

## ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В РОЗПОДІЛЬЧІЙ МЕРЕЖІ 0,4 кВ З СОНЯЧНИМИ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯМИ

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
76019, Івано-Франківськ, Карпатська, 15

### Анотація.

Проведено аналіз впливу фотоелектричних систем в розподільних мережах 0,4 кВ на якість електроенергії та електромагнітну сумісність. Згідно з експериментально вимірними миттєвими значеннями струмів і напруг, які генерує СЕС, зроблено порівняння допустимих значень основних параметрів електричної енергії з експериментальними даними. Результати вимірювання показали, що якість електроенергії при наявності гармонічних спотворень в мережі може не відповідати діючим стандартам. Проведено моделювання різних режимів локальної мережі з генерацією енергії сонячною електростанцією в мережі Matlab Simulink при зміні нелінійного навантаження та наявності гармонічних спотворень в мережі.

**Ключові слова:** сонячна електростанція, інвертор, енергоефективність, показники якості, електромагнітна сумісність, низьковольтні електромережі 0,4 кВ, Matlab Simulink.

### Abstrakt.

This paper presents of the influence of photovoltaic systems in 0.4 kV distribution networks on the quality of electricity and electromagnetic compatibility. According to the experimental instantaneous values of currents and voltages which are generated by solar power plants it is compared permissible values of electric energy main parameters with experimental data. The measurement results showed that the quality of electricity in the presence of harmonious distortions in the network may not meet current standards. The simulation of different modes of the local network with the generation of energy by a solar power station in the Matlab Simulink network is carried out when changing the nonlinear load and the presence of harmonic distortions in the network.

**Key words:** solar power station, inverter, energy efficiency, quality indices, electromagnetic compatibility, 0.4 kV low voltage electric networks, Matlab Simulink..

### Вступ

Зростання кількості сонячних електростанцій в розподільчих електромережах 0,4 кВ та їх нестійкий характер генерування впливає на баланс електроенергії в точках приєднання, рівні напруги і на основні параметри якості електроенергії (ПЯЕ), які повинні відповідати сучасним нормативним документам. Проаналізувавши досвід провідних європейських країн, які мають найбільшу частку сонячних джерел енергії в сумарному балансі енергосистеми та технічні вимоги стандартів [1,2,3], які регламентують вимоги до сумісної роботи в енергосистемі можна зробити висновки про необхідність контролю та вимірювання ПЯЕ та електромагнітної сумісності (ЕМС) до і після ввімкнення таких СЕС в локальну електромережу.

### Результати досліджень

При експериментальних дослідженнях під час генерування електроенергії сонячними електростанціями в Івано-Франківській області [3] було зафіксовано відхилення ПЯЕ відносно діючих стандартів. Найчастіше такі проблеми виникають в локальних електромережах, які мають велику кількість нелінійних споживачів з ємнісним навантаженням. Сумісна робота СЕС в мережі може супроводжуватися зростанням рівня вищих гармонік струму, що знижує ефективність роботи електрообладнання. Вирішити проблему може застосування комбінованих L-C та L-C-L фільтрів, однак доцільність їх встановлення на малопотужних електростанціях неможливо визначити без додаткових обстежень.

Іншим шляхом визначення ефективності роботи сонячних електростанцій в розподільних мережах 0,4 кВ є моделювання в середовищі Matlab Simulink, яке дозволяє отримати зміну напруги мережі при різних параметрах навантаження. Для цього необхідно мати точно розраховані дані елементів та адекватну модель. Для більш детального аналізу виникає необхідність використання

нелінійного навантаження, яке змодельоване в блоці «Локальна мережа 10 кВ», а також введення житлового навантаження в вигляді «навантаження з гармонічними спотвореннями». Проведене моделювання показало суттєві зміни напруги в вибраних для вимірювання вузлах в конкретних діапазонах параметрів, які не відповідали нормованим значенням.

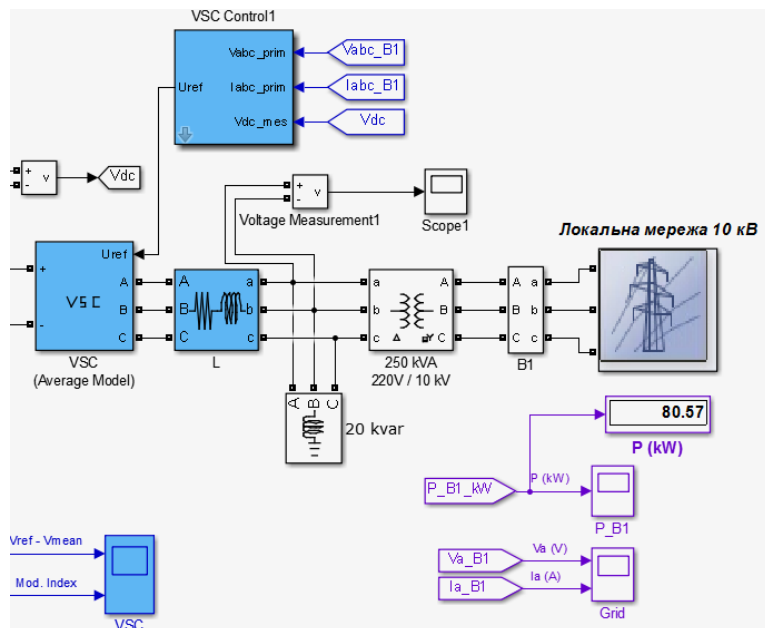


Рисунок 1 – Моделювання роботи СЕС в середовищі Matlab Simulink

Окремої уваги заслуговує робота однофазних сонячних електростанцій в мережах 0,4 кВ. Такі джерела генерування можуть, як вирівняти симетрію напруг, так і призвести до відхилення коефіцієнтів несиметрії до ненормованих значень. При застосуванні інтелектуальної системи можна за допомогою перемикачів такої електростанції на різні фази виконувати симетрування напруги в різні періоди часу, використовуючи прогнозування кількості електроенергії та моніторинг струмів та напруг.

### Висновки.

Підвищення енергоефективності електротехнічного комплексу з відновлювальними джерелами в розподільних мережах 0,4 кВ потребує додаткових досліджень та моніторингу параметрів ЕМС. Необдумане підключення сонячних електростанцій без додаткових розрахунків та збільшення рівня розгалуженості локальних мереж з великою кількістю джерел генерування може спричинити невідповідність напруги в деяких вузлах та проблеми з використанням інверторів.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гладь І. В. Експериментальне дослідження несиметричного режиму низьковольтної мережі при однофазному генеруванні електроенергії сонячною електростанцією [Текст] Бацала Я. В., Гладь І. В. Нафтогазова енергетика.-2017.-№1.-с.123-131.
2. ДСТУ EN 50160:2008. EN501060 «Voltage Characteristics in Public Distribution Systems». Характеристики напруги електропостачання у розподільчих мережах загальної призначення.
3. Electromagnetic Compatibility (EMC) Low-Frequency Standards. Online source, date accessed 5th January, 2014. [Electronic resource] - Mode of access: [www.dsce.fee.unicamp.br/~antenor/pdf/IEC.pdf](http://www.dsce.fee.unicamp.br/~antenor/pdf/IEC.pdf)

**Гладь Іван Васильович** – к. т. н., доцент, доцент кафедри електропостачання та електрообладнання промислових підприємств, Івано-Франківський національний університет нафти і газу,

**Бацала Ярослав Васильович** – асистент кафедри електропостачання та електрообладнання промислових підприємств, Івано-Франківський національний університет нафти і газу, e-mail: [batsala2012@gmail.com](mailto:batsala2012@gmail.com)

**Glad Ivan V.** – Cand. S c. (Eng.), Associate Professor, department of Electricity Supply Systems, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas (IFNTUOG)

**Batsala Yaroslav V.** - assistant department of Electricity Supply Systems, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas (IFNTUOG)