

## ЕМУЛЯТОРИ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ МОДУЛІВ

**Клепко К. В.,** магістрантка, **Кирик В. В.,** д.т.н., професор  
*КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електричних мереж та систем*

**Вступ.** На теперішній час сценарій розвитку електроенергетичної системи суттєво відрізняється від традиційного. Кілька факторів, таких як: збільшення споживання електроенергії, лібералізація ринку електроенергії, необхідність скорочення викидів CO<sub>2</sub> та нові технологічні розробки, стимулюють становлення розподіленої генерації та активного споживача.

Все більшої популярності набувають відновлювані розподілені енергетичні ресурси (вітрогенератори, фотоелектричні (ФЕС) установки, паливні елементи, мікротурбіни). Багато з них можуть виробляти потужність лише на постійній напрузі. Що вимагає використання інверторного інтерфейса з мережею змінного струму.

За останні роки кількість фотоелектричних установок в системі значно зросла. Продуктивність фотоелектричних панелей (ФЕП) та фотоелектричних інверторів, а також їх технічне обслуговування є ключовими факторами для окупності та прибутковості підключених до мережі фотоелектричних станцій.

У фотоелектричних інверторах задіяно декілька алгоритмів керування, основними з яких є: відстеження точки максимальної потужності (MPPT); алгоритм захисту від острівного замикання та можливість компенсації реактивної потужності. Оптимальна ефективність цих алгоритмів повинна бути забезпечена для того, щоб вони могли виконувати свої функції, які є важливими для загальної продуктивності.

У зв'язку з високою вартістю сонячних панелей, робота в точці максимальної потужності необхідна для максимізації вихідної потужності в різних умовах опромінення і температури. Цей факт вимагає того, що кожен комерційний фотоелектричний інвертор повинен бути протестований в різних умовах. Для випробувань інверторів складно знайти джерело живлення постійного струму значної потужності, а фотоелектрична батарея не може бути доступною в заводських умовах [1].

**Мета роботи:** аналіз застосування емуляторів фотоелектричних модулів та їх особливості.

**Матеріали і результати досліджень.** Фотоелектричні емулятори сьогодні стають альтернативним рішенням для дослідження та аналізу фотоелектричних систем у приміщенні. Ці електронні силові пристрої здатні відтворювати електричний характер функціонування фотоелектричних панелей в контрольованих умовах [2].

Існують декілька варіантів прототипів комерційних емуляторів фотоелектричних модулів, але вони мають обмеження по вихідній потужності. В одному з варіантів пропонується джерело живлення постійного струму, яке програмується за моделлю ФЕП, але при перевірці ефективності ФЕП з'являється той самий рівень обмеження за потужністю. В деяких варіантах використовуються різні топології DC/DC перетворювачів, але в деяких з них не

враховується вплив температури та сонячної освітленості. В інших випадках модель, що використовується для емуляції, потребує деяких параметрів, які не надаються виробниками в специфікаціях на ФЕП, що ускладнює їх використання.

Основна мета це розробити емулятор регенеративного фотоелектричного масиву високої потужності для тестування фотоелектричних інверторів. Будь-який тип фотоелектричних панелей може бути змодельований за допомогою фотоелектричної моделі, яка використовує лише параметри, надані в технічному паспорті. Перетворення енергії відбувається за допомогою трифазного синхронного випрямляча, що дозволяє формувати для мережі синусоїдальні струми, які синхронізуються з напругою в точці загального з'єднання, що підвищує якість електроенергії. Даний емулятор може бути використаний для оцінки продуктивності фотоелектричних інверторів та ефективності алгоритмів MPPT при різних умовах опромінення і температури.

Фотоелектричний емулятор можна розглядати як кероване джерело живлення постійного струму, здатне відтворювати характеристики фотоелектричної панелі незалежно від умов навколишнього середовища. Загальна концепція фотоелектричного емулятора показана на рис. 1.

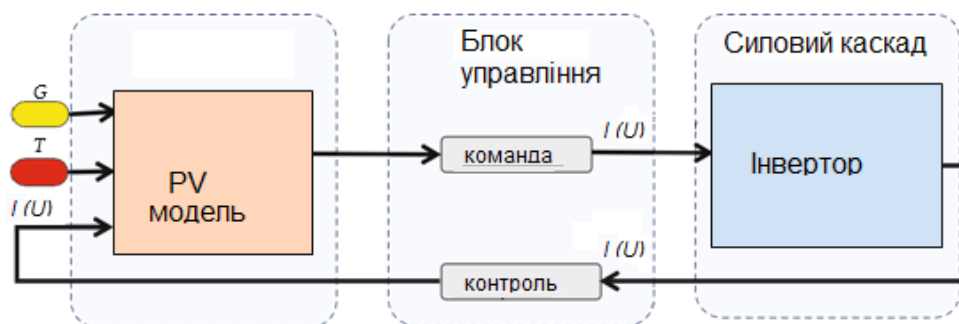


Рисунок 1 – Загальна концепція фотоелектричного емулятора

Він складається з трьох основних функціональних елементів: реалізація фотоелектричної моделі, стратегія керування та керування силовим каскадом.

Модель фотоелектричної панелі відтворює характеристики фотоелектричної панелі, яку потрібно емулювати; вона отримує в якості вхідних даних температуру  $T$  та випромінювання сонця  $G$  відповідно до параметрів фотоелектричної панелі та типу управління, що використовується для силового перетворювача, керованого струмом або керованого напругою.

Стратегія управління - це етап між моделлю фотоелектричної панелі та перетворювачем електроенергії. Вона визначає точку перетину між характеристикою фотоелектричного емулятора і характеристикою навантаження. Перетворювач потужності може бути лінійним регулятором, імпульсним джерелом живлення або програмованим джерелом живлення постійного струму з замкнутим контуром управління. Імпульсні джерела живлення рекомендуються для потужних застосувань, завдяки їх економічності та швидкій динамічній реакції [3].

Незважаючи на всі дослідження, проведені для проектування та

впровадження фотоелектричних емуляторів, існуючі структури не враховують всі умови експлуатації сонячних панелей, такі як географічні параметри, положення сонця, час, кут нахилу фотоелектричних панелей, а також вплив вітру чи опадів.

**Висновки.** Фотоелектрична система генерації набуває все більшої популярності в енергетичному секторі. Інтерес до цієї системи у світі підвищився завдяки державній політиці у сфері відновлюваної енергетики, а також підвищенню коефіцієнта корисної дії та зниженню вартості фотоелектричних панелей. Однак, енергія, що виробляється фотоелектричними системами, дуже залежить від умов навколишнього середовища, таких як освітленість та температура. При цьому вихідні характеристики фотоелектричного модуля є нелінійними, що ще більше ускладнює процес генерації енергії. Для забезпечення максимальної потужності, що генерується фотоелектричним модулем, в систему фотоелектричної генерації додається система відстеження точки максимальної потужності (MPPT). У дослідженні MPPT маніпуляція з опроміненням має важливе значення для перевірки можливостей методу MPPT. Це призводить до використання керованої галогенної лампи для управління випромінюванням фотоелектричної панелі. Тим не менш, цей метод є неефективним і вимагає великої площі. Іншим способом тестування MPPT є використання емулятора фотоелектричної панелі.

Емулятор фотоелектричного модуля за невеликих габаритів повинен відтворювати нелінійне джерело живлення постійного струму (DC), яке здатне виробляти таку ж потужність, як і фотоелектричний модуль, з контролем освітленості і температури та здатністю відтворювати різні характеристики фотоелектричних модулів.

#### Перелік посилань

1. Roncero-Clemente, C., Romero-Cadaval, E., Minambres, V. M., GuerreroMartinez, M. A., & Gallardo-Lozano, J. (2013). PV array emulator for testing commercial PV inverters. *Elektronika ir Elektrotechnika*, 19(10), 71-75.

2. Mallal, Y., El Bahir, L., & Hassboun, T. (2019). High-performance emulator for fixed photovoltaic panels. *International Journal of Photoenergy*, 2019.

3. Ayop, R., Tan, C. W., & Lim, C. S. (2018). The resistance comparison method using integral controller for photovoltaic emulator. *International Journal of Power Electronics and Drive Systems*, 9(2), 820.