

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ З ЛОКАЛЬНОЮ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖЕЮ

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

Анотація.

Проведено аналіз якості електроенергії та електромагнітної сумісності підключених до мережі однофазних фотоелектричних систем в розподільних мережах Прикарпаття. Результати вимірювання показали, що наявність фотоелектричних систем з'єднаних з мережею може привести до зниження параметрів якості напруги живлення, таких як коливання напруги, коефіцієнтів гармонійних спотворень, флікера напруги і коефіцієнта потужності. Згідно з виміряними експериментально миттєвими значеннями струмів і напруг, які генеруються за допомогою сонячних електростанцій підраховано струми вищих гармонік. Зроблено порівняння допустимих значень основних параметрів електричної енергії з експериментальними даними. Проведено експериментальні дослідження різних режимів локальної мережі з однофазною генерацією енергії сонячною електростанцією.

Ключові слова: сонячна електростанція, інвертор, показники якості, електромагнітна сумісність, реактивна потужність, енергоефективність.

Abstrakt.

This paper presents power Quality Analysis of single phase Grid-Connected Photovoltaic Systems in Distribution Networks Precarpathian region. After measuring proved that the presence grid-connected PV systems could cause power quality problems such as voltage raise, THD, voltage flicker, and power factor. According to the experimental instantaneous values of currents and voltages which are generated by solar power plants it is calculated currents of high harmonics. It is compared permissible values of electric energy main parameters with experimental data. According to the experimental instantaneous of various modes LAN with single-phase power generation solar power plant.

Key words: solar power plant, inverter, quality index, electromagnetic compatibility, system stability, energy analysis, energy resources energy consumption, Grid impedance.

Вступ

Сонячна електроенергетика має стати альтернативою традиційним видам енергетики, однак перехід на поновлювані енергоресурси вимагає фундаментальних змін енергетичного балансу енергосистем країн. Першочерговим завданням науковців є зменшення втрат електроенергії в електротехнічних комплексах, підвищення енергоефективності та пошук оптимального місця приєднання сонячних електростанцій, які при сумісній роботі в енергосистемі будуть працювати з максимальною ефективністю та мінімальним негативним впливом на інше електротехнічне обладнання. Крім того, зростання розгалуженості локальних електромереж з сонячними електростанціями зобов'язують розроблення методології щодо керування перетоками потужності та адекватних математичних моделей.

Результати досліджень

Вплив сумісної роботи сонячних електростанцій в електромережі на якість електроенергії підтверджують результати досліджень та зумовлюють необхідність розгляду питань контролю основних параметрів показників якості електроенергії (ПЯЕ) та електромагнітної сумісності (ЕМС) [1].

Вирішення завдання аналізу та оптимізації процесу генерування електроенергії в локальній електромережі потребує розроблення адекватних математичних моделей, які зможуть враховувати змінність процесу генерування електроенергії сонячними електростанціями та перетоки потужностей через часто нелінійний характер навантаження в локальних електротехнічних комплексах, який змінюється в часі. Оцінку аспектів протікання енергетичних процесів за таких умов можна

здійснити на основі енергетичних властивостей функцій миттєвих значень потужностей P , Q , $S = f(t)$ та завдяки аналізу форм кривих U , $I = f(t)$.

Методика енергетичного обстеження, яку використовують для визначення ефективної роботи сонячної електростанції враховує переважно значення основних показників якості електроенергії, миттєві значення потужностей та кількість виробленої електроенергії, але не враховує показники електромагнітної сумісності THD (сумарний коефіцієнт гармонійних спотворень), реактивну потужність спотворення (T), коефіцієнт пульсації та дозу флікера.

Для оцінки впливу СЕС на параметри якості електроенергії було вибрано дахову сонячну електростанцію в м. Івано-Франківськ. Потужність, яку генерує дана станція складає 2,5 кВт. За допомогою інвертора фірми Danfoss відбувається передача електроенергії змінного струму в одну з фаз електромережі підприємства, на якій відсутнє навантаження. За допомогою інформаційно-вимірювального аналізатора якості електроенергії [2] 10 вересня 2015 року о 12.00 проведено дослідження ПЯЕ та визначено сумарний коефіцієнт гармонійних спотворень для мережі підприємства. Сонячна активність в цей період була досить висока і збільшувалася за час експериментальних досліджень. На першому етапі досліджень було виміряно енергетичні параметри на виході інвертора, відповідно яких можна зробити висновок, що ПЯЕ відповідають встановленим нормам. На другому етапі досліджень проводилися вимірювання на ввіді розподільного пристрою даного підприємства та було проаналізовано енергетичні параметри сумісної роботи сонячної електростанції з мережею в різних режимах (генерація електроенергії в фазу, де відсутнє споживання, відмикання сонячної електростанції та генерування електроенергії в фазу, де кількість споживання рівна кількості генерування та присутня велика частка ємнісного навантаження. В режимі генерації в фазу В, до якої більше нічого крім неї не приєднано (період 12.30 – 12.43) сонячна електростанція виробляє 1,2 – 1,4 кВт. До фази А і С підключені малопотужні споживачі підприємства, більшість з яких створюють нелінійне навантаження (комп'ютери, принтери, освітлення та мікрохвильова піч). В період з 12.43 до 12.54 проведено відмикання сонячної електростанції від мережі. На третьому етапі досліджень (12.54 до 13.05) сонячну електростанцію було підключено до фази С, а сумарна потужність генерації та споживання цієї фази наблизилась до нуля, тобто кількість генерації в певні моменти ставала рівною кількості споживання. Графік зміни активної потужності в часі у трьох фазах підприємства та сумарної потужності (чорний колір) зображено на рисунку 1.

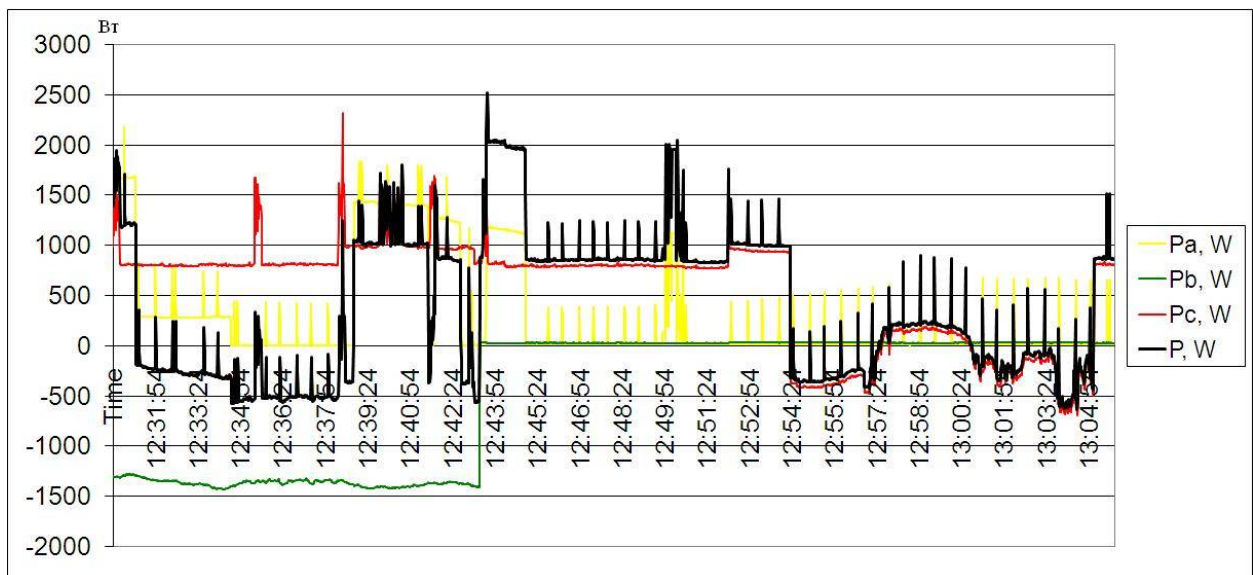


Рисунок 1 – Графік зміни активної потужності у трьох фазах підприємства

При дослідженнях на сонячній електростанції в Івано-Франківську коефіцієнт потужності і реактивна потужність практично не змінювалися від зміни величини сонячної інсоляції, однак при переключенні генерації в фазу С відбулося коливання значень реактивних потужностей зсуву та спотворення, яке припинилося після вимкнення інвертора (рис. 2). Крім того вимірювальний комплекс зафіксував таке ж коливання значення коефіцієнта потужності, що може призвести до

проблем з засобами компенсації реактивної потужності. Значення сумарного коефіцієнта гармонійних спотворень на першому етапі досліджень в фазі В під час генерації становило 5-7 %, а на третьому етапі під час генерації в фазу С THD струму збільшився до діапазону 21-31 %, що не відповідає нормованим значенням. Можна зробити висновок, що значний вплив на неї мають вищі гармонічні складові, що генеруються та зміна навантаження.

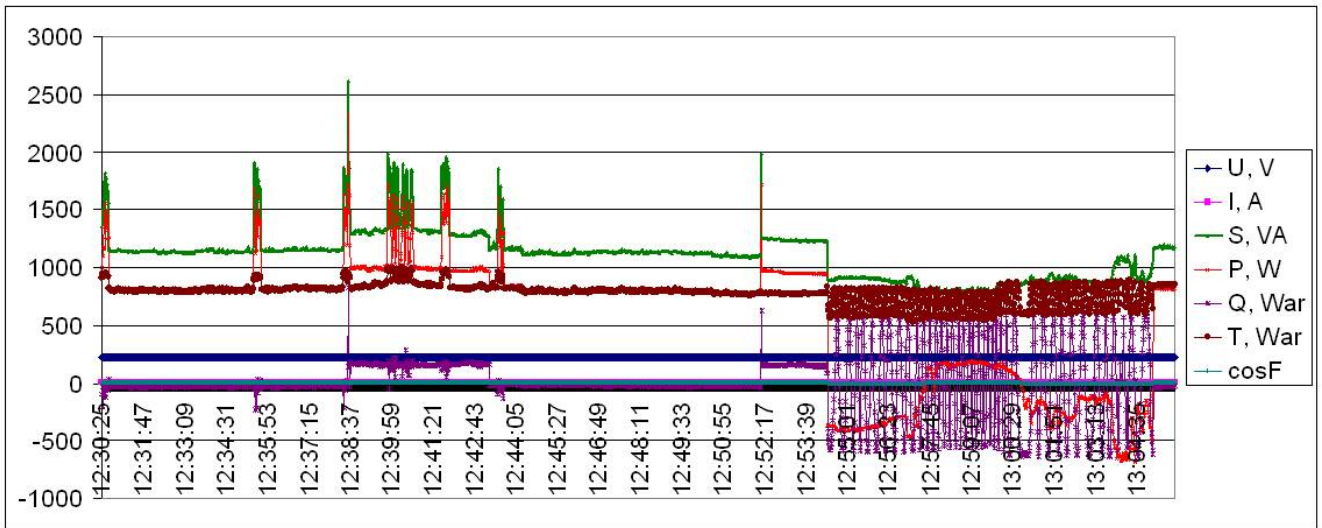


Рисунок 2 – Графік зміни енергетичних параметрів в фазі С

Основні причини виникнення гармонік напруги і струму досить різні та можуть бути створені навантаженням, яке оснащено електронними пристроями, що поглинають поточні височастотні складові. Ці гармонійні складові можуть бути зменшені тільки безпосередньо біля навантажень. Існують так звані «зони резонансу», коли вихідна потужність інвертора дорівнює потужності навантаження мережі, що призводить до небезпечних режимів роботи мережі. Цей ефект присутній у фотоелектричних установках через перемикання височастотних перетворювачів, де присутній емнісний зв'язок між фотоелектричними установками, кабелями, електронними пристроями і заземленням [3].

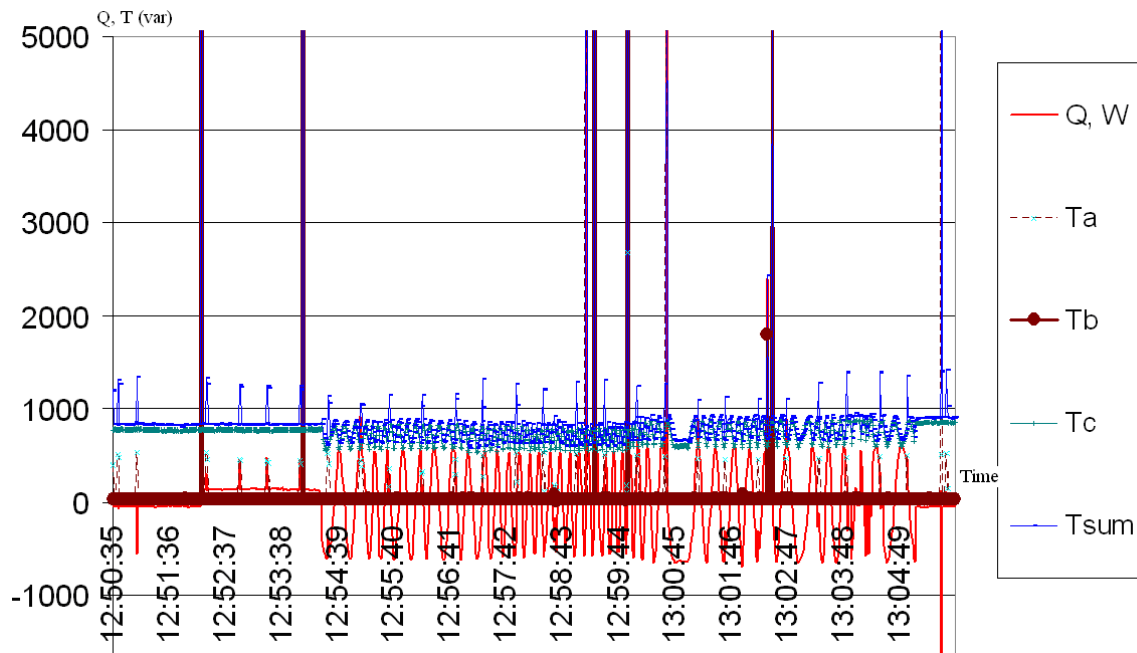


Рисунок 3 – Графік зміни реактивних потужностей зсуву та спотворення на ввіді підприємства

У ході досліджень також сформовано статистичну базу даних генерування електроенергії сонячною електростанцією в Прикарпатському регіоні в середовищах Microsoft Excel та Matlab, яка охоплює дані генерування за добу та кожні пів години. Створено програмний продукт та реалізовано алгоритм, який дозволяє отримувати значення кількості виробленої електроенергії електростанцією на основі даних про час генерування. Основним завданням даної програми є мінімізація втрат в електромережі та отримання максимального прибутку від генерації електроенергії локальними сонячними електростанціями.

$$\Delta S \rightarrow \min, \Pi \rightarrow \max.$$

Вирішення задачі узгодження параметрів електротехнічних комплексів, що містить джерело локальної генерації відновлювальної енергетики дозволить покращити роботу електротехнічного обладнання, систем релейного захисту та автоматики та підвищить надійність та енергоефективність елементів енергосистеми.

Висновки.

Врахування впливу електромагнітної складової на якість електроенергії дозволить більш адекватно розрахувати можливості підвищення енергоефективності електротехнічного комплексу з відновлювальними джерелами. Використання інверторів при певних параметрах мережі може спричинити резонансні процеси та коливання реактивної потужності, що негативно впливає на роботу електротехнічного обладнання. Для запобігання аварійних режимів необхідно проводити експериментальні дослідження роботи сонячних електростанцій з симулюванням зміни характеру навантаження мережі та встановлювати спеціальні фільтри.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бекиров Э.А. Анализ энергетических параметров систем электроснабжения при использовании возобновляемых источников энергии [Текст] / Э.А. Бекиров. – Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит, 2013. №8 (114). – 230-237 с.
2. Гладь І. В. Аналіз показників якості електроенергії сонячної електростанції. [Текст] / Бацала Я. В., Гладь І. В., Николин У. М.// Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2013. - № 4(49). – С 81-89 с.
3. Сиромаха С.С., Осипов Д.С., Черемисин В.Т. О необходимости учёта режима работы и импеданса системы электроснабжения при моделировании резонанса токов // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5. С 11-89 с.

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

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)