

© Я.В. Ярошенко¹, О.В. Бобров², Д.В. Циценков¹

¹ Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

² Фаховий коледж ракетно-космічного машинобудування Дніпровського Національного університету імені Олеся Гончара, Дніпро, Україна

ОГЛЯД СТАНУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ

© Ya. Yaroshenko¹, O. Bobrov¹, D. Tsyplenkov¹

¹ Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

² Rocket-and-Space Engineering College of Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine

OVERVIEW OF THE STATE OF ELECTRICAL ENERGY IN UKRAINE

Мета: Метою роботи є проведення аналітичного огляду стану електроенергетичної системи України та її структура за видами генерації з точки зору її балансування.

Методика: Для встановлення залежності українського енергетичного ринку від постійних навантажень та маневреності, використано емпіричний метод аналізу показників енергосистеми.

Результати: Виконано аналіз стану електроенергетичної системи України враховуючи її зміни під час військової агресії. Показана структура електроенергетичного сектора економіки за видами генерації, виявлено недоліки та переваги з точки зору балансування електроенергетичної системи України. За результатами було виявлено необхідність додаткового маневрування енергосистеми, яке можна виконати в тому числі і за рахунок акумуляції електроенергії, що генерується на об'єктах нетрадиційної енергетики.

Наукова новизна: Аналіз стану електроенергетики України в сучасних умовах дозволяє відокремити головні напрями досліджень з підвищення маневрової спроможності електроенергетичної системи при приєднанні відновлюваних джерел енергії до цієї системи.

Практичне значення: Останні 10 років спостерігається широкомасштабне зростання попиту на інтеграцію інформаційних технологій у суспільство. Розвиток промисловості, широкоформатна автоматизація, кібернетичні технології та інші, дають змогу в загальному вжитку використовувати велику кількість технологічних дарунків – гаджетів, комп'ютерів, електрокарів, промислових об'єктів та ін. Що в свою чергу є споживачами електроенергії. Споживання електроенергії збільшується з кожним роком у середньому на 2-5% і застарілий підхід до прийняття необхідних мір переобладнання енергомережі в Україні може призвести до колапсу в енергетичній сфері вже майбутніми 3-5 роками. Також пошук вирішення даної проблеми призвів спочатку до широкого застосування відновлюваних джерел енергії, таких як сонячні електростанції і вже потім до переобладнання енергетичного сектору, впровадження децентралізації, тощо. Для підтримання балансування енергосистеми поряд з розвитком відновлюваної енергетики постає задача розвитку акумулюючих систем, зокрема гідро та пневмо-акумулюючих станцій, які можуть займати вагомому роль в сталій енергосистемі України як різновид швидко-маневруючих потужностей.

Ключові слова: електроенергетика, відновлювальні джерела енергії, електростанція, електропостачання, альтернативна енергетика, рентабельність, маневреність, коефіцієнт.

Вступ. На сьогоднішній день дуже часто і гостро постає питання «виживання» в рамках інформації щодо електроенергетики України. Особливо гострим дане питання стало сьогодні, після того Російська Федерація почала повномасштабну війну проти України. Також, попри це, дуже багато факторів негативно впливають на стан розвитку енергетики ось вже протягом десятків років. Саме тому, вже сьогодні питання вирішення майбутніх проблем повинно бути пройдено, і, задля післявоєнного відбудування нашої держави необхідно розглянути все по порядку.

Добре відомо, що наша енергетична система, енергетична сфера та й взагалі електроенергетика, як галузь в цілому, пройшла нелегкий шлях від свого формування в кінці XIX століття до її стану нині [1].

Для того аби повністю зрозуміти всю суть процесів котрі протікають в нашій енергетичній сфері необхідно заглянути в минуле, задля того, аби зрозуміти принцип розвитку подій і рішень які на цей розвиток впливали. Це також дозволить провести більш детальні паралелі з сучасністю. Мається на увазі, що для того аби опинитися в тій точці, де ми знаходимося зараз, було необхідно прийняти певні рішення, і, задля того аби тверезо оцінити всі перспективи в майбутньому необхідно проаналізувати прийняті рішення в минулому щоб уникнути тих самих негативних дій котрі призвели до, будемо відверті, доволі плачевного стану енергетики в теперішньому часі.

Енергетика – це певна сукупність пов'язаних між собою підсистем, котрі слугують для отримання, перетворення, розподілення і певною мірою споживання енергії первинних ресурсів енергоносіїв. У вигляді будь-якого типу енергетичних ресурсів, будь-то викопне паливо, або ж сонячна енергетика так само як і будь-яка з відомих відновлювальних джерел енергії, і так само це може бути наприклад енергія поступової дії, енергетика в цілому являє собою надзвичайно великий комплекс алгоритмічно пов'язаних дій, для перетворення енергії викопного вугілля (наприклад) у тепло в наших оселях. В даному контексті вугілля це первинний ресурс, а тепло – вторинний. Енергетичний комплекс, в свою чергу, покликаний регулювати і забезпечувати безперервне постачання енергоресурсів для будь-яких цілей і потреб населення та держави.

Що стосується *енергетики України*, то в більшості своїй, вона також базується на використанні атомних та теплоелектростанцій. Також до її складу необхідно враховувати: каскад гідроелектростанцій, що розташовується на великих річках наприклад таких як, Дніпро, Дністер, Південний і Західний Буг, та так званих «нетрадиційних» електростанцій. Це поняття вже не є чимось новим для нашої держави, проте й досі чомусь «Зелена енергетика» вважається альтернативною енергетиці отриманій з викопних видів палива, тоді як в більшості розвинених країн світу «Зелена енергетика» виходить поступово на перший план і новий рівень у будь-якому своєму прояві. Мається на увазі, що використання енергії сонця, вже не є чимось надскладним, тип перетворювача в сталому режимі відходить на другий план, адже наразі основним елементом зеленої енергетики на мою думку буде залишатися саме її екологічність і невичерпність. Звичайно не слід забувати про основну проблему і шкоду, якої завдають сонячні електростанції навколишньому середовищу, найважливішою з яких є звісно питання утилізація фотоелектричних модулів. Більш детально з цим питанням можна ознайомитись у праці В.О. Пундева, В.Ф. Резцова та їх колег і співавторів [2].

Основна частина. Для того аби покрити необхідні потреби звичайного населення і промисловості [3] необхідно розробити концептуальну модель розвитку і поступового збільшення потужності зеленої енергетики, адже навіть сьогодні необхідно використовувати дуже багато ресурсів для задоволення навіть власних потреб населення в такій достатньо великій країні за площею як Україна.

Розглядаючи загальну картину енергетики, необхідно також зробити акцент на те, що загальносвітова спільнота наразі також більше схиляється до того аби використовувати енергію атомних електростанцій в промислових масштабах, через те, що в принципі техніко-економічні показники, які можна здобути на АЕС є сьогодні набагато більше приємними і привабливішими за екологічність світу та його збереження, в плані припинення вичерпання ресурсів в промислових масштабах. Але поряд із тим, лунають заяви стосовно підтримання сталих інвестиції в атомну енергетику задля сприяння і пришвидшення переходу на відновлювані джерела [4].

Що стосується енергетичної галузі в Україні - на жаль більша частина, в принципі такої сфери як енергетика, була впроваджена на території нашої держави ще за часів СРСР, тодішніми спеціалістами, інженерами, методами та технологічними рішеннями, що були доступні в той час. Наразі лівова доля енергетики, як сфери в цілому, в Україні потребує суттєвої модернізації і широкоформатної фінансової допомоги [5]. Особливо в цей надскладний час, коли війна буквально знищує інфраструктуру нашої держави та забирає все більше. Саме тому, архіважливим є питання стосовно залучення додаткового капіталу, збільшення інвестиційної привабливості нашої держави, нашої промисловості, лежить вже сьогодні на наших плечах. Адже епоха «Мирного атома» поступово добігає свого кінця і навіть незважаючи на те, що останнім часом ведуться активні провадження більш-менш надійних і продуктивних систем в паливно-енергетичний комплекс саме для роботи з атомними електростанціями котрі можуть працювати без виділення важких носіїв ізотопів та без інерційного збуджених часток котрі можуть своєю ланцюгову реакцію створити страшні наслідки, в майбутньому, швидше за все, основними джерелами енергії будуть сьогодні так звані «альтернативні».

Згідно з даними “EuroStat” - статистичної служби Європейського Союзу, Україна за своїм потенціалом здатна виробляти більш ніж 70 відсотків загальної електроенергії від відновлювальних джерел, проте станом на показники в 2021 році, цей показник не перевищував навіть 10%. Навіть незважаючи на значний вплив, за останні 10 років, на впровадження нових потужностей альтернативної енергетики на території України - наша держава, на жаль, посідає одне із останніх місць по продукуванні потужності «зеленої енергетики». Навіть незважаючи на такі невтішні позиції нашої держави на загальноєвропейському ринку відновлюваної енергетики, зберігаючи нинішні темпи розвитку, ми зможемо до 2030 року перевести на бік зеленої енергетики приблизно тридцять відсотків від усієї виробленої електроенергії по державі. Наразі ж звичайно важко буде слідувати даній тенденції, але передумови для цього звісно що є. Цей показник доволі таки оптимістичний, проте, як показує практика необхідно все ж таки звертати увагу на реалії сучасності, і, саме тому кожного дня ми за допомогою власних можливостей повинні шукати інші шляхи для забезпечення енергетичної Незалежності України в майбутньому і сьогодні.

Загалом, за даними [6], з посиланням на Міністерство енергетики України, картина виробництва електроенергії за перші 3 квартали 2021 року змінилась в сторону збільшення виробництва, а саме, цитуючи: «за 9 місяців 2021 року, обсяг виробництва електричної енергії електростанціями України у цілому склав 114 375,4 млн кВт·год, що на 6 701,9 млн кВт·год, або на 6,2 % більше, ніж за 9 місяців 2020 року».

Основну частку в загальному виробітку за 9 місяців 2021 року складає виробіток АЕС – 54,2%, ТЕС та ТЕЦ – 29,1%, а виробіток ГЕС та ГАЕС – 7,1%. За 9 місяців 2020 року частка виробітку АЕС, ТЕС та ТЕЦ і ГЕС та ГАЕС складала відповідно 52,7%, 32,5% і 5,2% (рис. 1).

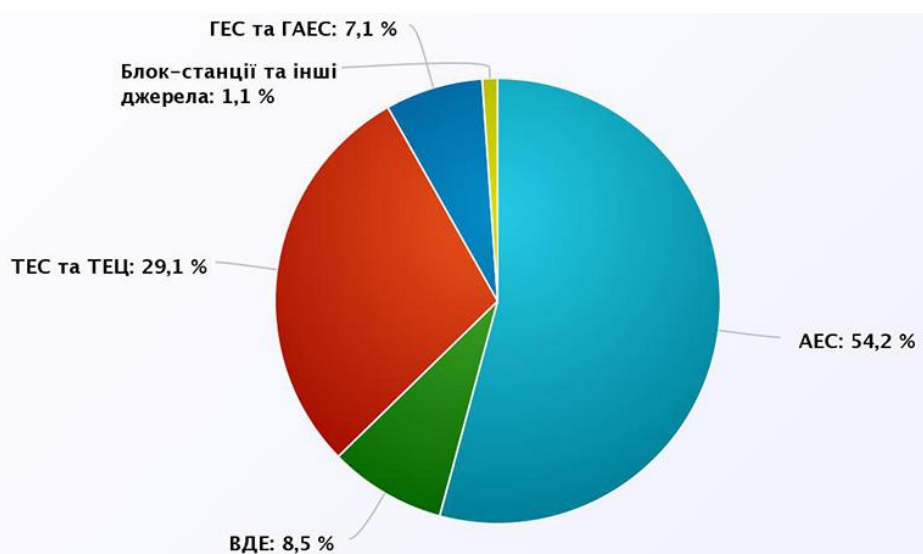


Рис. 1. Структура виробництва електроенергії в Україні за 9-ть місяців 2021 р.

Розглянемо більш детально сфери виробництва електроенергії в Україні, з оглядом на статистику [6].

Відновлювані джерела енергії. Що стосується відновлювальних джерел енергії, в принципі можна знайти пояснення не такому активному переходу на них всіх економік світу, а саме, це їх періодичність. Адже будь-яка з нам відомих альтернативних джерел будь-то сонячна енергетика вітроелектростанції, гідроелектростанції; всі вони залежать від певного періоду доби або природного ефекту: наприклад сонце не світить вночі, вітрові потоки подекуди не можуть використовуватися для промислових масштабів, а шлях руху водних мас не дозволяє нагромаджувати свій потік. Також не слід забувати і про вимоги щодо екологічності, при впровадженні фотоелектричних систем в Україні [7]. Саме тому, для повноцінного промислового переходу на відновлювальну енергетику необхідно вже сьогодні думати про впровадження певних електроенергетичних регуляторів в ВДЕ. А, так як, енергетична безпека - це одна із найважливіших складових деталей життєдіяльності цілої країни, що повинна трактуватися як захищеність населення та в цілому держави від зовнішніх і внутрішніх загроз дефіциту енергоресурсів, котрі можуть виникнути через негативні чинники природних явищ, техногенних можливо катастроф, або неправильно прийнятих рішень на керівних посадах, чи через соціально-економічні чинники всередині держави, або загально політичних зовнішніх факторів, необхідно не забувати про те, що одним з чинників в даному аспекті є і виробництво електроенергії на

сьогодні, і оптимістичні перспективи її розвитку на найближчі роки або ж навіть десятиліття на довготривалу перспективу. Саме тому при впровадженні альтернативних і нетрадиційних джерел енергії необхідно розглядати це питання через призму того що виробництво електроенергії повинно співпадати з необхідністю та можливостями населення країни і, фактична наявність цих ресурсів, таких як на сьогодні первинні енергоресурси вугілля, газ або нафти, а також вже можна в цілому доволі таки впевнено заявляти, що це сонце, вітер і вода - повинно бути на постійному і сталому рівні, адже це є основоположним фактором безпеки населення і держави в цілому. Тому надзвичайно важливо мати необхідну кількість джерел генерування електроенергії які зможуть у відсотковому співвідношенні гарантувати і підтримувати надійне електропостачання держави, як в екстрених так і повсякденних ситуаціях. І не важливо коли це буде, вдень, вночі, влітку або в інші періоди року. Також, можливо один з найважливіших факторів, – це сфера економіки держави, адже якщо матеріально складова або ресурсна-технічна база або управління не дозволяє перейти повноцінно на якийсь новий рівень існування держави і функціонування всіх сфер і повноцінної алгоритмізації їхніх дій між собою, ні в якому разі не можна змінювати енергетичний баланс тим чи іншим шляхом, особливо якщо є ризик небезпеки України в будь-якій зі сфер.

Що стосується дії з боку держави стосовно впровадження нових джерел енергії на основі сонячних електростанцій або ж вітрових, які пов'язані з альтернативною енергетикою необхідно приймати до уваги, що на законотворчому рівні доволі часто приймалися певні законопроекти або ж акти, щодо саме розвитку альтернативної енергетики України. Нещодавно була прийнята оновлена енергетична стратегія України до 2035 року. Коротко можна назвати С-35 або стратегія 35 [8]. В ній детально, нажалі як її більшість попередніх актуалізацій та прийнятих актів, мало що вказано. Загалом дана стратегія носить певний загальний характер котрий не виділяє чітких дій, які необхідно приймати для розвитку енергетики щоб отримати певний результат у заявлених роках.

Саме тому в подальшому ми будемо розглядати моменти з кореляцією на отриманий результат уже сьогодні, тому необхідно задати з вектором розвитку і обрати дві імовірні дати це 2025 рік і 2050. Кожні п'ять років необхідно, без сумніву, проводити коригування, щось додавати, щось видаляти, змінювати, саме таким чином можна зробити дійсно важливі кроки і прийняти по-справжньому серйозні рішення для розвитку електроенергетики.

Теплоенергетика. Суб'єктивно можна сказати, що стан тут доволі таки критичний. Адже незважаючи на те що встановлена потужність всіх теплових електростанцій і теплових електроцентралей наразі складає близько 50 відсотків загальнодержавної встановленої потужності України, проте на сьогодні за даними українського ядерного товариства - вироблення складає лише трошки менше сорока відсотків, а в третьому кварталі 2021 року ця цифра взагалі не сягнула і тридцяти відсотків. Сталося це через те, що ТЕС працюють на занадто низькому коефіцієнті використання встановленої потужності і в принципі наразі вже не допустимих логічних показниках, вони не оснащені новітніми фільтрами для забезпечення всіх екологічних норм та і більша частина енергоресурсів даних видів електростанцій вже вичерпала свій розрахований ресурс і в декілька разів його перевищила. Просто для порівняння необхідно зрозуміти, що якби наразі зменшити витрати умовного палива на вироблення однієї кіловат години

на рівень, що дорівнює показникам 80-х років минулого століття, то в принципі, за допомогою потужностей теплоелектростанцій, Україна могла б використовувати приблизно на 30-40 відсотків менше вугілля ніж це визначається сьогодні за різними оцінками агенцій [9], у тому числі і за оцінками української ядерної групи. До 2035 року можна вивести вже близько 7000 МВт потужностей теплоелектростанцій України. З таким підходом, як раніше, ні сонячні електростанції, ні гідроелектростанції не врятують енергетичну сферу України, особливо під час опалювального періоду, взимку. Досвідом стосовно експлуатації ВДЕ в Польщі, де погодні умови близькі до Українських, поділився Ришард Титко у своїй праці, разом з колегою з України – Володимиром Калініченком [10]. А саме, методи прийняття ВДЕ на більш високому рівні в енергетичній сфері, адже, в Польщі, станом на 2010 рік, відновлювані джерела займали більш як 7,5% енергобалансу. Саме тому, звичайно з поправками за найближчі роки, економічні методи впровадження ВДЕ, поруч з екологічними чинниками, котрі були розглянуті і проведені у сусідній Польщі, при грамотній реалізації можуть спричинити потужне зростання і «озеленення» української енергетики.

Атомна енергетика. Що стосується атомної електроенергетики – в порівнянні теплоелектростанцій з станом справ на АЕС, показники атомних станцій на порядок кращі. Звісно, ще досі необхідно приймати міри для максимального забезпечення надійної роботи установок, для їх довговічності, проте вже сьогодні було модернізовано, реконструйовано 7 із 15 існуючих атомних електростанцій в Україні - мається на увазі реакторів. Надія на те, що вони зможуть працювати в Україні близько 20 років, за умовою правильної їх експлуатації. За даними джерел [11] АЕС займають близько чверті всіх, встановлених на території України генеруючих потужностей, але при цьому, вони виробляють більше половини (рис. 2) (54,2 % за третій квартал 2021 року) всієї електроенергії.



Рис. 2. Заплановані розширення українських атомних електростанцій (зображення з відкритих джерел)

Загальний вектор розвитку АЕС було прийнято ще за часів СРСР, і тому, нижче наведено таблицю, де вказано коли і в якій кількості на території України було введено потужності тих чи інших атомних станцій [12].

Таблиця

Українські АЕС, терміни будівництва енергоблоків

Назва АЕС	№ Енергоблоку	Тип реактора	Встановлена електрична потужність (млн кВт)	Початок будівництва	Введення енергоблоку в експлуатацію
Запорізька АЕС	1	ВВЕР 1000/320	1000	квітень 1980	10.12.1984
	2	ВВЕР 1000/320	1000	квітень 1981	22.07.1985
	3	ВВЕР 1000/320	1000	квітень 1982	10.12.1986
	4	ВВЕР 1000/320	1000	січень 1984	18.12.1987
	5	ВВЕР 1000/320	1000	липень 1985	14.08.1989
	6	ВВЕР 1000/320	1000	червень 1986	19.10.1995
Південно-Українська АЕС	1	ВВЕР 1000/302	1000	березень 1977	31.12.1982
	2	ВВЕР 1000/338	1000	листопад 1979	06.01.1985
	3	ВВЕР 1000/320	1000	лютий 1985	20.09.1989
Рівненська АЕС	1	ВВЕР 440/213	420	серпень 1976	22.12.1980
	2	ВВЕР 440/213	415	листопад 1977	22.12.1981
	3	ВВЕР 1000/320	1000	лютий 1981	21.12.1986
	4	ВВЕР 1000/320	1000	1984	16.10.2004
Хмельницька АЕС	1	ВВЕР 1000/320	1000	листопад 1981	22.12.1987
	2	ВВЕР 1000/320	1000	1983	08.08.2004

Як видно з вищенаведеної таблиці, на той момент термін вводу в експлуатацію, з моменту початку будівництва в середньому рівний 5-ом рокам. Достатньо позитивний результат. На сьогоднішній день «Енергоатом» на території України планує побудувати низку нових об'єктів генерації електроенергії на основі ядерного палива [13].

Реалізацію цього проекту «Енергоатом» планує виконувати разом з американською компанією «*Westinghouse Electric*» котра є власником технології AP1000 – реакторів покоління 3+ [14].

Проте, на сьогоднішній день, це все в перспективі. Перспективи ж ці, на пряму будуть пов'язані з економічним станом справ. За оцінками експертів в обличчі колишнього голови Держатому Г. Копчинського, заслуженого енергетика України В. Шендеровича так экс зам. міністра палива та енергетики України М. Штейнберга [12] котрі ґрунтовані даними по заміні/ремонту та введенню нових потужностей від «Енергоатома», ще до початку 2030-х років, близько ~ 3200-3500 МВт атомних потужностей в Україні будуть зупинені, і, вже сьогодні необхідно знаходити альтернативу.

Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії. На протязі останніх десятиліть у світі вже відбуваються глобальні зміни в формуванні не лише політик щодо впровадження і продукції електроенергії, а й загальному ставленні до цієї галузі, як з техніко-економічних показників, так і з раціонально-екологічних. Це значить, що людство основною опорою на майбутні енергосистеми робить не лише їх показники потужності, а і сталий розвиток безпечності останніх щодо навколишнього середовища життєдіяльності живих істот на території планети.

Застаріла модель функціонування енергетичного сектору («**Енергетична стратегія України на період до 2035 року «безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність»**» [8]) за якою основними домінантами в даній галузі були глобальні великі виробники, викопне паливо, та, недосконала конкуренція на ринку електроенергії, поступово себе вичерпує. На заміну старим постулатам приходять нові функціональні моделі з більш конкурентним середовищем, з мінімізацією одного (або декількох) установлених лідерів з виробництва енергії, та широким підвищенням енергоефективності з широкоформатним введенням нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії в електроенергетичну та економічну екосистеми. Також, подібні нововведення викликані загальносвітовими змінами у кліматі [15-16].

Основними інструментами для створення майданчику інтеграції української енергетики в загальноєвропейську [17] мали стати: формування децентралізованих джерел енергії, незалежність енергетичного ринку, безперервність і безпечність функціонування енергомережі та сталий економічний і технічний розвиток галузей ПЕК (Паливно-енергетичного комплексу). Проте війна, що почалася 24.02.2022 року, російським вторгненням, принесла з собою зміни в даній стратегії.

Що стосується питання незалежності енергоринку, то це більше політичне питання в державі. Якщо ми говоримо про створення децентралізованих джерел енергії, то шляхом широкого вжитку і введенню в експлуатацію потужностей

джерел відновлюваної енергетики, енергосистема зможе отримати, у значній кількості, пов'язаних між собою пунктів генерації енергії, що за умови вчасної диспетчеризації і систем на прикладі «SmartGridSystems» [18], дозволять створити майданчик швидко реагуючої мережі для запобігання «обвалам» в енергомережі. Адже за допомогою ВДЕ, можна побудувати децентралізовані енергомережі шляхом їх автономного електропостачання за рахунок сонячних електростанцій або інших потужностей «зеленої» енергетики. В подальшому, це дозволить не лише збільшити виробництво електроенергії, а й також покращити її якість за рахунок впровадження нових технологій, вплинути на ефект децентралізації не лише в суспільно-політичному устрої України, а і в енергетичному. Тим самим, це призведе до збільшення долі генерування енергії на базі відновлюваних джерел, і, як локальному, так і глобальному позитивному впливу на екологічну і економічну ситуацію в регіонах та країні в цілому.

Проте, навіть не зважаючи на те, що потенціал України в галузі ВДЕ досить великий наразі, потужність відновлюваних джерел енергії нашої держави значно менша за країни ЄС навіть у порівнянні з минулими роками (рис. 3) [19]

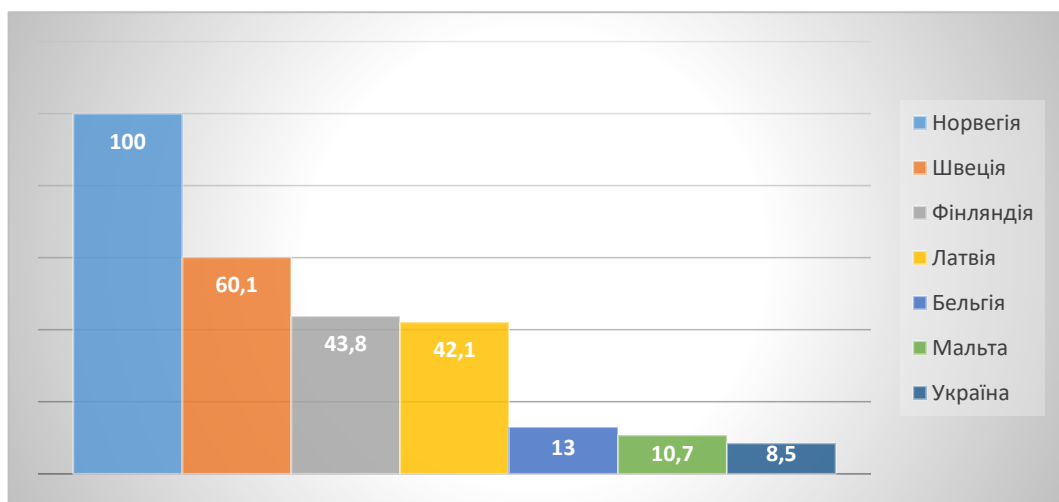


Рис. 3. Вироблення електроенергії з ВДЕ в державах Європи у відсотках

Якщо такі країни як Норвегія і Швеція, що є лідерами даного рейтингу, вже давно зробили ВДЕ далеко не «альтернативними» джерелами продукції електроенергії на своїх територіях, то навіть сусідні з Україною, Польща та Литва створюють більше 10% енергії з відновлюваних джерел. Остання до речі з урахуванням значно меншої площі своєї країни.

З точки зору ВДЕ в Україні окремо слід розглядати ГЕС та ГАЕС. Тому що лише гідроенергетика дає близько 10% всієї генеруючої потужності найбільшої країни Європи. В перекладі на мову чисел, це близько 6200 МВт потужності, станом на перший квартал 2018 року [19]. Також, за інформацією вищезгаданого джерела в майбутньому, реконструкції, модернізації та будівництво нових станцій дасть в надлишок ще 3000 МВт потужності. Проте навіть таких показників недостатньо в порівнянні зі зростанням необхідної потужності.

Але, на жаль, потужності «водних мас» не вистачає для стабільної генерації, і, через це постійну участь в підтриманні стійкості частоти і потужності приймають згадані вище ТЕС. Постійні маневри подібних масштабів фактично щодня зменшують техніко-економічні та екологічні показники теплоелектростанцій [12].

Що стосується СЕС та ВЕС (сонячні та вітроелектростанції). До 2035 року частка їх здобутку в генерації електроенергії повинна сягнути захмарні на сьогодні 13-15% [8]. Це збільшення ледь не в 10 разів в порівнянні з сьогоднішнім. В подальшому планується збільшення потужності ВЕС і СЕС ледь не до 50% всіх генеруючих установок. Проте при введенні таких потужностей необхідно не забувати про функції резервування для станцій ВДЕ, наприклад Сонячні електростанції. Загалом у світі використовують газові і парогенераторні установки для резервування проте з огляду на політичні та соціально-економічні проблеми України, перспективи такого методу доволі тьмяні. Існує ще одне рішення даного питання – акумулятивні потужності для резервування електроенергії. Принцип простий: світить сонце, акумулятори заряджаються – сонце не світить (наприклад вночі) беремо енергію від заряджених акумуляторів. Проте тут існують свої ризики: висока вартість, обмежені ресурси (наприклад – літій) та ін. Існує також мало відомий спосіб акумуляції на прикладі водню.

Акумулювання електроенергії. Взагалі, на сучасному етапі існування енергетичної системи існує велика кількість систем накопичення виробленої енергії. Їх в основному можна розподілити на певні під-типи, а саме [20]:

- накопичувачі електромагнітні. Це напівпровідникові накопичувачі електроенергії [21];
- накопичувачі механічні. Наприклад – ГАЕС, пневмоакумуляторні і супермаховики [21];
- накопичувачі електрохімічні. В свою чергу поділяються на: суперконденсатори [21], так звані “Fuel Cells” – паливні комірки, редукс-акумулятори та акумуляторні батареї [21].

Вище наведені приклади реалізації систем накопичення електроенергії, всі вони відрізняються і за принципом роботи, і за тривалістю зберігання електроенергії [20].

Також не слід забувати і про стійкість енергосистеми основою якої і досі є ще радянські магістральні системи та ін. Витримати широкомасштабне введення потужностей ВЕС і СЕС таким системам буде майже неможливо. Звідси висновок – необхідна модернізація, та суттєві фінансові вливання поряд з сучасними інженерно-технічними рішеннями. На сьогодні є дозвіл на приєднання близько 7000 МВт потужностей СЕС та ВЕС, проте, як вже йшлося вище, регулюючі потужності нашої держави сьогодні – це біля 3000 МВт потужності. Що може статися при ситуації введення перевищеної потужності, можна лише уявити.

Відповідно до схваленої урядом «Енергетичної стратегії України до 2035 року» метою країни є досягнення позначки в 25% енергії з відновлюваних дже-

рел в загальних первинних поставках енергії до 2035 року. Що не є чимось критичним, проте необхідно вже сьогодні приймати міри по підготовці нашої енергосистеми до майбутнього.

Висновки. Підбиваючи підсумки, необхідно розуміти, що 4-та промислова революція, на порозі якої ми знаходимося вже сьогодні, не прийшла миттєво. Вже останні 10 років ми спостерігаємо широкомасштабне зростання попиту на інтеграцію інформаційних технологій у суспільство. Розвиток промисловості, широкоформатна автоматизація, кібернетичні технології та інші, дають змогу в загальному вжитку використовувати велику кількість технологічних дарунків – гаджетів, комп'ютерів, електрокарів, промислових об'єктів та ін. Що в свою чергу є споживачами електроенергії. Споживання електроенергії збільшується з кожним роком у середньому на 2-5% і застарілий підхід до прийняття необхідних мір переобладнання енергомережі в Україні може призвести до колапсу в енергетичній сфері вже майбутніми 3-5 роками. Також пошук вирішення даної проблеми призвів спочатку до широкого застосування відновлюваних джерел енергії, таких як сонячні електростанції і вже потім до переобладнання енергетичного сектору, впровадження децентралізації, тощо..

Очевидно, що інновації необхідні, на це вказують наступні чинники:

1. Лєвова доля електроенергії, що виробляється в Україні, належить АЕС [6], тобто вони є тою базою, навколо якої будується вся енергосистема;

2. Теплоелектростанції з кожним роком через недостатню модернізацію і без системного підходу перетворюються на відверті «анти-екологічні» установи, що також спричиняє і зменшення їх долі в діаграмі [6] вироблення електроенергії.

3. Гідро та пневмо-акумуляторні станції, можуть займати вагому роль в сталій енергосистемі України, зокрема, як різновид швидко-маневруючих потужностей, проте проблематика їх будівництва та утримання не дозволяє підвищити їх частку принаймні до 25% серед інших.

4. Нетрадиційні джерела енергії. Сюди відносимо СЕС та ВЕС та біогазові установи. Доля їх в сегментації енергомережі менша, аніж у більшості європейських країн, а головна проблематика полягає у відсутності (або мізерній кількості) інструментів впливу на генерацію електроенергії у цих електростанціях та їх маневреність.

Отже як видно з вищеописаного, українська електроенергетична система одночасно включає в себе і архаїчне обладнання з минулого (ТЕЦ) і сучасні електростанції (СЕС/ВЕС). Останні, до речі, мають значні проблеми з маневреністю (можливість оперативної генерації електроенергії в необхідній для споживачів кількості, без спричинення шкоди загальній системі енергорозподілу). Саме тому, однією з відповідей на дане питання «що робити?» може бути широкомасштабне введення акумуляторних станцій. Найбільш привабливим і цікавим варіантом наразі, є – водневе акумуляування і воднева енергетика в цілому.

Проте на сьогодні це доволі дороге задоволення, і у техніко-економічних показниках не надто вигідне, при теперішньому стані справ. Але в майбутньому,

саме подібні методи будуть слугувати опорою для каскаду сучасних електростанцій в енергосекторі. Саме тому вектор розвитку на децентралізацію, автоматизацію та Smart Grid Systems напряму пов'язаних з сектором резервування продукуючої потужності ВДЕ.

Перелік посилань

1. *Ядерна енергетика: за чи проти* (n.d.). Retrieved April 27, 2022, from <https://svit-ppt.com.ua/fizika/yaderna-energetika-za-chi-proti.html>
2. Пундєв, В.О., Резцов, В.Ф., Суржик, Т.В., Шевчук, В.І. & Шейко, І.О. (2020). Утилізація фотоелектричних модулів: проблеми та міжнародний досвід. *Vidnovliuvana Energetyka*, 3(62), 27–34. [https://doi.org/10.36296/1819-8058.2020.3\(62\).27-34](https://doi.org/10.36296/1819-8058.2020.3(62).27-34)
3. "Зелена" енергетика в Україні: фахівці спростували основні міфи (n.d.). Retrieved April 27, 2022, from <http://budport.com.ua/news/15842-zelena-energetika-v-ukrajni-fahivci-sprostuvali-osnovni-mifi>
4. *ЄС пропонує вважати атомну енергію і газ "зеленими", щоб полегшити перехід на відновлювані джерела* (n.d.). Retrieved April 27, 2022, from <https://suspilne.media/194594-es-proponue-vvazati-atomnu-energiu-i-gaz-zelenimi-sob-polegsiti-perehid-na-vidnovluvani-dzerela>
5. *Модернізація енергетики прискорить модернізацію економіки* (n.d.). Retrieved April 28, 2022, from <https://ua.interfax.com.ua/news/blog/743634.html>
6. *Виробництво електроенергії в Україні за 3 квартали 2021 року* (n.d.). Retrieved April 28, 2022, from <https://vse.energy/news/pek-news/electro/1846-power-generation-202109>
7. Резцов, В.Ф., Суржик, Т.В., Пундєв, В.О., Шевчук, В.І., Кирнос, Л.А., & Шейко І.О. (2019). Вимоги щодо забезпечення екологічних факторів при впровадженні технологій фотоенергетики в Україні. *Vidnovliuvana Energetyka*, 4(59), 29-36. [https://doi.org/10.36296/1819-8058.2019.4\(59\).29-36](https://doi.org/10.36296/1819-8058.2019.4(59).29-36)
8. *Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року "Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність"* (n.d.). Retrieved April 28, 2022, from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#Text>
9. *Система енергоефективності в Україні*. (2018). Retrieved April 28, 2022, from <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2018/09/GIZ-brochure.pdf>
10. Титко, Р., & Калініченко, В.М. (2010). *Відновлювальні джерела енергії: досвід Польщі для України. Навчальний посібник*. OWG.
11. *Електроенергетика України – от выживания к развитию*. (n.d.). Retrieved April 29, 2022, from <https://ukrms.org/publikatsii/item/1098-elektroenergetika-ukrainy-ot-vyzhivaniya-k-razvitiyu>
12. *Українська енергетика*. (n.d.). Retrieved April 30, 2022, from [https://www.sunpp.mk.ua/uk/nu-clear/ukraine power engineering](https://www.sunpp.mk.ua/uk/nu-clear/ukraine%20power%20engineering)
13. *Петро Котін розповів як будуть будувати нові енергоблоки ХАЕС та ще понад 10 ГВт атомних потужностей* (n.d.). Retrieved April 30, 2022, from <https://infoatom.news/2021/11/22/221120211503>
14. Азаренков, Н.А., Булавин, Л.А., & Залюбовский, И.И. (2012). *Ядерная энергетика. Учебное пособие*. ХНУ ім. Каразіна.
15. *Проблеми та перспективи розвитку України як екологічної держави* (n.d.). Retrieved April 27, 2022, from [http://www.dridu.dp.ua/vidavnictvo/2016/2016_03\(30\)/5.pdf](http://www.dridu.dp.ua/vidavnictvo/2016/2016_03(30)/5.pdf)
16. Юрескул, В.О. (2014). Основні екологічні проблеми та шляхи їх подолання у міжнародних документах та на національному рівні. *Актуальні проблеми політики*, 53, 158-165.
17. *Як українська енергетична система остаточно відрізлася від РФ та Білорусі* (n.d.). Retrieved April 27, 2022, from <https://www.eurointegration.com.ua/news/2022/03/1/7135009/>
18. Bayindir, R., Colak, I., Fulli, G., & Demirtas, K. (2016). Smart grid technologies and applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 66, 499-516. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.08.002>

19. *ЄС споживає майже чверть енергії з відновлюваних джерел* (n.d.). Retrieved April 27, 2022, from <https://ua.interfax.com.ua/news/greendead/792960.html#>
20. Івахнов, А.В., Лазуренко, О.П., & Федорчук, С.О. (2018). Системи акумулювання електроенергії, аналіз можливостей та їх поєднання для застосування в енергосистемі. *Вісник КПІ*. 10(1286), 53-59.
21. Andrijanovits, A., Hoimoja, H., & Vinnikov, D. (2012). Comparative Review of Long-Term Energy Storage Technologies for Renewable Energy Systems. *Electronics and Electrical Engineering*, 118(2).
<https://doi.org/10.5755/j01.eee.118.2.1168>

ABSTRACT

Purpose. The purpose of the work is to carry out an analytical review of the state of the electricity system of Ukraine and its structure by types of generation from the point of view of its balancing.

Research methodology. To establish the dependence of the Ukrainian energy market on constant loads and maneuverability, an empirical method of analyzing the indicators of the energy system was used.

The results. The analysis of the state of the electric power system of Ukraine, taking into account its changes during the military aggression, was carried out. The structure of the electric power sector of the economy by types of generation is shown, the disadvantages and advantages from the point of view of balancing the electric power system of Ukraine are revealed. According to the results, the need for additional maneuvering of the power system was revealed, which can also be performed due to the accumulation of electricity generated at non-traditional energy facilities.

Scientific novelty. Analysis of the state of Ukraine's electric power industry in modern conditions allows us to distinguish the main directions of research on increasing the maneuverability of the electric power system when renewable energy sources are connected to this system.

Practical value. The last 10 years have seen a large-scale increase in demand for the integration of information technologies into society. The development of industry, large-scale automation, cybernetic technologies and others make it possible to use a large number of technological gifts in general use - gadgets, computers, electric cars, industrial objects, etc. Which in turn are consumers of electricity. Electricity consumption increases every year by an average of 2-5%, and the outdated approach to taking the necessary measures to re-equip the power grid in Ukraine may lead to a collapse in the energy sector in the next 3-5 years. Also, the search for a solution to this problem led initially to the widespread use of renewable energy sources, such as solar power plants, and only later to the transformation of the energy sector, the introduction of decentralization, etc. In order to maintain the balancing of the energy system, along with the development of renewable energy, the task of developing accumulative systems, in particular hydro and pneumatic accumulative stations, which can play an important role in the permanent energy system of Ukraine as a type of fast-maneuvering power, arises.

Keywords: *electric energy, renewable energy sources, power plant, power supply, alternative energy, profitability, maneuverability, coefficient.*