

**В. Ванько, О. Шклянка**Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра метрології, стандартизації та сертифікації

## **ВДОСКОНАЛЕННЯ НОРМАТИВНИХ ВИМОГ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ**

© Ванько В., Шклянка О., 2011

**Проаналізовано стан нормативно-технічної бази стосовно якості електроенергії і систематизовано перелік показників якості у вигляді певних груп. Запропоновано додаткові показники якості електроенергії, що дають змогу повніше характеризувати часові зміни напруги мережі за появи різноманітних процесів погіршення якості в енергосистемі.**

**Ключові слова: якість, електрична енергія, показник якості, стандарт, енергетична система, матриця якості.**

**The analysis of normative and technical base for power quality, systematic list of quality indicators in the form of certain groups. The new indicators of quality electricity to characterize temporal changes in voltage network at the appearance of various processes of degradation in the power system.**

**Key words: quality, electric power, index of quality, standard, power system, matrix of quality.**

### **Вступ**

Стан електроенергетики як базової галузі економіки України має не лише економічне, але і велике соціальне значення. Застосування електроенергії (ЕЕ) забезпечує запровадження нових перспективних технологій у промисловості та сільському господарстві. При цьому важливе значення має не лише об'єм споживання ЕЕ, але й рівень її якості, що також сприяє ефективному використанню ЕЕ як складової собівартості будь-якої продукції та послуг.

Якщо розглянути основні стадії “життєвого циклу” ЕЕ, то структура вітчизняної енергосистеми є такою: виробництво, передавання, розподіл та споживання ЕЕ. При цьому слід зазначити, що на стадіях виробництва та передавання втрати ЕЕ стабілізовані та знаходяться у межах 2 – 3% від загального виробітку, що відповідає світовій практиці. Основні втрати, котрі сягають 45 – 50% від виробленої ЕЕ (при 10 – 15 % у високорозвинених країнах), припадають на стадію розподілу, і це втрати від зношеного та неефективно використовуваного енергетичного устаткування, розкрадання ЕЕ та безгосподарності.

ЕЕ є товаром особливого роду, який наразі вважається неперервним під час розподілу та використання, а також не підлягає зберіганню та поверненню. Але, як і щодо іншого енергоносія, актуальними питаннями є забезпечення високого рівня якості та достовірності обліку ЕЕ на загальнодержавному рівні.

### **Класифікація переліку відомих показників якості електроенергії**

Норми якості ЕЕ визначають за показниками її якості (ПЯ) – величинами, котрі декларують якість енергії за одним або кількома її параметрами. Вимогами стандарту [1] встановлено норми якості ЕЕ – граничні значення показників якості (ПЯ) ЕЕ – лише в пунктах приєднання електроспоживачів. Однак з метою визначення ефективності виробництва, передавання та споживання ЕЕ доцільно контролювати ПЯ ЕЕ на всіх зазначених вище етапах її проходження [2].

У загальному вигляді електроенергетичну систему зобразимо у вигляді сукупності електричного, силового і вимірювального устаткування та комплексу користувачів ЕЕ, об'єднаних спільністю процесів її виробництва, передавання, розподілу та споживання. З метою детального аналізу якості ЕЕ розглянемо типовий фрагмент електроенергетичної системи, котрий складається з системи виробництва ЕЕ (СВЕ), до якої за допомогою ліній електропередавання (ЛЕП) та системи перетворення і розподілу ЕЕ (СПР) під'єднано комплекс електричних споживачів  $ЕС_1, \dots, ЕС_N$  [3].

Найперше всю множину ПЯ ЕЕ можна розподілити на такі чотири групи показників, котрі необхідно досліджувати:

- на виході та в середині СВЕ, основними вузлами котрої є електростанції, які перетворюють різні види енергії в електричну;
- у мережах трансформації рівнів напруг та розподілу і перетворення ЕЕ з метою її транспортування;
- на виходах СПР, призначених для формування локальних систем електропостачання споживачів загального і спеціального призначення;
- у внутрішніх мережах електроспоживачів.

За характером зміни у часі серед ПЯ ЕЕ можна виділити статичні та динамічні показники [3–5].

До статичних належать такі різновиди ПЯ, котрі описують перелік специфічних подібних негативних процесів погіршення якості ЕЕ:

- повільні відхилення і коливання частоти повторення та середньоквадратичного значення (СКЗ) напруги без істотного спотворення форми напруги в електричних мережах (рис. 1 – ПКНЧ);
- несиметрія трифазної системи напруг (за СКЗ та фазовими співвідношеннями, рис. 1 – НТСН);
- несинусоїдальність змінної напруги електричної мережі (поява низько- і високочастотних гармонік та інтергармонік напруги, рис. 1 – НСН);
- характеристики потужностей споживання (рис. 1 – ХПС).

Динамічними вважаємо ПЯ ЕЕ:

- пов'язані із швидкими імпульсними спотвореннями форми напруги мережі за час, менший за тривалість половини періоду повторення першої гармоніки (рис. 1 – ІСФ);
- такі, що характеризують швидкі і повільні відхилення миттєвих значень напруги за час, що перевищує половину періоду повторення, протягом тимчасових перенапруг та западин напруги мережі (рис. 1 – ТПЗН).

Різновидами ПКНЧ вважатимемо встановлене відхилення СКЗ напруги  $J_{u_\phi}$ , розмах зміни напруги  $J_{u_t}$ , дозу флікера  $P_{\phi}$ , частоту повторення змін напруги  $F_{U_t}$ , відхилення частоти змінної напруги  $\Delta f$  [1].

Групу НТСН складають коефіцієнти несиметрії напруг за зворотною  $k_{2U}$  та нульовою  $k_{0U}$  послідовностями, котрі характеризують несиметрію трифазної системи змінних напруг, викликану нерівністю їхніх фазних амплітуд та відхиленнями кутових співвідношень між ними від  $120^\circ$ .

Несинусоїдальність змінної напруги мережі (НСН) регламентується коефіцієнтами спотворення синусоїдності кривої напруги  $k_{UcS}$  та  $n$ -ї гармонічної складової напруги  $k_{Un}$  [1].

До найважливіших процесів, що відбуваються в електроенергетичній системі, належить завдання оптимального розподілу та використання ЕЕ споживачами. Для оцінювання ефективності та інтенсивності проходження цього процесу дослідники і науковці використовують поняття повної потужності  $S$  та її складових: активної  $P$  і реактивної  $Q$  потужностей. За наявності істотних

спотворень у мережі крім означених складових повної потужності  $S$  застосовують потужність спотворення  $T$ , приховану потужність  $S_0$  і потужність пульсацій  $S_b$  (різновид ПЯ ЕЕ – ХПС).

Група динамічних показників ІСФ – стосується швидких відхилень форми змінної напруги мережі від синусоїдальної, викликаних атмосферними грозовими та комутаційними явищами в електроенергетичній системі – це одно- та біполярні одиничні імпульси або серії імпульсів, випадково накладені на синусоїдну напругу основної гармоніки. Їх характеризують додатними і від’ємними амплітудними значеннями напруги  $u_{mi}^+$  і  $u_{mi}^-$  (без урахування миттєвого значення синусоїди) та  $U_{mi}^+$  і  $U_{mi}^-$  (разом з миттєвою напругою синусоїди) для одиничного імпульса, тривалостями всього одиничного імпульса  $t_i$  і на рівні лінії перетину кривої імпульса в моменти початку  $t_{ni-0.5}$  і закінчення  $t_{zi-0.5}$ , проведеної через половину значення амплітуди  $U_{mi}$  –  $t_{i-0.5} = t_{zi-0.5} - t_{ni-0.5}$  [1]. У випадку серії імпульсів контролюють переважно найбільші додатне  $U_{mi}^+$  і від’ємне  $U_{mi}^-$  значення з амплітудних напруг імпульсів та загальні тривалості серії  $t_{i\Sigma}$  і на рівні половини значення максимальної додатної чи від’ємної амплітуд.

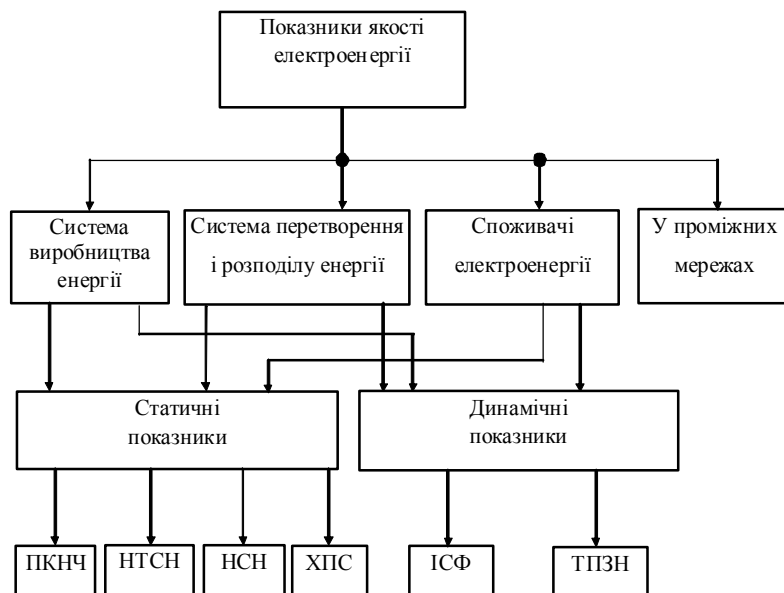


Рис. 1. Класифікація показників якості електроенергії

Ішим різновидом динамічних показників, а саме ТПЗН, є показники тимчасової перенапруги та западин напруги в електромережі. При цьому основними показниками якості ЕЕ є коефіцієнт  $K_{перU}$ , тривалість  $t_{P\Sigma}$  тимчасової перенапруги, глибина  $dU_3$  та тривалість западини напруги  $t_{Z\Sigma}$  і частість появи западин  $F_{U_3}$  [1].

Отже, з одного боку, деякі негативні процеси в енергосистемі характеризуються не достатньо деталізовано за допомогою наведених вище ПЯ ЕЕ, а з іншого – сумарний перелік всіх ПЯ є надто великим.

### Оптимізація множини показників якості електроенергії з метою вдосконалення опису негативних процесів у мережах

Пропонуємо аналізувати якість ЕЕ у два етапи.

На першому етапі необхідно встановити та зафіксувати негативні явища, що погіршують якість ЕЕ на контрольованій ділянці мережі. При цьому варто обмежитись мінімальним числом основних, найважливіших ПЯ, котрі загалом описують виявлені негативні процеси. Наприклад, у

разі виявлення тимчасової перенапруги чи западини напруги потрібно контролювати такі ПЯ:  $K_{перU}$ ,  $t_{P\Sigma}$  та  $dU_3$ ,  $t_{Z\Sigma}$ .

Під час другого етапу необхідно детально оцінити виявлений негативний процес за допомогою основних та додаткових ПЯ ЕЕ.

Серед вибраних груп ПЯ ЕЕ практично відсутні такі, котрі б характеризували погіршення якості ЕЕ через часові зміни напруги мережі, миттєві, усереднені чи інтегральні. Лише у ПКНЧ (рис. 1) наявні ПЯ ЕЕ, які дають змогу надто поверхово оцінювати динаміку часових повільних і швидких змін, коливань і спотворень напруги ( $J_{u_t}$ ,  $F_{U_t}$ ). Хоча в нормативних документах на різне електротехнічне і електронне устаткування прослідковується тенденція до встановлення граничних вимог до форми і параметрів напруги мережі, що має гарантувати його ефективну і надійну роботу. Наприклад, такі вимоги наведено тепер в [5] для лічильників ват-годин активної ЕЕ.

Тому запропоновано замість таких ПЯ ЕЕ групи ПКНЧ, як  $J_{u_t}$  і  $F_{U_t}$ , застосовувати більш інформативного ПЯ – швидкості зміни напруги в часі  $s_U$ . Завдяки його вимірюванню протягом інтервалу спостереження отримують масив значень  $s_U$ , аналіз яких дає змогу повніше дослідити властивості  $f_U(t)$ , враховуючи потреби забезпечення високої якості ЕЕ.

При цьому з огляду на вищезгадане, застосуємо для дослідження якості ЕЕ швидкість зміни СКЗ напруги  $(s_{Un})_{ck}$  між сусідніми періодами повторення  $T_{f1}$  і  $T_{f2}$  та інтервальну швидкість зміни СКЗ напруги  $(s_{Un})_r$ . Дані ПЯ ЕЕ визначаються такими виразами:

$$(s_{Un})_{ck} = \frac{2(U_{ck2} - U_{ck1})}{T_{f2} + T_{f1}}, \quad (1)$$

$$(s_{Un})_r = \frac{2((U_{ck})_{r2} - (U_{ck})_{r1})}{t_{cn2} + t_{cn1}}, \quad (2)$$

де  $(U_{ck})_{r1}$  і  $(U_{ck})_{r2}$  – СКЗ напруги, виміряні за сусідні інтервали часу  $t_{cn1}$  і  $t_{cn2}$ , причому  $t_{cn1} \gg T_{f1}$ .

Одночасно, як і вище для ПКНЧ, слід вказати на актуальність розгляду з погляду надійності силових напівпровідникових приладів, ПЯ ЕЕ, котрі стосуються динаміки зміни  $f_U(t)$  під час перенапруг і западин напруги. Такими ПЯ є швидкості зміни інтегральних значень напруги, взяті за період  $T_f$  повторення (зміна СКЗ) –  $(s_{UPZ})_{ck}$  або половину періоду (зміна інтегрального значення на  $r$ -у часовому інтервалі) –  $(s_{UPZ})_r$ . При цьому для їх обчислення як базові використовують вирази (1) і (2), що у цьому випадку описують відношення змін відповідних інтегральних значень  $f_U(t)$  до вибраних часових відтинків аналізу.

Розглянемо гранично допустимі значення даних ПЯ ЕЕ стосовно надійності функціонування деяких видів складного силового та електронного устаткування.

За даними [1] шляхом простого перерахунку гранично допустимої зміни розмаху  $J_{u_t}$  напруги при  $\Delta t = 0.02c$ . для споживачів електроенергії отримаємо  $(s_{UPZ})_{ck-max} \approx 1.0 \mathbf{K} 2.0 \frac{B}{c}$ . Однак, варто брати до уваги, що залежно від виду і особливостей навантаження  $(s_{UPZ})_{ck-max}$  може обумовлюватись різними граничними значеннями. Відповідно до вимог [6] ця величина стосовно електричних елементів і апаратів знаходиться в межах  $\frac{0.15U_{ном}}{0.5c} \dots \frac{U_{ном}}{0.01c}$ , а за даними [7] для

електронно-обчислювальних засобів при часових перенапругах становить  $\frac{0.15U_{ном}}{1.0c}$  і при западинах напруги –  $\frac{0.30U_{ном}}{0.5c}$ . Наведені дані щодо  $(s_{UPZ})_{ck-max}$  розраховано згідно з (1), вибираючи різні значення  $t_{cn}$ , починаючи з  $0.01c$ . (за рекомендацією [1]) до  $1...2c$ . залежно від різновиду навантаження.

Отже, очевидно, що одночасно з ПЯ  $(s_{UPZ})_{ck}$  стосовно оцінки негативних динамічних явищ доцільно застосовувати також  $(s_{UPZ})_r$ , визначену протягом інтервалу  $\frac{T_f}{2}$ .

Як і у випадку описаних вище динамічних шкідливих процесів, для імпульсних спотворень  $f_U(t)$  теж важливими є ПЯ ЕЕ, що описують зміни в часі напруги. Найперше такою слід вважати миттєву швидкість зміни імпульсної напруги в часі

$$s_{Ui}(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta f_U(t)}{\Delta t}. \quad (3)$$

Крім того, для будь-якого виду імпульсного спотворення напруги доцільно шукати деяку усереднену інтервальну швидкість зміни імпульсної напруги  $(s_{Ui})_{r-li}$ . Цей ПЯ ЕЕ найкраще буде додатково характеризувати поведінку  $f_U(t)$  стосовно кожного  $l_i$  імпульса динамічного спотворення напруги. Її можна обчислювати як усереднене значення  $(s_{Ui})_{r-li}$  сукупності знайдених за (3) виборок миттєвих швидкостей  $s_{Ui}(t)$ , взятих протягом тривалості фронту  $l_i$  імпульса.

Оскільки, як було раніше наголошено, на сучасному етапі не створено ефективних ЗВ таких специфічних ПЯ –  $(P_{\partial\Phi})_{st}$  і  $(P_{\partial\Phi})_{li}$ , то доцільно замінити їх існуючими ПЯ, а саме набором коефіцієнтів гармонічних складових  $k_{Un-HЧ}$ , що стосуються певних частот досліджуваної  $f_U(t)$ . Йдеться про трактування вказаних доз флікера як низькочастотних коливань напруги мережі. Для забезпечення таких безпосередніх вимірювань наразі ЗВ відсутні.

Отже, з врахуванням викладеного вище, залежно від типу розглянутих негативних процесів, матрицю якості  $|EE|$  для будь-якої досліджуваної ділянки енергосистеми варто подати виразом

$$\begin{aligned} |Q_{ПКНЧ}| &= |J_{u_e} J_{u_t} k_{Un-HЧ} (s_{Un})_{ck} (s_{Un})_r|, \\ |Q_{НСН}| &= |k_{UcS} k_{U1} k_{U2} \mathbf{K} k_{Un}|, \\ |Q_{ШВП}| &= |K_{nepU} t_{P\Sigma} dU_{zT\Sigma} (s_{UPZ})_{ck} (s_{UPZ})_r|, \\ |Q_{IC\Phi}| &= |(U_{mi})_1 \mathbf{K} (U_{mi})_{li} t_{i\Sigma} (t_i)_1 \mathbf{K} (t_i)_{li} (t_{i0,5})_1 \mathbf{K} (t_{i0,5})_{li} (s_{Ui})_{r-li} N_{im}|. \end{aligned} \quad (4)$$

Застосовуючи його, аналізують рівень якості ЕЕ з метою пошуку причин її погіршення та їх подальшого послаблення чи усунення.

### Висновки

Для проведення максимально ефективною у більшості випадків діагностики якості ЕЕ на енергетичних об'єктах з викладеного переліку груп ПЯ ЕЕ сформовано матрицю якості (ПКНЧ, НСН, ІСФ та ТПЗН), котру надалі використовують під час аналізу. Додатковим твердженням на користь цього судження є дослідження та вимірювання для їх знаходження однієї і тієї самої функції – часової кривої функції напруги мережі.

1. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Введ. 01.01.2000. – К.: Держстандарт України, 1999. – 32 с. 2. ГОСТ 23875-88. Качество электрической энергии. Термины и определения. – Введ. 01.07.89. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 16 с. 3. Ванько В.М., Столярчук П.Г. Проблемы контролю якості електроенергії в електричних мережах // Вимірювальна техніка та метрологія. – 2001. – №58. – С. 47-56. 4. Ванько В.М., Чайковський О.І. Інформаційно-вимірювальна система діагностики статичних і динамічних характеристик якості електроенергії // Праці 2-ї Укр. конф. з автоматичного керування “Автоматика-95”. Львів, 26-30 вересня 1995р. – Том 2. – Львів: НВЦ “ІТІС”. – 1995. – С. 76-77. 5. ГОСТ 30206-94. Статические счетчики ватт-часов активной энергии переменного тока (классы точности 0.2 и 0.5). – Введ. 19.01.2001. – К.: Держстандарт України, 2001. – 51 с. 6. ГОСТ 27487-87. Электрооборудование производственных машин. Общие технические требования и методы испытаний. – Введ. 01.07.88. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 96 с. 7. Гурвич И.С. Защита ЭВМ от внешних помех. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 224с.

УДК 004.932.4; 004.415.2; 004.415.3

А. Ковальчук, Д. Пелешко

Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра інформаційних технологій видавничої справи

## ВИКОРИСТАННЯ МАТРИЦЬ АДАМАРА ДЛЯ ШИФРУВАННЯ – ДЕШИФРУВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ

© Ковальчук А., Пелешко Д., 2011

**Описано використання апарату матриць Адамара для шифрування – дешифрування зображень. Шифрування – дешифрування проводиться без і з додатковим зашумленням.**

**Ключові слова: шифрування, дешифрування, матриця Адамара, зашумлення.**

**We describe the use of Hadamard matrices apparatus for encryption - decryption of images. Encryption - decryption is performed without and with additional noise.**

**Keywords: encryption, decryption, Hadamard matrix, noise.**

### Вступ

Вважатимемо, що зображенню відповідає матриця інтенсивностей кольорів

$$C = \begin{pmatrix} c_{1,1} & \dots & c_{1,m} \\ \dots & \dots & \dots \\ c_{n,1} & \dots & c_{n,m} \end{pmatrix}$$

Важливою характеристикою зображення є наявність в зображенні контурів. Задача виділення контура вимагає використання операцій над сусідніми елементами, які є чутливими до змін і пригашають області постійних рівнів яскравості, тобто, контури – це ті області, де виникають зміни, стаючи світлими, тоді як інші частини зображення залишаються темними [2].