

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА

Владислав АНДРІЙЧУК

магістрант

Наукові керівники:

канд. техн. наук, доцент Павло ПОТАПСЬКИЙ

канд. техн. наук, доцент Ігор ГАРАСИМЧУК

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

м. Кам'янець-Подільський

АНАЛІЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ПАРАЛЕЛЬНІЙ РОБОТІ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ З ЕНЕРГОСИСТЕМОЮ

В даний час зростає вплив відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) на розвиток електроенергетики. Застосування фотоелектричних модулів (ФЕМ) в процесі перетворення сонячної енергії в електричну відкриває новий етап у розвитку сонячних електростанцій (СЕС).

Використання СЕС при паралельній роботі з енергосистемою (ЕС) дозволяє підвищити надійність в електропостачанні споживачів.

ЕС може приймати вироблювану СЕС потужність і компенсувати її роботу при відсутності сонячного випромінювання.

Важливим компонентом на СЕС є перетворювач, який має в своєму складі підвищуючий перетворювач напруги (DC / DC-перетворювач) від 200 до 700 В, трифазний інвертор, виконаний на основі IGBT-модулів за трифазною мостовою схемою, пропорційно-інтегральні регулятори струму і напруги (ПІ). Час відкриття і закриття IGBT-модулів становить кілька мілісекунд, що дозволяє ефективно використовувати принцип широтно-імпульсної модуляції для отримання синусоїдальних напруг на виході інвертора.

У складі перетворювача трифазні інвертори виконують такі основні завдання: перетворення постійного струму в змінний для ЕС; синхронізація по частоті, напрузі і куту з ЕС; стабілізація вихідної напруги; обмеження струмових перевантажень при к.з.

Комутація тиристорів і транзисторів створює форму кривих струмів і напруг в примикає мережі змінного струму, що призводить до появи вищих гармонік в мережі.

Якість електричної енергії (ЯЕ) характеризується показниками, що визначають ступінь відповідності напруги і частоти їх нормованим значенням. На сьогоднішній день в Україні вимоги до якості електричної енергії в точках, до яких приєднуються електроприймачі в мережах загального призначення

змінного трифазного струму з частотою 50 Гц, встановлюють два діючі стандарти:

- національний стандарт України ДСТУ EN 50160:2014 ідентичний європейському стандарту EN 50160:2010, який набрав чинність з 01.10.2014 р.;
- міждержавний стандарт ГОСТ 13109-97, який діє на території України з 01.01.2000 р. і до теперішнього часу не втратив чинності.

Положення зазначених стандартів є обов'язковими для виконання і це потребує оцінки впливу сонячної електростанції на такі показники якості електричної енергії (ПЯЕ) в електричній мережі: коефіцієнт спотворення синусоїдності кривої напруги K_U ; коефіцієнт n -ої гармонійної складової напруги $K_{U(n)}$.

Значення коефіцієнту n -ої гармонійної складової напруги у відсотках визначається за виразом:

$$K_{U(n)} = \frac{U_{(ном)}}{U_{(1)}} \cdot 100, \quad (1)$$

де $U_{ном}$ – номінальна напруга електричної мережі.

Збільшення гармонік при роботі сонячної електростанції в мережі призводить до збільшення значень і коефіцієнту спотворення синусоїдальності кривої напруги, і коефіцієнтів n -ої гармонійної складової напруги. Отже ці ПЯЕ в мережі з сонячними електростанціями слід контролювати та за необхідності вживати заходи до нормалізації якості електроенергії в такій мережі.

Підключення сонячної електростанції до електричної мережі буде впливати на стійкість роботи ЕЕС, в яку дана електростанція видає потужність. Запас статичної стійкості для режиму роботи енергосистем визначається його близькістю до границі області стійкості, яка може бути обумовлена аперіодичним або коливальним порушенням стійкості. Запас статичної стійкості характеризується коефіцієнтами запасу по активній потужності в перетинах енергосистеми і за напругою у вузлах навантаження.

Для визначення коефіцієнта запасу статичної стійкості за активною потужністю в перетині схеми виконуються обтяження режиму шляхом збільшення перетоку потужності в перетині до отримання граничного по стійкості режиму.

Для контролю дотримання нормативних запасів по напрузі в експлуатаційній практиці можна використовувати напругу в будь-яких вузлах енергосистеми.

За умовами статичної стійкості енергосистем нормують мінімальні коефіцієнти запасу за активною потужністю в перетинах і мінімальні коефіцієнти запасу за напругою у вузлах навантаження, значення яких показано в табл. 1.

Для аналізу статичної стійкості при підключенні сонячної електростанції до ЕЕС розглянемо схему, представлену на рис. 1. В якості перетину виступає лінія електропередачі (ЛЕП).

Таблиця 1 – Мінімальні значення коефіцієнтів запасу статичної стійкості

Перетікання в перетині	K_P	K_U
Нормальний режим	0,20	0,15
Післяаварійний режим	0,08	0,10

При підключенні сонячної електростанції до ЕЕС потужність, що передається по ЛЕП з надлишкової частини ЕЕС до дефіцитної, зменшується за рахунок покриття навантаження власних споживачів електростанції. Це призводить до збільшення значення коефіцієнта запасу статичної стійкості за активною потужністю в перетині. Стосовно загального балансу активної потужності в ЕЕС, слід відмітити збільшення потужності генеруючих джерел, що також сприяє збільшенню обертаючого резерву та підвищенню запасу статичної стійкості [1].

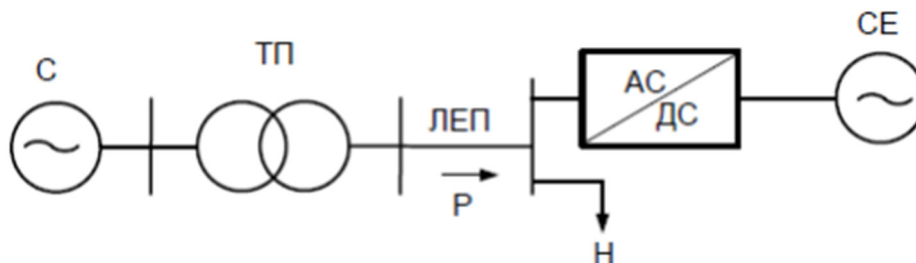


Рисунок 1 – Схема підключення сонячної електростанції до ЕЕС

Аналіз процесів, що відбуваються між СЕС та ЕС починає проводитися на основі аналізу ЕМПП на інверторі.

Система управління інвертором складається з наступних компонентів:

- алгоритм синхронізації з мережею;
- ПІ - регулятори струму;
- ПІ - регулятори напруги;
- система управління точкою максимальної потужності СЕС (Maximum Power Point Tracking System (MPPT)).

Список використаних джерел

1. Впровадження сонячних електростанцій та дослідження їх впливу на роботу електроенергетичних систем. – 2017. – 20 с.
2. Вусатий М. В., Гарасимчук І. Д., Потапський П. В. Оцінювання відновлюваних джерел електроенергії на функціонування електричних мереж. Results of modern scientific research and development: for being an active participant in IX International Scientific and Practical Conference, 14–16 November 2021. – MADRID. – С. 124.
3. Вусатий М. В., Потапський П. В., Гарасимчук І. Д. Застосування систем електропостачання з відновлювальними джерелами живлення. INTERNATIONAL SCIENTIFIC INNOVATIONS IN HUMAN LIFE: for being an active participant in V International Scientific and Practical Conference, 17–19 November 2021. – MANCHESTER. – С. 20.