

напруженості й в інших напрямках. Стає очевидним, що подібний некерований розвиток цивілізації продовжуватися не може.

Одна з найголовніших задач нового століття – зменшити техногенний вплив на клімат Землі. При цьому альтернатива – сонячна енергетика. Сонячні (як наземні, так і космічні) електростанції, сонячні й термальні батареї, сонячні ставки, геліохімія, сонячно-воднева енергетика, сонячні термоповітряні електростанції, системи біоконверсії – це лише найбільш яскраві віхи, штрихи, окремі риси того сценарію, який пишеться на наших очах і який можна назвати завтрашнім днем енергетики.

До цього дня шлях довгий, непростий і тернистий. Але в людства немає іншого вибору. Сонячна енергія з точки зору екології дійсно ідеальна, оскільки не порушує рівновагу в природі. Тому зусилля світового співтовариства, задачі міжнародного співробітництва повинні бути сконцентровані та спрямовані на якнайшвидше подолання цього шляху до ери енергетичного достатку.

Андрій МУЗИЧКО

магістрант

Наукові керівники:

к.т.н., доцент Павло ПОТАПСЬКИЙ

к.т.н., доцент Олександр КОЗАК

Подільський державний
аграрно-технічний університет
м. Кам'янець-Подільський

ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ З ІНВЕРТОРНИМИ ПРИСТРОЯМИ ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ ЯК ЗАСІБ РЕГУЛЮВАННЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В ЕЛЕКТРИЧНІЙ МЕРЕЖІ

Вплив ВДЕ на якість електричної енергії має неоднозначний результат, особливо що стосується несинусоїдності напруг і струмів та відхилень напруги [1].

Забезпечення якості електроенергії на пряму залежить від забезпечення балансу по активній та реактивній потужності в електричній системі. Як джерело електричної енергії ВДЕ є елементом, який здатен впливати на забезпечення якості електропостачання. Щодо балансу по активній потужності, то на законодавчому рівні передбачено необхідність прогнозування добового графіка по активній потужності на добу вперед. Щодо балансу по реактивній потужності, то оскільки такі ВДЕ як ФЕС не є її джерелом, тому не можна говорити про вплив на баланс. Однак технічна здатність інвертора впливати на кут між струмом і

напругою на його виході дозволяє впливати на перетоки реактивної потужності в електричній мережі.

Оскільки одним з основних елементів фотоелектричної станції є інвертор, то розглянемо його можливі режими. На рис. 1 показано фрагмент електричної схеми з інвертором з ШІМ керуванням і векторну діаграму до неї.

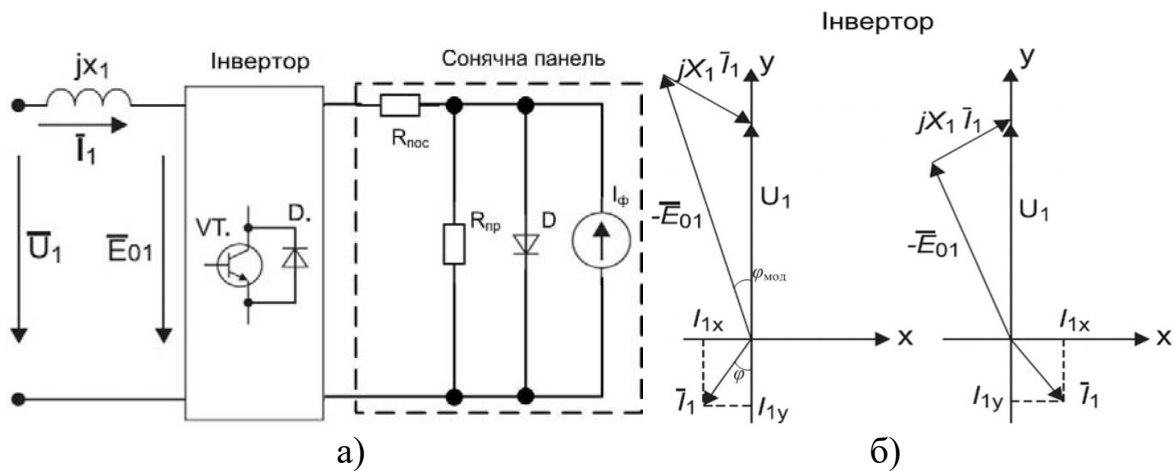


Рисунок 1. Фрагмент електричної схеми а) та векторні діаграми б).

Рівняння, складене за другим законом Кіргофа для схеми (рис. 1а), запишеться так:

$$U_1 = E_0 + jx_1 I_1, \quad (1)$$

де E_0 , U_1 , I_1 – результуючі вектори е.р.с. на виході інвертора, напруга і струм мережі

$$E_0 = \mu U_0 e^{j\varphi_{\text{мод}}} \quad (2)$$

де μ – коефіцієнт модуляції, $\varphi_{\text{мод}}$ – фаза напруги модуляції по відношенню до напруги мережі.

В живлячій мережі збільшення E_0 порівняно з U_1 призводить до ефекту, що відповідає появі ємнісних струмів в точці приєднання ФЕС до електричної мережі. Отже можна говорити про те, що за рахунок зміни кута відкриття тиристорів інвертора можна досягати різних кутів між струмом і напругою, що в електричній мережі буде спричиняти зміну перетоків реактивної потужності.

Для підтвердження цих висновків виконано математичне моделювання в середовищі Simulink Matlab R2015a. За основу взято модель, представлену в базі прикладів Matlab (див. рис. 2) – 'power_PVarray_grid_det' [174]. Оскільки ця модель відпрацьовувала лише один з можливих режимів, які реалізують сучасні інвертори, то вдосконалено модель системи керування інвертором для можливості реалізації режиму видачі активної потужності при коефіцієнті потужності рівному одиниці. Модель дозволяє також підтримувати задане його значення, відмінне від одиниці, і підтримувати заданий рівень реактивної потужності в точці приєднання ФЕС. Крім цього параметри моделі були змінені у відповідності з параметрами реальної ФЕС для перевірки адекватності моделі (дані по сонячній інсоляції і температурі сонячних панелей взяті для середньостатистичного дня без опадів, значної хмарності та вітру).

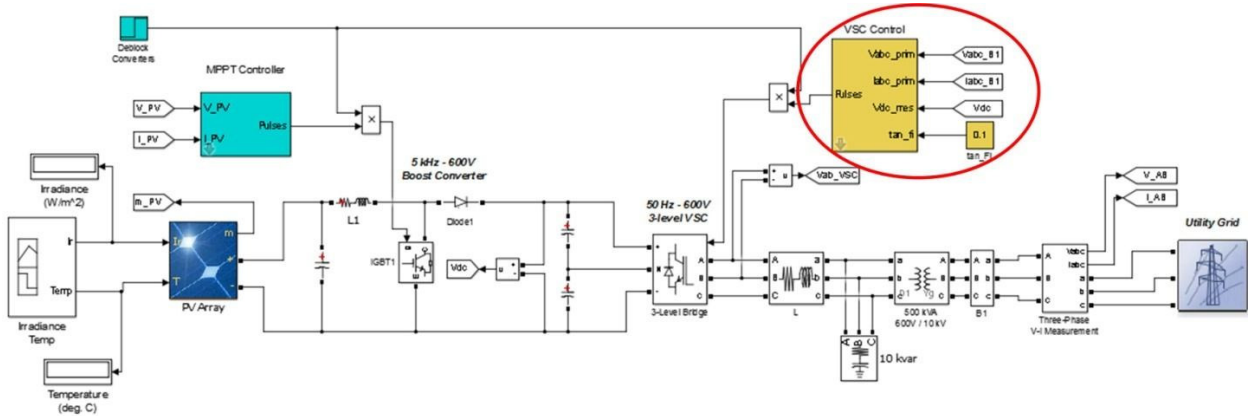


Рисунок 2. Simulink-модель з вдосконаленою системою керування інвертором.

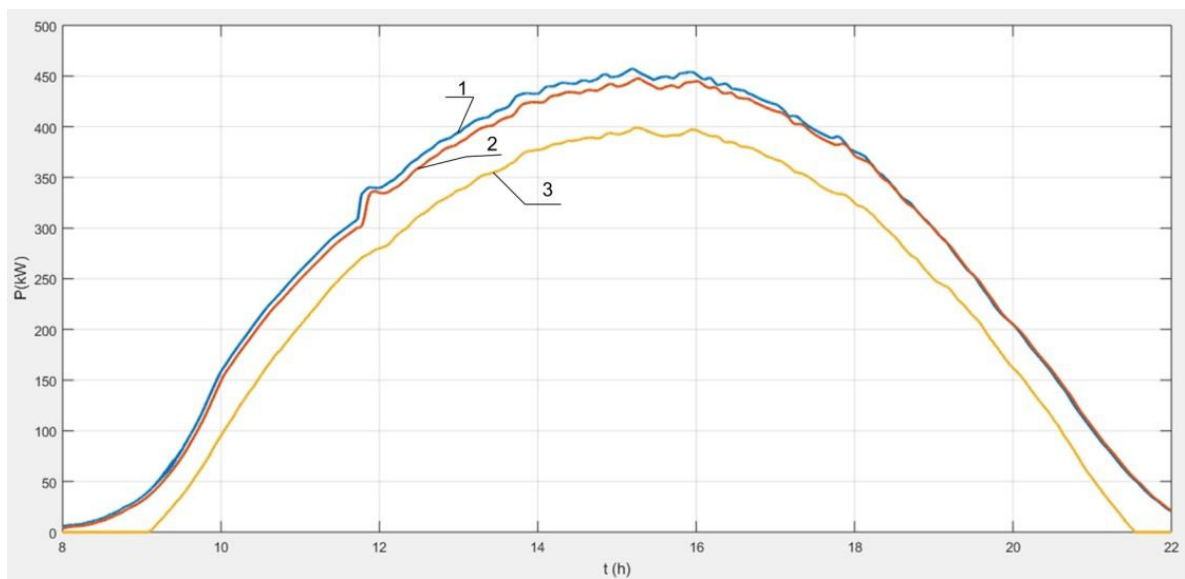


Рисунок 3. Результати моделювання графіка генерування активної потужності.

Крива 2 відповідає графіку генерування активної потужності в мережі змінного струму в точці приєднання ФЕС до мережі 10 кВ, в режимі коли інвертор налаштовується на $\cos\phi$. Крива 3 відповідає генерованій активній потужності в точці приєднання ФЕС до мережі 10 кВ в режимі, коли інвертор налаштовується на підтримання заданого рівня напруги шляхом впливу на баланс по реактивній потужності. Всі криві, показані на рис.3, отримані за однакових умов.

Отже фотоелектричні станції мають технічну можливість впливати на перетоки реактивної потужності в електричній системі. В залежності від потужності і класу напруги електричної мережі, до якої підключається ФЕС, можна забезпечити різні режими щодо впливу на перетоки реактивної потужності. На рис. 4 показано схематично область можливих впливів.

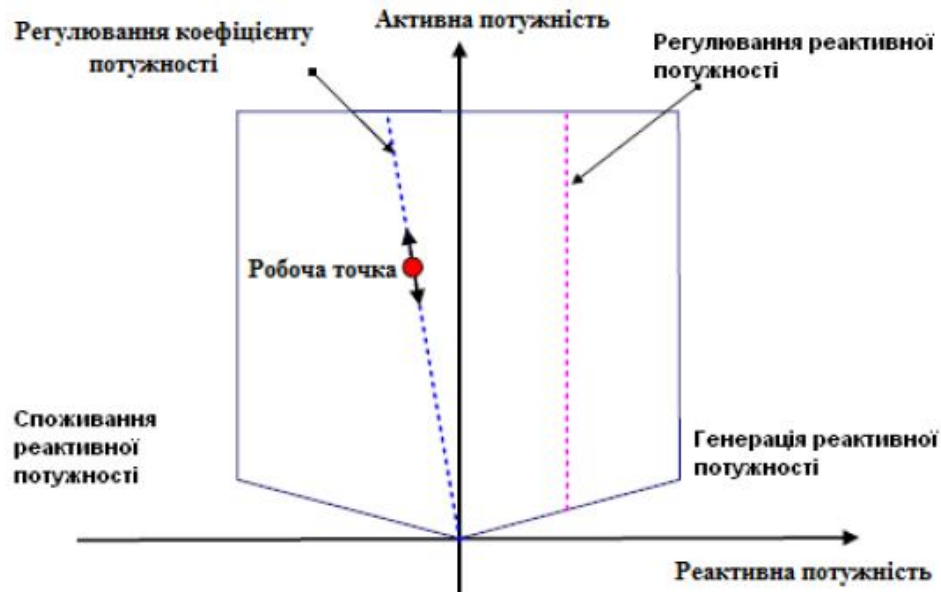


Рисунок 4. Функція регулювання реактивної потужності для фотоелектричної станції.

Зміна перетоків реактивної потужності впливає на втрати активної потужності в мережі, тобто фотоелектричні станції можна використати для підвищення економічності електричних систем.

Отже, з отриманих в роботі результатів можна зробити висновок про технічну можливість застосування таких джерел електричної енергії як ФЕС в підтримання необхідного рівня якості електропостачання шляхом використання інверторів в режимах, що дозволяють впливати на переток реактивної потужності в електричній системі. В результаті можна впливати не лише на відхилення напруги у вузлах мережі, а також і на їх економічність.

Список використаних джерел

1. Кириленко О. В., Павловський В. В., Лук'яненко Л. М. Технічні аспекти впровадження джерел розподіленої генерації в електричних мережах. Технічна електродинаміка. 2011. № 1. С. 46–53.
2. Detailed Model of a 100-kW Grid-Connected PV Array. Mathworks. 2017.
3. URL:<https://www.mathworks.com/help/physmod/sps/examples/detailedmodel-of-a-100-kw-grid-connected-pv-array.html?requestedDomain=true>.