УДК 621.314

Д. О. БОСИЙ, Д. Р. ЗЕМСЬКИЙ, В. Р. ХОМЕНКО

АНАЛІТИЧНЕ ПОРІВНЯННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ЗА ДВОМА СТАНДАРТАМИ У МЕРЕЖІ НЕТЯГОВОГО СПОЖИВАЧА ЗАЛІЗНИЦІ ЗМІННОГО СТРУМУ

В Україні діють два стандарти, що визначають прийнятну якість електроенергії у мережах загального користування: ГОСТ 13109–97, який діє з 1999 року і застосовується в технічних регламентах; ДСТУ EN 50160: 2014, що набув чинності у 2014 році. Законодавство, що визначає правила українського ринку електроенергії, посилається на ДСТУ EN 50160:2014 у аспекті якості електропостачання. Стаття ставить на меті дослідити відмінності у вимогах стандартів щодо допустимих рівнів спотворень. Ця проблематика проаналізована декількома дослідниками, проте впливу вимог стандартів на обробку результатів вимірювання показників якості не приділено належної уваги. Вимірювання напруги для дослідження проводились в мережі нетягового споживача Одеської залізниці. Під час експерименту використані три режими живлення споживача. У першому режимі споживач отримував електроенергію від тягової підстанції Чубівка, у другому – одночасно від тягових підстанцій Чубівка та Слобідка, в третьому режимі – від підстанції Слобідка. Загальна тривалість експерименту становила 9 годин. Показники для відхилення, несиметрії та несинусоїдності напруги розраховані з використанням різних інтервалів усереднення. Отримані показники якості досліджувались статистичними методами, результати яких наведено у вигляді полігонів функції розподілу та деякі числові статистичні характеристики для кожного режиму живлення. Встановлено, що на більшому інтервалі усереднення зменшується діапазон зміни значень показників якості електроенергії. Найбільший сталий вплив виявлено у значеннях показників, які характеризують ступінь несинусоїдності напруги мережі, розбіжність у значеннях коефіцієнта зворотної послідовності напруги знаходяться в межах до 5 %, різниці між відхиленнями напруги не виявлено.

Ключові слова: якість електроенергії, інтервал усереднення, нетягові споживачі, несиметрія напруги, відхилення напруги, несинусоїдність напруги

Д. А. БОСЫЙ, Д. Р. ЗЕМСКИЙ, В. Р. ХОМЕНКО

АНАЛИТИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПО ДВУМ СТАНДАРТАМ В СЕТИ НЕТЯГОВОГО ПОТРЕБИТЕЛЯ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

В Украине действуют два стандарта, определяющих приемлемое качество электроэнергии в сетях общего пользования: ГОСТ 13109-97, который действует с 1999 года и применяется в технических регламентах; ДСТУ EN 50160: 2014, который вступил в силу в 2014 году. Законодательство, определяющее правила украинского рынка электроэнергии, ссылается на ДСТУ EN 50160: 2014 в аспекте качества электроснабжения. Статья ставит целью исследовать различия в требованиях стандартов к допустимым уровням искажений. Эта проблематика проанализирована несколькими исследователями, однако влияния требований стандартов на обработку результатов измерения показателей качества не уделено должного внимания. Измерение напряжения для исследования проводились в сети нетягового потребителя Одесской железной дороги. Во время эксперимента использованы три режима питания потребителя. В первом режиме потребитель получал электроэнергию от тяговой подстанции Чубовка, во втором – одновременно от тяговых подстанций Чубовка и Слободка, в третьем режиме - от подстанции Слободка. Длительность эксперимента составляла 9 часов. Показатели для отклонения, несиметри и несинусоидальности напряжения рассчитаны с использованием различных интервалов усреднения. Полученные показатели качества исследовались статистическими методами, результаты приведены в виде полигонов функций распределения и некоторых числовых статистических характеристик для каждого режима питания. Установлено, что на большем интервале усреднения уменьшается диапазон изменения значений показателей качества электроэнергии. Наибольший устойчивое влияние обнаружено в значениях показателей, характеризующих степень несинусоидальности напряжения, расхождение в значениях коэффициента обратной последовательности напряжения находятся в пределах до 5%, разницы между отклонениями напряжения не выявлено

Ключевые слова: качество электроэнергии, интервал усреднения, нетяговые потребители, несимметрия напряжения, отклонение напряжения, несинусоидальность напряжения

D. O. BOSYI, D. R. ZEMSKYI, V. R. KHOMENKO

ANALYTICAL COMPARISON OF ELECTRICITY QUALITY INDICATORS IN NON-TRACTION CONSUMER POWER NETWORK WITH USE REQUIREMENTS OF TWO STANDARDS

There are two standards defining acceptable power quality simultaneously in Ukrainian public networks: GOST 13109-97 has been in force since 1999 and is used in technical regulations; DSTU EN 50160: 2014 was entered into force in 2014. The legislation defining the rules of the Ukrainian electricity market refers to DSTU EN 50160: 2014 in terms of the electrical power quality. The aim of the study is to determine differences in the requirements of standards for acceptable levels distortion. Several researchers have studied this issue; however, they did not pay attention to the requirements impact of standards on the processing of quality measurement results. For the study, measurement is carried out in the non-traction consumer network of the Odessa Railway. During the experiment, three power supply modes were used. In the first mode, the consumer was received electricity from the traction substation Chubovka. In second mode, supply was realized from two substations. In the third mode the load was powered from the substation Slobidka. The total duration of the experiment was 9 hours. Indices of voltage variations, voltage unbalance and harmonic distortion were calculated with using different averaging intervals. Then, the obtained quality indicators were investigated by statistical methods. The cumulative distribution functions and some numerical statistical characteristics are given in the article for three modes of power supply. Variation range reduction of indexes have been established. Total harmonic distortion values were more susceptible than values other indicators. Voltage unbalance difference in the variance range to 5%. Difference in voltage variation indices was not found.

Keywords: power quality, averaging interval, non-traction customers, voltage unbalance, voltage variations, harmonic distortion.

Вступ. Дослідженнями проблем електромагнітної сумісності в електроенергетиці займається широке коло науковців [1-7]. Допустимі рівні електромагнітних перешкод, із якими гарантується оптимальна робота

© Д. О. Босий, Д. Р. Земський, В. Р. Хоменко, 2019

електрообладнання, визначаються у державних та міждержавних стандартах. В Україні з 2014 року вступив у дію ДСТУ EN 50160:2014 «Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загального призначення» [8], гармонізований із європейським стандартом EN 50160:2010. Нове законодавство, розроблене для лібералізованого ринку електроенергії, встановлює вимоги в якості гарантованих показників якості електроенергії. Так, зокрема, у пункті 11.4.6. Кодексу систем розподілу зазначається, що параметри якості електричної енергії в точках приєднання споживачів у нормальних умовах експлуатації мають відповідати параметрам, визначеним у ДСТУ EN 50160:2014 «Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загального призначення». Цим підвищується актуальність забезпечення якості електроенергії, оскільки у [9] визначені суми та принцип розрахунку компенсацій та порядок їх надання споживачам від постачальників та операторів систем розподілу електричної. У той же час, із прийняттям ДСТУ EN 50160:2014, не втратив чинність ГОСТ 13109-97 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» [10], на який продовжують посилатись інструкції та правила прийняті до 2014 року.

Аналізу розбіжностей, які має ДСТУ EN 50160:2014 у відношенні до ГОСТ 13109-97, присвячені роботи [11-13]. Загалом їх автори, обмежились співставленням нормативних значень відповідних показників якості електроенергії. Проте, менше уваги приділено вимогам до обробки результатів вимірювання. Зокрема, розмір інтервалу усереднення виміряних значень напруги, який у ГОСТ 13109-97 складає 3 або 60 с, у залежності від розрахованого показника, а у ДСТУ EN 50160:2014 – 10 хв, може мати істотний вплив на результат оцінки якості електроенергії у системі.

Метою даної статті є порівняння вимог ДСТУ EN 50160:2014 та ГОСТ 13109-97 на підставі обробки виміряних значень напруги.

Методика вимірювання. Дослідження проводилось у колі вторинної напруги понижуючого трансформатору КТП, приєднаної до лінії «два проводи-рейка» Одеської залізниці. Для вимірювання та реєстрації використано портативні аналізатори якості електричної енергії SATEC EDL-175xr (рис. 1, а). Для вимірювання напруги, пристрій напряму підключаєтеся до виводів трансформатору, у мережу з номінальною напругою 0,38 кВ, як зображено на схемі (рис. 2). Реєстрація миттєвих значень струму у мережі здійснювалось за допомогою гнучких роз'ємних кліщів типу LEM-Flex (рис. 1, б).

а б

Рисунок 1 – Вимірювальний пристрій: а – портативний аналізатор якості електричної енергії; б – струмові роз'ємні кліщі

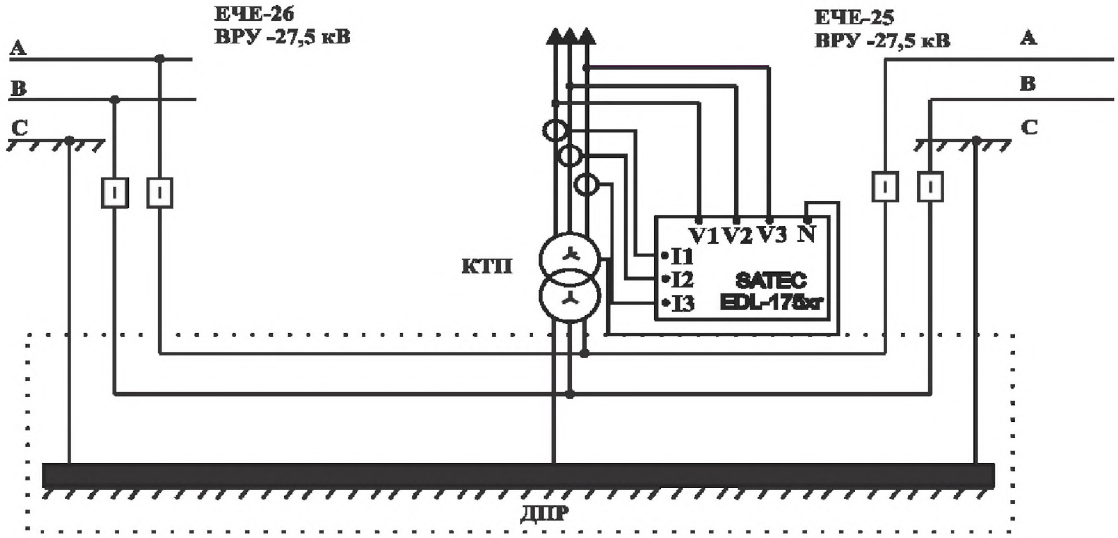

Рисунок 2 – Схема проведення вимірювань

Споживач за нормальної схеми отримував живлення від лінії ДПР, що підключена до шин тягової підстанції Чубівка (ЕЧЕ-25) – основне живлення.

Додатково забезпечене резервування живлення від підстанції Слобідка (ЕЧЕ-26).

Зауважимо, що для лінії ДПР, яка живиться від названих підстанція, є технічна можливість реалізувати схему двостороннього живлення. Тому, під час експерименту споживач отримував живлення від двох підстанцій одночасно та по-черзі окремо від кожної підстанції.

Кожен режим живлення тривав протягом 3 годин. Загальна тривалість експерименту становила 9 годин.

В обох стандартах ДСТУ EN 50160:2014 та ГОСТ 13109-97 приведені три основних показника якості електроенергії: відхилення напруги або змінення напруги δU, коефіцієнт несинусоїдності кривої напруги K_U або сумарний коефіцієнт гармонічних спотворень (СКГС) та коефіцієнт зворотної послідовності напруги K_{2U}, які визначаються за формулами:

$$\delta U = \frac{U - U_{\text{н}}}{U_{\text{н}}} \cdot 100, \quad (1)$$

$$K_U = \text{СКГС} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{40} U_{(n)}^2}}{U_{(1)}} \cdot 100, \quad (2)$$

$$K_{2U} = \frac{U_{2(1)}}{U_{1(1)}} \cdot 100, \quad (3)$$

де U – усереднене діюче значення міжфазної напруги, В;

$U_{\text{н}}$ – номінальне значення напруги, В.

$U_{(n)}$ – усереднене діюче значення n-ї гармоніки напруги, В;

$U_{(1)}$ – усереднене діюче значення напруги основної частоти, В;

n – порядок гармоніки напруги;

$U_{1(1)}$ та $U_{2(1)}$ – відповідно, напруги прямої та зворотної послідовності основної частоти, В.

За ГОСТ 13109-97 інтервал усереднення для приведених показників становить 3 с, крім відхилення напруги, де він збільшений до 60 с. Відповідно, у ДСТУ EN 50160:2014 визначено інтервал у 10 хв для усереднення виміряних значень.

Зазначимо, що тривалість вимірювань за стандартами повинна складати 24 години та 7 діб, відповідно, за ГОСТ 13109-97 та ДСТУ EN 50160:2014. Оскільки через технічні складнощі тривалість експериментальних вимірювань склала 9 годин, то дати вичерпну оцінку стану якості електроенергії у мережі відповідно до вимог стандартів неможливо. Проте отримані результати цілком придатні до аналізу впливу режиму живлення лінії на показники якості електроенергії та досягнення поставленої мети з порівняння вимог двох стандартів до усереднення виміряних даних.

Результати вимірювань і аналіз отриманих результатів. Виміряні миттєві значення фазних напруг у мережі споживача приведенні на діаграмі (рис. 3).

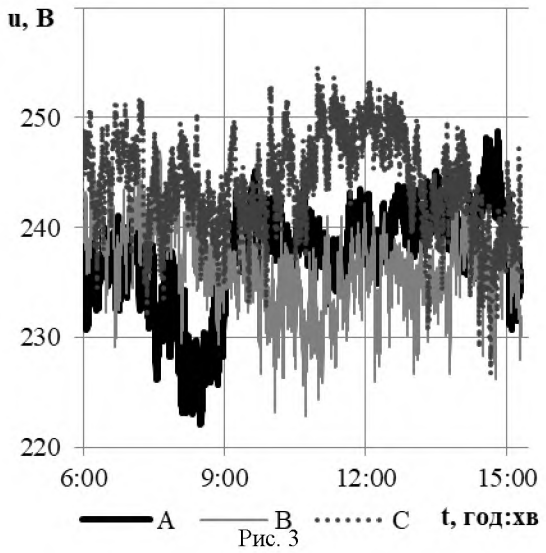

Рис. 3

Рисунок 3 – Часова діаграма напруги живлення споживача

Виміряні дані усереднено на інтервалах, що регламентовані стандартами, для визначення кожного показника якості.

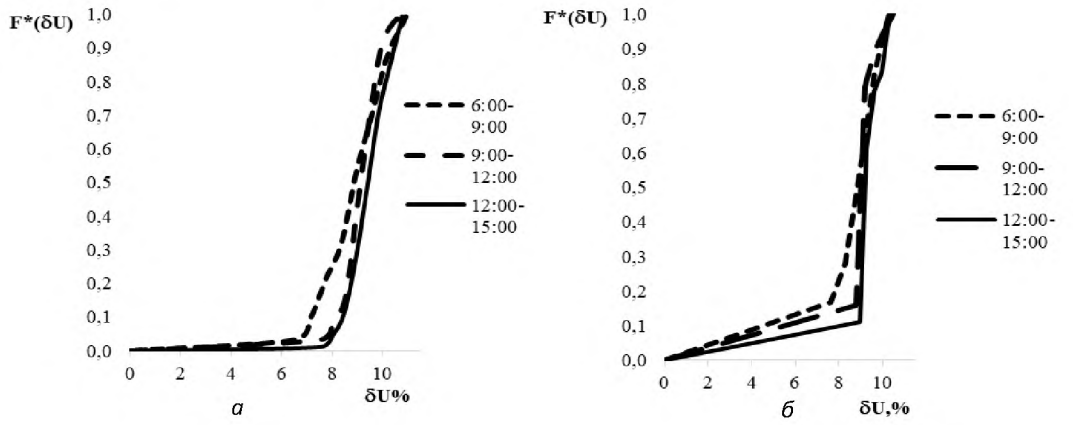

Рисунок 4 – Інтегральні функції розподілу ймовірності відхилення напруги: а – за вимогами ГОСТ 13109-97; б – за вимогами ДСТУ EN 50160:2014

Отримані значення показників якості електроенергії утворюють первину статистичну сукупність, яку далі досліджували методом аналізу інтервального варіаційного ряду. Визначення кількості часткових інтервалів для згрупованого статистичного ряду виконано за формулою Стерджеса. На основі отриманих даних побудовані полігони функції розподілу, що зображені на рис. 4-8, на яких а – розраховані значення показників за вимогами ГОСТ 13109-97, б – за ДСТУ EN 50160:2014.

Отримані значення відхилення напруги перевищують встановлене нормально допустиме значення у 5 % за ГОСТ 13109-97, що також видно на рис. 4, а. І навпаки, згідно з ДСТУ EN 50160:2014, де нормоване значення встановлене на рівні 10 %, відсутні порушення вимог до якості напруги за цим показником.

На рис. 5 відмічені точки на кумулятивах, що відповідають нормально допустимому значенню K_{2U}, згідно вимог обох стандартів. Як видно, спотворення зазнала симетрія векторів напруги у колі споживача, що визначається у перевищенні коефіцієнтом зворотної послідовності напруги нормально допустимого значення в усіх режимах роботи. Ймовірність появи понаднормативного значення K_{2U} для першого, другого та третього режиму живлення споживача складає, відповідно, 61 %, 6 % та 20 % за ГОСТ 13109-97 і 61%, 8% та 25% за ДСТУ EN 50160:2014. Перевищення граничного значення у 4 %, що вимагається ГОСТ 13109-97 для K_{2U} не зафіксовано.

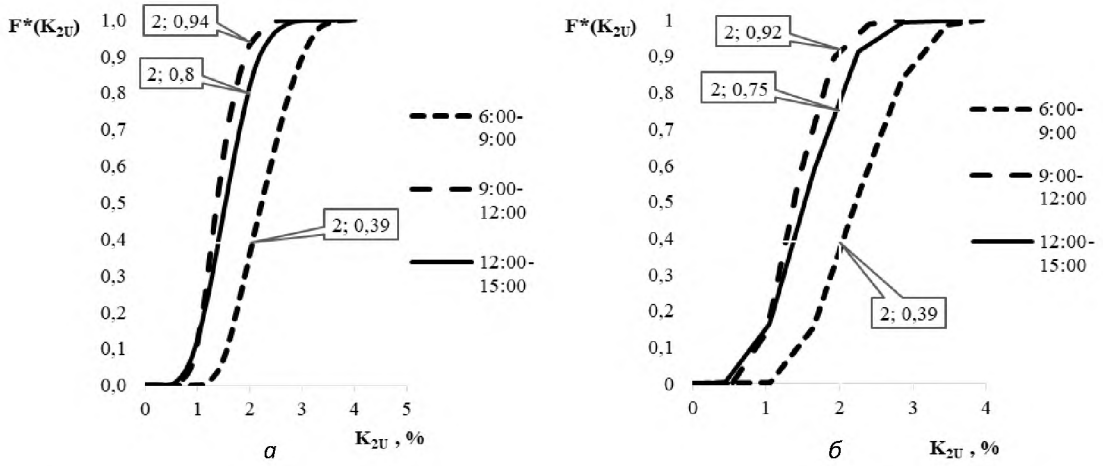

Рисунок 5 – Інтегральні функції розподілу ймовірності коефіцієнта несиметрії напруги зворотної послідовності: а – за вимогами ГОСТ 13109-97; б – за вимогами ДСТУ EN 50160:2014

Значення K_U та СКГС під час вимірювань практично не перевищували нормативного значення у 8 %. У напрузі U_{ab} (рис. 6, а) спостерігалось нетривале перевищення нормального допустимого значення на 0,4 %. Проте, при використанні інтервалу усереднення у 10 хв, діапазон зміни СКГС виявився меншим за діапазон зміни K_U на 2-3 %. Спотворення напруг U_{bc} (рис. 7) та U_{ca} (рис. 8) у межах норми.

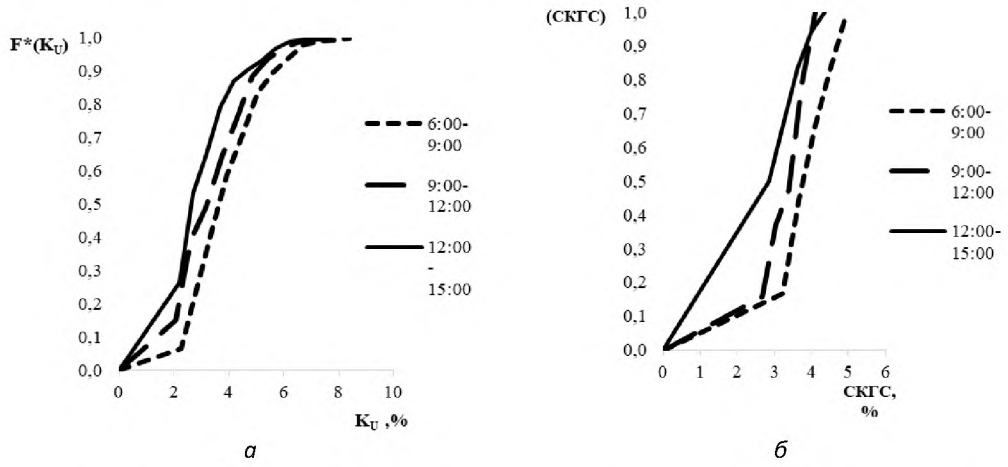

Рисунок 6 – Інтегральні функції розподілу ймовірності показника несинусоїдності напруги між фазами А та В: а – за вимогами ГОСТ 13109-97; б – за вимогами ДСТУ EN 50160:2014

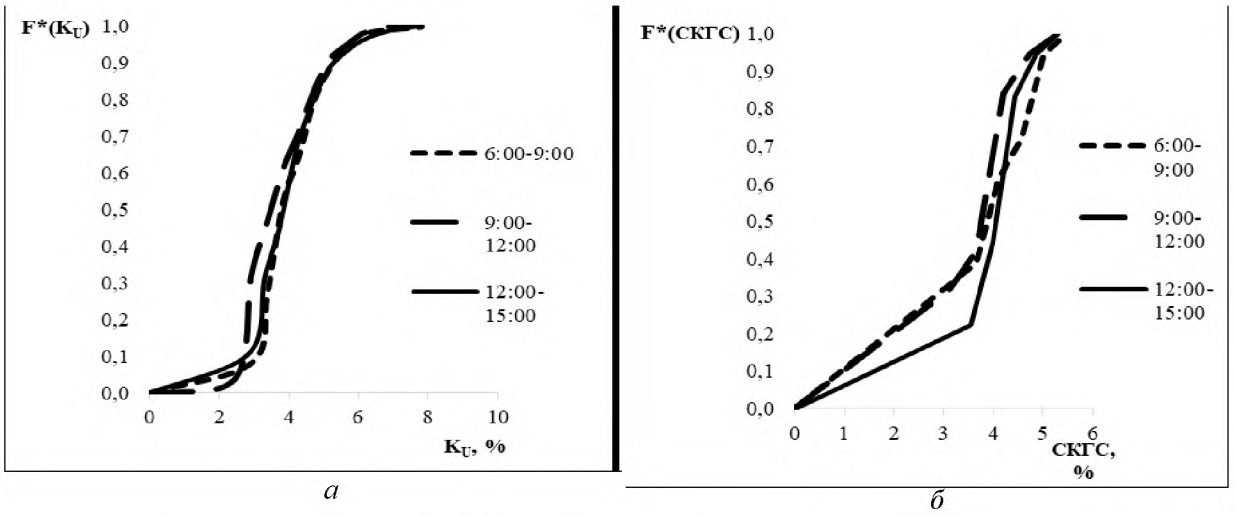

Рисунок 7 – Інтегральні функції розподілу ймовірності показника несинусоїдності напруги між фазами В та С: а – за вимогами ГОСТ 13109-97; б – за вимогами ДСТУ EN 50160:2014

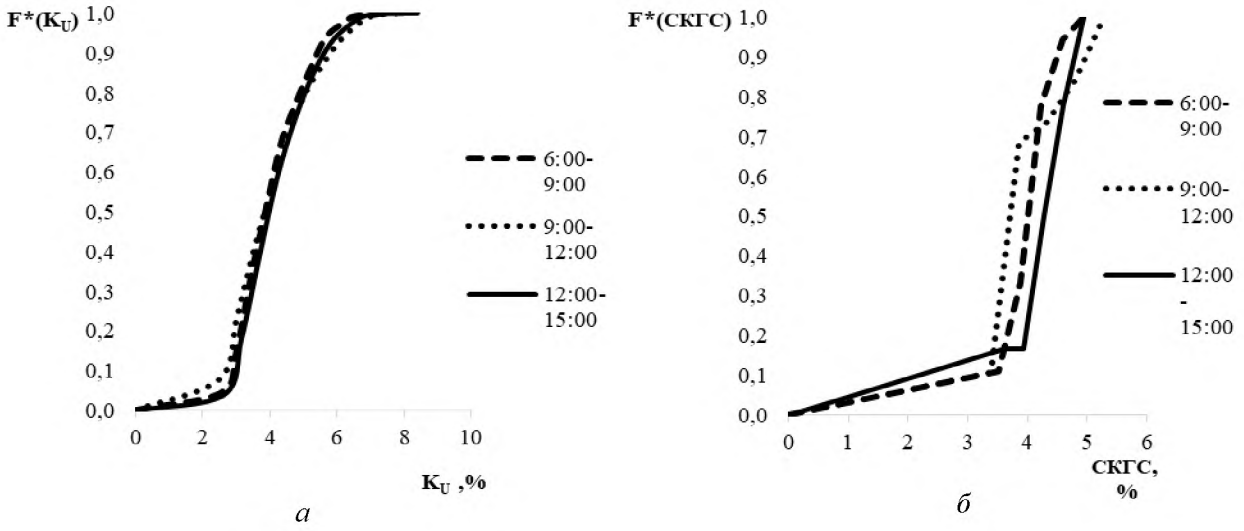

Рисунок 8 – Інтегральні функції розподілу ймовірності показника несинусоїдності напруги між фазами С та А: а – за вимогами ГОСТ 13109-97; б – за вимогами ДСТУ EN 50160:2014

Числові характеристики для показників якості електроенергії представлені у табл. 1 розраховані для різних режимів електропостачання. У таблиці представлені: найбільш ймовірніше значення (мода) відповідного показника якості, вибіркове середнє, мінімальне та максимальне значення. Чисельник відповідає значенню отриманого за ГОСТ 13109-97, знаменник, відповідно, – ДСТУ EN 50160, що дає можливість оцінити різницю у числових статистичних оцінках.

Висновок. В результаті виконаних досліджень встановлено, що на більшому інтервалі усереднення зменшується діапазон зміни значень показників якості електроенергії. Внаслідок використання різних вимог до обробки результатів вимірювання показників якості напруги, які визначені у чинних стандартах, можуть бути отримані протилежні результати оцінки стану якості електроенергії у мережі. Найбільший сталий вплив виявлено у значеннях показника, що характеризує ступінь несинусоїдності напруги мережі, діапазон зміни якого зменшився на 2 %, у відношенні до діапазону зміни коефіцієнта несинусоїдності напруги, розрахованого за вимогами ГОСТ 13109-97. Розбіжність у значеннях коефіцієнта зворотної послідовності напруги знаходиться в межах до 5 %. Виконаний у статті аналіз не виявив різниці між відхиленнями напруги. Відповідно до ГОСТ 13109-97, відхилення напруги у точці мережі, де проводились вимірювання, перевищує нормоване, що пояснюється компенсацією спаду напруги до місця підключення обладнання споживача.

Таблиця 1 – Числові характеристики показників якості

Параметр	Мода, %	Мінімум, %	Максимум, %	Вибіркове середнє, %	Мода, %	Мінімум, %	Максимум, %	Вибіркове середнє, %	Мода, %	Мінімум, %	Максимум, %	Вибіркове середнє, %
	06:00-09:00				09:00-12:00				12:00-15:00			
δU	8,63/ 9,26	6,13/ 6,98	10,96/ 10,31	8,82/ 8,82	8,76/ 8,99	7,08/ 8,34	10,92/ 10,52	9,11/ 9,18	9,63/ 9,22	7,1/ 8,6	10,79/ 10,35	9,41/ 9,37
K_{2U}	1,95/ 1,92	0,05/ 0,73	3,94/ 3,78	2,25/ 2,25	1,46/ 1,23	0,06/ 0,69	2,75/ 2,45	1,39/ 1,41	1,64/ 1,57	0,03/ 0,45	3,93/ 3,63	1,62/ 1,55
K_{Uab} ($СКГС_{ab}$)	2,8/ 4,05	1,7/ 2,81	8,4/ 4,96	3,86/ 3,86	3,45/ 2,85	1,5/ 2,3	8,2/ 4,11	3,34/ 3,03	2,58/ 3,23	1,7/ 2,48	7,7/ 4,38	3,05/ 2,77
K_{Ubc} ($СКГС_{bc}$)	3,63/ 3,56	2,5/ 3,21	7,8/ 5,46	4,01/ 4,01	2,69/ 3,92	2/ 2,56	7,5/ 5,28	3,7/ 3,66	3,6/ 3,95	2,4/ 3,11	7,8/ 5,3	3,99/ 3,63
K_{Uca} ($СКГС_{ca}$)	3,31/ 4,3	2,1/ 3,17	7,4/ 4,94	3,99/ 3,99	3,20/ 3,65	2/ 2,91	8/ 5,28	4,07/ 3,70	3,7/ 4,35	2,1/ 3,28	8,4/ 4,94	4,14/ 3,76

Список літератури

1. Liang X. Emerging power quality challenges due to integration of renewable energy sources. IEEE Transactions on Industry Applications. 2016. No 53(2), P. 855-866. doi: 10.1109/TIA.2016.2626253.

2. Hadjidemetriou L., Kyriakides E., Blaabjerg F. A robust synchronization to enhance the power quality of renewable energy systems. IEEE Transactions on Industrial Electronics. 2015. No 62(8), P. 4858-4868. doi: 10.1109 / TIE.2015.2397871

3. Гриб О. Г., Сокол Е. И., Жаркин А. Ф., Васильченко В. И. Качество электрической энергии. Том 3, Методы и средства повышения качества электрической энергии. Харьков: ПП «Граф-Iкс», 2014. Т. 3. 292 с.

4. Albu M., Sănduleac M., Stănescu C. Syncretic use of smart meters for power quality monitoring in emerging networks. IEEE Transactions on Smart Grid. 2016. No 8(1), P. 485-492. doi: 10.1109/ TSG.2016.2598547

5. Сиченко В. Г., Саєнко Ю. Л., Босий Д. О. Якість електричної енергії у тягових мережах електрифікованих залізниць: монографія. Дніпропетровськ: Стандарт-Сервіс, 2015. 340 с.

6. Zemskyi D. R., Bosyi D. O. Energy Efficient Modes of Distribution Power Supply Systems with Different Vector Group of Transformer. 2019 IEEE 6th International Conference on Energy Smart Systems. Conference proceedings. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc, 2019. doi: 10.1109/ESS.2019.8764246. UPL: https://ieeexplore.ieee.org/document/8764246

7. Земський Д. Р. Експериментальне дослідження якості електроенергії у споживачів, що живляться від лінії ДПР 27,5 кВ залізниць змінного струму Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2018. № 1 (136). С. 66–71.

8. ДСТУ EN 50160:2014. Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загального призначення (EN 50160:2010, IDT). Київ, ДП «УкрНДНЦ», 2014, 32 с.

9. Про затвердження Порядку забезпечення стандартів якості електропостачання та надання компенсацій споживачам за їх недотримання : Постанова Нацком. енергетики, ком. послуг. від 12.06.2018 №375 URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/ v0375874-18 (дата звернення: 01.02.2019).

10. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Киев: Госстандарт Украины, 1999. 33 с.

11. Трунова І. М., Мороз О. М.. Деякі питання щодо застосування ДСТУ EN 50160:2014 Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Технічні науки. 2015. Вип. 15, Т. 2. С. 328-331.

12. Трунова І. М. Лебедєва Я. А. Порівняльний аналіз основних нормативних документів щодо якості електричної енергії. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. 2015. № 165. С. 19-22.

13. Хачатрян Л. А., Казанський С. В. Про невідповідність чинних стандартів України щодо показників якості електричної. Сучасні проблеми електроенерготехніки та автоматики. 2017. С. 156-158

References (transliterated)

1 Liang X. Emerging power quality challenges due to integration of renewable energy sources. IEEE Transactions on Industry Applications. 2016. No 53(2), pp. 855-866. doi: 10.1109/TIA.2016.2626253.

2. Hadjidemetriou L., Kyriakides E., Blaabjerg F. A robust synchronization to enhance the power quality of renewable energy systems. IEEE Transactions on Industrial Electronics. 2015. No 62(8), P. 4858-4868. doi: 10.1109 / TIE.2015.2397871

3. Hryb O H., Sokol E. Y., Zharkyn A. F., Vasylchenko V. Y Kachestvo elektricheskoy energii. Tom 3, Metody i sredstva povysheniya kachestva elektricheskoy energii. [Electricity quality. Vol. 3, Methods and means of improving electricity quality]. Har'kov,"Graf-Iks" Publ., 2014. 292 p.

4. Albu M., Sănduleac M., Stănescu C. Syncretic use of smart meters for power quality monitoring in emerging networks. IEEE Transactions on Smart Grid. 2016. No 8(1), P. 485-492. doi: 10.1109/ TSG.2016.2598547

5. Sychenko V. H., Saienko Yu. L., Bosyi D. O. Yakist elektrychnoi enerhii u tiahovykh merezhakh elektryfikovanykh zaliznyts [Electricity quality in traction networks of electrified railways]. Dnipropetrovsk, Standart-Servis Publ., 2015. 340 p.

6. Zemskyi D. R., Bosyi D. O. Energy Efficient Modes of Distribution Power Supply Systems with Different Vector Group of Transformer. 2019 IEEE 6th International Conference on Energy Smart Systems. Conference proceedings. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc Publ, 2019. doi: 10.1109/ESS.2019.8764246. UPL: https://ieeexplore.ieee.org/document/87642465.

7 Zemskyi D. R. Eksperymentalne doslidzhennia yakosti elektroenerhii u spozhyvachiv, shcho zhyvliatsia vid linii DPR 27,5 kV zaliznyts zminnoho strumu [Experimental research of power quality at consumers getting electricity from the line TWR 27, 5 kV of alternating current railways] Visnyk Vinnytskoho politekhnichnoho instytutu. 2018. № 1(136). pp. 66-71.

8 DSTU EN 50160:2014. Kharakterystyky napruhy elektropostachannia v elektrychnykh merezhakh zahalnoho pryznachennia (EN 50160:2010, IDT) [Voltage characteristics of electricity supplied by public electricity networks (EN 50160:2010, IDT)]. Kyiv. UkrNDN Publ., 2014. p. 32.

9. Pro zatverdzhennia Poriadku zabezpechennia standartiv yakosti elektropostachannia ta nadannia kompensatsii spozhyvacham za yikh nedotrymannia [On Approval of the Procedure for Ensuring Power Supply Quality Standards and Compensating Consumers for Non-Compliance] National Commission for State Regulation of Energy and Public Utilities Publ., Available at: https://zakon.rada.gov.ua/ laws/show/v0375874-18 (accessed 01.02.2019)

10. GOST 13109-97 Elektricheskaya energiya. Sovmestimost' tekhnicheskikh sredstv. Normy kachestva elektricheskoy energii v sistemakh elektrosnabzheniya obshchego naznacheniya [Electric Energy. Compatibility of technical equipment. Quality standards for electric

energy in public power supply systems]. Kiev. Gosstandart Ukrainy Publ., 1999. p. 33

11 Trunova I. M. Deiaki pytannia shchodo zastosuvannia DSTU EN50160:2014 [Some questions regarding the application of DSTU EN50160:2014]. Pratsi Tavriiskoho derzhavnoho ahrotekhnolohichnoho universytetu. Tekhnichni nauky. 2015. Iss. 15. Vol. 2. pp. 328-331/

12. Trunova I. M. Lebedyeva Ja. A. Porivnialnyi analiz osnovnykh normatyvnykh dokumentiv shchodo yakosti elektrychnoi enerhii [Comparative analysis of the main normative documents on the quality of electricity]. Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka . 2015. № 165. pp. 19-22.

13. Khachatrian L. A., Kazanskyi S. V. Pro nevidpovidnist chynnykh standartiv Ukrainy shchodo pokaznykiv yakosti elektrychnoi [About the lack of official standards in Ukraine and the indicators of electrical power]. Suchasni problemy elektroenerhotekhniky ta avtomatyky. 2017. pp. 156-158

Надійшла (received) 05.10.2019

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Босий Дмитро Олексійович (Босый Дмитрий Алексеевич, Bosyi Dmytro Oleksiiovych) – доктор технічних наук, Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, професор кафедри «Інтелектуальні системи електропостачання»; м. Дніпро, Україна; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1818-2490 e-mail: dbs@mm.st.

Земський Денис Романович (Земский Денис Романович, Zemskyi Denys Romanovych) – Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, аспірант, асистент кафедри «Інтелектуальні системи електропостачання»; м. Дніпро, Україна; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4322-0727 e-mail: d.zemskyi@ukr.net.

Хоменко Валентина Романівна (Хоменко Валентина Романовна, Khomenko Valentyna Romanivna) – Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, магістрант кафедри «Інтелектуальні системи електропостачання»; м. Дніпро, Україна.