

# МОДУЛЬНІ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ЯК ТЕХНОЛОГІЯ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В УМОВАХ ВІЙНИ

Дмитришин Д.В., магістрант

*КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра відновлюваних джерел енергії*

**Вступ.** На даний момент, добре стало відомо, що, враховуючи усі конструктивні вимоги та умови побудови генеруючих, передавальних та розподільчих електроенергетичних установок, модель енергетичної системи України є дуже вразливою в умовах надзвичайного стану військового характеру. Яскравим прикладом цього можна вважати опалювальний сезон 2022 року, коли впроваджувалися постійні стабілізаційні відключення живлення споживачів усіх категорій для підтримання балансу виробітку та споживання енергії у системі.

Впровадження таких заходів спричинено різким зменшенням генерації у мережі через удари по установкам генерації (електростанціях), та системах розподілу (розподільчі пристрої, далі РП) і системах передачі електроенергії (лінії електропередачі, або ЛЕП, напругою 110-750 кВ).

Таким чином, впровадження нових рішень та нових технологій в умовах війни є невід'ємною частиною безпеки критичної інфраструктури України.

**Мета роботи.** Аналіз технології модульних електростанцій різної потужності для роботи в маневровому та базисному режимі.

**Матеріали і результати досліджень.** Розглядаючи сутність проблеми з точки зору технічних та електричних процесів, постійні удари по енергетичній інфраструктурі зменшують генерацію енергії у певних енергетичних районах. Станом на січень 2022 року, відповідно до інформації Центру досліджень енергетики, дефіцитними районами [1] були: Київська область, Херсонська область, Харківська область, Одеська область. Установки саме цих районів зазнали найбільших руйнувань, що і призвело до критичного зменшення виробітку енергії, і для підтримання балансу було запроваджено відключення споживачів. Очевидно що проблема полягає у значній близькості до лінії розмежування у прифронтових районах, що ускладнює нормальне функціонування енергетичних установок. Додатково це спричиняє складність ремонтних робіт екстреними службами і ставить під загрозу життя ремонтних загонів. Можливим рішенням проблеми є впровадження розосередження генерації у межах певного дефіцитного району.

Модульні електростанції представляють з себе уніфіковані та стандартизовані блоки (контейнери), що виконують задачі із генерації та трансформації електроенергії. Вся суть модульності полягає у створенні модулів, кожен з яких має виконувати свої задачі у процесі виробництва енергії. Приклад такої станції представлено на рисунку 1 нижче.



Рисунок 1 – Приклад модульної електростанції контейнерного типу [2]

До головних модулів можна віднести:

- 1) Модуль генерації (модуль турбоагрегату);
- 2) Паливне сховище, резервуар;
- 3) Модуль-трансформатор;
- 4) Модуль керування.

Перевагами такого модульного типу електростанції є:

- 1) Відносно швидке встановлення, побудова;
- 2) Наявність можливості транспортування у інші регіони;
- 3) Менша ціна експлуатації;
- 4) Легша система експлуатації, в основі якої лежить автоматична, інформаційна система керування.

Аналізуючи переваги модульних електростанцій у контексті енергетичної безпеки України необхідно розглядати реально існуючі приклади впровадження таких станцій, хоч і очевидно, що Україна є першою країною із подібною проблемою. Однією з провідних компаній із розробки модульних електростанцій на даний момент є Hyundai Heavy Industries (далі ННІ) із технологією Himsen Modular Power Plant (далі НМРР). Серед станцій вироблених і встановлених даною компанією є:

- 1) Станція у Катарі (16 МВт);
- 2) Станція у Кубі (888 МВт);
- 3) Станція у Еквадорі (192 МВт);
- 4) Станція у Гаїті (61 МВт) [2].

Більш детальні характеристики станцій представлені у таблиці 1 нижче.

Таблиця 1 – Параметри модульних електростанцій компанії ННІ

Параметр/ країна	Вихідна потужність, МВт	Компанія покупець	Роль у мережі
Катар	16	Samsung C&T	Аварійне Д/Ж
Куба	888	Energoimport	Базове навантаження
Еквадор	192	CELEC E.P	Базове навантаження
Гаїті	61	EDH	Резервне Д/Ж
Тип, потужність та кількість турбоагрегатів		Паливо	Рік встановлення
9H32/40 (4 МВт) x 4sets		Дизельне	2015
9H21/32 (1,7 МВт) x 340, 9H25/33 (2,5 МВт) x 124		Мазут	2005
9H21/32 (1,7 МВт) x 113sets		Мазут	2011
9H21/32 (1,7 МВт) x 36sets		Мазут	2008

Відповідно до інформації виробника, компанії ННІ, в середньому побудова станції даного типу займає до 1,5 місяці, за умови наявності усіх необхідних елементів (без врахування виробництва елементів, модулів). Але, варто зазначити, що при наявності раніше створеного майданчику, транспортування і встановлення станції у інший район займає до двох тижнів [2].

Окрім компанії ННІ і її технології модульних електростанцій, що працюють на традиційних, невідновлювальних видах палива, є також компанія Valmet Forward (далі VF) із технологією Valmet's modularized BioPower power plants, станції якої працюють використовуючи відновлювальне біопаливо. Серед проектів компанії VF можна виділити:

- 1) BioPower 7;
- 2) BioPower 9;
- 3) BioPower 11;
- 4) BioPower 15 [3].

Більш детальні характеристики даних установок представлено у таблиці 2 нижче.

Таблиця 2 – Параметри модульних електростанцій компанії VF

Назва установки	Технологія	Максимальна вихідна потужність, МВт
BioPower 7	BFB*	7,3
BioPower 9	BFB*	10,2
BioPower 11	BFB* чи CFB**	13,2
BioPower 15	BFB* чи CFB**	16,0

\* BFB (bubbling fluidized bed) – барботуючий киплячий шар [3].

\*\* CFB (circulating fluidized bed) – циркулюючий киплячий шар [3].

Загалом, компанія VF виділяє такі переваги своєї технології:

- 1) Використання біопалива;
- 2) Швидке, недороге проектування;
- 3) Швидке встановлення із меншим обсягом робіт;
- 4) Низький рівень викидів [3].

Ще одним прикладом використання модульних електростанцій є компанія Bechtel. Компанія Bechtel активно реалізує концепцію повної модульної установки електростанцій через свій набір модульних електростанцій PowerLine. PowerLine складається з десяти недорогих стандартних конструкцій (моделей) установок: чотири газові установки з комбінованим циклом, одна газова когенераційна установка, чотири пилувугільні установки та одна установка киплячого шару, що працює на нафтовому коксі. Потужність варіюється від 80 МВт до 1400 МВт. Генеруюча станція Hermiston Generating Plant з двома лініями потужністю 474 МВт з комбінованим циклом, якою керує U.S. Generating Co. на північному сході Орегону, була першим застосуванням PowerLine у США (Power Engineering, січень 1996 р.). Завод Rocksavage, комбінований цикл потужністю 740 МВт у Ранкорні, Англія, також використовує конструкцію PowerLine. Розробляються додаткові модульні установки [4].

Додатковою значною перевагою даного типу станцій є висока енергетична маневреність станції, що дозволяє її використання при балансуванні виробітку і споживання енергії у енергетичному районі.

Варто зазначити і головний недолік такого типу станцій – необхідність у централізованому постачанні палива. На відміну від стандартних теплових електростанцій, із наявними централізованими паливними господарствами, що займаються транспортуванням та підготовкою палива для його подальшого використання, на малих модульних електростанціях необхідно організувати постійний підвоз вже готового палива. За винятком ситуацій коли станція розташована у безпосередній близькості від таких паливних господарств.

Розглядаючи це питання з точки зору роботи у енергосистемі України, встановлення станцій даного типу є доцільним у дефіцитних районах у якості аварійного, додаткового джерела живлення, і, за певних умов, встановлення у якості базової, маневрової потужності. Головною умовою встановлення даних електростанцій є безпека, що досягається в першу чергу шляхом секретності при транспортуванні і встановленні. При дотриманні цієї умови, умов наявності централізованої підготовки палива і його подальшого транспортування, а також умов наявності вже готових майданчиків для встановлення, можливе встановлення даного типу станцій.

**Висновки.** У результаті постійних ударів по об'єктах критичної, енергетичної інфраструктури України значно зменшилася генерація електроенергії, що спричинило утворення дефіцитних районів. Серед цих районів: Київська область, Херсонська область, Харківська область, Одеська

область. Ця ситуація вимагає залучення новітніх рішень та технологій. До цих технологій можна віднести технологію модульних електростанцій.

Модульні електростанції представляють певну кількість модулів, або контейнерів, кожен з яких виконує свою роль: виробіток електроенергії, трансформування електроенергії, керування, зберігання палива. Модульні електростанції мають ряд переваг, що є ключовими в умовах війни. До цих переваг можна віднести:

- 1) Швидке встановлення (1,5 місяці без наявності раніше збудованого майданчика; 2 тижні при наявності раніше збудованого майданчика);
- 2) Менший об'єм робіт при побудові;
- 3) Можливість використання різних типів палива (дизель, мазут, природний газ, біогаз, вугілля тощо);
- 4) Просте керування, в основі якого лежить автоматична система моніторингу та керування;
- 5) Можливість використання як аварійне, резервне джерело живлення;
- 6) Можливість роботи у балансуванні виробітку та споживання електроенергії у мережі;
- 7) Велика номенклатура потужностей.

Підсумовуючи, можна сказати, що встановлення даного типу електростанцій є доцільним у дефіцитних енергетичних районах. Проте можливим це є при дотриманні певних умов:

- 1) Наявність централізованої підготовки палива;
- 2) Наявність централізованого транспортування підготовленого палива;
- 3) Достатній рівень секретності при транспортуванні та встановленні станції.
- 4) Достатня розосередженість у межах дефіцитного енергетичного району.

#### **Перелік посилань**

1. Київ серед міст з найскладнішою ситуацією з електропостачанням / Електронний ресурс: <https://suspilne.media/362296-kii-v-sered-mist-z-najskladnisou-situacieu-z-elektropostacannam-ekspert/> / Дата звернення: 19.10.2023.
2. Setting New Standards For 'Fast & Easy' / Електронний ресурс: <https://www.hyundai-engine.com/en/energy/modularPower/> / Дата звернення: 19.10.2023.
3. Modularized power plants / Електронний ресурс: <https://www.valmet.com/energyproduction/power-plants/modularized-power-plants/> / Дата звернення: 20.10.2023.
4. Schimmoller В.К. Power plants go modular / Електронний ресурс: <https://www.power-eng.com/coal/power-plants-go-modular/#gref> / Дата звернення 20.10.2023.