

## ОСОБЛИВОСТІ ВИБОРУ СТРУКТУРИ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

Дерев'янюк Д. Г., Загорський О. М., Панасенко В. С.

*Інститут енергозбереження та енергоменеджменту Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського"*

*Проведено порівняльний аналіз схем підключення сонячних електростанцій до мережі з різним типом збору потужності.*

**Постановка проблеми.** Останнім часом у світі спостерігається активний розвиток відновлюваної енергетики. Україна також не відстає, завдяки державній програмі "зелений тариф" кількість систем енергопостачання на базі відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) постійно зростає. За період з 2015 до 2019 року частка ВДЕ в об'єднаній енергетичній системі України зросла з 1,37% до 6,0% [1].

Серед систем розосередженої генерації (РГ) на основі ВДЕ, найбільші темпи нарощування потужності спостерігаються у секторі сонячної електроенергетики. За період з 2015 до 2019 року встановлена потужність сонячних електростанцій (СЕС) зросла з 359,1 МВт до 2371,2 МВт [1].

Це пояснюється рядом переваг впровадження даних систем. Основним економічним фактором, що сприяє впровадженню СЕС є найбільша ставка "зеленого" тарифу [2]. Також, завдяки стрімкому розвитку даного напрямку відновлюваної енергетики, вартість обладнання відносно низька і сонячна енергетика має високі показники LCOE (середньозважена вартість згенерованої електроенергії). На рис.2 зображено показники LCOE для основних типів ВДЕ в Україні [3].

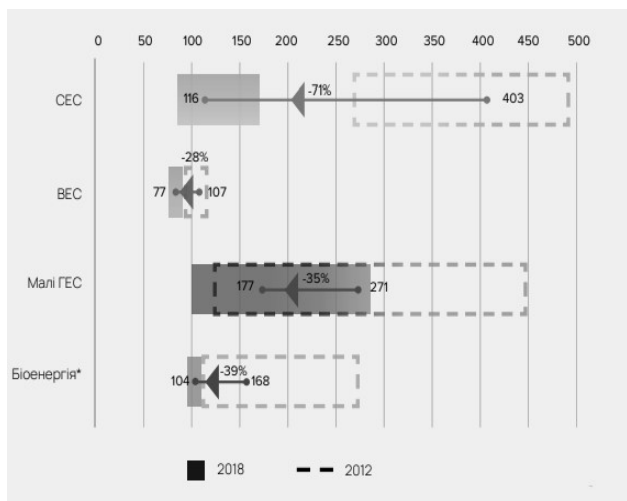


Рисунок 1 – Показники LCOE основних типів ВДЕ в Україні, Євро/МВт\*год

Наведені на графіках дані свідчать про доволі високу економічну доцільність впровадження СЕС в порівнянні з іншими типами ВДЕ.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Основними елементами сонячних електростанцій є фотоелектричні модулі (ФЕМ) та інвертори [4].

Основні типи інверторів, що застосовуються у СЕС:

- Однофазні;
- Трифазні.

Також, за типом використання вони поділяються на:

- Мережеві;
- Автономні;
- Багатофункціональні.

В залежності від типу інвертора та потреб споживача СЕС поділяються на автономні та мережеві. Недоліком мережевих СЕС являється припинення живлення споживачів при відключенні зовнішньої мережі. Для забезпечення безперервного енергопостачання для споживачів в таких системах використовують АБ, що значно ускладнює конструкцію та збільшує фінансові витрати.

Електроенергетична система України являється складним об'єктом, який містить елементи з різними функціональними параметрами та характеристиками.

Тому підвищення надійності, в тому ж числі забезпечення безперервності живлення, здатні забезпечити комбіновані системи енергопостачання, в яких додатково до СЕС встановлюються вітроелектростанції, дизельні генератори тощо [5].

**Мета публікації.** Порівняльний аналіз різних типів схем підключення СЕС до загальної мережі, визначення їх переваг та недоліків з метою отримання вибору оптимальної схеми підключення.

**Основні матеріали дослідження.** Для будівництва СЕС великої потужності використовуються трифазні інвертори. На даному етапі розвитку пристроїв силової електроніки існують інвертори потужності і в залежності від їх характеристик як встановлена потужність СЕС, особливості розташування СЕС на ландшафті, кількість та параметри ФЕМ та інше, використовують різні конфігурації структури СЕС.

Зважаючи на зазначені особливості, основними різновидами підключення СЕС до мережі являються схеми зі збором потужності на стороні постійного струму (ПС) (рис. 3. (а)) та на стороні змінного струму (ЗС) (рис. 3. (б)).

На рис.2 наведено, схеми підключення СЕС. Схема на рис.2 (а) складається з наступних компонентів: І – інвертор; ФЕМ – фотоелектричний модуль; БЗП ПС – блок збору потужності змінного струму; ТП – трансформаторна підстанція; М – мережа. Схема на рис.2 (б) має аналогічні складові за виключенням БЗП, у даній конфігурації використовується блок збору потужності на стороні змінного струму.

Оскільки потужність інверторів схеми (а)  $P_i(a)$ , більша за потужність інверторів схеми (б)  $P_i(b)$ , то кількість інверторів в схемі (а)  $m$  буде меншою за кі-

лькість інверторів у схемі (б)  $n$  ( $m < n$ ), за умови однаковою потужності СЕС  $P_i(a) > P_i(b)$ .

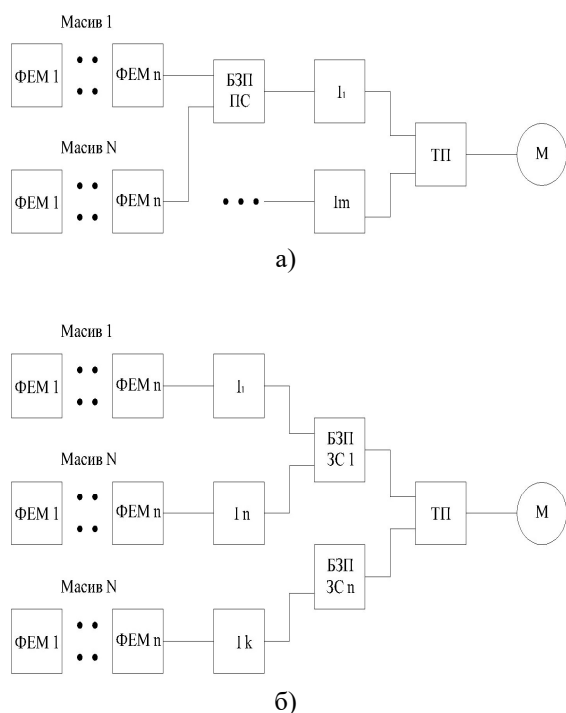


Рисунок 2 – Схеми підключення промислових СЕС

Для аналізу технічних показників функціонування схем наведених на рис.1 використовуємо діаграму втрат потужності (рис.3).

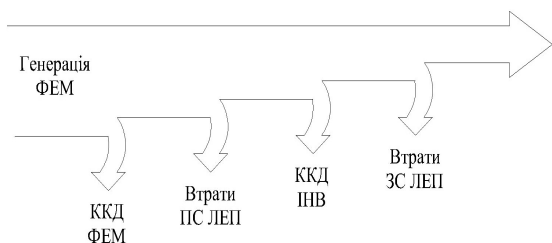


Рисунок 4 – Діаграма втрат потужності у СЕС

Проаналізувавши складові для обох схем, зробимо висновок, що вони є ідентичними, але відрізняються значеннями складових втрат. Складність описаних систем зумовлює складність аналізу параметрів котрі впливають на їх структуру, а відповідно і характеристику. Тому вони потребують детального аналізу.

Через необхідність урахування значної кількості різних показників, що характеризують усі сторони функціонування таких систем, виникає необхідність урахування також економічних складових функціонування СЕС.

В якості критеріїв оцінювання СЕС доцільно прийняти технологічні втрати електроенергії на її передачу в розрахунковий період; чисту приведену вартість (NPV) як показник приведених витрат на побудову та обслуговування СЕС.

Як приклад, розглянемо задачу оптимізації параметрів СЕС за 2-ма критеріями:

$$F(B) \rightarrow \min, f(U) \rightarrow \max \quad (1)$$

де  $B$  – приведені витрати, пов'язані з роботою СЕС (витрати та прибутки);

$U$  – значення втрат напруги згідно рис. 4, що повинні відповідати заданому рівню, згідно стандартів якості електроенергії.

**Висновки.** З наведеного вище випливає, що до для вибору оптимальної схем підключення необхідно порівняти їх за рядом критеріїв, серед яких: технічні та економічні. Сукупність даних критеріїв повинна бути оптимальною згідно окресленої вище задачі, що дасть змогу визначити оптимальну структуру СЕС.

### Список використаних джерел

1. Встановлена потужність енергосистеми України на 8/2019 [Електронний ресурс] // УКРЕНЕРГО. – 2019.
2. Постанова НКРЕКП № 1991 "Про встановлення "зелених" тарифів на електричну енергію та надбавки до "зелених" тарифів за дотримання рівня використання обладнання українського виробництва для суб'єктів господарювання". Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП). 2409. [Електронний ресурс] URL: <http://www.nerc.gov.ua/index.php?id=44630>.
3. LCOE відновлюваних джерел енергії в УКРАЇНІ [Електронний ресурс] // CEL. – 2018.
4. Жаринов В. А. Разработка стенда, моделирующего работу солнечной электростанции: дис. техн. наук : 13.03.02.04. Красноярск, 2018. 85 с.
5. Григораш О. В. Классификация и основные способы построения солнечных электростанций. *Научный журнал КубГАУ*. 2016.

### Анотация

#### ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА СТРУКТУРЫ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Деревянко Д. Г., Загорский А. Н., Панасенко В. С.

*Проведен сравнительный анализ схем подключения солнечных электростанций к сети с разным типом сбора мощности.*

### Abstract

#### DEFINITION OF THE STRUCTURE OF SOLAR POWER PLANTS

D. Derevyanko, O. Zahorskyi, V. Panasenko

*Comparative analysis of schemes of connection of solar power plants to the network with different type of power gathering.*