

Науково-технічні аспекти визначення відповідальності за порушення якості електричної енергії

О. Гриб, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри,
Г. Сендерович, доктор технічних наук, професор кафедри,
П. Щербакова, кандидат технічних наук, доцент кафедри,
 НТУ «Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Научно-технические аспекты определения ответственности за нарушение качества электрической энергии

О. Гриб, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой,
 Г. Сендерович, доктор технических наук, профессор кафедры,
 П. Щербакова, кандидат технических наук, доцент кафедры,
 НТУ «Харьковский политехнический институт», г. Харьков

Scientific and Technical Aspects of Definition of Responsibility for Violation of Electric Energy Quality

O. Grib, Doctor of Engineering, professor, head of the department of power supply systems automation,
 G. Senderovych, Doctor of Engineering, professor of the department,
 P. Shcherbakova, PhD, associate professor of the department,
 National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv

У статті проведено аналізування відомих рішень із визначення часткової участі постачальників і споживачів у відповідальності за порушення якості електроенергії та оцінення перспектив розвитку досліджень у цьому напрямку.



О. Гриб



Г. Сендерович



П. Щербакова

Однією із найважливіших проблем економіки України є енергозаощадження. Ця проблема є багатогранною, має різні напрямки вирішення, кожний із яких не повинен залишитися поза увагою. Один із аспектів енергозаощадження, пов'язаний зі зменшенням втрат електроенергії, зумовлено низькою якістю електроенергії (ЯЕ). Відхилення показників якості електроенергії (ПЯЕ) від допустимих значень спричинять зменшення строку служби електротехнічного устаткування, його ефективності, а у деяких випадках — порушення технологічного процесу споживачів.

В умовах ринкової економіки енергопостачальне підприємство і споживач виступають як рівні комерційні партнери, суб'єкти єдиного процесу розподілу і споживання електроенергії. Для створення зацікавленості у підвищенні ЯЕ необхідно забезпечити такі умови, за яких збитки, що зазнають суб'єкти через низьку ЯЕ, оплачували б фактичні винуватці.

У міжнародній практиці домінують два принципи визначення допустимості приєднання споживача до мережі у випадку порушення вимог, які пред'являють до ПЯЕ. Ці принципи можна висловити логічними формулами: «платить останній» і «кожний платить свою частку» [1].

Відповідно до першого приєднання споживачів здійснюється практично без обмежень доти, поки ПЯЕ не вийдуть за межі допустимих значень. Споживачі, приєднані згодом, мають додаткові витрати, обумовлені необхідністю компенсації внесених спотворень, що призводять до порушення стандарту. Цей принцип є характерний для електромереж, у яких вимоги до ПЯЕ враховують і забезпечують протягом тривалого часу їхнього розвитку та експлуатації.

Для України, країни з розвиненими електричними мережами, у яких заходи дотримання ЯЕ традиційно недостатні, доцільно використовувати другий принцип, теж широко застосовуваний у світовій практиці експлуатації електромереж. Відповідно до нього кожен суб'єкт процесу розподілу електроенергії має право на внесення своєї частки спотворень, але зобов'язаний компенсувати збиток від зниження ЯЕ, що відповідає цій частці.

У статті йдеться щодо ПЯЕ, які представляють тривалі зміни характеристик напруги у трифазних силових мережах, насамперед, стосовно порушення симетрії напруг (коефіцієнтів несиметрії напруг зворотної K_{2U} і нульової K_{0U} послідовностей) і синусоїдності кривої напруги (коефіцієнтів спотворення синусоїдності кривої напруги K_U і n -го гармонічного складника напруги $K_{U(n)}$).

У практиці експлуатації електричних мереж і в науково-технічній літературі можна виділити *два основних напрямки*, за якими вирішується завдання визначення участі і розподілу відповідальності за порушення ЯЕ: *нормативний* і *параметричний*. Нормативний підхід передбачає уведення стосовно суб'єктів розподілу електроенергії штрафних санкцій у випадку порушення ЯЕ, обумовлених відповідним договором або законодавчим актом. Методики нормативних підходів базуються на статистичних дослідженнях і мають імовірнісний характер. Параметричний підхід допускає визначення відповідальності відповідно до науково обґрунтованої методики, яка дає змогу розрахувати часткову участь суб'єктів у порушенні ЯЕ за параметрами конкретного режиму і діючої схеми експлуатованої електромережі.

Метою статті є аналізування відомих рішень з визначення відповідальності постачальників і споживачів електроенергії за порушення вимог до ПЯЕ, пов'язаних із тривалими змінами характеристик напруги, і оцінка перспектив розвитку досліджень у цьому напрямку.

Нормативний підхід [2], спираючись на пакет правових документів, дає важелі впливу на суб'єкти процесу розподілу електроенергії з метою підвищення її якості, але не визначає фактичної участі суб'єктів у порушенні ПЯЕ, має імовірнісний ха-

рактер і дає змогу існувати суб'єктивним тенденціям превалювання інтересів природних монополістів-енергетиків, з одного боку, або споживачів, що захищені законодавством, з іншого. При цьому визначення відповідальності, призначене для стимулювання зацікавленості суб'єктів у проведенні організаційних і технічних заходів, спрямованих на підвищення ЯЕ, не має свого цільового впливу і не дає належного ефекту.

Параметричний підхід [3], у випадку його математично коректної реалізації, може забезпечити детерміноване визначення часткової участі суб'єктів у відповідальності за вихід значень ПЯЕ із області допустимих відхилень, визначених у ДСТУ 13109-97 [4] або інших документах, що діятимуть надалі. Використання параметричного підходу дає змогу виключити суб'єктивний фактор із оцінки часткової участі суб'єктів у відповідальності за порушення ЯЕ.

Завдання визначення часткової участі у загальному виді зводиться до такого. Суб'єктами процесу розподілу електроенергії в точці загального приєднання (ТЗП) є споживачі 1, 2, ... n , які отримують живлення зі збірних шин, і постачальник електроенергії, який забезпечує живлення через понижувальний трансформатор (рис. 1). Якщо в ТЗП зафіксовано відхил ПЯЕ від допустимих значень, потрібно визначити ту часткову участь, яку вніс кожний із суб'єктів у це порушення.

Залежно від використовуваної у методиці вихідної інформації можна виділити два типи параметричного підходу: за параметрами режиму та за параметрами схеми заміщення.

Методи, що використовують параметри режиму, переважно оперують поняттям вторинної потужності, відповідно до якого в місці, де відбувається спотворення синусоїдності кривої напруги або симетрії напруг, перебуває джерело напруг (струмів) вищих гармонік або зворотної й нульової послідовностей. Це джерело генерує потужності відповідних частот або послідовностей, які називають вторинни-

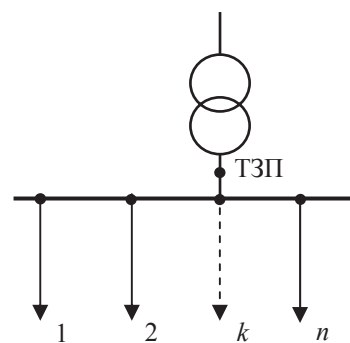


Рис. 1. Підключення суб'єктів процесу розподілу електроенергії до ТЗП

ми. Енергію ці джерела отримують за основною частотою або прямою послідовністю (первинні потужності).

Використання як критерій відповідальності напрямку і величини вторинної потужності стало основою методу, затвердженого Держенергонаглядом Міністерства енергетики Російської Федерації [5]. Відповідно до методу фактичний внесок (ФВ) від джерел гармонійних складових струму або джерел струму зворотної послідовності визначають як модуль вектора напруги n -ої гармоніки або модуль вектора напруги зворотної послідовності, що створює певний суб'єкт у ТЗП. Для цього схема електропостачання будь-якого k -го суб'єкта (зокрема система електропостачання), приєднаного до ТЗП, можна представити схемою заміщення у виді двополюсника, що складається із джерела вторинного струму та паралельно з'єданого внутрішнього опору (рис. 2, а).

Метод припускає вимірювання параметрів режиму одночасно на всіх приєднаннях до ТЗП. Фідера поділяють на джерела і споживачів вторинної потужності за напрямком активної вторинної потужності (рис. 2, б).

Припускають, що перші є лише джерелами струму. Для них застосовують векторне підсумовування генерованих струмів ($I_{(n)k}$, I_{2k}), і визначають модуль дієвого значення струму еквівалентного джерела ($I_{\Sigma(n)}$, $I_{\Sigma 2}$).

Інші суб'єкти уведено еквівалентним пасивним елементом з опором ($Z_{BX(n)}$, Z_{BX2}), модуль якого визначають за формулою:

$$Z_{BX(n)} = \frac{U_{(n)}^{\text{ТОП}}}{I_{\Sigma(n)}} \text{ або } Z_{BX2} = \frac{U_2^{\text{ТОП}}}{I_{\Sigma 2}}, \quad (1)$$

де $U_{(n)}^{\text{ТОП}}$ або $U_2^{\text{ТОП}}$ — вторинна напруга у ТЗП.

Модуль вектора n -го гармонічного складника напруги, створюваного k -м джерелом струму вищих гармонік на розглянутому інтервалі усереднення визначають за формулою:

$$U_{(n)k}^{\Phi B} = I_{(n)k} \cdot Z_{BX(n)}. \quad (2)$$

Аналогічно модуль вектора напруги зворотної послідовності, створюваного k -м джерелом струму, визначають за формулою

$$U_{2k}^{\Phi B} = I_{2k} \cdot Z_{BX2}. \quad (3)$$

Щодо визначення відповідальності за порушення ЯЕ у методі розрахунку ФВ за вторинною потужністю є два недоліки:

- по-перше, ця методика не враховує взаємного складника вторинної потужності, що може вносити похибку до оцінки часткової участі суб'єктів;
- по-друге, не враховуються зміни ЯЕ і відповідальності за ці зміни протягом усього строку моніторингу (тиждень, мінімум доба відповідно до ДСТУ [4] або постійний моніторинг).

Перший недолік автори виявили у ході аналізу вторинних потужностей на межі балансової належності (МБН) за порушення симетрії напруг [6] і синусоїдності кривої напруги [7]. Проілюструвати його можна на прикладі потужності n -го гармонічного складника.

Схему заміщення (рис. 2, а) представимо з метою моделювання n -го гармонічного складника і розглянемо з точки зору одного споживача, для якого усі зовнішні мережі є системою (рис. 3). МБН при цьому знаходиться у ТЗП. На схемі подано джерела струму в системі $J_{(n)c}$ та навантазі $J_{(n)n}$, а також опори контурів системи $Z_{(n)c}$ і навантаги $Z_{(n)n}$.

Для розглянутих умов виведено вираз активної потужності n -го гармонічного складника на МБН,

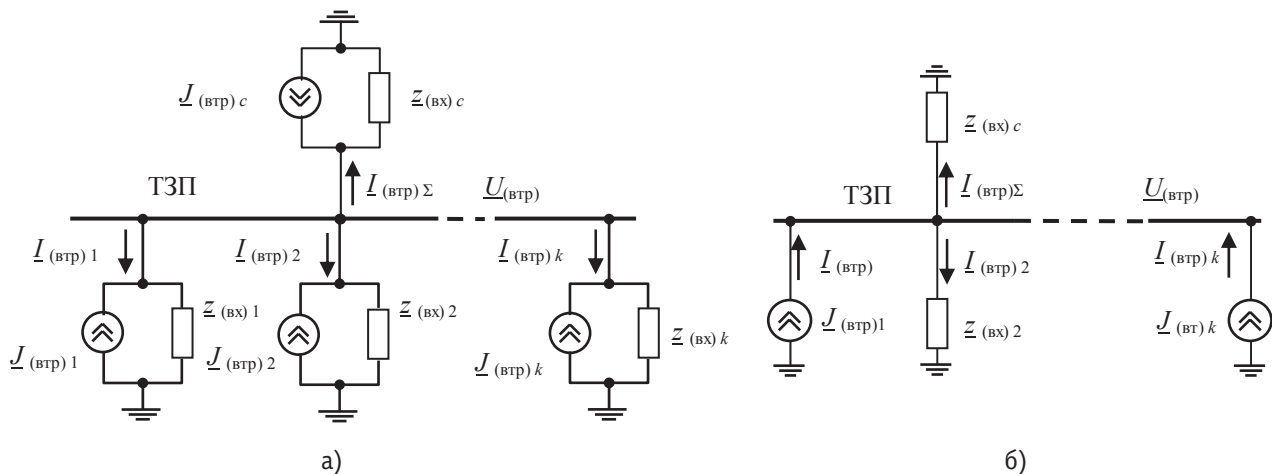


Рис. 2. Схема заміщення суб'єктів, підключених до ТЗП: а — загальна; б — з поділом на джерела і споживачів вторинної потужності

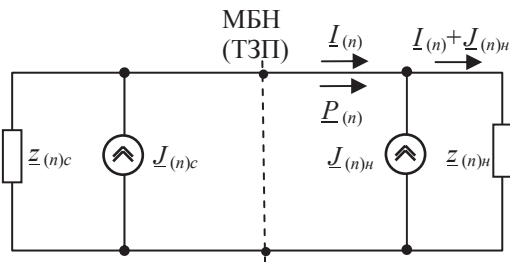


Рис. 3. Схема заміщення n -го гармонічного складника

яку можна представити виразом:

$$P_{(n)} = J_{(n)c}^2 \cdot Z_{(n)E1} - J_{(n)H}^2 \cdot Z_{(n)E2} + J_{(n)c} \cdot J_{(n)H} \times \left(Z_{(n)E3} \cdot \cos \delta_{(n)} + Z_{(n)E4} \cdot \sin \delta_{(n)} \right), \quad (4)$$

де $J_{(n)c}, J_{(n)H}$ — струми n -ї гармоніки, що генеруються у системі та навантазі; $\delta_{(n)}$ — кут між векторами струмів n -ї гармоніки $J_{(n)c}, J_{(n)H}$; $Z_{(n)E1-4}$ — деякі еквівалентні опори, обумовлені схемою мережі й устаткуванням, застосованим у навантазі.

Потужність n -го гармонічного складника у ТЗП має три складники:

- вторинна потужність, яку генерує джерело струму n -го гармонічного складника, розташоване у системі:

$$P_{(n)1} = J_{(n)c}^2 \cdot Z_{(n)E1}$$

- вторинна потужність, яку генерує джерело струму n -ої гармонічного складника, розташоване у навантазі:

$$P_{(n)2} = -J_{(n)H}^2 \cdot Z_{(n)E2}$$

- взаємна вторинна потужність, яка є за наявності джерел струму n -ї гармоніки у системі та у навантазі:

$$P_{(n)3} = J_{(n)c} \cdot J_{(n)H} \cdot \left(Z_{(n)E3} \cdot \cos \delta_{(n)} + Z_{(n)E4} \cdot \sin \delta_{(n)} \right).$$

Якщо джерело струму n -го гармонічного складника знаходиться у системі, рівняння (4) містить лише складник $P_{(n)1}$, обумовлений генерацією активної потужності у системі. Напрямок вторинної активної потужності за n -ою гармонікою збігається з напрямком активної потужності за основною частотою.

У разі перебування джерела струму n -го гармонічного складника у навантазі рівняння (4) містить лише складник $P_{(n)2}$, обумовлений генерацією активної потужності у навантазі. Напрямок вторинної активної потужності за n -ою гармонікою є протилежним до напрямку активної потужності за основною частотою.

У разі перебування джерел струму n -го гармонічного складника у системі та в навантазі рівняння активної потужності (4) містять усі три складники. Причому значення і напрямки взаємного складника $P_{(n)3}$ за вимірювання, проведеного у різних інтервалах усереднення, є невизначеним, оскільки во-

но є функцією від кута $\delta_{(n)}$, який має випадковий характер.

Вираз для потужності зворотної послідовності на МБН, отриманий для умови порушення симетрії напруг, якісно має той самий характер, описаний формулою (4). Також є взаємний складник, значення і напрямки якого перебувають у тригонометричній залежності від випадкового значення кута між векторами ЕРС зворотної послідовності, розташованими у системі та навантазі [6]. Подібний характер є властивий і формулам для вторинних реактивних потужностей.

Наявність взаємного складника не дає змоги визначити однозначну залежність значення або напрямку активної (реактивної) потужності від співвідношення значень струмів або ЕРС джерел генерування вторинної потужності.

Другий недолік використання вторинної потужності для визначення відповідальності за порушення ЯЕ пов'язаний з тим, що такий підхід не дає можливості враховувати зміни ЯЕ та й самого факту порушення вимог до ПЯЕ протягом часу моніторингу ЯЕ. Ці зміни варто обов'язково очікувати, оскільки у процесі експлуатації електромереж змінюються режими їхньої роботи, відбуваються зміни потужності та складу навантаги споживачів.

Зазначені проблеми вирішені авторами.

Для визначення ФВ суб'єктів у випадку порушення симетрії напруг застосовано модель у фазних координатах (рис. 4), у якій \underline{E} — фазні ЕРС системи; \underline{Z}_c — опір зв'язку із системою; \underline{U} — напруга на МБН; \underline{I} — сила струму навантаги; \underline{Z}_H — опір навантаги. Застосування цієї моделі за наявності сучасних контрольно-вимірювальних комплексів, виконаних на базі ЕОМ, дало змогу виконувати вимірювання миттєвих значень сили струмів і напруг, виконувати із заданим інтервалом усереднення (3с згідно з [4]), виконувати розрахунки комплексних значень усіх необхідних параметрів режиму (сили струмів, напруги, потужностей, симетричних й гармонічних складових тощо), розраховувати параметри схеми заміщення [8].

Застосовано параметричний підхід, що використовує параметри схеми заміщення мережі, отримані за параметрами поточного режиму. Усунуто основний

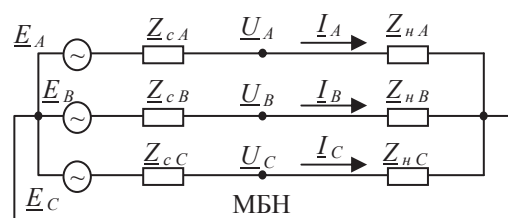


Рис. 4. Модель у фазних координатах

недолік застосування схем заміщення — приблизне визначення їхніх параметрів. Часткову участь суб'єктів розраховують у рамках кожного інтервалу усереднення. Для визначення участі суб'єктів у порушенні симетрії напруг знайдено розв'язки без застосування вторинної потужності.

Для спотворення синусоїдності кривої напруги такого розв'язку знайти не вдалося. Але, на відміну від несиметрії напруг, для цього порушення виявлено ознаку розташування джерел струмів вищих гармонік з однієї сторони від МБН [9]. Визначення такого режиму ґрунтується на тому, що розкладання в ряд Фур'є несинусоїдної кривої призводить до появи пакета кривих вищих гармонік. Якщо джерело струмів вищих гармонік одне, потужності всіх гармонічних складників мають однаковий напрямок:

$$\text{sign } P(n) = \text{const.} \quad (5)$$

Досвід моніторингу ЯЕ показав, що наявність джерел генерації струмів вищих гармонік з однієї сторони відносно МБН трапляється достатньо часто, якщо навіть не у більшості випадків порушення синусоїдності кривої напруги. За виконання умови (5) часткову участь суб'єктів можна однозначно визначити у рамках кожного інтервалу усереднення.

Невиконання умови (5) означає, що джерела струмів вищих гармонік, які можуть генерувати гармонічні складники однакових або різних частот, розташовані з обох боків від МБН. За генерації n -го гармонічного складника у системі та навантазі рівняння (4) міститиме всі три складники. У цьому разі наявність взаємної потужності не дає змоги визначити однозначну залежність напрямку активної потужності від співвідношення значень струмів генерації.

За невиконання умови (5) не можна у рамках одного інтервалу усереднення однозначно визначити часткову участь суб'єктів у порушенні синусоїдності кривої напруги.

Таку задачу можна розв'язувати як інтегральну за великої кількості інтервалів усереднення у часі, тривалість якого визначається видом моніторингу [10]. Інтегральний підхід до оцінювання потужності є перехід до оцінювання енергії. Якщо взяти простий інтеграл за час моніторингу T за рівнянням (4), то у разі випадкових значень кута $\delta_{(n)}$ в окремих інтервалах усереднення варто очікувати, що активна енергія, яка відповідає взаємному складнику потужності n -ої гармоніки, прагнучиме до нуля:

$$W_{(n)3} = \int_0^T P_{(n)3} dt \longrightarrow 0. \quad (6)$$

Значення активної енергії n -го гармонічного складника при цьому прагнучиме до збереження лише постійних складників:

$$W_{(n)} = \int_0^T P_{(n)} dt \longrightarrow J_{(n)c}^2 \cdot z_{(n)E1} \cdot T - J_{(n)H}^2 \cdot z_{(n)E2} \cdot T. \quad (7)$$

Що більший час моніторингу T , то менший вплив матиме взаємний складник потужності n -ої гармоніки на загальне значення вторинної енергії й більшою мірою знак і значення $W_{(n)}$ характеризуватимуть превалювання одного із джерел струму n -ої гармоніки. Але за будь-якого часу моніторингу у разі порушення умови (5) строга детермінованість розрахунку часткової участі порушується, розв'язку набуває статистичного характеру.

Інтегральний підхід дає змогу сполучити з розв'язку цієї задачі виправлення другого недоліку відомого методу, зазначеного вище [5], а саме — враховувати зміни ПЯЕ протягом моніторингу ЯЕ.

Визначення відповідальності саме за потужністю й у рамках одного інтервалу усереднення не є необхідністю. Фінансові розрахунки між суб'єктами розподілу та споживання електроенергії виконують не за потужністю, а за кількістю електроенергії. *Задачею є визначення частини електроенергії, отриманої з порушенням вимог ЯЕ, і відповідальності суб'єктів за це порушення.* За проведення контролю ЯЕ відповідно до вимог ДСТУ [4] тривалість вимірювання становить від 24 год до 7 діб. За постійного моніторингу час визначають розрахунковим періодом між суб'єктами, тривалість якого звичайно становить один місяць.

Авторами розроблено методики розрахунку часткової участі суб'єктів у відповідальності, що визначають відповідальність лише за частину електроенергії, отриману з порушенням вимог до ПЯЕ. Розглянемо таку методику на прикладі методики, призначеної для випадку порушення синусоїдності кривої напруги [10].

Для виявлення відповідальності споживача за спотворення синусоїдності кривої напруги на його фідері встановлюють контрольно-вимірювальний комплекс, наприклад «АНТЕС АК-3Ф». Прилад контролює ЯЕ і зберігає у пам'яті інформацію стосовно параметрів режиму в кожному інтервалі усереднення, в якому за час проведення моніторингу виявлено будь-яке порушення вимог до ПЯЕ. Першою задачею, яку має вирішити програма розрахунку відповідальності, є добір тих інтервалів усереднення, у яких, хоча б для однієї гармоніки, коефіцієнт n -го гармонічного складника перевищив нормально допустиме значення:

$$K_{U_{(n)}} > K_{U_{(n)}}^{H/P}. \quad (8)$$

Для кожної гармоніки визначають напрямок активної потужності. Споживання потужності n -ої гармоніки станеться у тому випадку, якщо вона збігається за напрямком з потужністю основного гармонічного складника, що можна визначити із умови:

$$P_{(n)} \cdot P_{(1)} \geq 0. \quad (9)$$

Якщо в усіх виявлених гармоніках спостерігається споживання активної потужності, роблять висновок,

що у порушенні синусоїдності винна система, коефіцієнт відповідальності споживача $K_{\text{відп}} = -1$. За *гелнерування* активної потужності в усіх гармонічних складниках винним є споживач, $K_{\text{відп}} = 1$. Виконання умови (5) означає, що відповідальність визначено на рівні одного інтервалу усереднення, що дає детермінований розв'язок у розглянутому інтервалі усереднення.

У разі невиконання умови (5) задача розподілу відповідальності не вирішується у рамках одного інтервалу усереднення. У процесі підсумовування результатів за час моніторингу відповідно до (7) можна очікувати наближеного розв'язання статистичного характеру. Для інтервалу усереднення коефіцієнт відповідальності обчислюють за формулою:

$$K_{\text{відп}} = \frac{\sum_{n=2}^{n=40} K_{\text{відп}(n)}}{k_n}, \quad (10)$$

де $K_{\text{відп}(n)}$ — коефіцієнт відповідальності за n -ою гармонікою, визначений за напрямком її активної потужності; k_n — кількість гармонік, у яких виконано умову (8).

Гармоніки, у яких умову (8) не виконано, враховують у формулі (10) з $K_{\text{відп}(n)} = 0$.

Коефіцієнт відповідальності, визначений для порушення нормально допустимих значень, підходить для використання порушень гранично допустимих значень, які визначають за умовою:

$$K_{U(n)} > K_{U(n)}^{r/\Pi} \quad (11)$$

Перевищення коефіцієнтом спотворення синусоїдності кривої напруги нормально і гранично допустимих значень фіксують для кожного інтервалу усереднення за умов:

$$K_U > K_U^{H/\Pi}, \quad (12)$$

$$K_U > K_U^{r/\Pi}. \quad (13)$$

Коефіцієнти відповідальності, визначені за порушення синусоїдності за коефіцієнтом n -го гармонічного складника $K_{U(n)}$, поширюються і на коефіцієнт спотворення синусоїдності кривої напруги K_U .

У кожному j -му інтервалі усереднення визначають кількість електроенергії, за яку споживач має одержати компенсацію або понести штрафні санкції. Отриману споживачем електроенергію враховують пофазно ($i = 1$) з коефіцієнтом відповідальності $K_{\text{відп}}$; вона складається за трьома фазами ($f = 3$), якщо підключення трифазне. Енергія, отримана споживачем з порушеннями синусоїдності, і тому потребує визначення відповідальності, складається за всіма інтервалами усереднення:

$$W_{\text{відп}} = \sum_{j=1}^{j=\frac{T_{\text{відп}}}{\Delta t}} \left[\sum_{i=1}^{i=f} W(j, i) \cdot K_{\text{відп}}(j, i) \right], \quad (14)$$

де $T_{\text{відп}}$ — час, протягом якого контрольно-вимірювальний прилад фіксував перевищення допустимих значень кожним із ПЯЕ.

Інтервали усереднення, у яких умова (8) не виконується ні для яких гармонік, враховують у формулі (14) з $K_{\text{відп}(n)} = 0$.

Результат обчислювання за формулою (14) може бути додатковим і від'ємним залежно від знаків коефіцієнтів відповідальності та кількості спожитої електроенергії в інтервалах усереднення. Якщо енергія, що потребує визначення відповідальності, додатня ($W_{\text{відп}} > 0$), споживач має право на одержання компенсації, пропорційної $W_{\text{відп}}$. У іншому випадку ($W_{\text{відп}} < 0$) є підстави для накладення на споживача штрафних санкцій, пропорційних $W_{\text{відп}}$. Виконання обчислювань відповідальності слід супроводжувати оцінкою їхньої вірогідності відповідно до умови (5). Якщо розрахунок має детермінований характер, його можна використовувати у системі взаємних розрахунків між суб'єктами. Якщо розрахунок загалом має статистичний характер, слід виявити його детерміновану частину, яку також можна використати для взаємних розрахунків. Що стосується статистичної частини розрахунку, то вона потребує додаткового аналізування з урахуванням устаткування, встановленого на обстежуваному фідері та на інших приєднаннях до ТЗП.

Методика дає змогу визначити кількість електроенергії, отриманої споживачем за час моніторингу з порушеннями коефіцієнта n -го гармонічного складника $K_{U(n)}$ і коефіцієнта спотворення синусоїдності кривої напруги K_U . Окремо зазначається кількість електроенергії, отриманої за порушення нормально і гранично допустимих значень. У разі статистичного розв'язку зазначається частина електроенергії, отримана детермінованим розрахунком. Відносне значення енергії, що потребує визначення відповідальності, обчислюють за формулою:

$$W_{\text{від}}^* = \frac{W_{\text{від}}}{W}, \quad (15)$$

де W — загальна кількість електроенергії, яку споживач отримав за час моніторингу.

Перевагою розглянутої методики є те, що її можна використовувати автономно, встановивши прилад на окремому фідері. Таку саму перевагу має й методика визначення відповідальності за перевищення допустимого сталого відхилу напруги [11].

Цього не можна сказати стосовно методики визначення часткової участі у відповідальності за порушення симетрії напруг, яка також розроблена [12], і разом з названими її застосовують у комплексній методиці [13]. Основою методики щодо несиметрії напруг є метод, який використовує параметри

схеми заміщення, отримані за параметрами поточного режиму [8], що потребує прив'язки до наявної мережі й достатньо складний у реалізації. Використання цього методу є доцільним за централізованого обліку відповідальності за порушення ЯЕ, який проводить постачальник електроенергії на збірних шинах, і найбільш ефективним у випадку охоплення всіх підключень до ТЗП.

На сьогодні можна говорити, що розроблено методи і методики визначення часткової участі суб'єктів розподілу електроенергії у відповідальності за порушення ЯЕ у трифазних силових мережах за такими ПЯЕ: симетрія напруг (K_{2U}, K_{0U}), синусоїдність кривої напруги ($K_U, K_{U(n)}$) і сталий відхил напруги (δU_y). Розроблено також комплексну методику, що поєднує три зазначені методики. Але залишився ряд невирішених питань, які є актуальними і доцільними з точки зору впровадження результатів досліджень в експлуатацію.

Не розглянуто показники, що характеризують коливання напруги: розмах зміни напруги (δU_i) і дозу флікера (P). Ці показники, як і розглянуті, представляють тривалі зміни характеристик напруги, що припускає потенційну можливість для вивчення закономірностей їхнього виникнення і детерміновано розподілу відповідальності за ці порушення між суб'єктами. Виконання розробок у цьому напрямку зробить визначення відповідальності за порушення ЯЕ повнішим і принциповішим.

Інший, мабуть, найважливіший напрямок подальших досліджень, пов'язаний із доведенням розроблень до рівня, що забезпечує їхнє впровадження у практику експлуатації електромереж. Наразі є розробки, що дають змогу у разі їхнього успішного завершення спростити визначення часткової участі за порушення симетрії та зробити його незалежним від схеми мережі. У разі розв'язання цієї задачі можна переходити до розроблення недорогих лічильників електроенергії, що надаватимуть інформацію за звітний період щодо:

- 1) обліку споживання електроенергії (звичайна функція);
- 2) обліку споживання електроенергії, яку розподілено з порушеннями вимог до ПЯЕ;

- 3) визначення часткової участі споживача у відповідальності за перевищення допустимих відхилів ПЯЕ.

Промислове виробництво таких лічильників з наступним їхнім впровадженням у практику експлуатації електричних мереж можна уважати створенням технічної бази для забезпечення обліку електроенергії з контролем її якості.

Третім напрямком є використання методик щодо визначення участі суб'єктів у відповідальності за порушення вимог до ЯЕ в автоматизованих системах контролю й обліку електроспоживання (АСКОЕ). Розвиток сучасних комп'ютерних інформаційних технологій в енергетиці дає змогу вже сьогодні розробляти АСКОЕ з використанням геоінформаційних систем (ГІС), що є універсальним інструментальним середовищем реалізації просторово-часових співвідношень і взаємозалежних подій на заданій території.

ВИСНОВКИ

Є підстави стверджувати, що виконано великий обсяг робіт з розроблення методів і методик детермінованого визначення часткової участі постачальників і споживачів електроенергії у відповідальності за порушення ЯЕ в електромережах.

Разом з тим, доцільно продовжити дослідження і розробки у даній області знань за такими напрямками:

- 1) завершення розроблень методів і методик детермінованого розподілу відповідальності за порушення ЯЕ за показниками, що представляють тривалі зміни характеристик напруги (коливання напруги);
- 2) проведення досліджень щодо розроблення автономних лічильників електроенергії з уведенням додаткових опцій:
 - обліку споживання електроенергії, розподіленої з порушеннями вимог до ПЯЕ;
 - визначення часткової участі споживача у відповідальності за перевищення допустимих відхилів ПЯЕ;
- 3) використання розроблень з визначення часткової участі постачальників і споживачів електроенергії в АСКОЕ і ГІС технологіях.

ЛІТЕРАТУРА

1. Железко Ю. С. Влияние потребителя на качество электрической энергии в сети и технические условия на его присоединение // Промышленная энергетика. — 1991. — № 8. — С. 39—41.
2. Гриб О. Г. Анализ договорного подхода к определению ответственности субъектов за нарушение качества электрической энергии / О.Г. Гриб, Г.А. Сендерович, П.Г. Щербакова // Світлотехніка та електроенергетика. — 2007. — №1 (9). — С. 77—81.
3. Гриб О. Г. Анализ параметрического подхода к определению ответственности субъектов за нарушение качества электрической энергии / О.Г. Гриб, Г.А. Сендерович, П.Г. Щербакова // Світлотехніка та електроенергетика. — 2007. — №2 (10). — С. 64—73.

4. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения: ГОСТ 13109-97. — [Введ. в Украине 01.01.2000]. — Минск: ИПК. Изд-во стандартов, 1998. — 30 с. — (Межгосударственный стандарт стран СНГ).
5. Методические указания по контролю и анализу качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Часть 2. Анализ качества электрической энергии РД 153-34.0-15.501-01. Разработано научно-методическим центром 000 «Научный центр ЛИНВИТ». — Москва: Энергосервис, 2001. — 23 с.
6. Сендерович Г. А. Использование мощности симметричных составляющих для определения фактического вклада субъекта в искажение симметрии / Г.А. Сендерович // Автоматика. Автоматизация. Электрические комплексы и системы. — 2005. — № 2 (16). — С. 169—176.
7. Сендерович Г. А. Оценка влияния субъектов на искажение синусоидальности напряжения по мощности гармонических составляющих / Г.А. Сендерович // Восточно-европейский журнал передовых технологий. — 2006. — № 1/2 (19). — С. 179—182.
8. Сендерович Г. А. Анализ влияния потребителей на несимметрию по обратной последовательности в точке общего присоединения / Г.А. Сендерович // Восточно-европейский журнал передовых технологий. — 2005. — № 1/2 (13). — С. 89 — 94.
9. Гриб О. Г. Особенности использования параметров режима сети для определения участия субъектов в искажении синусоидальности кривой напряжений / О.Г. Гриб, Г.А. Сендерович, П.Г. Щербакова // Восточно-европейский журнал передовых технологий. — 2007. — № 5/4 (29). — С. 73—76.
10. Сендерович Г. А. Методика распределения ответственности за искажение синусоидальности в точке общего присоединения / Г.А. Сендерович // Восточно-европейский журнал передовых технологий. — 2005. — № 6/2 (18). — С. 139 — 143.
11. Сендерович П. Г. Методика и алгоритм определения ответственности за превышение допустимого отклонения напряжения / П.Г. Сендерович // Вісник Харківського Національного технічного університету сільського господарства: «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України». — 2006. — № 2/2 (20). — С. 160 — 164.
12. Сендерович Г. А. Определение ответственности субъектов распределения электрической энергии за нарушение симметрии на сборных шинах / Г.А. Сендерович // Коммунальное хозяйство городов. Сер. Архитектура и техн. науки — К.: Техніка, 2005. — Вып. 63 — С. 255—259.
13. Контроль потребления электроэнергии с учётом её качества / О.Г. Гриб, В.И. Васильченко, Г.А. Сендерович, П.Г. Щербакова и др.; Под. ред. О.Г. Гриба. — Харьков: ХНУРЭ, 2010. — 444 с. ■

Маркування нанопродукції з метою покращання якості інформування споживачів

Наночастки, нанотрубки, нановолокно. Нанотехнології все більше застосовують у продукції, яку ми купляємо, хоча зазвичай ніхто про це навіть і не думає. З метою підвищення якості інформування споживачів щодо наявності таких матеріалів ISO розробила документ, який пропонує виробникам використовувати гармонізований підхід до добровільного маркування своєї нанопродукції або продукції, яку виготовлено із застосуванням нанотехнологій.

Стандарт ISO/TS 13830:2013 «Нанотехнології. Настанова щодо добровільного маркування споживчої продукції, яка містить промислові наноматеріали», надає рекомендації щодо форми та змісту добровільного маркування. Поряд з іншим рекомендовано застосовувати частину «нано» у товарному маркуванні.

Таке маркування дозволить споживачам приймати свідомі рішення під час придбання товару. Жан-

Марк Облан, керівник проекту з розроблення документа, коментує: «Стандарт ISO/TS 13830, по-перше, призначено для виробників, роздрібних продавців, представників сектору пакування, менеджерів з маркетингу, а по-друге, для всіх осіб, зацікавлених у покращанні комунікації та обізнаності щодо нанопродукції. Він забезпечує споживачів надійною та адекватною інформацією, яка дозволяє приймати свідомі рішення щодо покупки відповідно до очікувань».

Незважаючи на те, що існує занепокоєність щодо нанотехнологій, вони полегшують життя людей. Зокрема, вони сприяють засвоєнню медикаментів, захищають одяг від плям та підвищують міцність певних матеріалів.

Стандарт ISO/TS 13830:2013 містить інформацію, яка допоможе роз'яснити, адаптувати і гармонізувати спосіб надійного та точного інформування споживачів у міжнародному масштабі. ■