

Р.І. Грицак, аспірант

В.С. Цих, к.т.н., доц.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Перспективи удосконалення законодавчого регулювання вимог до якості електроенергії в Україні та ЄС

Питання якості електричної енергії (ЯЕ) на сьогодні є надзвичайно важливим. Від її рівня залежить коректна та безперебійна робота електроприймачів, рівень втрат в електричних мережах, енергоефективність підприємств та безпека для оточуючих. Постійне вдосконалення показників якості електроенергії (ПЯЕ) та вивчення чинників, що погіршують їх, дозволяє у час стрімкого розвитку напівпровідникових (нелінійних) систем щонайменше підтримувати необхідний рівень якості.

Враховуючи збільшення частки відновлюваних джерел енергії у загальному енергетичному балансі, особливо невеликої потужності до 100 кВт, у статті здійснено порівняльний аналіз законодавчого регулювання питань ЯЕ в Україні та Європейському Союзі (ЄС) з особливим акцентом на електроенергію, вироблену фотоелектричними сонячними електростанціями (ФЕС) для живлення в резервних (мікро) мережах змінного струму. Здійснено систематизацію та структурування чинних стандартів щодо ЯЕ змінного струму та методів їх вимірювання. Визначено та візуалізовано взаємозв'язки між ключовими стандартами. Отримані результати дозволили визначити пріоритетні напрямки удосконалення законодавства із врахуванням, що ФЕС можуть негативно впливати на ЯЕ, викликаючи нестабільні режими роботи мереж, враховуючи коливання напруги, гармонічні спотворення та інші небажані ефекти.

Також вказано на потребу у дослідженні ЯЕ в мережах із резервним живленням від ФЕС із гібридними інверторами. Такі дослідження дозволять покращити розуміння фізичних процесів, що протікають у описаних електричних мережах, а отримані результати сприятимуть оновленню відповідних стандартів та розробці захисних пристроїв для попередження негативних впливів.

Ключові слова: *якість електроенергії; вплив ФЕС; удосконалення законодавчого регулювання; підвищення енергоефективності; мікромережі; резервне живлення.*

Актуальність теми. В умовах складної ситуації в Об'єднаній енергетичній системі України (ОЕС-У), що супроводжується регулярними обстрілами критичної інфраструктури, частими аварійними вимкненнями генеруючих потужностей, збільшився попит України на імпорт електроенергії з країн ЄС та на енергію з відновлюваних джерел енергії. Імпорт електроенергії став можливим з 2022 року, коли ОЕС-У повноцінно синхронізувалась із загальноєвропейською мережею ENTSO-E. Однак слід враховувати поставлені перед нашою державою умови виконання вимог мереж ENTSO-E, до яких включено і питання ЯЕ [1].

З 2023 року у сфері метрологічного забезпечення та законодавчого регулювання Україна є афілійованим членом Європейського комітету з електротехнічної стандартизації (CENELEC). Це зобов'язує під час розроблення внутрішніх додаткових стандартів та настанов враховувати всі міжнародні (європейські) принципи та норми, а також обов'язково припинити дію суперечливих стандартів. Зокрема, на сьогодні в Україні досі залишається чинним стандарт [2], що суперечить взятим на себе зобов'язанням.

Водночас прийняті в 2023 році зміни до закону [3], а саме пункт 4 статті 581 покладає відповідальність за погіршення ЯЕ на активних споживачів, якими фактично є власники ФЕС. При цьому не відбувається врахування специфіки роботи електричних інверторів, які в процесі перетворення електроенергії беруть дані про ПЯЕ із ОЕС-У, відтак при погіршенні ПЯЕ у ОЕС-У автоматично погіршуватимуться ПЯЕ від ФЕС.

Таким чином дослідження напрямку ЯЕ є важливим та популярним, що підтверджується і великою кількістю публікацій. У джерелі [4] наведено детальний аналіз більше 125 наукових досліджень щодо впливу ФЕС на різні ПЯЕ, за результатами якого автори порівняли методики оцінки впливу ФЕС на ПЯЕ. Однак лише незначна частина із публікацій була спрямована на аналіз нормативних і законодавчих документів.

Метою статті є аналіз законодавчого регулювання вимог до якості електроенергії в Україні та ЄС з подальшим визначенням пріоритетних напрямків його удосконалення при збільшенні частки енергії від ФЕС у загальному енергетичному балансі та впровадженні принципу децентралізованої генерації електроенергії.

Викладення основного матеріалу. Для проведення якісного аналізу стандарти ЯЕ ЄС та України умовно поділили на дві групи:

- стандарти, що визначають показники якості електричної енергії;
- стандарти, що визначають вимоги до засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) та проведення вимірювань.

Перша група стандартів в Україні представлена двома чинними нормативними документами: ГОСТ 13109-97 [2] та ДСТУ EN 50160:2023 [5], що є гармонізованою версією [6]. Європейський Союз користується лише EN 50160:2022, а наявність в Україні чинних діючих стандартів та спричинені цим проблеми детально описано [7, 8].

Додатково варто зазначити, що ГОСТ 13109-97 [2] встановлює ПЯЕ в мережах систем електропостачання загального призначення змінного трифазного та однофазного струму частотою 50 Гц у точках приєднання споживачів або приймачів електроенергії. А вказані показники є рівнями електромагнітної сумісності кондуктивних електромагнітних перешкод у системах електропостачання загального призначення.

Натомість ДСТУ EN 50160:2023 [5] встановлює терміни та значення для основних характеристик напруги в точках приєднання користувачів до електричних мереж змінного струму низької, середньої та високої напруги загальної призначеності в нормальних умовах експлуатування. Також цей стандарт встановлює норми або значення, у межах яких можна знайти очікувані характеристики напруги на будь-якому терміналі живлення електричних мереж загальної призначеності, але не визначає типову ситуацію, яку зазвичай спостерігає окремий користувач мережі електропостачання.

У ЄС прийнято розділяти питання електромагнітної сумісності та ЯЕ. Для електромагнітної сумісності розроблена серія стандартів EN 61000 [9], яка детально охоплює всі ключові моменти. Ця серія стандартів гармонізована в Україні і призводить до розбіжностей у точках вимірювання із ГОСТ 13109-97 [2], який фактично вже не використовується, але наразі є чинним, та іншими документами [10, 11]. Розбіжність полягає у визначенні точок вимірювання. Так у різних документах визначено різні точки вимірювання, якими можуть бути точки межі балансової належності суб'єктів договору, точки електричного під'єднання або джерела завад. У більшості випадків дані місця можуть бути ідентичними, або дуже близькими. Проте наявні випадки, коли ці місця є сильно віддаленими і дані від них не є ідентичними [9]. Для усунення цієї та декількох інших розбіжностей Україні необхідно у найкоротші терміни повністю завершити перехід нормативних документів на відповідні документи, що чинні у ЄС, зокрема скасувати дію ГОСТ 13109-97 [2], а оператору системи передачі (ОСП) оновити чи скасувати СОУ-Н ЕЕ 40.1-37471933-55:2011 [11] та СОУ НЕК 03.120.4-14:2021 НЕК «Укренерго» [12].

Друга група стандартів, яка визначає вимоги до проведення вимірювань, є значно більшою. Це зумовлено тим, що сфера ЯЕ є законодавчо регульованою і дотримання цих параметрів фактично вказує на дотримання своїх зобов'язань у межах договірних відносин. Тому точність та якість вимірювання має бути надзвичайно високою. Зокрема в таблиці 1 EN 61000-4-30:2015 [13], який є основним у ЄС, вказано, що точність вимірювання частоти та величини напруги повинна бути для приладів класу А ± 10 мГц та $\pm 0,1$ % U_d відповідно.

Загалом EN 61000-4-30:2015 [13] визначає методи вимірювання та тлумачення результатів ПЯЕ в системах електропостачання змінного струму із заявленою основною частотою 50 або 60 Гц. Методи вимірювання описані для кожного відповідного параметра в термінах, які дають надійні та повторювані результати, незалежно від реалізації методу. Стандарт розглядає вимірювання всіх ПЯЕ згідно з [6]. У той же час, щодо вимірювання такого параметра, як мерехтіння, то EN 61000-4-30:2015 [13] посилається на EN 61000-4-15:2011 [14], який визначає функціональні та конструкторські вимоги до пристрою для вимірювання флікера (мерехтіння), призначеного для показання точного рівня сприйняття мерехтіння для всіх форм флуктуацій (коливання) напруги, які трапляються у практиці.

У цих стандартах наявна часткова невідповідність, оскільки у сферу застосування стандарту EN 61000-4-30:2015 [13] входять мережі до 800 кВ, а EN 61000-4-15:2011 [14] призначений виключно для мереж 120 В та 230 В. Таким чином вимоги до вимірювання рівня сприйнятливості мерехтіння визначене лише для низьковольтних мереж.

Вимірювання гармонічного складу напруги (гармоніки, інтергармоніки та інші компоненти) потрібно проводити згідно з EN 61000-4-7:2002/A1:2009 [15]. Даний стандарт поширюється на засоби вимірювальної техніки (ЗВТ), призначені для вимірювання спектральних компонентів у діапазоні частот до 9 кГц, які накладаються на основну частоту систем електропостачання при 50 і 60 Гц. Тобто, під це визначення підпадають ЗВТ для визначення ПЯЕ. Допустимі значення для мереж загального призначення визначені у EN 61000-4-30:2015 [13].

Окрім перелічених вище стандартів у ЄС діють EN 62586-1:2017 [16] та EN 62586-2:2017/A1:2021 [17]. У EN 62586-1:2017 [16] описані вимоги до ЗВТ та продуктивності. Ним вводиться додаткова класифікація ЗВТ за кліматичними умовами (PQI-A та PQI-S); за типом встановлення: стаціонарні (F) та переносні (P); за місцем використання: у приміщенні (1) та відкритому повітрі (0);

за типом середовища: загальне (EMC G) і особливо жорстке (EMC H). В EN 62586-1:2017 [16] наведено також мінімальні вимоги до кожної (розширеної) категорії ЗВТ.

Щодо EN 62586-2:2017/A1:2021 [17], то він визначає функціональні випробування та вимоги до невизначеності ЗВТ ЯЕ за умови відповідності стандарту EN 62586-1:2017 [16]. Стандарт розроблений і використовується для проведення перевірки на відповідність невизначеності вимірювань. У ньому детально описуються методи перевірки рівня невизначеності вимірювань для кожного параметра, що визначено стандартом EN 50160:2022 [6]. Наразі обидва стандарти є додатковими та не містять вимог до ЗВТ класу В. А невідповідність їм не є підставами для ненадання відповідного сертифікату по стандарту EN 61000-4-30:2015 [13].

На основі проведеного аналізу законодавчого регулювання ЄС щодо ЯЕ сформовано структуру діючих стандартів, що зображена на рисунку 1.

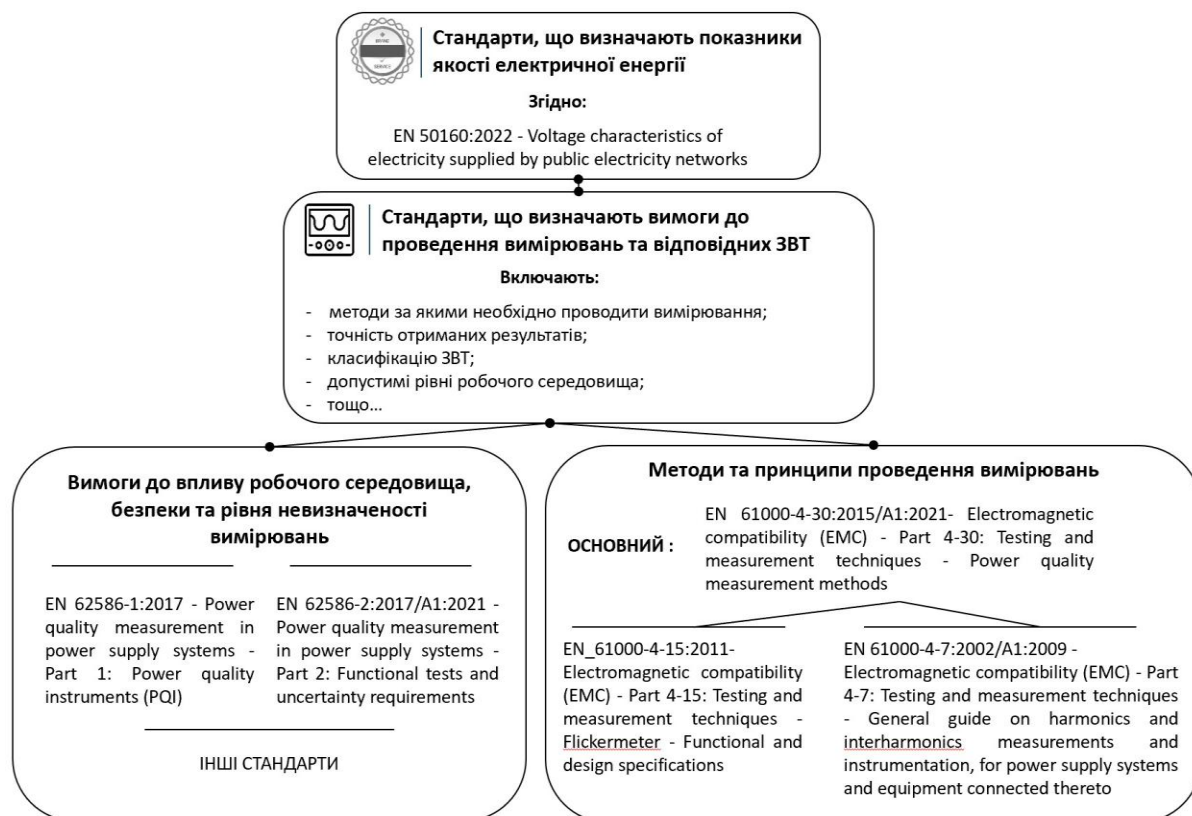


Рис. 1. Структура та зв'язки між стандартами ЄС щодо ЯЕ

В Українському законодавчому полі діє Технічний регламент законодавчо регульованих засобів виміральної техніки [18] (Технічний регламент), що встановлює додаткові вимоги на ЗВТ, що призначені для застосування у сфері законодавчо регульованої метрології. Згідно з пунктом 4 додатка 2 Технічного регламенту, ЗВТ ЯЕ мають відповідати гармонізованим стандартам EN 62586-1:2017 [16] та EN 62586-2:2017/A1:2021 [17]. Однак до переліку законодавчо регульованих ЗВТ (додаток 1 Технічного регламенту) належать лише окремі компоненти ЗВТ ЯЕ, такі як струмовимірвальні кліщі (п. 65) та інші, а сам ЗВТ ЯЕ, що є значно складнішим і важливішим, не належить. Це призводить до того, що виробники ЗВТ ЯЕ зобов'язані дотримуватися вимог Технічного регламенту для окремих частин приладу та гармонізованих стандартів EN 62586-1:2017 [16] і EN 62586-2:2017/A1:2021 [17], які можуть суперечити один одному, оскільки ці ЗВТ призначені для різних завдань.

Також ОСП НЕК «Укренерго» розробив та затвердив свої СОУ-Н ЕЕ40.1-37471933-55:2011 [11] та СОУ НЕК 03.120.4.14-2021 [12]. Підставою для розроблення стала відсутність детальних вимог до вимірювання ПЯЕ у ГОСТі 13109-97 [2].

За результатами аналізу відповідних СОУ [11-12], розроблених НЕК «Укренерго», визначено, що вони у більшості дублюють гармонізовані європейські стандарти ЯЕ. Проте у [11], який доповнює методи визначення ПЯЕ у загальних електричних мережах, зазначені вимоги згідно з ГОСТ 13109-97. А у СОУ [12], що призначений для проведення вимірювання на лініях міжнародного значення у місцях комерційного розмежування ОЕС-У та ЄС вимоги і ГОСТу 13109-97, і EN 50160:2023. Відповідно, документ [11] потребує перегляду. При цьому у вступі до [12] ОСП вказує на необхідність розроблення

технічного регламенту, який встановлював би на державному рівні обов'язкові вимоги до якості електропостачання та напруги електропостачання. Наразі ж згідно з Законом України «Про стандартизацію» [19] дотримання відповідного рівня ЯЕ є обов'язковим лише за умови включення відповідних вимог до договору із ОСП та користувачем. Структура зв'язків між чинними нормативними документами України наведена на рисунку 2.



Рис. 2. Структура та зв'язки між стандартами України щодо ЯЕ

В частині оновлення стандартів ЯЕ України спостерігається затримка по відношенню до ЄС. До прикладу, затвердження діючої версії ДСТУ EN 50160:2023 [5] від моменту прийняття її у ЄС (2022 року) зайняло практично два роки (прийнято у грудні 2023 року). Зазначено, що у новій редакції стандарту відбулися суттєві зміни щодо діапазону частот, що встановлено в межах від 2 до 150 кГц, а також змінилися значення 15-ї та 21-ї гармонік низької напруги. Крім цього, здійснено уточнення та доповнення низки інших положень.

Пропозиції щодо удосконалення законодавчого регулювання ЯЕ. У сьогоденнішніх реаліях української енергетики важливим аспектом стали відновлювані джерела енергії. Їх активно почали використовувати як приватні підприємства, так і фізичні особи (домогосподарства). Згідно з [20] протягом 2022–2023 років було встановлено понад 335 МВт ФЕС, з яких більше 206 МВт у приватних домогосподарствах. Причиною такого стрімкого зростання популярності ФЕС є наявний значний дефіцит електроенергії та часті перебої із електропостачанням. При цьому найпоширенішими є гібридні ФЕС, які можуть працювати як в автономному режимі роботи, так і синхронному з ОЕС-У режимі. Переважно такі системи встановлюються без детального аналізу майбутнього навантаження, вмісту реактивної енергії та наявного рівня ЯЕ. Це своєю чергою призводить до того, що після встановлення таких ФЕС відбуваються значні коливання ЯЕ. Зокрема під час роботи в автономному режимі, коли внутрішні енергетичні системи є менш стійкими до чинників, що погіршують ЯЕ (велике реактивне навантаження, нерівномірні графіки генерації ФЕС тощо). Такі коливання можуть бути маловідчутними для побутових споживачів, однак для критично важливих споживачів, що мають чутливе електрообладнання (лікарні, виробництва точних виробів тощо), це є значною проблемою.

Своєю чергою аналіз українського законодавства вказав на недостатність стандартів, які б дозволяли якісно визначати ПЯЕ в мікромережах на основі гібридних ФЕС, що можуть працювати у синхронному та асинхронному режимі із ОЕС-У. Так у стандарті ДСТУ EN 50160:2023 [5] вказано, що для мереж, які не синхронно працюють із ОЕС-У (типу енергоострів), коливання частоти напруги електропостачання допускаються у межах $50 \text{ Гц} \pm 2 \%$ (тобто 49–51 Гц) протягом 95 % часу за тиждень та $50 \text{ Гц} \pm 15 \%$ (тобто 42,5–57,5 Гц) протягом 100 % часу вимірювання, а допустима зміна наруги $+10 \%$ / -15% від Un.

При цьому для інших ПЯЕ не вказано допустимих меж, хоча гармонічний склад напруг у розглянутих мережах може суттєво погіршуватись, оскільки він значною мірою залежить від джерела генерації та вмісту реактивного навантаження, який у резервних (ізольованих) мережах на основі гібридних ФЕС не контролюється. Також із вказаної у джерелі [5] сфери застосування виходить, що стандарт призначений лише для унормування ЯЕ у місцях приєднання користувачів до ОЕС-У. Як описано вище, всі інші діючі стандарти за виключення ГОСТ 13109-97 [2], дію якого необхідно скасувати, посилаються на ДСТУ EN 50160:2023 [5]. Тобто наразі в Україні немає чинних стандартів, які б встановлювали вимоги до ЯЕ в мікромережах, що базуються на гібридних ФЕС.

З іншої сторони встановлені межі ПЯЕ у ДСТУ EN 50160:2023 [5] потенційно можуть бути повною мірою релевантними для описаних мереж, оскільки різниця між мікромережами із гібридними ФЕС та ОЕС-У полягає лише у масштабі (кількості джерел генерації та споживачів). Додатковим підтвердженням можливості застосування [5] для мікромереж є той факт, що більшість побутових приладів проєктуються із врахуванням дозволених діапазонів коливання ПЯЕ. Тобто електроприлади точно здатні витримувати дозволені коливання ЯЕ.

При цьому, щоб перевірити відповідність наявних ПЯЕ вимогам ДСТУ EN 50160:2023 [5] та подальшої можливості розширення сфери застосування цього стандарту, необхідним є проведення комп'ютерних моделювань та експериментальних досліджень зміни ЯЕ у визначених мережах. А для цього потрібно провести такі дії:

- розробити імітаційну модель на основі програмного комплексу Matlab, яка враховуватиме особливості роботи мікромереж на основі гібридних ФЕС, що можуть працювати у різних режимах;
- перевірити експериментально дані, отримані від імітаційної моделі з використанням різного навантаження;
- підготувати рекомендації для внесення правок у чинні нормативні документи.

Вирішення вказаних питань дозволить забезпечити необхідною нормативною документацією власників та проєктувальників мікромереж на основі гібридних ФЕС, а також дасть можливість науковцям враховувати їх у подальших дослідженнях і при розробленні механізмів покращення ПЯЕ у визначених межах.

Висновки та перспективи подальших досліджень. У статті докладно розглядається законодавче регулювання якості електричної енергії в Україні та ЄС. Зокрема визначено та згруповано взаємозв'язки між стандартами ЯЕ України та ЄС, що дозволяє легко розуміти їх та визначати місця, які потребують адаптації. Своєю чергою виявлені та надані рекомендації щодо розбіжностей, сформованих унаслідок тривалої імплементації стандартів ЄС в Україні дають можливість в подальшому провести експериментальні дослідження, які будуть їх підтверджувати. Це дозволить удосконалити наявне нормативне забезпечення з акцентом на унормування питань ЯЕ в мікромережах на основі гібридних ФЕС. Також в подальшому необхідно провести комплексне дослідження погіршення ПЯЕ під час переходу мікромереж в автономний режим роботи, оскільки при цьому може відбуватися суттєве погіршення ПЯЕ, таких як рівень гармонік, флікер тощо.

Список використаної літератури:

1. Шлях до Європи: як українська енергосистема інтегрувалася до європейської енергомережі ENTSO-E [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://ua.energy/entso_e.html.
2. Норми якості електричної енергії в системах електропостачання загального призначення. Електрична енергія. Сумісність технічних засобів електромагнітна : ГОСТ 13109-97 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://cutt.ly/4eAE4CQi>.
3. Про ринок електричної енергії : Закон України [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://cutt.ly/feAEX2WE>.
4. Kharrazi A. Assessment techniques of the impact of grid-tied rooftop photovoltaic generation on the power quality of low voltage distribution network : a review / A.Kharrazi, V.Sreeram, Y.Mishra. – 2020. DOI: 10.1016/j.rser.2019.109643.
5. Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності (EN 50160:2022, IDT) : ДСТУ EN 50160:2023 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://cutt.ly/remoJu9g>.
6. Voltage characteristics of electricity supplied by public electricity networks (EN 50160:2022) [Electronic resource]. – Access mode : <https://cutt.ly/8emoJKUe>.
7. Жаркін А. Впровадження в нормативну базу України європейських вимог до проведення вимірювання показників якості електричної енергії / А.Жаркін, С.Палачов // Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України. – 2023. – № 65. – 15 с. DOI: 10.15407/publishing2023.65.015.
8. Грицак Р. Огляд сучасного стану законодавчого регулювання, технологій та засобів вимірювальної техніки у сфері вимірювання якості електричної енергії / Р.Грицак, А.Яворський. – 2023. DOI: 10.31891/2219-9365-2023-76-34.
9. Electromagnetic compatibility. Multi-part Document BS EN 61000 (EMC). DOI: 10.3403/BS EN 61000.
10. Правила роздрібного ринку електричної енергії [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://cutt.ly/0emoKXvg>.

11. Методика вимірювання якості електричної енергії в системах електропостачання загального призначення : СОУ-Н ЕЕ 40.1-37471933-55:2011 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://cutt.ly/TemoLt8h>.
12. Норми якості електричної енергії в магістральних та міждержавних електричних мережах НЕК Укренерго : СОУ НЕК 03.120.4-14:2021 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://cutt.ly/semoLAbc>.
13. Electromagnetic compatibility (EMC). Testing and measurement techniques – Power quality measurement methods : EN 61000-4-30:2015/A1:2021. – Part 4–30 [Electronic resource]. – Access mode : <https://cutt.ly/semoLBVx>.
14. Electromagnetic compatibility (EMC). Testing and measurement techniques – Flickermeter – Functional and design specifications : EN 61000-4-15:2011. – Part 4–15 [Electronic resource]. – Access mode : <https://cutt.ly/vemoZonM>.
15. Electromagnetic compatibility (EMC). Testing and measurement techniques – General guide on harmonics and interharmonics measurements and instrumentation, for power supply systems and equipment connected thereto : EN 61000-4-7:2002/A1:2009. – Part 4–7 [Electronic resource]. – Access mode : <https://cutt.ly/memoZRZE>.
16. Power quality measurement in power supply systems. Power quality instruments : (PQI) EN 62586-1:2017. – Part 1 [Electronic resource]. – Access mode : <https://cutt.ly/8emoZ93C>.
17. Power quality measurement in power supply systems. Functional tests and uncertainty requirements : EN 62586-2:2017/A1:2021. – Part 2 [Electronic resource]. – Access mode : <https://cutt.ly/KemoXs7P>.
18. Технічний регламент законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://cutt.ly/OemaTHRu>.
19. Про стандартизацію : Закон України від 09.06.2022 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1315-18#Text>.
20. Сонячна генерація: змінюються масштаб та географія об'єктів [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://ua-energy.org/uk/posts/tryfonivska-ses-foto-dtek>.

References:

1. «Shliakh do Yevropy: yak ukrainska enerhosystema intehruvalasia do yevropeiskoi enerhomerezhi ENTSO-E», [Online], available at: https://ua.energy/entso_e.html
2. *HOST 13109-97 Normy yakosti elektrychnoi enerhii v systemakh elektropostachannia zahalnoho pryznachennia Elektrychna enerhiia. Sumisnist tekhnichnykh zasobiv elektromahnitna*, [Online], available at: <https://cutt.ly/4eAE4CQi>
3. Verkhovna Rada Ukrainy, *Pro rynek elektrychnoi enerhii*, Zakon Ukrainy, [Online], available at: <https://cutt.ly/feAEX2WE>
4. Kharrazi, A., Sreeram, V. and Mishra, Y. (2020), *Assessment techniques of the impact of grid-tied rooftop photovoltaic generation on the power quality of low voltage distribution network*, a review, doi: 10.1016/j.rser.2019.109643.
5. *DSTU EN 50160:2023 Kharakterystyky napruhy elektropostachannia v elektrychnykh merezhakh zahalnoi pryznachennosti (EN 50160:2022, IDT)*, [Online], available at: <https://cutt.ly/remoJu9g>
6. *EN 50160:2022 Voltage characteristics of electricity supplied by public electricity networks*, [Online], available at: <https://cutt.ly/8emoJKUe>
7. Zharkin, A. and Palachov, S. (2023), «Vprovadzhennia v normatyvnu bazu Ukrainy yevropeiskykh vymoh do provedennia vymiriuvannia pokaznykiv yakosti elektrychnoi enerhii», *Pratsi Instytutu elektrodynamiky Natsionalnoi akademii nauk Ukrainy*, No. 65, p. 15, doi: 10.15407/publishing2023.65.015.
8. Hrytsak, R. and Iavorskyi, A. (2023), «Ohliad suchasnoho stanu zakonodavchoho rehuliovannia, tekhnolohii ta zasobiv vymiriuvannia yakosti elektrychnoi enerhii», doi: 10.31891/2219-9365-2023-76-34.
9. *BS EN 61000 (EMC) Electromagnetic compatibility. Multi-part Document*, doi: 10.3403/BSEN61000.
10. Verkhovna Rada Ukrainy, *Pravyla rozdribnoho rynku elektrychnoi enerhii*, [Online], available at: <https://cutt.ly/0emoKXvg>
11. *SOU-N EE 40.1-37471933-55:2011 Metodyka vymiriuvannia yakosti elektrychnoi enerhii v systemakh elektropostachannia zahalnoho pryznachennia*, [Online], available at: <https://cutt.ly/TemoLt8h>
12. *SOU NEK 03.120.4-14:2021 Normy yakosti elektrychnoi enerhii v mahistralnykh ta mizhderzhavnykh elektrychnykh merezhakh NEK Ukrenenergo*, [Online], available at: <https://cutt.ly/semoLAbc>
13. *EN 61000-4-30:2015/A1:2021 Electromagnetic compatibility (EMC). Testing and measurement techniques – Power quality measurement methods*, Part 4–30, [Online], available at: <https://cutt.ly/semoLBVx>
14. *EN 61000-4-15:2011 Electromagnetic compatibility (EMC). Testing and measurement techniques – Flickermeter – Functional and design specifications*, Part 4–15, [Online], available at: <https://cutt.ly/vemoZonM>
15. *EN 61000-4-7:2002/A1:2009 Electromagnetic compatibility (EMC). Testing and measurement techniques – General guide on harmonics and interharmonics measurements and instrumentation, for power supply systems and equipment connected thereto*, Part 4–7, [Online], available at: <https://cutt.ly/memoZRZE>
16. *(PQI) EN 62586-1:2017 Power quality measurement in power supply systems. Power quality instruments*, Part 1, [Online], available at: <https://cutt.ly/8emoZ93C>
17. *EN 62586-2:2017/A1:2021 Power quality measurement in power supply systems. Functional tests and uncertainty requirements*, Part 2, [Online], available at: <https://cutt.ly/KemoXs7P>
18. Verkhovna Rada Ukrainy, *Tekhnichniy rehlement zakonodavcho rehulovanykh zasobiv vymiriuvannia tekhniki*, [Online], available at: <https://cutt.ly/OemaTHRu>
19. Verkhovna Rada Ukrainy (2022), *Pro standartyzatsiiu*, Zakon Ukrainy, [Online], available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1315-18#Text>
20. *Soniachna heneratsiia: zminiuiutsia mashtab ta heohrafiia obiektiv*, [Online], available at: <https://ua-energy.org/uk/posts/tryfonivska-ses-foto-dtek>

Грицак Роман Ігорович – аспірант Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу.

<https://orcid.org/0009-0005-7220-1690>.

Наукові інтереси:

- якість електричної енергії;
- відновлювані джерела енергії;
- енергетичний менеджмент та енергоаудит.

E-mail: roman27gri@gmail.com.

Цих Віталій Сергійович – кандидат технічних наук, доцент Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу.

<https://orcid.org/0000-0002-9095-4099>.

Наукові інтереси:

- якість електричної енергії;
- відновлювані джерела енергії;
- енергетичний менеджмент та енергоаудит;
- інформаційно-вимірювальні технології.

E-mail: tvs.vitalik@gmail.com.

Hrytsak R.I., Tsykh V.S.

Prospects for improving legislative regulation of electricity quality requirements in Ukraine and the EU

The issue of electricity quality is extremely important today. Its level affects the correct and uninterrupted operation of electrical appliances, the level of losses in power grids, energy efficiency of enterprises and safety for others. Continuous improvement of power quality indicators (PQI) and study of factors that deteriorate them allows us to maintain the required level of quality at least in the time of rapid development of semiconductor (nonlinear) systems.

Taking into account the increasing share of renewable energy sources in the overall energy balance, especially those with a low power of up to 100 kW, the article provides a comparative analysis of the legislative regulation of NES issues in Ukraine and the European Union (EU) with a special emphasis on electricity generated by photovoltaic solar power plants (PVPPs) for power supply in backup (micro) AC networks. The existing AC power standards and methods of their measurement are systematized and structured. The relationships between key standards were identified and visualized. The obtained results allowed us to identify priority areas for improving legislation, taking into account that PV power plants can negatively affect the EE, causing unstable modes of grid operation, including voltage fluctuations, harmonic distortion and other undesirable effects.

The need to study NF in networks with backup power from PV power plants with hybrid inverters is also indicated. Such studies will improve the understanding of the physical processes that occur in the described power grids, and the results will contribute to updating the relevant standards and developing protective devices to prevent negative impacts.

Keywords: electricity quality; impact of PV power plants; improvement of legislative regulation; energy efficiency; microgrids; backup power supply.

Стаття надійшла до редакції 22.04.2025.