

Додаємо отримані кількості,

Рахуємо кількість вставлених у таблицю сховища записів (дата внесення цих записів така, як сьогоднішня)

```
Запрос 1 : запрос на выборку
SELECT documents.real_date, Count(documents.id) AS [Count-id]
FROM documents
GROUP BY documents.real_date
HAVING (documents.real_date=Date());
```

Якщо суми однакові, то ETL пройшов без перешкод.

### Висновки

У результаті застосування технології ETL в інтеграції даних створюється основа для єдиного інформаційного простору туристичного бізнесу, яка має на меті надати користувачеві узгоджену й надійну інформацію для забезпечення цілісності даних.

**Науковою новизною** є використання методики ETL-технології у сховищах даних туристичного бізнесу для інтеграції даних з розрізнених джерел. **Практична цінність** полягає у розробленні алгоритму, бази даних та оперативного сховища даних.

1. Уайт К. (Colin White). *Интеграция данных: использование технологий ETL, EAI и EII для создания интегрированной корпорации (Data Integration: Using ETL, EAI, and EII Tools to Create an Integrated Enterprise)*. Ноябрь 2005. 2. *Интеграция данных - ключ к эффективным решениям (Data Integration: The Key to Effective Decisions)*. 3. *Огляд технологій інтеграції інформаційних систем, 2006*, <http://www.microsoft.com/Ukraine/Government/Analytics/IntegrationTechnologies/Overview.msp>. 4. Dan Linstedt. *Data Vaulttm overview the next evolution in data modeling*. – 2005, <http://www.tdan.com/i021hy01.htm/>.

УДК 621.311.13

В. Ванько

Національний університет “Львівська політехніка”  
кафедра метрології, стандартизації та сертифікації

## МЕТОДИКА ОЦІНКИ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В МЕРЕЖАХ

© Ванько В., 2009

Розроблено методику оцінки якості електроенергії, що ґрунтується на матричному методі моніторингу негативних процесів в електричних мережах загального призначення шляхом аналізу отриманої вимірювальної інформації щодо вибраних груп показників якості, котрі характеризують якість напруги на енергооб’єкті.

The practices of electric energy quality evaluation that are based on the matrix method of negative processes monitoring within electric chains of general designation by the analysis of received measuring information as to chosen, quality-index groups characterizing voltage quality an energy-object are developed.

### Вступ

Одним з головних факторів забезпечення надійної та продуктивної роботи майже всіх видів електронного і електротехнічного устаткування вважають дотримання вимог якості електроенергії (ЕЕ) щодо часових, частотних і амплітудних (енергетичних) параметрів кривої напруги  $f_U(t)$  на всіх ділянках енергосистеми.

Тому, відповідно до [1,2], для оцінювання якості ЕЕ доцільно приділяти увагу таким групам показників якості (ПЯ): повільних коливань і збурень напруги та частоти (ПКНЧ), несинусоїдальності напруги (НСН), швидких відхилень, тимчасових перенапруг та западин напруги (ШВП), імпульсних спотворень форми напруги (ІСФ). Ці групи ПЯ характеризують переважну більшість ситуацій з погіршення якості ЕЕ.

Згідно з [1] сьогодні оцінка якості ЕЕ ґрунтується на виявленні і фіксації виходу вимірюваних значень одного чи декількох ПЯ зі всієї наведеної сукупності показників за межі встановлених норм якості – граничних значень ПЯ ЕЕ – протягом рекомендованого інтервалу часу аналізу, не меншого за 24 год. На нашу думку, відповідно до моделі системи управління якістю, викладеної в [3], доцільно проводити моніторинг якості на всіх етапах проходження ЕЕ з використанням матричного методу.

### Підхід до оцінки якості електроенергії та функціонального стану энергооб'єкта

З метою встановлення рівня якості ЕЕ на досліджуваній ділянці енергосистеми, энергооб'єкта чи фрагменті електричної мережі проводять вимірювальний експеримент за допомогою необхідних засобів вимірювання (ЗВ) ПЯ ЕЕ. При цьому складається програма його виконання та формуються схеми під'єднання відповідних ЗВ ПЯ ЕЕ до об'єкта дослідження [4]. Обов'язковими умовами підбору цих ЗВ є забезпечення відповідних діапазонів та точності вимірювання ПЯ ЕЕ, а також врахування специфіки змін і відхилень значень досліджуваної  $f_U(t)$ . Згідно з програмою виконується комплекс необхідних вимірювань встановленого переліку одиничних ПЯ ЕЕ за допомогою вибраних ЗВ протягом певного загального інтервалу часу  $T_{кя\Sigma}$  контролю якості ЕЕ.

Внаслідок цього отримують сукупну інформацію про такі абсолютні одиничні ПЯ ЕЕ вибраних груп [4]:

- встановлене відхилення середньоквадратичного значення (СКЗ) напруги  $\mathcal{U}_e$ , розмах зміни напруги  $\mathcal{U}_t$ , швидкість зміни СКЗ напруги  $(s_{Un})_{ck}$  між сусідніми періодами повторення  $T_{f1}$  і  $T_{f2}$  та інтервальну швидкість зміни СКЗ напруги  $(s_{Un})_r$  протягом інтервалів часу, більших за  $T_f$  (ПКНЧ);

- коефіцієнти спотворення синусоїдальності кривої напруги  $k_{UCS}$  та переліку складових  $k_{Un}$ , що описують спектральні внески смуг гармонік спотворення в  $f_U(t)$  (НСН і частина ПКНЧ);

- коефіцієнт  $K_{nepU}$  та тривалість  $t_{P\Sigma}$  тимчасових перенапруг, глибина  $\delta U_3$  та тривалість  $t_{Z\Sigma}$  западин напруги, швидкості зміни інтегральних значень напруги під час цих процесів, взяті за період  $T_f$  повторення (зміна СКЗ) –  $(s_{UP})_{ck}, (s_{UZ})_{ck}$  та половину періоду (зміна інтегрального значення на  $r$ -у часовому інтервалі) –  $(s_{UP})_r$  та  $(s_{UZ})_r$  (ШВП);

- сукупності амплітуд  $(U_{mi})_1, (U_{mi})_2, \dots, (U_{mi})_{li}$ , тривалостей  $(t_i)_1, (t_i)_2, \dots, (t_i)_{li}$ , швидкостей зміни інтегральних значень напруги  $\{s_{Ui}(k)\}_{li}$  і  $(s_{Ui})_{r-li}$  для кожного імпульса наявної серії з  $N_{im}$  імпульсів, а також сумарної тривалості  $t_{i\Sigma}$  серії.

Треба відзначити, що тут вказано інформацію лише стосовно основних ПЯ ЕЕ та не розглядаються дані про додаткові параметри, котрі конкретизують перебіг того чи іншого негативного процесу в мережі, наприклад, дискретні криві  $\{f_U(k)\}$  вимірюваної  $f_U(t)$  тощо.

Крім того, дані для кожної з вказаних чотирьох груп ПЯ ЕЕ варто сприймати у вигляді послідовностей значень виборок тривалістю вимірювання  $t_B$ , на які розподілено інтервал  $T_{кя\Sigma}$ .

Для оцінювання якості ЕЕ та функціонального стану досліджуваної мережі необхідно поетапно виконати наступні дії.

**Етап 1. Формування векторів якості груп ПЯ ЕЕ.** З наведених вище груп ПЯ ЕЕ, на які була розподілена отримана вимірювальна інформація, найперше потрібно утворити вектори якості, котрі являють собою комплексні ПЯ ЕЕ [4].

**А. Вектори статичних ПЯ ЕЕ.** Перші дві групи вимірних значень ПЯ ЕЕ характеризують всіякі повільні в часі погіршення якості ЕЕ. Використовуючи раніше викладені твердження стосовно реальних ситуацій, котрі призводять до такого зниження якості ЕЕ на енергооб'єктах та в ЕС, на основі отриманої вимірювальної інформації можна сформувати протягом  $T_{к\alpha\Sigma}$  дві сукупності векторів якості. В одній з них міститься масив  $(n_{NA})_{\max}$  векторів  $\left| \vartheta u_{\epsilon} \vartheta u_t (s_{Un})_{ck-n_{NA}} (s_{Un})_{r-n_{NB}} \right|$ , кожен знайдений за  $t_B$ , а в іншій – масив векторів  $\left| k_{UCS} k_{U-n_{\min}} \dots k_{U-n_{\max}} \right|$ , обчислених теж за  $t_B$ , причому, відповідно,  $n_{NA} = 1, \dots, (n_{NA})_{\max}$ ,  $n_{NB} = 1, \dots, (n_{NB})_{\max}$  – кількості  $(s_{Un})_{ck}$ ,  $(s_{Un})_r$ ,  $(n_{NA})_{\max}$   $(n_{NB})_{\max}$ , а  $n_{\min}, n_{\max}$  – перелік всіх складових спотворення  $k_{Un}$ , що утворюють узагальнений  $k_{UCS}$ . Ці сукупності векторів дають змогу проводити конкретизоване, часткове оцінювання якості ЕЕ стосовно певних ситуацій, що можуть виникати на досліджуваному об'єкті.

Для отримання множини наведених одиничних ПЯ ЕЕ може бути використано один широкофункціональний ЗВ або декілька приладів спеціалізованого вужчого призначення, котрі забезпечують розрахунки обидвох сукупностей комплексних векторів якості ЕЕ за алгоритмами, наприклад, наведеними в [1]. Якщо обчислювальні властивості і об'єми запам'ятовувальних пристроїв одного чи декількох ЗВ ПЯ ЕЕ є достатніми, то замість двох сукупностей векторів якості можна створювати одну – об'єднану сукупність векторів статичних ПЯ ЕЕ. Наприклад, кожен біжучий з цих векторів, визначений за час  $t_B$ , містить такі дані

$$(Q_{cm})_{біж} = \left| \vartheta u_{\epsilon} (s_{Un})_{ck-n_{NA}} (s_{Un})_{r-n_{NB}} k_{UCS} k_{U-n_{\min}} \dots k_{U-n_{\max}} \right|, \quad (1)$$

котрі загалом відтворюють картину повільних погіршень якості ЕЕ в досліджуваній мережі протягом інтервалу спостереження  $T_{к\alpha\Sigma}$ .

**Б. Вектори динамічних ПЯ ЕЕ.** Раніше вже було показано, що дві інші групи ПЯ ЕЕ (ШВП і ІСФ) характеризують динамічні процеси зниження якості ЕЕ. Аналогічно, як у випадку векторів статичних ПЯ ЕЕ, тут також під час вимірювального експерименту отримують дві дискретні сукупності векторів якості, котрі містять відповідні біжучі вектори  $(Q_{ШВ})_{біж}$  і  $(Q_{ІС})_{біж}$  з наведених динамічних ПЯ ЕЕ.

У кожній групі множина цих векторів окреслює якість ЕЕ, аналогічно як у випадку статичних ПЯ ЕЕ, протягом інтервалу спостереження  $T_{к\alpha\Sigma}$ , розділеного на вимірювальні проміжки  $t_B$ . При цьому  $(Q_{ШВ})_{біж}$  містить вимірювальну інформацію стосовно зміни в часі  $K_{nepU}$  і  $\delta U_3$ , а також дані щодо запропонованих вище ПЯ –  $(s_{UP})_r$ ,  $(s_{UZ})_r$ ,  $(s_{UP})_{ck}$  і  $(s_{UZ})_{ck}$ . У деяких випадках може бути корисною інформація про спектральний розклад  $K_{nepU}$  і  $\delta U_3$  та його зміну протягом  $T_{к\alpha\Sigma}$ , що сприятиме виявленню причин виникнення часових перенапруг і западин напруги. Однак, для отримання цих даних необхідне застосування спеціальних ЗВ ПЯ ЕЕ.

Інколи для постачальних служб мереж живлення становить інтерес власне часовий графік  $f_U(t)$  під час появи зазначених негативних процесів. Остання інформація має допоміжний характер і в чинних НД не регламентується та не є вимогою обов'язковою, хоча інколи є надзвичайно корисною.

Аналогічно стосовно ІСФ – з метою деталізованого аналізу і розгорнутої поведінки  $f_U(t)$  з погляду якості ЕЕ застосовують перелік значень: всіх амплітуд  $(U_{mi})_{li}$  наявних  $N_{im}$  імпульсів спотворення,  $(t_i)_{li}$  кожного, а також  $\{s_{Ui}(k)\}_{li}$  і  $(s_{Ui})_{r-li}$  для кожного імпульса та  $t_{i\Sigma}$  серії, що визначаються за допомогою відповідних ЗВ протягом  $T_{кя\Sigma}$ .

Для отримання двох узагальнених часткових динамічних оцінок якості ЕЕ через ПЯ ЕЕ груп ШВП та ІСФ, можна дещо модифікувати дані біжучі вектори, прибираючи з них надлишкову інформацію:

$$(Q_{ШВ})_{біж} = |K_{неpU} t_{P\Sigma} \delta U_{z} t_{Z\Sigma} (s_{UP})_{ck} (s_{UZ})_{ck}|, \quad (2)$$

$$(Q_{IC})_{біж} = |(U_{mi})_1 \dots (U_{mi})_{li} (t_i)_1 \dots (t_i)_{li} (s_{Ui})_{r-1} \dots (s_{Ui})_{r-li} t_{i\Sigma} N_{im}|. \quad (3)$$

Наведені вектори представляють відповідно картини двох варіантів динамічного погіршення якості ЕЕ.

**Етап 2. Обчислення і аналіз масивів відносних одиничних і комплексних ПЯ ЕЕ.** Для кожного абсолютного одиничного ПЯ ЕЕ можна зазначити, що напрям підвищення якості є різним, враховуючи відповідну стосовно цього зміну значення будь-якого з масиву відібраних в (1)-(3) показників. Тому з метою забезпечення єдиного характеру зміни переліку вибраних одиничних ПЯ ЕЕ доцільно перерахувати їх у відносні за допомогою виразу [3]

$$(q_{Cя})_{вдн} = \frac{(q_{Cяb_p})_{id} - (q_{Cяb_p})_{zp}}{(q_{Cяb_p})_{id} - (q_{Cяb_p})_{zp}}, \quad (4)$$

де  $(q_{Cяb_p})_{id}$ ,  $(q_{Cяb_p})_{zp}$  – поточне та ідеальне значення  $b_p$ -го абсолютного одиничного ПЯ ЕЕ, що входить в  $C_я$ -й вектор, причому  $b_p$  належить до однієї з послідовностей  $(1,2,\dots,b_1), (1,2,\dots,b_2), (1,2,\dots,b_3)$ ,

$(q_{Cяb_p})_{zp}$  – граничне значення даного абсолютного одиничного ПЯ, наведене в [1].

Наведемо приклади розрахунків векторів якості ЕЕ, що характеризують різноманітні ситуації в мережі.

**А. Вектор статичних ПЯ ЕЕ.** Розглянемо варіант вимірювання сигналу напруги мережі, котрий, крім основної гармоніки з частотою  $\omega = 2\pi \cdot 50 \frac{рад}{с}$  і традиційної вищої – при

$\omega_7 = 2\pi \cdot 350 \frac{рад}{с}$ , містить також низькочастотну інтергармоніку з  $\omega_{ni} = 2\pi \cdot 25 \frac{рад}{с}$  і

описується виразом

$$f_U(t) = U_{m1} \cdot \sin \omega t + U_{m7} \cdot \sin \omega_7 t + U_{m-ni} \cdot \sin \omega_{ni} t, \quad (5)$$

причому  $U_{m1} = 225 \cdot \sqrt{2} B$ ,  $U_{m7} = U_{m-ni} = 7 B$ .

При цьому, як відомо з [5], квадрат СКЗ цього сигналу  $(f_U)_{ск}^2 = 0.5 \cdot (U_{m1}^2 + U_{m7}^2 + U_{m-ni}^2)$ . У результаті проведених вимірювань за допомогою вибраних ЗВ ПЯ ЕЕ отримують глибину розкладу цієї  $f_U(t)$  у вигляді переліку гармонік з номерами  $n = [n_{\min}, n_{\max}]$  і відповідними СКЗ. Причому  $n$  охоплює діапазон частот розкладу досліджуваної напруги мережі від інтергармонічних складових з найменшою  $\omega_{ni}$  ( $n_{\min}$ ), включно

з основною промисловою  $n_{осн}$ , до найвищої  $n_{max}$  -ї гармоніки. Відповідно до цього, спочатку на основі відомих з [1] виразів (якщо таких обчислень не проводиться у ЗВ) знайдено абсолютні одиничні ПЯ ЕЕ –  $\nu_{\epsilon}, k_{Un}, k_{UCS}$ , а потім на основі виразу (4) – значення цих відносних ПЯ. Потім так само, приймаючи  $(s_{Un})_{ck-n_{NA}} = (s_{Un})_{r-n_{NB}} = 0.1 B/c$ , та граничні значення даних абсолютних ПЯ ЕЕ згідно з [1] –  $((s_{Un})_{ck})_{zp} = ((s_{Un})_r)_{zp} = 1.0 B/c$ , визначаємо за (4) інші відносні одиничні ПЯ ЕЕ, що становлять вектор (1). Результати обчислень оформляємо у вигляді табл. 1 і діаграми на рис. 1.

Стовпчикова діаграма (рис. 1) показує зміну значень  $(q_{CЯ})_{вдн}$  статичних відносних одиничних ПЯ ЕЕ вектора якості (1) у поєднанні з їх номерами  $N_{ПЯ}$ , відображеними на осі абсцис. З метою спрощення і чіткішого відображення аналізу якості ЕЕ над результатами спектрального розкладу  $f_U(t)$ , здійснено операцію пороговування значень  $(k_{U-n})_{вдн}$  [3], щоб позбутись неінформативних і тому зайвих даних на рис. 1.

Таблиця 1

Значення відносних одиничних ПЯ ЕЕ статичного вектора якості

| Одиничний відносний ПЯ ЕЕ/ $N_{ПЯ}$ | $(\nu_{\epsilon})_{вдн}$  | $((s_{Un})_{ck})_{вдн}$ | $((s_{Un})_r)_{вдн}$      | $(k_{UCS})_{вдн}$       | $(k_{U-n_{min}})_{вдн}$ |
|-------------------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                                     | (1)                       | (2)                     | (3)                       | (4)                     | (5)                     |
| Значення                            | 0.768                     | 0.900                   | 0.900                     | 0.555                   | 1.000                   |
| Одиничний відносний ПЯ ЕЕ/ $N_{ПЯ}$ | $(k_{U-n_{min}+1})_{вдн}$ | ...                     | $(k_{U-n_{max}-1})_{вдн}$ | $(k_{U-n_{max}})_{вдн}$ |                         |
|                                     | (6)                       |                         | (7)                       | (8)                     |                         |
| Значення                            | 0.560                     | –                       | 0.560                     | 1.000                   |                         |

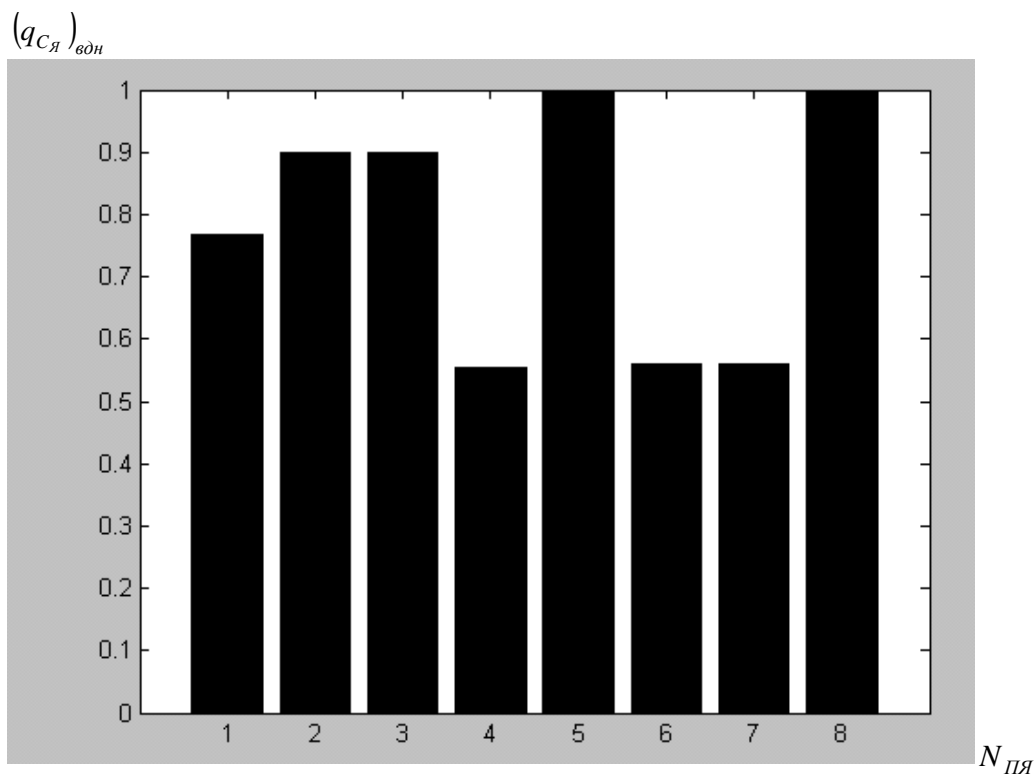


Рис. 1. Діаграма значень відносних одиничних ПЯ ЕЕ статичного вектора якості

Звідси можна зробити висновок, що якість ЕЕ в статистиці погіршується для  $N_{ПЯ}$ , що дорівнює 1, 4, 6 і 7. Отже, у досліджуваній мережі спостерігається: певне відхилення  $\vartheta u_{\epsilon}$ , зумовлене за (5) найперше зміною СКЗ основної гармоніки відносно  $U_{ном}$ ; спотворення синусоїдальності  $f_U(t)$  через наявність двох гармонічних складових; а також – коливання напруги, викликане впливом інтергармоніки з  $\omega_{hi}$ , котре можна трактувати як дозу флікера  $(P_{\partial\phi})_{st}$ .

**Б. Вектор динамічних ПЯ ЕЕ групи ШВП.** За умови виникнення негативних динамічних процесів у мережі у вигляді тимчасових перенапруг чи западин напруги, інформація про це з'являється в елементах сукупності векторів  $(Q_{ШВ})_{біж}$ , що описуються виразом (2). Нехай під час певного інтервалу вимірювання  $t_B$ , що входить до сумарного часу спостереження  $T_{кя\Sigma}$ , відповідними ЗВ зафіксовано такі результати значень динамічних ПЯ ЕЕ:  $K_{перU} = 1.641, t_{P\Sigma} = 4с., \delta U_3 = 0.25, t_{Z\Sigma} = 3.3с., (s_{UP})_{ск} = (s_{UZ})_{ск} = 0.22 B/c.$

Відповідно до вимог, наведених в [1] та згідно з міжнародними НД застосуємо наступні граничні значення абсолютних одиничних ПЯ ЕЕ вектора  $(Q_{ШВ})_{біж}$ :  $(K_{перU})_{зр} = 3.0, (t_{P\Sigma})_{зр} = 60с., (\delta U_3)_{зр} = 1.0, (t_{Z\Sigma})_{зр} = 30с., ((s_{UP})_{ск})_{зр} = ((s_{UZ})_{ск})_{зр} = 1.0 B/c.$  Надалі розрахуємо для досліджуваного сигналу напруги за виразом (4) динамічні відносні ПЯ цього вектора. Результати сформуємо в табл. 2, а також покажемо на діаграмі (рис. 2) у вигляді послідовності одиничних  $(q_{CЯ})_{вдн}$  з номерами  $N_{ПЯ} = 1, 2, \dots, 6$ .

Аналогічні обчислення здійснюються і для інших інтервалів вимірювання  $t_B$  динамічних ПЯ ЕЕ протягом  $T_{кя\Sigma}$ , що дасть змогу отримати сукупність біжучих векторів  $\{(Q_{ШВ})_{біж}\}$ . При цьому деякі абсолютні одиничні ПЯ, наприклад  $t_{P\Sigma}$  і  $t_{Z\Sigma}$ , можуть не визначатись у певні моменти  $t_B$ .

Таблиця 2

**Значення динамічних відносних одиничних ПЯ ЕЕ вектора якості ШВП**

| Одиничний відносний ПЯ ЕЕ/ $N_{ПЯ}$ | $(K_{перU})_{вдн}$ | $(t_{P\Sigma})_{вдн}$ | $((s_{UP})_{ск})_{вдн}$ | $(\delta U_3)_{вдн}$ | $(t_{Z\Sigma})_{вдн}$ | $((s_{UZ})_{ск})_{вдн}$ |
|-------------------------------------|--------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|
|                                     | (1)                | (2)                   | (3)                     | (4)                  | (5)                   | (6)                     |
| Значення                            | 0.679              | 0.933                 | 0.780                   | 0.750                | 0.890                 | 0.780                   |

Їх розрахунок натомість проводиться в такі  $t_B$ , котрі мають місце одразу після завершення виявлених часових перенапруг і западин напруги. Незважаючи на це, за час  $T_{кя\Sigma}$  отримуємо повну картину зміни якості ЕЕ на досліджуваному энергооб'єкті.

Аналіз наведеного вище прикладу динамічних негативних процесів в мережі відображає, що діаграму (рис. 2) можна розподілити на дві частини:  $N_{ПЯ} = 1, 2, 3$  і  $N_{ПЯ} = 4, 5, 6$ , тобто стосовно тимчасової перенапруги і западини напруги. Для прийнятих у цьому випадку рівнів граничних  $(q_{CЯb_p})_{зр}$  можна стверджувати, що в сукупності погіршення якості ЕЕ через тимчасову перенапругу є дещо переважаючим. Пом'якшувальним фактором є співвідношення між стовпчиками 2 і 5 діаграми. Завдяки цьому з'являється ще одна важлива проблема в перспективі – обґрунтування оптимальних граничних значень для всіх ПЯ ЕЕ.

Однак, такий вибір може бути реалізований лише на основі довготривалих досліджень у цій галузі, що на певний момент не може бути виконаним. Тому поки доцільно застосовувати прийняті вище норми.

$$(q_{cя})_{вдн}$$

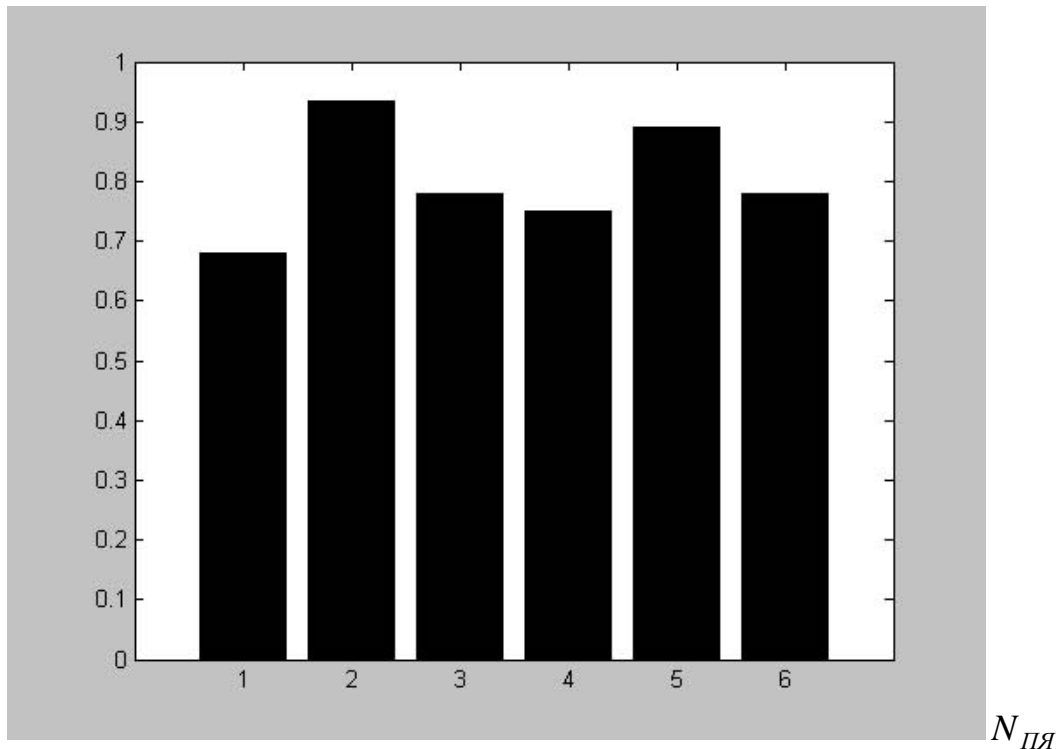


Рис. 2. Діаграма значень відносних одиничних ПЯ ЕЕ динамічного вектора якості ШВП

**В. Вектор динамічних ПЯ ЕЕ групи ІСФ.** Імпульсні спотворення  $f_U(t)$  у мережі ідентифікуються за допомогою вектора динамічних ПЯ ЕЕ групи ІСФ, що описується виразом (3). При цьому так само  $T_{кя\Sigma}$  розбивається на однакові сталі інтервали  $t_B$ , а останні на змінні проміжки виявлення  $t_{вм}$ , котрі не перевищують 5 мс.

Специфіка таких погіршень якості ЕЕ полягає у випадковому характері їх виникнення. Тому кожен проміжок часу  $t_{вм}$  виявлення такого виду спотворень  $f_U(t)$  встановлюється власне структурою ЗВ ПЯ ЕЕ, виходячи з використаного в ній способу виявлення і вимірювання сукупностей даних динамічних ПЯ, що містяться в (3). При цьому весь будь-який заданий дослідником інтервал  $t_B$  складається з групи послідовно виявлених в часі фрагментів  $t_{вм}$ , кожен з яких відображає імпульсне спотворення  $u_i(t)$  напруги  $f_U(t)$  у вигляді єдиного імпульса чи серії з них. Тобто,  $t_{вм} = t_i \vee t_{i\Sigma} \leq t_B$ , причому граничні значення цих абсолютних ПЯ ЕЕ –  $(t_i)_{2p} = (t_{i\Sigma})_{2p} = 5мс$ .

Для дослідження якості ЕЕ задамося двома ймовірними ситуаціями. Нехай перша ситуація полягає у наступному імпульсному спотворенні  $u_i(t)$  у вигляді серії імпульсів:  $(U_{mi})_1 = 1100B$ ,  $(U_{mi})_2 = 920B$ ,  $(U_{mi})_3 = 740B$ ,  $(U_{mi})_4 = 490B$ ,  $t_{i\Sigma} = 750мкс.$ ,  $(t_i)_1 = (t_i)_2 = (t_i)_3 = (t_i)_4 = 187.5мкс.$ ,  $(s_{Ui})_{r-1} = 11.83B/мкс.$ ,  $(s_{Ui})_{r-2} = 9.89B/мкс.$ ,  $(s_{Ui})_{r-3} = 7.96B/мкс.$ ,  $(s_{Ui})_{r-4} = 5.27B/мкс.$ ,  $N_{им} = 4$ . Використовуючи граничні значення

абсолютних ПЯ ЕЕ:  $(U_{mi})_{cp} = 6000B$ ,  $(t_i)_{cp} = (t_{i\Sigma})_{cp} = 5мс.$ ,  $(s_{Ui})_{cp} = 100B/мкс.$ ,  $(N_{im})_{cp} = 16$ , отримано значення відносних одиничних ПЯ ЕЕ вектора якості  $(Q_{IC})_{біж}$  (3), що представлені в табл. 3.

Таблиця 3

**Значення динамічних відносних одиничних ПЯ ЕЕ вектора якості ІСФ для серії імпульсних спотворень  $f_U(t)$**

| Одиничний відносний ПЯ ЕЕ/ $N_{ПЯ}$ | $((U_{mi})_1)_{вдн}$     | $((U_{mi})_2)_{вдн}$     | $((U_{mi})_3)_{вдн}$     | $((U_{mi})_4)_{вдн}$  | $((t_i)_{li})_{вдн}$ | $((s_{Ui})_{r-1})_{вдн}$ |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|----------------------|--------------------------|
|                                     | (1)                      | (2)                      | (3)                      | (4)                   | (17)-(20)            | (33)                     |
| Значення                            | 0.817                    | 0.847                    | 0.877                    | 0.918                 | 0.963                | 0.882                    |
| Одиничний відносний ПЯ ЕЕ/ $N_{ПЯ}$ | $((s_{Ui})_{r-2})_{вдн}$ | $((s_{Ui})_{r-3})_{вдн}$ | $((s_{Ui})_{r-4})_{вдн}$ | $(t_{i\Sigma})_{вдн}$ | $(N_{im})_{вдн}$     |                          |
|                                     | (34)                     | (35)                     | (36)                     | (49)                  | (50)                 |                          |
| Значення                            | 0.901                    | 0.920                    | 0.947                    | 0.85                  | 0.750                |                          |

Оскільки вибрано  $(N_{im})_{cp} = 16$ , то відповідно до (3) доцільно також вибирати по 16 позицій стосовно ПЯ ЕЕ  $(U_{mi})_{li}, (t_i)_{li}, (s_{Ui})_{r-li}$  для відображення вектора якості  $(Q_{IC})_{біж}$ . Отже, для показу діаграми значень відносних одиничних ПЯ ЕЕ динамічного вектора якості ІСФ вибрано  $N_{ПЯ} = 50$  (рис. 3).

З цієї діаграми видно за площами незамальованих ділянок, наскільки вагомим є внесок спотвореної ділянки  $u_i(t)$  в площину досліджуваного інтервалу  $f_U(t)$ .

Другою ситуацією, що часто зустрічається в мережі, є виникнення імпульсного відхилення  $u_i(t)$  у вигляді єдиного імпульса, накладеного на  $f_U(t)$ , наприклад, з такими ПЯ ЕЕ:  $U_{mi} = 1137B$ ,  $t_i = 100мкс.$ ,  $s_{Ui} = 22.74B/мкс.$ . Аналогічно, як і раніше, використовуючи наведені граничні значення відповідних ПЯ ЕЕ, розраховуємо для цього випадку динамічні відносні одиничні ПЯ вектора якості групи ІСФ, котрі відображаємо табл. 4. При цьому, так само як в попередній табл. 3, опускаємо стовпчики з неінформативними даними стосовно відсутніх імпульсів серії в інтервалі  $t_{вм}$ .

Так само, як і у попередній ситуації, побудуємо стовпчикову діаграму одиничних ПЯ ЕЕ динамічного вектора якості ІСФ для єдиного імпульса в  $f_U(t)$  (рис. 4).

Таблиця 4

**Значення динамічних відносних одиничних ПЯ ЕЕ вектора якості ІСФ для єдиного імпульсу спотворення  $f_U(t)$**

| Одиничний відносний ПЯ ЕЕ/ $N_{ПЯ}$ | $(U_{mi})_{вдн}$ | $(t_i)_{вдн}$ | $((s_{Ui})_r)_{вдн}$ | $(t_{i\Sigma})_{вдн}$ | $(N_{im})_{вдн}$ |
|-------------------------------------|------------------|---------------|----------------------|-----------------------|------------------|
|                                     | (1)              | (17)          | (33)                 | (49)                  | (50)             |
| Значення                            | 0.810            | 0.980         | 0.773                | 0.980                 | 0.937            |

Порівнюючи наведені діаграми векторів рис. 3 і рис. 4, стає очевидним в загальному підвищення якості ЕЕ в останньому прикладі.



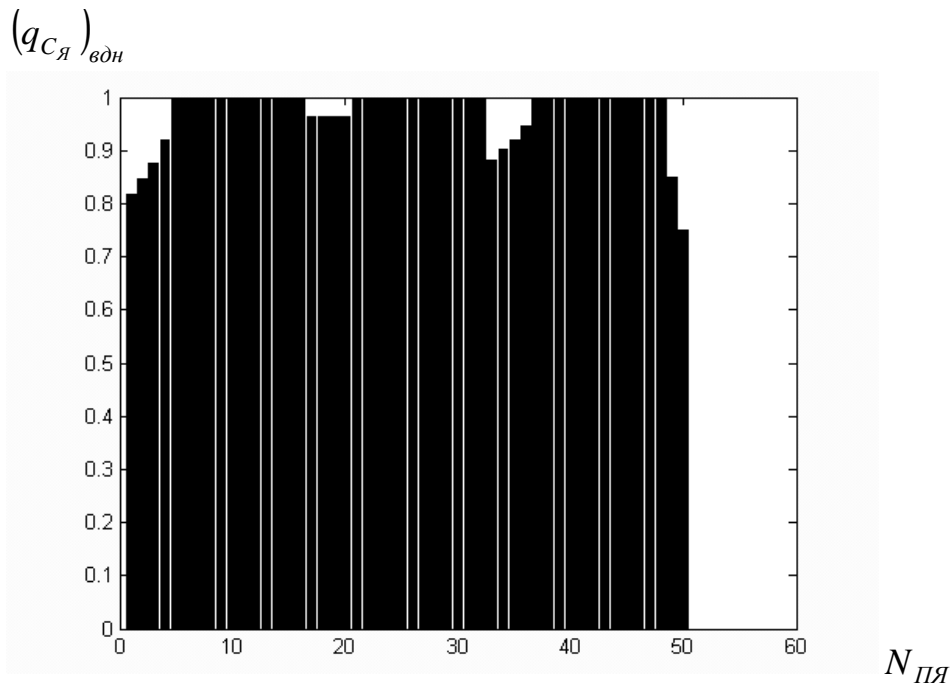


Рис. 3. Діаграма значень відносних одиничних ПЯ ЕЕ динамічного вектора якості ІСФ для серії імпульсів в  $f_U(t)$

**Етап 3. Математичне опрацювання векторів якості ЕЕ та утворення загальної картини якості за об'єктом.** Якщо розглянути всі сукупності отриманих векторів якості ЕЕ – стосовно основної і детальної інформації про ПЯ ЕЕ і особливостей зміни, спотворення і збурення  $f_U(t)$  в повному обсязі, то можна стверджувати, що існують значна деталізованість та надмірність таких даних. З одного боку, це пояснюється необхідністю знаходження причин появи описаних вище погіршень якості ЕЕ та оцінки функціонального стану досліджуваних енергооб'єкту чи мережі внаслідок встановленого в них режиму роботи. З іншого боку, незважаючи на такі потреби, деяка частка цієї інформації може бути надлишковою, бо не завжди є доцільним її використання у повному обсязі для визначення ступеня погіршення якості ЕЕ.

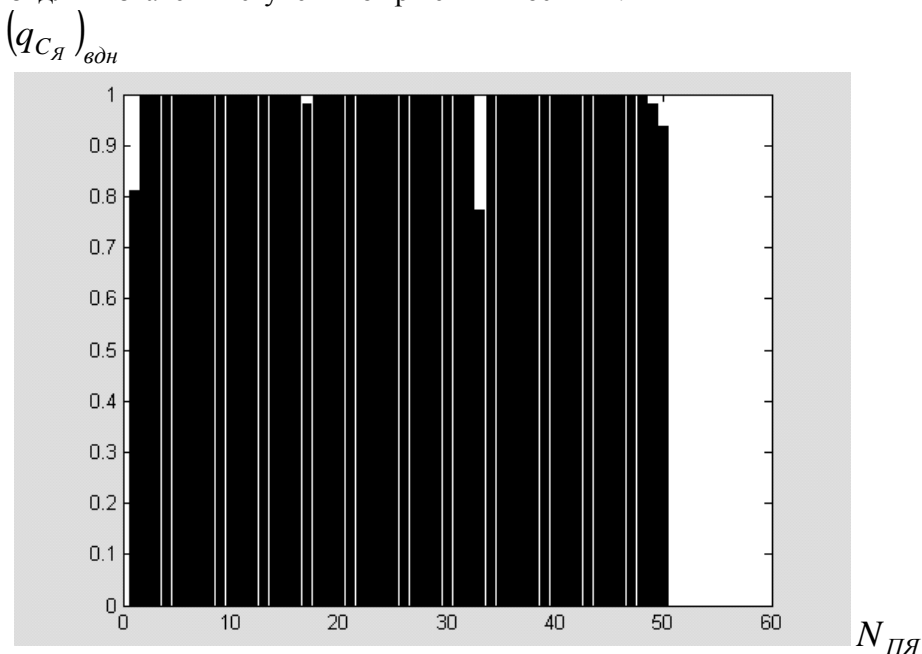


Рис. 4. Діаграма значень відносних одиничних ПЯ ЕЕ динамічного вектора якості ІСФ для єдиного імпульсу в  $f_U(t)$

Такий підхід дає змогу оптимізувати структури часткових векторів якості ЕЕ, що описуються (1)–(3), тобто надати їм компактнішого вигляду. Крім того, з'являється можливість утворення загальної картини якості та функціонального стану досліджуваного энергооб'єкта.

Наприклад, здійснимо таке сукупне оцінювання якості ЕЕ, використовуючи отримані вище часткові вектори якості. Отже, якщо виокремити з них найважливішу інформацію, відповідно до даних табл. 1, 2, 4, то узагальнена матриця якості ЕЕ у випадку виникнення зазначених негативних процесів у мережі матиме вигляд

$$|EE| = \begin{matrix} Q_{cm} \\ Q_{ШВ} \\ Q_{IC} \end{matrix} = \begin{matrix} (\nu_{\mu_e})_{вдн} & ((s_{Un})_{ск})_{вдн} & ((s_{Un})_r)_{вдн} & (k_{UCS})_{вдн} & (k_{U-n_{min}+1})_{вдн} & (k_{U-n_{max}-1})_{вдн} \\ (K_{перU})_{вдн} & (t_{P\Sigma})_{вдн} & ((s_{UP})_{ск})_{вдн} & (\delta U_z)_{вдн} & (t_{z\Sigma})_{вдн} & ((s_{UZ})_{ск})_{вдн} \\ (U_{mi})_{вдн} & (t_i)_{вдн} & ((s_{Ui})_r)_{вдн} & (t_{i\Sigma})_{вдн} & (N_{iM})_{вдн} & \end{matrix} \cdot \quad (6)$$

Якщо підставити раніше визначені числові дані відносних одиничних ПЯ ЕЕ, матимемо матрицю якості цього об'єкта

$$|EE| = \begin{matrix} Q_{cm} \\ Q_{ШВ} \\ Q_{IC} \end{matrix} = \begin{matrix} 0.768 & 0.900 & 0.900 & 0.555 & 0.560 & 0.560 \\ 0.679 & 0.933 & 0.780 & 0.750 & 0.890 & 0.780 \\ 0.810 & 0.980 & 0.773 & 0.980 & 0.937 & 1.000 \end{matrix}.$$

Для візуального відображення виразу (6) з наведеними числовими значеннями сукупності ПЯ ЕЕ застосуємо тривимірну графіку, завдяки чому отримаємо узагальнену картину якості досліджуваної мережі (рис. 5).

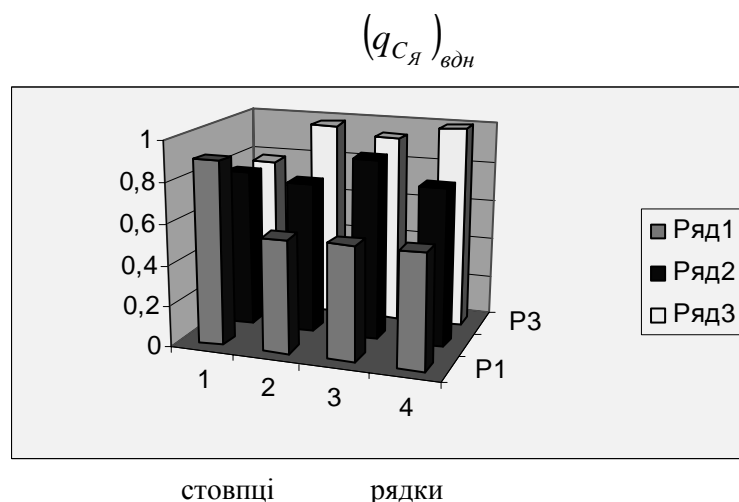


Рис. 5. Узагальнена тривимірна картина якості ЕЕ у досліджуваній мережі

Результати аналізу графіка свідчать, що ідеальною вважається якість ЕЕ, коли  $|EE|$  являє собою одиничну площину, паралельну до основи, котра позначена на рис. 5 як “стовпці-строки”. За рівнем зниження значень складових елементів цієї матриці на певних ділянках можна судити про те, які негативні процеси і якою мірою погіршують якість ЕЕ.

## Висновки

Запропоновано ефективну методику оцінки рівня якості ЕЕ в електричних мережах загального призначення, котра може слугувати проектом нормативного документа та бути використаною на практиці в роботі енергопостачальних організацій і споживачів з метою забезпечення управління якістю такого важливого для України продукту, як ЕЕ.

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. Ванько В.М., Столярчук П.Г. Проблему контролю якості електроенергії в електричних мережах // Вимірювальна техніка та метрологія. – 2001. – №58. – С. 47–56. 3. Ванько В.М., Столярчук П.Г. Метод оцінки якості продукції та послуг за допомогою теорії матриць // Вимірювальна техніка та метрологія. – 2007. – №67. – С. 108–114. 4. Ванько В.М. Розвиток теоретичних засад та нормативно-технічного забезпечення оцінювання якості електричної енергії в мережах загального призначення: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук / НУ «Львівська політехніка». – Л., 2008. – 36 с. 5. Теоретические основы электротехники: В 2т. Учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. / Л.Р. Нейман, К.С. Демирчян. – Ленинград: Энергоиздат, 1981. – Т. 1. – 536 с.

УДК 533.6.011

К. Зеленський, В. Ліщина, \*Є. Ваврук

Відкритий міжнародний університет розвитку людини “Україна”;  
\*Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра електронних обчислювальних машини

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НИЗИННИХ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ

© Зеленський К., Ліщина В., Ваврук Є., 2009

Розглянуто задачу про виникнення та поширення низинних лісових пожеж. Запропоновано ітераційний числово-аналітичний метод розв’язання відповідної крайової задачі відносно концентрації речовин, що горять, та температури горіння в осередку пожежі. Наведено результати комп’ютерного моделювання запропонованого алгоритму.

The problem of appearing and extending of bottom forest conflagrations is discusses. The iterative computer- analytic method of decision of system of differential equations in partial derivations for concentration of flying substance and temperature of flying is considered.

### Вступ

Охорона лісу від пожеж як частина загальнішої проблеми – захисту довкілля – має важливе самостійне значення у зв’язку з ростом антропогенного навантаження на довкілля і значним збільшенням кількості лісових пожеж.

Відповідно до універсальної схеми горіння при лісових пожежах спостерігаються процеси прогрівання, сушіння, піролізу (газифікації) легкозаймистих матеріалів (ЛЗМ), а також горіння продуктів піролізу. Кожний з цих процесів реалізується у відповідних просторових зонах фронту пожежі та у факелі полум’я, де згоряють газоподібні продукти піролізу.