

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПИТАНЬ БАЛАНСУВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНІЙ СИСТЕМІ З ВІДНОВЛЮВАНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

Проаналізовано заходи зменшення негативного впливу відновлюваних джерел енергії на надійність роботи енергосистеми та досліджено актуальне забезпечення розвитку їх балансування.

**Ключові слова:** балансування, електроенергетична система, відновлювальні джерела енергії.

### Abstract

Analyzed measures reduction negative impact renewable sources energy for reliability power system operation and research relevant software development of their balancing.

**Keywords:** balancing, power system, renewable.

### Вступ

Видача потужності відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) в мережу Об'єднаної Енергосистеми (ОЕС) України вперше почала перевищувати виробництво електроенергії від спалювання вугілля [1]. Сонячні та вітрові електростанції в окремі години виробляють більше електроенергії, ніж вугільні ТЕС. Згідно диспетчерським даними «Укренерго», це вперше відбулося 15 березня 2020 року. У цей день завдяки сприятливим погодним умовам впродовж 4-х годин (з 11-00 до 15-00) ВДЕ видавали в мережу ОЕС України вищу потужність, ніж вугільні ТЕС. Рекордний максимум потужності ВДЕ було досягнуто о 13 годині на рівні 2 978 МВт, при цьому потужність ТЕС в експлуатації в цей момент складала 2 294 МВт. Подібна ситуація також повторювалася 18 і 19 березня 2020 року.

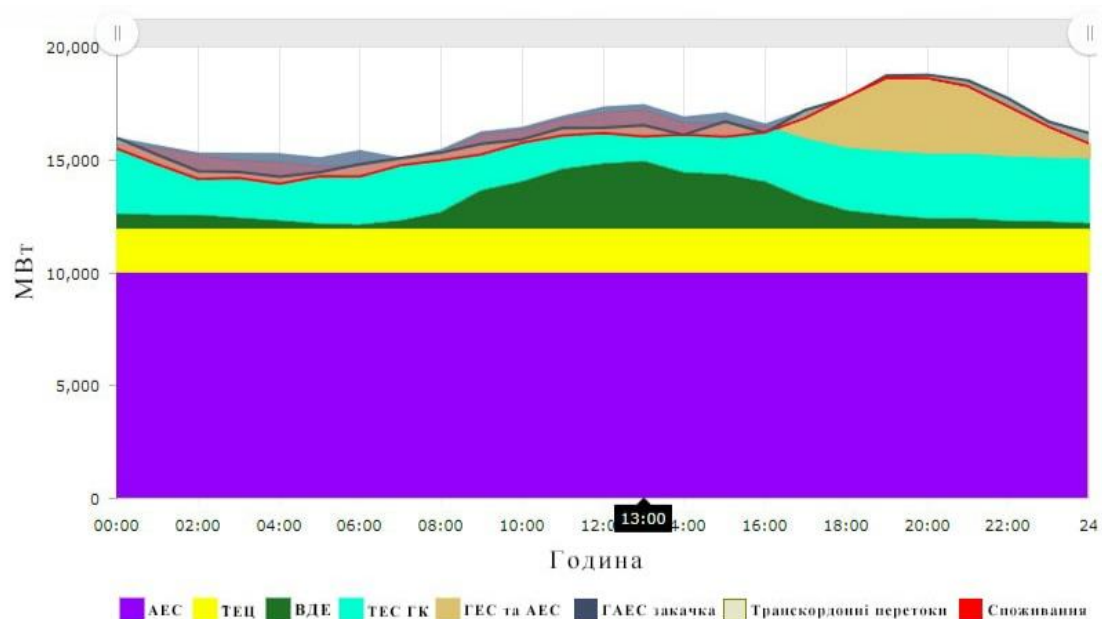


Рис. 1 – Добовий графік виробництва та споживання електроенергії за 15.03.2020 року

У 2019 загальна потужність об'єктів відновлюваної енергетики в Україні (включаючи територію острова Бурштинської ТЕС) виросла в три рази - з 2,3 до 6,8 ГВт (на січень 2020 року). Згідно з висновками НЕК «УКРЕНЕРГО» для забезпечення стабільної роботи енергосистеми та інтеграції додаткових потужностей ВДЕ необхідно побудувати 2 ГВт нових високоманеврових піково-резервних генеруючих потужностей і 200 МВт систем акумулювання електричної енергії. Станом на 08 березня 2021 року ситуація наступна (рис. 2).

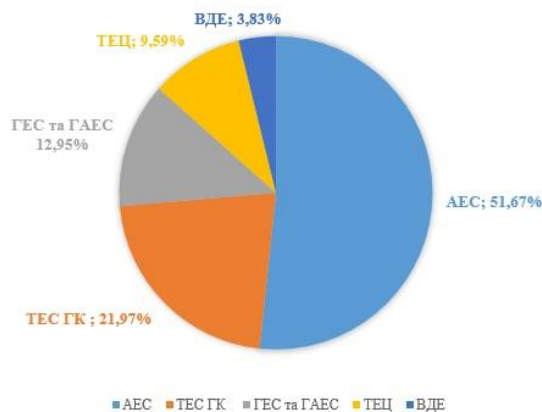


Рис. 2 – Структура генерації ОЕС України на максимум електроспоживання станом на 08.03.2021 року за даними НЕК «УКРЕНЕРГО»

### Результати дослідження

Для зменшення можливого негативного впливу відновлюваних джерел енергії на роботу електроенергетичної системи в багатьох країнах окрім вимоги обов'язкового прогнозування потужності вітрових та сонячних електростанцій існують спеціальні вимоги, що регламентують поведінку їх в певних ситуаціях (такзвані “Grid code”) [2]. Згідно цих вимог ВЕС та СЕС повинні мати можливість підтримки балансу активної потужності, постачати реактивну потужність до мережі, та виконувати контроль частоти і напруги в точці приєднання”) [3-6].

Заходи щодо зменшення негативного впливу ВДЕ на надійність роботи енергосистеми можна поділити на такі що не вимагають втручання в існуючу структуру енергосистеми (як електростанцій так і електричних мереж) та такі, що потребують зміни структури ЕЕС.

До перших можна віднести наступні заходи:

1. Визначення оптимального розподілу потужності вітрових та сонячних електростанцій між окремими площадками з точки зору використання існуючого регулюючого діапазону ОЕС.
2. Встановлення спеціальних вимог до роботи ВЕС та СЕС в електроенергетичній системі.
3. Використання моделей ВЕУ при будівництві ВЕС таких, що можуть виконувати функції з підтримки стабільної роботи ЕЕС.
4. Впровадження служб прогнозування погодинної потужності на добу вперед для вітрових та сонячних електростанцій.
5. Вибір оптимальної потужності ВЕС та СЕС при приєднанні з точки зору пропускної здатності електричної мережі.

До другої групи можна віднести такі заходи:

1. Модернізація існуючих електростанцій для збільшення регулюючого діапазону електроенергетичної системи.
2. Розвиток та підсилення електричних мереж ЕЕС.

Заходи, що відносяться до другої групи, вимагають значних коштів та часу на їх реалізацію.

Реалізація заходів першої група зводиться до проведення відповідних досліджень та розробки нових нормативних документів або, у разі потреби, внесення змін в уже існуючі нормативні документи. Такі заходи не вимагають значних витрат та дозволяють максимально використати при інтеграції ВДЕ існуючу структуру ЕЕС.

З огляду на плани України щодо розвитку ВДЕ, розглянуті системні функції було введено в ряд нормативних документів, що встановлюють вимоги до роботи вітрових та сонячних електростанцій

в ОЕС України [7]. Однак, для повноцінного їх використання диспетчерами необхідно розробити механізм компенсації власникам електростанцій збитків, понесених через недоотриману генерацію електричної енергії.

Для СЕС та ВЕС притаманне нестабільне виробництво електроенергії, так як воно залежить від погодних умов. Це призводить до похибок в прогнозуванні виробництва електроенергії ВДЕ і створює небаланси. Для забезпечення стабільної роботи ОЕС України в разі збільшення виробництва електроенергії з ВДЕ є різні механізми. Зокрема, впровадження більш точних методів прогнозування, встановлення відповідальності за небаланси і використання балансувальних потужностей”) [8].

Для балансування електричної енергії зазвичай використовують такі засоби:

- генерування електроенергії маневровими потужностями;
- використання акумуляційних технологій;
- імпорт електроенергії з інших країн;
- керування попитом.

До балансувальних потужностей з цього переліку можна віднести генерацію електроенергії маневровими потужностями і використання акумуляційних технологій. Такі потужності потрібні для «зрівноваження» потоків електроенергії в реальному часі на балансуєчому ринку [9].

З метою безпечного функціонування ОЕС оператор системи передачі забезпечує балансування енергосистеми. Під цим мається на увазі процес постійного підтримання відповідності між споживанням і обсягом виробництва електричної енергії на вітчизняних електростанціях, а також її імпорту.

Балансувальна електрична енергія використовується для балансування в реальному часі:

- обсягів виробництва та імпорту електроенергії;
- обсягів споживання і експорту електроенергії; врегулювання системних обмежень.

Резерв генерувальних потужностей для цілей балансування на ринку електричної енергії повинен забезпечувати оператор системи передачі - НЕК «УКРЕНЕРГО». Для цього щорічно компанія розробляє звіт з оцінки відповідності (достатності) генерувальних потужностей. Варто відзначити, що такий звіт потрібен не тільки для визначення резерву таких потужностей.

В 2018 році на сайті «УКРЕНЕРГО» було опубліковано звіт з оцінки відповідності (достатності) генеруючих потужностей, який містив можливі ризики та заходи щодо їх мінімізації. Зокрема, зазначено було, що розвиток ВДЕ є ризиком, через узгодженість з можливостями забезпечення їх балансування, і передбачені наступні можливі заходи, які актуальні і сьогодні:

- реконструкції вугільних блоків з підвищенням маневрених характеристик;
- впровадження електростанцій з швидким стартом;
- впровадження високоманевреної газової генерації;
- впровадження акумуляційних технологій;
- використання потужностей ТЕС для заміщення АЕС;
- квотування впровадження ВДЕ по системі аукціонів;
- використання відмови в приєднанні електростанції з негарантованою потужністю до електричних мереж.

Квотування ВДЕ і відмови в приєднанні - досить спірні заходи для мінімізації ризику та забезпечення балансування. Втім, всі інші запропоновані заходи можна розділити на дві основні групи: нові маневрені потужності і потужності для акумулювання електричної енергії.

У випадку, якщо генерувальних потужностей недостатньо, то для забезпечення постачання електричної енергії, законом передбачено:

- будівництво генерувальних потужностей за конкурсом;
- виконання заходів з управління попитом.

Перше передбачає:

- будівництво нової генерувальної потужності;
- реконструкцію (модернізацію) діючої генерувальної потужності;
- продовження терміну експлуатації енергоблоків атомних електростанцій.

Під заходами керування попитом мається на увазі комплекс заходів, спрямованих на підвищення ефективності функціонування енергосистеми за рахунок тимчасової зміни споживання електричної енергії на договірних засадах. Наприклад, різні умови споживання в денні та нічні години.

## Висновки

Українська асоціація відновлюваної енергетики наголошує – підключення усіх об'єктів ВДЕ до ОЕС України здійснювалося після отримання відповідного дозволу від НЕК «УКРЕНЕРГО». Отже, саме НЕК несе відповідальність за ті проблеми, що виникають у наслідок нових підключень, оскільки системний оператор володіє усією повнотою інформації щодо можливостей енергосистеми.

Рекомендація «Укренерго» щодо введення додаткових зобов'язань для інвесторів у ВДЕ щодо будівництва маневрових потужностей потребує залучення великих обсягів додаткових коштів. Діючі величини «зелених» тарифів не враховують вартості спорудження систем накопичення енергії разом з об'єктом ВДЕ, тому необхідність їх будівництва може бути застосована лише в рамках проведення аукціонів на будівництво нових об'єктів ВДЕ. Разом з тим слід пам'ятати, що будь-які додаткові вимоги призведуть до збільшення аукціонної ціни, яку будуть пропонувати інвестори.

Більше того, рекомендація системного оператора щодо введення зобов'язань зі встановлення систем накопичення енергії не є здійсненою, оскільки на сьогодні в Україні відсутня достатня законодавча, яка б регулювала роботу таких систем. Рух відповідних законопроектів, як і інших, пов'язаних з галуззю ВДЕ, занадто повільний.

Відповідальність за небаланси для операторів ВДЕ запроваджується з початку 2021 року. Але фактично в умовах безвідповідального ставлення до інвесторів, вони вже відповідають за прорахунки державної політики щодо інтеграції ВДЕ в енергосистему України. Хронічна заборгованість перед виробниками з ВДЕ посилюється примусовими відключеннями в пікові години виробництва, за які ще ніхто не отримав коштів. До того ж пропозиція «УКРЕНЕРГО» якнайшвидше запровадити відповідальність виробників з ВДЕ за небаланси не вирішить фізичної проблеми енергосистеми – відсутності сучасних маневрових потужностей та систем накопичення енергії, а буде працювати лише як інструмент покарання.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Режим доступу: <https://ua.energy/>
2. Балансова надійність електричної мережі з фотоелектричними станціями: монографія / П. Д. Лежнюк, В. О. Комар, С. В. Кравчук [та ін.] ; ВНТУ. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 136 с. – ISBN 978-966-641-751-3.
3. IEA Wind Task 25. Final report, Phase one 2006-08 [Електронний ресурс]. Режим доступу: [www.ieawind.org](http://www.ieawind.org).
4. Large scale integration of wind energy in the European power supply: analysis, issues and recommendations [Електронний ресурс]. Режим доступу: [www.ewea.org](http://www.ewea.org)
5. System Requirements for Wind Power Plants [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://sintef.net/upload/Energiforskning/pdf/Vind/TR%20A6586.pdf>
6. Вітроенергетика. Станції електричні вітрові. Приєднання до електроенергетичної системи : ДСТУ 8292:2015. – [Чинний від 01.07.2017] – К.: Мінекономрозвитку України, 2017. – 13 с. – (Національний стандарт України).
7. Правила взаємовідносин між Державним підприємством «Національна енергетична компанія «Укренерго» та суб'єктами електроенергетики в умовах паралельної роботи в складі Об'єднаної енергетичної системи: редакція від 29.11.2016 / Міністерство палива та енергетики України [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0673-08>
8. В.В. Кулик, О.Б. Бурикін, Ю.В. Малогулко Дослідження ефективності сумісної експлуатації локальних електричних мереж з ВДЕ та систем централізованого електропостачання / Вісник Національного технічного університету України Київський політехнічний інститут. Сер.: Гірництво, 2014. №25. С. 113-120.
9. Renewables.ninja [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.renewables.ninja/>

**Мовчанюк Максим Ігорович** — студент, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [maksimovchanyuk@gmail.com](mailto:maksimovchanyuk@gmail.com)

Науковий керівник: **Лежнюк Петро Дем'янович** — доктор. техн. наук, доцент, професор кафедри електричних станцій та систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [lezhp@gmail.com](mailto:lezhp@gmail.com)

**Movchanyuk Maxim I.** – student, Vinnitsa National Technical University, student of the department of electric power stations and systems; Vinnitsa, Ukraine; e-mail: [maksimovchanyuk@gmail.com](mailto:maksimovchanyuk@gmail.com)

Supervisor: **Lezhniuk Petro D.** – Doctor of Technical Sciences (Dr. Sc.), professor, Vinnitsa National Technical University, professor of power plants and systems department; Vinnitsa, Ukraine; e-mail: [lezhp@gmail.com](mailto:lezhp@gmail.com)