

УДК 621.311

О.Б. Бурикін, к.т.н., доцент, Ю.В. Томашевський, директор ІТ ПАТ «Вінницяобленерго»,
Ю.В. Малогулко, аспірант

Вінницький національний технічний університет

СТАНДАРТИЗАЦІЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЛОКАЛЬНИХ ЕНЕРГОСИСТЕМ ПРИ ЇХ ІНТЕГРАЦІЇ У СИСТЕМИ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ЖИВЛЕННЯ НА БАЗІ КОНЦЕПЦІЇ SMARTGRID

Сучасні тенденції розвитку світової енергетики спрямовані на модернізацію електричних мереж. Більшість промислово розвинених країн світу розуміють необхідність підвищення енергетичної ефективності в контексті проблем глобального потепління, стимулюючи розвиток альтернативної та відновлювальної енергетики, підвищення рівня автоматичної оптимізації та контролю електричних мереж, вдосконалення засобів релейного захисту та ін.

Розвиток енергетики поставив питання про поступовий перехід від традиційних технологій, що передбачають використання централізованого генерування електричних мереж, до принципово нового рішення, яке орієнтоване на широке застосування розосереджених джерел енергії (РДЕ), та активних мереж, які здатні надавати послуги з передачі та зберігання і перетворення електричної енергії. Активні електричні мережі, здатні швидко адаптуватися до мінливих потреб зацікавлених сторін - власників, споживачів, продавців. Вони розглядаються як ключовий елемент інфраструктури «розумних» енергосистем майбутнього [1]. На сьогоднішній день усі аспекти створення подібних «розумних» енергосистем розглядаються в концепції SmartGrid в енергетиці, найбільш відомій концепції модернізації електричних мереж [2].

Така концепція характеризується двосторонніми потоками електроенергії та інформації для створення автоматизованої, широко розгалуженої розподільної мережі. Обмін інформацією в ній відбувається між комунікаційними доменами генерування, передачі, розподілу та споживання електроенергії, які фізично представлені системами автоматизації та управління виробництвом кожного із доменів. Крім двостороннього обміну потоками електроенергії та інформації, ця концепція передбачає здійснення поточного контролю, захисту і оптимізації функціонування всіх взаємодіючих елементів. До цих елементів відносяться потужні генератори і розосереджені джерела енергії, які за допомогою магістральних і розподільних мереж об'єднані з промисловими споживачами, установками накопичення електроенергії, а також з кінцевими споживачами.

Слід підкреслити, що SmartGrid - це не тільки нові енергетичні технології, але також і сучасні інформаційні та комунікаційні технології білінгу, електронної комерції, управління доступом та адміністрування в мережах різного масштабу, моделювання та зберігання даних, віртуалізації, комп'ютерної безпеки, розподілених обчислень, збору, обробки і передачі інформації в реальному часі. По суті, SmartGrid слід розглядати не як окрему технологію, а як комплексний підхід і методику створення великомасштабних «розумних» підприємств, що функціонують на базі нової технологічної платформи і надають широкий спектр послуг з використанням інформаційних та енергетичних технологій.

Фахівці вважають [2], що застосування сучасних технологій управління, поряд з широким використанням новітніх інформаційних і комунікаційних технологій, дасть можливість підтримувати в «розумних» енергосистемах попит і пропозицію на рівні окремого пристрою. SmartGrid дозволить споживачам усвідомлено брати участь у функціонуванні енергосистем, також покращиться використання активів в енергетиці і зросте економічна ефективність, підвищиться якість електроенергії і стійкість енергосистем до несанкціонованих зовнішніх впливів і стихійних лих. Нарешті, перехід до «розумних» енергосистем дасть поштовх розвитку нових видів продукції та послуг, а також до формування нових ринків.

На сьогоднішній день у багатьох країнах розроблено низку стандартів SmartGrid для засобів релейного захисту, контролю та моніторингу магістральних та розподільних мереж. Серед них особлива увага приділяється стандартам пов'язаним із приєднанням на паралельну роботу відновлювальних джерел розподіленого генерування з існуючими електроенергетичними системами. Ці стандарти є технологічно нейтральними та універсальними для всіх типів РДЕ до 10 МВА та регулюють технічні вимоги до електроенергетичних систем з розподіленими джерелами генерування. Стандарти включають в себе загальні вимоги до РДЕ у нормальних та аварійних режимах, вимоги до показників якості напруги, відокремленої та паралельної роботи з енергосистемою, вимоги до підключення та синхронізації генераторів РДЕ, а також специфікації та вимоги до проектування, виробництва, монтажу, введення в експлуатацію та періодичних випробувань.

Стандартів, що мають відношення до SmartGrid, налічується близько сотні [4]. Серед них стандарти ІЕС («Standards for power quality» та «Flicker Standards»), стандарти CSA (CAN3-C235-83, 107.1/UL1741, C22.2, C.22.3, C22.1), стандарти IEEE P2030 та інші. У комплексі цих стандартів розглядаються принципи забезпечення інтеоперабельності

енергетичних технологій, інформаційних технологій з елементами енергетичних систем, автоматикою кінцевих користувачів і навантажувальними пристроями споживачів.

Основним стандартом, який регламентує під'єднання на паралельну роботу РДЕ є стандарт інституту інженерів з електротехніки та електроніки (IEEE 1547) [3]. Діючий стандарт встановлює критерії та вимоги для з'єднання РДЕ з електроенергетичною системою. Комплекс стандартів IEEE 1547 містить ряд документів, присвячених різним аспектам забезпечення взаємодії та зв'язності між розподіленими ресурсами, інтегрованими до складу енергетичних систем, і складається з таких частин:

1. IEEE 1547.1 – стандарт загальної процедури відповідності випробувань приєднання РДЕ до енергосистеми.
2. IEEE 1547.2 – забезпечує деталізовані вказівки приєднання на паралельну роботу.
3. IEEE 1547.3 – вимоги по обміну інформацією, моніторингу та контролю РДЕ.
4. IEEE 1547.4 – вимоги до обладнання та його експлуатації у відокремлених локальних енергосистемах з РДЕ.
5. IEEE 1547.5 – призначений для РДЕ потужністю вище 10 МВА.
6. IEEE 1547.6 – практичні аспекти підключення РДЕ до розподільних мереж.

Процес приєднання на паралельну роботу РДЕ до електричних мереж України, на сьогодні, не має чіткого галузевого керівного документу або стандарту та регламентується правилами приєднання електроустановок до електричних мереж затвердженими постановою НКРЕ №1137 від 14.12.2005 зі змінами та доповненнями від 20.09.2007 [5]. У постанові зазначені лише організаційні моменти приєднання електроустановок призначених для виробництва електричної енергії. Таким чином, технічні вимоги приєднання РДЕ до електричних мереж регламентуються сукупністю галузевих нормативних документів, ГОСТ та ДСТУ.

З метою перевірки можливості використання досвіду зарубіжних країн достатньо порівняти технічні вимоги стандарту IEEE 1547 [3], стандартів Німеччини [7], проект вимог приєднання РДЕ в Україні [8] та діючий ГОСТ 13109-97 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» [6], що є базовим для енергетики України. Порівняльна характеристика приведена в табл.1.

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика показників якості електричної енергії

Показник	Вимоги відповідно до нормативного документу			
	IEEE 1547	ГОСТ 13109-97	Проект вимог приєднання РДЕ в Україні	Стандарти Німеччини
Відхилення частоти	Допустиме відхилення частоти в РДЕ не повинне перевищувати	Відхилення частоти в синхронізованих системах електропостачання не	Частота повинна знаходитись в діапазоні від 49,6 (гранично допустиме зниження частоти)	Частота повинна знаходитись в діапазоні від

	в синхронізованих системах значення від -0,2 до +0,5Гц.	повинне перевищувати $\pm 0,2$ Гц; в ізованих системах електропостачання відхилення складає ± 1 Гц.	до 50 Гц (нормально допустиме підвищення частоти). Автоматичне підключення електростанції може бути виконано не раніше, ніж через три хвилини після того, як напруга буде відновлена до робочої напруги, а частота буде знаходитись в діапазоні від 47,00 до 50,20 Гц.	47,5(гранично допустиме зниження частоти) до 51,5 Гц (нормально допустиме підвищення частоти).
Гармоніки	Максимальна гармонічна складова струму складає 4% для непарних гармонік $n = 11$.	Значення гармонічної складової напруги знаходиться в межах від 0,2 до 6% від $U_{ном}$.	Згідно ГОСТу 13109-97	Максимальна гармонічна складова струму складає 0,058 – 0,04%, для непарних гармонік 0,06 – 0,18. %
Відхилення напруги	Відхилення напруги на шинах РДЕ в нормальних робочих умовах не повинне перевищувати значення від -12 до +10 %.	В електричних мережах низької напруги в нормальних робочих умовах одинарні швидкі зміни напруги не перевищують 5% $U_{ном}$, а середньої напруги – 4%, але зміни з малою тривалістю можуть проходити декілька разів на день.	Максимальні ($U_{макс}$) та мінімальні ($U_{мін}$) рівні напруги для мереж 0,38-154 кВ визначаються з використанням міждержавного стандарту з огляду на гранично допустимі відхилення напруги. Максимальні ($U_{макс}$) рівні напруги для мереж 220-750 кВ визначаються з огляду на обмеження ізоляції (10% для обладнання 220-330 кВ та 5% та мереж 500-750 кВ). Мінімальні ($U_{мін}$) рівні напруг для мереж 220-750 кВ не визначаються.	В електричних мережах відхилення напруги на шинах РДЕ складає не більше 2%.

Висновок

Оскільки збільшення кількості РДЕ призводить до загострення технічних проблем з організації їх паралельної роботи в енергосистемі – забезпечення стійкості роботи, якості електроенергії, організації диспетчерського керування, у тому числі контролю відокремлення РДЕ від енергосистеми, синхронізації РДЕ з енергосистемою, то постає задача розробки єдиного стандарту. Цей стандарт буде регламентувати під'єднання на паралельну роботу РДЕ в Україні з урахуванням стратегії розвитку електричних мереж та перспектив впровадження технологій концепції Smart Grid у національну електричну мережу. Перехід до єдиного стандарту розширить можливості застосування РДЕ та

можливості споживачів, а також покращить взаємодію всіх суб'єктів енергосистеми в режимі реального часу.

Література

1. Стогній Б.С. Интеллектуальні електричні мережі електроенергетичних систем та їхнє технологічне забезпечення / Б.С. Стогній, О.В. Кириленко, С.П. Денисюк // Технічна електродинаміка. – 2010. – № 6. – С. 44–50.
2. National Institute of Standards and Technology, Standards Identified for Inclusion in the Smart Grid Interoperability Standards Framework, Release 1.0, September, 2009, [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.nist.gov/smartgrid/standards.html>.
3. IEEE standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems, IEEE 1547, 2003.
4. Survey of Studies and Analysis Tools Used for Assessment of Distributed Generation Integration in Canadian Distribution Systems. Report - CETC 2006-070 (TR). April 2006.
5. Правила приєднання електроустановок до електричних мереж. Постанова НКРЕ №1137 від 14.12.2005.
6. ГОСТ 13109-97. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
7. Technische Richtlinie Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz. Richtlinie für Anschluss und Parallelbetrieb von Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz. Ausgabe Juni 2008. BDEW.
8. Вимоги до вітрових та сонячних фотоелектричних електростанцій потужністю 150 кВт щодо приєднання до зовнішніх електричних мереж. Жовтень 2011. Mercados, EMI.