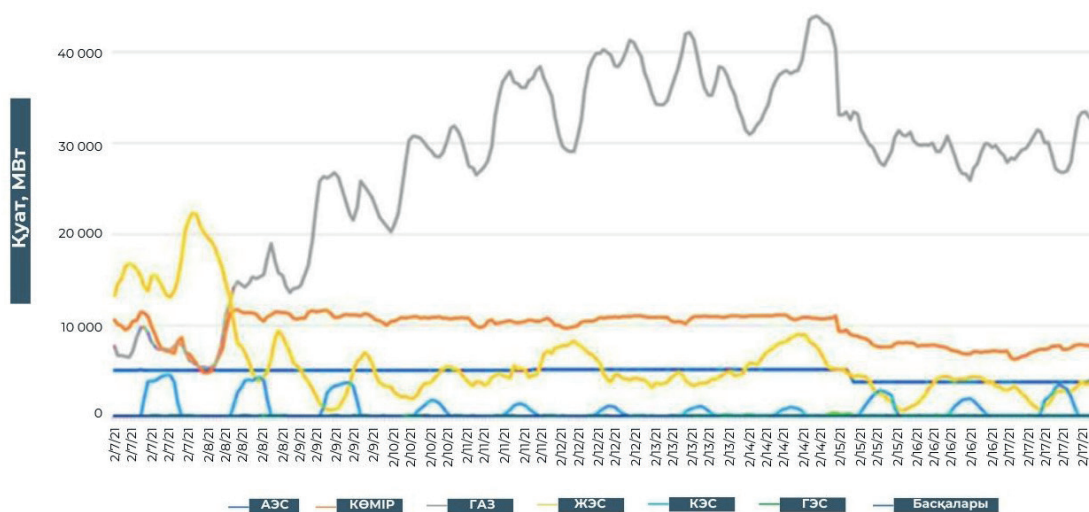
Төмендегі диаграммада көрсетілгендей, суық ауа райының бұзылуы ұрпақтың барлық түрлеріне таралды.

Жел турбиналары 2020 жылы Техастағы электр энергиясының орта есеппен 23%-ын қамтамасыз етті және электр энергиясына сұраныстың төмендеуіне байланысты қыста сәл көбірек болды.

Техас жел генераторларының мұзбен проблемалары болды, бұл штаттың жел турбиналарының үштен екісіне дейін штаттан тыс жұмыс істеді. Суық күндерде турбина мен оның редукторының майлануы қатып қалуы мүмкін, бұл өндірісті азайтады, сонымен қатар мұзбен жабылған қалақтардың әсерінен генерация азаяды.

Оқшаулау пакеттері турбинаның құнына шамамен 5% қосады, ал өз қажеттіліктеріне қосымша қуат тұтыну турбинаның жалпы өнімділігін төмендетеді. ЖЭС электр энергиясына нарықтық баға белгілеу негізінде басқа технологиялармен бәсекелес нарықта болатын Техаста қосымша жабдықты орнату экономикалық тұрғыдан тиімсіз.

25-диаграмма – Техас штатында электр станцияларының түрлері бойынша генерация



ENCOT (Texas Electric Reliability Council – Техас штатының жүйелік операторы) маусымдық бағалау, ресурстардың жеткіліктілігі (2020-2021 жылдары) болжамы жел мен күн энергиясын есептемегенде шамамен 67 529 МВт өндіретін қуаттың болуын болжады. Сондай-ақ, ең жоғары сұраныс шамамен 57,699 МВт болады деп болжанған. Осылайша, электр желісінің операторында жел мен күн энергиясы болмаса да, станциялардағы қуат резервтері 17%-дан асады деп болжанған.

15 ақпанда жаппай үзілістерге дейін жалпы генерация болжамнан екі саннан асып, сол күні түнгі сағат 2-де 68 022 МВт-қа жетті. Бұл мәнге түн ортасында қол жеткізілді – тұтынудың әдеттегі минимумы. Сағат 20:00-ге дейін, электр энергиясына сұраныс әдетте шыңына жеткен кезде, ERCOT желіге тек 44 809 МВт жеткізді. Генерацияның күрт төмендеуі тұтынушылардың кең көлемде тоқтап қалуына және айтарлықтай экономикалық шығынға әкелді.

Техастағы жүйелік апат тіпті дамыған желілік инфрақұрылымы, жеткілікті қуат резервтері және іргелес электр жүйелерімен күшті байланыстары бар жетілдірілген электр желілері де тұрақсыз ЖЭК генерациясынан туындаған апаттарға бейім екенін көрсетеді.

#### 1.4.2.2. Данияның энергетикалық жүйесі мысалында энергетикалық жүйелерді құрудың батыс архитектурасының ерекшеліктері

ЖЭК үлесі жоғары энергия жүйесінің оң мысалы ретінде ЖЭК дамыту және енгізу саласындағы әлемдік көшбасшы болып табылатын Данияны келтіруге болады.

Қазірдің өзінде Данияда ЖЭК тұтынудың 100%-ын

жабуға қабілетті. Данияда газ турбиналық генерацияның 100% отынмен қамтамасыз етілген резерві бар, қажет болған жағдайда жұмысқа жедел қосыла алады. Сондай-ақ, Дания ЖЭК-тен электр энергиясын пайдаланып электролиз арқылы алынған сутекті сақтау үшін газ қоймаларын пайдалануды қарастыруда.

Қуатты мемлекетаралық байланыстарға қарамастан, еуропалық энергожүйелерде өздерінің маневрлік резервтерінің болуы Еуропа елдеріне басқа елдерге қарағанда ЖЭК көлемін қауіпсіз енгізуді қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

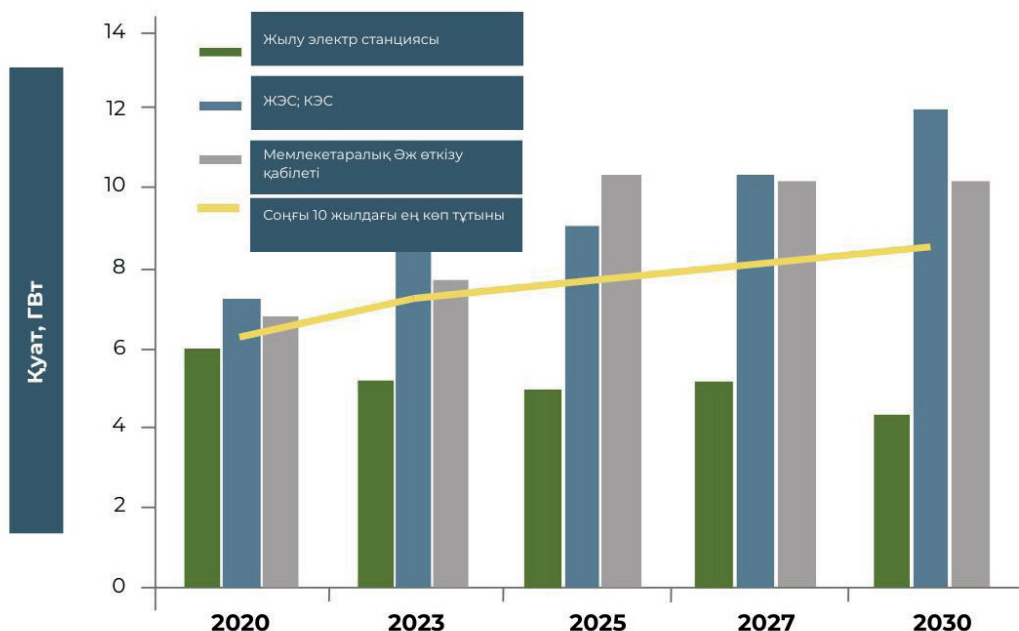
#### 1.4.3. Қолда бар генерация құрылымы мен электр желілерін ескере отырып, ҚР БЭЖ-не ЖЭК интеграциялау кезінде қуат теңгерімін сақтау проблемасы

##### 1.4.3.1. Теңгерімдік сенімділікке ЖЭК әсері

Бірқатар зерттеулер энергия жүйесінің тұрақтылығының төмендеуін, дәстүрлі генерация жүйелеріне теріс әсерін, енгізілген ЖЭК объектілерінің жоғары үлесімен басқару процестерінің күрделенуін анықтайды.

Қазақстанның энергия жүйесінің Оңтүстік аймағы шамамен 2000 МВт энергия тапшылығына ие және Солтүстік аймақтан тапшылықты жабады. Қазақстанның БЭЖ-дегі тұрақтылықтың негізгі проблемалары Солтүстік және Оңтүстік аймақтарды байланыстыратын транзитте байқалады. Оңтүстік аймақта ЖЭК жоспарланған айтарлықтай өсуі тұрақтылық мәселелерін күшейтуі мүмкін. Жақын болашақта ЖЭС пен КЭС іске қосудың ағымдағы серпінін сақтай отырып, КЭС пен ЖЭС өндіруінің ең жоғарғы лездік мәні

Диаграмма 26 – Данияның энергожүйесі қуатының ағымдағы және болжамды теңгерімі

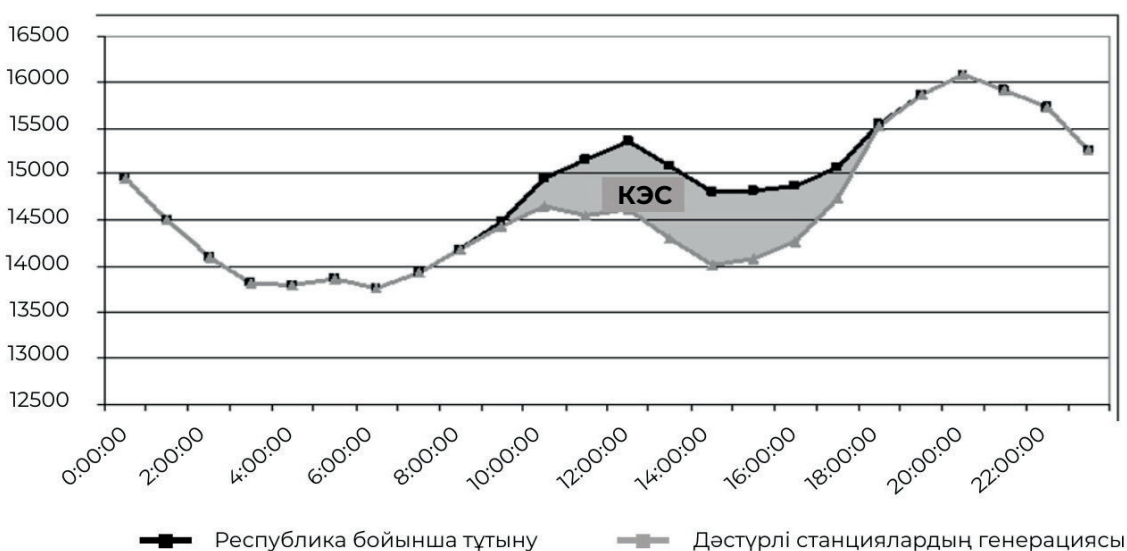


елдің жалпы генерациясынан шамамен 7% және Оңтүстік аймақта 45% құрайды. ЖЭК көлемінің ұлғаюуы қалдық жүктемені жабу үшін дәстүрлі станциялардың үлкен реттеу қабілетін талап етеді, өйткені күн генерациясы күнделікті тұтыну кестесінің формасын кестенің күндізгі сәтсіздігінің жоғарылауына қарай өзгертеді. Қалдық жүктеме – бұл ЖЭК генера-

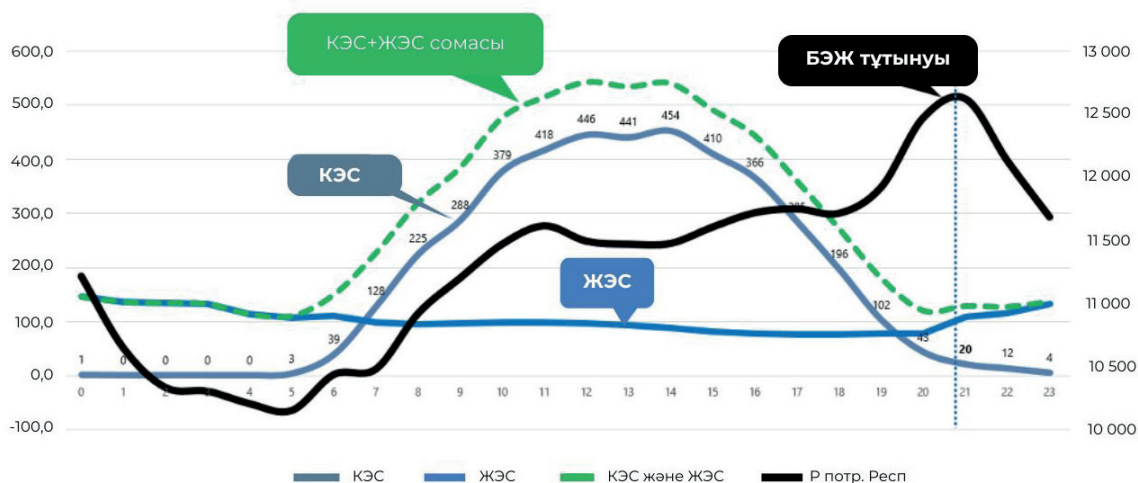
циясын шегергендегі тұтыну, яғни бұл дәстүрлі станциялар қамтуы керек жүктеме. Максималды тұтыну күні КЭС-тен максималды беру кезінде қалдық жүктеменің кешкі шығын жабу үшін дәстүрлі станциялардың қажетті қуаты 800 МВт-қа, яғни 65%-ға артады

БЭЖ тұтынудың ең жоғары сағаттарында КЭС генерациясы іс жүзінде жоқ,

**27-диаграмма – КЭС максималды берілуін ескере отырып, максималды жүктеме күніне тән тәуліктік кесте**



**28-диаграмма – ЖЭК тұтынудың және генерациялаудың тәуліктік кестесі**

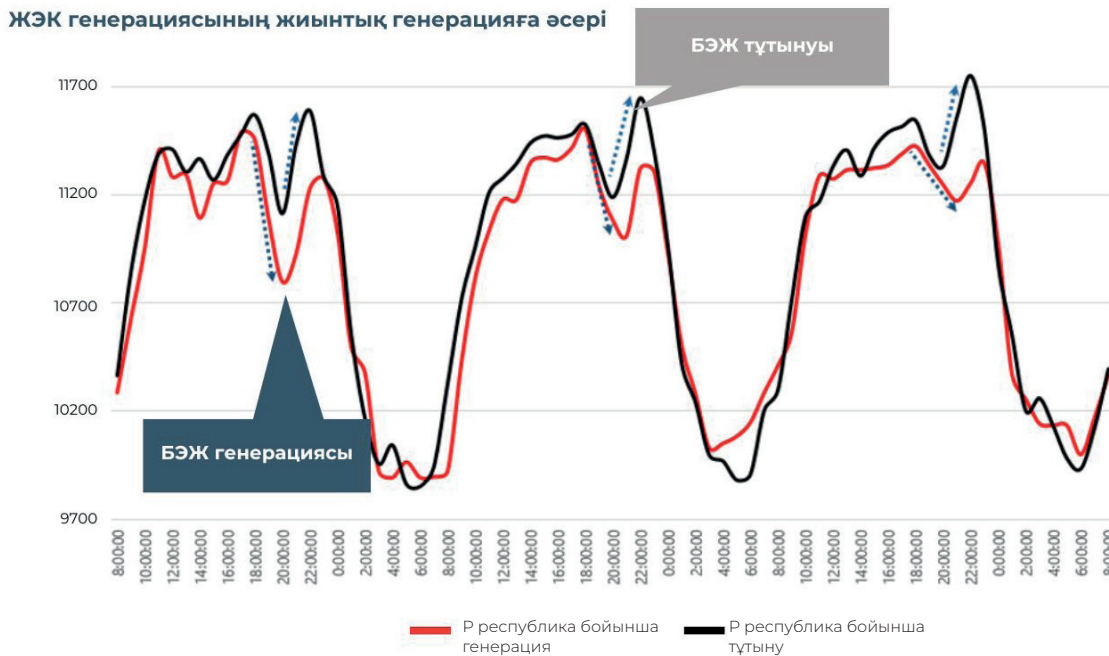


Кешкі максималды тұтыну сағаттарында ЖЭК генерациясының төмендеуі қолда бар резервтерді пайдалануға мәжбүр етеді. Кешке қарай КЭС генерациясының шығуына байланысты ҚР БЭЖ-де жиынтық генерация кешкі максимумға азаяды. Бұл

ретте қуатты тұтыну артады және дәстүрлі ұрпақ олқылықтың орнын толтыруға мәжбүр.

КЭС ең жоғары сағаттарда істен шығуы дәстүрлі станцияларға жүктемені және резервтерді жұмылдырудың жоғары жылдамдығын білдіреді.

29-диаграмма – ЖЭК генерациясының жиынтық генерацияға әсері



1.4.3.2. ЖЭК іргелес энергия жүйелерімен сальдо-ағындарға әсері

ЖЭК объектілері бастапқы энергия тасымалдаушының (жел, күн) тұрақсыздығына байланысты Қазақстан БЭЖ-де жүйе құраушы желінің шамадан тыс жүктелуіне және Қазақстан БЭЖ қуатының сальдо-ағындарының жоспарлы шамалардан елеулі ауытқуларына әкеп соғуы мүмкін қуат теңгерімсіздіктерін үздіксіз жасайды. ЖЭК теңгерімсіздіктерін өтеу үшін қажетті сапа резервтерімен (жылдамдық қуат,

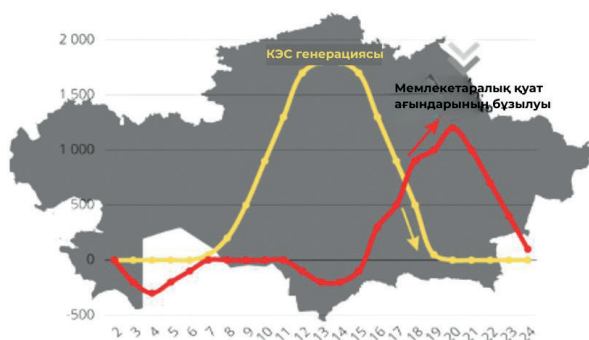
ЖЭК генерациясының жоспардан ауытқуы бар. Қазақстанның энергетикалық жүйесі жағдайында ЖЭК ауытқулары бірінші кезекте РФ сальдо ағынына аударылады.

1.4.3.3. ЖЭК желілік инфрақұрылымның жұмыс режимдеріне әсері

Теңгерімдік сенімділікке әсер етуден басқа, ЖЭК жүйе тұзуші желінің жұмыс режимдеріне де әсер етеді. «KEGOC» АҚ мамандары жүргізген зерттеу-

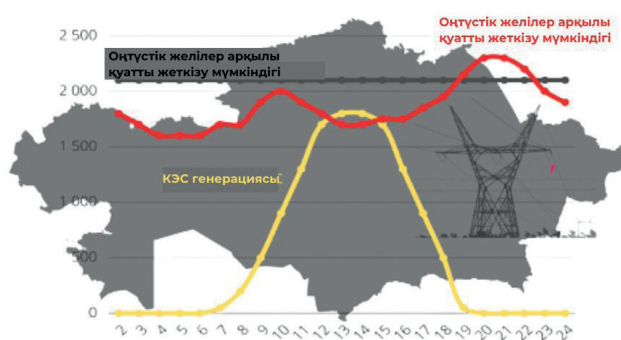
30-диаграмма – ЖЭК ауытқуларының РФ-дан сальдо ағындарына және транзиттік жүктемеге әсері

РФ ағындарына КЭС генерациясының әсері



Қазақстан БЭЖ мен Орталық Азия БЭЖ теңгерімсіздігі Қазақстан-Ресей шекарасындағы қуаттың нақты сальдо-ағынының ауытқуына алып келеді

КЭС генерациясының транзиттік жүктемеге әсері



ЖЭК (бірінші кезекте КЭС) туындаған ҚР оңтүстігіндегі қуат теңгерімсіздігі Қазақстан БЭЖ Солтүстік-Оңтүстік500-220 кВ транзитінің шамадан тыс жүктелуіне әкеледі

көлем) қамтамасыз етілген автоматты реттеу қажет. Алайда, бүгінде Қазақстанның БЭЖ-де реттеушілік қуаттардың тапшылығы байқалады.

Технологиялық тұрғыдан ЖЭК генерациясы табиғи факторларға байланысты болғандықтан, нақты

дің деректері бойынша ЖЭК интеграциясы желілік инфрақұрылымның өткізу қабілетінің төмендеуіне әкеледі.

Бұл әсер дәстүрлі генерация таратылған жаңартылатын генерациямен алмастырылған кезде,

**31-диаграмма – Жоспардан ЖЭК нақты генерацясының тән ауытқулары, МВт**

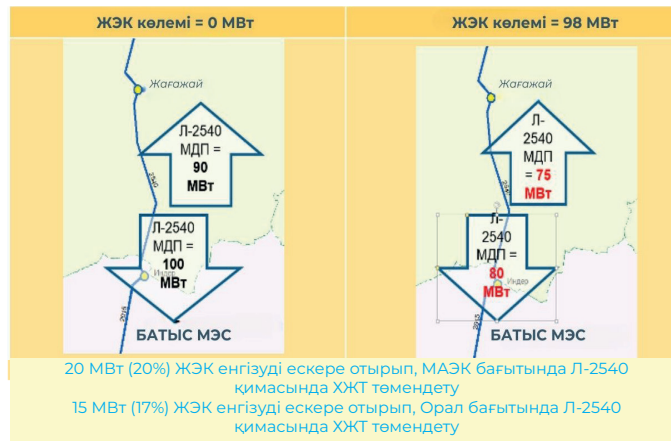


реактивті қуатты реттеу көздері тарату желілеріне терең еніп, жоғары вольтты желіні реактивті қуатпен қоректендіруден айырады, берілетін қуат шегі мен

магистральдық желінің өткізу қабілеттілігін төмендетеді.

– 20 МВт (20%) ЖЭК енгізуді ескере отырып,

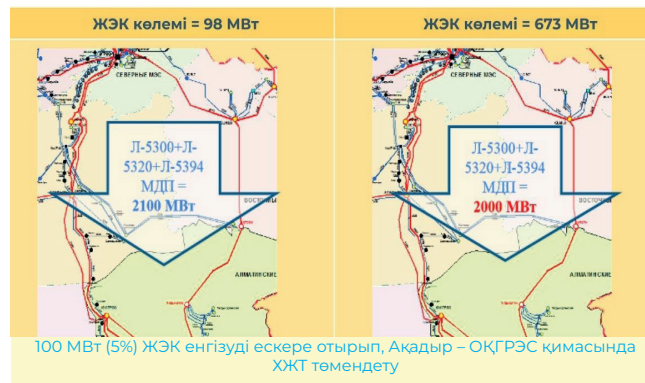
**32-диаграмма – 2019 жылға ЖЭК енгізуді ескере отырып, Орал – Атырау – МАЭК транзитінің өткізу қабілетін бағалау**



МАЭК бағытында Л-2540 қимасында ХЖТ төмендету;  
– 15 МВт (17%) ЖЭК енгізуді ескере отырып, Орал бағытында Л-2540 қимасында ХЖТ төмендету.

– 100 МВт (5%) ЖЭК енгізуді ескере отырып, Ақадыр – ОҚГРЭС қимасында ХЖТ төмендету.

**33-диаграмма – 2019 жылға ЖЭК енгізуді ескере отырып, Солтүстік – Оңтүстік және Солтүстік – Шығыс-Оңтүстік транзиттерінің өткізу қабілетін бағалау**



100 МВт (5%) ЖЭК енгізуді ескере отырып, Ақадыр – ОҚГРЭС қимасында ХЖТ төмендету

#### 1.4.4.4. ЖЭК теңестіру үшін жылу электр станцияларын пайдалану әлеуеті

Қазақстандағы күрт континенттік климаттың климаттық ерекшеліктеріне байланысты жылу энергиясына деген қажеттілік артты. Генерацияның едәуір үлесі жылу кестесі бойынша жұмыс істейтін және техникалық және технологиялық шектеулерге байланысты ЖЭК теңгерімсіздіктерін реттеуге қатысумен шектелген когенерациямен ұсынылған. Жүктеменің жиі өзгеруі, минималды тұрақты деңгейде жұмыс істеу және циклдік жұмыс шығындарын арттырып, тұрақты жұмыс режиміне арналған генерация активтерінің тозуын тездетуі мүмкін.

ЖЭО теңгерімдеу мақсатында пайдаланылған жағдайда жаңартылатын энергия өндіруді ұлғайту теңгерімдеуге қатысатын жылу электр станцияларының жұмыс режимдерін өзгертеді.

ЖЭО энергоблоктары орта есеппен іске қосулардың көп санын, ең аз тұрақты деңгейде ұзақ жұмыс уақытын және бір іске қосуға есептегенде қысқа жұмыс уақытын сынайтын болады.

Ең төменгі тұрақты деңгейде ұзақ пайдалану кезінде теңгерімге қатысатын энергия блоктарының белгіленген қуатын пайдалану коэффициенті төмендейді.

Осылайша, теңгерімдеу мақсатында ЖЭО пайдалану олардың жұмыс тиімділігінің айтарлықтай төмендеуіне әкеледі. Соңғы жылдардағы тәжірибе көрсеткендей, ЖЭО жұмысының бұзылуы елеулі әлеуметтік салдарға алып келеді.

#### 1.4.4.5 Энергия жүйесінің динамикалық сипаттамаларына ЖЭК әсері

ЖЭК ауқымды енгізу кезінде энергия жүйесіне әсер ететін тағы бір маңызды фактор динамикалық тұрақтылық мәселесі болып табылады.

Синхронды генератор – бұл электр-механикалық жүйе, оны бұзу үшін айтарлықтай күш қажет. ЖЭК енгізілгеннен кейін энергия жүйесі «жеңілдейді», бұзылуларға осал болады, сондықтан тұрақтылықтың бұзылуына бейім болады. Сондай-ақ, grid following инверторлары арқылы қосылған ЖЭК үлесінің артуымен<sup>16</sup> релелік қорғаныс жүйелерінің (РҚА) сезімталдығы төмендейді.

<sup>17</sup>ЖЭК кең көлемде енгізудің динамикалық тұрақтылыққа әсерін бағалаған Корея Республикасындағы зерттеушілер тобы жүргізген зерттеуге сәйкес, энергия жүйесінің дамуының әр түрлі сценарийлері Корея Республикасының қолданыстағы энергия жүйесімен салыстырылды. Жүргізілген зерттеуде генераторлар сыни және сыни емес топтарға бөлінген бір машиналық баламалармен ұсынылды және әр түрлі сценарийлерді салыстыру үдеу мен

тежеу алаңдарының теңдігі өлшемшарты бойынша жүргізілді. ЖЭК енгізудің әсері әр түрлі сценарийлердегі қысқа тұйықталудың шекті уақытын салыстыру арқылы да қарастырылды. Зерттеудің бұл әдісі Кореяның 2030 жылға арналған перспективалық электр схемасында сыналды.

Зерттеу нәтижелері ЖЭК-ті ауқымды енгізудің энергия жүйелерінің динамикалық сипаттамаларына теріс әсері туралы болжамдарды растады. Зерттеудің күтпеген нәтижесі – ЖЭК аз мөлшері енгізілген кезде динамикалық тұрақтылық жақсарады. Дегенмен, ЖЭК енгізу ауқымы ұлғайған сайын динамикалық тұрақтылық айтарлықтай нашарлайды. Бұл алшақтықтың себебі ЖЭК енгізілген кезде аймақтық генерация мен тұтыну арасындағы теңгерімсіздіктің өсуіне байланысты. Тағы бір түсініктеме бар: ЖЭК үлесінің артуы синхронды генераторлар санының азаюын білдіреді, бұл қысқа тұйықталу тогының азаюын және инерцияның төмендеуін білдіреді. Осылайша, жүйе жоғарыда айтылғандай әлсірейді. ЖЭК енгізу генерацияның өсуін тудыратын өңірлер ЖЭК енгізу генерацияның төмендеуіне әкелетін өңірлермен сәйкес келмейді.

Зерттеу сонымен қатар ЖЭК енгізудің қысқа тұйықталуды ажыратудың шекті уақытына (ҚТАШУ) әсерін бағалады. ЖЭК генерациялау аймағында өскен сайын, осы аймақтағы ҚТАШУ мәндері олардың шамалы мөлшеріне қарамастан үздіксіз төмендейді. Дегенмен, ҚТАШУ мәндері 15-тен 20 ГВт-қа дейінгі диапазонда ЖЭК енгізу кезінде жылдам өсу үрдісін көрсетеді. Кейіннен ЖЭК енгізу ұлғайған сайын ҚТАШУ азаяды.

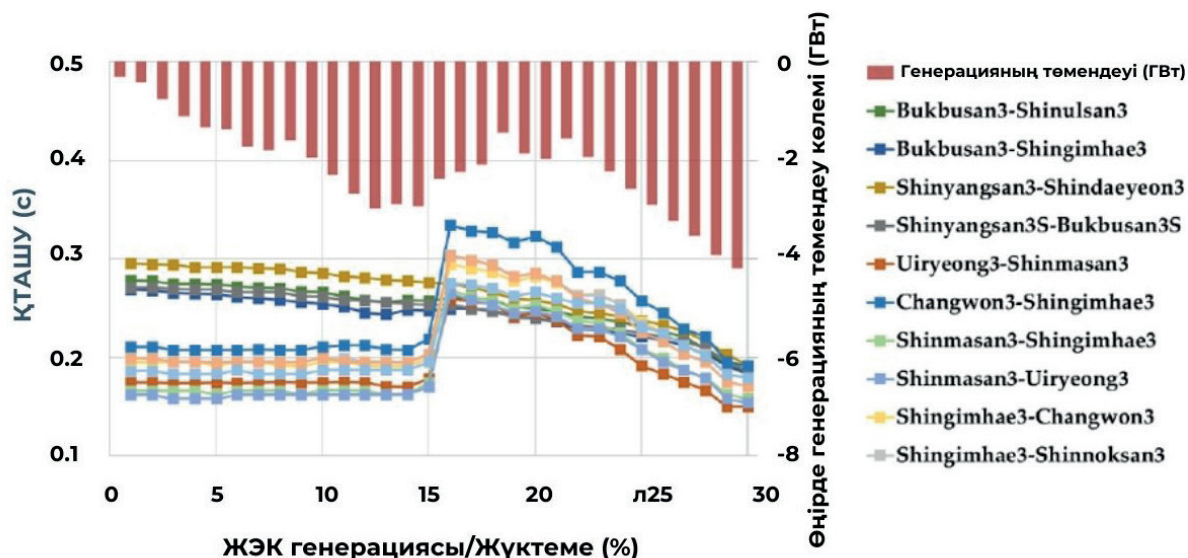
Практикалық мысалда жүргізілген зерттеу негізінде ЖЭК енгізуден туындаған аймақтық генерациядағы өзгерістер динамикалық тұрақтылық мәселелерімен тығыз байланысты екенін растауға болады. Әдетте, егер өңірде ЖЭК генерациясы ұлғайса, ҚТАШУ жалпы төмендеу үрдісіне ие. Керісінше: дәстүрлі генератордың жұмысынан шығу ҚТАШУ мәнінің артуына себеп болатын фактор болып табылады. Алайда, дәстүрлі генератордың жұмысын тоқтатудың әсері осы генератор әсер ететін апаттық бұзылулармен шектеледі. Сонымен қатар, ЖЭК генерациясын енгізу кезінде оның ҚТАШУ мәндеріне әсері бүкіл аймақта байқалады, өйткені ол аймақ ішінде біркелкі таралуға мүмкіндік беретін пішінге ие.

Қазіргі уақытта Қазақстанның энергия жүйесіндегі ЖЭК үлесі 10%-дан аспайды. Бұл кезеңде ЖЭК генерациясы релелік қорғаныс құрылғыларының динамикалық тұрақтылығына тиімділігіне айтарлықтай теріс әсер етпейді. Дегенмен, ЖЭК үлесі ұлғайған сайын бұл мәселелер барған сайын қауіп төндіреді.

<sup>16</sup> NREL мәліметтері бойынша, grid following инверторлар шығыс тогын басқарады, синхрондау басқа көзге тәуелді.

<sup>17</sup> Seungchan Oh, Heewon Shin, Hwanhee Cho, Byongjun Lee. *Transient Impact Analysis of High Renewable Energy Sources Penetration According to the Future Korean Power Grid Scenario*. November 2018

34-диаграмма – Йоннам аймағында ҚТАШУ генерациясының өзгеруі және әр түрлі мәндері



ЖЭК-ке байланысты энергия жүйесінің инерциясын төмендету мәселесінің шешімі grid forming инверторлары болуы мүмкін. Синхронды компенсаторлар (синхронды конденсаторлар) және grid forming инверторлары RZA сезімталдығын төмендету мәселесінің шешімі бола алады. Синхронды компенсаторлар жаңартылатын энергиясы көп елдердегі желілердің әлсіздігі мәселесінің ағымдағы шешімі болып табылады, бірақ желіні құрайтын ең жақсы инверторлар синхронды компенсаторларды алмастыра алады, қажет болған жағдайда қара іске қосу мүмкіндігі (black start) сияқты қосымша мүмкіндіктерді қосады.

#### 1.4.5. ЖЭК теңестіру үшін таратылған генерацияны пайдалану

Тұрақсыз ЖЭК генерациясынан туындаған теңгерімсіздіктерді реттеу үшін маневрлік қуаттың жетіспеушілігінің шешімдерінің бірі таратылған шағын генерацияны дамыту болып табылады.

Бөлінген генерация тұтынушыларға жақын жерде қосымша электр көздерін салуды білдіреді. Мұндай көздердің қуаты тұтынушының күтілетін қуаты негізінде қолда бар шектеулерді (технологиялық, құқықтық, экологиялық және т.б.) ескере отырып таңдалады және кең ауқымда (екі-үштен жүздеген киловаттқа дейін) өзгеруі мүмкін. Бұл ретте тұтынушы электрмен жабдықтаудың жалпы желісінен ажыратылмауы мүмкін.

Қазіргі заманғы жоғары тиімді газ-турбиналы және бу-газ қондырғылары (ГТҚ және БГҚ) 55-60%-ға дейін тиімділікке, жоғары маневрлікке ие және қуаттылықтың кең ауқымында орындалуы, оның ішінде

шағын қондырғылар – бірліктен бір-екі ондаған МВт-қа дейін. Мұндай қондырғылардың, әсіресе кішкентайлардың айрықша ерекшелігі – олардың жоғары зауыттық дайындығы, бұл оларды жыл ішінде пайдалануға беруге мүмкіндік береді. Бір уақытта мини- және микро- ГТҚ үлкен ассортиментті пайда болды (кВт үлесінен бірнеше ондаған кВт-қа дейін). Шағын ГТҚ негізінде электр энергиясы мен жылу аралас өндіру үшін шағын ГТҚ-ЖЭО құрыла бастады, олар тікелей тұтынушылардан орнатылады және 6-35 кВ кернеулерде тарату электр желісіне қосылады.

Таратылған генерация дамуын ынталандыратын негізгі факторлар:

- тұтынушылардың электр энергетикасын дамытудағы және электр энергиясының бағасындағы нарықтық белгісіздікке бейімделуі; бұл қуат тапшылығы қаупін азайтуға және энергия қауіпсіздігін арттыруға ықпал етеді;
- экономиканы дамытудың нарықтық жағдайларының белгісіздігіне ЭЭЖ бейімделу мүмкіндіктерін арттыру және сол арқылы инвестициялық тәуекелдерді төмендету;
- жаңа жоғары тиімді энергетикалық технологиялардың пайда болуы (ГТҚ және БГҚ);
- электр станцияларын отынмен жабдықтаудағы газ үлесінің өсуі;
- мемлекеттердің протекционистік саясатында ЖЭК (гидроэнергетика, жел, биомасса және т.б.) пайдалануды ынталандыратын экологиялық талаптарды қатаңдату<sup>18</sup>.

Әзірге тұтынушылардың негізгі мүдделері резервтеу мүмкіндіктері, шығындарды азайту арқылы үнемдеу, жылу мен электр энергиясын бір уақытта

<sup>18</sup> Электр энергетикалық жүйелерде таратылған генерация. «Кіші энергетика-2005» халықаралық ғылыми-практикалық конференциясы. Вороний Н.И. (PFA СБ Л.А. Мелентьев атындағы энергетика жүйелері институты, Иркутск, Ресей)

өндірудің тиімділігін арттыру болып қала береді. Энергетикалық компаниялар қазірдің өзінде ең жоғары жүктемелер кезінде таратылған генераторлардан айтарлықтай қолдауға, шығындарды азайту және желі параметрлерін жақсарту үшін осы қуаттарды пайдалануға сене бастады.

Бүгінгі таңда орталықтандырылған генерациямен салыстырғанда таратылған генерация технологиялары көптеген жағдайларда таратылған генерация үшін жоғары капиталды және ағымдағы шығындарды береді. Дегенмен, жылу когенерациясы, сенімділікті арттыру, желі шығындарының болмауы сияқты қосымша артықшылықтар қазірдің өзінде таратылған генерацияны көптеген қолданбаларда тиімді етеді.

Тұтынушылар үшін бөлінген генерация құрылысының тартымдылығының негізгі себептері:

- жоғары ПЭК (дәстүрлі ЖЭС-те 40-50%-ға қарсы 80-90%);
- түрлі отын ресурстарында, соның ішінде жергілікті, соның ішінде ҚТҚ-да жұмыс істеу;
- бастапқы энергияның бірыңғай көзін пайдалана отырып, электр энергиясы мен жылуды ықтимал өндіру есебінен энергия тиімділігін арттыру;
- жылдам құрылыс және мобильділік;
- жаңа желілік инфрақұрылымды қайта құру және салу қажеттілігі алынып тасталады (орталықтандырылған жүйе үшін экономикалық жағынан тиімсіз аумақтарда тиімді жұмыс істеу);
- жүктемеге жақын жерде кернеу көздерінің болуы энергиямен жабдықтау сенімділігін арттырады, желідегі кернеудің тиісті деңгейлерін ұстап тұруға ықпал етеді және тұрақтылықты жоғалту қаупін азайтады;
- желілердегі шығындар мен реактивті қуат ағындары азаяды (шығындар 10-15%-ға қарсы шамамен 1%);
- шағын және орта буын объектілерімен байланысты қаржылық тәуекелдер үлкен белгіленген қуаттылыққа қарағанда әлдеқайда төмен;
- террористік шабуылдардың осалдығы азаяды, өйткені таратылған генерацияны осындай диверсиядан қорғау өнеркәсіптік кәсіпорының өзін қорғаумен біріктірілген;
- энергиямен жабдықтау шығындарының болжамдылығы;
- электр энергиясының жеке көзінің иесі үшін энергиямен жабдықтау сенімділігін арттыру, өйткені энергиямен жабдықтаудағы үзілістердің көпшілігі желілік экономикадағы штаттан тыс жағдайларға байланысты;
- кәсіпорында өндірісті кеңейту мүмкіндігі, өйткені электр энергиясын жеткізушілердің инфрақұрылымды дамытуын күтудің қажеті жоқ; желілік компанияның заңы бойынша технологиялық қосылуды екі жылға кейінге қал-

дыра отырып жүзеге асыру құқығы берілді;

- желілерге технологиялық қосылу үшін ақы төлеу қажеттілігі жоғалады.

Шағын генерацияның желілермен қатар жұмыс істеуі батыс елдерінде заңнамалық рұқсаттың және таратылған көздерден желіге энергияны берудің қолданыстағы тарифтерінің арқасында кең таралған. Олар осы режимді пайдалану экономикалық тұрғыдан тиімді екендігіне ықпал етеді.

Алайда, Қазақстанда желіге қосылуға желілік компаниялардың күрделі талаптарына байланысты желілермен қатар шағын үлестірілген генерациялаудың генерациялаушы жабдығының жұмысы қазіргі уақытта сирек кездеседі.

Бүгінгі таңда шағын масштабты генераторлардың желімен қатар жұмыс істеуіне келесі технологиялық кедергілер бар:

- Шағын генерациясы бар объектіні қосу қосалқы станциясында РҚА қаражатын ауқымды реконструкциялау қажеттілігі. Маңызды жағдайларда қорғаныс жүйелерінің дұрыс жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін қысқа тұйықталу тоғын қамтамасыз ету қажет.
- шағын генерациясы бар объектіні энергиямен жабдықтау жүйесінің жедел персоналының кәсіби деңгейіне қойылатын талаптарды арттыру;
- жалпы жұмыс режимі бар қолданыстағы жедел басқару жүйесіне шағын генерациясы бар объектіні қымбат интеграциялау қажеттілігі.
- Бөлінген энергетиканы дамыту жолындағы технологиялық емес кедергілерге мыналар жатады:
- қолданыстағы нормативтік-құқықтық құжаттарда негізгі ұғымдар көрсетілмеген және қажетті шамада бөлінген шағын энергетиканың ерекшеліктері көрсетілмеген;
- қолданыстағы нормативтік-құқықтық құжаттарда электр және жылу энергетикасын бірыңғай процесс ретінде дамытудың қазіргі заманғы нысаналы пайымы жоқ;
- электр энергиясының көтерме және бөлшек сауда нарықтарының құрылымы инвесторларға шағын генерация жобаларының қолайлы өтелуіне сенуге мүмкіндік бермейді;
- Электр энергиясын беру жөніндегі қызметтерге баға белгілеу саласында шағын когенерацияның дамуын ынталандырмайтын тетіктер бекітілген. Жүктемеге жақын орналасқан шағын генератордан электр энергиясын тұтынушы желілік компонентті аймақтың барлық тарату желілерін ескеретін тариф бойынша төлеуге мәжбүр.
- газбен жабдықтау туралы заңнамада инвесторларға шағын энергетика саласындағы жобаларды іске асыру үшін қажетті газ жеткізудің ұзақ мерзімді шарттарын жасасуға

кепілдік беретін тетіктер жоқ.

Шағын генерацияны электр желісіне біріктіру мәселесі бар, өзекті және технологиялық және ұйымдастырушылық-құқықтық шешімді қажет етеді.

Параллельді жұмысқа тікелей қосу арқылы синхронды шағын генерацияны электр жүйелеріне біріктіру энергия тиімділігі мен сенімділігі тұрғысынан сөзсіз артықшылықтарға ие.

Шағын генерация объектілерінің көп санынан қуатты реттеудің жиынтық әлеуеті ЖЭК тұрақты емес генерациясын теңестіруге айтарлықтай оң әсер етуі мүмкін.

Бөлінген энергетика қосылған қуатқа деген қажеттілікті азайту, генераторлар мен төмен қуатты тұтынушылардың жергілікті өзін-өзі теңестіретін бірлестіктерінің пайда болуы, соңғы пайдаланушылардың шағын, бірақ көптеген энергетикалық активтерінің массасын энергия жүйесін басқару процесіне ауқымды тарту арқылы энергия жүйесінің тиімділігін арттырады.

#### 1.4.5.1. ЖЭК үлесінің өсуі жағдайында Қазақстан БЭЖ жұмыс істеу сенімділігін арттыру үшін энергия жүйелерінің режимдерін басқарудың бөлінген технологияларының әлеуеті

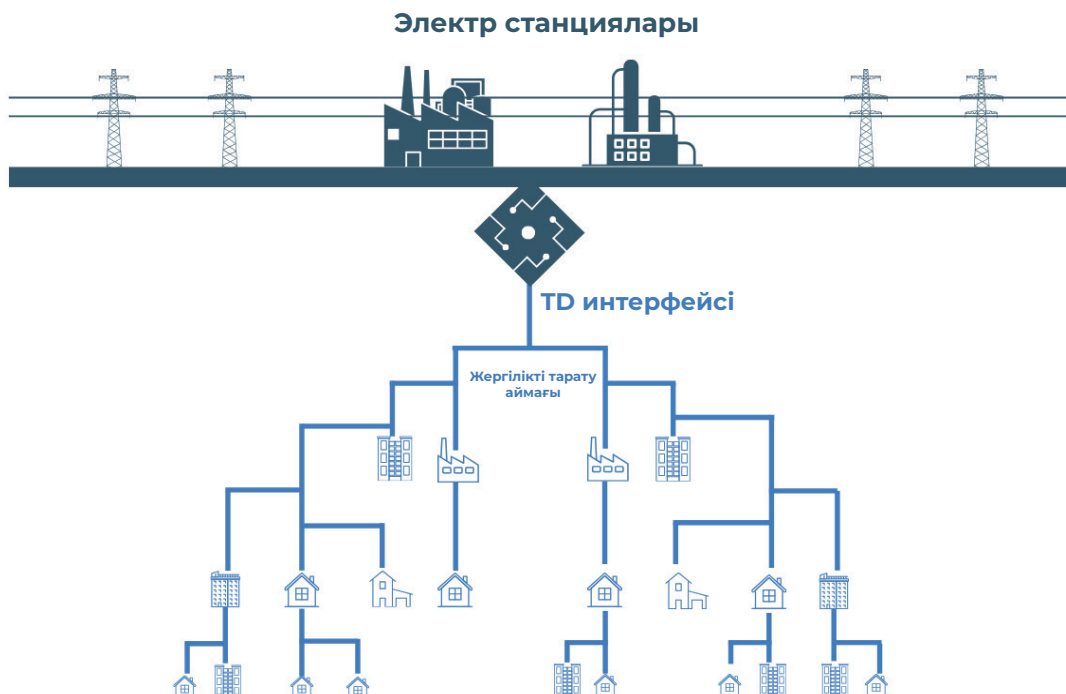
Дәстүрлі, орталықтандырылған архитектураға негізделген электр энергетикалық жүйелері қазіргі уақытта тиімділік ресурсын толығымен дерлік іске қосты. Сонымен қатар, оларға уақыттың жаңа сын-тегеуріндері айтарлықтай қысым жасайды: ЖЭК-тен

тұрақты емес генерация үлесінің тез өсуі, тұтынушылардың сұранысының сипатының өзгеруі, энергетикалық ауысу, тиімді электрлендіру және жаңа аумақтарды игеру қажеттілігі. Бұл сын-тегеуріндер әр түрлі үйлесімде әлемнің әр түрлі елдерінің электр энергетиктерінің алдында тұр, ал ЖЭК белсенді енгізу жағдайында орталықтандырылған энергетиканың тиімділік ресурсының сарқылу мәселесі әмбебап болып табылады.

Бұл сын-тегеуріндерге жауап беру үшін электр жүйелерінің жаңа архитектурасы қажет. Орталықтандырылмаған басқаруы мен нарықтары бар таратылған электр энергетикасы, сондай-ақ экономикалық оңтайлы, икемді, сапалы және сенімді энергиямен жабдықтау мақсатында оларды басқару процесіне барлық энергия жүйелерін пайдаланушыларды кеңінен тарту қазіргі заманғы талаптарды қанағаттандыра алады. Тұтынушыларды энергиямен жабдықтау тиімділігін арттырудың үлкен әлеуеті қолданыстағы орталықтандырылған энергетикалық жүйені толықтыратын бөлінген энергетиканы дамыту есебінен ашылады. Алайда, қазіргі уақытта диспетчерлік басқаруды ұйымдастырудың күрделілігіне және таратылған шағын генерациясы (ТШГ) бар желілерде релелік қорғаныс және апатқа қарсы басқару қағидаттарын қайта қарау қажеттілігіне байланысты шағын генерацияланған объектілерді электр желілеріне қосу мәселесі бар.

Орталықтандырылмаған электр жүйесінде тарату желілері деңгейінде таратылған тұтынушылардың көп саны да, таратылған электр энергиясын өн-

### 5-сурет – Дәстүрлі желілердің архитектурасы



дірушілердің де көп саны бар. Орталықтандырылмаған басқару кезіндегі белсенді қатысушылар ЖЭК, жергілікті синхронды генерация, жинақтағыштар, оның ішінде электромобильдер, сұраныс агрегаторлары болып табылады.

Таратылған энергетика архитектурасын құрудың негізгі қағидаттары:

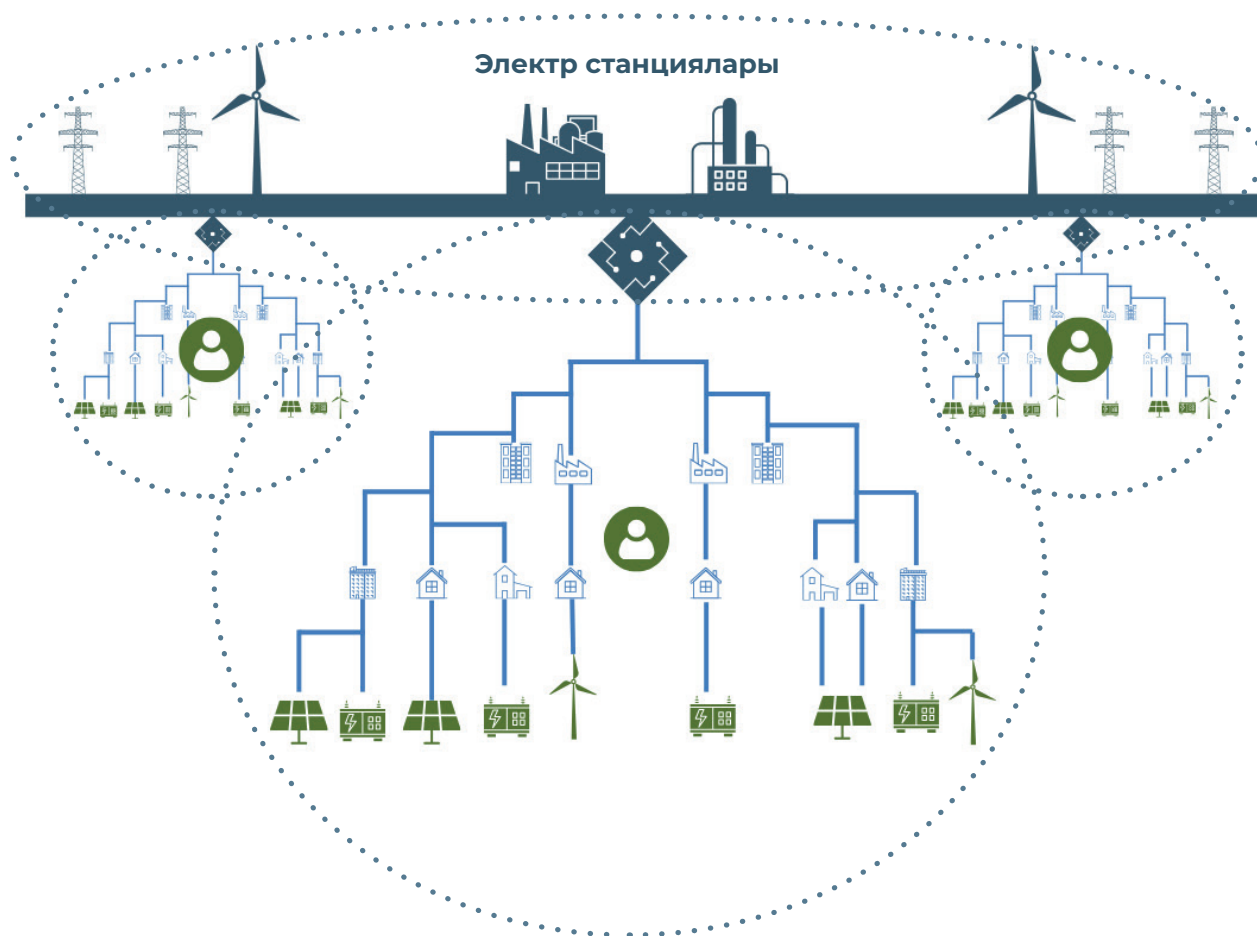
- пайдаланушылардың энергия жүйесіндегі рөлін динамикалық өзгерту мүмкіндігінің болуы;
- электр энергетикалық жабдықтар арасында ақпараттық байланыстардың болуы;
- машинааралық (M2M) өзара іс-қимыл арқылы толығымен орталықсыздандырылған интеллектуалды басқару;

қатысушысы болады. Ол энергетикалық құрылғылардың келісілген әрекеттеріне әкелетін транзакцияларды жүзеге асыра алады және бұл ретте бірлескен жұмыстың оңтайлылығы, сондай-ақ энергия жүйесінің тұрақтылығы қамтамасыз етіледі.

Осы талаптарға жауап беретін таратылған энергетикалық архитектура – бұл пайдаланушылар арасындағы энергетикалық транзакциялар арқылы жүзеге асырылатын интеллектуалды үлестірілген басқаруды жүзеге асыратын орталықтандырылмаған электр энергетикалық жүйесі.

#### 1.4.5.2. Орталықсыздандырылған қуатты, кернеуді, жиілікті реттеу, қажетті сенімділік деңгейін сақтау. Жергілікті қызметтер на

6 сурет – Белсенді таратылған желілердің архитектурасы



- электр энергиясын сатып алу-сатуға да, қызмет көрсетуге де P2P-келісімшарттар (peer-to-peer) жасалатын орталықтандырылмаған нарықтың болуы;
- барлық процестерді іске асыру және оларды пайдаланушылар арасындағы тікелей транзакциялар арқылы басқару.

Мұндай жүйенің пайдаланушысы (әр түрлі масштабта) интерфейстер арқылы оған біріктіріліп, жаңа қызметтер мен бизнес-модельдердің толыққанды

#### рығын сүйемелдеу, сондай-ақ қосалқы қызметтер нарығын жетілдіру

Тарату желілері шағын синхронды генерациямен және ЖЭК негізіндегі генерациямен қаныққан кезде тарату электр желілері үшін қуат орталықтарын жүктеме түйіндерімен байланыстыратын пассивті желіден электр энергиясын «белсенді» тұтынушылармен және өз мақсаттарына жету үшін желі режимін жергілікті реттеуге қатысатын таратылған

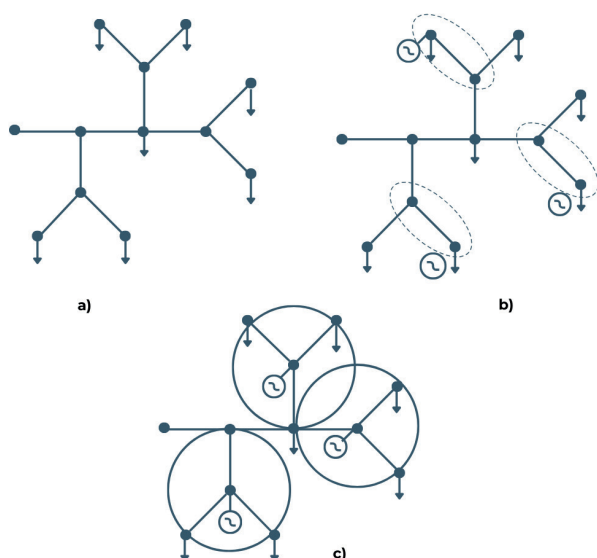
7-сурет – Таратылған энергияның тұжырымдамалық моделі



генерациямен желіге көшу тән болады (төмендегі диаграмманы қараңыз). Бұл ауысудың алғышарттары тұтынушыларды электр тұтынууды ұтымды етуге, электр энергиясын өндіруге және кернеуді реттеуге қатысуға итермелейтін экономикалық, экологиялық және технологиялық факторлармен бірге ЖЭК-ті қоса алғанда, тарату желілерінде көптеген генерациялардың пайда болуы болып табылады.

Диаграммада желілер түбегейлі көрсетілген: (а) – енжар, (b, c) – әр түрлі субъектілер режимдік параметрлерді жергілікті реттеу бойынша қызметтер көрсететін бөлінген генерациямен.

35-диаграмма – Енжар және белсенді желілердің қағидалық схемалары



**1.4.5.3. Таратылған генерация мүмкіндіктерін пайдалана отырып, энергия жүйелерінің өміршеңдігі мен өзін-өзі сауықтыруын қамтамасыз етудің мультиагентті автоматикасы**

Электр энергетикалық жүйелерін (ЭЭЖ) пайдалану кезінде сенімділіктің төмендеуімен ЭЭЖ жұмысы сөзсіз болатын немесе, айтпесе, толық емес функционалдығы бар жағдайлар жиі туындайды, мұнда функционалдылық деп энергия жүйесі ұсынатын функциялар жиынтығы және олардың орындалу сапасы түсініледі.

Дәстүрлі электр жүйелерінде функционалдылық жүйенің құрылымы мен режимінің тұтастығына, яғни барлық электр станцияларының параллель жұмысының тұрақтылығына байланысты қамтамасыз етіледі. Ол үшін өткізу қабілеттілігі қорлары түрінде желі арқылы берілетін қуатқа шектеулер қойылады, сондай-ақ аварияға қарсы басқарудың (АҚБ) күрделі жүйесі пайдаланылады. Мұндай ЭЭЖ-де дезинтеграция, яғни бірыңғай энергия жүйесін синхронды емес бөліктерге бөлу ЭЭЖ өміршеңдігін қамтамасыз ету үшін режимге әсер етудің айрықша шараларына жатады.

Бейімделген құрылымы бар желілерде энергиямен жабдықтаудың сенімділігі мен сапасы негізінен

жүйенің тұтастығын қалпына келтіре отырып, теңдестірілген бөлу қабілетімен анықталады. Функционалдылық көбінесе электр желісінің конфигурациясын өзгертумен, ағымдағы режимге байланысты оқшауланған жұмыс үшін теңдестірілген ішкі жүйелерді бөлумен қамтамасыз етілуі мүмкін. Біртұтас құрылым сенімділіктің тасымалдаушысы болып табылатын дәстүрлі ЭЭЖ-ден айырмашылығы, бейімделген ЭЭЖ-де энергия жүйесінің өміршеңдік қасиетін дамыту арқылы профилактикалық дезинтеграция сенімділіктің негізіне айналады<sup>19</sup>.

Барлық дерлік кернеу сыныптарының желілерінде таратылған шағын генерацияны (ТШГ) жаппай енгізе отырып, бұрын енжар тарату желілерінде (ТЖ) тұрақтылықты қамтамасыз ету проблемасын шешу қажет. ТЖ-де электр станциялары арасындағы синхронизмді сақтау үшін күреске негізделген дәстүрлі тәсіл көптеген қиындықтарды тудырады, бұл ТЖ-де режимдерді басқарудың басқа тәсілін қолдану қажеттілігіне әкеледі.

Жүйе түзуші желінің, автоматика құрылғыларының күрделенуі, режимдердің ықтимал вариацияларының артуы, өндірістік активтерді барынша пайдалануға ұмтылу диспетчерлік орталықтар шешетін міндеттердің кешенділігінің артуына әкеледі. Осыған байланысты, соңғы жылдары ТМД елдерінің энергия жүйелерінде каскадты апаттардың болуы ғаламдық және жергілікті ауқымда энергиямен жабдықтау жүйелерінің өміршеңдігін қамтамасыз ету міндетінің өзектілігін көрсететінін атап өту маңызды.

Қазіргі уақытта энергия жүйелерін дамыту және пайдалану желіні коммутациялау схемасының олардың режимдеріне инварианттылығына негізделген. Бұл ретте тұтынушыларды электрмен жабдықтау жүйесінің сенімділігін қамтамасыз ету және оның өміршеңдігін қамтамасыз ету үшін желінің дезинтеграция әлеуеті толық пайдаланылмайды. Желінің дезинтеграциясы ауданды немесе электр станциясын оқшауланған жұмысқа бөлу үшін, шамамен теңдестірілген жүктемемен, алдын ала белгіленген қимада, сондай-ақ синхронды емес бөліктерді байланыстыратын қимада асинхронды режимді тоқтату үшін қолданылады.

Функционалдығы төмен ЭЭЖ дезинтеграциясы құрылымдық сипаттағы ЭЭЖ ішкі резервтерін тиімді пайдалану есебінен оның деңгейін арттыруға немесе толық көлемде қалпына келтіруге қабілетті.

Дезинтеграция және кейіннен ЭЭЖ автоматты қалпына келтіру схеманы ауыр жүйелік жағдайларда (мысалы, аймақтағы жиіліктің терең төмендеуі кезінде), сондай-ақ n-1 өлшемшарты орындалмаған режимдерде жүйенің өміршеңдігі жоғарылайтын-дай етіп қайта коммутациялау үшін пайдаланылуы мүмкін. Бұл, әсіресе, тұрақтылық бойынша қорлары

аз энергия жүйелерінің жұмысы жағдайында өте маңызды.

### **Мақсатқа байланысты электр жүйелерінің режимдерін динамикалық оңтайландыру. Барлық қатысушылар арасындағыромаға келу арқылы көп мақсатты оңтайландыру мүмкіндігін құру**

Энергия жүйесінің субъектілері бір-біріне әр түрлі қызметтер көрсете отырып, энергия жүйесінде әр түрлі динамикалық өзгеретін рөлдерді атқара алады. Энергияны пайдаланушылар бір-біріне көрсететін қызметтер электр энергиясын сату (жеткізу), режимдік басқаруға қатысу (оның ішінде жиілік пен кернеу деңгейін ұстап тұруға қатысу), энергетикалық жабдықты жалға беру немесе уақытша қашықтан пайдалану, тиеу-түсіру қуатының резервін қамтамасыз ету және электр энергетикасында құрылатын қызметтердің кез келген басқа түрлері болуы мүмкін.

Осылайша, таратылған энергетика форматындағы энергия жүйесінің архитектурасы дәстүрлі түрде энергетиканың енжар қатысушылары болып саналатын субъектілерді реттеу әлеуетін босату арқылы ЖЭК-ті энергия жүйесіне біріктіруді жеңілдетуге қабілетті.

### **Штаттан тыс жағдайларды болжау, алдын алу, оқшаулау және жою құралдарын қоса алғанда, шешімдерді талдау мен қолдаудың интеллектуалды жүйелері**

#### **Таратылған технологиялар көп өлшемді жүйеде барлық қатысушылар арасындаиссалы шешімді қамтамасыз ете алады.**

Қазіргі заманғы электр желілері электр энергиясын тұтынушылардың, қосылатын генерацияның, сондай-ақ желілік компаниялардың мүдделеріне сәйкес дамиды. Бұл мүдделер көбінесе қайшылықты. Осылайша, желілік компаниялар негізгі желілік қызмет ретінде энергияны максималды өткізуді қамтамасыз етуге, сенімділік пен сапа бойынша кернеуге қойылатын талаптарды сақтай отырып, электр энергиясының шығынын азайтуға мүдделі. Энергия тұтынушылары жүктеме шиналарындағы кернеудің оңтайлы сапасына, оның ішінде оның тұрақтылығына қызығушылық танытады. Желіге қосылған генерация оны сату үшін желіге артық қуат пен энергияны берумен қатар, желінің жергілікті аймақтарында коммерциялық кернеуді реттеу қызметтерін ұсынуға мүдделі. Желілік компаниялардан басқа, энергия тұтынушылары мен таратылған генерация (ТГ) арасында кернеуді реттеудің айтарлықтай әлеуетінің пайда болуы, олардың мүдделерінің сәйкес келмеуі электр желісіндегі кернеуді реттеудің жаңа тұжырымдамаларын, әдістері мен техникалық құралдарын әзірлеу қажеттілігін тудырады.

<sup>19</sup> Фишов А.Г., Мухатов Б.Б. Таратылған генерациямен және көп агенттік басқарумен электр желілерін қайта конфигурациялау // Тамск политехникалық университетінің жаңалықтары. Георесурстар инженерингі, 2015, №9. - 143-152-бб.



Бұл міндетті шешудің перспективалық бағыты интеллектуалды реттегіштердің көмегімен кернеуді мультиагентті (үлестірілген) реттеу болып табылады. Мультиагенттік реттеу (MAP) деп электр желісінің кернеуінің ымыралы режимін қамтамасыз ететін бірыңғай қағидаттар мен қағидалар шеңберінде өз мақсаттарына қол жеткізу үшін процестің әрбір субъектісі (желілік компания, электр энергиясын тұтынушы, таратылған генерация) қабылдайтын шаралардың барлық жиынтығы түсініледі.

Субъектілердің мүдделерінің сәйкессіздігін ескере отырып, электр желісінің салы режимін қамтамасыз ететін кернеуді реттеу мәселесін (орталықтандырылмаған принцип негізінде) сапалы жаңа шешу қажет.

MAP іске асыру үш негізге негізделген:

1. реттеуді орталықсыздандыру;
2. деректердің қажетті ақпараттылығын қамтамасыз ететін желі ауданының торабына іргелес режимді әрбір жергілікті реттеушімен бақылау;
3. реттеу процесінің тұтастығын, реттегіштердің мінез-құлқының бейімделуін қамтамасыз ететін, оның ішінде оларға технологиялық және аварияға қарсы автоматика функцияларын орындауға мүмкіндік беретін реттегіштерде (желінің кернеуін реттеу жүйесінің агенттері) білім базасы мен сараптамалық

технологиялар негізінде жасанды интеллектті пайдалану.

Жүктеменің тұрақтылығы көбінесе электр энергиясының сапасына, оның ішінде кернеуге байланысты. Бөлінген ЖЭК генерациясының кернеуін реттеудің пайдаланылмаған әлеуетін пайдалануға мүмкіндік беретін MAP технологиялары тарату желілеріндегі электр энергиясының сапасына және жүктеменің тұрақтылығына оң әсер ету түрінде ЖЭК-тен қосымша пайда алуға қабілетті. Сондай-ақ, MAP технологиясын пайдалану ЖЭК инвестициялық тартымдылығын арттыра алады, бұл оларға реактивті қуат пен кернеуді жергілікті реттеу бойынша қосымша қызметтер көрсетуге мүмкіндік береді.

**Таратылған технологиялар қолданыстағы электр жүйелерінен едәуір асып түсетін міндеттерді тиімді шеше алады.**

**Шағын генерацияны енгізу кезінде электр жүйелерін технологиялық басқарудың дәстүрлі орталықтандырылған тәсілі экстремалды шығындарға әкеледі, ол электр жүйелерін басқару мәселелерін тиімді және сенімді шеше алмайды**

Бүгінгі таңда электр энергетикасын дамытудың ең маңызды сын-тегеуріндері:

- «энергетикалық ауысу»(көміртексіздендіру,

орталықсыздандыру, цифрландыру): ЖЭК, таратылған энергетиканың, цифрлық технологияларды пайдалануға негізделген жаңа бизнес-модельдер мен сервистердің жылдам таралуы;

- тұтынушылардың сұранысының өзгеру сипаты: осы талаптардың алуантүрлілігінің өсуі және «цифрлық» сұранысқа көшу;
- инфрақұрылымы дамымаған қоныстанбаған аумақтарды игеру: шалғай және оқшауланған аумақтарды тиімді энергиямен жабдықтау қажеттілігі.

Осы сын-тегеуріндер мәнмәтінінде энергетиканы дамытудың негізгі проблемасы – қолданыстағы архитектурасы бар энергия жүйелері оларға шығындардың айтарлықтай өсуінсіз және жүйелік тиімділіктің төмендеуінсіз жауап бере алмайды. ЖЭК қолданудың артып келе жатқан үрдісі бұл проблеманы тек традициянықтырады, бұл дәстүрлі энергия көздерінің азаюына және ең жоғары және резервтік қуаттарға деген қажеттіліктің артуына әкеледі.

Қорытындылай келе, көптеген энергетикалық нарық субъектілерінің тек орталықтандырылған энергиямен жабдықтаудан кетуі жалпы әлемдік үрдіс екенін атап өтуге болады. Бұл үрдіске қарсы тұрудың мәні жоқ. Оны ескеріп, электр және жылу энергия-

сының орталықтандырылған өндірісі мен олардың жергілікті көздері, ең алдымен, орташа және кіші арасындағы оңтайлы қатынасты табуға тырысқан дұрыс. Болашақтың энергетикалық жүйесі ірі электр станцияларын біріктіруі керек, онсыз ірі тұтынушыларды электрмен жабдықтау және электр тұтынудың өсуін қамтамасыз ету және энергия жүйелерінің режимдерін басқарудың таратылған технологияларымен жабдықталған таратылған генерация проблемалы болып табылады.

ЭЭЖ-дегі ЖЭК үлестірілген генерациясы үлесінің өсуінің оң жақтары ғана емес, сонымен қатар қалыпты және авариялық жағдайларда жүйелердің қасиеттерінің, оларды басқару мүмкіндіктерінің өзгеруіне байланысты белгілі бір техникалық проблемалар туғызады. Бұл проблемалар шешіледі, алайда ЭЭЖ диспетчерлік және автоматты басқару күрделене түседі, ЭЭЭ және электрмен жабдықтау жүйелерін дамытуды негіздеу, олардың режимдерін талдау және басқару бойынша жаңа математикалық модельдерді әзірлеу қажет. Энергия жүйелерінің режимдерін басқарудың заманауи таратылған технологияларын қолдану ЖЭК ауқымды енгізудің жағымсыз әсерін азайтып қана қоймай, осы процестен қосымша пайда алуға мүмкіндік береді.

# 07

## 2-бөлім.

### Қазақстан Республикасының Бірыңғай энергетикалық жүйесінде энергияны жинақтаудың аккумуляторлық жүйелерін (BESS) қолдану

#### 2.1 Қазақстан үшін энергияны жинақтаудың аккумуляторлық жүйелерінің (BESS) өзектілігі

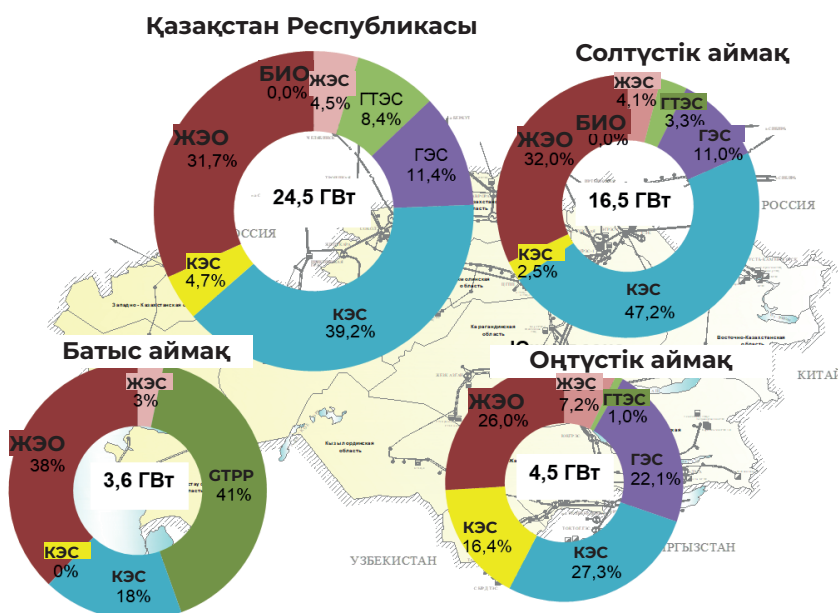
Қолда бар халықаралық тәжірибе BESS қолдану салаларының кең ауқымын көрсетеді, олардың негізгілері: жүктеме шыңдарын тегістеу, үздіксіз электрмен жабдықтау, жиілікті реттеу, кернеу ауытқуларын тегістеу, желілерді жаңғыртуды кейінге қалдыру, желінің ағымдағы мүмкіндіктерін барынша арттыру және т.б. Бұл ретте, Қазақстанда BESS жүйелерін әр түрлі сценарийлерде енгізу және тиімді пайдалану орындылығын, мүмкіндіктерін айқындау үшін энергетика жүйесінің мынадай ерекше ерекшеліктерін назарға алу қажет.

#### Аймақтар мен түрлері бойынша дәстүрлі өндіру құрылымы

ҚР электр станцияларында электр энергиясын өндіру технологиясы бойынша белгіленген қуаттардың құрылымында 2022 жылы жылу электр станциялары 19,46 ГВт құрайды, бұл ретте олардың үлесі жалпы белгіленген қуаттың 79,4%-ын құрады, оның ішінде: конденсациялық электр станциялары – 9,6 ГВт (39,2%), жылу электр орталықтары – 7,8 ГВт (31,7%) және газ турбиналы электр станциялары – 2,06 ГВт (8,4%).

Аймақтар бойынша өндіру құрылымы біртектісіз. Мысалы, ГТЭС негізінен Батыс аймақта, ал ірі ГЭС Солтүстік және Оңтүстік аймақтарда орналасқан.

36-диаграмма – 2022 жылы электр энергиясын өндіру технологиясы бойынша ҚР электр станцияларының белгіленген қуатының құрылымы.



Дереккөз: «KEGOC» АҚ

Қолда бар технологиялық ерекшеліктерге байланысты газ турбиналы электр станциялары (ГТЭС) және гидроэлектрстанциялар (ГЭС) тез жүктеуді және жүктемені азайтуды қамтамасыз ете отырып,

тын мұнай-газ секторының электр станцияларын қоспағанда, негізгі ГТЭС өзінің реттеу диапазонын толық көлемде іске асырмай, негізінен 74-90% БҚПК мәнімен базалық режимде жұмыс істеді.

### 3-кесте – Қазақстанда ГЭС маневрлік қабілеті

№	Атауы	Орналастыру облысы, аймағы	Белгіленген қуат, МВт	Реттеу қабілеті	Ескертпе
1	Бұқтырма ГЭС	ШҚО, Солтүстік аймақ	675	Бар	
2	«AES Өскемен ГЭС» ЖШС	ШҚО, Солтүстік аймақ	380	Жоқ	Бұқтырма контрреттегіші ГЭС
3	«AES Шүлбі ГЭС» ЖШС	Абай облысы, Солтүстік аймақ	702	Ішінара бар	қысқы кезеңдегі максималды жүктеме 200 МВт-тан аспайды, реттеу мүмкіндіктері $\approx \pm 40$ МВт-қа дейін
4	Қапшағай ГЭС	Алматы облысы, Оңтүстік аймақ	364	Ішінара бар	реттеу негізінен қыста $\approx \pm 100$ МВт дейінгі мөлшерде жүзеге асырылады
5	Мойнақ ГЭС	Алматы облысы, Оңтүстік аймақ	300	Бар	
6	Шардара ГЭС	Түркістан облысы, Оңтүстік аймақ	126	Жоқ	

генераццияны жедел өзгерту қабілетіне ие. Бұл ретте Қазақстанда алты ірі ГЭС-тің тек төртеуі ғана реттеуге қатысатынын атап өткен жөн.

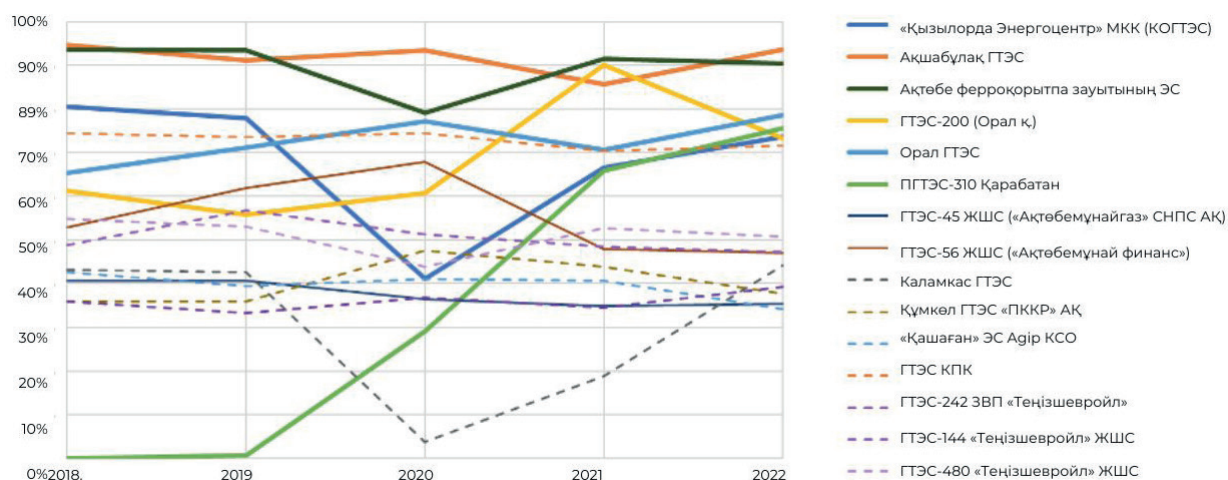
ГТЭС белгіленген қуатты пайдалану коэффициентінің (БҚПК) есепті мәндерін талдау көрсеткендей, өз жүктемесін іс жүзінде бірнеше резервпен жаба-

### Аймақтар мен түрі бойынша ЖЭК генерацциясын дамыту жөніндегі жоспарлар

ЖЭК дамыту көрсеткіштері келесі құжаттарда көрсетілген:

- Қазақстан Республикасының 2035 жылға дейінгі болжамды энергетикалық теңгерімі (ҚР

### 37-диаграмма – 2018-2022 жылдар кезеңінде ГТЭС БҚПК мәні.



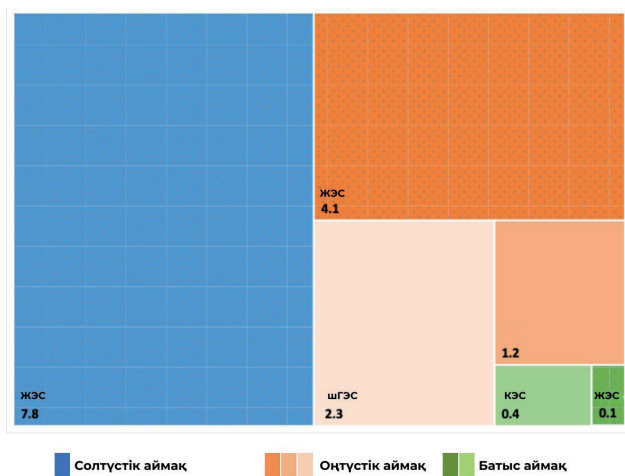
Ескертпе: өз жүктемесін жабатын электр станциялары нүктелі сызықпен ұсынылған.

- ЭМ 30.01.2023 жылғы №44 бұйрығы);
- 2024-2027 жылдары аукциондық сауда-саттықты өткізу кестесі (ЭМ 23.05.2023 жылғы №187 бұйрығы);
- Электр энергетикасы саласын дамытудың 2035 жылға дейінгі іс-шаралар жоспары (ЭМ 20.02.2024 жылғы №71 бұйрығы).

2035 жылға арналған жоспарлы көрсеткіштерге сәйкес 15,8 ГВт ЖЭК, оның ішінде 12 ГВт ЖЭС, 2,3 ГВт шГЭС және 1,6 ГВт КЭС іске қосу көзделіп отыр.

Жоспарланған ЖЭК-ті аймақтар бойынша және түрлері бойынша бөлу төмендегі суретте көрсетілген.

**38-диаграмма – 2035 жылға жоспарланған ЖЭК-ті аймақтар бойынша және түрі бойынша бөлу, ГВт**



2035 жылға арналған ЖЭК объектілерін іске қосудың болжамды көлемдерін талдау Қазақстанның энергия жүйесінің Солтүстік (49%) және Оңтүстік (48%) аймақтарында ЖЭК белгіленген қуатының негізгі өсімі күтілетінін көрсетті. Бұл ретте Солтүстік ай-

мақта ЖЭК дамыту тек ЖЭС есебінен жоспарланады, ал Оңтүстік аймақта ЖЭС, КЭС және шГЭС қуаттарын енгізу болжанады.

**Жүктеме бейіні**

Оңтүстік аймақ коммуналдық-тұрмыстық тұтыну-дың едәуір үлесіне байланысты ең аз біркелкі және тығыз жүктеме кестесіне ие. Қарастырылған тәуліктік жүктеме кестелерінің барлығында күндізгі (10÷12 сағат) және түнгі (19÷23 сағат) жүктеме шыңдары бар.

**Тартылған желілер**

2022 жылғы 31 желтоқсанда «KEGOC» АҚ-на тиесілі Қазақстанның ҰЭЖ (ӘЖ және ҚС) электр желілерінің жалпы ұзындығы төменде келтірілген:

- 1150 кВ (500 кВ қоса алғанда) – 1421 км
- 500 кВ – 8282 км
- 330 кВ (220 кВ қоса алғанда) – 1863 км
- 220 кВ – 14890 км

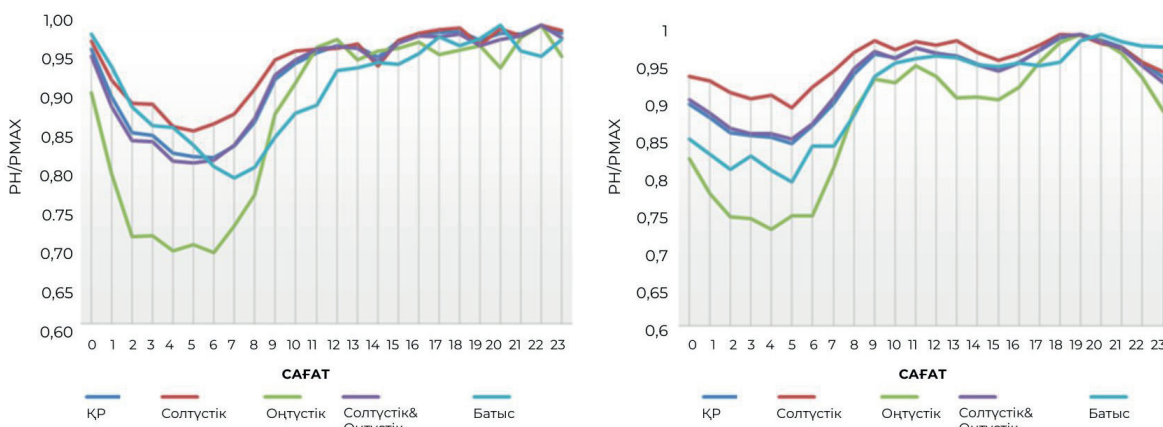
**Солтүстік – Оңтүстік транзитінің шектеулі өткізу қабілеті**

Солтүстік – Оңтүстік транзитінің шектеу қимасындағы (Ағадыр – ОҚГРЭС) қазіргі жағдай бойынша өткізу қабілеттілігі Солтүстік аймақтан Оңтүстік аймаққа бағытқа үшін ≈2100 МВт және кері бағытта ≈2400 МВт деп бағаланады.

**Ресей Федерациясы мен Орталық Азияның (Қырғызстан және Өзбекстан) энергия жүйелерімен қатар жұмыс**

Жалпы Қазақстанның энергожүйесі бойынша сағаттық теңгерімдерді талдау уақыттың 97%-ында теңгерімсіздіктер ±1000 МВт диапазонында болғанын және шектес мемлекеттердің энергожүйелерімен қуаттың айырбастау ағындары есебінен жабылғанын көрсетті. Алайда, электр энергиясының мемлекетаралық ағындары бойынша қолданыстағы

**39-диаграмма – Бақылау өлшеулерінің жазғы және қысқы күндеріне тән тәуліктік жүктеме кестелері**



келісімшарттық міндеттемелер Ресей Федерациясының энергетикалық жүйесімен ±150 МВт және Орталық Азияның энергетикалық жүйесімен ±50 МВт қуат алмасу ағындарын қолдауды көздейді.

**Энергия жүйесінің сенімділігін қамтамасыз ету бойынша өзекті нормативтің болмауы**

Бастапқы және қайталама қуат резервінің нормативтік көлемі ҚР электр желілік қағидаларымен регламенттеледі: бастапқы станциялардың қолда бар қуатының 2,5% мөлшерінде, қайталама жүктеме максимумының 8% мөлшерінде, бірақ ең ірі блоктың белгіленген қуатынан кем емес.

Алайда, ЖЭК үлесінің ұлғаюымен бұл норматив қайта қарауды талап етеді, өйткені ЖЭК генерацияның жалпы теңгеріміне айтарлықтай белгісіздік енгізеді. Бұл, өз кезегінде, дәстүрлі электр станцияларымен жабылуы тиіс «таза» жүктеме бейінібелгісіздігінің артуына әкеледі<sup>20</sup>.

**Инвестицияларды қайтару тетіктері**

Қазіргі уақытта Қазақстанда қуат нарығы, электр энергиясының көтерме және теңгерімдеуші нарығы, сондай-ақ электр станцияларының жиілік пен қуатты автоматты реттеудің (ЖҚАР) орталықтандырылған

жүйесіне қатысқаны үшін қосымша төлем қолданылады.

Оң техникалық-экономикалық негіздеме болған жағдайда, Қазақстанда BESS жүйелерін жеке бизнес (төрелік) ретінде де, басқа технологиялармен (ЖЭК генерациясы, жүйелік қызметтер және т.б.) ұштастыра отырып қолдануға болады.

**Төрелік – көтерме немесе теңгерімдеуші нарықта шыңнан тыс уақытта электр энергиясын сатып алу және оны ең жоғары сағаттарда сату.**

«КОРЭМ» АҚ-ның 2024 жылғы қыркүйектегі деректері бойынша теңгерімдеуші нарықтағы теңгерімсіздік үшін ең төменгі және ең жоғары баға 0,01-ден 63,21 теңге/кВт·сағ аралығында, ал көтерме сауда нарығында (бір тәулік бұрын) «ҚЕАО» ЖШС деректері бойынша электр энергиясының құны әр түрлі сағатта 12,62-ден бастап 35,6 теңге/кВт·сағ дейін қалыптасты. Бұл ретте көтерме сауда нарығында белгісіздік азырақ айқын баға трендтері байқалады, ал теңгерімдеуші нарықта жоғары белгісіздікпен жоғары құбылмалылық байқалады.

**ЖЭС және КЭС генерациясы**

Келесі мақсаттар үшін гибриді топтардың не-

**40-диаграмма – Қазақстан үшін энергия жинақтаудың аккумуляторлық жүйелерінің өзектілігі<sup>21</sup>**

Төрелік				ЖЭС және КЭС генерациясы				Желілік оператор				ЖЭС және КЭС генерациясы			
Қызмет	Қуат	Сыйымдылық	Пайдалану жиілігі	Қызмет	Қуат	Сыйымдылық	Пайдалану жиілігі	Қызмет	Қуат	Сыйымдылық	Пайдалану жиілігі	Қызмет	Қуат	Сыйымдылық	Пайдалану жиілігі
Көтерме нарықта төрелік	Нарық анықтайды	≥2 сағ	Тәулігіне ≤1 рет	Болжам қатесін азайту	Белгіленгеннен ≤30%	≤2 сағ	Тәулігіне ≥1 рет	Беру желілерінің жүктемесін түсіру және желілерді жаңғырту мерзімін шегеру	≤100 МВт	≤4 сағ	Маусым бойынша ауытқиды	Ағылуды реттеу (ҚЖАР)	>100 МВт	≤2 сағ	Тәулігіне ≥1 рет
												Авариялық резерв	>100 МВт	≤4 сағ	Жылына ≥1 рет
												Жүйелік шығындарды оңтайландыру	>100 МВт	≤4 сағ	Тәулігіне ≥1 рет
												Кернеуді реттеу	>100 МВт	≤4 сағ	Тәулігіне ≥1 рет
Теңгерімдеуші нарықтағы төрелік	Нарықпен анықталады	≤2ч	Тәулігіне ≤1 рет	Генерация шектеуі көлемінің төмендеуі	≤30% Рбелг	≥2ч	маусым бойынша ауытқиды	Аварияға қарсы басқару	<100 Мвт	≤1 сағ	Жылына >1 рет	Инерцияны реттеу	>100 МВт	≤1 сағ	Жылына <1 рет
												Жиілікті реттеу	>100 МВт	≤1 сағ	Жылына <1 рет
												Сенімділікті қамтамасыз ету	>100 МВт	≤1 сағ	Жылына <1 рет
												Нелден іске қосу	<100 МВт	≤1 сағ	Жылына <1 рет

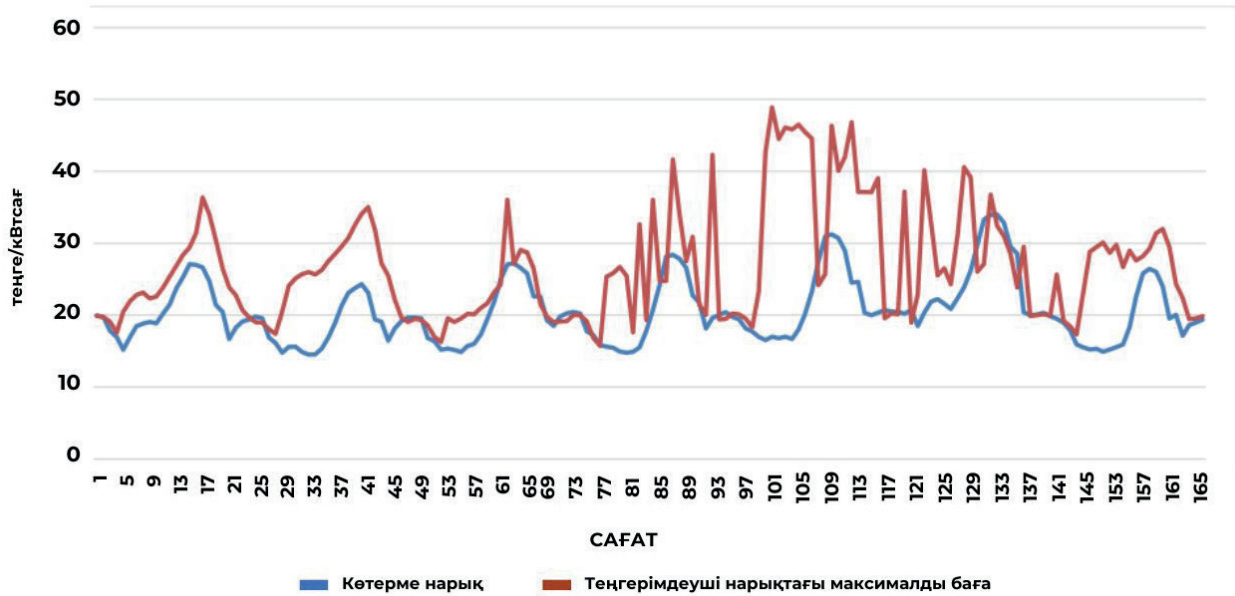
■ Қуат және электр энергиясы нарығы ■ Теңгерімдеуші нарық ■ Қуат нарығы ■ Электр энергиясы нарығы

<sup>20</sup> Қосылу нүктесінің кернеуі бойынша тұрақтылықты зерттеу бөлігінде реактивті қуатқа қажеттілікті анықтау үшін зерттеу жүргізу қажет. Желілік қағидаларда қолданылатын тәсіл қайта қарауды қажет етеді.

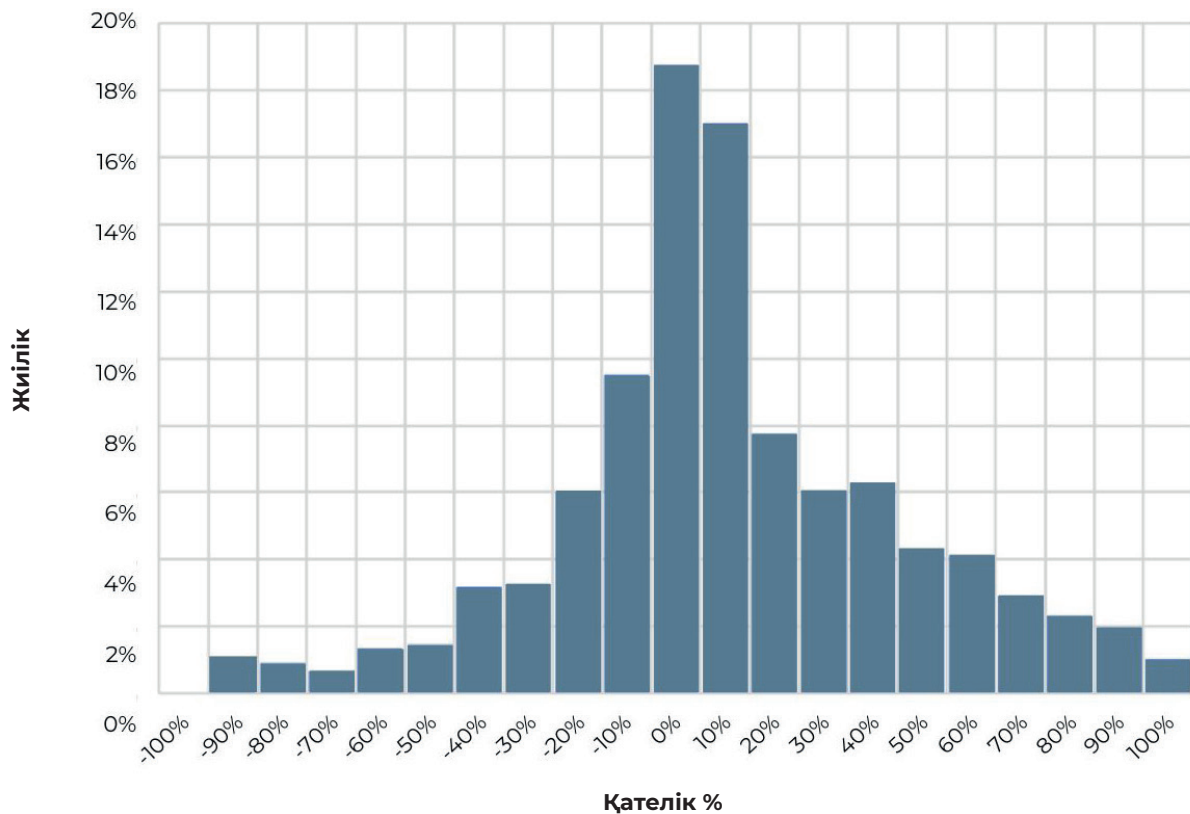
<sup>21</sup> ҚР энергосүйесінің РФ энергосүйесімен тығыз байланысы бар, оның электр станциялары ҚР және ОА-ның басқа елдерінің энергосүйелерінің жиілігін «жүргізеді». Бұған қоса, ҚР электр станцияларының «сезімталдық аймағы» 200 мГц құрайды, ал Ресей Федерациясында ол 150 мГц шамасына тең. Осылайша, Ресей Федерациясының электр станциялары жиіліктің ауытқуларына тезірек жауап береді.

Жоғарыда айтылғандарды ескере отырып, ҚР энергия жүйесіндегі жиіліктің елеулі ауытқуы екіталай, сондықтан пайдалану жиілігі жылына <1 рет бағаланады (оң жақтағы диаграмманың соңғы бағаны). Бұл тармақ өткізу қабілетінің шектелуіне немесе авариялық ажыратуға байланысты жиіліктің жергілікті төмендеуіне қатысты емес.

41-диаграмма – көтерме сауда нарығындағы сағаттық тарифтердің (бір тәулік бұрын) және теңгерімдеуші электр энергиясы нарығындағы ең жоғары бағалардың серпіні (бір апта үшін, 2024 жылғы қыркүйек)



42-диаграмма – 100 МВт ЖЭС-тен біреуінің нақты генерациялау мәндерінің бір жыл ішінде жоспарлы мәндерден ауытқуларының бөлінуі



месе басым шартты тұтынушылардың құрамында ЖЭК генерациясымен бірге BESS жүйелерін қолдану перспективалы болып көрінеді:

**Болжам қатесін азайту – мәлімделген дисперчерлік кестені сақтау үшін BESS заряды немесе разряды.**

Осылайша, 2022 жылы енгізілген 100 МВт ЖЭС-тен біреуі үшін жоспарланатын сағаттық генерация кестесін сақтаудың жылдық деректерін талдау нақты мәндердің жоспарланғаннан ауытқуының 90% ±60% диапазонында екенін көрсетті. Бұл ретте халықаралық тәжірибе көрсеткендей, ЖЭК өндірісін болжауда «оқу қисығының» әсері байқалады, яғни, әдетте, болжам сапасы уақыт өте келе және жиналған деректер массивінің ұлғаюымен жақсарады.

**Генерация шектеулерінің көлемін азайту.**

Қазақстанның энергия жүйесі жұмысының перспективалық режимдерін алдын ала модельдеу 2030 жылдың деңгейінде электр энергиясының артық мөлшерін азайту және энергия жүйесін теңгерімдеу мақсатында ЖЭК генерациясының елеулі шектеулері байқалатынын көрсетеді. BESS жүйелері кейіннен қуат тапшылығы кезінде нарыққа шығара отырып, артық электр энергиясын жинақтау үшін пайдаланылуы мүмкін.

**Электр желілері**

- Беріліс желілерінен жүктемені алу және желілерді жаңартуды кейінге қалдыру – BESS ең жоғары тұтыну немесе генерация сағаттарында беріліс желісінің жүктемесін азайтуды қамтамасыз ете алады, осылайша қолданыстағы желілердің қызмет ету мерзімін ұзартады және электр жүйесінің сенімділігін арттырады;
- Аварияға қарсы басқару – BESS көбінесе электр желісінің жұмысындағы ауытқуларға тез ден қою арқылы қуат теңгерімсіздігімен байланысты төтенше жағдайлардың туындауын болдырмай, сонымен қатар төтенше жағдайларда электр желісінің қалыпты жұмысын қалпына келтіру процесін жеңілдетеді және жеделдетеді.

**Жүйелік қызметтер**

Жоғары ден қою жылдамдығы, масштабталуы және икемділігі келесі жүйелік қызметтерді көрсету үшін BESS жүйелерін қарастыруға мүмкіндік береді:

- Қуат ағындарын реттеу – Қазақстанның энергия жүйесінде генерация-тұтыну теңгерімін, сондай-ақ ҰЭЖ негізгі қималары (Сол-түстік-Оңтүстік транзитін қоса алғанда) және мемлекетаралық қималар бойынша қуат ағындарын бақылайтын жиілік пен қуатты автоматты реттеу жүйесі (ЖҚАР) жұмыс істейді. BESS қуат теңгерімі бұзылған жағдайда,

сондай-ақ бақыланатын қималар бойынша рұқсат етілген мәндер асып кеткен жағдайда жүйелік оператордың сигналы бойынша ағымды түзету үшін пайдаланылуы мүмкін;

- Авариялық резерв – электр энергиясының тапшылығын немесе артық қуатын жабу үшін BESS қысқа мерзімді резервін қамтамасыз ету;
- Инерция мен жиілікті реттеу – дәстүрлі түрде жылу және гидроэлектрстанцияларда үлкен синхронды генераторлар инерция көзінің рөлін атқарады. Алайда, Қазақстанда ЖЭК үлесінің өсуімен инерцияны қолдаудың жаңа тәсілдеріне қажеттілік туындайды. Синтетикалық инерцияны басқару алгоритмдерін қолдана отырып, желіні қалыптастыратын BESS (grid forming BESS) дәстүрлі генераторлардың инерциялық реакциясының аналогын қамтамасыз ете отырып, жиіліктің өзгеруіне байланысты қуатты реттей алады;
- Кернеуді реттеу және желідегі шығындарды оңтайландыру – BESS реактивті қуат көзі мен тұтынушысы ретінде жұмыс істеу мүмкіндігі, бұл кернеуді қалыпты және апаттан кейінгі режимдерде қосымша құрылғыларды қажет етпей реттеуге мүмкіндік береді;
- Сенімділікті қамтамасыз ету (электр желісінің ақылға қонымдылығы) – BESS қуат тапшылығы мен энергиямен жабдықтау ақауларының тәуекелін азайту үшін пайдаланылуы мүмкін;
- Нөлден іске қосу – Қазақстанның энергожүйесі шалғай өңірлермен және тартылған электр желілік инфрақұрылыммен едәуір аумақтарды қамтиды. Тұтынушылардың жаппай өтеуімен және генерациясымен жүйелі авариялар дамыған жағдайда, электр энергиясын беруді тез қалпына келтіру және экономикалық шығындар мен әлеуметтік залалды азайту үшін желіні қалыптастырушы BESS (grid forming BESS) пайдаланылуы мүмкін.

**2.2. Қазақстан Республикасында энергияны жинақтаудың аккумуляторлық жүйелерін (BESS) дамыту жөніндегі жүйелік оператордың пайымы**

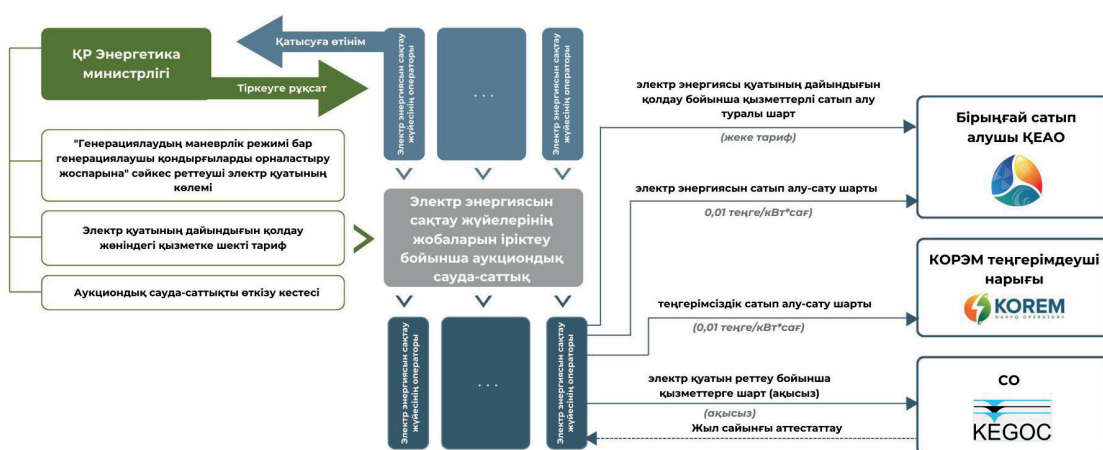
Жүйелік оператор BESS жобаларын қуат нарығындағы аукциондық сауда-саттық және/немесе көтерме (бір тәулік бұрын) немесе теңгерімдеуші электр энергиясы нарықтарындағы төрелік арқылы іске асыруды ұсынады.

Қуат нарығында аукциондық сауда-саттық арқылы инвестицияны қайтарудың келесі артықшылықтары мен кемшіліктері бар:

Артықшылықтары:

- инвестор үшін – іріктеу жағдайында инвестициялардың кепілдендірілген қайтарымы;
- жүйелік оператор үшін – жүйелік қызметтерді

**43-диаграмма – Қуат нарығында аукциондық сауда-саттықта BESS жобаларын іске асыру (жүйелік оператордың пайымы)**



ұсыну үшін BESS жүйелерін ақысыз пайдалану. Кемшіліктері:

- BESS пайдалану тиімділігін арттыруда ынталанудың болмауы;
- пайда алудың шектеулі әлеуеті.

көтерме және теңгерімдеуші электр энергиясы нарықтарына қатысу үшін BESS қуаты мен сыйымдылығын нақты бөлу қажеттілігі; көтерме сауда нарығында бір тәулік бұрын сату және бір мезгілде теңгерімдеуші нарыққа қатысу мүмкіндігінің болмауы.

**44-диаграмма – Көтерме (бір тәулік бұрын) немесе теңгерімдеуші электр энергиясы нарықтарында төрелік арқылы BESS жобаларын іске асыру (жүйелік оператордың пайымы)**



Көтерме (бір тәулік бұрын) немесе теңгерімдеуші нарықтарда төрелік арқылы инвестицияларды қайтарудың келесі артықшылықтары мен кемшіліктері бар:

Артықшылықтары:

- BESS пайдалану тиімділігін арттыру үшін жауапкершілік меншік иесіне жүктеледі;
- жергілікті және жүйелік шектеулерді азайту үшін BESS пайдалану мүмкіндігі.

Кемшіліктері:

- инвестицияларды қайтару кепілдіктерінің болмауы, нарықтық жағдайларға және болжау сапасына тәуелділік;

**2.3. Қазақстан Республикасының Бірыңғай энергетикалық жүйесін дамытуды модельдеу шеңберінде энергия жинақтаудың аккумуляторлық жүйелері (BESS) (болжамды теңгерім)**

BESS жұмысын модельдеу келесі бастапқы позицияларды ескере отырып жүргізілді:

– 2030 жылға арналған энергетиканы жоспарлы дамыту:

- Қазақстан Республикасының 2035 жылға дейінгі болжамды энергетикалық теңгерімі (ҚР ЭМ 30.01.2023 жылғы №44 бұйрығы);
- 2024-2027 жылдары аукциондық сауда-саттықты

өткізу кестесі (ЭМ 23.05.2023 жылғы №187 бұйрығы);

- Электр энергетикасы саласын дамытудың 2035 жылға дейінгі іс-шаралар жоспары (ЭМ 20.02.2024 жылғы №71 бұйрығы).
- Электр станцияларын диспетчерлеуді модельдеу:
- ЖЭС үшін – техникалық мин/макс, жүктемені алу/түсіру жылдамдығы;
- ЖЭК үшін – генерация бейіні.
- Перспективалық сағаттық жүктеме максималды жүктемелердің болжамды деңгейлеріне жүктеменің есептік бейінін масштабтау арқылы алынады;
- Мемлекетаралық қуат ағындарының рұқсат етілген диапазондары бойынша қолданыстағы шарттық міндеттемелерді ескере отырып, Қазақстанның

отырып, энергия жүйесін теңгерімдеу мақсатында қолданылады.

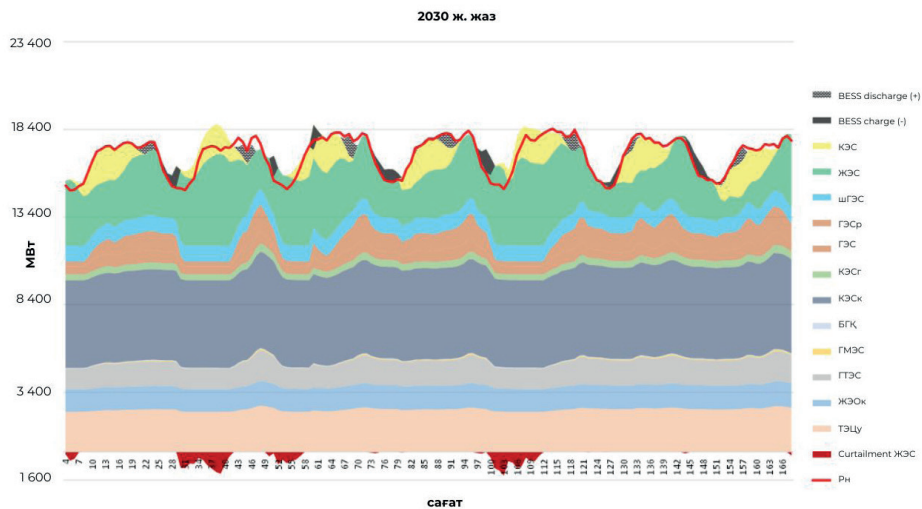
2) Солтүстік – Оңтүстік қимасының шамадан тыс жүктелуі. Солтүстік бағыттағы шамадан тыс жүктеме кезінде шектеулер Оңтүстік аймақтың ЖЭК үшін, Оңтүстікке қарай шамадан тыс жүктеме кезінде қолданылады, шектеулер Солтүстік аймақтың электр станциялары үшін қолданылады.

Болашақта генерацияның артық дамуы проблемасы шешілген жағдайда ЖЭК шектеулерін төмендету үшін BESS қолдану тиімділігі артады.

#### 2.4. Негізгі мәселелер мен проблемалар

- BESS тиімді пайдалану әр түрлі сценарийлер-

#### 45-диаграмма – BESS ескере отырып, 2030 жылға (жаз) ҚР энергожүйесінің жұмысын модельдеу нәтижелері



БЭЖ бойынша жалпы экспорт/импорт ауқымы  $\pm 150$  МВт мөлшерінде қабылданды.

- Қарастырылатын BESS:
  - 300 МВт/600 МВтсағ Total ЖЭС;
  - 300 МВт/600 МВтсағ ACWA Power ЖЭС;
  - 300 МВт/600 МВтсағ Masdar ЖЭС;
  - 300 МВт/600 МВтсағ «Шелек» ЖЭС;
  - 300 МВт/600 МВтсағ China Power ЖЭС.

– BESS жұмыс қағидаты – Қазақстан БЭЖ ҚЖАР-не қатысу, оның ішінде Солтүстік – Оңтүстік транзиті және мемлекетаралық байланыстар бойынша қуат ағындарын реттеу үшін.

2030 жылға энергетиканың жоспарлы дамуын талдау Қазақстанның БЭЖ-де маневрлік генерацияның (төмендетуге арналған резервтердің) жетіспеушілігі күтілетінін көрсетті, бұл ЖЭК шектеулерінің ұлғаюына әкелуі мүмкін.

Модельдегі ЖЭК шектеулерінің себептері:

1) Дәстүрлі электр станцияларының жүктемесін технологиялық минимум деңгейіне дейін төмендету кезінде жалпы энергия жүйесі бойынша генерацияның артық болуы (электр станцияларын өтеу қарастырылмаған). ЖЭК шектеулері мемлекетаралық ағындардың келісімшарттық деңгейлерін сақтай

де енгізудің орындылығы мен мүмкіндіктерін анықтау үшін ҚР жұмысының ерекше сипаттамалары мен ерекшеліктерін ескеруді талап етеді;

- Қалыптасқан нарықтық қатынастар жағдайында BESS дербес шешім (stand-alone) түрінде де, электр энергиясын өндіру, беру және тұтыну салаларындағы жобалар құрамында да пайдаланылуы мүмкін;
- Жүйелік оператор қуат нарығында аукциондық іріктеу арқылы немесе көтерме (бір тәулік бұрын) немесе теңгерімдеуші электр энергиясы нарықтарында, сондай-ақ қосалқы қызметтер нарығында төрелік стратегияларды пайдалану арқылы электр энергиясын жинақтау жүйелерін енгізу мүмкіндігін қарастырады;
- 2030 жылға қарай генерациялау жөніндегі жоспарларды іске асыруды ескере отырып, төмендетуге арналған қуат резервтерінің жетіспеушілігі күтілуде, бұл ЖЭК шектеулерінің ұлғаюына әкеледі;
- Болашақта генерацияның артық дамуы проблемасы шешілген жағдайда ЖЭК шектеулерін төмендету үшін BESS қолдану тиімділігі артады.

# 08

## 3-бөлім.

### Аккумуляторлық батареялар негізіндегі энергияны сақтау жүйелері (BESS): негізгі ұғымдар, функциялар, қолдану

#### 3.1. Негізгі ұғымдар мен терминдер

Энергетикалық жүйелерді пайдалану қиын, өйткені сұраныс пен ұсыныс әрқашан теңдестірілген болуы керек. Осы тұрғыдан алғанда, электр энергиясын сақтаудың негізгі мақсаты – энергиямен жабдықтаудың сапасы мен сенімділігін қамтамасыз ету, пайдалану резервтерін қамтамасыз ету, соңғы пайдаланушыларды үздіксіз электрмен жабдықтау шешімдері немесе электр қуатын өшіргеннен кейін желіні қайта қосу үшін қуат.

Электр энергиясын сақтау – бұл жаңа тұжырымдама емес, бірақ бірнеше жыл бұрын оны тек су жинайтын электр станциялары енгізген. Сонымен қатар, бұл – жалғыз қолданыстағы технология емес. Келесі кестеде физикалық немесе химиялық принциптер бойынша жіктелген кейбір балама сақтау технологиялары көрсетілген:

Бұл технологиялар жетілудің әр түрлі деңгейлерінде, кейбір технологиялық тәуекелдер мен күрделі салымдарға қойылатын талаптарға тап болады.

#### 4-кесте – Энергияны сақтаудың негізгі технологиялары

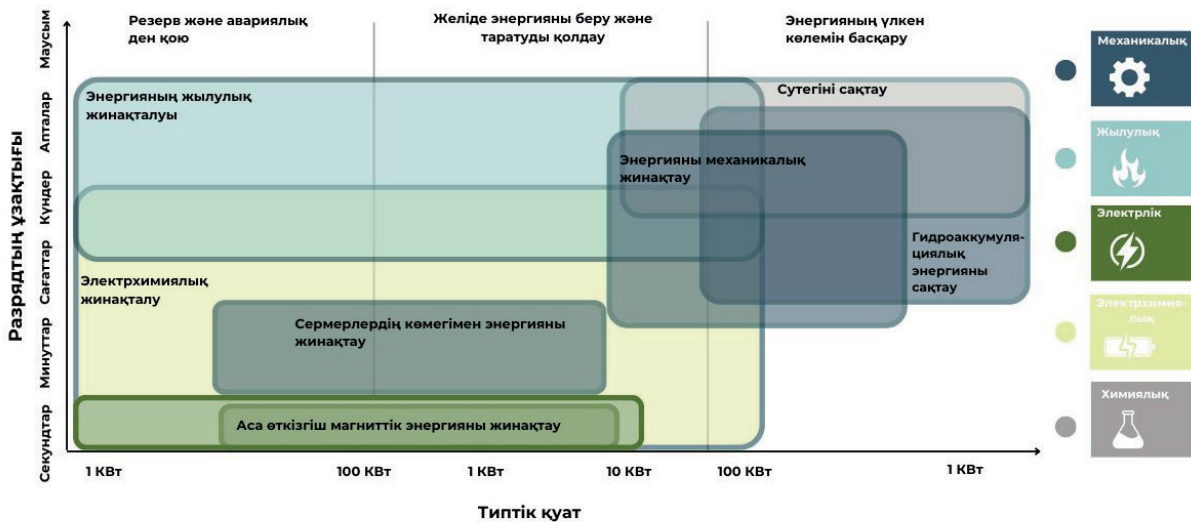
<b>Механикалық сақтау</b>	Су жинақтау станциялары Сығылған ауа энергиясын жинақтау (CAES) Сермер энергия жинақтағыш Гравитациялық жинақтағыштар
<b>Жылулық сақтау</b>	Ыстық су Термиялық тұз Жасырын (латентті) жылу сақтау Термохимиялық қоймалар
<b>Электрмагниттік сақтау</b>	Суперконденсаторлар (СК) Асқын өткізгіш магниттік энергияны сақтау құрылғысы
<b>Электрхимиялық сақтау</b>	Натрий-күкірт батареялары Литий-ионды аккумуляторлар Ванадий тотығу-тотықсыздану батареялары Суперконденсаторлар
<b>Химиялық сақтау</b>	Сутегі Синтетикалық табиғи газ

Дереккөз: IEC62933-2-1:2017 Электр энергиясын жинақтау жүйелері (ЭЭЖЖ). Қондырғы параметрлері және сынақ әдістері

Сонымен қатар, әрбір технология қуат, тығыздық (кВт/м<sup>3</sup>) және разряд уақыты талаптары бойынша әр

дерде келісілген энергетикалық декарбонизацияны қамтамасыз ете отырып, жаңартылатын энергияны

**46-диаграмма – Әр түрлі энергия сақтау технологияларының типтік қуат диапазоны және разряд ұзақтығы**



Дереккөз: EASE, 2030 және 2050 жылдарға арналған энергияны сақтау мақсаттары: жаңартылатын энергия жүйесінде Еуропаның энергетикалық қауіпсіздігін қамтамасыз ету, 2022 ж.

түрлі сипаттамаларға ие.

Гидравликалық жинақтау станциялары өзін сенімді шешім ретінде көрсетті, бірақ қажетті инфрақұрылым кейде басқа технологиялармен салыстырғанда орасан зор. Бұл технология негізінен үлкен разряд уақыты бар үлкен қуатты қолдану үшін қолданылады.

Екінші жағынан, литий-ионды батареялар қазіргі уақытта өте үлкен жобаларда қолданылады, олар желілік және дербес шешімдер үшін жақсы жұмыс істейді.

Қазіргі уақытта литий-ионды аккумуляторлар көптеген елдерде қол қойылған климаттық келісім-

электр желісіне жаппай біріктіруге мүмкіндік беретін технология ретінде өзін дәлелдеді.

Егер біз «электр энергиясын сақтау жүйесі» ұғымын анықтау мәселесіне тоқталсақ, онда анықтамалардың көпшілігі келесі тармақтарды қамтиды:

- 1) электр энергиясын сақтау процесі байқалады;
- 2) электр энергиясын түрлендіру процесі байқалады;
- 3) электр энергиясына сұраныс уақытын ауыстыру процесі байқалады.

Төменде әр түрлі халықаралық көздерден алынған анықтамалар берілген.

**5-кесте – «Электр энергиясын жинақтау жүйесі» ұғымының анықтамасы**

Ағылшын тіліндегі анықтама	Қазақ тіліндегі анықтама	Дереккөз
Energy storage system (ESS) refers to the device of converting electrical energy from power systems into a form that can be stored for converting back to electrical energy when needed	Энергияны жинақтау жүйесі (ESS) электр энергиясын электр жүйелерінен қажет болған жағдайда қайтадан электр энергиясына айналдыру үшін сақтауға болатын пішінге түрлендіру құрылғысын білдіреді.	Yu Wang, Yan Xu, Jing Qiu, Distributed Control Methods and Cyber Security Issues in Microgrid

Ағылшын тіліндегі анықтама	Қазақ тіліндегі анықтама	Дереккөз
An energy storage system, often abbreviated as ESS, is a device or group of devices assembled together, capable of storing energy in order to supply electrical energy at a later time	Энергияны жинақтау жүйесі, көбінесе ESS деп қысқартылған, бұл – электр энергиясын кейінірек беру үшін сақтауға қабілетті құрылғы немесе құрылғылар тобы.	National Fire Protection Association (NFPA)
Electricity storage refers to technologies that store electrical energy and release it on demand when it is most needed. The storage process often involves conversion of electricity to other forms of energy and back again	Электр энергиясын сақтау электр энергиясын сақтайтын және қажет болған кезде оны сұраныс бойынша шығаратын технологияларды білдіреді. Сақтау процесі көбінесе электр энергиясын энергияның басқа түрлеріне және кері түрлендіруді қамтиды.	IRENA, Electricity Storage Valuation Framework, 2020
Energy storage means, in the electricity system, deferring the final use of electricity to a moment later than when it was generated, or the conversion of electrical energy into a form of energy which can be stored, the storing of such energy, and the subsequent reconversion of such energy into electrical energy or use as another energy carrier	Электр энергетикасы жүйесінде энергияны сақтау электр энергиясын өндіргеннен кейінгі сәтке түпкілікті пайдалануды кейінге қалдыруды немесе электр энергиясын сақтауға болатын энергия түріне айналдыруды, осындай энергияны сақтауды және кейіннен мұндай энергияны электр энергиясына қайта айналдыруды немесе басқа энергия тасымалдаушы ретінде пайдалануды білдіреді..	DIRECTIVE (EU) 2019/944 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 5 June 2019 on common rules for the internal market for electricity
Electrical energy storage system EES system EESS grid-connected installation (IEV 826-10-01) with defined electrical boundaries, comprising at least one electrical energy storage (IEV 631-01-01), which extracts electrical energy from an electric power system (IEV 601-01-01), stores this energy internally in some manner and provides electrical energy to an electric power system (IEV 601-01-01), including grid-connection works and which can include civil engineering works, energy conversion equipment and related ancillary equipment	Электр энергиясын сақтау жүйесі EES жүйесі Белгілі бір электр шекаралары бар, құрамында электр энергиясын электр жүйесінен шығаратын (IEV 601-01-01), соның ішінде азаматтық инженерлік жұмыстарды, энергияны түрлендіру жабдықтарын және онымен байланысты қосалқы жабдықтарды қамтуы мүмкін желіге қосылу жұмыстарын қоса алғанда, қандай да бір жолмен бұл энергияны өз ішінде сақтайтын және электр энергиясын электр жүйесіне жеткізетін (IEV 601-01-01) кем дегенде бір электр энергиясын сақтау құрылғысы бар (3.1.1) EESS (IEV 826-10-01) желілік қондырғысы.	IEC 62933-1 “Electric energy storage (EES) systems – Part 1: Vocabulary”
	Электр энергиясын жинақтағыш – бұл электр энергиясын сіңіруге, оны белгілі бір уақытқа сақтауға және электр энергиясын кері қайтаруға қабілетті құрылғы, оның барысында энергияны түрлендіру процестері жүруі мүмкін.	МЕМСТ Р 58092.1-2018 Электр энергиясын жинақтау жүйелері. Терминдер мен анықтамалар, Ресей Федерациясының ұлттық стандарты

## Ағылшын тіліндегі анықтама

## Қазақ тіліндегі анықтама

## Дереккөз

Электр энергиясын жинақтау жүйесі – электр желісіне қосылған, кем дегенде бір электр энергиясын сақтайтын белгілі бір шекаралары бар қондырғы, ол электр энергетикасы жүйесінен электр энергиясын алатын бұл энергияны өз ішінде қандай да бір түрде сақтайды және электр энергиясын электр энергетикасы жүйесіне қайтарады және оған инженерлік қондырғылар, энергияны түрлендіру жабдықтары және олармен байланысты қосалқы жабдықтар кіреді.

МЕМСТ Р 58092.1-2018 Электр энергиясын жинақтау жүйелері. Терминдер мен анықтамалар, Ресей Федерациясының ұлттық стандарты

Ең сәтті анықтама Халықаралық электротехникалық комиссияның «Электр энергиясын жинақтау жүйесі (ЭЭЖЖ). 1-бөлім. Сөздік» (IEC 62933-1 «Electric energy storage (EES) Systems – Part 1: Vocabulary») халықаралық стандартында бекітілген анықтама болып табылады. Бұл анықтама Ресей Федерациясындағы МЕМСТ деңгейінде де қабылданған.

2024 жылғы шілдеде қабылданған заңнамаға енгізілген түзетулерге сәйкес электр энергиясын жинақтау жүйелері деп «электр энергиясын жинақтауға, сақтауға және беруге арналған автоматтандырылған басқару жүйесі бар техникалық құрылғы және Қазақстан Республикасының заңнамасына сәйкес оны пайдалану үшін технологиялық тұрғыдан қажетті онымен өзара байланысты құрылыстар мен инфрақұрылым» түсініледі.

Қабылданған «электр энергиясын сақтау жүйесі» тұжырымдамасы механикалық, жылу, химиялық (сүтегі) және басқа да әлеуетті энергия сақтау технологияларына күмән келтіруі мүмкін. Егер әзірлеушілер аккумуляторлық типтегі энергияны сақтау жүйелерін (battery energy storage system) дамытуды көздесе, онда аккумуляторлар/батареялардың электрхимиялық жұмыс қағидаты бар электр энергиясын сақтау жүйелеріне назар аудара отырып, анықтаманы түзету қажет болуы мүмкін.

Салық органдары салықтарды есептеу үшін қолданатын негізгі қорлардың жіктеуіші шеңберінде жинақтау жүйелері құрылыстармен және инфрақұрылыммен байланысқан жағдайда энергия сақтау жүйелері құрылыстар ретінде қарастырылатынын атап өткен жөн. Сонымен қатар, энергияны сақтау жүйелері жабдық болып табылады және «Машиналар мен жабдықтар» сыныбына жатады. Мұндай жабдық іргетаспен байланысты емес, бөлшектелуі мүмкін және осылайша құрылыс пен инфрақұрылыммен өзара байланысты болмауы керек.

Осылайша, халықаралық тәжірибеге сүйене оты-

рып, аккумуляторлық типтегі энергияны жинақтау жүйелерінің (battery energy storage system) жеке анықтамасын әзірлей отырып, заңнамада электр энергиясын сақтау жүйелері ұғымын түзету қажет.

### 3.2. Аккумуляторлық батареялар негізіндегі энергияны сақтау жүйелерінің технологиялары мен нарығына шолу (BESS)

Жаһандық отын бағасының өсуі және энергия жеткізілімдерінің тұрақсыздығы, сондай-ақ электр энергиясы көздерінің тұрақтылығына тікелей әсер ету, температураның айтарлықтай көтерілуіне байланысты энергияға сұраныстың артуы аясында елдер таратылған жаңартылатын энергетикаға көшуде.

Осы озық жүйелерді енгізу шешімдердің интеграциясы мен кешенділігімен, жеткізу тізбегінің қауіпсіздігімен, білім беруді қамтамасыз етумен, осы технологияларға ілесу мүмкіндіктерін кеңейтумен, сондай-ақ шаң, ылғалдылық және ыстыққа байланысты қоршаған орта мәселелерімен бірге жүреді. Жабдықты үлкен аумақтарға бөлу және оның байланыс қызметтерін көрсету орындарынан қашықтығы, нәтижесінде пайдалану, қызмет көрсету және бақылауға байланысты қиындықтар өндірілетін энергияның тиімділігін төмендетуге және пайдалану мен техникалық қызмет көрсетуге қажетті шығындарды арттыруға ықпал етеді. Тиісінше, алгоритмдермен және жасанды интеллект жабдықтарымен күшейтілген цифрлық және жаңартылатын энергия шешімдеріне көшу осы қиындықтарды жеңудің және тұрақтылықты қамтамасыз етудің оңтайлы нұсқаларының бірі болуы мүмкін.

Осы мүмкіндіктерді ескере отырып, Қазақстан Үкіметі жаңартылатын энергияның рөліне көбірек көңіл бөледі және жұмыс ортасының күрделі жағдайларын (ылғалдылық, жоғары/төмен температура және шаң) пайдалану, техникалық қызмет көрсету және мониторинг жүргізу мәселелерін жеңуге көмектесу үшін жасанды интеллект күшейтілген

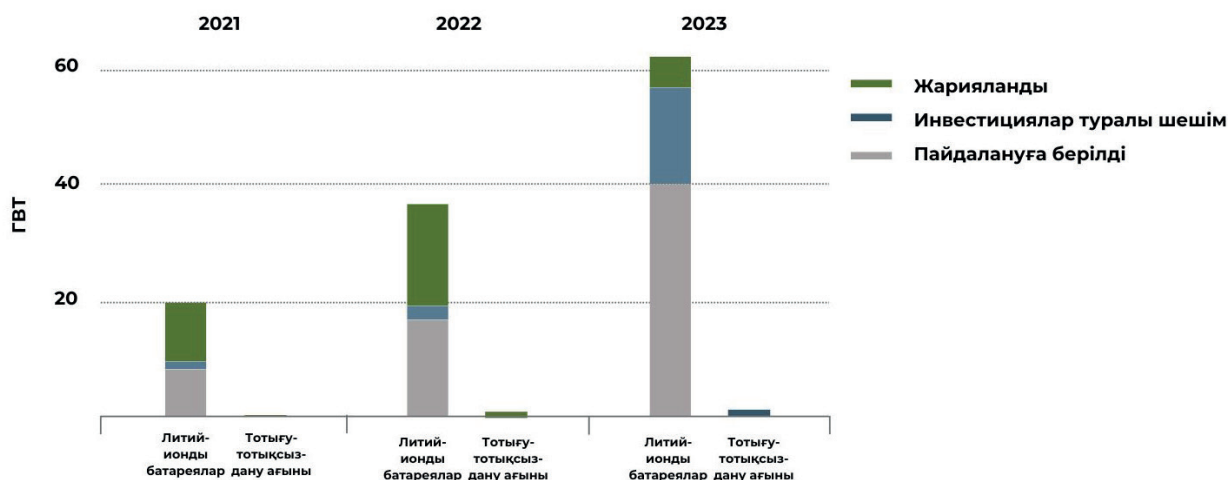


### 3.2.1 Натрий-ионды аккумуляторлар

Соңғы жылдары натрий ионды аккумуляторлар келесі буынды жақын болашақтағы ең перспективалы аккумуляторлық химикаттардың бірі ретінде басты назарда болды. Бұл қазіргі уақытта электромобильдер мен энергияны сақтау жүйелерінде қолда-

Натрий-ионды батареялар үш негізгі химиялық құрамды пайдаланады: катодты белсенді материалдар «берлин лазури» (Prussian Blue – PBA) және «берлин ақтығы» (Prussian White – PW), полианионды материалдар (PAC) және қабатты (немесе пластиналы) өтпелі металл тотықтары (LO). Катодтардың әр

49-диаграмма – Жарияланған инвестициялар және пайдалануға берілген BESS жүйелері



Литий-ионды батареялар, Инвестициялар туралы шешім

Дереккөз: Халықаралық энергетикалық агенттік, 2024

нылатын литий-темір-фосфат батареяларымен (LFP) салыстырмалы өнімділікке қол жеткізуге мүмкіндік беретін арзан және аз маңызды шикізат, өндірістің «жедел» сипаты және технологияның жетілдірілуі туралы мәлімдемелердің арқасында мүмкін болды.

CATL 2021 жылы меншікті энергиясы 160 Вт·сағ/кг болатын бірінші буынды натрий-ионды аккумуляторды шығарды. Hina шығарған алғашқы натрий-ионды электромобиль 2023 жылы шығарылды, ал BYD жақында Na-Ion BESS өнімін шығарды. Төмендегі диаграммада натрий-ионды аккумулятор секторының әр түрлі қатысушылары ұсынылған.

түрлі химиялық құрамы мен ұяшық форматтары әр түрлі энергия тығыздығына ие.

Төмендегі литий-иондық технологиялармен салыстырғанда Na-Ion технологиясының кейбір кемшіліктері:

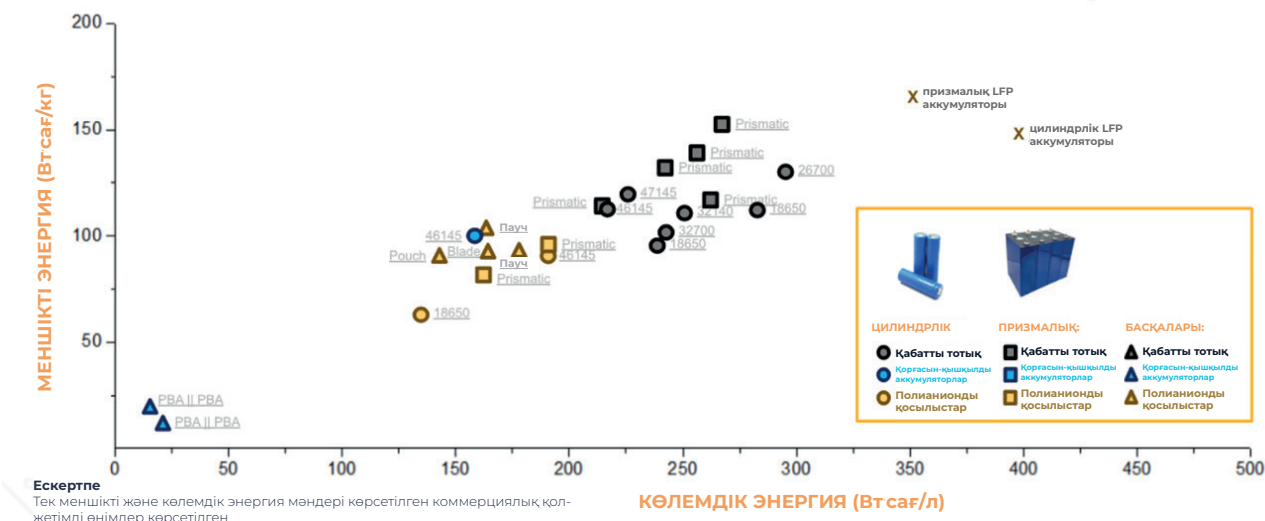
1. Қазіргі натрий-ионды аккумуляторлар жоғарыдағы диаграммада көрсетілгендей литий-ионды аккумуляторлармен салыстырғанда төмен энергия тығыздығын көрсетеді. Қабатты тотықтар энергия тығыздығы бойынша ең перспективалы болып табылады, бірақ никель негізіндегі литий-ионды катодтар сияқты термиялық үдеткіштің ұқсас сипаттамаларын

50-диаграмма – Өңірлер бойынша натрий-ионды батареялар нарығының ойыншылары



Дереккөз: Volta Foundation, 2024 жылға батареялар туралы есеп

**51-диаграмма – Натрий ионының форма-факторлары және мәлімделген энергия тығыздығы**



Дереккөз: Volta Foundation, Battery Report 20244

көрсетеді. Полианион мен берлин лазурлерінің баламалары жылу үдеткішіне ұшырамайды; дегенмен, берлин лазурі элементті дұрыс пайдаланбаған кезде цианид сутегін шығарады. Сондықтан натрий-ионды аккумуляторлардың литий-ионды аккумуляторлармен салыстырғанда қауіпсіздігі туралы мәлімдемелер қолданылатын катодтың нақты химиясына қатты тәуелді.

2. Сондай-ақ, натрий-ионды аккумуляторлардың қызмет ету мерзімі литий-ионды аккумуляторларға қарағанда салыстырмалы түрде қысқа. Na-Ion химия деградациясы литий иондарынан үш есе үлкен натрий иондарының көлеміне байланысты жоғары болуы мүмкін. Сондықтан натрий иондары заряд пен разряд кезінде анод материалында үлкен механикалық кернеу тудырады.

Натрий-ионды технологияның литий-ионға қарағанда бірқатар артықшылықтары бар:

1. Элементтерді разрядталған күйде, яғни литий-иондардан айырмашылығы 0% немесе 0 В заряд деңгейінде жіберуге болады, бұл өрт қаупін азайтады және осылайша қауіпсіз, қарапайым және арзан тасымалдауды қамтамасыз етеді.

2. Na-Ion аккумуляторлары -40°C-ге дейін төмен температурада жұмыс істей алады, бұл разряд қабілетіне айтарлықтай әсер етпейді.

3. Олар сондай-ақ литий-ионды батареялармен салыстырғанда әлдеқайда жоғары зарядтау және разрядтау жылдамдығына ие.

4. Натрий-ионды батареялар экологиялық таза электродтарды пайдаланады және құрамында СО жоқ. Натрий литиймен салыстырғанда айтарлықтай кең таралған және географиялық таралуы әр түрлі.

Натрий-ионды батареялар баламалы LFP батареяларына қарағанда 30% арзан болуы мүмкін. Алайда, литий-ионды батареялармен бәсекелесу үшін бірқа-

тар техникалық, экономикалық және индустрияландыру міндеттерін шешу қажет. Техникалық тұрғыдан алғанда, натрий-ионды батареялардың литий-ионды батареяларға қарағанда бағалық артықшылығына негізінен катодты және белсенді емес материалдарды оңтайландыру арқылы қол жеткізу керек, өйткені анод материалының ағымдағы бағасы – натрий-ионды батареяларда қолданылатын қатты көміртек – литий-ионды батареяларда негізгі анод материалы ретінде қолданылатын синтетикалық графитпен салыстыруға болады. Мыстың орнына алюминийді натрий-ионды батареялар үшін анодты ток тартқыш ретінде пайдалану бұл компоненттің бағасын екі есе төмендетуі мүмкін. Коммерциялық натрий-ионды аккумуляторлық кәсіпорындарды құру жеткізу тізбегін нығайтып, натрий-ионды батареялар бағасының төмендеуіне әкелуі мүмкін. Сонымен қатар, коммерцияландыру энергия тығыздығы мен қызмет ету мерзімін арттыру сияқты натрий-ионды батареялардың одан әрі техникалық жетістіктеріне әкелуі мүмкін. Алайда, натрий-иондық батареяларының коммерциялық өміршеңдігі және нарыққа шығу уақыты литий бағасына байланысты болады, сонымен қатар оларды LFP литий темір фосфат батареяларымен салыстырғанда техникалық сипаттамалары мен шектеулерімен салыстыру қажет.

**3.2.2 Ұзақ мерзімді энергияны сақтау (LDES)**

Литий-ионды аккумуляторлар да, натрий-ионды аккумуляторлар да ұзақ уақыт бойы жоғары заряд деңгейінен туындайтын шығындар мен техникалық мәселелерге байланысты айтарлықтай сақтау мерзімін (бірнеше күн) қамтамасыз ете алмайды. Батареялардың басқа химиялық құрамы энергияны ұзақ уақыт сақтауға қолайлы болуы мүмкін.

Ұзақ (көп күндік) энергияны сақтауды қамтамасыз ете алатын аккумуляторлардың баламалы химиясы – бұл натрий мен литий-ионды аккумуляторлардан ерекшеленетін ағынды тотығу-тотықсыздану батареясы (RFB).

циялар жүретін элементтер блогына тасымалдайды. Ұяшықтар мен стектердің мөлшері мен саны RFB қуатын анықтайды.

Жүйенің энергетикалық өлшемін (белсенді материалдардың көлемін) оның қуатынан (стек саны,

**6-кесте – Әр түрлі BESS технологияларында энергияны сақтау мерзімі**

Сақтау мерзімі					
	4 сағат немесе одан аз	4-тен 8 сағатқа дейін	Күндер	Апталар	Маусымдық
Литий-ионды	●	●	●	●	●
Натрий-иондық	●	●	●	●	●
Редокс-ағынды	●	●	●	●	●
Темір-әуе	●	●	●	●	●
	● Қолайлы		● Шекті		● Жарамсыз

Дереккөз: Batteries and Secure Energy Transition, Халықаралық энергетикалық агенттік, 2024

RFB – кем дегенде бір айналымдағы сұйықтықтың қайтымды тотықсыздану және тотығу реакциялары арқылы электрхимиялық энергияны электр энергиясына (және керісінше) түрлендіретін электрхимиялық энергияны сақтау құрылғысы. Төмендегі диаграммада көрсетілгендей, әдеттегі RFB үш негізгі бөліктен тұрады: энергияны сақтауға арналған резервуарлар, элементтер батареялары және құбырларымен сорғыларды қоса алғанда, ағын жүйелері:

- Электролит резервуарларда иондық ерітінді түріндегі белсенді материалдардан тұрады. Сақталған RFB энергиясының мөлшері иондық ерітіндінің көлемі мен концентрациясымен анықталады.
- Сорғылар электролитті электрхимиялық реак-

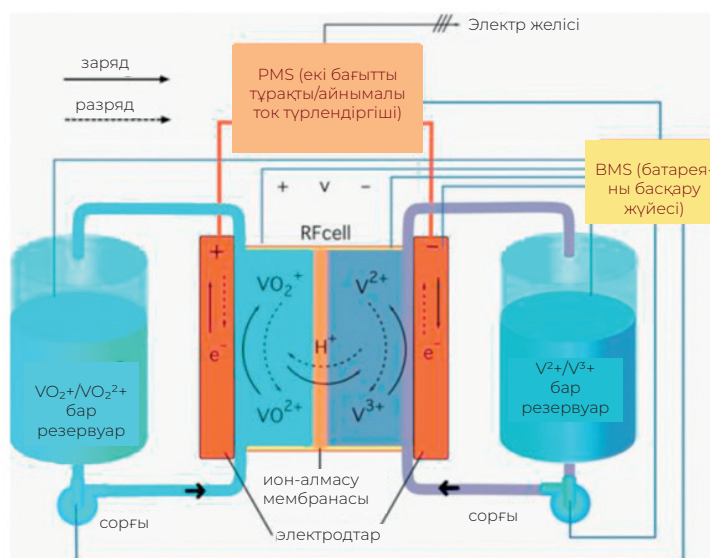
яғни генератордың жалпы айырбастау беті) толығымен бөлу мүмкіндігі RFB-ге жобалау мен өлшем икемділігінің жоғары деңгейін береді. Бұл сонымен қатар оларды энергияға бағытталған қосымшалар үшін тартымды шешім етеді, мұнда жүйенің энергетикалық сипаттамаларын дербес масштабтауға болады.

Екі резервуардың физикалық бөлінуі ұзақ уақыт бойы жоғары заряд деңгейінен туындайтын техникалық проблеманы шешеді.

Соңғы 30 жылда RFB алуан түрлілігі дамыды, олар негізінен белсенді материал түріне байланысты екі санатқа бөлінеді:

- Ерітіндідегі минералды немесе органикалық белсенді материал: ванадий тұздары, темір, хром,

**52-диаграмма – Ванадий ағынды тотығу-тотықсыздану батареясының схемасы**



биологиялық шығу тегі бар мырыш және т.б.

– Газ тәрізді, сұйық немесе қатты белсенді материал: сутегі, хлор, бром, мырыш пластиналары, темір пластиналар және т.б.

Бүгінгі таңда ең коммерцияланған RFB технологиясы ванадий RFB болып табылады. Онда белсенді материал ванадий иондары болып табылады, олар қышқыл ерітінділерде төрт түрлі тотығу күйінде болуы мүмкін, ал электрхимиялық реакция кезінде тек тотығу дәрежесі өзгереді. Ванадий орналасқан тотығу дәрежелерінің кең ауқымында уыттылықтың әр түрлі деңгейлері бар. Демек, ванадий электролитінің ағып кетуіне жол бермеу үшін жеткілікті сақтық қажет. Ванадий RFB-мен салыстырғанда темір және органикалық RFB қоршаған орта үшін қауіпсіз.

Ванадий RFB литий-ионды батареялармен салыстырғанда энергия тығыздығы айтарлықтай төмен. Бұл басқа RFB-де белсенді материал ретінде қолданылатын темірмен немесе бромидпен салыстырғанда салыстырмалы түрде қымбат және оның жеткізу тізбегі әлі де аз.

Ванадий RFB басты міндеті алдағы жылдары осы технологияны жылдам масштабтау мүмкіндігі болады. Алайда, бұл барабар сигналдарға жауап ретінде ғана болуы мүмкін, мысалы, энергияны ұзақ мерзімді сақтау нарықтарының пайда болуына байланысты.

Темір-ауа технологиясы және электр энергиясын ұзақ уақыт сақтауға қабілетті басқа аккумуляторлық технологиялар, олар апталармен өлшенеді, әлі де алғашқы сатысында. Бұл технологияларды үнемді енгізуді қамтамасыз ету үшін әзірлеуге болатын-



интеграторлардан, соның ішінде Fluence, Wartsila, Sungrow, Saft, Nidec, NextEra және Powin сияқты компаниялардан және негізінен өнеркәсіптік ауқымдағы және жаңартылатын энергия көздерінің жобаларының девелоперлері болып табылатын девелоперден тұрады. Барған сайын бұл – ірі инвесторлар мен ірі мұнай-газ компаниялары.

Салада рөлдердің сәйкес келуі бар. Мысалы, Tesla өндіруші және интегратор ретінде әрекет етеді, ал NextEra интегратор және девелопер ретінде қызмет етеді.

BESS жүйесінің негізгі өндірушілерінің негізгі сипаттамалары төменде келтірілген.

**7-кесте – BESS жүйелерінің нарығын сегменттеу**

Батарея өндірушілері	BESS жүйелерінің интеграторлары	Девелоперлер мен инвесторлар
CATL, Tesla, LG, Samsung and Panasonic және басқалар	Fluence, Wartsilä, Sungrow, Saft, Nidec, NextEra, Powin және басқалар	BESS жүйелеріне инвесторлар, өнеркәсіптік корпорациялар, ЖЭК инвесторлары

Дереккөз: *Batteries and Secure Energy Transitions, Халықаралық энергетикалық агенттік, 2024*

дығы әлі белгісіз. Маусымдық сақтау сияқты одан да ұзақ сақтау кезеңдері үшін BESS технологиялары мақсатына сәйкес келмейді; мұндай жағдайларда механикалық (сорғы) және химиялық (сутегі) сияқты энергияны сақтаудың басқа технологияларын қолдану қажет. Бірақ қазір сутегі негізінен көлікте қолданылады.

**3.3. Энергияны сақтау сегментіндегі өндірушілер мен өнім берушілерге шолу**

BESS энергияны сақтау жүйелері индустриясы CATL, Tesla, LG, Samsung және Panasonic сияқты аккумуляторлық батареяларды өндірушілерден; жүйелік

А) Huawei өзінің жетілген желіні қалыптастыру технологиясы негізінде сенімді қауіпсіздік мүмкіндіктері, кеңейтілген мониторинг және жаңартылатын энергия интеграциясы бар ақылды модульдік BESS жүйелерін ұсынады.

Б) Powerwall және Powerpack жүйелерімен танымал Tesla озық литий-иондық технологияны қолдана отырып, тұрғын үйлерде энергияны сақтау бойынша көшбасшы болып табылады.

В) LG Energy Solution қауіпсіздік пен өнімділікке баса назар аудара отырып, тұрғын үйге де, коммерциялық мақсатта да жоғары тығыздықтағы аккумуляторлар үшін шешімдер ұсынады.

<sup>23</sup> Tomazic G et al. "Redox Flow Batteries, Electrochemical Energy Storage for Renewable Sources and Grid Balancing", page 309-336, 2015

## 8-кесте – BESS жүйелеріне инвесторлар

	Құрылыс процесінде белгіленген қуаттар немесе қуаттар, ГВт	Орналасқан жері
<b>Қытай</b>		
CNNP Rich Energy	11,8	Қытай
CGN Wind Energy	8,5	Қытай
State Power Investment	6,8	Қытай
Huadian New Energy	5,6	Қытай
China Energy Investment	5,6	Қытай
<b>Солтүстік Америка</b>		
Hecate Energy	10,9	АҚШ, Канада
Nextera	9,8	АҚШ, Канада
Solar Proponent	5,5	АҚШ (Техас)
Terra-Gen	2,4	АҚШ (Калифорния)
AES	2,2	ЕО, Үндістан, Латын Америкасы, АҚШ
<b>Еуропа</b>		
Engie	6,3	Австралия, ЕО, Латын Америкасы, АҚШ
NEOEN	4,3	Австралия, Канада, ЕО
RWE	4	ЕО, АҚШ
Enel	4	ЕО, Латын Америкасы, АҚШ
EDF	2	ЕО, Ұлыбритания
<b>Австралия</b>		
Akaysha Energy	2,8	Австралия
AGL Energy	1,5	Австралия
CEP Energy	1,2	Австралия

Дереккөз: *Batteries and Secure Energy Transitions, Халықаралық энергетикалық агенттік, 2024*

Г) BYD – литий темір фосфаты (LFP) саласындағы технология көшбасшысы, BYD тұрғын үй, коммерциялық және коммуналдық секторларда энергияны сақтаудың сенімді әрі қауіпсіз шешімдерін ұсынады.

Д) Жаңартылатын энергия көздерінің күшті интеграциясы бар тиімді BESS жүйелерімен танымал Sungrow желілердің ауқымдылығы мен қолдауына ерекше назар аударады.

Е) Fluence – Siemens және AES бірлескен кәсіпорны, Fluence жоғары сенімділігі мен өнімділігі бар BESS желілік шешімдеріне маманданған.

Ж) CATL жоғары энергия тығыздығы және коммерциялық және коммуналдық секторларда үлкен нарық үлесі бар инновациялық энергияны сақтау технологияларымен танымал, электр электроникасынан гөрі энергетикаға көбірек бағытталған.

З) Saft TotalEnergies компаниясының еншілес кәсіпорны болып табылады, ол жобалау мен әзірлеуден бастап өндіріс, баптау және қызмет көрсетуге дейін өнеркәсіпке арналған аккумулятор саласын-

дағы озық технологиялық шешімдерге маманданған. 100 жылдан астам уақыт бойы ұзақ берік Saft аккумуляторлары мен жүйелері әр түрлі тұтынушылар үшін қауіпсіздік, резервтік қуат және мобильділік салаларында маңызды қолдануды қамтамасыз етті. Олардың инновациялық, қауіпсіз және сенімді технологиясы құрлықта, теңізде, ауада және ғарышта жоғары өнімділікті қамтамасыз етеді және энергияны сақтау бизнесі үшін де сол тәсілді қолданады.

И) Envision – BESS сегментіндегі салыстырмалы түрде жаңа өнім. Envision Nissan компаниясынан аккумуляторлық ноу-хауды мұра етті және BESS нарығына жоғары энергия тығыздығы бар модульдік және контейнерлік аккумуляторлық шешімдер ұсынады.

2023 жылдың соңына қарай, Wood Mackenzie деректері бойынша, Sungrow жеткізілім көлемі бойынша әлемдік нарықта 16% үлесімен (МВт-сағ) үстемдік етті, одан кейін Fluence (14%) және Tesla (14%), Huawei (9%) және BYD (9%) келеді.

### 3.4. Аккумуляторлық энергияны сақтау жүйелерін (BESS) қолданудың негізгі салалары

Жоғарыда айтылғандай, энергияны сақтау жүйелері негізінен электр энергиясының сапасы мен энергиямен жабдықтау сенімділігін қамтамасыз етуде, жұмыс резервтерін және соңғы пайдаланушыларды үздіксіз электрмен жабдықтау шешімдерін қамтамасыз етуде қолданылады. Бұл жалпы анықтама төменде егжей тегжейлі сипатталған:

#### Қуатты қолдау

Жаңартылатын энергия көздерін пайдаланатын электр станцияларының өнімділігі бастапқы ресурстардың өзгергіштігіне байланысты тез өзгеруі мүмкін. Бұл өзгерістерді дәстүрлі генерацияны тұтынуы керек, бұл болжамды/бөлінген өндіріс пен нақты генерация арасындағы теңгерімсіздікке әкеледі. BESS көмегімен жаңартылатын электр станциясынан келетін қуат белгілі бір уақыт аралығында белгілі бір деңгейде сақталуы мүмкін. Бұл әсіресе жаңартылатын электр станциясы электр қуатын беруі керек, бірақ негізгі көзі (жел немесе күн сәулесі) құбылмалы болған кезде өте маңызды.

Сонымен қатар, BESS қамтамасыз ететін қуатты күшейту лездік қуаты қосылу нүктесінде келісілген номиналды қуаттан асатын жаңартылатын энергия көздерін пайдаланатын электр станцияларында пайдалы болуы мүмкін. Сонда ғана ерекше жағдайларда пайда болуы мүмкін артық қуат BESS жүйесінде сақталуы мүмкін және кейінірек негізгі ресурс азайған кезде енгізілуі мүмкін.

#### Жүктемені теңестіру

Жүктемені теңестіру жүйеге аз жүктеме кезінде энергияны үнемдеуге және оны жоғары сұраныс кезеңінде жеткізуге негізделген. Осы жоғары сұраныс кезеңдерінде энергияны сақтау жүйесі электр энергиясын қамтамасыз етеді, бұл үнемді емес ең жоғары өндіруші қуаттарға таза жүктемені азайтады.

Бұл мүмкіндіктің мақсаты сұраныс пен генерацияны теңестіруде трансмиссиялық жүйе операторларын қолдау болып табылады, өйткені сұраныс қисығы неғұрлым жұмсақ болса, сұранысты қамту оңайырақ болады.

Бірдей техникалық қағидатқа негізделген жүктемені теңестіруге (ең жоғары емес кезеңдерде энергияны жинақтау және ең жоғары жүктеме кезеңдерінде энергияны жеткізу), бірақ экономикалық мақсаттармен, атап айтқанда төменде берілген энергетикалық төрелікке байланысты мүмкіндік бар.

#### Энергетикалық төрелік

Бұрын айтылғандай, энергетикалық төрелік тұжырымдамасы жүктемені теңестіру тұжырымдамасына

ұқсас, бірақ ол энергия бағасына негізделген. Егер сұраныс ең жоғары және жоғары емес кезеңдердегі бағалар арасындағы айырмашылық жеткілікті үлкен болса, бұл мүмкіндік қызықты және пайдалы болады.

Энергия бағасы өте құбылмалы, бірақ қарбалас уақытта түнде төмен бағалар мен қарбалас уақытта жоғары бағалар үрдісін көрсетеді. Энергияны сақтау жүйесі осы әдеттегі күнделікті режимнің артықшылықтарын пайдалана алады, баға төмен болған кезде энергияны үнемдейді және баға жоғары болған кезде энергияны сатады. Баға құрылымы қолжетімді өндіруші ресурстарға және жүктеме құрылымына байланысты орналасқан жеріне байланысты ауытқиды<sup>24</sup>.

Жоғары өнімділігі төмен энергияны тұтынумен сәйкес келетін жаңартылатын энергия көздерін пайдаланатын электр станциялары үшін бұл қосымша энергия шығынын болдырмауға және энергия саудасынан түсетін пайданы арттыруға көмектеседі. BESS ЖЭК электр станцияларынан электр энергиясын сатудың оңтайлы кезеңін таңдау мүмкіндігін қамтамасыз ете алады.

#### Көмекші қызметтер

Көмекші қызметтер жүйенің қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін трансмиссиялық жүйе операторлары (TSO) өзіне алатын бірқатар мүмкіндіктерге жатады. Оларға жиілік сипаттамасы (автоматты және өте жылдам жауап беретін жүйенің жиілігін қолдау үшін); жылдам резерв (қажет болған жағдайда қосымша қуатты қамтамасыз ететін); реактивті қуатпен қамтамасыз ету; егер желіні қалыптастыру технологиясы қарастырылса, black start мүмкіндігі (электр энергиясын өшіргеннен кейін желіні қайта қосу мүмкіндігі); және басқа да қызметтер кіреді.

Мұнда BESS ұсынатын кейбір қызметтер талданады.

#### Реактивті қуатты қамтамасыз ету

BESS реактивті қуатты белсенді қуатқа тәуелсіз басқару қабілеті STATCOM мүмкіндіктеріне ұқсас бірқатар мүмкіндіктерді қамтамасыз етеді.

TSO тарату жүйесінің негізгі операторларының желілік кодтары жаңартылатын энергия көздерін, соның ішінде BESS пайдаланатын электр станциялары үшін реактивті басқарудың жетілдірілген мүмкіндіктерін қажет етеді. Бұл:

- Реактивті қуатты басқару – реактивті қуаттың берілген мәнін қадағалау мүмкіндігі.
- Қуат коэффициентін бақылау – берілген белсенді қуатқа байланысты белгілі бір қуат коэффициентіне жету үшін шығыс реактивті қуатты реттеу мүмкіндігі.
- Кернеуді басқару – кернеудің ауытқуына байланысты белгілі бір кернеудің төмендеуі арқылы

<sup>24</sup>“Electricity Energy Storage Technology Options, A White Paper Primer on Applications, Costs, and Benefits, EPRI”

алынатын реактивті қуатты реттеу арқылы желі кернеуін ұстап тұру мүмкіндігі.

Осы мүмкіндіктерді қамтамасыз ете отырып, BESS кернеудің ауытқуы кезінде желідегі реактивті қуат талаптарының тепе-теңдігін қамтамасыз етуге көмектеседі, кернеу деңгейлерін тар төзімділік диапазонында ұстайды (әдетте мәлімделген кернеуден 10%).

Бұған қоса, BESS кернеудің бұзылуы кезінде реактивті токтың жылдам алмасуына қатысты желілік нормалардың талаптарын орындай отырып, сәтсіздіктер немесе асқын кернеулер кезінде желіні қолдай алады.

#### *Жиілікті реттеу*

Жүктеменің тұрақты өзгергіштігі желідегі номиналды жиіліктен ауытқуды тудырады.

TSO тарату жүйесінің операторлары тұрғысынан энергияны сақтау жүйелері жылдам жауап беруді қамтамасыз ететін сұраныс пен ұсыныс арасындағы тепе-теңдікті сақтаудың жақсы құралы болып табылады. Энергияны жинақтау жүйесі желі жиілігінің номиналды мәннен ауытқуына жауап ретінде зарядталуы немесе зарядсыздануы мүмкін, бұл жүйеге оны алдын ала белгіленген шектерде ұстауға көмектеседі.

TSO тарату жүйесінің операторлары электр станцияларынан жиілікті реттеудің қатаң мүмкіндіктерін талап етеді. Энергияны сақтау жүйелері жүйеге жиілікті қолайлы диапазонда ұстауға көмектесу арқылы жиілікті басқару мүмкіндігін ұсына алады.

Бұл мүмкіндіктің негізгі қағидаты – жиілікті арттыру кезеңдерінде қуатты сіңіру және жиілікті төмендету кезеңдерінде қуат беру.

Қолдануға байланысты жүйе миллисекундтар (инерция) немесе секунд/минут ішінде жауап беруі керек (бастапқы немесе қайталама жиілікті басқару) және резервтік генераторлар іске қосылып, іске қосылған кезде желінің үздіксіздігін сақтау үшін қуат беруі керек.

Жиілікті басқарумен байланысты қызметтер және штаттан тыс оқиғаның пайда болуынан есептелетін тиісті өрескел кезеңдер дәстүрлі түрде келесідей анықталады:

- инерциялық жауап: бірнеше миллисекунд, RoCoF-пен тікелей байланысты (жиіліктің өзгеру жылдамдығы);
- бастапқы реттеуді қолдану: 30 секундқа дейін;
- қайталама реттеуді қолдану: 10 минутқа дейін.

TSO тарату жүйесінің операторларына ұсынылатын жауап түрін конфигурациялау үшін BESS TSO тарату жүйесінің операторларына қойылатын талаптарды қанағаттандыру үшін шығыс қуаты мен жауап беру уақытын ескере отырып есептелуі керек. Егер инерцияны қамтамасыз ету қажет болса, кейінірек түсіндіріл-

гендей желіні құру мүмкіндігі қажет болады.

Тиімді жиілік өнімділігін қамтамасыз ету үшін BESS TSO талаптарын қанағаттандыру үшін жеткілікті заряд деңгейінде сақталуы керек екенін ескеру қажет.

#### *Тарату жылдамдығын басқару (ramp rate control)*

Желінің тұрақтылығын сақтау үшін белсенді қуаттың өзгеру жылдамдығын бақылау ұсынылады. Мысалы, тиісті жүйелік оператор энергия модулінің белсенді қуатының өзгеруінің жоғарылауына да, төмендеуіне де белсенді қуат шығысының өзгеру жылдамдығының минималды және максималды шектерін көрсетуі керек<sup>25</sup>.

Алайда, егер негізгі ресурс азайса, белсенді қуаттың өзгеру жылдамдығын сақтау мүмкін болмауы мүмкін.

Белсенді қуаттың өсуін қолжетімді қуат жеткілікті болған кезде BESS көмегінсіз басқаруға болады, бірақ қолжетімді қуат күрт төмендеген кезде төмендеу жағдайында BESS қажет. BESS электр желісіндегі кернеудің тез өзгеруі мен қуаттың өзгеруін болдырмау үшін кернеудің өзгеру жылдамдығын (МВт/мин) басқара алады.

### **3.5. Аккумуляторлық энергияны сақтау жүйелерінің (BESS) қосымша функциялары**

Жоғарыда аталған функциялардан басқа, жақында жаңартылатын энергияның үлкен көлемін электр желілеріне біріктірудің негізгі функциясы ретінде келісілген функция пайда болды. Бұл желіні құру мүмкіндігі<sup>26</sup>:

- жүйеде кернеуді құру (қалыптастыру);
- қысқа тұйықталу тогының жоғарылауына ықпал етеді;
- жүйенің жалпы инерциясына ықпал етеді;
- жүйені бөлудің сирек жағдайларында сұраныс бойынша төмен жиілікті өшіруді тиімді орындауға мүмкіндік беретін жүйенің өміршеңдігін қолдау;
- жүйенің кернеуіндегі гармоникаларға қарсы тұру үшін демпфер ретінде әрекет етеді;
- жүйедегі кез келген кернеу теңгерімсіздігіне қарсы тұру;
- басқару жүйелерінің қажетсіз өзара әрекеттесуін болдырмау.

Осы мүмкіндіктерді ұсына отырып, климаттық келісімдерге қол жеткізу үшін жаңартылатын энергия көздерін электр желісіне біріктіру мүмкін болады. Еуропалық MIGRATE жобасы (Күштік электронды құрылғылардың жаппай интеграциясы) мұны келесі суретте сипаттады.

<sup>25</sup>ENTSOe

### 3.6. Аккумуляторлық энергияны жинақтау секторындағы (BESS) негізгі үрдістер

BESS секторындағы негізгі үрдістерді екі негізгі сегментке бөлуге болады: литий-ионды батарея ұяшықтары мен блоктарына қатысты және жүйелік деңгейдегі литий-ионды аккумуляторларға негізделген BESS жүйесімен байланысты инновациялар мен үрдістер. Литий-ионды аккумулятор элементтері мен блоктарында байқалатын маңызды үрдістер келесіден тұрады:

- Сыйымдылығы 600 Ач асатын және 1000 Ач асатын жоғары энергия тығыздығы бар элементтерді әзірлеу.
- Қызмет ету мерзімін ұзарту үшін алдын ала литиация ұяшықтарын енгізу.
- Призмалық элементтердің стандартталған фор-

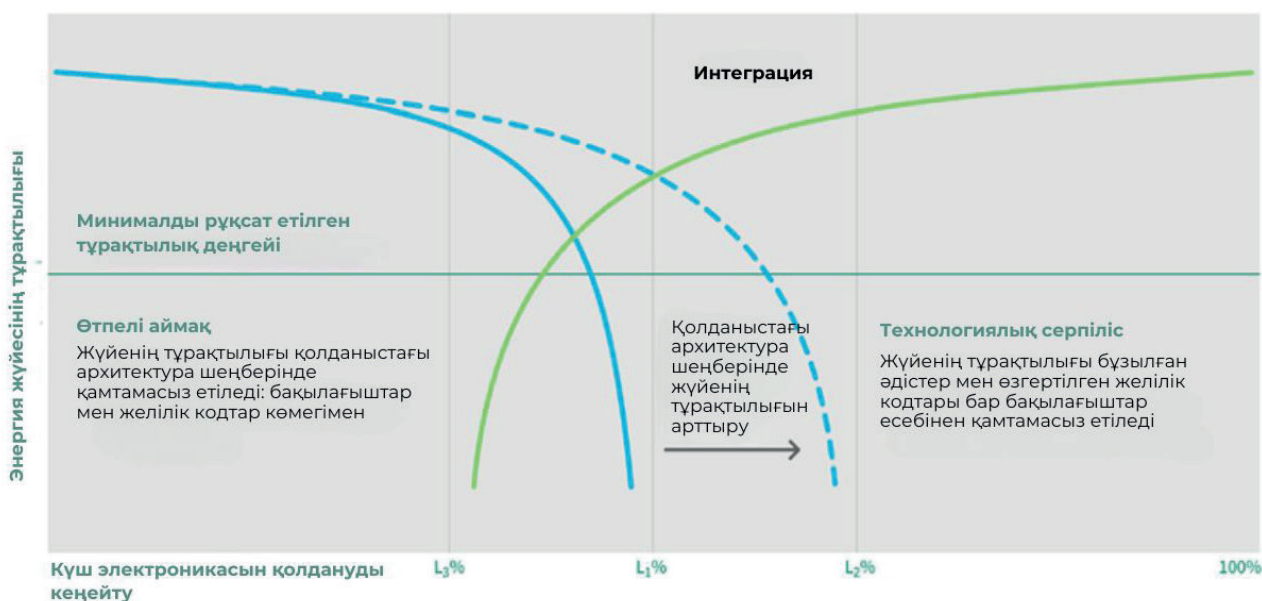
жоғары көтеруді қамтиды. Алайда, бұл нарықтағы кең таралған үрдіске айналуы үшін әр түрлі проблемаларды шешу қажет.

- Аккумуляторлық контейнерлердің салмағы артады, жүктеме 45 тоннадан асады. Бұл логистикаға әсер етуі мүмкін және/немесе тасымалдаудың жаңа және инновациялық әдістері мен стратегияларын әзірлеу қажеттілігін тудыруы мүмкін.

- Қазіргі уақытта кейбір сала мүшелері дәстүрлі орталықтандырылған тәсілдің орнына энергияны конверсиялау жүйесін аккумуляторлық контейнердің ішінде немесе аккумуляторлық контейнердің сыртында стринг технологиясы арқылы біріктіреді.

Бұл үрдіс төмендегі кестеде егжей-тегжейлі сипатталған тәуекел матрицасы арқылы ұсынылған. Әр түрлі pcs технологияларын таңдаудың әрқилы

53-диаграмма – Желіні қалыптастыру үшін электрондық құрылғыларды пайдалану туралы ЕО пайымы



маттарынан (мысалы, 280 Ач, 314 Ач) – өлшемдері 207 мм x 174 мм x 72 мм – патенттелген конструкциялар мен өлшемдерге көшу.

- Көптеген аккумуляторлық блоктарда сұйықты салқындату жүйелерінің басым болуы.
- BESS жүйесі деңгейінде бірнеше маңызды үрдістер пайда болды:
- Контейнер деңгейінде энергия тығыздығының өсуі байқалады, бұл ретте нарықтың көптеген қатысушылары 5 МВт-сағ мәнінен асатын шешімдерді ұсынады.
  - Тағы бір үрдіс электр шығынын азайту үшін тұрақты ток жағында жүйенің кернеуін 1500 В-тан

тәуекелдері мен салдары талқыланады. Алайда, бұл талдау бағаны ескермейді және тек техникалық бағалауға бағытталған.

Төменгі кестеде келтірілген әр түрлі PCS шешімдері кез келген шешімнің басқалардан айқын артықшылығын көрсетпейді және әр шешім дұрыс жобалау мен интеграция кезінде қажетті сенімділік/қолжетімділік деңгейіне қол жеткізе алады. Жобаның нақты шектеулері мен талаптарын ескере отырып, әр нұсқаның артықшылықтары мен кемшіліктерін жеке бағалау маңызды. Жоба үшін PCS шешімін таңдау туралы түпкілікті шешім техникалық сарапшылардың мұқият техникалық зерттеуіне негізделуі керек.

<sup>26</sup>Grid-Forming Capabilities: Towards System Level Integration, ENTSOe

**9-кесте – String және Centralized PCS арасында техникалық салыстыру және онымен байланысты тәуекелдер**

Тақырып	Тәуекелдің сипаттамасы	BESS контейнерінің ішіндегі String PCS	Орталықтандырылған блоктағы String PCS (BESS контейнерінен тыс)	Орталықтандырылған PCS
PCS блогын өндірудегі автоматтандыру	Қол еңбегінің ұлғаяуы өнімнің дұрыс жұмыс істеуіне және сенімділіктің төмендеуіне, сондай-ақ жұмысшылар үшін тәуекелдерге әкелуі мүмкін.	Жоғары автоматтандыру мүмкіндігі	Жоғары автоматтандыру мүмкіндігі	Салыстырмалы түрде төмен автоматтандыру
Энергияны түрлендіру жүйелерінің орналасуы (PCS)		String PCS BESS контейнерінің ішінде орналасқан.	String PCS батарея контейнерінің сыртында орталықтандырылған блокта орналасқан.	PCS BESS контейнерінің сыртында, жиі трансформатормен бірге орналасқан.
Аккумуляторлық батарея контейнерімен және төмен/орташа вольтты трансформатормен интеграция	Орталықтандырылған торапта PCS тізбегіндегі кабельдердің (қуат, байланыс және басқару) көп болуына байланысты интеграциялық қателік тәуекелі. Орнында орнату уақыты басқа шешімдермен салыстырғанда артады.	Бұл шешімде батарея контейнері мен трансформатордың төмен кернеу жағы арасында тек бір айнымалы ток тізбегі болуы керек.	Бұл шешімде батарея контейнері мен орталықтандырылған PCS арасында бірнеше тұрақты ток тізбегі, сондай-ақ PCS жолағы мен трансформатордың төмен кернеу жағы арасындағы айнымалы ток кабельдері болуы керек. Бұл шешім сонымен қатар стринг PCS орнатуды қажет етеді.	Бұл шешім батарея контейнері мен орталықтандырылған PCS арасында тұрақты ток тізбектері аз болатындай етіп жасалуы мүмкін. Бұл шешім сонымен қатар PCS орнатуды қажет етеді.
Термиялық реттеу жүйесі (TMS)	Батарея контейнерінің ішіне PCS орналастыру контейнердің салқындату жүйесіне жүктемені арттырады. Әрбір шешімнің байланысты артықшылықтарын/кемшіліктерін бағалау үшін жылулық талдау және қосалқы тұтыну есептеулерін жүргізу қажет.	PCS жылу көзі болып табылады. Бұл PCS-тен де, батареялардан да жылудың таралуын өтеу үшін батарея контейнерінің ішіне көбірек салқындату қуатын орнатуды қажет етеді.	Стринг PCS батарея контейнерінен тыс болғандықтан, бұл ұяшықтарды салқындату үшін батарея контейнерін салқындату жүйесін оңтайландырады. Дегенмен, орталықтандырылған блокта стринг PCS салқындату қажеттілігі әлі де бар.	Орталықтандырылған PCS өзінің салқындату жүйесіне ие болады (ауа-сұйық). Бұл ұяшықтарды салқындату үшін батарея контейнерінің салқындату жүйесін оңтайландырады.

Тақырып	Тәуекелдің сипаттамасы	BESS контейнерінің ішіндегі String PCS	Орталықтандырылған блоктағы String PCS (BESS контейнерінен тыс)	Орталықтандырылған PCS
<p><b>BESS қуатын жаңғырту</b></p>	<p>BESS кеңейтімі BESS электр станциясы өмірінің белгілі бір кезеңінде қажет болады. Жаңа және ескі аккумулятордардың үйлесімділігін қамтамасыз етуге ерекше назар аудару керек.</p>	<p>Бұл жағдайда PCS қуаты мен аккумуляторлық батареялардың сыйымдылығы конструкцияны бастапқы оңтайландыру есебінен тығыз байланысты және аккумуляторлық батареялардың сыйымдылығын қалпына келтіру үшін қосымша аккумуляторлық батарея контейнерлерін (батарея сөрелері мен PCS қатарлары) қосу қажет болады.</p>	<p>Бұл жағдайда PCS қуаты мен батарея сыйымдылығы бастапқы конструкцияны оңтайландырумен тығыз байланысты және батарея сыйымдылығын қайта қуаттандыру үшін орталықтандырылған блокта қосымша батарея контейнерлері мен стринг PCS қажет болады. Егер бастапқы жоба қайта қуат беру стратегиясын қарастырса, қосымша сыйымдылықты қарастырып, оны үлкен кабельдік қосылыстар/ ауыстырулар арқылы String PCS-ке қосуға болады.</p>	<p>Бұл жағдайда орталықтандырылған PCS қуаты мен батарея сыйымдылығы бір-бірімен тығыз байланысты емес және барлық электрлік шектеулерге (қысқа тұйықталу сыйымдылығы, тұрақты ток кірістері және т.б.) сәйкес келетін қолданыстағы орталықтандырылған PCS-ке қосымша батарея сыйымдылығын қосуға болады. Дегенмен, ескі және жаңа батарея тіректерін бірдей орталықтандырылған PCS-ке қосуды болдырмау үшін айтарлықтай өзгертулер енгізу қажет.</p>
<p><b>Реактивті қуат қажеттілігі</b></p>	<p>Каскадты PCS пайдаланылған жағдайда, PCS қуаты мен батарея сыйымдылығын байланыстыруға болады, ал жоғары реактивті қуат талаптары артық батарея сыйымдылығын орнату тәуекелін арттырады.</p>	<p>Желіден жоғары реактивті қуат қажет болған жағдайда, талаптарды қанағаттандыру үшін PCS тізбегімен бірге қосымша батарея контейнерлерін қосу немесе артық батарея сыйымдылығын орнатпау үшін Statcom /конденсаторлық батареялар сияқты қосымша жабдықты орнатуды қарастыру қажет.</p>	<p>Желіден жоғары реактивті қуат қажет болған жағдайда, желінің талаптарын қанағаттандыру үшін батарея контейнеріндегі стринг PCS шешімімен салыстырғанда орталықтандырылған блокта стринг PCS өлшемін таңдауда үлкен икемділік бар.</p>	<p>Желіден жоғары реактивті қуат қажет болған жағдайда, орталықтандырылған PCS шешімі қосымша сыйымдылықты аккумуляторлық батареяларды орнатусыз желінің қажеттіліктерін қанағаттандыру үшін жақсы есептелуі мүмкін.</p>

Тақырып	Тәуекелдің сипаттамасы	BESS контейнерінің ішіндегі String PCS	Орталықтандырылған блоктағы String PCS (BESS контейнерінен тыс)	Орталықтандырылған PCS
Энергияны түрлендіру жүйелерін (PCS) жөндеу немесе ауыстыру	Орталықтандырылған PCS істен шыққан жағдайда, жөндеу құны мен мерзімі стринг PCS-тен жоғары болуы мүмкін.	PCS тізбектері істен шыққан жағдайда, BESS тоқтап қалу уақытын азайту үшін PCS тізбектерін толығымен ауыстыруды, ал ақаулы PCS жөндеуді мамандандырылған орталықта қарастыруға болады. Дегенмен, ауыстыру жұмыстарын орындау үшін батареяның бүкіл контейнерін ажырату, сондай-ақ техникалық қызмет көрсету жұмыстарының қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін тиісті оқшаулау және бұғаттау мен таңбалау рәсімін орындау қажет.	Орталықтандырылған блокта PCS ақаулары болған жағдайда, BESS үзіліс уақытын азайту үшін PCS толығымен ауыстыруды, ал ақаулы PCS жөндеуді мамандандырылған орталықта қарастыруға болады, бұл ретте олар жеке оқшаулануы тиіс. Егер солай болса, тиісті электрлік оқшаулау және LOTO рәсімі кезінде, әдетте, батарея контейнерінің бір бөлігі ғана қолжетімді емес.	Орталықтандырылған PCS орнында ауыстыру қиынырақ. Олар негізінен орнында тікелей жөнделеді, бұл жоғары білікті мамандарды қажет етеді. Жөндеу қымбатырақ және ұзаққа созылуы мүмкін.
Кемшіліктерді анықтау және оқшаулау	Стринг істен шығу қаупін жоққа шығаруға болмайды, бірақ оны тезірек анықтау және оқшаулау әдістері арқылы азайтуға болады.	Аккумуляторлық батареялардың әрбір желісін тәуелсіз зарядтау/зарядсыздандыру батарея желісінің деңгейіндегі ақауларды қадағалауға, сондай-ақ ақаулықты тезірек оқшаулауға және түзетуге мүмкіндік береді.	Аккумуляторлық батареялардың әрбір желісін тәуелсіз зарядтау/зарядсыздандыру батарея желісінің деңгейіндегі ақауларды қадағалауға, сондай-ақ ақаулықты тезірек оқшаулауға және түзетуге мүмкіндік береді.	BESS орталықтандырылған тұжырымдамасы әрбір стринг батареясын тәуелсіз зарядтауға/зарядсыздандыруға және PCS тарапынан стринг деңгейінде бақылауға мүмкіндік бермейді. Орталықтандырылған PCS одан әрі диагностикасыз стринг деңгейіндегі істен шығуды оқшаулай алмайды.
Энергияны пайдалану	Стрингтерді әр түрлі SoH араластыру батареяның жалпы сыйымдылығының жеткіліксіз пайдаланылуына әкелуі мүмкін. Дәстүрлі түрде қолмен калибрлеу зарядтауды теңестіру және батареядан алынатын энергияны барынша арттыру үшін жасалады.	Стринг PCS тұжырымдамасы әр стринг батареясын тәуелсіз зарядтауға мүмкіндік береді. Барлық стрингтер зарядтау кезінде максималды SoC немесе зарядсыздану кезінде минималды SoC жетуі мүмкін және біркелкі деградацияға ие болады. SoC калибрлеу жиілігі де төмендейді.	Орталықтандырылған блок тұжырымдамасындағы PCS тізбегі әрбір батарея тізбегін тәуелсіз зарядтауға мүмкіндік береді. Барлық стрингтер зарядтау кезінде максималды SoC немесе зарядсыздану кезінде минималды SoC жетуі мүмкін және біркелкі деградацияға ие болады. Бұған қоса, SoC калибрлеу жиілігі төмендейді.	Орталықтандырылған PCS тұжырымдамасы әрбір батарея тізбегін дербес зарядтай алмайды. BESS зарядтау кезінде бөшке әсері пайда болады, бұл пайдалануға болатын жалпы энергияны азайтады. Сәйкессіздікті азайту үшін жиі SoC калибрлеу қажет, бұл батарея контейнерлерінің қолжетімділігіне аздап әсер етуі мүмкін. Дегенмен, кейбір BESS жеткізушілері жаһандық жұмысты оңтайландыру үшін онлайн режимінде стрингтерді теңестіруге мүмкіндік беретін арнайы құрылғыларды орната алатынын атап өткен жөн.

Тақырып	Тәуекелдің сипаттамасы	BESS контейнерінің ішіндегі String PCS	Орталықтандырылған блоктағы String PCS (BESS контейнерінен тыс)	Орталықтандырылған PCS
Қолжетімділік	Орталықтандырылған PCS жоғалтуы жүйенің қолжетімділігіне стринг PCS жоғалтуымен салыстырғанда үлкен әсер етеді	Стринг PCS жоғалуы орталықтандырылған шешіммен салыстырғанда тіректердің аз болуына әкеледі.	Стринг PCS жоғалуы орталықтандырылған шешіммен салыстырғанда тіректердің аз болуына әкеледі.	Орталықтандырылған PCS жоғалуы оған қосылған барлық батарея контейнерлерінің қолжетімсіздігіне әкеледі. Орталықтандырылған PCS көбінесе 2-4 аккумуляторлық батарея контейнерлеріне қосылды, ал кейбір конфигурацияларда бұл сан одан да көп болуы мүмкін. Демек, оның істен шығуы жүйенің қолжетімсіздігіне үлкен әсер етеді.
Аккумулятордың қауіпсіздік мәселелеріне әкелетін электр ақауларын басқару	BESS қауіпсіздік жүйелерін жобалау кезінде аккумуляторлық батареялардың өртенуіне әкелетін электр ақауларының қаупі өте маңызды.	Ақаулықтың аккумуляторлық блоктарға таралу қаупінің шектеулі болуын қамтамасыз ету үшін стринг PCS электр қорғанысын жобалауға ерекше назар аудару керек.	PCS істен шыққан жағдайда, ақаулықтың аккумуляторлық блоктарға таралу қаупі электр қорғанысының конструкциясы дұрыс іске асырылған жағдайда шектеледі.	Электр қорғанысының конструкциясы дұрыс іске асырылған жағдайда, ақаулықтың аккумуляторлық блоктарға таралу қаупі шектеулі.

### 3.7. Аккумуляторлық энергияны сақтау жүйелерін (BESS) пайдаланудың халықаралық тәжірибесі

Қазіргі уақытта BESS энергия жүйелерінде жаңартылатын энергия көздерін кеңінен қолданылатын көптеген елдерде қолданылады.

Ұлыбритания сияқты басқа елдермен байланысы әлсіз және жаңартылатын энергия көздеріне ену мақсаттары жоғары елдер BESS пайдалануды, атап айтқанда жиілікті басқару қызметтерін ұсынуды алға тартады.

Инновацияның жоғары дәрежесі бар кейбір халықаралық тәжірибе ХЭА бастамасында сипатталған және төменде қарастырылған<sup>27</sup>.

#### Red Sea жобасы

Red Sea жобасы Saudi Vision 2030-да жоспарланған негізгі инфрақұрылымдық жоба болып табылады. Бұл – PV+BESS-тен 100% электр энергиясымен қамтамасыз етілетін әлемдегі алғашқы жаңа қала. Құрылыс аяқталғаннан кейін жаңа қала жыл

сайын әлемнің түкпір-түкпірінен миллиондаған туристерді қабылдай алады. Әлемдегі алғашқы ГВт-сағ микрожелі жобасы ретінде ол 400 МВт фотоэлектрлік модульдерден және 1,3 ГВт-сағ энергия жинақтағышынан тұрады және 2023 жылдың қазан айында сәтті шығарылды. Бұл жүйе желінің қалыптасуы мен тұрақтылығына жоғары талаптар қояды. Huawei интеллектуалды микрожелі үшін кешенді шешім ұсынады. Атап айтқанда, компания модульдік және алдын ала интеграцияланған микрожеліні сақтау шешімін ұсынады және тапсырыс берушіге жылдам жеткізу мақсатына жетіп, микрожеліні жеткізу үшін далалық тәжірибелерді дайындауды, жүзеге асыруды және жобалауды аяқтауға көмектеседі. Электр желісі PV+BESS синергиясымен ерекшеленетіндіктен, жалпы жұмыс логикасы мен электр желісінің өнімділік көрсеткіштерін егжей-тегжейлі әзірлеу және модельдеу қажет. Интеллектуалды басқару алгоритмінің арқасында Huawei компаниясының PV+BESS жүйесі PV-ESS 2:1 максималды қуат қатынасына қол жеткізе алады. Бірдей энергия жинақтау сыйымдылығымен көбірек фотоэлектрлік модульдерді қосуға болады,

<sup>27</sup>“Evaluation report for grid forming standardization in the field of renewable energy”, IEC

бұл жүйенің LCOE мәнін айтарлықтай төмендетеді (<0,1 АҚШ доллары, генератор қондырғысының қуат құнының 1/3 бөлігінен аз). Red Sea жобасы – Saudi Vision 2030-дағы жарқын жұлдыз ғана емес, сонымен қатар «жасыл» күн тәртібін дамытудағы маңызды кезең.

Red Sea жобасы негізінен PV және BESS жүйелерінен тұратын 110 кВ электр желісі болып табылады. Жобаның қиындықтарына оны іске асыру, желіні қалыптастыру және соңғы пайдаланушыларды тұрақты электрмен жабдықтау кіреді.

Huawei компаниясы модульдік және алдын ала интеграцияланған микрожелілерді сақтау шешімін ұсынады, сонымен қатар тапсырыс берушіге жылдам жеткізу мақсатына жетіп, микрожеліні энергиямен қамтамасыз ету үшін далалық тәжірибелерді дайындауды, жүзеге асыруды және жобалауды аяқтауға көмектеседі.

Электр желісінің SCR (қысқа тұйықталу коэффициенті) жобалауы, энергияны бөлу логикасын жобалау және электр желісін басқарудың тұрақтылығын жобалау, өтпелі күйлерді жобалау, бастапқы және қайталама кернеу мен жиілікті реттеу, PV/BESS/SVG кер-

тұрақты жұмыс мақсатына жетуге мүмкіндік береді.

Red Sea Microgrid қонақ үйлерге, тұзсыздандыру қондырғылары мен тазарту қондырғыларына, әуежайларға, ауруханаларға және басқа да нысандарға таза электр энергиясын жеткізеді. Әр түрлі электрмен жабдықтау құрылғылары және әр түрлі пайдаланушылардың жұмыс түрлері электр желісінің тұрақты жұмысына қиындық туғызады. Нақты жағдайларда тұрақты жұмыс істеу үшін құрылғылар мен операциялардың әр алуан түрлері тексерілді.

### 300 МВт Zenobe аккумуляторлық батарея жобасы

Шотландияның Блэкхиллок қаласында қуаты 300 МВт аккумуляторлық батареяны орнату бойынша Zenobe жобасы желінің тұрақтылығын арттыруға және жаңартылатын энергия интеграциясын қолдауға бағытталған инновациялық бастама болып табылады. 2025 жылдың 3 наурызында жоба өзінің коммерциялық жұмысын бастады.

Бұл жоба екі кезеңде іске қосылады. I кезеңге 2025 жылдың 3 наурызында іске қосылған 200 МВт кіреді, одан кейін 2026 жылы тағы 100 МВт болады,

### 8-сурет – Сауд Арабиясы, Қызыл теңізде қуаты 1,3 ГВт-сағ микрожелілік энергияны сақтау жобасы



Дереккөз: Huawei Technologies

неуін динамикалық реттеу, жүктемені босатқаннан кейін электр желісінің жиілігі мен кернеуін реттеу, 1000-нан астам PCS токсыз күйден синхронды іске қосу, электр желісіндегі бірнеше коммутаторлардың бірлескен жұмысы, сондай-ақ синхронды және асинхронды жобалау нақты жағдайларда тексеріліп,

бұл жалпы 300 МВт/600 МВт-сағ құрайды. Жобаның жалпы қуаты >3,1 миллион үйді электрмен жабдықтауға тең, бұл Шотландиядағы бір сағат ішіндегі барлық үй шаруашылықтарынан

Viking (443 МВт), Moray East (950 МВт) және Beatrice (588 МВт) теңіздегі жел электр станцияла-

рынан желінің шамадан тыс жүктелуін шешу мақсатында Инвернесс пен Абердин арасында арнайы орналасқан жоба жоғалған таза энергия мөлшерін айтарлықтай азайтады және Ұлыбритания үкіметінің 2030 жылға қарай электр желісінде шығарындылардың нөлдік деңгейіне жету мақсатына жету жолындағы маңызды кезең болып табылады.

#### **AMP Energy компаниясының аккумуляторлық қоймалары**

AMP Energy компаниясы Шотландияның Хантерстон және Кинкардин қалаларында 400 МВт қуаты бар Еуропадағы ең ірі аккумуляторлық батареяларды сақтау қондырғыларының өзіндік туралы жариялады, олар бірлесіп Scottish Green Battery Complex ретінде танымал. 2024 жылдың сәуіріне дейін пайдалануға берілуі тиіс бұл нысандар желінің тұрақтылығын және жаңартылатын энергия көздерінің интеграциясын сақтай отырып, 800 МВт-сағ энергияны сақтауды қамтамасыз етеді. AMP жасанды интеллектке негізделген AMP X платформасын қолдана отырып, жобалар Ұлыбританияның электрмен жабдықтаудың перспективалы инфрақұрылымын қамтамасыз етуге бағытталған, көміртексіздендірілген желіге көшуге ықпал етеді және қымбат беру жаңартулардың қажеттілігін азайтады.

Hunterston және Kincardine жобалары сонымен қатар Ұлыбританияның электр желісі алдында тұрған кернеу мен тұрақтылық проблемаларын шешуге бағытталған National Grid's Scottish Stability Pathfinder 2 тендеріне қатысады. AMP нысандары желіні тұрақтандыруға ықпал ететін екі жаңа синхронды конденсатор қондырғыларымен бірге желіні құрайтын инверторлардың заманауи технологиясын пайдаланады.

#### **АҚШ-тың Индиана штатындағы энергияны сақтау жобасы**

АҚШ-тың Индиана штатындағы энергияны сақтау жобасы 5,5 МВт-сағ энергия сақтаумен 15 МВт қуатқа ие. Ол дизельді генераторларды қуаты 110 МВт екі газ турбинасын қара іске қосу (black start) үшін тиімдірек SC2500UD қондырғыларымен ауыстыруға бағытталған. Бұл жоба энергияны түрлендіру жүйелеріне (PCS) офлайн режимінен желі режиміне біркелкі ауысуға мүмкіндік беретін сымсыз параллель желіні қалыптастыру технологиясын пайдаланады. Бұл жобаның басты артықшылығы – үнемді және сенімді қара іске қосу процесі, бұл сыртқы қуат көздеріне байланысты операциялық шығындарды айтарлықтай азайтады. Бұған қоса, жоба газ электр станциясының тұрақтылығы мен тиімділігін арттыра отырып, жиілікті реттеудің құнды қызметтерін

#### **Қытайдың Цинхай провинциясындағы энергияны сақтау жобасы**

Цинхайда бай жаңартылатын энергия көздері және 10 млн кВт фотоэлектрлік қондырғылардың екі

базасы бар. Жаңартылатын энергияны тасымалдауға үлкен сұраныс бар. 2014 жылы Цинхайдың Гунхэ қаласында қуаты 200 МВт Huawei фотоэлектрлік қондырғысы нөлдік кернеу (ZVRT) және LVRT арқылы өту сынақтарынан сәтті өтті. Huawei инверторлары әлсіз желілік қосылыс жағдайында жоғары өнімділікті көрсетті және иесінің жоғары бағасына ие болды.

Соңғы жылдары Цинхай провинциясы жаңартылатын энергияның өсіп келе жатқан үлесімен бүкіл жаңартылатын энергия тізбегінде қуатты арттырды. 2022 жылдың соңына қарай Цинхай провинциясы 28,14 млн кВт жаңартылатын энергия қондырғыларын орнатты, бұл аймақтағы қуаттың 63%-ын құрайды. Алайда, электр желісінің қауіпсіз және тұрақты жұмысына қатысты алаңдаушылыққа байланысты жаңартылатын энергия қысымы күн сайын артып келеді. Бір жағынан, Цинхайдағы Хайнань-Тибет автономиялық округіндегі «Цинъю» тұрақты ток желісінің ерте сатысында жоспарланған күшті қолдау функциясы бар синхронды генераторлар кестеге сәйкес пайдалануға берілмеді. Сонымен қатар, жақын маңдағы барлық қуат көздері жаңартылатын энергия көздері болды. Нәтижесінде «Цинъю» тұрақты ток беру жүйесінің істен шығуы қысқа тұйықталу кернеуінің жылдам өзгеруін тудырады, оның барысында реактивті қуаттың инверсиясы орын алады, бұл асқын кернеуді одан әрі нашарлатады және желінің өшуіне немесе тіпті құрылғылардың зақымдалуына әкеледі. Екінші жағынан, Цинхайдағы Хайси аймағында әдеттегі синхронды қуат көзі жоқ, Цзицюаньда, Шыңжаңда тұрақты ток коммутациясы істен шыққаннан кейін немесе Шыңжаң мен солтүстік-батыс желісі арасындағы N-2 арнасы істен шыққан жағдайда электр ағыны Цинхайдағы Хайси қаласына қайта бағытталады, бұл төмен кернеу проблемаларына әкеледі.

Цинхайдағы жұмыстың нақты жағдайына сүйене отырып, электр желілік компания 2020 жылы Электр жүйесінің қауіпсіздігі мен тұрақтылығы кодексіне (GB 38755-2019) сәйкес жаңартылатын энергия көздерінде жұмыс істейтін электр станцияларына қойылатын техникалық талаптарды жариялады. Цинхайдағы жаңартылатын энергия көздерінде жұмыс істейтін электр станциялары электр желісінің қауіпсіз және тұрақты жұмысын қамтамасыз ету үшін жиілік пен кернеуге төтеп беру талаптарына, сондай-ақ жоғары және төмен кернеуден өту және үздіксіз өту талаптарына сәйкес келуі керек. Huawei бүкіл желі сценарийі үшін инвертордың өнімділігін бірнеше аспектілер бойынша оңтайландырды және Барлық сынақтарды аяқтауға небәрі екі сағат қажет болды және Huawei инверторлары барлық қажетті сынақтардан өтті.

Цинхай провинциясындағы жаңартылатын энергияны тұтыну мүмкіндіктерін одан әрі жақсарту үшін Қытайдың Ұлттық энергетикалық басқармасы 2021 жылы Qinghai Electric Power Company ком-

## 9-сурет – Цинхай провинциясы, Гунхэде желіні түзетін PV+BESS жүйесінің сынақтарын аяқтау



Дереккөз: Huawei Technologies

паниясына жаңартылатын энергияның жоғары үлесі бар электр жүйелерінің қауіпсіз және тұрақты жұмысын қамтамасыз ететін ауқымды энергияны сақтау бойынша зерттеу жүргізуді тапсырды. Топ мүшесі ретінде Huawei зерттеуге белсенді қатысты, техникалық сипаттамалардың орындылығын бағалады және электромагниттік модельдеуді тексеруді және кернеуді қолдайтын энергияны сақтаудың негізгі технологияларын тексеруді аяқтауға көмектесті. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, кернеуді қолдайтын энергияны сақтау жаңартылатын энергияны тұтынуды және Цинхай электр желісінің тұрақты ток беру мүмкіндігін тиімді жақсартып, Қытайдағы тұрақты ток беру олқылығын толтырды.

Huawei әзірлеген Smart PV & BESS Generator шешімінің негізінде 2022 жылы Huawei компаниясы China Resources Power компаниясымен Қытай

электр энергетикасы ғылыми-зерттеу институты мен Цинхай электр энергетикасы ғылыми-зерттеу институтының жетекшілігімен зерттеу тақырыптарын үздіксіз тексеру және көрсету бойынша жұмыс істеді және 2023 жылдың қаңтарында Цинхайдағы Gonghe PV электр станциясында PV+BESS желісін қалыптастыру жүйесінің әлемдегі алғашқы сынағын аяқтады. Сынақтарға желіні қалыптастыру жүйесінің параллель тұрақтылығы, жоғары/төмен вольтты ақаулар, PFR және инерциялық сынақтар арқылы бір және бірнеше рет өту кіреді. Сынақтар желіні құрайтын жаңартылатын энергия генерациялау жүйелері жаңартылатын энергияның жоғары үлесі бар желілерді қолдау үшін өте маңызды екенін толық растайды, бұл жаңартылатын энергияны дамытудағы маңызды кезең болды.

# 09

## 4-бөлім.

### Аккумуляторлық батареялар негізіндегі энергияны сақтау жүйесінің (BESS) жұмыс параметрлері және қолданылатын модельдер

#### 4.1 Аккумуляторлық энергияны сақтау жүйелеріне (BESS) қойылатын техникалық талаптар: халықаралық тәжірибе

Аккумуляторға негізделген энергияны сақтау жүйелеріне (BESS) қойылатын техникалық талаптар қауіпсіз, тиімді және сенімді жұмысты қамтамасыз ету үшін халықаралық тәжірибе негізінде айтарлықтай дамыды. Өлемдік тәжірибеге негізделген типтік техникалық талаптар:

##### *Қауіпсіздік талаптары*

Аккумулятор элементтері мен жүйелерінің қауіпсіздігі. Аккумулятор элементтері мен жүйелері электрлік, механикалық және термиялық әсерлерден қорғалуы керек. IEC 62619 стандарты элементтер мен жүйелер деңгейіндегі, соның ішінде шамадан тыс зарядтауды, мәжбүрлі разрядты, қысқа тұйықталуды, термиялық әсерді, соққыны және құлауды қоса алғанда, қауіпсіздік сынақтарын анықтайды. Ол сондай-ақ асқын кернеу, шамадан тыс ток және жүйе деңгейіндегі қызып кету сияқты функционалдық қауіпсіздік сынақтарын қамтиды. UL 1973 стационарлық және жеңіл электр теміржол көлігінде (LER) қолданылатын аккумуляторлық жүйелердің қауіпсіздігі мен сенімділігін қамтамасыз ету үшін әр түрлі сынақтарды қамтиды. IEC 62619 бойынша жүргізілген сынақтардан басқа, бұл стандарт температура мен жұмыс шектерін тексеру, теңгерімсіз зарядтау сынағы, электрмагниттік, экологиялық сынақтар және ақауларға төзімділік сынақтары сияқты сынақтарды қамтиды.

PCS конвертерлерінің қауіпсіздігі: IEC 62477-1 стандарты күштік электронды түрлендіргіштер (PECS) жүйелері мен жабдықтары үшін қауіпсіздік талаптарын белгілейді. Бұл – пайдалану, қолдану, техникалық қызмет көрсету және жөндеу кезінде өрт қаупін, электр тогының соғуын, электрмагниттік өрістерді, термиялық және механикалық қауіптерді азайтуға арналған минималды талаптар. UL1741

құрамында инверторлар, түрлендіргіштер, бақылағыштар және таратылған энергия ресурстарымен (DER) пайдалануға арналған байланыс жүйелерінің жабдықтары үшін қауіпсіздік, өнімділік және байланыс талаптары бар. Ол сондай-ақ компоненттердің номиналды сипаттамаларын, материалдардың сипаттамаларын, электрлік қашықтықты, өрт қаупін азайтуды, таңбалауды және орнату нұсқауларын қоса алғанда, жабдықтың конструкциясына қойылатын талаптарды көрсетеді.

BESS қауіпсіздігінің тағы бір стандарты UL9540A болып табылады. Бұл стандарт аккумуляторлық технологияның термиялық бақылаудан шығу қабілетін анықтауға арналған сынақ әдістемесін сипаттайды, содан кейін термиялық бақылаудан шығу мүмкіндігін көрсеткен аккумуляторлық энергияны сақтау жүйелерінің өрт және жарылыс қаупінің сипаттамаларын бағалайды. Бұл сынақ BESS өндірушілеріне өрт пен жарылыстың таралу қаупін азайту үшін жүйелерін әзірлеу үшін маңызды ақпарат береді.

UL9540 стандарты тұрғын үй, коммерциялық, коммуналдық, микрожелілер және резервтік қуат жүйелері сияқты әр түрлі қосымшаларда қолданылатын BESS қауіпсіздігі мен өнімділігінің маңызды өлшемшарттарын ескере отырып әзірленген. Стандарт осы жүйелердің қауіпсіз әрі сенімді жұмыс істеуін қамтамасыз ететін бірнеше негізгі аспектілерді қамтиды. Осы стандарттың негізгі талаптарына мыналар жатады:

1. Электр қауіпсіздігі: электр тогының соғу қаупін болдырмай, қалыпты және ақаулы жағдайларда жүйенің қауіпсіз жұмысын қамтамасыз етеді.

2. Батареяны басқару жүйелері (BMS): оңтайлы өнімділік пен қауіпсіздікті қамтамасыз ете отырып, батареяларды бақылау және реттеу үшін BMS қосылуы қажет.

3. Термиялық тұрақтылық: жүйенің қызып кетуді және онымен байланысты тәуекелдерді болдырмай, жылуды басқару және тарату қабілеті ескеріледі.

4. Жүйенің тұтастығы: механикалық және экологиялық аспектілерді қоса алғанда, ESS жалпы құрылымдық және функционалдық тұрақтылығын қамтамасыз етеді.

Ол сондай-ақ BESS қондырғысын жобалау және салу процесінде қолданылуы керек ең жақсы тәжірибелерді қарастырады.

NFPA 855 BESS қондырғыларымен байланысты қауіптерді азайту бойынша ұсынымдарды қамтиды.

#### **Өнімділікке қойылатын талаптар**

Энергияны түрлендірудің тиімділігі мен тиімділігі (RTE – round-trip efficiency): BESS энергияны оңтайлы пайдалануды қамтамасыз ету үшін тиімділіктің минималды шектеріне сәйкес келуі керек. IEC 62933-2-1 стандарты өнімділік көрсеткіштері мен тестілеу өлшемшарттарын, соның ішінде екі бағыттағы тиімділікті және уақыт бойынша нашарлауды сипаттайды.

Сыйымдылықтың нашарлауы: батареяның қызмет ету мерзімін бағалау үшін циклдердегі сыйымдылықтың минималды талаптары белгіленеді. Көптеген жүйелер IEC 62620 стандартына немесе сыйымдылықты сақтауға (өзін-өзі разрядтауға), сыйымдылықты қалпына келтіруге (сақтау кезінде сыйымдылықтың қайтымсыз жоғалуына) және циклдегі төзімділікке (қызмет ету мерзіміне) байланысты өнімділік өлшемшарттары бойынша баламалы стандарттарға сәйкес тексеріледі.

Жауап беру уақыты: бұл желінің тұрақтылығының маңызды талабы. Желіге қосылған қосымшалар миллисекундтық жауап беру уақытын қажет етуі мүмкін, өзгеру жылдамдығы, кернеу және жиілікті реттеу сияқты көрсеткіштер IEC 62933-2-1, сондай-ақ IEEE 1547-1 стандарттарымен қамтылады.

Масштабтау және модульдік конструкция: жүйелер желінің әр түрлі талаптарын қанағаттандыру және техникалық қызмет көрсетудің қарапайымдылығын қамтамасыз ету үшін модульдік конфигурациялармен масштабтауды қолдауы керек. IEEE 2030.2 сияқты стандарттарда модульдік конструкция және интеграция бойынша ұсынымдар берілген

#### **Сенімділікке қойылатын талаптар**

ESS сенімділігін түсіну жүйенің істен шығу ықтималдығын бағалаудан гөрі көп нәрсені қамтиды; ол жүйенің белгілі бір уақыт аралығында белгіленген жағдайларда қажетті функцияларды тиімді және тиімді орындау қабілетін қамтиды. Сенімділіктің бұл анықтамасы BESS мәнмәтінінде өте маңызды, өйткені бұл жүйелер көбінесе желінің тұрақтылығынан бастап жаңартылатын энергия көздерін біріктіруге және төтенше резервтік қуатқа дейінгі маңызды қолдану нұсқаларын қолдайды<sup>28</sup>.

Экологиялық тұрақтылық жүйелер өзгеретін температураға, ылғалдылыққа және қоршаған орта жағдайларына төзімді болуы керек. IEC 62933-2-1 сияқты стандарттар ESS сынақ хаттамалары үшін қоршаған орта жағдайларын сипаттайды. IEC62477-1 сонымен қатар PCS конвертерлері мен оның жабдықтарының қоршаған ортаны есептеудің экстремалды жағдайында сенімділігін анықтау үшін PCS конвертерлерінің экологиялық сынақтарын (типтік сынақтарды) қамтиды.

Резервтік көшірме жасау және резервтік жүйелер. Маңызды қосымшалар (мысалы, аурухананың инфрақұрылымы) жабдықтың бір рет істен шығуы кезінде маңызды жүктемелерді қуаттандыру үшін кіріктірілген резервтеуді қажет етуі мүмкін.

Электрмагниттік үйлесімділік (ЭМУ): электрмагниттік үйлесімділік BESS және PCS конвертерлерінің басқа электрондық құрылғылардың кедергісіз жұмыс істеуін немесе оларға кедергі келтіруін қамтамасыз етеді. Бұл бүкіл электр желісінің сенімділігін сақтау үшін өте маңызды, өйткені электрмагниттік кедергілер (ЭМК) ақауларға, гармоникалық бұрмалануларға, кернеудің ауытқуларына және сигналдың бұзылуына әкелуі мүмкін, бұл тұтынушыларға берілетін электр энергиясының сапасын нашарлатуы мүмкін, тіпті жүйенің бұзылуына әкелуі мүмкін. IEC 61000 сериясы сияқты стандарттар өндірушілерге, жоабалушыларға және инженерлерге өнімдер мен олардың интеграциясының ЭМУ талаптарына сәйкес келуін және әр түрлі ортада сенімді жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін ұсынымдар береді.

#### **Желілік өзара әрекеттесу және байланыс**

Желілік нормаларға сәйкестік: желіге қосылған BESS, мысалы, өзара әрекеттесу талаптарын анықтайтын АҚШ-тағы IEEE 1547-1 сияқты жергілікті желілік нормаларға сәйкес келуі керек. Бұл талаптар кернеуді реттеуді, қуат коэффициентін және істен шығуды жеңу мүмкіндігін қамтиды.

Интеллектуалды желілермен үйлесімділік: интеллектуалды желілерді біріктіру үшін желілермен және басқа энергияны басқару жүйелерімен байланыс маңызды. IEEE 2030.2 сияқты стандарттар өзара әрекеттесу хаттамаларын ұсынады, бұл BESS желілік операторлармен өзара әрекеттесуін қамтамасыз етеді. Дегенмен, байланыс талаптары TSO/DSO үшін тән және жоба деңгейінде қамтамасыз етілуі керек.

Басқару жүйелері және байланыс хаттамалары: ішкі станциялардағы байланыс үшін IEC 61850 сияқты халықаралық хаттамалар нақты уақыт режимінде бақылау, автоматтандыру және бақылау үшін деректермен алмасуды басқару үшін қолданылады.

<sup>28</sup>Review on reliability assessment of energy storage systems, Xiaohu Yan | Jialiang Li | Pengfei Zhao | Nian Liu | Liangyou Wang | Bo Yue | Yanchao Liu

### *Қоршаған ортаны қорғау және тұрақты даму стандарттары*

Қоршаған ортаға әсер: ISO 14001 сияқты стандарттар BESS қоршаған ортаға әсерін шектеу мақсатында тұрақты өндіріс, қалдықтарды басқару және қайта өңдеу әдістерінің маңыздылығын көрсетеді. Еуропалық одақтың батареялар бойынша директивасында (2023/1542) қоршаған ортаға және қоғамға әсерін азайту үшін батареяларда қолданылатын шикізатты жауапты таңдау талаптары да бар.

Қайта өңдеу: қазіргі уақытта энергияны сақтау секторы үшін литий-ионды батареяларды қайта өңдеудің арнайы стандарттары жоқ. Алайда, Еуропалық одақтың батареялар бойынша директивасы (2023/1542) тұрақтылықты қамтамасыз ету және қоршаған ортаға әсерді азайту үшін батареяларды қайта өңдеудің кешенді талаптарын енгізеді. Ол апаттар мен ластанудың алдын алу үшін пайдаланылған батареяларды жинауға, сақтауға және тасымалдауға қойылатын талаптарды белгілейді.

Тасымалдау және қайта өңдеу: UN 38.3 сияқты БҰҰ стандарттары литий-ионды аккумуляторларды қауіпсіз тасымалдауды реттейді және көптеген аймақтарда материалдарды қайта өңдеу және қалдықтарды басқарудың қосымша хаттамалары бар. Бұл – BESS секторында литий-ионды аккумуляторларды тасымалдау үшін ең көп қолданылатын стандарт.

### *Алынған халықаралық сабақтар*

Профилактикалық қызмет көрсету: тәжірибе BESS аккумуляторының қызмет ету мерзімін ұзарту және ақауларды ерте анықтау үшін жұмыс қабілеттілік жай-күйіне мониторинг жүргізу (SOH) және SOC сияқты жүйелерге тұрақты профилактикалық қызмет көрсету мен бақылаудың маңыздылығын көрсетті. Аккумуляторлық блоктарды зарядтау және разрядтау қисығын цифрландыру кез келген ықтимал ақауларды алдын ала анықтауға көмектеседі.

Саясат және сәйкестік: халықаралық және ұлттық стандарттарға сәйкестік тұрақты қауіпсіздік пен операциялық сенімділікті қамтамасыз ету үшін өте маңызды. Мысал ретінде австралиялық BESS стандарттары мен Еуропалық одақтың қатаң кәдеге жарату саясатын келтіруге болады.

Деректерді тіркеу және болжамды аналитика: халықаралық деңгейде деректерді талдауға негізделген болжамды қызмет өзінің тиімділігін дәлелдеді. BESS жүйелері операциялық және өмірлік циклді басқаруды оңтайландыру үшін нақты уақыттағы мониторинг пен аналитиканы көбірек қамтиды.

Осы техникалық стандарттар мен талаптарды

орындау әлемдік деңгейдегі озық тәжірибені көрсете отырып, әр түрлі орталар мен қолданбаларда BESS сенімділігін, қауіпсіздігін және тиімділігін қамтамасыз етеді.

Жоба деңгейіндегі техникалық талаптар: аккумуляторлық энергияны сақтау жүйелерінің (BESS) конструкциясын жобалық/жергілікті шектеулерге бейімдеу мүмкіндігі өте маңызды. BESS өнімдерінің көпшілігі әр түрлі орталар мен географиялық орындарда орналастыруға арналған. Алайда, нақты жобалар географиялық қауіп-қатерге байланысты қатаң талаптар қоюы мүмкін. Мысалы, жиі және қатты жер сілкінісіне ұшырайтын аудандарда сейсмикалық құбылыстар кезінде сақтау жүйелерінің жұмыс істеуі және қауіпсіз болуын қамтамасыз ету үшін сенімді конструкциялар қажет болуы мүмкін. Дауыл немесе қалың қар сияқты ауа-райының қолайсыздығына тап болған аймақтарда су тасқынынан, желдің зақымдануынан немесе қардың жүктемесінен қорғау үшін қосымша шаралар қажет болуы мүмкін.

Бұған қоса, нормативтік стандарттар әр түрлі елдерде айтарлықтай өзгешеленуі мүмкін, бұл өрт қауіпсіздігі, температураны басқару және желіге қосылу сияқты аспектілерге жеке көзқарасты қажет етеді. Осы жергілікті талаптарды ескере отырып, BESS өндірушілері өз жүйелерінің сенімділігін, беріктігін және қауіпсіздігін қамтамасыз ете алады, бұл, сайып келгенде, әлемнің әр түрлі бөліктерінде энергиямен жабдықтаудың тұрақтылығы мен тиімділігіне ықпал етеді.

## **4.2 Аккумуляторлық батареяларда энергияны сақтау жүйелерінің (BESS) сегментіндегі халықаралық стандарттар**

Аккумуляторларға негізделген энергияны сақтау жүйелері (BESS) қауіпсіздікті, өнімділікті, сенімділікті және үйлесімділікті қамтамасыз ететін халықаралық стандарттар жиынтығымен реттеледі. Бұл стандарттар ұяшық химиясынан бастап жүйені толық жобалауға және орнатуға дейін барлығын қамтиды. BESS сегментіне қатысты негізгі халықаралық стандарттар төмендегі кестеде келтірілген.

Технология дамыған сайын бұл стандарттар үнемі дамып отырады, әр түрлі химиялық құрамдар мен конфигурацияларды, жоғары кернеулерді және желі, коммерциялық және тұрғын үй ауқымында кеңірек BESS қолдануларын қосуға бейімделеді. Осы стандарттарды сақтау өндірушілер, орнатушылар мен операторлар үшін қауіпсіздікті, сенімділікті және нормативтік сәйкестікті қамтамасыз ету үшін өте маңызды.

10-кесте – BESS жүйелері бойынша негізгі стандарттар<sup>29</sup>

Стандарттың атауы	Сипаттамасы
<b>ХЭК (Халықаралық электртехникалық комиссия) стандарттары</b>	
IEC 62619	Құрамында сілтілі немесе басқа қышқыл емес электролиттер бар қайталама элементтер мен батареялар. Қайталама литий элементтеріне қойылатын қауіпсіздік талаптары және өнеркәсіптік пайдалануға арналған аккумуляторлар. Ол қауіпсіз пайдалануды қамтамасыз ету үшін талаптар мен сынақтарды анықтайды.
IEC 62933	Энергияны сақтау құрылғыларына емес, EESS жүйесінің аспектілеріне назар аударатын стандарт. Оның жарияланымдары келесідей нөмірленген: 1-бөлім: Терминология 2-бөлім: Құрылғы параметрлері және тестілеу әдістері 3-бөлім: Жоспарлау және орнату 4-бөлім: Экологиялық проблемалар 5-бөлім: Қауіпсіздік мәселелері
IEC 62477-1	Электрондық түрлендіру жүйелері мен жабдықтарына қойылатын қауіпсіздік талаптары. Ол пайдалану, қолдану, техникалық қызмет көрсету және жөндеу кезінде өрт қаупін, электр тогының соғуын, электрмагниттік өрістерді, термиялық және механикалық қауіптерді азайтуға арналған минималды талаптарын белгілейді.
IEC 61427	Жаңартылатын энергияны сақтауға арналған аккумуляторлық жүйелерге қойылатын талаптар мен сынақтарды қамтиды.
<b>UI стандарттары (Underwriters Laboratories)</b>	
UL 9540	Энергияны сақтау жүйесі және жабдық Америка Құрама Штаттарында қондырғы үшін жиі міндетті болып табылатын энергияны сақтау жүйелерін қауіпсіз орнату және пайдалану талаптарын анықтайды.
UL 9540A	Аккумуляторлық энергияны сақтау жүйелеріндегі өрттің бақыланбайтын жылу таралуын бағалауға арналған сынақ әдісі. Бұл өрт қауіпсіздігін арттыруға көмектесетін аккумуляторлық жүйелердегі термиялық үдеу мен өрттің таралу қаупін бағалайтын сынақ әдісі.
UL 1973	Стационарлық құрылғыларда, қосалқы көліктерде және жеңіл электр теміржолдарында (LER) пайдалануға арналған аккумуляторлар. Бұл стандарт олардың қауіпсіздігін, сенімділігін және дұрыс жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін энергияны сақтау жүйелерін сынау хаттамаларын қамтиды.
UL 1741	Таратылған энергия ресурстарымен пайдалануға арналған инверторлар, түрлендіргіштер, бақылағыштар және байланыс жүйелерінің жабдықтары. Бұл стандарт осы компоненттердің желіден тыс және желілік энергожүйелерінде пайдалану үшін қауіпсіз әрі сенімді болуын қамтамасыз етеді.
<b>NFPA (Ұлттық өрттен қорғау қауымдастығы) стандарттары</b>	
NFPA 855	Стационарлық энергияны сақтау жүйелерін орнату стандарты. Онда өрт пен жарылыстың таралуын болдырмау үшін қауіпсіздік шараларына баса назар аударып, энергияны сақтау жүйелерін орнату бойынша ұсынымдар берілген.

Стандарттың атауы	Сипаттамасы
<b>IEEE (Электр техникасы және электроника инженерлері институты) стандарттары</b>	
IEEE 1547-1	Таратылған ресурстарды электр энергетикалық жүйелермен байланыстыратын жабдықтың сәйкестігін тексерудің стандартты рәсімдері. Бұл стандарт таратылған энергия ресурстарының сәйкестігін тексеруге арналған сынақтар мен рәсімдерді ұсынады.
IEEE 1679.1	Стационарлық қосымшалардағы литий батареяларын сипаттау және бағалау бойынша нұсқаулық. Бұл стандарт технологияның сипаттамасын, қартаю және сәтсіздік режимдері туралы ақпаратты, стационарлық қосымшаларда қолдануға арналған литий батареяларының негізгі түрлеріне арналған қауіпсіздік мәселелерін, бағалау әдістерін және реттеуші сұрақтарды талқылауды қамтиды.
IEEE 2030.2	Үздіксіз интеграцияны қамтамасыз ететін интеллектуалды электр желілері жүйелерінде энергияны сақтауға арналған өзара әрекеттесу және байланыс нұсқаулығы.
<b>Басқа тиісті стандарттар</b>	
UN 38.3	Қауіпті жүктерді тасымалдау. Бұл стандарт литий батареяларын тасымалдау қауіпсіздігін реттейді. Бұл BESS жүйелері үшін өте маңызды, өйткені олар көбінесе орнату орнына жеткізіледі.
ISO 9001 и ISO 14001	Сапа менеджменті жүйелері. Экологиялық менеджмент талаптары мен жүйелері. Пайдалану жөніндегі нұсқаулықпен қойылатын талаптар. Сенімді және тұрақты өндірістік процестерді қамтамасыз ету үшін өндірушілер жиі ұстанатын сапа менеджменті және қоршаған ортаны қорғау стандарттары.

### 4.3 Қолданылатын меншік нысандары және бизнес-модельдер

BESS энергияны сақтау жүйелері энергияны пайдалану уақытын ауыстырудан бастап көмекші қызметтерді ұсынуға және кепілдендірілген өткізу қабілеттілігіне, сондай-ақ тарату және тарату жүйелеріндегі шамадан тыс жүктемелерді басқаруға дейін электр энергетикасы жүйесіне арналған қызметтердің кең спектрін қамтамасыз ете алады. Алайда, BESS үшін қолданылатын меншік нысандары мен бизнес-модельдер электр желісінің икемділігінің талаптарына, электр энергиясы нарығының қолданыстағы тетіктеріне және нормативтік-құқықтық базаға байланысты болады. BESS қолдану үшін әзірленуі мүмкін меншік үлгілері мен бизнес-модельдер негізінен Қазақстан Республикасының заңнамасына, сондай-ақ халықаралық тәжірибеге негізделген әлеуетті даму мен мүмкіндіктерге байланысты болады. Олардың кейбіреулері төмендегі кестеде келтірілген онную привлекательность проектов BESS.

BESS әр түрлі уақыт межеліктерінде қуат жүйесінің икемділігін, тұрақтылығын және сенімділігін қамтамасыз етеді. Аккумуляторларда энергияны сақтау (BESS) шешімдерінің өсуіне ықпал етудің

маңызды аспектісі жүйелерге жоғарыда айтылғандай кірістерді жинақтау және BESS жобаларын әзірлеуге байланысты тәуекелдерді азайту арқылы кірістерін арттыруға мүмкіндік беру болып табылады. Табыстың ұзақ мерзімді ашықтығы мен болжамдылығы, сондай-ақ реттеудің тұрақтылығы тәуекелдер профилін төмендетуге және BESS жобаларының инвестициялық тартымдылығын жақсартуға көмектеседі.

Бұған қоса, желілердің техникалық сипаттамалары мен қолданыстағы нарық тетіктері BESS өміршең пайдалану жағдайын анықтайтын негізгі факторлар болып табылатындығын атап өткен жөн.

### 4.4. BESS жүйелерінің ағымдағы бағалары мен құны

Халықаралық энергетикалық агенттіктің талдауы көрсеткендей, соңғы онжылдықты литий-ионды аккумуляторлар дәуірі деп санауға болады<sup>30</sup>. Олардың қорғасын-қышқыл немесе никель-кадмий аккумуляторлары сияқты ескі баламаларға қарағанда негізгі артықшылықтары олардың әлдеқайда жоғары энергия тығыздығы және ұзақ қызмет ету мерзімі

<sup>30</sup> International Energy Agency, Batteries and Secure Energy Transitions, 2024

## 11-кесте – BESS жобаларын іске асыруға қолданылатын модельдер

	БЕСС пайдалану нұсқасы	Іске асыру тетіктері	Қажетті түзетулер/іске асыру тәсілдері	Функциясы
1	Жаңартылатын генерацияны нығайту Жаңартылатын энергия көздерін өндіруді тегістеу Жаңартылатын генерацияның өсуі	РРА-келісімшарттар арқылы инвестициялық ынталандыру және ынталандыру тарифтері		<ul style="list-style-type: none"> <li>Жаңартылатын энергия көздерінің интеграциясын жақсартады.</li> <li>Дәстүрлі генерацияға тәуелділікті азайтады.</li> <li>Желінің тұрақтылығы мен сенімділігін арттырады.</li> </ul>
2	Көмекші қызметтер – жиілік сипаттамасы, жиілік резерві, кернеуді қолдау	Қысқа мерзімді келісімшарттар, қосымша қызметтер нарығы	Ұлттық электр желілері кодексі, электр энергиясы нарығының тетіктері және стандартты келісімшарттар	<ul style="list-style-type: none"> <li>Желінің тұрақсыздығына тезірек және дәл жауап береді.</li> <li>Дәстүрлі генераторлық қондырғыларды пайдалану және техникалық қызмет көрсету шығындарын азайтады</li> <li>Кәдімгі резервтер мен арнайы реактивті қуат ресурстарына деген қажеттілікті азайтады.</li> </ul>
3	Қуат резервтері	Қуат нарығы, ұзақ мерзімді келісімшарттар	Саясатты әзірлеу, қуат нарығының құрылымын, стандартты келісімшарттарды және электр қуатының қажеттілігі туралы жыл сайынғы есептерді қамтитын электр энергиясы нарығын реформалау	<ul style="list-style-type: none"> <li>Инфрақұрылымға және жаңа қондырғыларға қымбат инвестицияларды кейінге қалдырады.</li> <li>Сыйымдылығы бойынша икемді және масштабталатын шешімдерді ұсынады.</li> <li>Болашақта электр энергиясы өшкен жағдайда желінің сенімділігін арттырады.</li> </ul>
4	«Есептегіш артында» – «Есептегіш артында» – шыңның ығысуы	Сұранысқа жауап беру тетіктері, сыни шыңдардағы баға белгілеу тетіктері	Саясатты әзірлеу, электр энергиясы нарығын реформалау	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ең жоғары сұранысты басқаруда икемділікті қамтамасыз етеді.</li> <li>Электр энергиясының жалпы үнемделуін және тиімділігін арттырады.</li> <li>Ең жоғары жүктемелерді азайту арқылы желінің сенімділігін арттырады.</li> </ul>
5	Энергетикалық төрелік	Көтерме нарық, екіжақты келісімшарттар, теңгерімдеу тетігі	Электр энергиясы нарығының тетіктері	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ең жоғары қондырғыларға тәуелділікті азайтады.</li> <li>Төмен сұраныс пен жоғары өндіріс кезеңдерінде желінің сенімділігі мен тұрақтылығын арттырады.</li> <li>Қолдау қызметтеріне деген қажеттілікті азайту үшін нақты жеткізілімге дейін желідегі генерация мен сұраныстың тепе-теңдігі.</li> </ul>
6	Жүктемелерді басқару	желілерді дамыту бастамалары/тетіктері, жергілікті икемділік нарықтары	Желілерді дамыту жоспарлары, электр энергиясы нарығының тетіктері	<ul style="list-style-type: none"> <li>Беру немесе тарату желілеріне инвестициялау қажеттілігін азайту.</li> <li>Төмен және жоғары сұраныс кезеңдерінде желінің сенімділігі мен тұрақтылығын арттырады.</li> </ul>

<sup>29</sup> IEC немесе IEEE сияқты әр түрлі ұйымдардың немесе ұқсас ауқымы мен мазмұны бар UL сияқты жеке компаниялардың стандарттары болуы мүмкін екенін ескеру қажет. Мысалы, IEC 62933-5 қауіпсіздік сериясы және UL 9540. Бұл жағдайда стандарттардың бірін қолдану жеткілікті.

болып табылады. Қорғасын-қышқылды аккумуляторлар 35-тен 40 Вт·сағ/кг мәніне дейінгі ауқымда меншікті энергияға (салмақ бірлігіне жинақталған энергия) ие болса, литий-ионды аккумуляторлар бүгінде ұяшық деңгейінде шамамен 90-300 Вт·сағ/кг меншікті энергия ауқымына ие. Жоғары энергия тығыздығының арқасында литий-ионды аккумуляторларды әлдеқайда жеңіл және ықшам аккумулятор блоктарына біріктіруге болады.

Литий-иондық элемент төрт негізгі компоненттен тұрады: катод, анод, электролит және сепаратор. Катод пен анод литий иондарын сақтайды, олардан технология өз атауын алады. Сепаратордың негізгі қызметі – қысқа тұйықталудың алдын алу, ал электролит литий иондарының зарядтау режимі кезінде катодтан анодқа және разряд режимі кезінде керісінше қозғалуын жеңілдетеді. Бүгінде литий-ионды аккумуляторлардың бірнеше түрлері бар және олар энергия тығыздығын, зарядтау уақытын, қауіпсіздігі мен қызмет ету мерзімін жақсарту және шығындарды азайту үшін зерттеулер мен әзірлемелер (F3TKЖ) арқылы дамуын жалғастыруда.

Бүгінгі таңда литий-ионды аккумуляторлардың 90%-ы көлік секторында электрлендіру үшін қолданылады. Электромобильдерге арналған аккумуляторлар энергия сыйымды, шағын әрі жеңіл болуы керек. Аккумуляторды сақтау, керісінше, өлшем мен салмаққа қатысты қатаң талаптарға ие емес, бірақ оның орнына төмен шығындар мен беріктікке басымдық береді. Автомобиль өнеркәсібінің үрдістері көбінесе энергетика саласына ауыстырылды, ал электромобиль аккумуляторларының жетілдірілуі энергияны сақтау үшін пайдаланылатын аккумуляторларды едәуір жақсартта алар еді, ал керісінше бо-

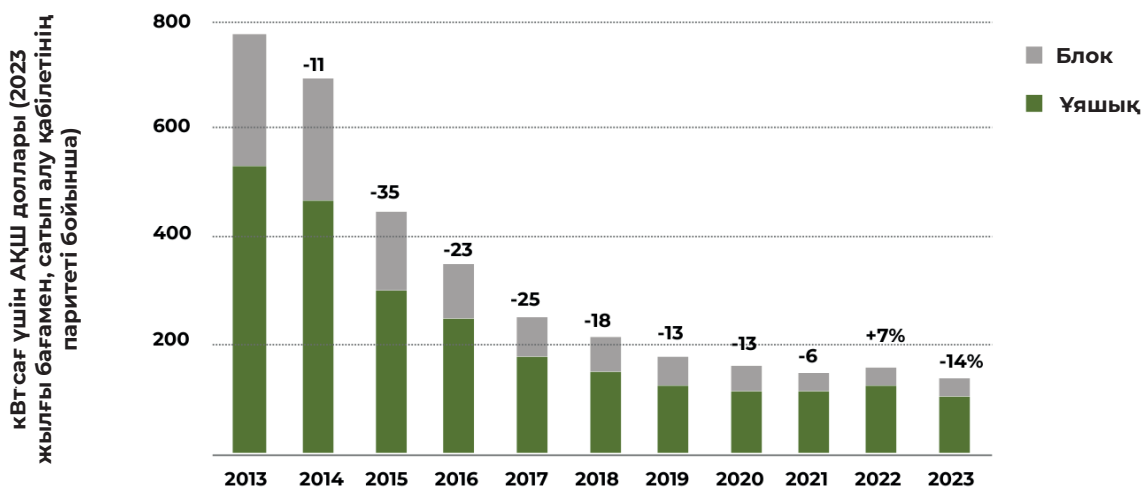
луы міндетті түрде дұрыс бола бермейді. Алайда, екі сектор да аккумуляторларды пайдаланудан көміртегі ізін азайтуға және аккумуляторларды қайта пайдалану және қайта өңдеу мүмкіндіктерін барынша арттыруға тырысады. Мысалы, электромобильдерге арналған аккумуляторларды қайталама пайдалану үшін қайта пайдалануға болады, атап айтқанда өнеркәсіптік масштабтағы энергияны сақтау жүйелеріне немесе «есептегіш артындағы» BESS жүйелеріне арналған шешімдер ретінде. Дегенмен, бірнеше техникалық проблемаларды және қайта пайдалануға болатын электромобильдерге арналған аккумуляторларды қайта пайдалану үшін нормативтік өзгерістерді шешу қажет.

Онжылдықта литий-ионды аккумуляторлардың бағасы (ұяшықтар мен блоктардың құнын қоса алғанда) 2023 жылы F3TKЖ, ауқымды үнемдеу және технологиялық инновациялардағы үздіксіз ілгерілеудің арқасында кВт·сағ үшін шамамен 800 доллардан кВт·сағ үшін 140 доллардан төменге дейін төмендеді. Бұл аккумуляторлардың жалпы құнындағы шикізат шығындарының үлесін арттырды және аккумуляторлардың бағасы қазір тұрақсыз маңызды минералдардың бағасына байланысты.

Мысалы, 2022 жылы аккумуляторлар үшін металл бағасының күрт өсуі аккумуляторлар бағасының алғашқы жылдық өсуіне әкелді. Алайда, минералды жеткізілімдердің өсуі және аккумулятор өндірісінің кеңеюі жекелеген аймақтардағы, әсіресе Қытайдағы күтілгеннен төмен сұраныспен бірге 2023 жылы бағаның айтарлықтай төмендеуіне әкелді, бұл ретте аккумуляторлардың құны 2021 жылғы деңгейден төмендеді.

Аккумулятор өнеркәсібі литий темір фосфаты

54-диаграмма – 2013-2023 жылдары литий-ионды батареялардың бағалары (блоктар мен ұяшықтар)\*



Дереккөз: Batteries and Secure Energy Transitions, Халықаралық энергетикалық агенттік, 2024

\*Графикте аймақтар мен батареялардың химиялық құрамы бойынша орташа өлшенген бағалар келтірілген

(LFP) деп аталатын арзан катодты химияға инвестиция салуды жалғастыруда. Бұл блоктар мен ұяшықтар 2023 жылы барлық литий-ионды батареялардың ең төменгі әлемдік орташа өлшенген бағасына ие болды, баға алғаш рет кВт-сағ үшін 100 доллардан төмендеді (BNEF, 2023). Тіпті, 2024 жылдың алғашқы айларында LFP ұяшықтарының бағасы төмендей берді және 2024 жылдың наурызында кВт-сағ үшін 100 доллардан айтарлықтай төмен болды (Benchmark Minerals, 2024). Аймақтық тұрғыдан алғанда, литий-ионды батареялардың бағасы Қытайда ең төмен болды және Америка Құрама Штаттары мен Еуропада шамамен 10-20% жоғары болды.

Өнеркәсіптік масштабтағы аккумуляторлық батареяларда энергияны сақтаудың жеке жобаларының құны орнындағы нақты жағдайларға, технологияларды таңдауға және нормативтік режимдерге байланысты айтарлықтай өзгеруі мүмкін, кейбір соңғы жобалар кВт-сағ үшін 500 доллардан асады, ал басқалары кВт-сағ үшін 200 доллардан аз. Халықаралық энергетикалық агенттіктің болжамына сәйкес, STEPS сценарийін қолдану шеңберінде<sup>31</sup> төрт сағаттық ұзақтығы бар өнеркәсіптік масштабтағы аккумуляторлық батареяларда энергияны сақтауға арналған жалпы бастапқы шығындар әлемдік орташа көрсеткіштен 2022 жылы кВт-сағ үшін 290 АҚШ долларынан 2030 жылы кВт-сағ үшін 175 АҚШ долларына дейін болжануда, бұл осы кезеңде 40%-ға аз. 2030 жылдан кейін өнеркәсіптік ауқымдағы BESS жүйелерінде энергияны сақтаудың орташа шығындары төмендей береді деп болжануда және 2050 жылы олар 2022 жылғы деңгейден 55% төмен болады.

STEPS сценарийіндегі бұл орташа шығындардың төмендеуі қуаты 20 МВт және сыйымдылығы 80 МВт-сағ болатын орташа батарея жобасына арналған бастапқы инвестиция 2030 жылы шамамен 23 миллион АҚШ долларынан 14 миллион АҚШ долларына дейін төмендегенін білдіреді. Ұзақ мерзімді батареяларды сақтау жобалары, әдетте, бірлік үшін төмен шығындарға ие, өйткені жоба шығындары көп бірліктерге бөлінеді және жүйелік шығындар балансы үшін масштабы үнемдеу бар.

Төрт сағаттық ұзақтығы бар өнеркәсіптік ауқымдағы BESS жүйелерінің орташа аймақтық бастапқы шығындары қазіргі уақытта кВт-сағ үшін 200 доллардан кВт-сағ үшін 300 доллардан асады, бірақ бұл диапазон уақыт өте келе қысқарады, өйткені көптеген нарықтар тәжірибе жинақтап, жаңа технологияларды қолданады. Қытай BESS жүйелерінің жаңа жобалары үшін ең арзан аймақ болып табылады және 2030 жылға дейін осы мәртебеде қалады деп болжануда. Америка Құрама Штаттары

мен Еуропадағы өнеркәсіптік ауқымдағы BESS жүйелерінің соңғы жобалық шығындары бүгінде ауқымның жоғарғы жағында, бірақ кеңірек нарықтар мен кеңірек орналастыру болашақ шығындарды азайтады. Үндістанда BESS жүйелері нарығының күшті өсуі шығындарды айтарлықтай қысқартуға мүмкіндік береді.

Электр энергиясының нормаланған құны (LCOE) – бұл энергетикалық технологияға байланысты барлық шығындарды, соның ішінде бастапқы инвестицияларды, қаржыландыру, пайдалану және техникалық қызмет көрсету шығындарын, жанармай шығындарын және көміртегі бағасын қамтитын жалпы метрика. Ол көбінесе электр станциялары үшін метрика ретінде пайдаланылады және зарядтау шығындары жанармай шығындары ретінде қарастырылса, BESS сақтау жүйелерінің орташа құны үшін де осылай пайдаланылуы мүмкін. Ол батареяны автономды жағдайда сақтауға немесе күн фотоэлектрлік жүйелері сияқты басқа технологиялармен бірге қолданыла алады. Ұқсас жұмыс істейтін технологиялар үшін LCOE салыстыру үшін қолайлы метриkanı ұсынады.

Өнеркәсіптік масштабтағы дербес BESS жүйелері үшін төрт сағаттық жоба үшін жаһандық орташа LCOE STEPS сценарийінде 2022 жылдан 2030 жылға дейін 30%-дан астам төмендейді, бұл МВт үшін шамамен 360 АҚШ долларынан МВт үшін 240 долларға дейін төмендейді. Сол жобаның орташа құны 2050 жылға қарай МВт-сағ үшін 180 долларға дейін төмендейді. Жеке жобалардың LCOE бүкіл кезеңінде нақты технологиялық шығындар мен орташа зарядтау шығындарына байланысты орташа мәннен шамамен 20% өзгеше болады деп болжануда.

Өнеркәсіптік ауқымдағы BESS жүйелерінің шығындарын басқа сақтау технологияларымен салыстыру көбінесе олардың қолданылуына және жергілікті жағдайларға байланысты және көптеген бәсекелес технологиялар әлі коммерциялық мақсатта қолжетімді емес<sup>32</sup>. Гидроаккумуляциялық жүйемен салыстыру – бүгінгі таңда әлемдегі энергияны сақтаудың ең үлкен түрі – негізінен болжамды ұзақтыққа және жылдық заряд/разряд циклдеріне байланысты. Төрт сағаттан аз уақытқа созылатын BESS жүйесінде бүгінде гидравликалық жинақтау жүйесіне қарағанда LCOE төмен болады. Энергияның сақтау мерзімінің ұзақтығы ұлғайған сайын гидравликалық жинақтау жүйесі тартымды бола бастайды. Ұзақтығы сегіз сағаттан асатын гидравликалық жинақтау жүйесі көп жағдайда BESS жүйелерімен салыстырғанда айқын артықшылыққа ие. Жергілікті геологияны, қолданыстағы көлбеуді және топырақ құрамын қоса алғанда, орнындағы нақты жағдайлар гидравли-

<sup>31</sup> STEPS қазіргі саяси ландшафтты егжей-тегжейлі шолу негізінде энергетикалық жүйелердің қалай дамитыны туралы түсінік беру үшін әзірленген. STEPS нәтижелері қолданыстағы немесе жарияланған саясат пен шараларға егжей-тегжейлі секторлық шолуды көрсетеді; өріш энергетикалық немесе климаттық мақсаттар автоматты түрде орындалмайды. Сценарий, мысалы, белгілі бір таза энергия технологиялары үшін өндірістік қуаттылықты арттыру жоспарларын қоса алғанда, саланың әрекеттерін ескере отырып, бүгінгі саяси жағдайларда энергетикалық жүйелердің қалай дамитынын зерттейді.

<sup>32</sup> Schmidt & Staffell, 2023, Jülich, 2016, Zakeri & Syri, 2015

<sup>33</sup> International Energy Agency, Batteries and Secure Energy Transition, 2024

калық жинақтау жүйесін әзірлеу шығындары үшін өте маңызды және жобаға жеке шығындардың кең ауқымына әкеледі; BESS сақтау жүйесі гидравликалық жинақтау жүйесіне қарағанда стандартталған жобалық жоба мен процесс үшін жақсырақ.

Жылуды сақтау – бұл тағы бір перспективалы технология, бірақ көп жағдайда ол электр энергиясын емес, соңғы өнім ретінде жылу шығарады, сондықтан оны LCOE негізінде салыстыру қиын.

Гравитациялық сақтау аккумуляторды сақтауға қарағанда аз дамыған және ерте жобалардың шығындарын бағалау әр түрлі.

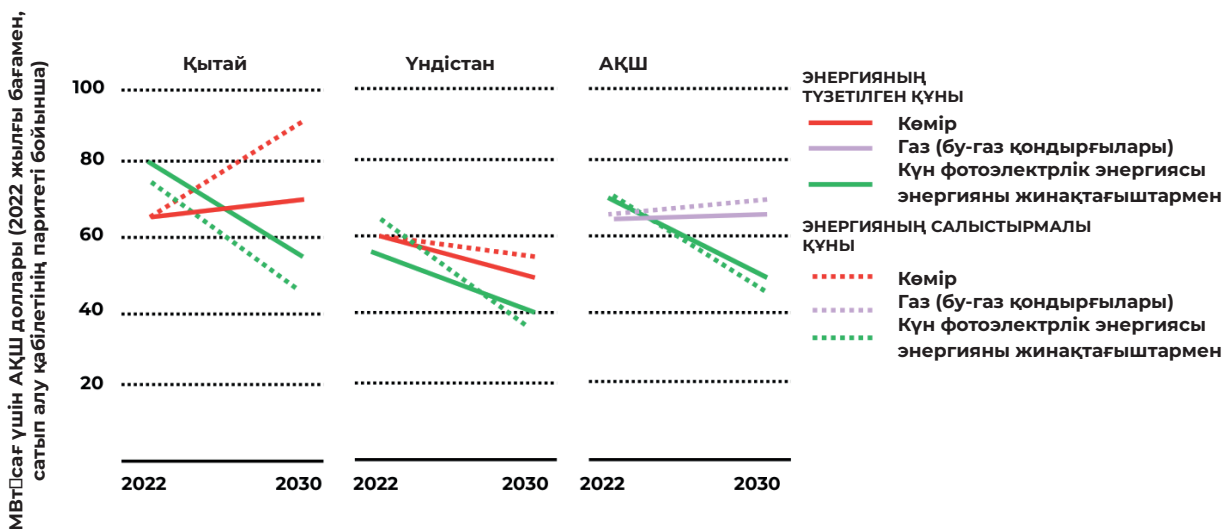
Күн электр станциясымен біріктірілген өнеркәсіптік масштабтағы BESS жүйелері<sup>33</sup>

Қайта зарядталатын батарея күн фотоэлектрлік жүйелерімен жұптастырылған кезде жақсы жұмыс істейді: ол шарттар өзгерген кезде өз өнімдерінің құнын арттыру үшін тиімді зарядталып, зарядсыздануы мүмкін және ол мыңдаған циклдерге арналған, бұл оған он жыл немесе одан да көп уақыт бойы күніне бір немесе бірнеше циклмен күресуге мүмкіндік береді. Батарея жинағын күн фотоэлектрлік жүйелерімен біріктіретін үлгі жобаның жаһандық орташа LCOE – қуаты 100 МВт күн фотоэлектрлік жүйелерімен жұптастырылған 20 МВт/80 МВт·сағ батарея, 2022 жылы МВт·сағ үшін 75 доллардан 2030 жылы STEPS-те МВт·сағ үшін 45 долларға дейін төмендейді,

төмеудеу 40% құрады. Бұл 2030 жылға қарай аккумуляторлық батареяларда энергияны сақтау шығындарының шамамен 40%-ға төмендеуін, 2030 жылға қарай коммуналдық масштабтағы күн фотоэлектрлік қондырғыларының шығындарының шамамен 35%-ға төмендеуін біріктіреді. Технологияны одан әрі дамыту және инновация бұл жобаның орташа құнын 2050 жылы МВт·сағ үшін 35 долларға дейін төмендетеді, бұл қазіргі деңгейден 50%-дан аз.

Күн фотоэлектрлік жүйелерімен жұптастырылған аккумуляторлардың бәсекеге қабілеттілігін басқа энергетикалық технологиялармен салыстырғанда бағалау кезінде олардың жұмысындағы айтарлықтай айырмашылықтар тек LCOE қарастыру жеткіліксіз екенін білдіреді. Мұндай жағдайларда бағалау энергия жүйелеріне салынған салымның құнын, сондай-ақ технологиялардың құнын қарастыруды талап етеді. Global Energy and Climate моделінде энергетикалық технологиялардың бәсекеге қабілеттілігі энергетикалық нарықтарға қосқан үлесі, икемділік қызметтері және қуаттың жеткіліктілігі тұрғысынан болжамды LCOE жүйенің технологиясымен біріктіретін әрбір технология үшін LCOE түзетілген құнына негізделген. Бұл технологияның бәсекеге қабілеттілігі және инвесторлардың әлеуетті жобалардың шығындарын да, күтілетін кірістерін де бағалауы туралы жүйелі түсінік береді. Күн фотоэлектрлік жүйелерімен жұптастырылған LCOE аккумуляторларының түзетілген құнын осы құрылым шеңберінде

**55-диаграмма – LCOE және күн фотоэлектрлік жүйелеріне құнын түзетумен LCOE, сонымен қатар жекелеген аймақтарда аккумуляторлық батареяларға, көмірге және табиғи газға арналған түзетілген, STEPS сценарийі, 2022-2030 жж.**



Ескертпе: LCOE = электр энергиясының ағымдағы құны; VALCOE = құнын түзетумен LCOE; MER = нарықтық айырбас бағамы; БГҚ = аралас циклді газ турбинасы. Жинақтағышы бар күн фотоэлектрлік жүйесі = 4 сағаттық аккумуляторлық батареямен біріктірілген, күн фотоэлектрлік қуатының 20%-на дейін масштабталатын фотоэлектрлік қондырғы.

Дереккөз: Batteries and Secure Energy Transitions, Халықаралық энергетикалық агенттік, 2024.

бағалауға және энергетикалық технологияның барлық түрлерімен салыстыруға болады.

BESS жүйелері бар күн фотоэлектрлік жүйелері қазірдің өзінде кейбір нарықтарда көмір және табиғи газбен жұмыс істейтін электр станцияларымен бәсекелеседі. STEPS сценарийінде LCOE түзетілген құнын салыстыру негізінде оның бәсекеге қабілеттілігі жақын арада көптеген жетекші нарықтарға таралып, өсудің үлкен әлеуетін ашады деген қорытынды жасауға болады. Қытайда аккумуляторлық батареялары бар LCOE күн фотоэлектрлік жүйелерінің түзетілген құны шамамен 2025 жылы STEPS сценарийінде көмір энергетикасынан төмен түседі. Үндістанда аккумуляторлық батареялары бар күн фотоэлектрлік жүйелері көмірге қарағанда бәсекеге қабілетті және алдағы жылдары да сол күйінде қалады. Америка Құрама Штаттарында аккумуляторлық батареялармен күн фотоэлектрлік жүйелері жаңа тиімді газ электр станцияларын 2025 жылға дейіне ығыстырады және 2030 жылға қарай олардың артықшылығын айтарлықтай арттырады. Еуропалық одақта аккумуляторлық батареялары бар күн фотоэлектрлік жүйелері табиғи газбен жұмыс істейтін электр станцияларын оңай ығыстырады, бұл ішінара Еуропалық одақтағы табиғи газдың салыстырмалы түрде жоғары бағасына және газ электр станциялары үшін салыстырмалы түрде төмен пайдалану көрсеткіштеріне және CO<sub>2</sub> шығарындыларының айтарлықтай бағасына байланысты.

Күн фотоэлектрлік жүйелерімен жұптастырылған аккумуляторлар бүгінгі күні сатылымда болатын басқа шығарындылары төмен электр көздерімен

салыстырғанда өте бәсекеге қабілетті. LCOE құны бойынша түзетілген күн фотоэлектрлік жүйелері және аккумуляторлық батареялар бүгінгі нарықтардың көпшілігінде атом энергетикасынан айтарлықтай төмен, дегенмен ол Қытайда 2025 жылға дейін STEPS-те бұл шектен өтпейді. Оның ең жақын бәсекелестері күн фотоэлектрлік жүйелері, көптеген нарықтардағы жердегі ЖЭС және Қытай мен Еуропалық Одақтағы теңіз желдері болып табылады. 2030 жылға қарай күн фотоэлектрлік жүйелері және STEPS-тегі аккумуляторлық батареялар АҚШ, Еуропалық одақ, Қытай және Үндістандағы күн фотоэлектрлік жүйелеріне тең немесе одан төмен болатын LCOE құнына түзетуге ие болады, бұл ретте батареямен қамтамасыз етілген қосымша құн оның қосылған құнын толығымен өтейді. Бұл осы нарықтардағы күн фотоэлектрлік жүйелерінің жаңа жобалары үшін ең үнемді нұсқа аккумуляторлық батареялармен үйлесуі мүмкін екенін көрсетеді.

2030 жылдан кейін қосымша төмен эмиссиялық энергетикалық технологиялар коммерцияландыру жолында болады, соның ішінде көміртекті алу, сутегі және аммиак, сондай-ақ шағын модульдік реакторлар сияқты озық ядролық құрылымдар. Бұл технологиялардың құны азырақ анықталғанымен, олар әлемнің көптеген аймақтарында күн фотоэлектрлік жүйелерімен және аккумуляторлық батареялармен сәтті бәсекелесу қиынға соғуы мүмкін.

# 10

## 5-бөлім.

### ҚР БЭЖ-де ЭЖЖ енгізу бойынша ұсынымдар

#### 5.1. ЭЖЖ қойылатын техникалық талаптар бөлігінде ұсынымдар

Қазақстанда ЭЖЖ енгізу өсіп келе жатқан ЖЭК үлесі жағдайында энергия жүйесінің тұрақтылығы мен сенімділігін қамтамасыз ету үшін аса маңызды қадам болып табылады. ЭЖЖ ЖЭК өндірісіндегі тербелістерді тегістеуге, энергия жүйесінің икемділігін арттыруға және электр энергиясына сұраныс пен ұсынысты басқарудың жаңа мүмкіндіктерін жасауға мүмкіндік береді.

Халықаралық тәжірибе мен қазақстандық энергожүйенің ерекшелігін ескере отырып, ЭЖЖ қойылатын нақты техникалық талаптарды әзірлеу осы технологияны табысты интеграциялау жолындағы негізгі қадамдардың бірі болып табылады. Ол үшін нарықтық жағдайларды қоса алғанда, ЭЖЖ талаптарын реттейтін нормативтік құқықтық актілерді пысықтау қажет.

Пайдалану барысында энергожүйені жобалау, орнату, пайдалану, қызмет көрсету және интеграциялау мәселелерін қоса алғанда, ЭЖЖ-мен жұмыс тәжірибесін жинақтау қажет.

Технологияларды дамыту процесінде энергетика саласы мамандарының ЭЖЖ саласындағы құзыреттерін арттыру, сондай-ақ озық тәжірибелерді Қазақстан жағдайларына бейімдеу талап етіледі.

ЭЖЖ қойылатын техникалық талаптар энергия жүйесіне ЖЭК тиімді интеграциялануын қамтамасыз етуде шешуші рөл атқарады. Бұл талаптар мыналарды ескеруі қажет:

1. Энергия жүйесінің сипаттамалары: желі конфигурациясы, генерация сипаттамалары, жұмыс режимдері, тұтынудың болжамды өсуі және т.б.
2. ЖЭК ерекшелігі: өндірістің тұрақсыздығы, желінің баланстық сенімділігі мен жұмыс режимдеріне әсері, теңгерімсіздіктердің пайда болу әлеуеті.
3. Қолданыстағы генерациялау мүмкіндіктері: көмір электр станцияларының шектеулі маневрлігі, ЖЭК резервтеу қажеттілігі, когенерация әлеуеті.

4. Электр энергиясының сапасына қойылатын талаптар: жиілік пен кернеудің тұрақтылығын сақтау, инерция мен қысқа тұйықталу қуатын қамтамасыз ету.

#### ЭЖЖ түрін таңдау кезінде келесі әрекеттерді орындау қажет:

1. Нақты жағдайлар мен тапсырмалар үшін ең қолайлы ЭЖЖ түрін мұқият таңдау (литий-ионды, ағынды батареялар, ГАЭС, жылу жинақтағыштар, сутегі жүйелері және т.б.).
2. Құны, энергия тығыздығы, жауап беру уақыты, қызмет ету мерзімі, экологиялық аспектілер сияқты әр технологияның артықшылықтары мен кемшіліктерін ескеру.
3. ЭЖЖ түрін таңдағанда, жылына толық заряд/разряд циклдерінің санын ескеру қажет.
4. ЭЖЖ құнын талдау, инвестицияларды қайтару тетіктері, электр энергиясы мен қосалқы қызметтер нарығына қол жеткізу.
5. Өзінің қажеттіліктеріне электр энергиясын тұтынуды бағалау және оның иесі өтейтін ЭЖЖ технологиялық шығындары.

#### Негізгі техникалық ұсынымдар Желіні қалыптастыру:

ЭЖЖ инверторлары (PCS) ЖЭК үлесі жоғары аудандарда электр желісінің тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін желіні (grid forming – GFM) қалыптастыру мүмкіндіктеріне ие болуы керек.

#### Желіні қалыптастыру бөлігінде ЭЖЖ инверторларына қойылатын талаптар:

Желіні қалыптастыратын ЭЖЖ ішкі кернеу амплитудасымен, фазалық бұрышымен және ішкі кедергісімен сипатталатын ішкі кедергісі бар кернеу көзі ретінде әрекет ете алуы керек.

Егер желіде бұзылулар пайда болса және ЭЖЖ тогының мүмкіндіктері мен шектері әлі асып кетпесе, кернеудің лездік сипаттамалары кернеудің амплитудасы мен фазалық бұрышын ұстап тұруға қабілетті

болуы керек, ал қосылу нүктесінде кернеу бұрышы немесе модулі секіреді.

Жүйеде шамадан тыс кернеу болған жағдайда, GFM инверторлары оның күрт төмендеуіне жол бермей, белсенді қуаттың тұрақты берілуін қамтамасыз етуі керек. Бұл қауіпті жиіліктің ауытқуын болдырмайды.

Егер ток шегіне жетсе, GFM қатысуы толығымен жоғалмауы керек, оны электр желісінің бұзылған және бұзылмаған бөлігінде үздіксіз ұстап тұру керек. Алайда, мұндай жағдайларда GFM мінез-құлқының арнайы алгоритмдеріне жол беріледі.

ЭЖЖ, қалыптастырушы желі, жүйелік оператор, оның ішінде ЖҚАР арқылы берілген белсенді және реактивті қуат бойынша нұсқаулықтарды орындай алуы керек.

Желіні қалыптастыратын ЭЖЖ желіні қалыптастыру режимінен жүйелік оператордан команда арқылы желіні қадағалау режиміне (grid following) ауыса отырып, желіні қалыптастыру режимін (grid forming) өшіре алуы керек.

ЭЖЖ баптау диапазоны 0-ден 10 с дейінгі инерцияны сақтауға қатысуы керек.

ЭЖЖ жиіліктің ауытқуын берілген диапазондарда, кем дегенде 100 Гц дейін ұстап тұруға қатыса алуы керек.

ЭЖЖ белсенді қуаттың немесе кернеудің синхронды тербелістерін өшіре алуы керек. ЭЖЖ белсенді және реактивті қуатты басқару арқылы қуат тербелістерін әлсіретуге көмектесетін қуат тербелістерін сөндіру функциясына ие болуы керек. Қуат тербелістерін демпферлеу 0,1 ±1,0 Гц диапазонындағы аймақаралық тербелістерді өшіру мүмкіндігіне ие болуы керек. Желіні құрайтын электр станциясының кернеуі мен реактивті қуатын басқару сипаттамалары қуаттың ауытқуын күшейтпеуі керек. Аймақаралық тербелістерден басқа, ЭЖЖ 100 Гц жиіліктегі жел турбиналары арасындағы тербелістерді де өшіруі керек. Нәтижесінде ұсынылған тербелісті басу диапазоны 0,1 Гц-тен 100 Гц-ке дейін құрайды.

ЭЖЖ өшірілгеннен кейін жүйені қалпына келтіру үшін толығымен тоқсыз күйден (black start) іске қосу мүмкіндігіне ие болуы керек. Толық қуат жинау бірнеше минут ішінде аяқталуы керек.

ЭЖЖ электр желісінің өткізу қабілетін арттыру немесе сақтау үшін апатқа қарсы басқаруға қатыса алады.

#### **ЭЖЖ үшін ұсынылатын кернеу деңгейлері:**

IEC 60038-де көрсетілген мәндерге сәйкес BESS ұсынылған кернеу мәндері келесідей:

1. төмен кернеу: 1 кВ айнымалы токқа дейін;
2. орташа кернеу: 10 кВ-тан 35 кВ айнымалы токқа дейін;
3. тұрақты ток жүйесіндегі кернеу деңгейі: 1250 В.

#### **Жиілік пен кернеудің ауытқуларына төзімділік:**

1. BESS желіге қосылу ережелерінде сипатталған-дай қалыпты және қалыптан тыс жұмыс жағдайында желіге қосылу нүктесіндегі жиілік пен кернеудің ауытқуларына төтеп беруі керек.

2. BESS желіге қосылу ережелерінің талаптарына сәйкес желінің жиілігі мен кернеуінің тұрақтылығын сақтауы керек.

#### **Белсенді қуат пен жиілікті басқару:**

ЭЖЖ тұрақсыз ЖЭК генерациясынан туындаған тербелістердің орнын толтыру үшін жиілікті реттеу мүмкіндіктеріне ие болуы керек. Жиілік тапшылығы жағдайында қолдауды қамтамасыз ету кезінде өндірісті барынша арттыру үшін ЖЭК жобаларына BESS қосу қажет.

BESS жиілігі мен қуатын автоматты реттеу жүйесімен бірлесіп жұмыс істейтін ЖЭК гибриді станциясын қосу ЖЭК электр энергиясын өндіру әлеуетін жоғалтуға әкеп соқпауы тиіс. BESS жиілігі мен қуатын реттей алады, ал ЖЭК қуаттың 100% өндіре алады. Бұл әр түрлі сценарийлер негізінде жобаны егжей-тегжейлі зерттеуді қажет етеді. BESS жиілікті бастапқы және қайталама реттеу үшін пайдаланылуы мүмкін. Алайда, реттеудің осы түрлері үшін BESS бір уақытта пайдалану үшін егжей-тегжейлі есептеулер мен тиісті бақылауды ұйымдастыру қажет. Бастапқы жиілікті реттеу жиілікті ұстап тұру резервімен жүзеге асырылады, ал қайталама жиілікті реттеу жиілікті қалпына келтіру немесе қуат ауытқуларын азайту резервімен жүзеге асырылады.

1. Жиілікті реттеуге қойылатын талаптар:

– жылдам жауап беру уақыты (белсенді қуатты басқару сигналын басқаратын автоматикаға байланысты миллисекундтар/секундтар); егер GFM болса, есептеу инвертор деңгейінде жүзеге асырылады, бұл жауап әрекетті 5 мс жылдамырақ қамтамасыз етеді);

– Жүйелік оператормен келісілген алдын ала анықталған жауап әрекет қисықтары негізінде жиіліктің ауытқуына байланысты қуатты тұтыну/генерациялау мүмкіндігі;

– реттеу жылдамдығы мен көлемі бойынша жүйелік оператордың талаптарына сәйкестігі;

– Минутына немесе бірнеше секунд ішінде Phom белсенді қуатының 10%-дан 100%-ға дейінгі мәні бар реттелетін өзгеру жылдамдығы ұсынылады. Алайда, нақты мән BESS аппараттық құралына және желінің тұрақтылығына өте жылдам өзгеру жылдамдығының әсерін шектеу үшін жүйелік оператормен көрсетілуі және келісілуі керек.

2. Жиілікті тиімді реттеуді қамтамасыз ету үшін ЭЖЖ зарядының жеткілікті деңгейін ұстап тұру.

3. ЭЖЖ бақылағыш немесе жергілікті SNE EMS жүйесі арқылы жүйелік оператордан белсенді қуатты реттеудің берілген режимін ала алуы керек.

4. Команда бойынша электр энергиясын жинақтау/беру жылдамдығы номиналды қуаттан кемінде 10%/мин, ал электрохимиялық жүйелер үшін – кемінде 100%/мин болуы тиіс<sup>34</sup>.

5. Жылына толық заряд/разряд циклдерінің ең аз саны – тәулігіне циклдар саны бойынша шектеусіз 400-ден кем емес<sup>35</sup>.

6. Жиілікті реттеу кезінде зарядтың минималды деңгейі техникалық талаптарға сәйкес есептелуі керек, бірақ жалпы сыйымдылықтың 10%-ынан аспауы тиіс<sup>36</sup>.

7. ЖЭК белсенді қуатын өндіруді нөлге дейін төмендету уақыты TSO (transmission system operator) диспетчерлік командасынан объектідегі қуатты тиімді төмендетуге дейін есептегенде 3 секундтан аспауы тиіс.

8. ЭЖЖ бірлесіп жұмыс істейтін ЖЭК гибриді станциясын жиілік пен қуатты автоматты реттеу жүйесіне қосу ЖЭК электр энергиясын өндіру әлеуетін жоғалтуға әкеп соқпауы тиіс. ЭЖЖ жиілік пен қуатты реттеу үшін пайдаланылуы керек, ал ЖЭК 100% қуат өндіре алады. Мұны қамтамасыз ету үшін әр түрлі сценарийлер негізінде жобаны егжей-тегжейлі зерттеу қажет.

9. ЭЖЖ белсенді қуатты бастапқы, қайталама және үшінші реттік реттеу үшін пайдалануға болады. Алайда, реттеудің барлық үш түрі үшін ЭЖЖ бір уақытта пайдалану үшін егжей-тегжейлі есептеулер жүргізу және тиісті басқаруды ұйымдастыру қажет.

#### **Қуаттың өзгеру жылдамдығын басқару:**

1. ЭЖЖ-де желінің тұрақтылығын сақтау үшін белсенді қуаттың өзгеру жылдамдығын басқару мүмкіндігі болуы керек.

2. Тарату жылдамдығын басқаруға қойылатын талаптар:

- жүйелік оператор белгілеген қуаттың өзгеру жылдамдығының шектеріне сәйкестігі;
- энергия жүйесінің оңтайлы жұмысын қамтамасыз ету үшін жүйелік оператормен үйлестіру.

#### **Жиілікті қалпына келтіру резерві/қайталама жиілікті реттеу талаптары:**

- жылдам жауап беру уақыты (бірнеше секунд);
- жүйелік оператордан алынған қуат мөлшеріне байланысты электр энергиясын тұтыну/өндіру мүмкіндігі;
- жиілікті тиімді реттеуді қамтамасыз ету үшін BESS зарядының жеткілікті деңгейін сақтау;
- бастапқы реттеу ставкаларымен салыстырғанда өзгеру жылдамдығы аз. Өзгерістің өте жылдам жылдамдығының желі тұрақтылығына және BESS аппараттық құралына әсерін шектеу үшін нақты мәнді көрсетіп, жүйелік оператормен келісу керек.

#### **Аварияға қарсы жағдайды автоматты басқарудың орталықтандырылған жүйесі**

– Орталықтандырылған аварияға қарсы автоматты басқару жүйесінен командалық желіден/желіден жылдам өшіру/толық жүктеу. Әдетте, жауап беру уақыты шамамен 1 с құрайды. Алайда нақты мән BESS жабдығына және желінің тұрақтылығына әсерін шектеу үшін апатқа қарсы басқару жүйесімен көрсетілуі және келісілуі керек.

#### **Реактивті қуат және кернеуді бақылау:**

Реактивті қуат пен кернеуді басқаруға әр түрлі BESS функциялары және/немесе конденсатор батареялары сияқты қосалқы жабдықтар арқылы қол жеткізуге болады:

1. Қуат коэффициентін бақылау:

– BESS жүйелік оператор жіберген қуат коэффициентінің нұсқауларын орындайды. Жауап беру уақыты көрсетілуі және жүйелік оператормен келісілуі керек.

2. Реактивті қуатты бақылау:

– BESS жүйелік оператордан реактивті қуат параметрлерін ұстанады. Жауап беру уақыты көрсетілуі және жүйелік оператормен келісілуі керек. Ол әдетте 10-30 с диапазонында болады.

3. Кернеуді бақылау:

– BESS кернеу параметрлерін және жүйелік оператор жіберген кернеудің төмендеу параметрлерін ұстанады. Жауап беру уақыты көрсетілуі және жүйелік оператормен келісілуі керек.

#### **Техникалық стандарттар және қауіпсіздік:**

Қазақстанда қауіпсіздік пен стандарттарға қатысты мынадай қадамдар ұсынылады, оларды ұлттық деңгейде қабылдау қажет:

1. IEC 62619, UL 9540A, IEC 62133, UL 1973, IEEE 2030.2, IEC 61427, IEEE 1679.1, IEC 62933-2-1, IEEE 1547 сияқты ЭЖЖ қауіпсіздігін, өнімділігін мен сенімділігін реттейтін халықаралық стандарттарға сәйкес келу қажеттілігі.

2. Қызып кетудің, жылулық үдеудің, шамадан тыс зарядтаудың, терең разрядтың және қысқа тұйықталудың алдын алу үшін қауіпсіздік шараларын қамтамасыз ету.

3. Қазақстанның энергожүйесінің ерекшелігіне бейімделген ұлттық стандарттарды әзірлеу.

4. ЭЖЖ пайдалануға берілмес бұрын зарядтың, коммуникациялардың жай-күйін тексеруді және берілген параметрлері бар электр энергиясының жинақталуының (зарядының) және берілуінің (разрядының) 2-4 толық циклді жүргізуді қамтитын

<sup>34</sup> Электр станциялары мен желілерін техникалық пайдалану ережелері осы көрсеткіштердің болуын талап етеді

<sup>35</sup> 27-сілтемені қараңыз.

<sup>36</sup> 27-сілтемені қараңыз.

кешенді сынама жүргізу қажет.

5. Жылына ЭЖЖ дайындығының ең төменгі коэффициенті – кемінде 0,92<sup>37</sup>.

#### **Модульдік және масштабталу:**

1. Икемділікті, масштабтауды және техникалық қызмет көрсетудің қарапайымдылығын қамтамасыз ету үшін ЭЖЖ модульдік конструкциясын қолданған жөн.

2. Қажеттілік өскен сайын ЭЖЖ қуаты мен сыйымдылығын кеңейту мүмкіндігін қамтамасыз ету қажет.

3. Болашақта желінің әлсіз шиналарындағы қорғаныс жүйелерін немесе қуатты қолдау үшін қысқа тұйықталу тогы немесе реактивті қуат қажет болуы мүмкін болса, қондырғыда көбірек түрлендіргіштерді (PCS) орнату икемділігін қамтамасыз ету қажет.

4. Ақаулы модульдерді ауыстырудың жеңілдетілген процедурасының мүмкіндігі қамтамасыз етілуі керек.

#### **Үйлесімділік және өзара әрекеттесу:**

1. ЭЖЖ қолданыстағы желілік инфрақұрылыммен және басқару жүйелерімен үйлесімділігін қамтамасыз ету.

2. Жүйелік оператормен және нарықтың басқа қатысушыларымен деректер алмасу үшін коммуникациялық мүмкіндіктердің болуы.

#### **Заряд/разряд циклдері және пайдалану:**

1. Жылына толық зарядтау/разряд циклдерінің саны пайдалану сценарийіне байланысты, ал тәулігіне циклдердің максималды санын пайдалану жағдайын, батарея өнімділігін және терморегуляция жүйесінің өлшемін ескере отырып, BESS жүйесінің провайдері анықтайды.

2. BESS қолжетімділігі пайдалану сценарийі, қоршаған орта жағдайлары, техникалық қызмет көрсету жоспары және т.б. сияқты көптеген факторларға байланысты.

### **5.2. Нормативтік базаға өзгерістер енгізу бойынша ұсынымдар**

#### **5.2.3. ЭЖЖ реттейтін қолданыстағы заңнамаға өзгерістер**

2024 жылы бірқатар нормативтік құқықтық актілердің қабылдануы энергияны жинақтау жүйелеріне (ЭЖЖ) байланысты мәселелерді реттеудің құқықтық негізі болды. Атап айтқанда, «ҚР кейбір заңнамалық актілеріне жылу энергетикасы, электр энергетикасы және реттеліп көрсетілетін қызметтер мәселелері бойынша өзгерістер мен толықтырулар

енгізу туралы» 2024 жылғы 8 шілдедегі №121-VIII Заңына сәйкес «Жаңартылатын энергия көздерін пайдалануды қолдау туралы» ҚР Заңына «энергияны жинақтау жүйесі» ұғымы енгізілді және ЭЖЖ-мен жарақтандырылған жаңартылатын энергия көздерін пайдалану жөніндегі жаңа объектілерді салу жөніндегі жобаларды іріктеуге аукциондық сауда-саттық өткізу мүмкіндігі көзделді. Бұдан басқа, «ҚР Энергетика министрінің кейбір бұйрықтарына өзгерістер мен толықтырулар енгізу туралы» ҚР Энергетика министрінің 2024 жылғы 14 қазандағы № 367 бұйрығы қабылданды, оған сәйкес электр станциялары мен желілерін техникалық пайдалану қағидалары мен электр желілері шеңберінде ЭЖЖ жұмысының негізгі параметрлері мен қағидаларын белгілейтін толықтырулар енгізілді.

Бұл түзетулерді қабылдау ЭЖЖ дамуының алғашқы қадамы болып табылатынына және сектор үшін оң сигнал ретінде әрекет ететініне қарамастан, қабылданған нормалардың бір бөлігі түзетуді қажет етуі мүмкін.

Осылайша, электр желілік қағидалардың 4 және 9-тармақтарына сәйкес 5 МВт мәлімделген электр қуаты бар энергия өндіруші ұйымдар үшін электр желісіне қосылу шарты электр станциясының қуатын беру схемасын әзірлеу және әзірленген қуат беру схемасына сәйкес энергия беруші ұйымның техникалық шарттарының талаптарын орындау болып табылады.

Бұл ретте жоғарыда көрсетілген бұйрықпен, басқалармен қатар, электр станциясының қуатын беру схемасының мазмұны бойынша электр желілік қағидаларға толықтырулар (№3 қосымша), атап айтқанда келесі позициялар енгізілді:

«...»

2-1) электр энергиясын жинақтаудың электр-химиялық жүйелерінің тозуының орнын толтыруды ескере отырып, электр энергиясын жинақтау жүйелерінің жыл сайынғы қолда бар қуаты мен сыйымдылығының көлемі;

2-2) электр энергиясын жинақтау жүйелерінің жыл сайынғы дайындық коэффициенті;

...

15) дайындаушы зауыттардың нұсқаулықтарымен берілген электр энергиясын жинақтау жүйелерінің техникалық сипаттамалары, оның ішінде жауап беру уақыты, тәулігіне, айына, жылына электр энергиясын беру (разряд) жинақтау (заряд) циклдерінің саны».

Заңнаманың нормаларын сөзбе-сөз түсіндіруге сүйене отырып, енгізілген толықтырулар барлық энергия өндіруші ұйымдар мен бірінші кезекте жаңартылатын энергия көздерін пайдаланатын энергия өндіруші ұйымдар электр станцияларында

<sup>37</sup> C27-сілтемені қараңыз.

ЭЖЖ орнатуға міндетті екенін білдіреді.

ЖЭК ЭЖЖ объектілерін қамтамасыз ету қажеттілігі мәселесі ЖЭК генерациясының өсуі жағдайында энергия жүйесінің тұрақты жұмысына қажеттілікке байланысты, яғни генерациядағы ЖЭК үлесі көрсеткіштерінің жетістіктері мен энергия жүйесінің тұрақтылығы арасындағы теңгерімді сақтау талап етіледі.

Сонымен қатар, бұл тәсіл бірқатар себептерге байланысты даулы болып көрінеді. Бірінші кезекте, 2023 жылғы шілдеде электр энергиясының теңгерімдеуші нарығының нақты уақыт режимінде іске қосылуына байланысты. Осыдан кейін 2023 жылғы 1 шілдеден кейін ҚЕАО-мен ұзақ мерзімді шарт жасасқан немесе мұндай ұзақ мерзімді шарты жоқ ЖЭК пайдаланатын энергия өндіруші ұйымдар жоспарлы генерациядан жіберілген ауытқулар үшін жауап беруі тиіс. Тағы бір аспект – ЖЭК пайдаланатын энергия өндіруші ұйымдардың ауытқулары басқа құралдардың есебінен өтелуі мүмкін, мысалы, резервтік маневрлік генерациялау жобасы шеңберінде бірлесіп іске асыру немесе ЖЭК-ті бір теңгерім провайдерінің астында маневрлік генерациямен біріктіру. Басқаша айтқанда, заңнама ЖЭК пайдаланатын энергия өндіруші ұйымдарды генерациядағы ауытқуларды азайтуға ынталандырады, ал электр желісінің ережелеріне жаңа түзетулер ЖЭК пайдаланатын энергия өндіруші ұйымдарды қандай құралдардың арқасында генерацияның үлкен тұрақтылығына қол жеткізу құқығынан айырады.

Осыған байланысты электр желісінің ережелері электр станциясының қуатын беру схемасының мазмұнынан ЭЖЖ міндетті болуына қатысты ережелерді алып тастау бөлігінде қайта қаралуы керек деп есептеледі. Баламалы нұсқа ЭЖЖ-не қатысты ережелер генерацияның ауытқуларын өтеудің өзге нұсқалары болмаған кезде электр станциясының қуатын беру схемасына енгізілетіні туралы ескертпе енгізу болуы мүмкін.

Перспективада ЭЖЖ реттейтін заңнаманың қолданыстағы нормаларын өзгерту жөніндегі жұмыстың тағы бір бағыты энергожүйенің нақты жағдайындағы ЭЖЖ жұмысын ескере отырып, сондай-ақ ЭЖЖ саласындағы технологиялардың дамуын назарға ала отырып, ЭЖЖ-не қойылатын параметрлер мен талаптарды қайта қарау болуы мүмкін.

Электр энергиясының көтерме сауда нарығында жұмыс істейтін ірі ЭЖЖ-не және электр энергиясының бөлшек сауда нарығында пайдаланылатын қуаты аз ЭЖЖ-не қойылатын реттеу мен талаптарды ажырату мәселесі жеке пысықтауды талап етеді. Қуаты аз ЭЖЖ үшін реттеу барынша жеңілдетілген сипатқа ие болуы тиіс және тарату электр желілері мен бөлшек сауда нарығы тұтынушыларының қауіпсіздігіне теріс әсерді болдырмау мақсаттарына ғана бағытталуы қажет.

#### 5.2.4. Қолданыстағы заңнамаға жалпы өзгерістер

ЭЖЖ жобаларын іске асыруға байланысты қатынастарды тиісті құқықтық реттеуді қамтамасыз ету үшін, ең алдымен, тұжырымдамалық аппаратты қалыптастыру қажет.

«Қазақстан Республикасының кейбір заңнамалық актілеріне жылу энергетикасы, электр энергетикасы және реттеліп көрсетілетін қызметтер мәселелері бойынша өзгерістер мен толықтырулар енгізу туралы» 2024 жылғы 8 шілдедегі № 121-VIII Заңымен, «Жаңартылатын энергия көздерін пайдалануды қолдау туралы» ҚР Заңымен енгізілген ЭЖЖ анықтамасына қосымша бұл ұғымды «Электр энергетикасы туралы» ҚР Заңына, сондай-ақ ЭЖЖ реттеуге бағытталған заңға тәуелді нормативтік құқықтық актілерге енгізу қажет. Сол сияқты, ЭЖЖ иеленуші немесе басқарушы тұлғалардың құқықтық мәртебесін бекіту үшін электр энергиясын сатып алу және сату функцияларын көрсете отырып, ЭЖЖ пайдаланушы ұйым/оператор деген терминді белгілеу қажет. Сондай-ақ, электр энергиясының көтерме сауда нарығы субъектілерінің құрамы оған ЭЖЖ пайдаланушы ұйымдарды/операторларды қосу жолымен өзгертілуге жатады. Қуаты бойынша ЭЖЖ ажырату туралы жоғарыда келтірілген ұсынымды орындау мақсатында заңнамада мыналарға жатқызудың тиісті өлшемшарттарын белгілей отырып, қуаты аз ЭЖЖ терминін көздеу қажет.

Қазіргі уақытта заңнама электр энергетикасы саласындағы әр түрлі қызмет түрлерін, соның ішінде электр энергиясын өндіруді, беруді, бөлуді, тұтынуды көздейді. ЭЖЖ ерекшелігін ескере отырып, ҚР «Электр энергетикасы туралы» Заңында, сондай-ақ ЭЖЖ реттейтін заңға тәуелді нормативтік құқықтық актілерде қызметтің жаңа түрлерін, атап айтқанда электр энергиясын жинақтау мен сақтауды көздеу қажет.

Сондай-ақ, ЭЖЖ пайдалана отырып жобалардың инвестициялық тартымдылығын арттыру мақсатында электр энергиясын жинақтау және сақтау жөніндегі қызметті ҚР Кәсіпкерлік кодексінде көзделген инвестициялық преференциялар қолданылатын қызметтің басым түрлерінің тізбесіне енгізу ұсынылады. Бұл – кедендік әкелу баждарын салудан, қосылған құн салығын төлеуден, мемлекеттік заттай грант беруден және басқалардан босату. Осыған байланысты Қазақстан Республикасы Үкіметінің 2016 жылғы 14 қаңтардағы № 13 қаулысымен бекітілген қызметтің басым түрлерінің тізбесіне және Қазақстан Республикасы Сауда және интеграция министрлігінің Техникалық реттеу және метрология комитетімен бекітілген ҚР СК 03-2019 экономикалық қызмет түрлерінің жалпы жіктеуішіне өзгерістер мен толықтырулар енгізу қажет.

### 5.2.5. Энергияны жинақтаудың аккумуляторлық жүйелері (BESS) жобаларын іске асырудың жекелеген құқықтық тетіктері бойынша өзгерістер

#### 1) Жинақтағыштармен ЖЭК аукциондық сауда-саттығы

Жоғарыда көрсетілгендей, «Жаңартылатын энергия көздерін пайдалануды қолдау туралы» ҚР Заңы ЭЖЖ-мен жарақтандырылған жаңартылатын энергия көздерін пайдалану жөніндегі жаңа объектілерді салу жөніндегі жобаларды іріктеуге аукциондық сауда-саттық жүргізу мүмкіндігін көздейді.

Сонымен қатар, аукциондарды сәтті өткізу және осындай жобаларды іске асыру үшін ЭЖЖ-мен жабдықталған жаңартылатын энергия көздерін пайдалану объектілерінің ерекшеліктерін ескеру қажет, бұл ретте ҚЕАО-мен ұзақ мерзімді шарттар 20 жыл кезеңіне жасалады. бұл ретте ЭЖЖ пайдалану мерзімі (тұрақты деградацияны ескере отырып) айтарлықтай аз. Тиісінше, ұзақ мерзімді ЭЖЖ шартының қолданылу кезеңінде жаңартылатын энергия көздерін пайдалану жөніндегі объектілер толығымен жаңартылады. Бұдан басқа, ЭЖЖ жаңартылатын энергия көздерін пайдалану жөніндегі объектілерді жарақтандыру жобалардың айтарлықтай қымбаттауына әкеп соғады.

Осыған байланысты, ЭЖЖ жарақтандырылған жаңартылатын энергия көздерін пайдалану жөніндегі объектілердің тариф белгілеуінде жоғарыда көрсетілген ерекшелікті ескеру қажет. ЭЖЖ деградациясын және оларды ҚЕАО-мен ұзақ мерзімді шарттың қолданылу процесінде жаңарту қажеттілігін ескере отырып, сондай-ақ ЭЖЖ нарықтық бағаларының өзгергіштігін ескере отырып, ЭЖЖ-мен жабдықталған жаңартылатын энергия көздерін пайдалану объектілері үшін екі бөліктен тұратын тарифтерді (аукциондық бағаларды) белгілеу мүмкіндігін қарастыру ұсынылады. Бірінші бөлік тұтастай алғанда объектінің өтелуіне және кірістілігіне қатысты болады (ЭЖЖ қоспағанда), ал екіншісі тек ЭЖЖ-не қатысты болады. Бұл ретте ЭЖЖ жаңарту қажеттілігі туындаған кезде екінші бөлік ЭЖЖ жаңарту сәтінде туындайтын шығындарды ескере отырып, қайта қаралуы тиіс (тарифтің бірінші бөлігін өзгеріссіз сақтай отырып).

Мұндай тетікті іске асыру «Жаңартылатын энергия көздерін пайдалануды қолдау туралы» ҚР Заңына екі бөліктен тұратын ЭЖЖ-мен жарақтандырылған жаңартылатын энергия көздерін пайдалану объектілерінің тарифі (аукциондық бағасы) бөлігінде өзгерістер мен толықтырулар енгізуді және Электр энергиясын бірыңғай сатып алушының жаңартылатын энергия көздерін пайдалану объектілері, қалдықтарды энергетикалық көдеге жарату объектілері өндірген электр энергиясын орталықтандырылған сатып алу және сату қағидалары деңгейінде (ҚР Энергетика министрінің 2015 жылғы 2 наурыздағы №164 бұйрығымен бекітілген) егжей-тегжейлі тетікті

бекіте отырып, тарифтің екінші бөлігін қайта қарау тәртібіне жалпы талаптар белгілеуді талап етеді.

Бұдан басқа, ЭЖЖ орнату қажеттілігіне байланысты жобалардың қымбаттауын ескере отырып, шекті аукциондық бағаларды бекіту туралы ҚР Энергетика министрінің 2018 жылғы 30 қаңтардағы № 33 бұйрығын қайта қарау қажет болуы мүмкін.

#### 2) Баға төрелігі

Инвестицияларды қайтару және пайда алу электр энергиясын сатып алу және сату бағасының айырмасы есебінен жүзеге асырылатын ЭЖЖ жобаларын іске асырудың бұл тетігі неғұрлым нарықтық болып көрінеді (электр энергиясын/қуатты басымдықпен сатып алмай). Осыған байланысты заңнамалық реттеу ең төменгі сипатқа ие болуы тиіс және тиісінше заңнамаға айтарлықтай өзгерістер мен толықтырулар талап етілмейді. Осы тетік бойынша іске асырылған ЭЖЖ жобаларын реттеу негізінде «заңмен тікелей тыйым салынбағанның бәріне рұқсат етіледі» құқықтық қағидаты барынша қолданылуы тиіс.

Сонымен қатар, әлеуетті инвесторларды тарту мақсатында «Электр энергетикасы туралы» ҚР Заңында электр энергиясының көтерме сауда нарығына, теңгерімдеуші нарыққа электр энергиясымен (оның ішінде теңгерім провайдері шеңберінде) жалпы негіздерде қатысу мүмкіндігін қамтамасыз ете отырып, жүйелік оператормен қуатты реттеуге шарт жасасу құқығын бере отырып, ЭЖЖ жобалары өз бастамасымен (оның ішінде ЖЭК аукциондарының тетіктері немесе электр қуаты нарығында) жүзеге асырылуы мүмкін екендігі туралы ресми ескертуді қарастырған жөн. Бұл жағдайда ұқсастық «Жаңартылатын энергия көздерін пайдалануды қолдау туралы» ҚР Заңы болуы мүмкін, ол 9-баптың 1-тармағында ЖЭК жобалары ҚЕАО электр энергиясын орталықтандырылған сату тетігі бойынша да, тұтынушылармен еркін екіжақты шарттар негізінде де өткізуі мүмкін екенін көздейді.

Электр энергиясының нормативтік базасы тарихи түрде электр энергиясын сақтау сияқты технологияларды ескере отырып құрылған жоқ. Бұл оның анықтамасына қатысты құқықтық айқындықтың болмауына әкелді. BESS көбінесе энергия өндірудің құрамдас бөлігі ретінде қарастырылады және нәтижесінде дәстүрлі генерациялау қондырғылары сияқты бірдей талаптарға / лицензиялауға / рұқсаттарға / желілік төлемдерге бағынады. Алайда, бұл – сонымен қатар желілік алымдарға жататын тұтынушы (зарядтау кезінде). BESS бұл қос сипаттамасы оның заңды анықтамасында екіұштылықты тудырады және осылайша оны орналастыруға кедергі жасайды. Заңнамалық реттеу BESS үшін желілік төлемдерді қосарлап алудан аулақ болу маңызды, өйткені бұл жеке (stand-alone) BESS жобалары үшін экономикалық негіздеме құруға айтарлықтай кедергі келтіреді.

Сондай-ақ, осы тетік бойынша іске асырыла-

тын ЭЖЖ жобаларына қатысты пікірталас мәселесі Энергетика министрлігінің заңнамадағы өкілеттіктерін директивалық тәртіппен максималды спредті, яғни ЭЖЖ операторларының электр энергиясын сатып алу және сату бағасы арасындағы шекті айырмашылықты белгілеу болып табылады. Энергетика министрлігінің осындай құзыретін белгілеу үшін дәлел бағаға әсер ету және ЭЖЖ операторларының үстеме пайда алуын шектеу мүмкіндігі болып табылады. Алайда, нарықтық жағдайларда жобаларды іске асыруды жоспарлайтын әлеуетті инвесторлар тұрғысынан (инвестицияларды кепілдендірілген қайтарусыз) мұндай шектеу тежеуші фактор болады.

### **3) Электр қуаты нарығы шеңберінде ЭЖЖ құрылысына аукцион**

Аукцион тетігі арқылы электр қуаты нарығы шеңберінде ЭЖЖ жобаларын іріктеу қуаттылыққа бәсекелестік тарифтері бар мықты инвесторларды тартуға қабілетті неғұрлым тиімді болып көрінеді.

Бұл ретте электр энергиясын сақтау жүйесі деп электр энергиясын жинақтауға, сақтауға және беруге арналған, автоматтандырылған басқару жүйесі, олармен өзара байланысты құрылыстар және оларды пайдалану үшін технологиялық қажетті инфрақұрылымы бар электр қондырғысы түсініледі.

Бұл схемада электр энергиясын сақтау жүйесінің операторы – электр энергиясын сатып алатын және кейіннен электр энергиясын сақтау жүйесін иелену және (немесе) басқару арқылы оны сатуды жүзеге асыратын ұйым ұғымын енгізу қажет. Бұл ретте электр энергиясын сақтау жүйесінің операторы барлық құқықтары мен міндеттері бар электр энергиясының көтерме сауда нарығының субъектісі ретінде айқындалуы тиіс.

Көтерме сауда нарығының басқа субъектілерінен – электр энергиясын тұтынушылардан айырмашылығы, электр энергиясын сақтау жүйесінің операторлары тұтынуға болжамды өтімдер қалыптастырмайды және олардың электр қуаты электр қуатына болжамды сұраныста ескерілмейді.

Оператор тәуліктің әр түрлі уақытында әр түрлі энергия көздерінен электр энергиясын сатып алып, содан кейін жүйелік оператордың басқаруында болған кезде желіге беретіндіктен, электр энергиясы бағасының арбитражын анықтау қажет. Осыған байланысты уәкілетті орган электр энергиясын сақтау жүйесінің операторы сатып алатын және сататын электр энергиясы құнының айырмасын айқындау тәртібін айқындауы қажет.

Энергия беруші ұйымдардың желілеріне ЭЖЖ кедергісіз қол жеткізуін заңнамалық тұрғыдан міндеттеу қажет.

ЭЖЖ-не қойылатын міндетті талаптар ЭБЕАЖ, телекоммуникация жүйесінің болуы және ЖҚАР-ге қосылу болады.

ЭЖЖ бойынша аукциондарды ұйымдастыру кезінде уәкілетті орган СО-мен бірлесіп, аукцион-

дарды өткізу кестесінде қосылу нүктелері бар ЭЖЖ орналасу орындарын, сондай-ақ қуат бірлігіне шекті құнын айқындауға тиіс. Аукционды ұйымдастырушы әрбір жеке алаң бойынша техникалық талаптарды есептеуі қажет, олар энергия жүйесіндегі ЭЖЖ орналасқан жерінен ерекшеленеді.

Электр қуатына аукцион шеңберінде ЭЖЖ жұмысына қойылатын талаптарды, зарядтардың/разрядтардың санын, ЭЖЖ салу және пайдалану жобаларының экономикасына әсер етуі мүмкін басқа да талаптарды әзірлеу қажет. Ұсыныс ретінде зарядтардың/разрядтардың саны ретінде - жылына 400 циклді анықтауды ұсынамыз.

Аукцион жеңімпазы бірыңғай сатып алушымен электр қуатының дайындығын қолдау жөніндегі қызметті сатып алу туралы шартқа қол қою мүмкіндігіне ие. Қуат жеткізушілері жүйелік оператордан өтінімдердің түсуіне қарай оларда бар қуат (теңге/МВт) және желіге жеткізілген энергия (теңге/МВт-сағ) үшін ақы алады.

Қуат нарығында BESS жүйелері энергетикалық төрелік тетігінен кіріс ала алады, бірақ бұл жағдайда олар қуат нарығында жұмыс істейтін болса, әрқашан ең төменгі қуат резервін сақтауы керек.

Электр энергиясын сақтау жүйелерінің шарттық электр қуаты (сыйымдылығы) оларды пайдалануға берген күннен бастап жүйелік оператор жыл сайын аттестаттауға жатады.

Егер электр қуатын (сыйымдылығын) кезекті аттестаттауды жүргізу нәтижесінде аттестатталған электр қуатының (сыйымдылығының) мәні бірыңғай сатып алушымен жасалған шартта белгіленген қызмет көлемінен аз болған жағдайда, электр қуатының әзірлігін қолдау бойынша нақты көрсетілген қызметтерді есептеу кезінде қабылданатын электр қуатының әзірлігін қолдау жөніндегі қызметтің көлемі кезекті аттестаттау өткізілгенге дейін аттестатталған мәнге дейін азаяды.

ЭЖЖ пайдалану процесінде ЭЖЖ аттестатталған қуаты (сыйымдылығы) дайын болмаған жағдайда және егер шартта айқындалған зарядтардың/разрядтардың саны асып кеткен жағдайда, ЭЖЖ операторына қатысты айыппұл коэффициенттері қолданылады.

Бұл тетік инвесторлар үшін белгісіздік тәуекелдерін көтереді. Олар қуат нарығына қатысудың бұлыңғыр шарттарымен және әкімшіліктің әлсіздігімен байланысты.

Қуат нарығындағы ЭЖЖ жұмысының тетігі «Электр энергетикасы туралы» ҚР Заңына, НҚА да, атап айтқанда, ТПҚ, аукцион ережелеріне, электр желісінің ережелеріне және т.б. өзгерістерді талап етеді.

### **4) Жүйелік оператордың жүйелік қызметтер арқылы ЭЖЖ жобаларын іске асыруы**

Жүйелік оператор энергия жүйесі шеңберіндегі негізгі субъектілердің бірі болып табылады және

көптеген функцияларды орындайды, соның ішінде ұлттық электр желісі арқылы электр энергиясын беру, ұлттық электр желісін пайдалану, техникалық диспетчерлеу қызметтері, электр энергиясын өндіру-тұтынуды теңгерімдеуді ұйымдастыру және т.б. сияқты жүйелік қызметтер көрсетуді жүзеге асырады.

Осыған байланысты ЭЖЖ жобаларын іске асыру жоғарыда көрсетілген жүйелік қызметтер шеңберінде бірінші кезекте тиісті тариф арқылы жүйелік оператордың шығындарын өтей отырып, электр энергиясын өндіру-тұтынуды теңгерімдеуді ұйымдастыру жөніндегі қызметтер жүргізілуі мүмкін.

Бұл тәсіл ең тиімді тәсілдердің бірі бола алады, өйткені жүйелік оператор өзінің функцияларына байланысты электр желісінің тұрақты және сенімді жұмысына қызығушылық танытады және сәйкесінше ЭЖЖ жобаларын өз бетінше жүзеге асыра отырып, олардың әлеуетін тиімді пайдалана алады<sup>38</sup>.

Электр энергиясын өндіру-тұтынуды теңгерімдеу қызметі нақты уақыт режимінде электр энергиясының теңгерімдеуші нарығының жұмыс істеуін ұйымдастыруды білдіреді және әр түрлі нормативтік құқықтық актілермен реттеледі. Бірінші кезекте, «Электр энергетикасы туралы», «Табиғи монополиялар туралы» ҚР заңдарымен және тарифтерді қалыптастыру қағидаларымен (ҚР Ұлттық экономика министрінің 2019 жылғы 19 қарашадағы № 90 бұйрығымен бекітілген).

Электр энергиясын өндіру-тұтынуды теңгерімдеу қызметіне жүйелік оператордың тарифін айқындау тұтастай алғанда барлық табиғи монополиялар субъектілері үшін тарифтерді қалыптастырудың жалпы тәртібіне бағынады және тариф арқылы қызметтер көрсетуге жұмсалатын қаражатты қайтарудан тұрады. Қолданыстағы заңнама жүйелік операторға электр энергиясын өндіру-тұтынуды теңгерімдеу қызметіне тариф есебінен ЭЖЖ жобаларын іске асыруға тікелей тыйым салмайды. Алайда, құқық қолдану практикасын ескере отырып табиғи монополияларды реттеу комитеті және оның табиғи монополиялар субъектілерінің тарифтерін бекітетін аумақтық бөлімшелері тарифтерді тежеуге бағытталған саясатты жүргізген кезде және ЭЖЖ жобалары энергия жүйесі үшін жаңа сектор екенін ескере отырып, ЭЖЖ жобаларын іске асыруға арналған шығындарды электр энергиясын өндіру-тұтынуды теңгерімдеу қызметіне жүйелік оператордың тарифіне қоспау тәуекелдері бар.

Көрсетілген тәуекелді төмендету үшін «Электр энергетикасы туралы» ҚР Заңы деңгейінде және тарифтерді қалыптастыру қағидалары деңгейінде электр энергиясы мен қуаттың болжамды теңгерімі-

не сәйкес (Энергетика министрлігі жыл сайын 7 жылға бекітетін) энергия жүйесіндегі реттеу қуатының тапшылығы кезеңінде жүйелік оператордың ЭЖЖ жобаларын іске асыруға жұмсаған шығындары электр энергиясын өндіру-тұтынуды теңгерімдеу қызметіне арналған тарифке басым тәртіппен енгізілуін көздейтін ерекше ережелерді бекіту орынды болып көрінеді

### 5) Бөлшек сауда нарығындағы «есептегіш артындағы» ЭЖЖ жобалары

Қазіргі уақытта және орта мерзімді перспективада, желілік шаруашылықтың тозуының жоғары деңгейі және тарифтер деңгейін жыл сайын арттыру үрдісі жағдайында электр энергиясының бөлшек сауда нарығында ЭЖЖ пайдалану перспективасы бағыт болуы мүмкін. Бұл, бірінші кезекте, шағын және орта кәсіпкерлік субъектілеріне, электр энергиясын нетто-тұтынушыларға қатысты. Оны ұй шаруашылығында да қолдануға болады.

Осы сегментті дамыту үшін электрмен жабдықтау сенімділігін арттыру және тұтынушылардың үлкен энергияға тәуелсіздігін қамтамасыз ету түріндегі айқын оң әсерден басқа, экономикалық ынталандыруды құру қажет.

Қазіргі уақытта электр энергиясының бөлшек сауда нарығында энергиямен жабдықтаушы ұйымдардың тарифтері ҚР Кәсіпкерлік кодексіне сәйкес қоғамдық маңызы бар нарықтар саласы ретінде реттеледі, тариф белгілеу қоғамдық маңызы бар нарықтардағы баға белгілеу қағидаларымен айқындалады. Электрмен жабдықтаудың бөлшек сауда нарығындағы тарифтер тұтынушылар топтары мен тұтыну көлемі бойынша сараланады, бірақ тең жағдайларда (тұтынушылардың бір тобы және тұтынудың бір көлемі) баға бірдей болады. Осыған байланысты, аталған саралаудан басқа, тарифтердің тәулік аймақтары бойынша саралануын белгілеу қажет, яғни әр уақытта электр энергиясының құны әр түрлі болады. Жалпы, бұл тәсіл көтерме нарықтағы электр энергиясының құнының өзгеруіне оңайлатылған түрде сәйкес келеді (мұнда бір сатып алушының бағасы әр сағат сайын әр түрлі болады).

Электр энергиясының бөлшек сауда нарығында тәулік аймақтары бойынша тарифтерді саралау тетігін дұрыс қолдану тек ЭЖЖ іске асыру құралына айналмайды. Жалпы, бұл энергия жүйесіне оң әсер етеді, өйткені ол ең жоғары жүктемелерді тегістеуге, тұтыну кестесін теңестіруге және жұмыстың тұрақтылығына ықпал етеді.

Бөлшек сауда нарығындағы тарифтерді тәулік аймақтары бойынша саралау мүлдем жаңа құрал

<sup>38</sup> Жүйелік оператордың теңгерімдеу қызметі шеңберінде ЭЖЖ іске асыру құқығы Қазақстанның энергожүйесі реттеу қуатының жеткілікті көлемінің болмауында үлкен қиындықтарға тап болған кезде үш жылдан бес жылға дейінгі кезеңге уақытша шара ретінде әрекет ете алады.

емес екенін атап өткен жөн. Осылайша, энергиямен жабдықтаушы ұйымдардың электр энергиясына тарифтерді оны жеке тұлғалардың тұтыну көлеміне қарай саралаудың қолданыстағы қағидалары (ҚР Табиғи монополияларды реттеу агенттігі төрағасының 2009 жылғы 20 ақпандағы № 57-НҚ бұйрығымен бекітілген) 2017 жылға дейін тұтыну көлемінен басқа тәулік аймақтары бойынша саралауды да көздеді. Көрсетілген кезеңде таңертеңгі және кешкі ең жоғары кезеңдерді, сондай-ақ күндізгі және түнгі сәтсіздіктерді белгілей отырып, тұтынудың (саралаудың) екі және үш аймақтық жүйелері көзделді. Бұл жүйеден бас тарту қате деп санаймыз. Бұл жүйеден бас тарту қате деп санаймыз және процесті дұрыс жоспарламау мен әкімшілендіруден, сондай-ақ электр энергиясының бөлшек сауда нарығында (энергиямен жабдықтаушы ұйымдар шығынға ұшырады немесе артық табыс алды) және тарифтерді түзету мерзімдерінде тариф белгілеу жүйесінің икемділігінің болмауынан туындады. Маңызды аспект – техникалық тұрғыдан алғанда, реформаны жүзеге асыру үшін маңызды проблемалық мәселелер жоқ, өйткені тұтынушыларды есепке алу құралдарының басым көпшілігі тәулік аймақтары бойынша сараланған тарифтер бойынша тұтынылатын электр энергиясын есепке алуды қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Оның шешімін талап ететін маңызды мәселе жоғарыда аталған тұтынушылар топтары бойынша

саралауды қолдануға байланысты электр энергиясының бөлшек сауда нарығындағы бағаны бұрмалау болып табылады. Мысалы, 2024 жылғы 31 желтоқсандағы жағдай бойынша Қарағанды қаласында тұтынушылар топқа байланысты электр энергиясын келесі тарифтер бойынша сатып алады (ҚҚС есептемегенде 1 кВтсағ үшін):

- 1) тұрмыстық тұтынушылар – 19,91 теңге;
- 2) тұрмыстық емес тұтынушылар (заңды тұлғалар) – 33,51 теңге;
- 3) бюджеттік ұйымдар – 89,80 теңге.

Тарифтердегі мұндай елеулі алшақтық электр энергиясының бөлшек сауда нарығындағы сұраныс пен ұсынысты ескере отырып, тарифтер қосылатын және ЭЖЖ енгізуге ықпал ететін тәулік аймақтары бойынша тарифтердің саралануынан айырмашылығы нарықтық емес сипатта болады.

Жоғарыда баяндалған тетікті іске асыру үшін саралаудың сипатталатын түрін және саралау қағидаларын әзірлеу жөніндегі уәкілетті органның тиісті құзыретін бекіту бөлігінде «Электр энергетикасы туралы» ҚР Заңына елеусіз толықтырулар енгізу, тұтынушылар топтары бойынша тарифтердің саралануын болдырмауға қатысты қоғамдық маңызы бар нарықтардағы баға белгілеу қағидаларына түзетулер, сондай-ақ тәулік аймақтары бойынша электр энергиясының бөлшек сауда нарығындағы тарифтерді саралаудың жекелеген қағидаларын әзірлеу қажет болады.

# 11

## ҚОРЫТЫНДЫ

ЖЭК объектілері табиғи-климаттық факторларға байланысты энергия жүйесіндегі теңгерімсіздіктердің көзі болып табылатыны белгілі. 2022 жылғы талдамалық деректерге сәйкес ЖЭК объектілерінен оң және теріс жиынтық теңгерімсіздіктер нақты генерациясы 4 561,6 млн кВт·сағ болған кезде 1 867,8 млн кВт·сағ құрағаны анықталды.

Бұл теңгерімсіздіктер Ресей Федерациясынан энергия жүйесіндегі тепе-теңдікті сақтау үшін ағындарға тәуелділікке әкеледі. Ағындардың рұқсат етілген деңгейі 150 МВт болған кезде энергия жүйесіндегі көлемдер 1500 МВт деңгейіне жетті. ҚР Энергетика министрлігінің ақпаратына сәйкес 2022 жылдың қорытындысы бойынша Қазақстан Республикасы мен Ресей Федерациясы шекарасындағы ауытқулардағы ЖЭК объектілерінің үлесі 23%-ды құрады.

ЖЭК станцияларының тәуліктік кестесін теңестіру құралдарының бірі энергияны жинақтау жүйелерін енгізу болып табылады. Қазіргі уақытта ҚР БЭЖ-де энергияны жинақтау жүйелері бойынша іске асырылған жобалар жоқ. Сонымен бірге, мұндай жүйелерге, сондай-ақ осындай жобаларды іске асыру тетіктеріне қойылатын техникалық талаптарды реттейтін нормалар да жоқ. Бұл ретте, энергия жинақтау жүйелері елдің энергетикалық қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін тиімді құрал бола алады.

Жүйелік оператордың пайымына сәйкес, ЖЭК объектілері энергия жүйесінде теңгерімсіздіктер туғызатындықтан, ЖЭК барлық объектілеріне ЖЭК объектісінің белгіленген қуатының кемінде 50% энергия сақтау жүйелерінің болуы және жел станциялары үшін екі сағат және күн станциялары үшін төрт сағат ішінде электр энергиясын беру жөніндегі

талаптарды белгілеу қажет. Бизнес-қоғамдастықтың пікірінше, мұндай техникалық талаптар ЖЭК жобаларының дефолтына әкеледі. Сонымен қатар, электр энергиясының теңгерімдеуші нарығының жұмыс істеуі шеңберінде ЖЭК объектілеріне теріс және оң теңгерімсіздіктерді сатып алу бойынша жауапкершілік бекітілгенін атап өту қажет. Осыған байланысты барлық ЖЭК объектілері үшін энергия жинақтау жүйелерімен жабдықтау жөніндегі талаптар шамадан тыс болып табылады.

Жүргізілген талдау қорытындылары бойынша энергияны жинақтау жүйелерін дамыту мынадай шаралар шеңберінде ұсынылады:

- қуат нарығы арқылы энергияны сақтау жүйелерінің жобаларын іске асыру;
- энергетикалық төрелік тетегін құру (ЭЖЖ зарядтау-разрядтау үшін әр түрлі баға сигналдары);
- көмекші қызметтер нарығын дамыту (жиілікті, инерцияны және т.б. реттеу);
- желіге қойылатын ең төменгі талаптарды қалыптастыру бойынша ұлттық нұсқаулықтарды әзірлеу;
- жүйелік оператордың қосалқы станцияларына қосыла отырып, энергияны сақтау жүйелерінің жобаларын іске асыру (Германиядағы grid boosters ұқсас);
- ЖЭК-тен энергияны жинақтау жүйелеріне арналған жеке аукциондар;
- электр энергиясының бөлшек сауда нарығы шеңберінде үй шаруашылықтары мен бизнес деңгейінде «есептегіш артындағы» энергияны жинақтау жүйелерін ынталандыру.

Дәл осы тәсіл елдің энергия жүйесінің жұмысы шеңберінде BESS энергияны жинақтау жүйелерінің әлеуетін тиімді пайдалануға мүмкіндік береді.

# 12

## ҚЫСҚАРТУЛАР ТІЗІМІ

<b>BESS</b>	Battery Energy Storage Systems
<b>CFD</b>	Contract for difference / Айырма келісімшарты
<b>EES</b>	Energy Storage System / Электр энергиясын жинақтау жүйесі
<b>ERCOT</b>	Texas Electric Reliability Council – Техас штатының жүйелік операторы
<b>GFM</b>	Grid-forming / Қалыптастырушы желілер
<b>IEA; ХЭА</b>	Халықаралық энергетикалық агенттік
<b>IEC / ХЭК</b>	International Electrotechnical Commission / Халықаралық электртехникалық комиссия
<b>IRENA</b>	Халықаралық жаңартылатын энергетика агенттігі
<b>KEGOC</b>	«KEGOC» АҚ электр желілерін басқару жөніндегі Қазақстан компаниясы»
<b>LCOE</b>	Электр энергиясының нормаланған құны
<b>LDES</b>	Long Duration Energy Storage / Ұзақ мерзімді энергияны сақтау
<b>LFP</b>	Литий-темір-фосфат батареялары
<b>NMC</b>	Никель-марганец-кобальт тотығы
<b>NCA</b>	Никель-кобальт-алюминий тотығы
<b>PCS</b>	Электр энергиясын түрлендіру жүйесі
<b>PPA</b>	Power purchase agreement / Электр энергиясын сатып алу шарты
<b>RFB</b>	Redox Flow Battery / Ағынды тотығу-тотықсыздану батареясы
<b>TSO</b>	Transmission System Operator / Электр энергиясын беру жүйесінің операторы
<b>АДБ</b>	Азия даму банкі
<b>ЖҚАР</b>	Жилік пен қуатты автоматты реттеу
<b>АЭС</b>	Атом электр станциясы
<b>БиоЭС</b>	Биогаз электр станциялары
<b>ЭЭТН</b>	Электр энергиясының теңгерімдеуші нарығы
<b>ЖЭК</b>	Жаңартылатын энергия көздері
<b>ҚЭР</b>	Қайталама энергия ресурстары
<b>ЖЭС</b>	Жел электр станциялары
<b>ГАЭС</b>	Гидроаккумуляция станциясы
<b>ГВт</b>	Гигаватт
<b>МЕМСТ</b>	Мемлекеттік стандарт
<b>ГТҚ</b>	Газ-турбиналы электр станциясы
<b>ГТЭС</b>	Газ-турбиналы электр станциялары
<b>ГЭС</b>	Гидроэлектр станциясы
<b>ЖЭҚ</b>	Жаһандық экологиялық қор
<b>ЕАС</b>	Energy Attribute Certificate
<b>ЕҚДБ</b>	Еуропалық қайта құру және даму банкі

<b>БЭЖ</b>	Бірыңғай электр энергетикалық жүйесі
<b>кВ</b>	Киловольт
<b>кВт</b>	Киловатт
<b>БҚПК</b>	Белгіленген қуатты пайдалану коэффициенті
<b>КОРЭМ</b>	Электр энергиясы мен қуаты рыногының қазақстандық операторы
<b>БТ</b>	Басым тұтынушы
<b>ПӘК</b>	Пайдалы әсер коэффициенті
<b>М2М</b>	Machine-to-Machine
<b>МАР</b>	Мультиагенттік реттеу
<b>МАЭК</b>	Маңғыстау атом энергетикалық комбинаты
<b>МВт</b>	Мегаватт
<b>шГЭС</b>	Шағын гидроэлектр станциялары
<b>ШОБ</b>	Шағын және орта бизнес
<b>ЦДИАӨМ</b>	Цифрлық даму, инновациялар және аэроғарыш өнеркәсібі министрлігі
<b>ЭМ</b>	Энергетика министрлігі
<b>ҒЗТҚЖ</b>	Ғылыми-зерттеу және тәжірибелік-конструкторлық жұмыстар
<b>НҚА</b>	Нормативтік-құқықтық актілер
<b>ҰЭЖ</b>	Ұлттық электр желісі
<b>ҚТАШУ</b>	Қысқа тұйықталу ажырауының шекті уақыты
<b>БГҚ</b>	Бу-газ қондырғысы
<b>БҰҰДБ</b>	БҰҰ Даму бағдарламасы
<b>РҚА</b>	Релелік қорғаныс жүйесі
<b>ҚР</b>	Қазақстан Республикасы
<b>ТШГ</b>	Таратылған шағын генерация
<b>ТЖ</b>	Тарату желілері
<b>РФ</b>	Ресей Федерациясы
<b>ҚЕАО</b>	ЖЭК қолдау жөніндегі қаржы-есеп айырысу орталығы
<b>ӨЭЖК</b>	Өңірлік электр желілік компания
<b>ҚБС</b>	Қуат беру схемасы
<b>ТМД</b>	Тәуелсіз Мемлекеттер Достығы
<b>ЭЖЖ</b>	Энергияны жинақтау жүйесі
<b>КЭС</b>	Күн электр станциялары
<b>ҚТҚ</b>	Қатты тұрмыстық қалдықтар
<b>ТЭЗ</b>	Техникалық-экономикалық зерттеу
<b>ЖЭО</b>	Жылу электр орталығы
<b>ЭӨҰ</b>	Энергия өндіруші ұйым
<b>ЭЖҰ</b>	Энергиямен жабдықтаушы ұйым
<b>ЭЭЖ</b>	Электр энергетикалық жүйелер

## 13

## ДИАГРАММАЛАР ТІЗІМІ

		Бет
<b>1-диаграмма</b>	Орнатылған қуаттардың құрылымы, %	16
<b>2-диаграмма</b>	Жаңартылатын энергия көздері өндіретін қуаттардың құрылымы	19
<b>3-диаграмма</b>	ЖЭК екіжақты келісімшарттарының схемасы	23
<b>4-диаграмма</b>	Корпоративтік PPA жаһандық нарығының көлемі	23
<b>5-диаграмма</b>	RE-100 компанияларының ЖЭК электр энергиясын сатып алу құрылымы	24
<b>6-диаграмма</b>	«Есептегіш артындағы» BESS жүйелерінің 2030 жылға дейінгі әлемдік өсімінің болжамы	30
<b>7-диаграмма</b>	Электр энергиясының жалпы генерациясы мен ГЭС генерациясын салыстыру, млрд кВтсағ	35
<b>8-диаграмма</b>	Қазақстан мен Ресей шекарасындағы қуаттың тән теңгерімсіздігі	45
<b>9-диаграмма</b>	Қазақстанда электр энергетикасына тән генерация және тұтыну	45
<b>10-диаграмма</b>	Тәуліктік кестені теңестіру үшін маневрлік электр станцияларын пайдалану	46
<b>11-диаграмма</b>	Литий-ионды аккумулятор блоктарының баға үрдістері	47
<b>12-диаграмма</b>	Қазандық және турбиналық жабдықтар бойынша парк ресурсының дамуы туралы ақпарат, %	47
<b>13-диаграмма</b>	Гидроагрегаттар газ-турбиналық жабдықтар бойынша парк ресурсының атқарылуы туралы ақпарат, %-бен	48
<b>14-диаграмма</b>	ҚР жылу электр станцияларының генерациялаушы жабдықтарының жасы	48
<b>15-диаграмма</b>	ҚР гидроэлектр станцияларының генерациялаушы жабдықтарының жасы	48
<b>16-диаграмма</b>	ҚР электр станцияларындағы қуат шектеулерінің орташа мәндері, МВт	49
<b>17-диаграмма</b>	ҚР электр станцияларындағы жөндеу серпіні, МВт	49
<b>18-диаграмма</b>	ҚР электр станцияларының белгіленген және қолда бар қуаты аймақтар бойынша, МВт	49
<b>19-диаграмма</b>	ҚР БЭЖ Оңтүстік аймағы тапшылығының болжамды қуатының кестесі	50
<b>20-диаграмма</b>	Солтүстік – Оңтүстік транзитті жүктеу	52
<b>21-диаграмма</b>	Оңтүстік аймақта ЖЭК өшірудің әр түрлі %-ы кезіндегі қуат нобайлары	52
<b>22-диаграмма</b>	Оңтүстік аймақта ЖЭК өшірудің әр түрлі %-ы кезіндегі қуат нобайлары	52
<b>23-диаграмма</b>	Статикалық тұрақтылық бойынша және сымдардың термиялық төзімділік шарты бойынша шекті ағындарды салыстыру	54
<b>24-диаграмма</b>	Еуропаның біртұтас энергетикалық жүйесі құрамындағы Францияның энергетикалық жүйесі мысалында жиілік пен қуат ағындарының бастапқы, қайталама және үшінші реттелуі	54
<b>25-диаграмма</b>	Техас штатында электр станцияларының түрлері бойынша генерация	55
<b>26-диаграмма</b>	Данияның энергетикалық жүйесі қуатының ағымдағы және болжамды теңгерімі	56
<b>27-диаграмма</b>	КЭС максималды берілісін ескере отырып, максималды жүктеме күніне тән тәуліктік кесте	57
<b>28-диаграмма</b>	ЖЭК тұтынудың және генерациялаудың тәуліктік кестесі	57

<b>29-диаграмма</b>	ЖЭК генерациясының жиынтық генерацияға әсері	58
<b>30-диаграмма</b>	ЖЭК ауытқуларының РФ сальдо ағындарына және транзиттік жүктемеге әсері	58
<b>31-диаграмма</b>	ЖЭК нақты генерациясының жоспардан тән ауытқуы	59
<b>32-диаграмма</b>	ЖЭК енгізуді ескере отырып, Орал – Атырау – МЭК транзитінің өткізу қабілетін бағалау	59
<b>33-диаграмма</b>	2019 жылға ЖЭК енгізуді ескере отырып, Солтүстік – Оңтүстік және Солтүстік – Шығыс – Оңтүстік транзиттерінің өткізу қабілетін бағалау	59
<b>34-диаграмма</b>	Йоннам аймағындағы ҚТАШУ генерациясының өзгеруі және әр түрлі мәндері	61
<b>35-диаграмма</b>	Енжар және белсенді желілердің қағидалық схемалары	65
<b>36-диаграмма</b>	Электр энергиясын өндіру технологиясы бойынша ҚР электр станцияларының белгіленген қуатының құрылымы	69
<b>37-диаграмма</b>	2018-2022 жылдар кезеңінде ГТЭС БҚПК мәні	70
<b>38-диаграмма</b>	2035 жылға жоспарланған ЖЭК-ті аймақтар бойынша және түрі бойынша бөлу, ГВт	71
<b>39-диаграмма</b>	Бақылау өлшеулерінің жазғы және қысқы күн жүктемелерінің тәуліктік кестелері	71
<b>40-диаграмма</b>	Қазақстан үшін энергияны жинақтаудың аккумуляторлық жүйелерінің өзектілігі	72
<b>41-диаграмма</b>	2024 жылғы қыркүйекте көтерме сауда нарығындағы сағаттық тарифтердің және теңгерімдеуші электр энергиясы нарығындағы ең жоғары бағалардың серпіні	73
<b>42-диаграмма</b>	100 МВт ЖЭС-тен біреуінің нақты генерациялау мәндерінің бір жыл ішінде жоспарлы мәндерден ауытқуларының бөлінуі	73
<b>43-диаграмма</b>	Қуат нарығында аукциондық сауда-саттықта BESS жобаларын іске асыру (жүйелік оператордың пайымы)	75
<b>44-диаграмма</b>	Көтерме (бір тәулік бұрын) немесе теңгерімдеуші электр энергиясы нарықта-рында төрелік арқылы BESS жобаларын іске асыру (жүйелік оператордың пайымы)	75
<b>45-диаграмма</b>	BESS ескере отырып, 2030 жылға (жаз) ҚР энергожүйесінің жұмысын модельдеу нәтижелері	76
<b>46-диаграмма</b>	Әр түрлі энергия сақтау технологияларының типтік қуат диапазоны және раз-ряд ұзақтығы	78
<b>47-диаграмма</b>	BESS үлгілік қондырғысы	81
<b>48-диаграмма</b>	Сегменттер бойынша литий-ионды аккумуляторларға арналған катод химия-сына әлемдік сұраныстың құрылымы	81
<b>49-диаграмма</b>	Жарияланған инвестициялар және пайдалануға берілген BESS жүйелері	82
<b>50-диаграмма</b>	Өңірлер бойынша натрий-ионды батареялар нарығының ойыншылары	82
<b>51-диаграмма</b>	Натрий ионының форма-факторлары және мәлімделген энергия тығыздығы	83
<b>52-диаграмма</b>	Ванадий ағынды тотығу-тотықсыздану батареясының схемасы	84
<b>53-диаграмма</b>	Желіні қалыптастыру үшін электрондық құрылғыларды пайдалану туралы ЕО пайымы	89
<b>54-диаграмма</b>	2013-2023 жылдары литий-ионды батареялардың бағалары (блоктар мен ұяшықтар)	103
<b>55-диаграмма</b>	LCOE және күн фотоэлектрлік жүйелеріне құнын түзетумен LCOE, сонымен қатар жекелеген аймақтарда аккумуляторлық батареяларға, көмірге және табиғи газға арналған түзетілген, STEPS сценарийі, 2022-2030 жж.	105

# 14

## КЕСТЕЛЕР ТІЗІМІ

		Бет
<b>1-кесте</b>	ЖЭК жобаларын іске асыру схемаларын салыстыру	28
<b>2-кесте</b>	Өнеркәсіптік ауқымдағы BESS жобаларының мысалдары	39
<b>3-кесте</b>	Қазақстанда ГЭС маневрлік қабілеті	70
<b>4-кесте</b>	Энергияны сақтаудың негізгі технологиялары	77
<b>5-кесте</b>	«Электр энергиясын жинақтау жүйесі» ұғымының анықтамасы	78
<b>6-кесте</b>	Әр түрлі BESS технологияларында энергияны сақтау мерзімі	84
<b>7-кесте</b>	BESS жүйелерінің нарығын сегменттеу	85
<b>8-кесте</b>	BESS жүйелеріне инвесторлар	86
<b>9-кесте</b>	String және Centralized PCS арасында техникалық салыстыру және онымен байланысты тәуекелдер	90
<b>10-кесте</b>	BESS жүйелері бойынша негізгі стандарттар	100
<b>11-кесте</b>	Қазақстанда BESS жобаларын іске асыруға қолданылатын модельдер	102

# 15

## СУРЕТТЕР ТІЗІМІ

		Бет
<b>1-сурет.</b>	Энергияны сақтау жүйесімен Dalian Constant Current Energy Storage Power Station Co., Ltd. электр станциясы	41
<b>2-сурет.</b>	Күн және жел ресурстары туралы мәліметтер және 2020 жылы жаңа ПВЭ қуаттарының орналасуы	51
<b>3-сурет.</b>	ҚР электр желісінің карта-схемасы	51
<b>4-сурет.</b>	ЕО мен АҚШ энергожүйелерімен салыстырғанда Қазақстанның энергожүйесінің топологиясы	53
<b>5-сурет.</b>	Дәстүрлі желілердің архитектурасы	63
<b>6-сурет.</b>	Белсенді таратылған желілердің архитектурасы	64
<b>7-сурет.</b>	Таратылған энергияның тұжырымдамалық моделі	65
<b>8-сурет.</b>	Сауд Арабиясы, Қызыл теңізде қуаты 1,3 ГВт-сағ микрожелілік энергияны сақтау жобасы	94
<b>9-сурет.</b>	Цинхай провинциясы, Гунхэде желіні түзетін PV+BESS жүйесінің сынақтарын аяқтау	96









QAZAQ GREEN



HUAWEI