

УДК 621.316.1

DOI: <https://doi.org/10.15407/publishing2023.65.015>

ВПРОВАДЖЕННЯ В НОРМАТИВНУ БАЗУ УКРАЇНИ ЄВРОПЕЙСЬКИХ ВИМОГ ДО ПРОВЕДЕННЯ ВИМІРЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

А.Ф. Жаркін*, акад. НАН України, **С.О. Палачов****, канд. техн. наук

Інститут електродинаміки НАН України,
пр. Берестейський, 56, Київ, 03057, Україна
e-mail: sergijpalachov@gmail.com

Проведено аналіз основних європейських вимог і положень стандарту EN 50160:2022, що стосуються правильного вибору точки вимірювання показників якості електричної енергії, та показано зв'язок між вимогами до якості електроенергії та рівнями електромагнітної сумісності. Досліджено основні відмінності принципів організації вимірювання показників якості електроенергії, прийнятих в Україні, та їхню відповідність сучасним європейським принципам. Бібл. 4, рисунок, таблиця.

Ключові слова: якість електроенергії, електромагнітна сумісність, стандартизація, точка вимірювання, точка постачання електроенергії, точка загального приєднання.

Вступ. З 1 січня 2023 року Україна ще більше наблизилася до вступу до Євросоюзу, коли в Європейському комітеті з електротехнічної стандартизації (CENELEC) було змінено її статус із організації компаньйона на афілійованого члена. Це означає, що Україна зобов'язана не тільки приймати європейські міжнародні стандарти як національні та скасовувати ті національні, які суперечать будь-якому прийнятому європейському, але і враховувати під час розробки національної нормативної бази (галузевих документів) певні загальні принципи, згідно з якими й було розроблено європейські міжнародні стандарти [1]. Метою вступу України до CENELEC є досягнення загальної технічної гармонізації в рамках єдиного європейського економічного простору. Зокрема, новий статус України потребує перегляду певних принципів, що стосуються забезпечення якості електроенергії (ЯЕ) та електромагнітної сумісності (ЕМС) у мережах загальної призначеності України і, як наслідок, можливого корегування пакету відповідних галузевих документів для забезпечення їхньої відповідності ідеології, закладеній у міжнародних стандартах. Наприклад, в Україні в галузевих правилах для визначення допустимості приєднання до електромереж нового споживача досі застосовують категорію «винуватець погіршення якості напруги» в той час, як у Євросоюзі для тих самих цілей оперують зовсім іншим чинником, а саме принципом дотримання новим споживачем певних норм емісії завад, що встановлено постачальником електроенергії для конкретної мережі. Такий принцип забезпечує як для існуючих, так і нових споживачів однакові вимоги щодо рівнів емісії завад і відповідно витрат на забезпечення ЕМС [2]. Цей приклад ілюструє той факт, що певні положення нормативних документів в Україні, які були незмінними багато років, мають бути переглянуті і, можливо, суттєво скориговані.

З огляду на це слід відмітити, що існують певні розбіжності в застосуванні міжнародного європейського EN 50160 [3] та міждержавного ГОСТ 13109 [4] стандартів щодо проведення вимірювань показників якості електроенергії. Після введення в дію в 2000 році ГОСТ 13109-97 на багато років став базою для розробки галузевих документів в енергетиці й заклав основи принципів, за якими в Україні визначають можливість приєднання нового споживача на підставі умов забезпечення ЕМС та ЯЕ в розподільній мережі. Тому при впровадженні в Україні міжнародних європейських стандартів у відповідній галузі і визначенні необхідності скасування національних стандартів, які суперечать європейським, потрібно насамперед встановити ті базові положення, за якими вони були створені, а також провести перевірку існуючої в Україні концепції забезпечення ЕМС та ЯЕ в розподільних мережах на її відповідність європейським принципам.

Метою статті є аналіз відповідності вимог до організації вимірювань показників ЯЕ, прийнятих в Україні, сучасним європейським вимогам.



Як було зазначено вище, основні вимоги до організації вимірювань показників якості електроенергії в Україні встановлено в ГОСТ 13109-97, який охоплює ту ж саму сферу застосування, що й відповідний європейський стандарт EN 50160. (Сферою застосування саме останньої редакції EN 50160 є мережі загальної призначеності напругою до 800 кВ). Однак, на відміну від EN 50160 розробники ГОСТ 13109-97 норми з ЯЕ в мережах загального призначення об'єднали в одному документі з рівнями електромагнітної сумісності та вимогами до рівнів несприйнятливості обладнання.

Останню редакцію стандарту EN 50160:2022 до кінця 2023 року має бути впроваджено в Україні, а згідно з правилами CENELEC до 2025 року має бути скасовано національні стандарти України, що конфліктують з EN 50160:2022. Тому слід розглянути існуючі розбіжності відповідних нормативних документів України та EN 50160:2022.

Огляд нормативних документів України, що стосуються вимірювання ЯЕ. У ГОСТ 13109-97 визначено показники ЯЕ, а також їхні норми в електричних мережах загальної призначеності. Також вказано, що ці норми є рівнями електромагнітної сумісності в мережах електропостачання загального призначення, а також зазначено, що норми застосовують до точок, до яких приєднуються електричні мережі, що перебувають у власності різних споживачів електричної енергії, або приймачі електричної енергії (точки загального приєднання). Слід відмітити, що в попередній редакції цього стандарту (ГОСТ 13109-87) не було посилання на рівні електромагнітної сумісності, а було зазначено, що вимоги до ЯЕ віднесено до точок, до яких приєднано приймачі або споживачі електричної енергії. Отже, точка загального приєднання споживачів (її в міжнародних стандартах застосовують виключно в контексті контролю рівня завад із метою забезпечення електромагнітної сумісності) у редакції стандарту від 1987 року не розглядалася. Можна припустити, що введення в текст стандарту ГОСТ 13109-97 цієї точки оцінювання ЯЕ було здійснено під впливом міжнародних стандартів, що розглядають певні аспекти ЕМС, а саме ІЕС 61000-2-2: 1990 (рівні електромагнітної сумісності) та ІЕЕЕ 519-92 (емісія завад типу гармонік від всього комплексу обладнання користувача), оскільки рівні та норми в стандартах з ЕМС встановлено саме в точках загального приєднання користувача. Таким чином, бажання розробників ГОСТ 13109-97 об'єднати в одному документі категорії ЕМС і ЯЕ призвели до деякої плутанини щодо точок вимірювання ЯЕ, внаслідок чого стосовно них в Україні зараз є певні неузгодженості. Нижче розглянуто низку документів України, що мають практичне застосування й стосуються аспекту ЯЕ з погляду взаємовідношень споживача та постачальника електроенергії.

Галузевий документ СОУ-Н ЕЕ 40.1-37471933-55:2011 (Методика вимірювання якості електричної енергії в системах електропостачання загального призначення) доповнює вимоги ГОСТ 13109-97 у частині проведення вимірювань. Посилання на нього є загальноприйнятим у разі тендерної закупівлі електроенергії у частині, що стосується проведення контролю й оцінювання показників ЯЕ. У цьому документі розглядають декілька пунктів контролю ЯЕ залежно від мети проведення вимірювань, а також типу завад, а саме: межа розділу балансової належності двох енергопостачальних організацій; центр живлення; точка комерційного контролю ЯЕ; точка загального приєднання.

Тобто документ містить вимоги не тільки до проведення вимірювань ЯЕ у рамках договору на її постачання, а також вимоги, які стосуються оцінюванню рівнів завад у мережі та їхніх джерел, призначені для забезпечення ЕМС, а крім того, методи аналізу ЯЕ й причин її погіршення. Отже, ця методика, як і ГОСТ 13109-97, об'єднує в одному документі вимоги до вимірювань характеристик напруги електропостачання, що мають різні цілі: оцінювання якості продукції (електроенергії) і забезпечення ЕМС. Також слід відмітити, що зазначена методика була розроблена ще тоді, коли в Україні не був дійсним міжнародний європейський стандарт щодо вимірювання ЯЕ (ДСТУ ІЕС 61000-4-30), тому багато в чому вона дублює його положення. Отже, на сьогодні доцільно переглянути необхідність застосування цієї методики замість ДСТУ ІЕС 61000-4-30.

У Кодексі систем розподілу, прийнятому постановою Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП) від 14.03.2018 №310, зазначено, що контроль і оцінювання показників ЯЕ здійснюється в точках

приєднання споживачів. Тобто в цьому документі точку контролю показників ЯЕ розглядають з погляду електричного під'єднання споживача, а не межі балансової належності суб'єктів договору на електропостачання.

Нарешті, у Правилах роздрібного ринку електричної енергії, затверджених постановою НКРЕКП від 14.03.2018 № 312, також визначено, що оцінювати параметри ЯЕ на відповідність вимогам установлених стандартів згідно з договором на постачання електроенергії треба в точках приєднання електроустановок учасників роздрібного ринку. Слід відмітити, що в зазначеному документі наведено визначення для точки розподілу/передачі електричної енергії, яка встановлюється на межі балансової належності електроустановок споживача та зазначається в договорі споживача про надання послуг із розподілу електричної енергії з оператором системи. Водночас показники ЯЕ віднесено до іншої точки, а саме до точки приєднання.

Отже, у діючих документах України можна спостерігати різні підходи до проведення вимірювань ЯЕ. Точки вимірювання розглядають як з погляду межі балансової належності суб'єктів договору на електропостачання, так і електричного під'єднання або джерела завад. Слід відмітити, що проблема уніфікації зазначених підходів має не тільки теоретичне, але й практичне значення. Згідно з Порядком забезпечення стандартів якості електропостачання та надання компенсацій споживачам за їхнє недотримання, затвердженим постановою НКРЕКП від 12.06.2018 № 375, у випадку недотримання окремих показників ЯЕ, встановлених Кодексом систем розподілу, електропостачальник надає споживачу компенсацію (грошима або в інший спосіб). Таким чином, усі питання, що стосуються порядку проведення вимірювань показників ЯЕ повинні мати однозначне тлумачення для уникнення конфліктних ситуацій, спричинених недосконалістю нормативної бази.

Розгляд положень EN 50160:2022, що стосуються правильного вибору точки вимірювання ЯЕ. У додатку D останньої редакції EN 50160 наведено роз'яснення щодо зв'язку EMC та ЯЕ. Зазначено, що спільною метою застосування обох категорій є забезпечення споживачів, під'єднаних до розподільної мережі, електроенергією з характеристиками, що дають змогу їхньому устаткуванню працювати належним чином без небажаних завад. Відповідність вимогам стандартів щодо EMC для окремої одиниці та всього комплексу обладнання в цілому є основною передумовою для забезпечення ЯЕ, яка вважається задовільною у випадку, коли її показники не перевершують граничні норми EN 50160. Вона дає змогу забезпечити безаварійну, сумісну роботи великої кількості електричних пристроїв у системі електропостачання.

Сукупність електромагнітних явищ, пов'язаних з електромережами, впливає на показники ЯЕ, які залежать від місцезнаходження, типу та кількості підключеного навантаження, а також конкретного моменту їхнього вимірювання. Норми ЯЕ розглядають стосовно будь-якої точки мережі, де відбувається обмін енергією між суб'єктами договору на електропостачання, тому характеристики напруги, що можна спостерігати в мережі (як і значення загальної емісії завад у неї), мають імовірнісний характер. У наведеній нижче таблиці порівняно деякі аспекти ЯЕ та EMC, що ілюструють зв'язок між ними.

У міжнародних стандартах, що розглядають норми ЯЕ і рівні EMC, відповідні значення визначено для різних точок електричних мереж. У EN 50160:2022 дається таке пояснення для характерних точок у мережі електропостачання.

Термін «point of supply (POS)», який можна перекласти як точка постачання електроенергії, та його синонім «supply terminal» – «термінал живлення» відносяться до якості електроенергії. Він стосується точки розподільної мережі, яку зафіксовано в договорі на електропостачання, і через яку відбувається обмін енергією між суб'єктами зазначеного договору. На практиці – це місцезнаходження межі між мережею загальної призначеності та користувачем мережі. Характеристики напруги, які може очікувати користувач мережі відповідно до EN 50160:2022, відносяться саме до точки постачання електроенергії (терміналу живлення).

Аспект	Якість електроенергії (ЯЕ)	Електромагнітна сумісність (ЕМС)
Визначення	Характеристики електричного струму, напруги та частоти в точці електроенергетичної системи, оцінені відносно комплексу базових технічних параметрів	Здатність обладнання або системи задовільно функціонувати в електромагнітному середовищі, не створюючи неприпустимих електромагнітних завад іншому устаткуванню в цьому середовищі
Технічні цілі	Описати умови та встановити правила для забезпечення належного електропостачання та функціональної сумісності в точці постачання електроенергії споживачу	Забезпечити роботу устаткування за призначенням, без неприйняттого погіршення його встановлених характеристик
Регуляторні цілі	Умови для приєднання електроустаткування до електричної мережі	Забезпечення вимог ЕМС Директиви для електричного обладнання
Характер норм відповідних стандартів	Імовірнісні. Відображають мінливі умови в будь-якій точці електричної мережі	Детерміновані (здатні до відтворення). Значення вимірюють за певних умов випробувань для окремої одиниці устаткування.
Точки вимірювань	Точка постачання електричної енергії	Усі типи портів (порти живлення змінного та постійного струму, сигналів, заземлення)

Точку приєднання «point of connection (POC)» визначено як встановлену точку в системі електропостачання, до якої підключено електричне устаткування користувача.

Термін «point of common coupling (PCC)», або точка загального приєднання відноситься до категорії ЕМС. У EN 50160:2022 точка загального приєднання визначена як точка в мережі загальної призначеності, електрично найближча до конкретного користувача, до якої підключені або можуть бути підключені інші користувачі. Дотримання умов ЕМС (рівень збурення в мережі) оцінюється на основі рівнів сумісності (EN 61000-2-2) у відповідній точці загального приєднання (PCC) користувача.

У багатьох випадках точка загального приєднання та точка постачання електричної енергії є ідентичними за місцем розташування або настільки близькими одна до одної, що на практиці їх можна розглядати як спільну точку щодо ЯЕ та ЕМС. Однак іноді ці точки можуть бути віддалені одна від одної настільки, що їх потрібно розглядати окремо щодо ЯЕ та ЕМС. Оскільки цей факт може вплинути на значення відповідних показників, то його слід враховувати під час проектування приєднання користувача.

На практиці також можуть виникнути обставини, за яких доступ до PCC і POS виявляється дуже складним або майже неможливим. Якщо з часом може знадобитися зазначений доступ, наприклад, для проведення вимірювань, щоб з'ясувати параметри збурень або для підтвердження відповідності певним нормам, то необхідно буде обрати іншу доступну відповідну електричну точку, розташовану якомога ближче до PCC або POS.

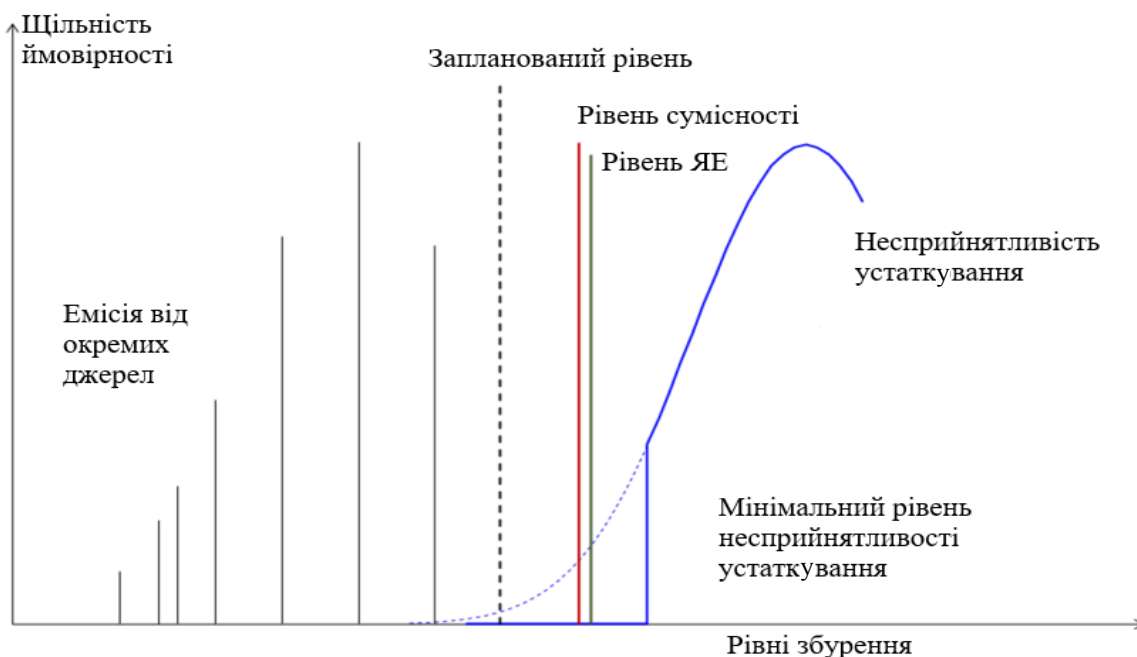
Слід зазначити, що крім описаних вище контрольних точок, для забезпечення роботи устаткування користувача мережі також мають значення інші, наприклад, згадана вище точка вимірювання або точка приєднання (POC). Але вони не мають відношення до аспектів ЯЕ та ЕМС і тому не розглядаються в стандарті EN 50160:2022.

Зв'язок між вимогами до ЯЕ та рівнями електромагнітної сумісності. Згідно з загальновідомим визначенням, рівень електромагнітної сумісності – це встановлений рівень електромагнітних збурень, який використовується як базовий рівень під час встановлення норм емісії та несприйнятливості та необхідний для їхнього узгодження між собою.

За домовленістю рівень сумісності обирається в такий спосіб, щоб існувала лише невелика ймовірність перевищення його фактичним рівнем збурень. Однак електромагнітна сумісність досягається лише в тому випадку, коли рівні емісії збурень обмежуються, а рівень несприйнятливості встановлюється так, щоб у кожній точці електричної мережі рівень збурень, що є результатом сукупної емісії від усіх її споживачів, був нижчим, ніж рівень несприйнятливості для кожного пристрою, устаткування та системи, розташованої в тому самому місці.

Точкою вимірювання для визначення рівня несприйнятливості для устаткування є його затискачі, на які безпосередньо подається напруга змінного струму. Електроенергія від точки, в якій контролюється якість напруги згідно з вимогами EN 50160 до затискачів устаткування, передається через внутрішню мережу споживача. Таким чином, постачальник електроенергії не відповідає за показники якості напруги на затискачах устаткування, приєднаного до внутрішньої мережі споживача.

На рисунку в схематичному вигляді показано співвідношення між рівнями ЕМС та ЯЕ для окремого типу збурень (електромагнітного явища).



Згідно з рисунком встановлений електропостачальником запланований рівень збурення певного типу в мережі, що є сумою допустимих збурень від окремих джерел (устаткування різних споживачів), має бути не більше рівня сумісності, а рівень збурення, що відповідає певній нормі ЯЕ, має бути більше або співпадати з відповідним рівнем сумісності, а також бути менше рівнів несприйнятливості будь-якого окремого пристрою.

Норми якості електроенергії та рівні електромагнітної сумісності можуть співпадати в чисельних значеннях, але вони не є ідентичними, оскільки відносяться до різних точок. Тоді як стандартизовані вимоги до ЯЕ застосовуються тільки до точки постачання електричної енергії (POS), електромагнітна сумісність повинна бути забезпечена саме на терміналах, де обладнання безпосередньо підключене до напруги живлення.

У стандарті EN 50160:2022 окремо підкреслено, що встановлені в ньому характеристики напруги не призначено для використання як рівні електромагнітної сумісності (ЕМС) або допустимі норми несприйнятливості для категорії продукції.

Висновки. Аналіз вимог останньої редакції європейського міжнародного стандарту EN 50160:2022 показує, що певна кількість нормативних документів України суперечать йому і має бути відповідно скоригована або вилучена з обігу, як наприклад ГОСТ 13109-97 та СОУ-Н ЕЕ 40.1-37471933-55:2011. Замість них під час вимірювання показників ЯЕ мають бути застосовані вимоги ДСТУ EN 50160 у новій редакції (сфера застосування якого включає в себе мережі напругою до 800 кВ) та ДСТУ ІЕС 61000-4-30 відповідно.

Нині в Україні є дійсними багато галузевих стандартів, в яких є пряме посилання на ГОСТ 13109-97. Крім того, в різних організаціях енергетичної галузі в експлуатації знаходиться великий парк вимірювальних пристроїв, що застосовують жорсткий алгоритм вимірювання та оцінювання його результатів відповідно до методики, що наведена в ГОСТ 13109-97, які не можуть бути переналаджені на іншу методику. Для скасування ГОСТ

13109-97 і переходу на європейську методику вимірювання зацікавленими Міністерствами має бути ініційована досить масштабна підготовча робота.

Слід ураховувати, що вимірювання показників ЯЕ згідно з договором на постачання електроенергії та вимірювання для контролю рівня завад з погляду забезпечення електромагнітної сумісності в мережі мають різні цілі, певні розбіжності та проводяться в різних точках мережі загальної призначеності (POS або PCC), тому доцільно надалі не об'єднувати відповідні методики в одному документі.

Згідно з сучасними європейськими принципами вимірювання показників ЯЕ в контексті EN 50160 розглядається виключно з погляду взаємовідносин постачальника продукту, яким є електроенергія, та її споживача, тобто на межі балансової належності.

Фінансується за держбюджетною темою «Розвинення теорії та розроблення заходів і технічних засобів для забезпечення якісного електропостачання в електричних мережах систем розподілу з відновлюваними джерелами енергії» (шифр «Емісія-3»), що виконується за Постановою Бюро ВФТПЕ НАН України від 09.07.2019 р., протокол № 12, КПКВК 6541030.

1. Кириленко О.В., Блінов І.В., Зайцев Є.О., Палачов С.О., Васильченко В.І. Впровадження міжнародних та європейських стандартів для розвитку ОЕС України згідно з концепцією Smart Grid. 2022. *Праці Інституту електродинаміки НАН України*. № 63. С. 5–12. DOI: <https://doi.org/10.15407/publishing2022.63.005>
2. Жаркін А.Ф., Палачов С.О., Шкляр Т.Б. Практична реалізація міжнародних вимог щодо забезпечення ЕМС в нормативних документах України. *Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»*. 2017. № 27 (1249). С. 22–25.
3. ГОСТ 13109-97 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Киев, Госстандарт Украины, 1999, 31 с.
4. EN 50160:2022 Voltage characteristics of electricity supplied by public electricity networks. CEN-CENELEC Management Centre. Brussels, 2022, 53 p.

IMPLEMENTATION OF THE EUROPEAN PRINCIPLES OF MEASURING THE QUALITY OF ELECTRIC ENERGY INTO THE REGULATORY BASE OF UKRAINE

A. Zharkin, S. Palachov

Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine,

Beresteiskiyi ave., 56, Kyiv, 03057, Ukraine

mail: sergijpalachov@gmail.com

The analysis of the main European requirements and provisions of the EN 50160:2022 concerning the correct choice of the point of measurement of power quality characteristics was carried out, and the relation between the power quality requirements and EMC compatibility levels was shown. The main differences in the principles of organization of measurement of power quality characteristics adopted in Ukraine and their compliance with modern European principles were studied. Ref. 4, figure, table.

Keywords: power quality, electromagnetic compatibility, standardization, measurement point, point of supply, point of common coupling.

1. Kyrylenko O., Blinov I., Zaitsev Ie., Palachov S., Vasylchenko V. International and European standards implementation for use Smart Grid concept in IPS of Ukraine. 2022. *Pratsi Instytutu Elektrodynamiky NAN Ukrainy*. No 63. Pp. 5–12. DOI: <https://doi.org/10.15407/publishing2022.63.005> (Ukr)
2. Zharkin A., Palachov S. Practical implementation of international requirements for providing EMC in regulatory documents of Ukraine. *Bulletin of National Technical University Kharkiv Polytechnic Institute*. 2017. Issue 27 (1249). Pp. 22–25. (Ukr)
3. GOST 13109 -97 Electric energy. Electromagnetic compatibility of technical equipment. Power quality limits in public electrical systems. Kyiv, Gosstandart Ukrainy, 1999, 31 p. (Rus)
4. EN 50160:2022 Voltage characteristics of electricity supplied by public electricity networks. CEN-CENELEC Management Centre, Brussels, 2022, 53 p.

Надійшла: 30.05.2023

Прийнята: 15.06.2023

Submitted: 30.05.2023

Accepted: 15.06.2023