

## АНАЛІЗ ТЕХІЧНИХ РІШЕНЬ ПО ПІДВИЩЕННЮ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ СЕС

Сагара А.В., аспірант

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра відновлюваних джерел енергії

**Вступ.** Стрімкий розвиток технологій та конкуренція на світовому ринку сприяють зниженню вартості устаткування та обладнання відновлюваної енергетики. Поєднання цих факторів з пільговим «зеленим тарифом» на продаж в мережу електроенергії, дозволяє вигідно інвестувати в цю галузь. На вересень 2020 року загальна потужність обладнання, що введена в експлуатацію, складає 7484.54 МВт [1]. Цей показник виріс в 1,63 рази в порівнянні з вереснем 2019 року. В Україні сонячні електростанції займають лідируючі позиції і складають 79.2% від потужності ВДЕ, що еквівалентно 5927,97 МВт. Зростання в мережі потужностей важко прогнозованих станцій, створює проблеми з якістю електричної енергії. На шинах СЕС спостерігаються значні коливання напруги, які виходять за норми, що дозволені державними стандартами. У разі значного відхилення параметрів електричної енергії, станції відключаються для уникнення аварійних ситуацій. Такий режим роботи є небезпечний для споживчого обладнання, оскільки може призвести до виходу його з ладу. У випадку відключення станцій при високих перенапругах можливе зниження сумарної генерації електричної енергії, що зменшує інвестиційну привабливість таких об'єктів. На рис.1 показано щоденну генерацію СЕС потужністю 30кВт, від 01.01.2020 по 26.11.2020. Станція розташована у Київській області. Графік синього кольору відображає дні з нормальною роботою, а помаранчевий – з випадками тимчасового відключення. Сумарна кількість відключень через відхилення напруги – 163 рази.

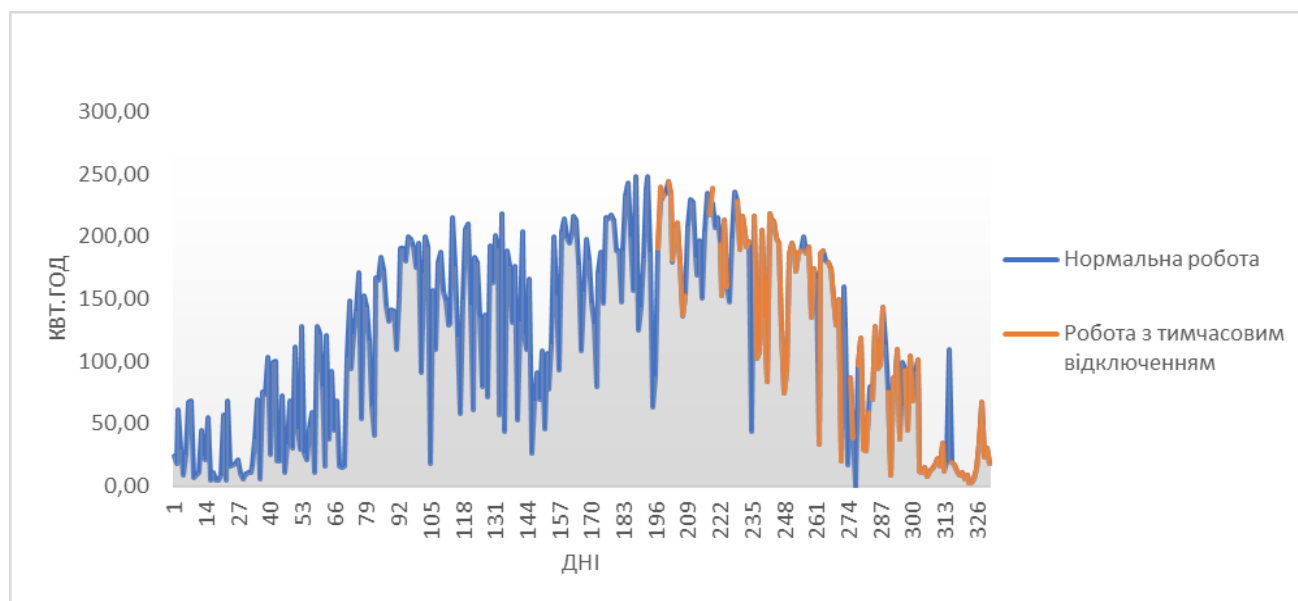


Рисунок 1 – Графік генерації сонячної електростанції

**Мета роботи.** Основною метою роботи є аналіз варіантів підвищення ефективності роботи сонячних електростанцій.

**Матеріали і результати досліджень.** Сонячні електростанції мають вплив на роботу загальної електромережі, який залежить від номінальної встановленої потужності генеруючої установки, поточного рівня сонячного випромінення, типу СЕС, параметрів обладнання, стану електричної мережі у точці підключення та параметрів найближчих споживачів енергії. У часи пікової генерації, кількість енергії що надходить від СЕС може перевищувати максимальне навантаження споживача і викликати зворотні перетоки потужності. Це призводить до понаднормового зростання напруги як на шинах СЕС так і на споживачі. Відсутність контролю збалансованого підключення однофазних інверторів до загальної мережі призводить до проблем з не відповідною напругою в точці підключення. Це пов'язано з алгоритмом роботи більшості інверторів, оскільки сучасні моделі мають можливість регулювати напругу за рахунок генерації індуктивного або ємнісного характеру реактивної потужності. У мережі з незбалансованим підключенням СЕС може виникати перерегулювання напруги реактивною потужністю на фазі, з вищою потужністю установок [2]. Це в свою чергу призводить до зростання напруги та проблем в роботі станцій на інших фазах, де сумарна потужність СЕС нижча і характеристики інверторного обладнання не дають змогу урівноважити перерегулювання. Отже, корекція напруги реактивною потужністю не завжди здатна покращити ситуацію і часто призводить до зниження рівня генерації за рахунок використання частини повної потужності інвертора і, як результат, урізання генерації активної потужності. Це рішення не може повноцінно вирішити проблему, але може бути використане як доповнення до інших технічних рішень. Одним з варіантів вирішення поставлених проблем є диспетчеризація – дистанційне зниження генерації в мережі, при недостатньому попиті споживача на енергію. Це в свою чергу призводить до недовикористання енергії, що негативно впливає на окупність установок. Водночас, згідно з Законом України «Про ринок електричної енергії» (від 13.04.2017, №2019-VIII) виробник електричної енергії повинен дотримуватись погодинного графіку генерації і надавати прогнозовані дані за добу з точністю 5%. У разі порушення, виробник несе повну відповідальність і обкладається штрафом за добові небаланси генерації. Таким чином, диспетчеризація ускладнює питання прогнозування виробітку енергії та може призвести до явища заниження прогнозів від генеруючих установок для уникнення штрафів.

Перспективним варіантом є використання акумуляторів електричної енергії, які працюють в системі фотоелектрична станція-акумулятор-інвертор. Використання акумуляторних станцій постійного струму дозволить контролювати генерацію і постачати енергію з більшою точністю до прогнозованих значень та підвищити коефіцієнт використання енергії відновлюваного джерела. У попередніх дослідженнях описано алгоритми роботи гібридних станцій у мережах з високим відсотком потужності від СЕС [3]. На рис.2 показано типову та балансуєву схеми акумуляування енергії. Більшість обладнання має стандартний алгоритм накопичення, за якого енергія

надходить в акумулятори під час перевищення споживання енергії та використовується у разі зниження потужності СЕС нижче навантаження.

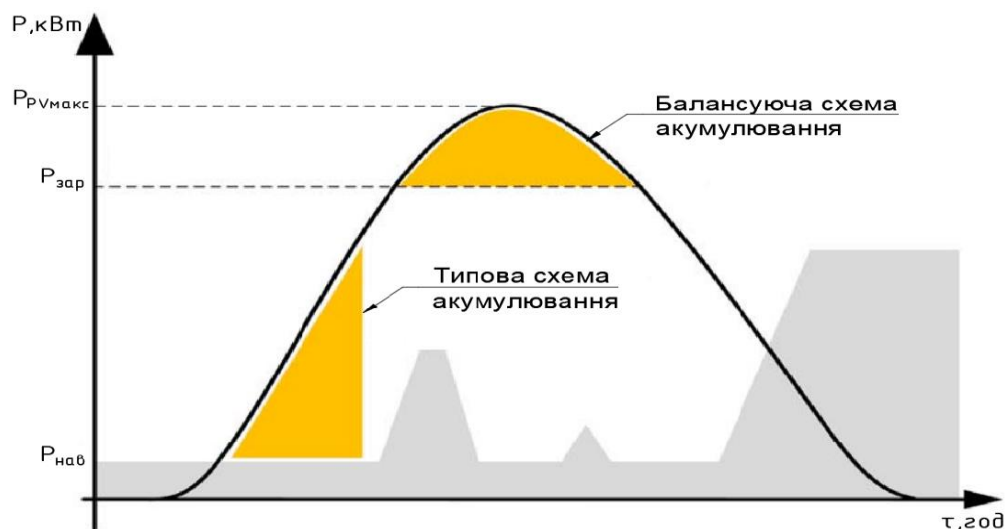


Рисунок 2 – Типова та балансувочна схеми акумуляції

В другому випадку накопичення починається після 70-80% значення потужності інвертора в пікові години генерації і може сприяти покращенню параметрів енергії та ефективності розподілу. Для коректної роботи такої системи в умовах України необхідний детальний аналіз параметрів електричної енергії в точці підключення та розробка алгоритму акумуляції енергії, що залежить не тільки від поточної потужності інвертора, а і від напруги мережі. Це дозволить визначити необхідну потужність та ємність електрохімічних акумуляторів енергії для ефективної роботи сонячної електростанції.

**Висновки.** Виконано аналіз впливу сонячних електростанцій на параметри електричної енергії в точці підключення. Встановлено, що у мережах з високим відсотком потужності СЕС в пікові години генерації може понаднормово зростати значення напруги як у точці підключення станції, так і у споживача. Перевищення генерації над споживанням призводить до зворотних перетоків потужності. Розглянуто варіанти вирішення проблем відхилення нормативних параметрів напруги у мережі з високим відсотком потужності від СЕС за рахунок керування реактивною потужністю інверторів та використання акумуляторів електричної енергії.

#### Перелік посилань

1. НКРЕКП. Статистична інформація щодо об'єктів альтернативної електроенергетики, яким встановлено "зелений" тариф [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.nerc.gov.ua/?id=26435>
2. L. Wang, R. Yan, and T. K. Saha, "Voltage regulation challenges with unbalanced PV integration in low voltage distribution systems and the corresponding solution," *Applied Energy*, vol. 256, 2019.
3. F. Marra, G. Yang, C. Traeholt, J. Ostergaard, and E. Larsen, "A Decentralized Storage Strategy for Residential Feeders with Photovoltaics," *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 5, no. 2, pp. 974-981, 2014.