



Проект енергетичної безпеки

ДОСЛІДЖЕННЯ В РАМКАХ ПРОВЕДЕННЯ ОЦІНКИ ГНУЧКОСТІ ДЛЯ РІЗНИХ СЦЕНАРІЇВ ІНТЕГРАЦІЇ ВДЕ

Відновлювальні джерела енергії (ВДЕ) складають значну частку у структурі генеруючої потужності української енергосистеми. Як і в багатьох країнах з подібним балансом генеруючої потужності ВДЕ, важливо ретельно оцінювати вимоги до системи з метою подолання викликів, які виникають під час збільшення частки вітрової та сонячної генерації, оскільки ці два ресурси домінують в ресурсах ВДЕ України.

Введення в експлуатацію у значних кількостях електростанцій переривчастої генерації на основі ВДЕ (вітрових та фотоелектричних сонячних електростанцій) створює проблеми з балансуванням коливальності споживання та генерації. Ефективним рішенням може бути збільшення маневрової потужності на існуючих станціях та інші варіанти гнучкості, які відіграватимуть ключову роль для безпечного та сталого функціонування електроенергетичної мережі.

На рисунках наведено загальну річну потужність сонячної генерації проектів, ухвалених в Україні станом на серпень 2020 року. Історично дуже великі рівні FIT призвели до значної інтеграції ВДЕ. Такі рівні кардинально збільшилися за останні два роки, оскільки інвестори очікували перегляду

Сонячні потужності (МВт) та тариф FIT (євро/МВтг)



Вітрові потужності (МВт) та тариф FIT (євро/МВтг)



законодавства щодо підтримки ВДЕ, включаючи зменшення FIT, відповідальності за небаланси, визначення кінцевого терміну введення в експлуатацію станцій, таким чином, щоб вони могли бути звільнені від участі в аукціонах у найближчому майбутньому, а також вигоди від фіксованого FIT у законодавстві. Після введення в експлуатацію цих станцій, загальна вітрова та сонячна потужність вже досягла 6 ГВт станом на вересень 2020 року, та є ще багато проектів станцій, які розробляються і будуть введені у найближчі роки. У зв'язку з цим, хоча більшість експертів погоджується, що українська енергосистема потребує більшої гнучкості, погляди значно розділилися стосовно того, як досягти потрібного рівня гнучкості за мінімальних витрат. У цьому огляді ми надаємо результати та висновки "Дослідження оцінки гнучкості для різних сценаріїв інтеграції ВДЕ", розробленого експертами Проекту енергетичної безпеки USAID (ПЕБ).

Мета дослідження полягає у тому, щоб дати відповіді на такі питання:

Чи можлива при існуючій структурі генерації (комплексі електростанцій) інтеграція більшої частки змінних відновлюваних джерел енергії в Україні, і які варіанти балансування є найбільш прийнятними та економічно ефективними з точки зору витрат?

КЛЮЧОВІ ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ

- **Часові горизонти та сценарії:** За 2021 та 2025 роки було зроблено оцінку >120 сценаріїв, а 3 репрезентативні сценарії було обрано як базові.
- **Аналіз за допомогою більшої кількості та кращої якості одиниць даних у порівнянні з подібними дослідженнями гнучкості в енергетичній системі України:** Було зроблено аналіз з використанням широкого набору погодинних даних та детального моделювання навантаження і генерації.
- **Уникнення спрощення та узагальнень:** Було розглянуто нещодавні дослідження оцінки гнучкості, зібрано та використано необхідні дані з метою уникнення спрощення та узагальнення, які могли б вплинути на результати.
- **Тільки підтверджена модель гнучкості:** Результати аналізу було підтверджено на фактичних обмеженнях ВДЕ в Україні упродовж періоду травня 2019 – травня 2020 рр.
- **Дискретність аналізу та результатів:** Було виконано погодинну оцінку гнучкості ОЕС України.
- **Методика на основі найкращих практик:** Використана методика включає найкращі практики ENTSO-E, а також оцінку ключових показників ефективності на основі посібників EPRI (Дослідницького інституту електричної енергії).

СТИСЛИЙ ОПИС РЕЗУЛЬТАТІВ ДЛЯ БАЗОВИХ СЦЕНАРІЇВ

ВИЗНАЧЕННЯ СЦЕНАРІЇВ				РЕЗУЛЬТАТИ АНАЛІЗУ						
Рік	Щорічне зростання навантаження	Режим роботи	Встановлена потужність		На розвантаження		На завантаження		Необхідність у додатковій маневровій потужності (МВт) (Макс.)	Коефіцієнт використання встановленої потужності нової маневрової генерації
			ВЕС (МВт)	СЕС (МВт)	Тривалість відхилення (годин)	Нестача потужності (МВт*год)	Тривалість відхилення (годин)	Нестача потужності (МВт*год)		
2021	0.5%	Об'єднаний	2,585	6,241	104	149,009	30	10,555	491	0,25%
2025	1.2%	Об'єднаний	3,000	9,500	124	196,248	53	26,306	727	0,42%
2025	1.2%	Ізольований	3,000	9,500	250	380,343	198	95,718	1,351	0,89%

Відхилення, к-ть годин: Як часто в системі відбувається погодинна нестача потужності на завантаження та розвантаження.

Нестача маневрової потужності (МВт*год): Сума додаткової керованої потужності, яка потрібна кожної години (може бути на завантаження та розвантаження).

Необхідна додаткова маневрова потужність (МВт): Додаткова гнучка потужність, яка може бути потрібна енергосистемі України.

Коефіцієнт використання встановленої потужності: Річний коефіцієнт використання встановленої потужності для нових станцій, якщо потреба в маневровій потужності задовольняється за допомогою будівництва нових об'єктів.

Об'єднаний: Сценарій, який передбачає тривалу синхронну роботу з ОЕС Росії.

Ізольований: Сценарій, який передбачає функціонування ОЕС України в ізолюваному від ОЕС Росії режимі.

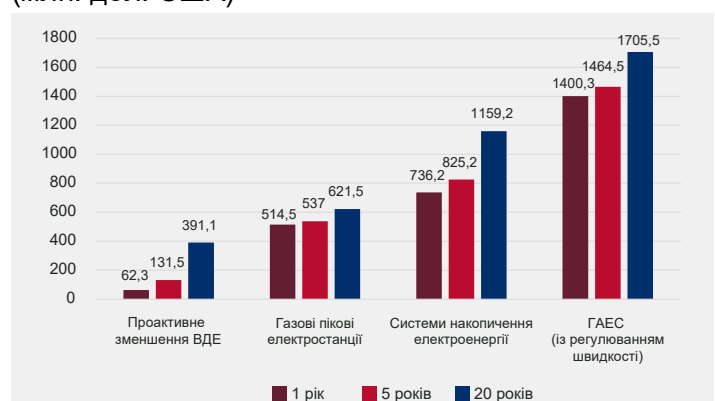
ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ВАРІАНТІВ ГНУЧКОСТІ

Було зроблено порівняння чотирьох різних опцій гнучкості з точки зору витрат.

Проаналізовані варіанти гнучкості включають такі альтернативи:

- Про-активне обмеження ВДЕ
- Газові пікові електростанції
- Системи накопичення електроенергії (акумуляторні батареї)
- Гідроакumuлюючі станції (ГАЕС)

Перспектива витрат для різних часових горизонтів (млн. дол. США)



КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ	ПРОАКТИВНЕ ЗМЕНШЕННЯ ВДЕ	ГАЗОВІ ПІКОВІ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ	СИСТЕМИ НАКОПИЧЕННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ	ГАЕС (ІЗ РЕГУЛЮВАННЯМ ШВИДКОСТІ)
Передумови впровадження	<ul style="list-style-type: none"> - Система управління обмеженням ВДЕ - Система короткострокового прогнозування споживання (вже існує) - Система короткострокового прогнозування ВДЕ (вже існує в ОСП і в проєкті ПЕБ для Гарантованого покупця і ОСП) - Безпосередня інтеграція систем управління ВЕС та СЕС з Диспетчерським центром (для відправки уставок на електростанції). 	<ul style="list-style-type: none"> - Визначення найкращих площадок та потужності для оптимального забезпечення гнучкості. 	<ul style="list-style-type: none"> - Визначення найкращих об'єктів та потужності для оптимального забезпечення гнучкості. 	<ul style="list-style-type: none"> - Визначення найкращих об'єктів та потужності для оптимального забезпечення регулювання потужності (наявні ГАЕС). - Включення питання щодо обмеження використання води є ключовим для найкращих проєктів.
CAPEX (млн. дол. США)	45,0	508,9	713,9	1384,2
Щорічні OPEX (млн. дол. США)	4,5	5,6	22,26	16,1
Щорічна вартість обмежень ВДЕ (млн. дол. США)*	12,8	0	0	0
Загальна вартість (1-й рік роботи) (млн. дол. США)	62,3	514,5	736,2	1400,3
Загальна вартість (5 років) (млн. дол. США)	131,5	537,0	825,2	1464,5
Загальна вартість (20 років) (млн. дол. США)	391,1	621,5	1159,2	1705,5

* Вартість зменшення частки ВДЕ складається з витрат на послугу з балансування на завантаження, яка сплачується станціям ВДЕ за забезпечення балансування на завантаження згідно з диспетчерськими командами. Отже, практично, ця вартість перетворюється в додатковий дохід для станцій ВДЕ/механізм підтримки ВДЕ.

ВИСНОВКИ

- **Нестача потужності на завантаження та розвантаження є нечастою для усіх сценаріїв до 2025 року.** Якщо будівництво нових електростанцій буде задовольняти вимоги необхідного додаткового ресурсу маневрової потужності (нестача маневрової потужності), тоді їхній коефіцієнт використання встановленої потужності упродовж року буде нижчим за 1-2%.
- **Рівні обмеження ВДЕ:** Необхідність обмеження ВДЕ та нових ресурсів гнучкості є неминучими для усіх сценаріїв, які було проаналізовано для 2021 та 2025 рр. (Близько 1-1.5% річного відпуску ВДЕ у базових сценаріях).
- **Транскордонні зв'язки як джерело гнучкості:** Врахування інтерконекторів із сусідніми країнами в якості ресурсу гнучкості є важливим сприятливим фактором для збільшення гнучкості системи.
- **Зменшення виробництва атомної енергії в енергетичному балансі (зелено-вугільний парадокс):** Для збільшення гнучкості в енергосистемі, наша модель показала необхідність зменшення виробництва атомними електростанціями на рівні 5-15% (залежно від рівнів інтеграції ВДЕ).
- **Проактивне обмеження ВДЕ, як найбільш доступне рішення для подолання нечастих дефіцитів маневрової потужності:** економічна оцінка чітко показала очевидну перевагу проактивного обмеження ВДЕ на розвантаження та завантаження як у короткостроковому, так і в довгостроковому сценаріях, у порівнянні з іншими варіантами гнучкості системи, наприклад, системи накопичення енергії, двигуни внутрішнього згоряння та нові гідроаккумуляуючі станції).

РЕКОМЕНДАЦІЇ

- **Динамічне/проактивне обмеження ВДЕ** має розглядатись як важливий варіант забезпечення гнучкості для нечастих випадків нестачі маневрової потужності. Потрібна адаптація операційних процедур та інструментів диспетчерського центру для управління проактивними обмеженнями ВДЕ.
- **Телеметрія, телеуправління та точне прогнозування:** Запровадження належної телеметрії та телеуправління на електростанціях ВДЕ, а також точного прогнозування виробництва, є важливою умовою подальшої інтеграції ВДЕ в енергосистему України..
- **Відповідальність за небаланси ВДЕ:** ПЕБ рекомендує покласти відповідальність за свої небаланси на виробників з ВДЕ.
- Що стосується ТЕС, то рекомендується впровадити **проект реконструкції та модернізації** для підвищення обсягів автоматичних резервів.
- **ГАЕС із регулюванням потужності:** Експерти USAID ПЕБ рекомендують проаналізувати можливість модернізації існуючих ГАЕС або будівництва нових агрегатів з технологією регулювання швидкості.
- **Покращення показників діяльності ПрАТ Укргідроенерго:** На основі результатів попереднього ТЕО, ПЕБ рекомендує монтаж систем накопичення енергії та фотоелектричних панелей, приєднаних до генеруючих об'єктів ПрАТ Укргідроенерго по всій Україні. Значно більш ефективні з точки зору витрат у порівнянні з незалежною системою накопичення енергії, нові станції накопичення/фотоелектричні станції будуть повністю інтегровані в блоки ГЕС для надання ринку більш простих додаткових послуг, включаючи резерви обмеження та відновлення частоти зі швидким часом активації. Ці нові одиночні блоки підтримуватимуть приєднання енергосистеми України до ENTSO-E та сприятимуть продовженню терміну служби турбін ПрАТ Укргідроенерго.