

УДК 621.31

ПРОБЛЕМИ ІНТЕГРАЦІЇ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ
В «СЛАБКІ» ЕЛЕКТРИЧНІ МЕРЕЖІ**О.В.Кириленко**, академік НАН України, **В.В.Павловський**, докт.техн.наук, **Л.М.Лук'яненко**, канд.техн.наук,
І.В.Трач, канд.техн.наук,**Інститут електродинаміки НАН України,**
пр. Перемоги, 56, Київ-57, 03680, Україна.

Розглянуто особливості підключення електричних станцій, побудованих на основі використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), до електричних мереж (ЕМ) та їхній вплив на режими роботи таких мереж. Визначено основні положення, що повинні враховуватися при виборі місць встановлення таких станцій. Розглянуто особливості впливу певних режимів роботи ЕМ на ефективність роботи таких електричних станцій. В першу чергу, це стосується «слабких» електричних мереж, що характерно для деяких регіонів ОЕС України. Бібл. 3.
Ключові слова: відновлювані джерела енергії, електромережі, регулювання напруги, якість.

Серед основних тенденцій сучасного етапу розвитку світової електроенергетики слід виділити щорічне зростання генерації на основі використання відновлюваних джерел електроенергії, зокрема, на вітро- (ВЕС) та сонячних електростанціях (СЕС). Збільшення частки ВДЕ в загальному балансі електропостачання дозволяє знизити екологічне навантаження на навколишнє середовище та вирішити проблему збереження первинних вуглецевих ресурсів. У той же час це створює низку проблем, пов'язаних з керуванням режимами роботи енергосистем (ЕС), до яких приєднані такі електростанції, і для яких характерним є стохастичний характер видачі потужності, що досить важко піддається регулюванню. Проблеми видачі та транспортування до споживачів електроенергії від ВДЕ разом з подальшим об'єднанням ЕС на паралельну роботу та збільшенням навантажень на існуючі зв'язки у перетинах є найбільш складними та суттєво ускладнюють процеси керування технологічними процесами.

Оцінюючи у цілому проблему інтеграції ВДЕ в електричні мережі, слід відзначити, що, по-перше, ці джерела мають різноплановий вплив на ЕМ, який залежить від їхньої потужності, типу, місць розташування та топології мережі. По-друге, враховуючи певні особливості ВДЕ щодо їхньої здатності до регулювання реактивної потужності, слід передбачити загострення проблеми забезпечення стійкості за напругою [3]. Тому доцільним представляється реалізація процедур моніторингу стійкості за напругою та керування резервами реактивної потужності. По-третє, приєднання розподілених ВДЕ до ЕМ може змінювати напрямки перетоків потужності, що, в свою чергу, в подальшому може призвести до необхідності застосування адаптивного керування уставками систем релейного захисту. Крім того, слід зауважити, що ці технології є новими і в Україні ще немає достатнього досвіду приєднання потужних ВЕС та СЕС в електричні мережі. Таким чином, вирішення проблеми інтеграції ВДЕ потребує розв'язання низки науково-технічних та практичних задач.

Сьогодні на початкових етапах розвитку ВДЕ в Україні склалася ситуація, коли місця встановлення ВЕС та СЕС визначаються за даними лише вітропотенціалу та сонячної радіації. Наприклад, заплановано збільшення концентрації ВДЕ в окремих енергорайонах об'єднаної енергосистеми (ОЕС) України: на півдні Одеської області та АР Крим. Слід відзначити, що зазначені енергорайони навіть до встановлення ВДЕ, відповідно до проведених досліджень [3], є досить проблемними з режимної точки зору. Аналіз результатів досліджень показав, що в ремонтних схемах не забезпечуються необхідні параметри якості електричної енергії. Зокрема, напруги в контрольних точках у багатьох випадках зменшуються нижче 0,9 від номінальної, що може призводити до вимкнення СЕС. Тому, виходячи з умов забезпечення надійності видачі потужності СЕС у всіх можливих режимах, може виникнути потреба у встановленні додаткового обладнання для гнучкого та динамічного регулювання напруги та реактивної потужності. Таким чином, прийняття рішень щодо інтеграції СЕС в ЕМ повинно спиратися на результати комплексного аналізу режимів, які виникають при різних варіантах приєднання ВДЕ. Взагалі варто зазначити, що підключення ВДЕ до ЕМ значною мірою пов'язано з тими ж особливостями, що й джерел розподільної генерації [1].

Як відомо, приєднання ВДЕ проводиться переважно до розподільних ЕМ. В Україні зараз йдеться про ЕМ напругою 110÷154 кВ. Враховуючи те, що такі ЕМ за пропускну спроможністю не такі потужні як магістральні, то ВДЕ в значній мірі впливають на їхні режими. Останні дослідження показали [2], що при приєднанні ВЕС або СЕС потужністю 40÷50 МВт до ЕМ 110÷154 кВ слід враховувати вплив ВДЕ на режими ЕМ і навпаки. Так при роботі ЕМ в ремонтно-аварійних схемах та при обважненні їхніх режимів роботи виникають ситуації, коли надійність видачі потужності від ВДЕ стає недостатньою. Режими роботи ЕМ, особливо тих, що мають незначну потужність, можуть створювати певні проблеми щодо режимів роботи ВЕС та СЕС. У цьому контексті слід зазначити, що рівні напруги в ustalених режимах ЕМ, зокрема, при роботі за ремонтно-аварійними схемами, можуть обмежуватися «знизу» умовами забезпечення нормативних запасів зі стійкості за напругою. Це може призвести до появи в ЕМ 110 кВ режимів, в яких напруга на 10–15% нижча від номінальної, що для СЕС є недопустимим. При цьому конвертори СЕС можуть автоматично вимикатися через «невиконання умов мережевого приєднання», що знижує ефективність роботи таких станцій. Таким чином, забезпечення умов ефективного використання ВДЕ пов'язане з проведенням всебічного аналізу режимів роботи ЕМ з ВДЕ.

Крім того, слід зазначити, що режим роботи ВДЕ значно залежить від зміни у часі напруги в розподільних ЕМ. Це пояснюється тим, що деякі технології генерування електроенергії ВДЕ мають певні обмеження щодо «проходження» перехідних режимів при раптовому зниженні напруги. Зокрема, у разі виникнення КЗ наслідком тимчасового зменшення напруги протягом часу його існування ВДЕ автоматично відмикається від ЕМ. Це може призвести до виникнення значного дефіциту потужності в даному енергорайоні. Останнє призводить до відповідного збільшення перетоків активної потужності по електричних зв'язках від сусідніх ЕС та, як наслідок, подальшого зменшення напруги та виникнення лавиноподібних явищ і втрати стійкості. Тому більшість системних операторів європейських країн, ЕС яких містять значну частку ВДЕ в структурі генерації, мають чітко визначені правила поведінки ВЕС та СЕС у перехідних режимах. Зокрема, існує так звана нормативна характеристика LVRT (Low Voltage Ride Trough). Вона визначає допустиме максимальне зменшення напруги та його час в ЕМ, при якому ВДЕ повинні залишатися в роботі як джерела генерування. Наявність такої нормативної характеристики дозволяє системному оператору чітко визначити, за яких режимних умов ВДЕ повинні залишатися в роботі. Крім того, це створює можливість планування заходів із забезпечення надійності поточних режимів та розвитку ЕМ. При відсутності таких документів системний оператор буде стикатися з проблемою раптового вимкнення потужності ВДЕ при звичайних «просадках» напруги в ЕМ, що може призвести до розвитку серйозних аварій. З іншого боку, оператор ВДЕ буде мати нестабільний режим видачі потужності.

Таким чином, ВДЕ мають різноплановий вплив на електричні мережі. Це стосується не тільки електротехнічного обладнання, систем релейного захисту та автоматики, а також, забезпечення надійності, ефективності електропостачання та якості електричної енергії. Впровадження ВДЕ потребує перегляду стратегій керування, організації експлуатації та планування розвитку електричних мереж. При цьому виникає нова окрема науково-технічна проблема забезпечення ефективної інтеграції ВДЕ в електричні мережі, вирішення якої потребує застосування системного підходу, що дозволить уникнути неефективного використання можливостей ВДЕ та зниження надійності режимів електричних мереж.

1. Кириленко О.В., Павловський В.В., Лук'яненко Л.М. Технічні аспекти впровадження джерел розподільної генерації в електричних мережах // Технічна електродинаміка. – 2011. – № 1. – С. 46–53.

2. Кириленко О.В., Павловський В.В., Лук'яненко Л.М., Зоммер А.Е. Аналіз впливу приєднання відновлюваних джерел електроенергії на рівні напруги електричних мереж // Техн. електродинаміка. Тем. випуск "Силова електроніка та енергоефективність". – 2011. – Ч. 2. – С. 44–49.

3. Ущачовський К.В., Зайченко В.Б., Павловський В.В., Лук'яненко Л.М., Теличко Р.К., Стелюк А.О. «Вузькі місця» за напругою та планування резервів з реактивної потужності в ОЕС України // Новини енергетики. – 2010. – № 6. – С. 38–45.

УДК 621.31

ПРОБЛЕМЫ ИНТЕГРАЦИИ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В «СЛАБЫЕ» ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ
Кириленко А.В., академик НАН Украины, **Павловский В.В.**, докт.техн.наук, **Лукьяненко Л.М.**, канд.техн.наук, **Трач И.В.**, канд.техн.наук,

Институт электродинамики НАН Украины, пр. Победы, 56, Киев-57, 03680, Украина.

Рассмотрены особенности подключения электрических станций, построенных на основе использования возобновляемых источников энергии, к электрическим сетям и их влияние на режимы работы таких сетей. Определены основные положения, которые должны учитываться при выборе мест установки таких станций. В первую очередь, это касается «слабых» электрических сетей, что характерно для некоторых регионов ОЭС Украины. Библи. 3.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, электросети, регулирование напряжения, качество.

THE PROBLEM OF INTEGRATION OF RENEWABLE SOURCE OF ENERGY INTO THE "WEAK" ELECTRICAL NETWORKS

Kyrylenko O., Pavlovskiy V., Lukianenko L., Trach I.,

Institute of Electrodynamics National Academy of Science of Ukraine,

pr. Peremogy, 56, Kyiv-57, 03680, Ukraine.

The features of the connection of power plants constructed using renewable sources of energy to electrical networks and their impact on the operating conditions of such networks are considered. The key point that should be considered when selecting the location of such stations are identified. References 3.

Keywords: renewable energy, electric network, voltage regulation, quality.

1. Kyrylenko O., Pavlovskiy V., Lukianenko L. Technical aspects of integration of distributed generation sources in the electric networks // Tekhnichna elektrodynamika. – 2011. – № 1. – Pp. 46–53. (Ukr)

2. Kyrylenko O., Pavlovskiy V., Lukianenko L., Sommer A. Analysis of the impact of the integration of renewable energy source at voltage levels of electrical networks // Tekhnichna elektrodynamika. Tematychnyi vypusk "Sylova elektronika ta enerhoeffektyvnist". – 2011. – № 2. – Pp. 44–49. (Ukr)

3. Ushchaporovskiy K.V., Zaichenko V.B., Pavlovskiy V.V., Lukianenko L.M., Telichko R.K., Steliuk A.O. Voltage "weak area" and planning of reactive power reserves in the IPS of Ukraine // Novyny enerhetyky. – 2010. – № 6. – Pp. 38–45. (Ukr)

Надійшла 13.01.2012

Received 13.01.2012