

УДК 621.311.13

В. М. Ванько, к. т. н., доц.;

П. Г. Столярчук, д. т. н., проф.

МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ОСНОВІ МАТРИЧНОГО ЧИСЛЕННЯ

Запропоновано метод оцінювання якості електроенергії, що ґрунтується на застосуванні вітчизняної нормативної бази з управління якістю продукції та послуг та теорії матричного числення. Розроблено принцип формування комплексних показників — векторів, що складають матрицю якості енергооб'єкта, шляхом виділення споріднених показників, котрі описують конкретні негативні процеси в електричних мережах.

Загальна характеристика та актуальність проблеми

Електрична енергія (ЕЕ) є одним з важливих продуктів масового споживання, котрий широко застосовується в промисловості та побуті. Від якості ЕЕ залежить ефективність роботи та надійність різного виду устаткування.

Але, поряд із вдосконаленням засобів вимірювання показників якості (ПЯ) ЕЕ як елементів систем збору необхідної інформації, не менш актуальною вважається проблема оцінки якості власне ЕЕ на основі отриманих в результаті вимірювання даних. При цьому варто зазначити, що застосування відомих підходів і принципів кваліметрії стосовно здійснення такої оцінки якості ЕЕ як важливого для України стратегічного продукту, наразі є неефективним.

Формулювання задачі дослідження

Згідно [1] на даний момент оцінювання якості ЕЕ базується на знаходженні таких ситуацій в мережах, коли вимірювані значення одного чи кількох ПЯ ЕЕ виходять за межі граничних значень відповідних норм протягом рекомендованого інтервалу часу аналізу, не меншого 24 год.

Варто зазначити, що такому методу оцінки якості ЕЕ властиві суттєві недоліки:

— не проводиться аналіз якості ЕЕ під час нормального режиму функціонування досліджуваної мережі, коли відсутній вихід будь-якого ПЯ ЕЕ за межі граничних значень, що не дозволяє здійснювати поточну, змінну в часі та порівняльну оцінку якості ЕЕ і функціонального стану мережі категоріями «добра», «посередня» чи «погана якість»;

— декларується контроль зазначеної сукупності ПЯ ЕЕ лише в пунктах приєднання споживачів до мережі, незважаючи на наявну в [1] інформацію про ймовірних винуватців погіршення якості ЕЕ, до яких віднесено також енергопостачальні організації;

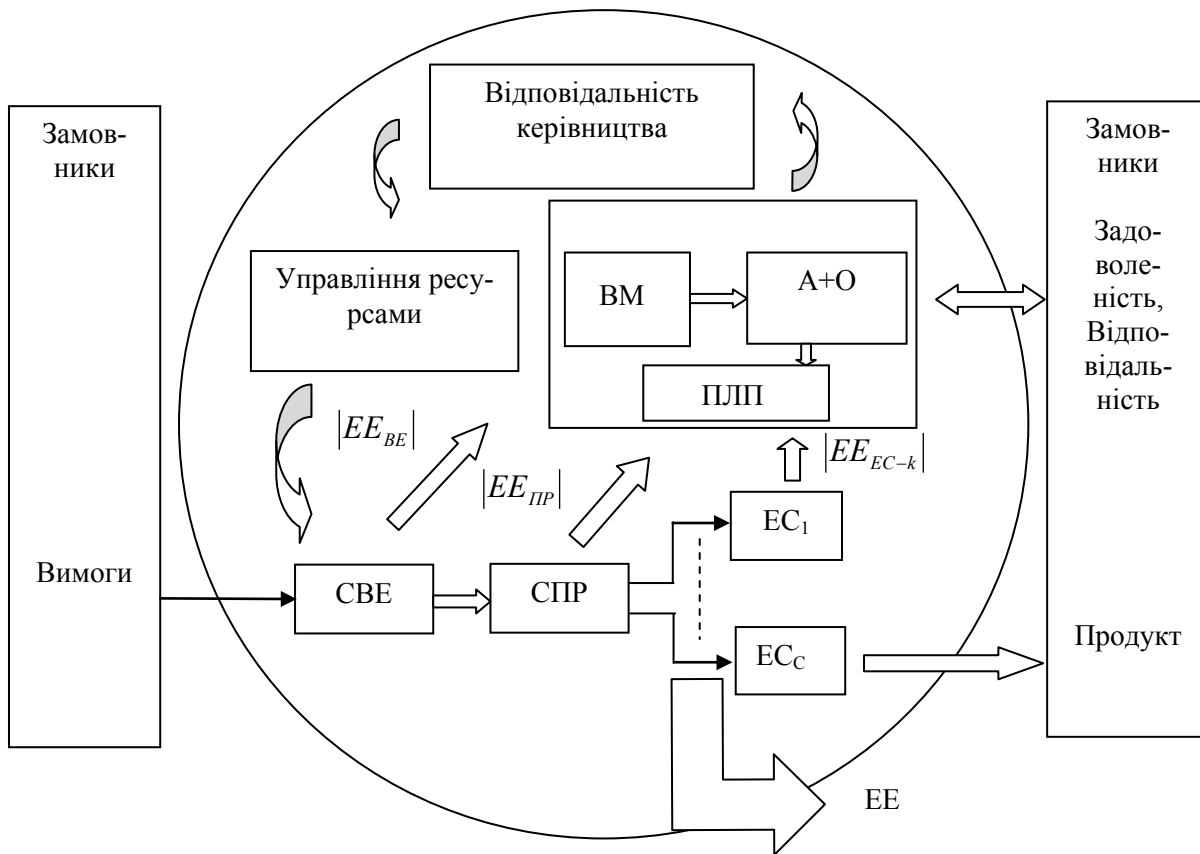
— відсутня наочність отриманої картини якості ЕЕ та мережі.

Крім того, за рекомендаціями міжнародних нормативних документів (IEC 61000:1995, PN-EN 50160:1998, IEC 1000:1994 і ін.) доцільно збільшувати кількість досліджуваних енергооб'єктів. Наприклад, йдеться: про контроль якості ЕЕ в розподільчих мережах з різними номінальними напругами, класифікацію мереж в залежності від чутливості елементів їх електричної схеми (фільтрокомпенсувальні пристрої, батареї конденсаторів, т. п.) до відхилень, змін і спотворень напруги, а також розподіл мереж на класи стосовно особливостей реалізації структури схеми мережі підключення або побудови внутрішньої мережі електроспоживача.

Таким чином, з метою ефективного управління якістю та раціонального використання ЕЕ доцільно відслідковувати її ПЯ протягом всього шляху перетворення.

Комплексний підхід до оцінки якості електроенергії в енергосистемі

На думку авторів, для проведення дієвої оцінки якості ЕЕ доцільно застосовувати чинну нормативну базу — державні стандарти серії ДСТУ ISO 9000. Таким чином, продукування ЕЕ у деякому фрагменті енергосистеми та управління діяльністю енергопостачальної організації можна зобразити моделлю системи управління якістю (СУЯ), що показана на рисунку.



Модель СУЯ ЕЕ

Розглянемо послідовність технологічних процесів на цій ділянці енергосистеми у вигляді: структури виробництва ЕЕ СВЕ, системи її перетворення і розподілу СПР та комплексу електроспоживачів $ЕС_1 \dots ЕС_C$.

З метою здійснення моніторингу якості ЕЕ, на всіх етапах її проходження виконується вимірювання ВМ (рис.) необхідних ПЯ ЕЕ. Внаслідок цього отримуються три масиви значень абсолютних одиничних ПЯ (ОПЯ) в СВЕ, СПР та $ЕС_1 \dots ЕС_C$, котрі відображаємо як однакові за розміром матриці якості: $|EE_{VE}|$ щодо СВЕ, $|EE_{PP}|$ — СПР, $|EE_{EC-k}|$ — будь-якого з $ЕС_1, \dots, ЕС_k, \dots, ЕС_C$. Причому, будь-яка з цих матриць складається з векторів-рядків $|Q_1|, |Q_2|, \dots, |Q_6|$, що отримані шляхом розподілу масиву ОПЯ ЕЕ на групи споріднених показників. Ці вектори являють собою комплексні ПЯ (КПЯ), котрі характеризують певні явища в досліджуваному фрагменті енергосистеми. Наприклад, на ділянці СВЕ отримують матрицю якості ЕЕ:

$$|EE_{VP}| = \begin{matrix} |Q_1| \\ |Q_2| \\ \dots \\ |Q_6| \end{matrix} = \begin{matrix} |q_{11}q_{12} \dots q_{1b_1}| \\ |q_{21}q_{22} \dots q_{2b_2}| \\ \dots \\ |q_{61}q_{62} \dots q_{6b_6}| \end{matrix}, \quad (1)$$

де b_1, b_2, \dots, b_6 — кількості ОПЯ в наведених векторах.

Відповідно до [2, 3], ці вектори відображають:

— повільні відхилення і коливання частоти повторення та середньоквадратичного значення (СКЗ) напруги в електричних мережах (ПКНЧ), які описуються встановленим відхиленням δU_B СКЗ напруги від номінального значення $U_{ном}$, розмахом зміни напруги δU_t , дозою флікера P_t , частотою повторення змін напруги $F_{\delta U_t}$ та відхиленням частоти напруги змінного струму Δf ;

— несиметрію трифазної системи напруг (НТСН) за обчисленими коефіцієнтами зворотної k_{2U} та нульової k_{0U} послідовностей;

— несинусоїдність напруги мережі (НСН) через коефіцієнти спотворення синусоїдності кривої напруги k_U та n -ї гармонічної складової напруги k_{Un} ($n = 1, 2, \dots, 100$);

— характеристики потужностей споживання (ХПС), тобто повну потужність S та її складові у вигляді активної P , реактивної Q , потужності спотворення T , прихованої потужності S_0 , потужності пульсацій S_b і коефіцієнта потужності λ ;

— зміни, пов'язані з швидкими імпульсними спотвореннями форми напруги мережі за час, менший тривалості половини періоду повторення першої гармоніки (ІСФ), представлені амплітудами $(U_{mi})_{li}$ і тривалостями $(t_i)_{li}$ імпульсів (li є порядковим номером імпульса в спотвореній ділянці), сумарною тривалістю спотворення $t_{i\Sigma}$, тривалостями $(t_{i0,5})_{li}$ імпульсів за рівнем половини їх амплітуд, числом імпульсів N_{im} ;

— динамічні спотворення, що характеризують швидкі і повільні відхилення миттєвих значень напруги за час, більший однієї половини періоду повторення (часові перенапруги), та западини напруги мережі (ШВП), репрезентовані коефіцієнтом $K_{перU}$ та тривалістю $\Delta t_{перU}$ часової перенапруги, глибиною δU_n та тривалістю Δt_n западини напруги і частістю появи западин F_n .

У разі потреби, наприклад, у дослідженнях і пошуках шляхів підвищення якості ЕЕ, можливе збільшення b_1, b_2, \dots, b_6 через внесення у дані вектори додаткових ПЯ ЕЕ, раніше не декларованих або таких, що фігурують в угодах на поставку ЕЕ споживачам та в науковій літературі.

В переважній більшості ОПЯ ЕЕ в межах кожного вектора можна вважати некорельованими один з одним, аналогічно як вектори між собою. Одночасно приймаємо, що вагомість даних ПЯ ЕЕ є рівноцінною в межах векторів $Q_{Cя}$ ($Cя = 1, 2, \dots, 6$). Отже, важливою перевагою цього способу оцінки якості ЕЕ є відсутність потреби у визначенні вагомості як ОПЯ, так і КПЯ.

Оскільки в загальному випадку розмір матриць $|EE_{BE}|$, $|EE_{ПР}|$, $|EE_{ЕП-k}|$ та перелік ОПЯ у векторах $Q_{Cя}$ є однаковим, то шляхом порівняння цих матриць між собою можна досліджувати зміну якості ЕЕ протягом проходження її по ділянках енергосистеми.

З метою наочнішого представлення векторів $Q_{Cя}$ і матриць $|EE_{BE}|$, $|EE_{ПР}|$, $|EE_{ЕП-k}|$ з точки зору моніторингу якості ЕЕ доцільно здійснювати їх порівняння у вигляді шкали відношень. При цьому ці матриці якості утворюють на основі не абсолютних, а відносних одиничних ПЯ ЕЕ, що дозволяє отримати рівномірну картину з оцінки її якості. Для визначення з будь-якого b_p -го абсолютного одиничного ПЯ $a_{Cяb_p}$, що належить $Q_{Cя}$, відповідного відносного ПЯ застосовується вираз

$$(q_{Cя})_{вдн} = \frac{(a_{Cяb_p}) - (a_{Cяb_p})_{гр}}{(a_{Cяb_p})_{ід} - (a_{Cяb_p})_{гр}}, \quad (2)$$

де $(a_{Cяb_p})_{гр}$, $(a_{Cяb_p})_{ід}$ — граничне і ідеальне значення щодо даного абсолютного ПЯ.

При цьому для проведення аналізу якості ЕЕ ці матриці сприймаємо у вигляді деяких поверхонь, котрі можна порівнювати між собою стосовно різних, розглянутих вище, трьох процесів продукування, транспортування і використання ЕЕ. Крім того, можна проводити дослідження зміни в часі графіків, що відтворюються за допомогою цих матриць, аналізуючи таким чином динаміку якості ЕЕ на різних ділянках енергосистеми (аналіз і оцінка А+О, поліпшення ПЛП, рис.).

З метою забезпечення більш наочного контролю якості ЕЕ під час здійснення наведених на рисунку процесів постачання електроспоживачів пропонується виконання додаткової операції проміжного порогування векторів якості відносно до певного вектора заданих значень $(Q_{Cя})_{зд}$, а саме:

$$(Q_{C_{\text{я}}})_{\text{пр}} = \begin{cases} Q_{C_{\text{я}}}, & \text{якщо } Q_{C_{\text{я}}} - (Q_{C_{\text{я}}})_{\text{зд}} > 0; \\ 0, & \text{якщо } Q_{C_{\text{я}}} - (Q_{C_{\text{я}}})_{\text{зд}} \leq 0. \end{cases} \quad (3)$$

При цьому значення $(Q_{C_{\text{я}}})_{\text{зд}}$ задається дослідником і може змінюватись в залежності від необхідної точності аналізу та потреби виявлення домінуючих погіршень якості ЕЕ для пошуку причин їх появи і подальшого усунення.

Висновки

На основі запропонованого методу оцінювання якості ЕЕ можна проводити моніторинг функціонального стану основних вузлів і елементів в енергосистемі, оперативно виявляти винуватців погіршення встановлених вимог до даного важливого для України стратегічного продукту. Завдяки цьому можна забезпечити надійнішу та ефективнішу роботу цілої низки важливих та прибуткових виробництв.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения : ГОСТ 13109-97. — [Чинний від 01.01.2000]. — К. : Держстандарт України, 1999. — 32 с.
2. Ванько В. М. Метод оцінки якості продукції та послуг за допомогою теорії матриць / В. М. Ванько, П. Г. Столярчук // Вимірювальна техніка та метрологія. — 2007. — № 67. — С. 108—114.
3. Ванько В. М. Проблеми контролю якості електроенергії в електричних мережах / В. М. Ванько, П. Г. Столярчук // Вимірювальна техніка та метрологія. — 2001. — № 58. — С. 47—56.

Рекомендована кафедрою метрології та промислової автоматики

Надійшла до редакції 21.10.08
Рекомендована до друку 20.11.08

Столярчук Петро — завідувач кафедри, **Ванько Володимир** — доцент.

Кафедра метрології, стандартизації та сертифікації Національного університету «Львівська політехніка»