

ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ МЕРЕЖ З СОНЯЧНИМИ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯМИ

Богомолова О.С., к.т.н., ст. викл., Коржов В.Г., магістант
КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електричних мереж та систем

Вступ. Завдяки розвитку науко-технічного прогресу спостерігається тенденція до збільшення споживання електричної енергії у всіх сферах людської життєдіяльності. У зв'язку з погіршенням екологічної ситуації у світі пошук та розвиток альтернативних джерел живлення набуває все більшого значення. З кожним роком частка сонячної енергії у загальній генерації електроенергії стрімко збільшується, збільшується кількість постачальників електричної енергії та змінюються умови надання послуг з електропостачання. Однак, оскільки сонячні електростанції (СЕС) містять нелінійні елементи, робота таких станцій впливає негативно на якість електроенергії в енергосистемі – спотворюються синусоїди напруги та струму. В Україні підтримується тенденція збільшення частки сонячної генерації у загальному енергобалансі і тому питання покращення якості електроенергії в мережах з СЕС є актуальним

Мета роботи. Дослідження впливу сонячних електростанцій на показники якості електричної енергії.

Матеріали дослідження. Головною метою функціонування електроенергетичної галузі є надійне та економічне постачання споживачів електричною енергією необхідної якості.

Несинусоїдальність напруги характеризується наступними показниками: коефіцієнтом викривлення синусоїдальності напруги та коефіцієнтом n -ої гармонічної складової напруги. Для напруги 0,4 кВ, 10 кВ та 110 кВ коефіцієнти викривлення синусоїдальності кривої напруги становлять 8%, 5% та 2% відповідно [3].

Вимоги якості щодо коефіцієнту n -ої гармонічної складової напруги наведено у табл. 1.

Сонячна електростанція включає фотоелектричні модулі, які вмикають паралельно або послідовно, з метою отримання необхідного значення напруги або струму, з'єднувальні лінії і перетворювачі струму (інвертори), трансформатори, системи автоматики, захисту та сигналізації (рис.1). Саме наявність перетворювачів струму впливає на якість електроенергії в мережі. В системі з'являються додаткові гармоніки через велику кількість перемикачів інверторів, Мінливий в часі характер генерації є одним з чинником порушення стійкості роботи мережі і відповідно до зниження рівня надійності енергосистеми [1].

Джерелом вищих гармонік у мережі є інвертор, Комутація тиристорів і транзисторів спотворює форму кривих напруг і струмів, що призводить до появи вищих гармонік у мережі. Лінія з виходу інвертора до ПЛ енергосистеми складається з трансформаторів та інших елементів, які являють собою активний та

реактивний опір Z_n для гармоніки n – порядку. Гармонічний струм n – порядку створює через опір Z_n гармонічну напругу $U_n = Z_n \cdot I_n$. Чим більший опір мережі, тим більше спотворення гармонічного струму. Сумарний струм гармонік та викривлена напруга створюють гармонічні збурення, що йдуть у мережу до інших споживачів [4].

Таблиця 1 – Значення коефіцієнту n -ої гармонічної складової напруги у відсотках

Непарні гармоніки, не кратні 3, при $U_{ном}, \text{кВ}$					Непарні гармоніки, кратні 3, при $U_{ном}, \text{кВ}$					Парні гармоніки при $U_{ном}, \text{кВ}$				
n	0.38	6-20	35	110-330	n	0.38	6-20	35	110-330	n	0.38	6-20	35	110-330
5	6,0	4,0	3,0	1,5	3	5,0	3,0	3,0	1,5	2	2,0	1,5	1,0	0,5
7	5,0	3,0	2,5	1,0	9	1,5	1,0	1,0	0,4	4	1,0	0,7	0,5	0,3
11	3,5	2,0	2,0	1,0	15	0,3	0,3	0,3	0,2	6	0,5	0,3	0,3	0,2
13	3,0	2,0	1,5	0,7	21	0,2	0,2	0,2	0,2	8	0,5	0,3	0,3	0,2
17	2,0	1,5	1,0	0,5	>21	0,2	0,2	0,2	0,2	10	0,5	0,3	0,3	0,2
19	1,5	1,0	1,0	0,4						12	0,2	0,2	0,2	0,2
23	1,5	1,0	1,0	0,4						>12	0,2	0,2	0,2	0,2
25	1,5	1,0	1,0	0,4										
>25	0,2+	0,2+	0,2+	0,2+										
	1,3x	0,8x	0,6	0,2										
	25/n	25/n	25/n	25/n										

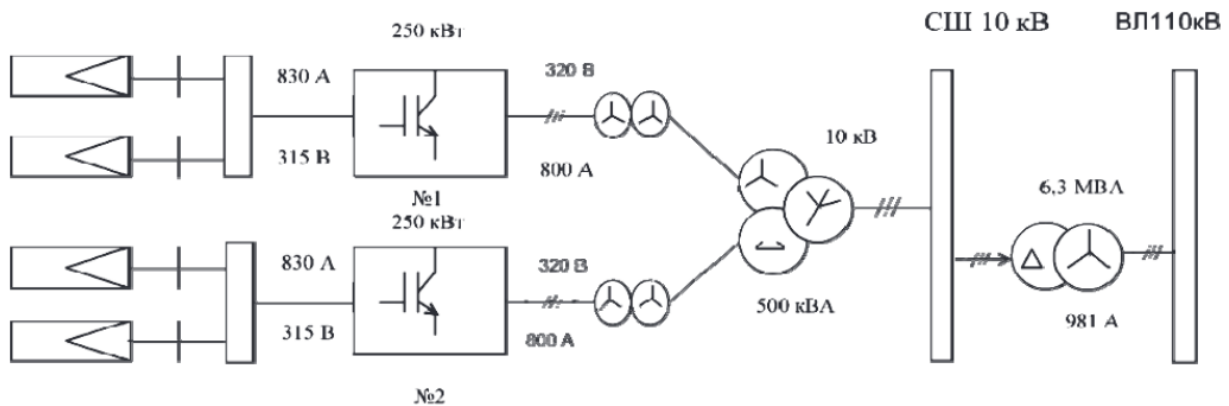


Рисунок 1 – Схема внутрішньої мережі СЕС

Збурення, спричинені вищими гармоніками, що проходять по мережі, погіршують якість електроенергії та спричиняють негативні ефекти: перевантаження розподільчих мереж через збільшення діючої величини струму; перевантаження нульових робочих провідників через підсумовування гармонік 3-го порядку; перевантаження, вібрація та старіння електричного обладнання; спотворення напруги живлення, що може створити перешкоди для чутливих споживачів; збурення у мережі.

Перевантаження у мережі змушують збільшувати заявлену потужність і призводить до додаткових втрат або необхідності завищення параметрів установки. Спотворення струму викликають помилкові відключення та зупинку виробничого обладнання, У трифазній мережі найчастіше зустрічаються непарні гармоніки, які практично спричиняють більше збурень.

З осцилограм напруги і струмів (рис. 2 та рис. 3) встановлено, що напруги і струми містять вищі гармонічні складові, а в кривих струмів є амплітудна модуляція. При паралельній роботі інверторів необхідно узгодження на частоті та амплітуді генераторів. Наявність амплітудної модуляції в осцилограмах струмів може привести до несиметрії струмів. Коефіцієнт несиметрії струмів може бути вимірний ступенем невірноваженості потужності. При симетричній системі напруг і несиметричній системі струмів середня за період (активна) потужність визначається струмами прямої послідовності, а та, що коливається – струмами зворотної послідовності. При трифазній симетричній системі напруг та несиметричній системі струмів ступінь невірноваженості потужності дорівнює коефіцієнту несиметрії струмів.

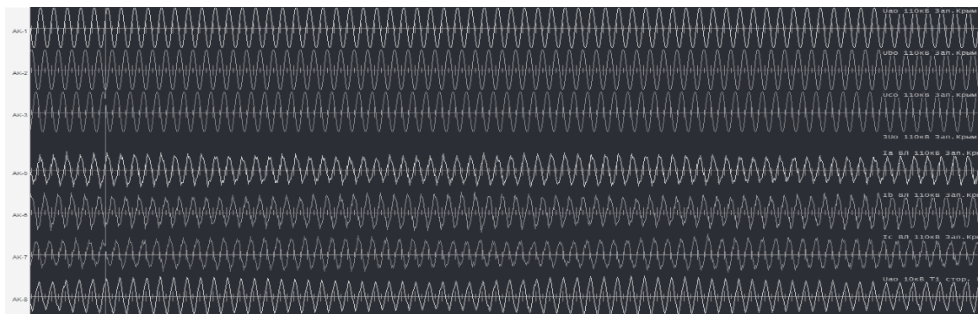


Рисунок 2 – Осцилограми напруги і струмів ПЛ 110 кВ

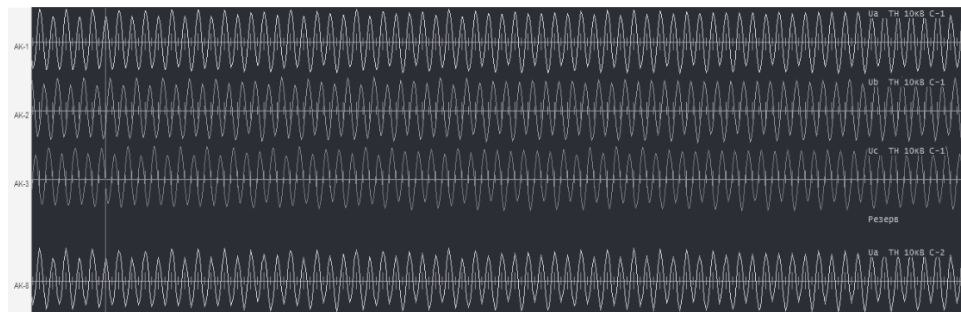


Рисунок 3 – Осцилограми напруги і струмів ПЛ 10 кВ

Із наведених осцилограм (рис.3) видно, що на стороні 10 кВ присутні флуктуації напруги, які спричинені роботою інвертора, а також невелике розбалансування напруги у трифазній мережі – це проявляється у різниці амплітуд лінійних напруг відносно один одного [2].

Аналіз струмів на стороні 110 кВ показує, що окрім основної частоти присутня огибаюча частота у всіх трьох фазах, що свідчить про наявність амплітудної модуляції.

При потужності СЕС співрозмірною з потужністю традиційних джерел може викликати резонанс у ПЛ на частотах від 1 до 3 Гц та 90-100 Гц в залежності від різниці частот та довжини ліній електропередачі.

Висновки. Вплив неякісної електроенергії на електричне обладнання є досить суттєвим, а джерела нетрадиційної генерації мають негативний вплив на показники її якості. Генерація енергії сонячними електростанціями супроводжується погіршенням якості електроенергії у мережі, зокрема: з'являються додаткові вищі гармоніки напруги і струму, а в кривих струмів є амплітудна модуляція. Збурення, спричинені вищими гармоніками, що проходять по мережі, погіршують якість електроенергії та спричиняють негативні ефекти: перевантаження розподільчих мереж через збільшення діючої величини струму; перевантаження нульових робочих провідників через підсумовування гармонік 3-го порядку; перевантаження, вібрація та старіння електричного обладнання; спотворення напруги живлення, що може створити перешкоди для чутливих споживачів; збурення у мережі.

Перелік посилань

1. Бацала Я. В. Аналіз показників якості електроенергії сонячної електростанції / Я. В. Бацала, І. В. Гладь // Луцький національний технічний університет, – 2013, – №4, – С. 81–90.
2. Бекіров Э. А. Аналіз енергетичних параметрів систем електропостачання при використанні відновлювальних джерел живлення / Э. А. Бекиров // Національна академія природоохоронного та курортного будівництва, – 2013, – №8, – С. 230–237.
3. ДСТУ 13109-97 Електрична енергія. Сумісність технічних засобів електромагнітна. Норми якості електричної енергії в системах електропостачання загального призначення
4. Ісмагілов Ф. Р. Дослідження паралельної роботи сонячної електростанції з мережею / Ф. Р. Ісмагілов, Б. Н. Шаріфов // Вісник УГАТУ, – 2016, – №4, – С. 71–79.