

УДК 621.317

DOI: <http://dx.doi.org/10.20535/0203-3771322016101266>

Ю. Ф. Тесик¹, д.т.н., О. Л. Карасінський², к.т.н.,
С. Ю. Пронзалева³, к.т.н., Р. В. Гуменюк⁴, інженер

НОВИЙ ПІДХІД ДО НОРМУВАННЯ ПОХИБОК ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

En

The problems related to the inculcation of standard on norms of quality of electric power are reflected. The necessity of increase of accuracy of measuring of indexes of quality of electric power is grounded. The drawbacks of standard in relation to setting of norms of errors of facilities of measuring of parameters of quality of electric power are shown. The new way of setting of norms of errors of measuring of parameters of quality of electric power is given.

Ru

Отражены проблемы, связанные с вводом стандарта на нормы качества электроэнергии. Обоснована необходимость повышения точности измерения параметров качества. Показаны недостатки стандарта относительно норми-

¹ Інститут електродинаміки НАН України відділ контролю параметрів електромагнітних процесів

² Інститут електродинаміки НАН України відділ контролю параметрів електромагнітних процесів

³ Інститут електродинаміки НАН України відділ контролю параметрів електромагнітних процесів

⁴ Інститут електродинаміки НАН України відділ контролю параметрів електромагнітних процесів

рования погрешностей средств измерения параметров качества электроэнергии. Предложен новый путь нормирования погрешностей измерения параметров качества электроэнергии.

Вступ

Проблема якості електричної енергії (ЕЕ) гостро позначилася у Радянському Союзі у шестидесяті роки. Як було доведено академіком Мелентєвим Л. А., збиток, що наносився неякісною ЕЕ у СРСР досяг 10% від вартості усієї електроенергії, що вироблялася. Це послужило поштовхом до створення і впровадження у 1967 р. першої редакції стандарту на норми семи основних параметрів якості електроенергії (ПЯЕ) [1]: відхилення напруги, коливання напруги, несиметрії за нульовою послідовністю, несиметрії за зворотною послідовністю, відхилення частоти, коливання частоти та коефіцієнта несинусоїдальності. Стандарт було створено, проте повноцінне його впровадження відкладалося. Причина полягала у відсутності механізму його впровадження, який припускав наявність серійних засобів вимірювання ПЯЕ, засобів їх метрологічного забезпечення і нормуючих установок, керованих вихідними сигналами вимірювачів ПЯЕ. Усі ці прилади необхідно було розробляти. У першу чергу треба було створити засоби вимірювання показників якості електричної енергії.

Підвищення якості ЕЕ означає піднесення на значно вищій щабель енергозбереження і енергоефективності режимів електропостачання та електроспоживання. Тому Україна, як енергозалежна держава, потребує термінового вирішення окресленої проблеми. Із цією метою у 1997 р. був прийнятий Закон України про електроенергетику, в якому прописано знижки і надбавки на спожиту електроенергію у залежності від її якості. Ефективність цього закону на її покращення залежатиме від правильного нормування похибок вимірювання ПЯЕ у стандарті на норми якості електроенергії.

Аналіз останніх досягнень та публікацій

Відомо, що для вимірювань можливо використовувати тільки сертифіковані прилади. Сертифікації підлягають ті прилади, яким може бути присвоєний клас точності не гірше 4,0 [2]. Якщо основна похибка засобу вимірювань не дозволяє цього зробити, він автоматично відноситься до індикаторних приладів, які не підлягають сертифікації й тому не можуть використовуватись у судових справах як арбітражні засоби.

Під час створення стандарту 13109-67 було закладено суттєве заниження вимог до точності вимірювання ПЯЕ. Це відбулось через те, що нормування точності вимірювання показника якості помилково, на наш

погляд, підмінили нормуванням точності вимірювання фазних напруг мережі.

Вже на етапі розробки приладів контролю ПЯЕ проявилися недоліки самого стандарту 13109-67. Розглянемо їх стосовно конкретного параметра якості, а саме, усталеного відхилення фазної напруги мережі. У першій редакції ДОСТ 13109-67 абсолютна похибка вимірювання цього параметра нормувалася на рівні 1%. Орієнтуючись на ці вимоги по точності у 1983 р. на ВО "Електровимірювач" (м. Житомир) було створено вимірювач відхилення напруги 43203, який випускався 5 років серіями по 1000 штук на рік. У 1987 р. творці стандарту посилили вимоги щодо точності, через що усталене відхилення фазної напруги мережі необхідно було вимірювати із абсолютною похибкою, що не перевищує 0,5% [3]. В останній версії стандарту 13109 ці вимоги залишилися незмінними [4]. Виходячи із вимог стандарту, абсолютна похибка, що виражена в одиницях вимірюваної величини, складає 1,1 В, а нормоване значення усталеного відхилення фазної напруги мережі складає 11 В. Таким чином, частка значення абсолютної похибки становить 10% від нормованого значення вимірюваного параметра якості електроенергії. Таке високе значення похибки вимірювання ПЯЕ є одним із недоліків існуючого стандарту, оскільки найгірше значення із ряду класів точності для вимірювальних приладів становить 4. Отже, прилад із основною похибкою 10% може бути віднесений тільки до індикаторних. Нарешті, у 2013 р. було гармонізовано європейський стандарт ІЕС 61000-4-30: 2008, *IDT*, завдяки чому з'явився стандарт ДСТУ ІЕС 61000-4-30:2013 [5]. У ньому абсолютну похибку вимірювань усталеного відхилення фазної напруги мережі знижено до 0,1%, але не відносно нормованого значення ПЯЕ а відносно номінального значення фазної напруги мережі, що не остаточно вирішує проблему.

Постановка задачі

Показати недоліки існуючих стандартів 13109-97 і ДСТУ ІЕС 4-30:2013 та проблеми, викликані цими недоліками, й запропонувати нові підходи до нормування похибок вимірювання ПЯЕ.

Сутність проблеми

За існуючими стандартами [4; 5], якими нормуються параметри якості ЕЕ, вирази абсолютної похибки вимірювання фазної напруги мережі та абсолютної похибки вимірювання усталеного відхилення фазної напруги мережі співпадають і визначаються наступною формулою

$$\Delta = U_A \times \gamma_\epsilon,$$

де γ_ϵ – відносна похибка вольтметра.

Але розміри фазних напруг мережі і параметрів якості ЕЕ не співпадають. Для візуальної оцінки співвідношення розмірів фазних напруг і ПЯЕ на рис. 1 наведено декомпозицію [6] векторів трифазної системи напруг мережі на трифазну систему векторів прямої послідовності і трифазну систему векторів відхилення фазних напруг від номінальних значень.

Із векторної діаграми (рис. 1) видно, що значення відхилень напруг значно менші від фазних напруг. За стандартами [4; 5] нормовані значення ПЯЕ мають бути на 2–3 порядки меншими від значень фазних напруг. Крім того, вони можуть змінюватись у бік зменшення від нормованого стандартом розміру до нуля.

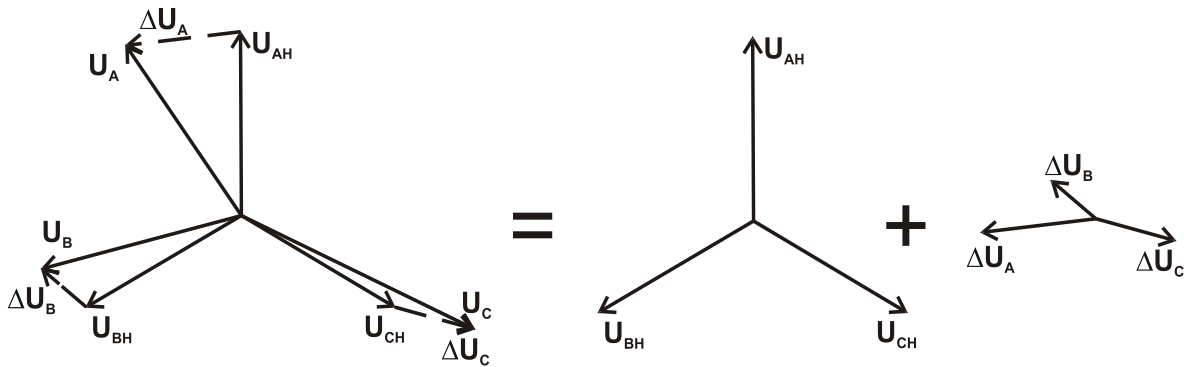


Рис. 1. Декомпозиція трифазної несиметричної системи напруг мережі

Таким чином, застосування абсолютної похибки для оцінки розміру усталеного відхилення фазної напруги є неприйнятною, оскільки значення похибки у абсолютних величинах може набагато перевищувати значення самого відхилення.

Аналіз співвідношення значень вимірюваної величини і абсолютної похибки вимірювання

Оскільки параметри якості є змінними, співвідношення між нормованим значенням абсолютної похибки і ПЯЕ також буде змінюватись. Виходячи із виразу [4]

$$\delta U = \frac{U_{1(1)} - U_H}{U_H} \cdot 100 \quad ,$$

де δU – усталене відхилення фазної напруги мережі, $U_{1(1)}$ – діюче значення фазної напруги основної частоти мережі, U_H – номінальне значення фазної напруги основної частоти мережі, розрахуємо співвідношення значень абсолютної похибки й значень ПЯЕ та зведемо їх у табл. 1.

Таблиця 1

Співвідношення значень похибки і δU за ГОСТ 13109-97

№ п/п	Нормоване значення абсолютної похибки вимірювання δU за вимогами стандарту 13109-97, В	Значення δU у діапазоні вимірювань, В	Частка нормованого значення абсолютної похибки від значень δU , %
1	1,1	11,0	10,0
2	1,1	5,5	20,0
3	1,1	2,2	50,0
4	1,1	1,1	100,0
5	1,1	0,55	200,0
6	1,1	0,22	500,0
7	1,1	0,11	1000,0

Із табл. 1 витікає, що значення абсолютної похибки вимірювання може дорівнювати і значно перевищувати значення вимірюваного параметра δU . То ж ні про які вимірювання у відповідності до цього стандарту не може йти мова.

Високе значення похибки вимірювання ПЯЕ, яке може сягати 50 і 100 % від значення вимірюваного параметра, може викликати юридичні колізії як під час фіксації факту перевищення ПЯЕ над встановленою нормою, так і при визначенні винуватого у погіршенні якості ЕЕ. Крім того, аналізатори якості, вихідні сигнали яких призначені для керування нормуючими установками, втрачатимуть ефективність використання.

Із метою уникнення подібних результатів використання приладів контролю ПЯЕ в гармонізованому європейському стандарті [5] нормоване значення точності вимірювання δU підвищили у 5 разів. Співвідношення значень похибки і ПЯЕ у цьому випадку представлено у табл. 2.

Таблиця 2

Співвідношення значень похибки і ПЯЕ за
ДСТУ ІЕС 61000-4-30:2013

№ п/п	Нормоване значення абсолютної похибки вимірювання δU за вимогами стандарту ДСТУ ІЕС 61000-4-30: 2013, В	Значення δU у діапазоні вимірювань, В	Частка нормованого значення абсолютної похибки від значень δU , %
1	0,22	11,0	2,0
2	0,22	5,5	4,0
3	0,22	2,2	10,0
4	0,22	1,1	20,0

№ п/п	Нормоване значення абсолютної похибки вимірювання δU за вимогами стандарту ДСТУ ІЕС 61000-4-30: 2013, В	Значення δU у діапазоні вимірювань, В	Частка нормованого значення абсолютної похибки від значень δU , %
5	0,22	0,55	40,0
6	0,22	0,22	100,0
7	0,22	0,11	200,0

Дані табл. 2 показують, що на ділянці малих значень δU нормована абсолютна похибка сягає неприпустимих значень. Отже, суттєве зниження похибок вимірювання ПЯЕ, запропоноване європейським стандартом, також не знімає зазначеної проблеми.

Усунення недоліків нормування похибок вимірювання ПЯЕ

Існує два способи коригування стандарту у частині нормування похибок ПЯЕ. Перший полягає в переході на нормування абсолютної похибки відносно нормованого значення вимірюваного ПЯЕ одночасно із підвищенням вимог по точності. Наприклад, якщо прийняти похибку вимірювання на рівні 0,03% і віднести її до значень δU у діапазоні вимірювань, отримаємо (табл. 3).

Таблиця 3

Співвідношення значень похибки і δU за умов жорсткого нормування

№ п/п	Значення абсолютної похибки вимірювання δU за умов більш жорсткого нормування, В	Значення δU у діапазоні вимірювань, В	Частка нормованого значення абсолютної похибки від значень δU , %
1	0,0033	11,0	0,03
2	0,0033	5,5	0,06
3	0,0033	2,2	0,15
4	0,0033	1,1	0,3
5	0,0033	0,55	0,6
6	0,0033	0,22	1,5
7	0,0033	0,11	3,0

Із табл. 3 видно, що частка абсолютної похибки в діапазоні змін δU не перевищує 3%, що відповідає вимогам стандарту [2].

В іншому способі усунення описаного недоліку стандарту пропонується нормувати засоби вимірювання ПЯЕ за допомогою відносних похибок. У цьому випадку похибку вимірювання усталеного відхилення фазної напруги мережі та інших параметрів можна залишити на рівні 1–2%, яка має бути незмінною в усьому діапазоні вимірюваної величини. За цих умов поріг чутливості аналізатора відповідного параметра якості слід встановити поблизу його нульового значення.

Відносна похибка вимірювання $\gamma_{\delta U}$ у даному випадку буде визначатися формулою [5]

$$\gamma_{\delta U} = \frac{\Delta}{\delta U} 100\% ,$$

де Δ – абсолютна похибка вимірювання ПЯЕ.

Звичайно, що вимірювання ПЯЕ у цьому випадку відбуваються на межі можливостей вимірювальної техніки, але наявний арсенал методів підвищення точності засобів вимірювання параметрів якості ЕЕ [6; 7] дозволяє створювати вимірювальні прилади у відповідності до нових, більш жорстких вимог щодо їх метрологічних характеристик.

Слід зазначити, що з іншими параметрами якості проблема нормування похибок стоїть не менш гостро.

Висновки

Отже, виправити нормування похибок вимірювання ПЯЕ в стандартах можливе двома способами:

1. Шляхом більш жорсткого нормування абсолютної похибки вимірювання ПЯЕ відносно нормованого значення вимірюваного параметра.

2. Завдяки переходу на нормування за відносною похибкою.

Обидва зазначених способи посилюють вимоги щодо точності вимірювання параметрів якості, але це виправдано, оскільки їх застосування зменшує невизначеність вимірювання ПЯЕ і вносить чіткість фіксації перевищення нормативних значень ПЯЕ. Значне ж підвищення точності можливо забезпечити застосуванням сучасних методів вимірювання.

Список використаної літератури

1. ГОСТ 13109-67/І-1968. Нормы качества электрической энергии у ее приемников, присоединенных к электрическим сетям общего назначения [Текст] – М : Комитет стандартов и мер при СМ СССР, 1968. – 21 с.
2. ГОСТ 1845-59. Электроизмерительные приборы. Общие технические условия [Текст] – М : Изд-во стандартов, 1959. – 17 с.

3. ГОСТ 13109-87. Электрическая энергия. Требования к качеству электрической энергии в электрических сетях общего назначения [Текст] – М : Госстандарт РСФСР, 1988. – 29 с.
4. ГОСТ 13109-97. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения [Текст] – М : Государственный комитет РФ по стандартизации, метрологии и сертификации, 1999. – 35 с.
5. ДСТУ ІЕС 61000-4-30:2013. Електромагнітна сумісність. Частина 4-30. Методи випробування та вимірювання. Вимірювання показників якості електричної енергії [Текст] – К : Держспоживстандарт України, 2013. – 112 с.
6. *Брайко В. В.* Методы повышения точности воспроизведения переменных напряжений и токов/ В. В. Брайко, О. Л. Карасинский, С. Г. Таранов, Ю. Ф. Тесик, О. М. Мирфайзиев, С. Ю. Пронзелева – Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України. Збірник наукових праць. Випуск 29, – Київ, 2011.– с. 104-111.
7. *Праховник А. В.* Автоматизовані системи обліку та якості електричної енергії [Текст] / А. В. Праховник, Ю. Ф. Тесик, А. Ф. Жаркін, В. О. Новський, О. Г. Гриб, В. П. Калінчик, О. Л. Карасінський, О. М. Довгалюк, О.П.Лазуренко, А. М. Ходаківський, В. І. Васильченко, О. Д. Светелік – Харків: ПП «Ранок-НТ», 2012. – 516 с.