

ОРГАНІЗАЦІЯ ВИМІРЮВАННЯ, АНАЛІЗУ ТА ПОЛІПШЕННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В МЕРЕЖАХ

Ї Ванько В.М., 2009

На основі аналізу стану нормативного забезпечення моніторингу якості електроенергії запропоновано розвиток структури управління якістю з огляду на сукупність процесів вимірювання та поліпшення якості електроенергії. Обґрунтовано потребу розроблення нових нормативних документів для доповнення чинних з метою вдосконалення управління якістю електроенергії.

The development of quality management system structure in a view of the totality of measurement processes, analysis and electric energy quality improvement on the basis of electric energy quality monitoring normative supply analysis is proposed. The requirement of new normative documents development for the completing of valide ones with the purpose of electric energy quality management improvement is stipulated.

Вступ. Україна є одним з лідерів продукування електроенергії (ЕЕ) серед розвинених країн світової спільноти. До того ж все частіше ЕЕ використовується як альтернативний енергетичний продукт практично у всіх галузях господарки. Тому якість ЕЕ вважають однією з актуальних проблем під час її виробництва, перетворення, розподілу та споживання.

Цю проблему варто розглядати у комплексі як потребу виконання таких завдань:

- розвитку нормативної бази для формування оптимальних вимог щодо визначення рівня якості ЕЕ;
- створення нових нормативних документів (НД) для моніторингу та дослідження якості ЕЕ;
- вдосконалення засобів вимірювання показників якості (ПЯ) ЕЕ як технічної основи цього моніторингу;
- покращання метрологічного забезпечення визначення рівня якості ЕЕ для гарантування єдності вимірювань ПЯ в мережах;
- вдосконалення методів моніторингу та аналізу рівня якості ЕЕ як стратегічного українського продукту.

Стан проблеми контролю якості електроенергії. Для дослідження та аналізу якості ЕЕ в [1] наведено множину ПЯ, що описують ймовірні ситуації та явища, котрі виникають в мережах та спричиняють погіршення якості ЕЕ. До того ж не завжди є чітко сформульованими нормально та граничнодопустимі значення для всіх ПЯ ЕЕ, котрі мають визначати вимоги щодо якості ЕЕ в мережах протягом всього шляху від її виробництва до розподілу та споживання.

Крім того, сьогодні, за незначними винятками [2,3], бракує великого переліку НД, котрі мали б розвивати та доповнювати чинний стандарт ГОСТ 13109-97 [1]. Такі НД повинні, використовуючи кращі теоретичні напрацювання науковців і фахівців, декларувати оптимальні методи вимірювання ПЯ ЕЕ для побудови та застосування необхідних засобів вимірювання. Одночасно з покращанням останніх не менш актуальними є завдання розвитку метрологічного забезпечення вимірювань ПЯ ЕЕ у вигляді новітніх еталонних засобів, схем метрологічної перевірки тощо.

Поряд з потребою отримання достовірної вимірювальної інформації важливо також застосувати ефективні методи оцінювання якості ЕЕ, які дозволять здійснювати управління процесами виробництва, перетворення та розподілу ЕЕ.

Аналіз відомих методів оцінки якості продукції та послуг у застосуванні до ЕЕ показує, що для всебічного, строгого і ефективного її контролю жоден з цих методів не підходить. Як зазначено в [1], норми якості ЕЕ встановлюються за сукупністю її ПЯ. Дані ПЯ ЕЕ описують різноманітні явища, котрі відбуваються на енергооб'єктах і в мережах, а також зображають біжучий стан мережі, що визначається особливостями та змінами навантаження у споживачів.

Сьогодні оцінка якості ЕЕ ґрунтується на виявленні і фіксації виходу вимірюваних значень одного чи декількох ПЯ зі всієї вибраної сукупності показників за межі встановлених норм якості – граничних значень ПЯ ЕЕ – протягом рекомендованого інтервалу часу аналізу, не меншого 24 год. Враховуючи специфіку контрольованих сигналів напруг і струмів і насамперед випадковість їх зміни, допускається достовірність визначення ПЯ ЕЕ з ймовірністю 95%.

В [2,3] вперше зроблено спробу поєднати методики виконання вимірювання (МВВ) статичних ПЯ ЕЕ та методики аналізу рівня якості (МАЯ) ЕЕ. Хоча потрібно зазначити, що спостерігається нечітке формулювання етапів моніторингу якості ЕЕ – рекомендовані в [4,5] складові частини МВВ використано як під час визначення ПЯ, так і під час аналізу рівня якості ЕЕ.

Варто також зазначити деякі істотні недоліки, властиві викладеним вище методам оцінки якості ЕЕ:

- не виконується дослідження якості ЕЕ під час нормального режиму функціонування мережі, коли відсутній вихід будь-якого ПЯ ЕЕ за межі граничних значень, що не дає змоги 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 зараховано також енергопостачальні організації;

- відсутня наочність отриманої картини якості ЕЕ та мережі.

Отже, актуальним завданням є проектування спеціальних підходів і способів отримання та опрацювання вимірювальної інформації стосовно ПЯ ЕЕ, котра дозволила б аналізувати якість ЕЕ та функціональний стан будь-якої мережі.

Формування процесів моніторингу якості електроенергії. У разі здійснення управління якістю ЕЕ в енергосистемі доцільно користуватись чинною нормативною документальною базою щодо оцінювання якості продукції [6,7], а також опиратись на перспективний метод оцінювання якості ЕЕ на основі матричного числення [8]. Основою системи управління якістю (СУЯ), котра має забезпечувати ефективність продукування, транспортування, розподілу та споживання ЕЕ, слугує рекомендована в [6,7] та дещо модифікована в [8] модель, заснована на процесному підході. До того ж СУЯ потрібно розглядати як поєднання підсистем: випуску продукції, вимірювання, аналізу та поліпшення (ВАП), відповідальності керівництва, управління ресурсами (рис. 1).

Кожна з цих підсистем являє собою сукупність процесів, завдяки яким здійснюється управління якістю, у цьому випадку ЕЕ.

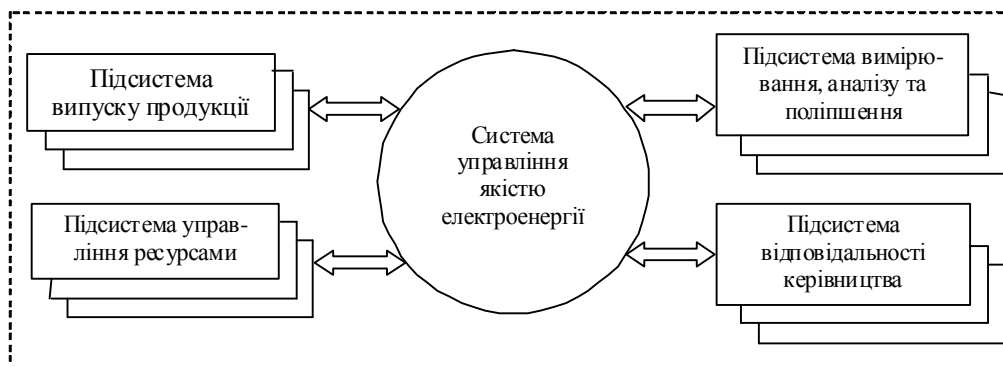


Рис. 1. Структура СУЯ ЕЕ як поєднання підсистем

Однією з найважливіших підсистем процесів, котрі забезпечують необхідний рівень якості ЕЕ як продукту, є ВАП. Цю сукупність процесів варто розглядати у вигляді діяльностей, спрямованих на отримання вимірювальної інформації та її аналіз, тобто моніторинг стану мережі, що дозволяє сформулювати потрібні корегувальні заходи для подальшого підвищення якості ЕЕ.

Розглянемо детальніше структуру ВАП, враховуючи вимоги НД [6,7] та особливості моніторингу якості ЕЕ (рис. 2). Зазначимо, що ВАП має містити такий перелік груп процесів:

- призначення та завдання моніторингу якості ЕЕ;
- вимірювання та моніторинг;
- управління невідповідністю на всіх стадіях проходження ЕЕ;
- аналіз отриманих даних;
- поліпшення якості ЕЕ.

Наведені процеси передбачають розгляд та вирішення таких питань і завдань, котрі повинні гарантувати ефективне та результативне вимірювання, збирання і затвердження даних, необхідних для забезпечення нормальної діяльності енергетичної організації та задоволення потреб споживачів ЕЕ.

Призначення та завдання моніторингу якості ЕЕ має містити сукупність основних завдань стосовно моніторингу якості ЕЕ, котрі ґрунтуються на встановленні необхідних вимог стосовно: вибраного числа ПЯ для дослідження діяльності СУЯ, технологічних процесів, ЕЕ як продукту; граничних норм цих ПЯ; періодичності та особливостей перевірки якості ЕЕ (рис. 2).

Це дозволить гарантувати та забезпечувати відповідність СУЯ, що призводитиме до постійного поліпшення результативності та ефективності СУЯ, а також – оптимального рівня задоволеності зацікавлених сторін щодо ЕЕ.

Вимірювання та моніторинг слугують для збирання інформації про рівень якості ЕЕ та функціональний стан досліджуваного об'єкта у вигляді матриць якості (рис. 2).

Основою моніторингу групи цих процесів потрібно вважати вимірювальний експеримент, котрий має здійснюватись з метою отримання даних щодо ПЯ СУЯ, технологічних процесів і власне продукції (тобто ЕЕ), яка повинна задовольняти потреби зацікавлених сторін.

Множина ПЯ СУЯ (матриця СУЯ $|M_{СУЯ}|$) характеризує ефективність її функціонування та допомагає визначити ділянки, що потребують поліпшення управління якістю ЕЕ. Тобто ця інформація більше стосується організації роботи структури енергосистеми.

Вимірювання і моніторинг процесів полягають в отриманні даних про поточні операції процесів виробництва, перетворення і розподілу ЕЕ та оцінюванні їх перебігу, а також охоплюють визначення ПЯ, котрі всебічно описують властивості операцій процесів: тривалість і реакцію, пропускну здатність, аспекти надійності, продуктивність, рівень втрат (матриці $|M_{пр-к}|$, k – число, залежне від кількості процесів і операцій). Здійснення цих операцій також може характеризуватись змінами ПЯ ЕЕ, що при цьому виникають.

Вимірювання і моніторинг продукції передбачає визначення підсумкових сукупностей ПЯ ЕЕ, як виробу, на відповідних етапах її проходження – на виходах систем виробництва ЕЕ, на виходах структур розподілу ЕЕ та безпосередньо на входах і у схемах споживання користувачів ЕЕ (матриці $|M_{ЕЕ-м}|$, m – число точок моніторингу) [8,9].

Управління невідповідністю на всіх стадіях проходження ЕЕ полягає у ідентифікації невідповідностей якості ЕЕ, тобто виявленні ділянок енергосистеми, де з'явилися негативні процеси або порушення встановлених відповідно до [1] вимог щодо ЕЕ (рис. 2). Знайдені невідповідності аналізують з погляду визначення будь-яких тенденцій чи схем виникнення відмов устаткування енергосистеми, зовнішніх впливів або певних чинників, котрі виникають у споживачів ЕЕ. Означені негативні моменти документально реєструються, проводиться підготування ресурсів для усунення невідповідностей та визначення і застосування відповідних корегувальних дій.

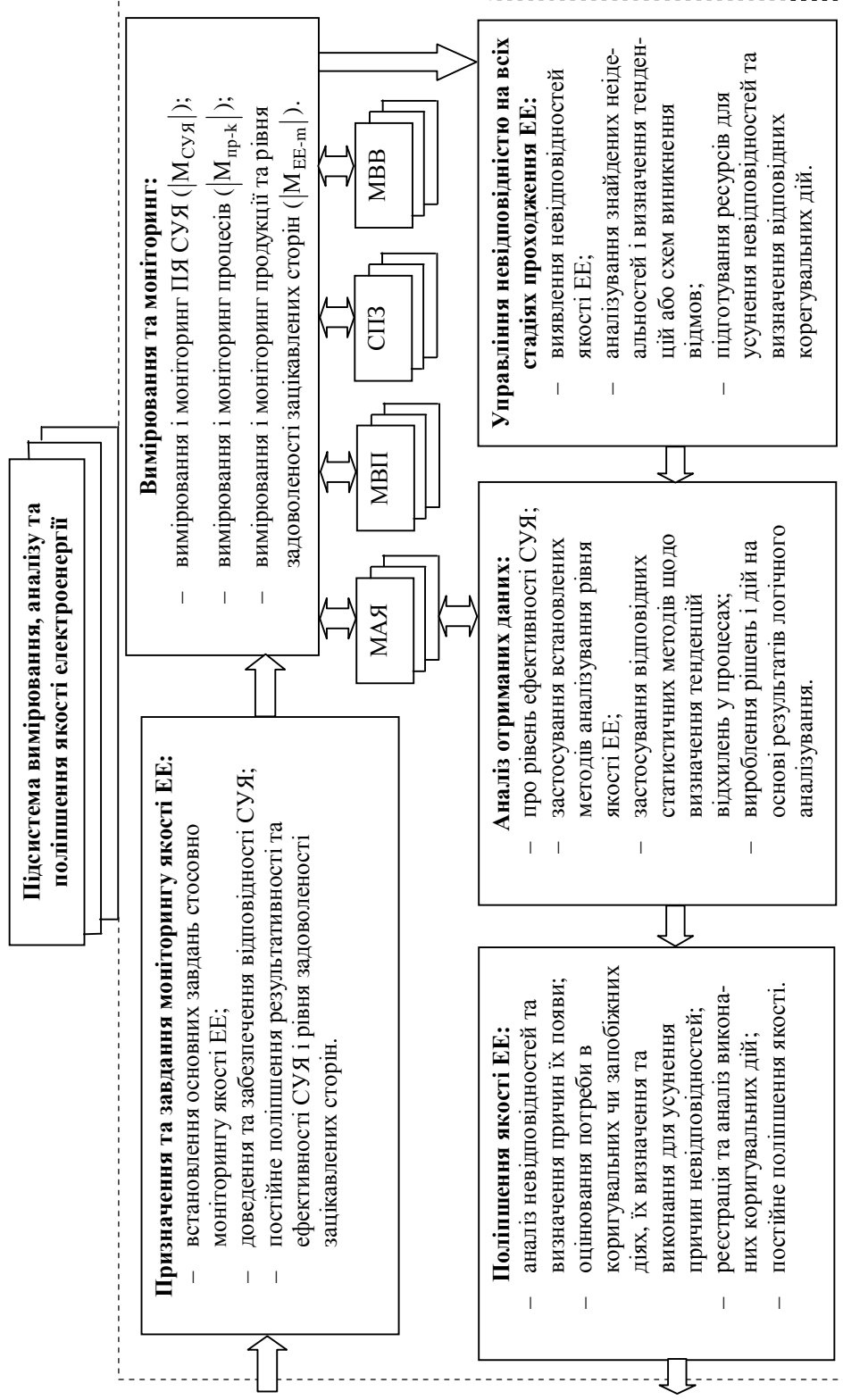


Рис. 2. Підсистема вимірювання, аналізу та поліпшення якості ЕЕ

Аналіз отриманих даних здійснюється, враховуючи інформацію, одержану під час проведення відповідних вимірювальних експериментів (рис. 2). Це стосується результатів дослідження ефективності СУЯ ($|M_{\text{СУЯ}}|$), вимірювання та моніторингу операцій, процесів ($|M_{\text{пр-к}}|$) та власне ЕЕ ($|M_{\text{ЕЕ-м}}|$).

Аналіз даних слугує підґрунтям для вироблення рішень щодо підвищення якості ЕЕ, в основу яких покладено:

- зіставне оцінювання (бенчмаркетинг) ПЯ ефективності СУЯ;
- застосування встановлених методів аналізування рівня якості ЕЕ;
- застосування відповідних статистичних методів щодо визначення тенденцій відхилень у операціях та процесах;
- вироблення рішень і дій на основі результатів логічного аналізування.

Поліпшення якості ЕЕ забезпечується запровадженням як покрокових поступових дій, так і стратегічних проєктів значного покращання рівня якості (рис. 2). Найперше здійснюється аналіз невідповідностей ЕЕ як кінцевого продукту для користувачів та визначення причин появи погіршень її якості. Надалі оцінюють потреби в коригувальних чи запобіжних діях, встановлюється їх визначення, планування та здійснюється виконання таких дій для усунення причин невідповідностей ПЯ ЕЕ і недопущення повторного виникнення останніх.

Після цього проводиться реєстрація та аналіз коригувальних дій – апробацією перед визначенням та ініціюванням цих дій та результатів внаслідок їх виконання. Аналогічно фіксують запобіжні дії, що дають змогу усувати причини потенційних невідповідностей ЕЕ із метою запобігання їх виникненню.

Для забезпечення належного рівня якості ЕЕ та ефективної роботи підрозділів енергопостачальних організацій необхідно запроваджувати процес постійного поліпшення, який варто застосовувати до всіх наведених вище процесів та видів діяльності.

Варто зауважити, що ефективно виконання сукупності розглянутих процесів підсистеми ВАП досягається використанням таких документів:

- МВВ відповідних ПЯ ЕЕ, що здійснюються за певними схемами під'єднання засобів вимірювання (СПЗ);
- методик визначення ПЯ (МВП), котрі характеризують ефективність СУЯ чи операцій процесів виробництва, перетворення і розподілу ЕЕ, а також описують знаходження цих ПЯ за допомогою відповідних обчислень;
- МАЯ, котрі встановлюють якість виконання окремих операцій або процесів, пов'язаних з виробництвом, перетворенням і розподілом ЕЕ споживачам, якість власне ЕЕ як продукту, а також дозволяють оцінити рівень функціонування СУЯ ЕЕ та її елементів.

Зміст кожної МВВ ПЯ ЕЕ визначається за [4,5] та стосується конкретної негативної ситуації, яка може виникнути в мережі та призвести до погіршення якості ЕЕ.

Залежно від місця моніторингу якості ЕЕ для практичного застосування конкретної МВВ використовуються різні варіанти СПЗ, але для всіх них характерні спільні особливості електричних мереж та ймовірні групи чинників зниження якості ЕЕ. Виберемо відповідно до [8] три такі групи чинників, що стосуються переважної більшості ситуацій: повільні відхилення і збурення ефективних значень напруги мережі та зміну її спектрального складу (**I**), тимчасові перенапруги і западини напруги (**II**), швидкі імпульсні спотворення форми напруги (**III**). Тобто, один з варіантів узагальненої схеми досліджуваного фрагменту мережі для групи користувачів ЕЕ має вигляд, зображений на рис. 3.

Цей фрагмент розглядається як деяка розподільча система РС та послідовність схем електроспоживачів $ЕС_1, \dots, ЕС_n$, що під'єднані до неї через систему ліній підключення $ЛП_1, \dots, ЛП_n$ з відповідними комплексними опорами $z_{Л1}, \mathbf{K}, z_{Лn}$. У разі появи однієї чи декількох ситуацій з

погіршення якості ЕЕ (три названі вище групи чинників) варто фіксувати на показаній схемі (рис. 3), крім чинної напруги промислової частоти e_S з еквівалентним опором РС z_S , ввімкнення відповідних електрорушійних сил $e_{СП}$ (I), e_{PZ} (II), e_I (III), що супроводжуються певними внутрішніми опороми $z_{СП}$, z_{PZ} , z_I .

Для проведення вимірювального експерименту застосовують засоби вимірювання ЗВПЯ_{СП}, ЗВПЯ_{PZ}, ЗВПЯ_I з відповідними метрологічними характеристиками для виявлення та моніторингу зазначених вище негативних ситуацій з погіршення якості ЕЕ.

Враховуючи кількість груп чинників зниження якості ЕЕ, можна стверджувати про потребу запровадження трьох МВВ ПЯ, які необхідно реалізовувати з урахуванням специфіки досліджуваних сигналів напруги мережі та з використанням новітніх методів вимірювання, наприклад, таких, як в [8].

Завдяки запропонованим там методам та засобам вимірювання одержують розгорнуту інформацію у вигляді $|M_{EE-m}|$ стосовно перебігу процесів зниження якості ЕЕ, що дасть змогу розробити нові нормативні (граничні) вимоги $|(M_{EE-m})_{гр-m}|$ та рекомендації для покращання її якості.

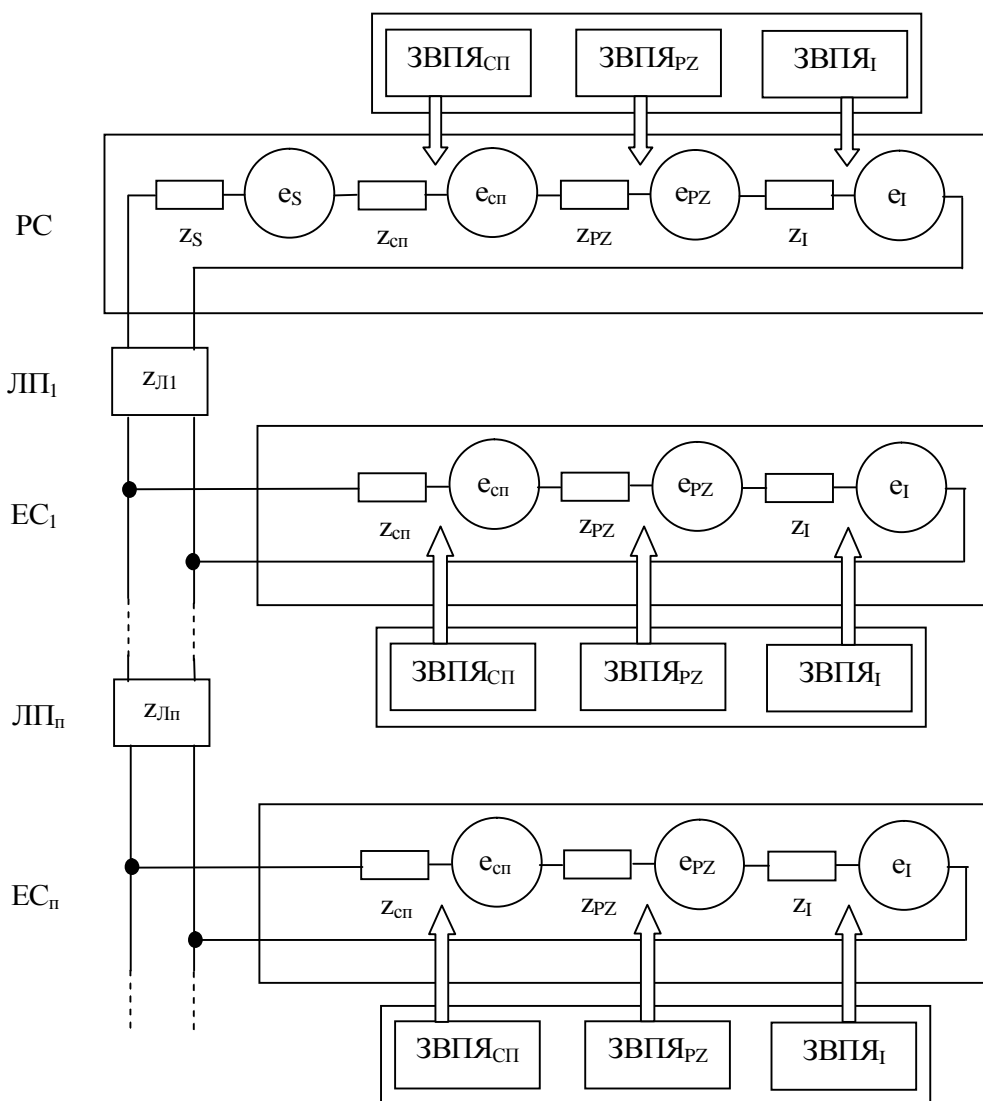


Рис. 3. Варіант узагальноної схеми досліджуваного фрагменту мережі

Окремо потрібно наголосити на потребі проектування МВП для визначення рівнів ефективності СУЯ ($|M_{СУЯ}|$) чи операцій процесів виробництва, перетворення і розподілу ЕЕ ($|M_{пр-к}|$). Наразі для розрахунків ПЯ, що становлять дані матриці якості, найпридатнішим виглядає застосування експертного методу [10]. Знайдені ПЯ, також як вище, можуть слугувати підставою для формування відповідних граничних вимог: $|M_{СУЯ}|_{гр}$ та $|M_{пр}|_{гр-к}$.

На основі отриманої інформації застосовуємо МАЯ, структура яких, враховуючи дослідження даних [2–5,11–14], повинна будуватись так:

- галузь застосування;
- терміни і визначення;
- вибір номенклатури споріднених ПЯ, які дозволяють оцінити якість конкретних негативного процесу в мережі, операції, процедури, технологічного процесу, роботи підрозділу тощо;
- перелік граничнодопустимих норм значень вибраних ПЯ;
- норми похибок значень, представлених ПЯ;
- метод аналізу якості;
- опрацювання та оформлення результатів аналізу.

Здійснюється дослідження і **аналізування** матриць якості $|M_{ЕЕ-м}|$, $|M_{СУЯ}|$ та $|M_{пр-к}|$ протягом всієї технологічної ланки виробництва, розподілу і споживання ЕЕ. Зміни значень ПЯ у цих матрицях покажуть дієвість роботи енергопостачальної організації як на всіх рівнях її функціонування, так і стосовно надання споживачам якісної ЕЕ. А порівняння отриманих матриць з базовими матрицями якості $|M_{ЕЕ-м}|_{гр-м}$, $|M_{СУЯ}|_{гр}$ та $|M_{пр}|_{гр-к}$ дозволить забезпечити ефективне виконання всіх груп процесів **управління невідповідністю** та **поліпшення якості на всіх стадіях проходження ЕЕ**.

Потрібно зазначити, що викладене вище може слугувати основою для розроблення та запровадження низки нових НД, котрі разом з чинними становитимуть науково- та організаційно-методичну базу управління якістю ЕЕ.

Висновки. Одним з найважливіших елементів СУЯ є підсистема процесів ВАП, котрі забезпечують збір вимірювальної інформації про функціональний стан досліджуваного об'єкта чи якість продукту. Застосування дієвих стандартів серії ДСТУ ISO 9000, у поєднанні з новими підходами з вимірювання і моніторингу якості ЕЕ, а також застосування теорії кваліметрії для оцінювання ефективності технологічних процесів перетворення ЕЕ та дієвості служб енергетичних організацій, дозволяє зреалізувати перспективну СУЯ, що гарантуватиме якісну ЕЕ та, відповідно – максимально задоволені потреби широкого загалу її промислових і побутових споживачів.

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. РД 153-34.0-15.501-00. *Методические указания по контролю и анализу качества электроэнергии в системах электроснабжения общего назначения. Часть 1. Контроль качества электрической энергии.* – Введ. 01.01.2001. – М.: Госстандарт России, 2000. – 39 с. 3. РД 153-34.0-15.502-2002. *Методические указания по контролю и анализу качества электроэнергии в системах электроснабжения общего назначения. Часть 2. Анализ качества электрической энергии.* – Введ. 01.05.2003. – М.: Госстандарт России, 2002. – 33 с. 4. ГОСТ 8.010-99. *Методики выполнения измерений. Основные положения.* – Введ. 01.01.2000. – М.: Издательство стандартов, 1999. – 25 с. 5. ГОСТ Р 8.563-96. *Методики выполнения измерений.* – Введ. 01.07.1997. – М.: Издательство стандартов, 1996. – 20 с. 6. ДСТУ ISO 9001-2001. *Системи управління якістю.*

Вимоги. – Введ. 01.10.2001. – К.: Держстандарт України, 2001. – 28 с. 7. ДСТУ ISO 9004-2001. Системи управління якістю. Настанови щодо поліпшення діяльності. – Введ. 01.10.2001.–К.: Держстандарт України, 2001. –52 с. 8. Ванько В.М. Розвиток теоретичних засад та нормативно-технічного забезпечення оцінювання якості електричної енергії в мережах загального призначення: Автореф. дис. на здобуття наук. ступ. доктора техн. наук / Нац. ун-т “Львівська політехніка”. – Л., 2008. – 36 с. 9. Ванько В., Столярчук П. Метод оцінювання якості електроенергії на основі матричного числення // Тези доп. 9-ї Міжнар. наук.-техн. конф. “Контроль і управління в складних системах” (КУСС-2008). – / [www.vstu.vinnica.ua / mccs2008 / materials / subsection_3.1.pdf](http://www.vstu.vinnica.ua/mccs2008/materials/subsection_3.1.pdf) – Вінниця, 2008. – С. 8–10. 10. Шишкин И.Ф. Основы метрологии, стандартизации и контроля качества. Учеб. пособие. – М.: Издательство стандартов, 1988. – 320 с. 11. Куць В.Р. Розвиток нормативної бази з оцінювання якості продукції: Автореф. дис. на здобуття наук. ступ. кандидата техн. наук / Нац. ун-т “Львівська політехніка”. – Л., 2005. – 19 с. 12. Гунькало А.В. Розроблення нормативно-методичних засад оцінювання систем управління якістю: Автореф. дис. на здобуття наук. ступ. кандидата техн. наук / НУ “Львівська політехніка”. – Львів, 2007. – 21 с. 13. ГОСТ 15467-79. Управление качеством продукции. Основные понятия, термины и определения. – Введ. 01.07.1979. – М.: Госстандарт СССР, 1979. – 34 с. 14. ГОСТ 16504-81. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения. – Введ. 01.01.1982. – М.: Госстандарт СССР, 1979. – 25 с.

УДК 681.121

О.З. Парнета

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра автоматизації теплових та хімічних процесів

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ТА РОЗШИРЕННЯ ДІАПАЗОНУ ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТ ГАЗУ ПЛІВКОВИМ МЕТОДОМ

© Парнета О.З., 2009

Проаналізовано точність вимірювання витрати газу плівковим методом, розглянуто фактори, які впливають на точність, оцінено граничні похибки вимірювання та вказано шляхи їх зменшення.

In the article the accuracy of measuring the gas flow rate by film flowmeter is analysed, factors which influences on the accuracy are considered, and ways of their improvement are offered.

Вступ. Сьогодні відомо декілька десятків методів вимірювання витрати газів, що зумовлено широкою номенклатурою та істотними відмінностями у фізико-хімічних властивостях газів [1, 2]. Різноманітність середовищ та умов вимірювання витрати газів, підвищення вимог до якості вимірювань (точність, надійність, швидкодія тощо) диктують необхідність пошуку нових та вдосконалення відомих методів та пристроїв забезпечення таких вимірювань.

Постановка задачі. Плівковий витратомір – один з найпоширеніших приладів для вимірювання малих витрат газів, придатний також для метрологічного забезпечення промислових витратомірів та градування лічильників газу [1–4]. Плівкові витратоміри характеризуються простотою технічної реалізації, невисокими затратами на виготовлення та обслуговування, проте недостатня дослідженість методу обмежує його широке застосування, тому доцільними та актуальними є вдосконалення плівкового методу з метою підвищення надійності та точності вимірювання, а також автоматизація процесу вимірювання з можливістю використання витратоміра також і в автоматизованих інформаційних чи керуючих системах. Для цього необхідно проаналізувати плівковий метод вимірювання, його похибки, фактори впливу, а також шляхи їх усунення (зменшення).