

КРИТЕРІЙ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ, ЩО ВИРОБЛЯЄТЬСЯ ОБ'ЄКТАМИ РОЗОСЕРЕДЖЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ

А.Ф. Жаркін*, чл.-кор. НАН України, **С.О. Палачов**, канд.техн.наук
Інститут електродинаміки НАН України,
пр. Перемоги, 56, Київ, 03057, Україна.
E-mail: zhark@ied.org.ua

Проведено аналіз існуючого в Україні критерію оцінювання якості електроенергії, що виробляється об'єктами розосередженої генерації. На основі міжнародного досвіду запропоновано застосування додаткового відповідного критерію щодо забезпечення граничного рівня емісії завад від обладнання, що може бути забезпечено на етапі його виробництва. Використання даного критерію сприятиме масовому застосуванню в Україні джерел відновлюваної енергії різної потужності за рахунок спрощення процедури приєднання до електричної мережі при дотриманні належної якості напруги електропостачання. Бібл. 2.

Ключові слова: джерела розосередженої генерації, якість напруги, емісія завад, оцінка відповідності.

Важливим чинником існування інтелектуальних енергетичних систем є наявність джерел розосередженої генерації (РГ), кількість і потужність яких постійно збільшується. При цьому спільний вплив станцій РГ навіть відносно малої потужності на якість напруги електропостачання є суттєвим, що вимагає приведення у відповідність характеристик генеруючого обладнання певним вимогам.

Очевидно, що для забезпечення максимального впровадження джерел РГ і запобігання небажаному їхньому впливу на електричні мережі необхідно спрощувати процедуру приєднання об'єктів РГ малої потужності до розподільних електричних мереж загального призначення, але при цьому гарантувати дотримання показників якості електроенергії в електричній мережі відповідно до існуючих стандартів. Сьогодні в Україні цьому питанню приділяється недостатньо уваги, а існуючі нормативні документи у цій галузі орієнтовані в основному на станції великої потужності, що розробляють за індивідуальними проектами.

У той самий час у Німеччині є більше мільйона сонячних станцій, основна частина яких розташована на дахах приватних будинків і приєднана до мереж низької напруги. При цьому проведення контрольних вимірювань на місці встановлення кожної одиниці обладнання за такої кількості власників об'єктів РГ є неможливим. Тому всі пристрої РГ, що вже підключено до мереж низької напруги Німеччини, мають отримати сертифікат відповідності національним вимогам, в якому зазначено результати типових випробувань такого пристрою за встановленого переліку параметрів, які в тому числі характеризують якість генерованої електроенергії і, що важливо, можуть бути забезпечені на етапі виробництва обладнання.

Наявність сертифіката відповідності позбавляє власника об'єкта РГ від необхідності складних індивідуальних узгоджень проекту приєднання і є гарантією отримання позитивного рішення від електропостачальної компанії. Таким чином, наявність у Німеччині правильно обраних критеріїв оцінювання якості електроенергії, що виробляється об'єктами розосередженої генерації, дозволила забезпечити належну якість напруги електропостачання в умовах масового приєднання зазначених об'єктів.

Очевидно, що, перш за все, український регулятор у галузі електроенергетики має встановити перелік об'єктивних вимог до характеристик об'єктів РГ, дотримання яких є обов'язковою умовою для прийняття позитивного рішення щодо їхнього приєднання до електричної мережі загального призначення. Серед зазначених характеристик мають бути ті, що впливають на якість генерованої електроенергії.

На думку авторів, при визначенні критеріїв оцінювання якості електроенергії, які застосовуються для отримання споживачем дозволу на приєднання об'єкта РГ до електричних мереж України, треба дотримуватися наступних принципів, а саме:

- враховувати базові принципи забезпечення ЕМС у мережах загального призначення, розроблені МЕК;
- забезпечувати оптимальний баланс інтересів замовника приєднання об'єкта РГ і електропостачальної компанії;

– визначати необхідні граничні норми для характеристик генеруючого обладнання з урахуванням досягнутого світового рівня технічних розробок, що може бути забезпечено на етапі виробництва. Ці норми мають бути уніфікованими на загальнодержавному рівні, а їхнє дотримання має бути необхідною умовою отримання дозволу на приєднання об'єкта РГ без проведення додаткових випробувань на місці його встановлення;

– застосовувати методику проведення тестування обладнання на відповідність зазначеним нормам, що має забезпечувати відтворюваність та повторюваність результатів, а також можливість проведення його сертифікації будь-яким випробувальним центром.

Розглянемо як приклад критерій оцінювання якості електроенергії, встановлений у галузевих правилах Міністерства палива та енергетики України ГКД 341.003.001.001-2000. «Під'єднання об'єктів вітроенергетики до електричних мереж. Порядок та вимоги». Цей документ стосується широкого кола об'єктів вітроенергетики потужністю від декількох кВт до 70 МВт, що приєднані до електричних мереж напругою від 0,4 до 110 кВ. У пункті 5.1.2 цих Правил визначено: «Якість електроенергії, виробленої на ВЕС, повинна відповідати вимогам ГОСТ 13109-97». У пункті А.3 додатку А встановлено рекомендований порядок видачі ТУ на під'єднання ВЕС: «Райони електричних мереж самостійно розробляють ТУ на під'єднання ВЕС до мереж 0,4–10 кВ із генерованою потужністю в мережі до 1 МВт включно...». В пункті А.5 додатку А встановлено умови допуску до експлуатації ВЕУ і ВЕС: «Технічні рішення для нових під'єднаних ВЕУ і ВЕС повинні відповідати ТУ, ПУЕ, чинним НД...». Проведений аналіз зазначених положень документа дозволяє зробити висновок, що вони не відповідають наведеним вище принципам встановлення критерію оцінювання якості електроенергії, яка виробляється об'єктами РГ.

По-перше, цей документ встановлює однаковий критерій оцінювання для об'єктів РГ малої потужності, які здійснюють незначний вплив на якість електроенергії в мережі, та для об'єктів великої потужності, вплив яких є дуже суттєвим. Це не відповідає базовим принципам МЕК щодо забезпечення ЕМС у мережах загального призначення, що передбачають три різні стадії оцінки допустимості приєднання обладнання в залежності від його потужності.

По-друге, згідно з пунктом А.3 Правил конкретні вимоги до характеристик об'єктів РГ мають визначатися електропостачальною організацією під час розробки ТУ, що ставить замовника підключення об'єкта РГ априорі у нерівні умови, оскільки він має бути змушений забезпечувати характеристики свого генеруючого обладнання в залежності від наявних характеристик електричної мережі в місці підключення, навіть якщо імпеданс мережі є суттєво більшим і не відповідає сучасному світовому стану електроенергетики. Таке положення речей не стимулює розвиток інфраструктури розподільних мереж, оскільки зобов'язує вирішувати проблему ЕМС і якості електроенергії виключно замовником підключення.

По-третє, у Правилах записано, що вимоги до характеристик об'єктів РГ визначаються фактично в індивідуальному порядку на рівні районів електричних мереж. Відсутність загальнодержавних вимог щодо визначеного конкретного переліку і значень характеристик, які впливають на якість електроенергії, не дозволяє проводити сертифікацію обладнання, оскільки неможливо забезпечити відтворюваність та повторюваність результатів тестування обладнання, застосовуючи тільки вимоги щодо параметрів якості напруги в умовах невизначеності значень базових характеристик електричних мереж на загальнодержавному рівні.

Таким чином, застосування існуючого в Україні критерію оцінювання якості електроенергії, що виробляється об'єктами РГ виключно за відповідністю вимогам ГОСТ 13109-97, є стримуючим чинником для розвитку відновлюваної енергетики в Україні. Тому слід розробити новий критерій, який буде позбавлений зазначених недоліків.

При розробці такого критерію треба враховувати, що на об'єкти РГ поширюється дія Технічного регламенту України з електромагнітної сумісності обладнання. Згідно з базовими принципами забезпечення ЕМС показники якості напруги в мережах із контрольованим рівнем емісії завад від підключеного обладнання мають бути не гірші, ніж рівні сумісності, значення яких для розподільних електричних мереж низької і середньої напруг встановлено у міжнародних стандартах.

Крім того, для визначення параметрів емісії збурень від низьковольтних пристроїв у документах МЕК встановлено базові значення імпедансу електричної мережі: $(0,4 + j0,25)$ Ом при визначенні параметрів емісії завад від пристроїв зі струмом до 16 А та $(0,25 + j0,25)$ Ом – при визначенні параметрів емісії завад від пристроїв зі струмом від 16 до 75 А. Наведені значення ґрунтуються на даних, що отримано в результаті досліджень характеристик мереж різних європейських країн. Використо-

вуючи значення рівнів електромагнітної сумісності і базового імпедансу електричних мереж, фахівцями МЕК було визначено обов'язкові міжнародні вимоги для наступних типів завод:

- емісії гармонік порядку до 40-го (у стандартах ДСТУ ІЕС 61000-3-2 – для обладнання зі струмом до 16 А на фазу і ДСТУ ІЕС 61000-3-12 – для обладнання зі струмом від 16 А до 75 А на фазу);
- емісії флікери і коливань напруги (у стандартах ДСТУ ІЕС 61000-3-3 – для обладнання зі струмом до 16 А на фазу і ДСТУ ІЕС 61000-3-11 – для обладнання зі струмом від 16 А до 75 А на фазу).

У результаті згідно з базовими принципами забезпечення ЕМС обладнання з вхідним струмом до 16 А на фазу, що відповідає вимогам гармонізованих стандартів, може бути підключено до будь-якої низьковольтної мережі без обмежень і додаткових випробувань. У той саме час обладнання з вхідним струмом від 16 до 75 А на фазу може бути підключено без додаткових випробувань тільки до тієї мережі, яка має потужність короткого замикання не менше, ніж зазначено в документації на обладнання [1].

Таким чином, під час оцінювання можливості приєднання обладнання РГ до низьковольтної електричної мережі України за необхідний і достатній критерій належної якості генерованої електроенергії пропонується обрати дотримання обладнанням норм з емісії збурень.

Для визначення переліку типів збурень, емісія яких має контролюватися, треба, в першу чергу, використовувати гармонізовані стандарти, які включено до списку національних стандартів до Технічного регламенту України з електромагнітної сумісності обладнання і за допомогою яких встановлюється оптимальний (з точки зору загальнодержавних інтересів) розподіл відповідальності за забезпечення належної якості напруги в електричній мережі між замовником підключення і електропостачальною організацією. Якщо замовник підключення виконав свою частину зобов'язань відносно дотримання міжнародних вимог до характеристик підключеного обладнання, то проблему погіршення якості напруги має вирішувати електропостачальна організація шляхом відповідної модернізації інфраструктури електричної мережі.

Очевидно, що під час розробки згаданих міжнародних гармонізованих стандартів бралось до уваги виключно обладнання, що споживає енергію, тому існує певна невизначеність відносно застосування їхніх норм і методики для генеруючого обладнання. В той же час, за аналогією зі споживаючим обладнанням, якщо для розподільних електричних мереж можна встановити базове значення імпедансу, то критерієм оцінювання якості електроенергії, що виробляється об'єктами РГ, може бути дотримання граничного рівня емісії завод від них. Зазначений рівень, як і у випадку зі споживаючим обладнанням, слід визначати в умовах не конкретного електромагнітного оточення в місці встановлення об'єкта, а типових випробувань за стандартною методикою. Технічний звіт ІЕС/TR 61000-3-15 пояснює особливості застосування норм гармонізованих стандартів для обладнання об'єктів РГ, а також містить рекомендовану схему тестування низьковольтного генеруючого обладнання.

Низьковольтне обладнання об'єктів РГ є джерелом завод, норми емісії для яких на цей час не визначено в міжнародних гармонізованих стандартах. До зазначених завод належать: інжекція постійної складової струму; емісія гармонік та інтергармонік у діапазоні від 2 до 9 кГц; емісія завод, що спричиняє небаланс напруг. Внаслідок відсутності міжнародних вимог щодо їхнього обмеження, в Україні мають бути розроблені відповідні національні вимоги відносно цих завод з урахуванням міжнародного досвіду та особливостей побудови електричних мереж України. Ці вимоги повинні враховуватися при отриманні споживачем дозволу на приєднання об'єкта РГ до електричних мереж.

Необхідність обмеження перших двох типів завод стала актуальною в результаті масового застосування об'єктів РГ, в яких використовуються статичні інвертори з електронною схемою керування комутацією силових ключів, що призводить до появи у вихідному струмі об'єкта РГ небажаної постійної складової, гармонік підвищеної частоти, а також інтергармонік. Незважаючи на те, що перетворювачі даного типу отримали останнім часом широке застосування, міжнародні європейські норми для зазначених завод поки знаходяться в стадії розробки. У згаданому вище Технічному звіті ІЕС/TR 61000-3-15 рекомендовано враховувати таке саме значення граничної норми інжекції постійної складової струму, яке встановлено в стандарті ІЕЕЕ 1547, а саме – 0,5% від значення номінального вихідного струму генератора. На жаль, у зазначеному документі не наведено подібні рекомендації для нормування гармонік та інтергармонік, тому норми для них можуть бути визначені, наприклад, за аналогією з нормами Німеччини, зазначеними у VDE-AR-N 4105 [2].

Для визначення вимог до об'єкта РГ щодо граничних норм з емісії завод, що спричиняє небаланс напруг, достатньо встановити максимальне значення вихідного струму від генеруючого обладнання споживача, якщо воно приєднано тільки до однієї фази, або максимальну різницю між значенням

вихідного струму двох будь-яких фаз трифазного генеруючого обладнання. Зазначені норми також можуть бути визначені за аналогією з нормами Німеччини, які встановлюють граничне значення 20 А.

Висновки. Запропонований критерій оцінювання якості електричної енергії, що виробляється об'єктами РГ, дозволяє обирати відповідне обладнання високої якості, характеристики якого можуть бути підтверджені сертифікатом відповідності на основі типових випробувань. Застосування сертифікованого обладнання об'єктів РГ дає змогу суттєво спростити процедуру його приєднання до електричної мережі за рахунок скасування необхідності проведення вимірювань і оцінювання показників якості напруги відповідно до норм і методики ГОСТ 13109-97.

Для обладнання об'єктів РГ, що приєднуються до розподільних мереж середньої напруги, також теоретично можливо застосовувати критерій оцінювання якості електроенергії у вигляді норм емісії завад, які визначаються в залежності від рівня напруги і потужності короткого замикання конкретної мережі. Одночасно треба враховувати, що обов'язкові міжнародні вимоги для жодних типів завад від такого обладнання не встановлено внаслідок відсутності уніфікованого значення базового імпедансу мереж середньої напруги. Очевидно, що встановлення відповідних національних вимог вимагатиме ретельних досліджень характеристик розподільних електричних мереж України. Тому на сучасному етапі для обладнання РГ, що приєднується до мереж середньої напруги, припустимим (хоча і не оптимальним) варіантом є застосування існуючого зараз в Україні критерію за відповідністю вимогам діючого стандарту з норм якості електроенергії в системах електропостачання.

1. Жаркін А.Ф., Новський В.О., Палачов С.О. Нормативно-технічне регулювання якості напруги в електричних мережах з джерелами розосередженої генерації. *Технічна електродинаміка*. 2016. № 3. С. 55-57.

2. VDE-AR-N 4105:2011-08 Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz, Technische Mindestanforderungen für Anschluss und Parallelbetrieb von Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz.

УДК 621.311

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ, ВЫРАБАТЫВАЕМОЙ ОБЪЕКТАМИ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ

А.Ф. Жаркин, чл.-корр. НАН Украины, **С.А. Палачев**, канд. техн. наук

Институт электродинамики НАН Украины,

пр. Победы, 56, Киев, 03057, Украина.

E-mail: zhark@ied.org.ua

Проведен анализ недостатков существующего в Украине критерия оценки качества электроэнергии, вырабатываемой объектами распределенной генерации. На основе анализа международного опыта предложено применить дополнительное соответствующего критерия, способного обеспечить предельный уровень эмиссии помех от оборудования, что может быть обеспечено на этапе его производства. Использование данного критерия будет способствовать массовому применению в Украине источников возобновляемой энергии различной мощности за счет упрощения процедуры присоединения к электрической сети при соблюдении надлежащего качества напряжения электроснабжения. Библи. 2.

Ключевые слова: источники распределенной генерации, качество напряжения, эмиссия помех, оценка соответствия.

CRITERIA FOR ASSESSMENT OF POWER QUALITY PRODUCED BY THE OBJECTS OF DISPERSED GENERATION

A.F. Zharkin, S.O. Palachov

Institute of Electrodynamics National Academy of Sciences of Ukraine,

pr. Peremohy, 56, Kyiv, 03057, Ukraine.

E-mail: zhark@ied.org.ua

The disadvantages of the criterion used in Ukraine for estimating the quality of electricity produced by the objects of dispersed generation is analyzed. Based on the analysis of international experience, additional criteria have been proposed that uses the maximum level of emission of disturbances from equipment and can be provided at the stage of its production. The use of this criterion will facilitate the wider using in Ukraine of renewable energy sources of various capacities by simplifying the connection procedure, while maintaining the proper power quality. References 2.

Key words: dispersed generating sources, power quality, emission of disturbance, conformity assessment.

1. Zharkin A.F., Novsky V.O., Palachov S.O. Technical regulation of voltage quality in electrical grids with sources of distributed generation. *Tekhnichna Elektrodynamika*. 2016. No 3. Pp. 55-57. (Ukr)

2. VDE-AR-N 4105:2011-08 Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz, Technische Mindestanforderungen für Anschluss und Parallelbetrieb von Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz.

Надійшла 07.09.2017

Остаточний варіант 27.10.2017