

Ефективність та надійність систем електропостачання
Efficiency and reliability of power supply systems

УДК 621.316.1:62-533.7

<https://doi.org/10.5281/zenodo.6967645>

Аналіз регулювання якості електричної енергії як складової якості електропостачання сільськогосподарських споживачів

І.М. Трунова¹, Н.Ю. Потикун²

Державний біотехнологічний університет (м.Харків, Україна)
email: ¹ trunova_iryana@btu.kharkov.ua; ² natali.potykun1985@gmail.com;
ORCID: ¹ 0000-0001-7510-4291

В статті проаналізована якість електроенергії у сільськогосподарських районах, базуючись на статистичних даних Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг. Зроблено висновок, що якість електроенергії у сільській місцевості значно гірша, ніж у містах, що впливає на ефективність електрифікованих технологічних процесів сільсько-господарського виробництва. Також проаналізовані основні напрями регулювання якості електроенергії в Україні - впровадження стандартів та мінімальних вимог щодо якості електроенергії, реалізація компенсацій та штрафів, інформування та встановлення зобов'язань. Зроблено висновок, що є необхідність прийняття актуальних редакцій стандартів, які гармонізовані з європейськими стандартами. Також виявлена незадовільна ситуація з відсутністю у базах нормативно-технічної документації стандартів щодо електромагнітної сумісності обладнання в той час, коли вони є чинними в Україні. Аналіз прав споживачів щодо отримання якісної електроенергії та компенсацій внаслідок невиконання гарантованих стандартів якості електропостачання, які стосуються якості електроенергії, показав, що захист прав споживачів з впровадженням стандартів якості електропостачання покращився. А впровадження дієвого механізму надання компенсацій споживачам за невиконання гарантованих стандартів є одним із заходів регулювання, який має за мету також і покращення якості електроенергії. Аналіз обов'язків споживачів щодо використання електроустановок, які не погіршують якість електроенергії та усунення причин, якщо це відбулося, показав, що контроль за виконанням цих обов'язків утруднений внаслідок незадовільної ситуації з наявністю певних стандартів з електромагнітної сумісності та незадовільним забезпеченням приладами контролю якості електроенергії певного класу вимірювань у Операторів систем розподілу.

Ключові слова: регулювання, якість електроенергії, якість електропостачання, сільськогосподарські споживачі.

Постановка проблеми та її актуальність. Якість електричної енергії (ЯЕ) впливає на ефективність електрифікованих технологічних процесів, в тому числі на раціональне використання електроенергії. Згідно закону України «Про ринок електричної енергії» [1] ЯЕ є однією зі складових якості електропостачання, стандарти якої поступово впроваджуються в Україні понад 10 років. В одному з останніх бенчмаркінг звітів Ради органів регулювання енергетики Європейського Союзу - Council of European Energy Regulators (CEER) [2] відмічалось, що з точки зору регулювання якості електропостачання регулювання ЯЕ - це встановлення стандартів та мінімальних вимог щодо ЯЕ, реалізація компенсацій та штрафів, інформування та встановлення зобов'язань. Актуальність питання регулювання якості електро-

постачання підтверджує динаміка приєднання країн до активної участі в дослідженні кращих практик щодо впровадження стандартів якості електропостачання під егідою CEER. На рисунку 1 для ілюстрації ми поєднали інформацію з 6-го бенчмаркінг - звіту CEER, додавши до рисунку з [2] інформацію за 2016 рік.

Аналіз результатів останніх досліджень та публікацій, що стосуються проблеми. Якість електропостачання, складовою якої є ЯЕ, в цілому у сільськогосподарських районах нижча, ніж в містах.

При цьому, в стандарті ДСТУ EN50160:2014 [3] як одна з характеристик напруги вказується перерва в електропостачанні (коли напруга живлення складає 5% та менше від номінальної напруги). Безперервність електропостачання хара-

ктеризується показниками, що відображають тривалість та кількість довгих перерв електропостачання. Як цільові показники надійності в Україні використовують індекс середньої тривалості довгих перерв в електропостачанні в системі - System Average Interruption Duration Index (SAIDI).

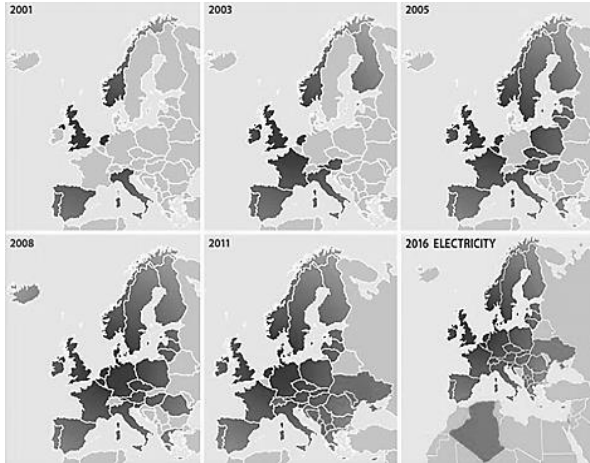


Рис. 1. Динаміка участі країн у формуванні бенчмаркінг звітів CEER щодо якості електропостачання

Вони визначалися на базовий рік до переходу Операторів систем розподілу (ОСР) до стимулюючого регулювання з врахуванням фактичних значень SAIDI за три попередні роки, тому можуть слугувати для об'єктивного порівняльного аналізу даних для міст та сільської місцевості. Аналіз цільових показників надійності електропостачання на 2020 рік за [4] показав, що лише в АТ «Вінницяобленерго» цей показник для сільських населених пунктів менший за показника для міст, тобто у 96% ОСР надійність електропостачання сільських населених пунктів значно менша (якщо різниця для АТ «Вінницяобленерго» складає 4%, то для тих ОСР, де надійність електропостачання нижча у сільських населених пунктах, різниця від 60% до 200%). Графічно це ілюструється рисунком 2.

Про незадовільну ЯЕ в Україні в цілому свідчить і статистика, що приведена у Звіті НКРЕКП про результати діяльності за 2020 рік [5]. Аналіз цих даних показав, що 25 ОСР надавали у 2020 році компенсації споживачам за не-якісні послуги з електропостачання. При цьому сума компенсацій склала 3 180 007 грн, в тому числі з них 1 740 924 грн (55%) за незадовільну ЯЕ і 902 763 грн за перерви в електропостачанні понад 24 години.

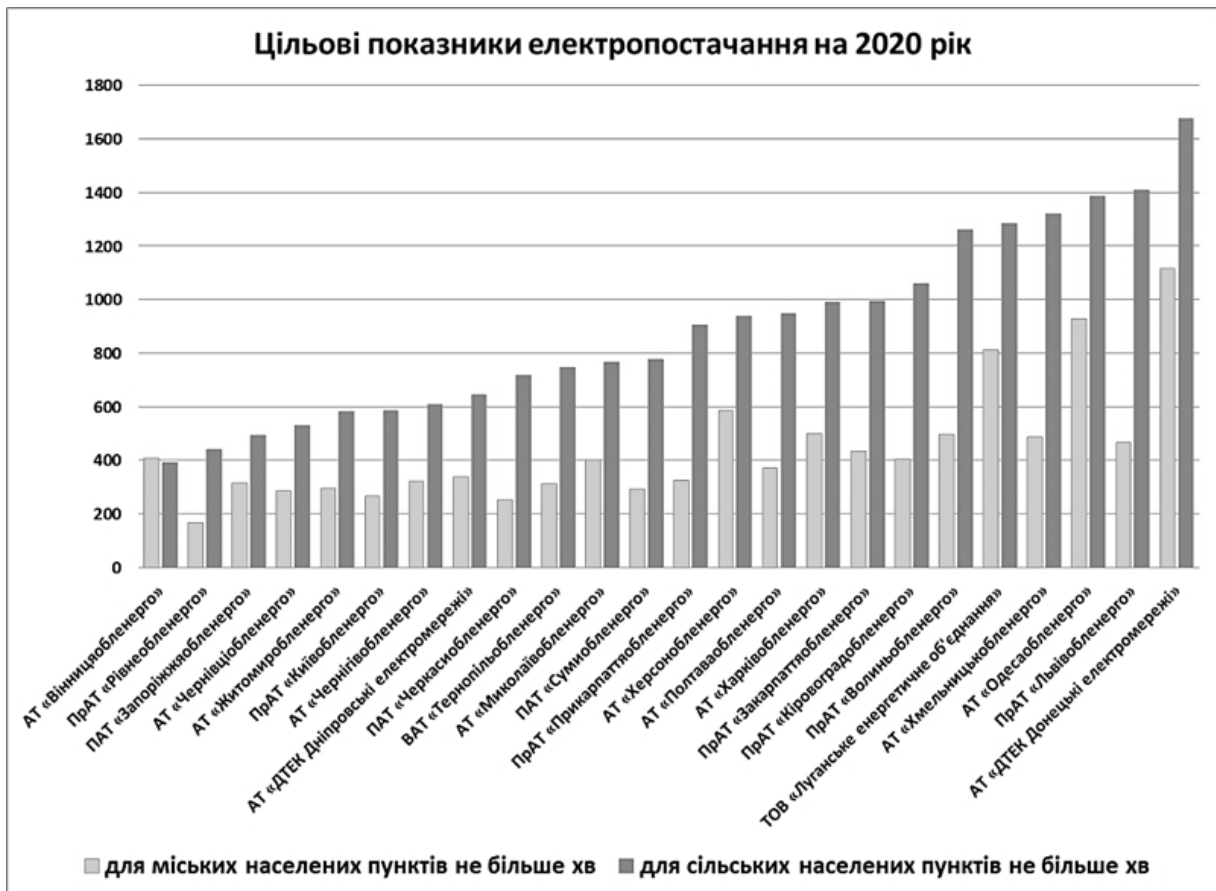


Рис. 2. Цільові показники SAIDI для міських та сільських населених пунктів України на 2020 рік.

Питання регулювання якості електропостачання з врахуванням ЯЕ розглядалося у [6], але не досліджувалося питання актуальності стандартів щодо норм ЯЕ, порівняння регулювання ЯЕ до впровадження стандартів якості електропостачання та після, тощо. Тому виникає необхідність аналізу нормативно-технічного забезпечення (стандартів та мінімальних вимог), реалізації компенсацій та штрафів, інформування та встановлення зобов'язань – все те, що і є регулюванням якості електропостачання, складовою ЯЕ.

Метою роботи є підвищення ефективності електрифікованих технологічних процесів сільськогосподарського виробництва, шляхом визначення недоліків заходів регулювання якості електропостачання та розробки рекомендацій щодо їх усунення.

Викладення основного матеріалу. В Україні на сьогодні щодо характеристик напруги чинний стандарт ДСТУ EN50160:2014 [3] який є ідентичним європейському стандарту EN 50160:2010. На нього посилається Кодекс систем розподілу (КСР) [7], де у пункті 11.4 наведені усі характеристики напруги за цим стандартом (як і на сайті Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП), яка є в нашій країні Регулятором [8]). При цьому, по-перше, аналіз тексту стандарту [3], що є в друкованому вигляді від Державного підприємства «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» [9] (ДП «УкрНДНЦ»), та цитат з цього стандарту в [7,8] виявив деякі розбіжності (можливо, внаслідок друкарської помилки). Крім того, за цей час європейський стандарт EN 50160:2010 отримав декілька змін та поправок (виправлення 2011 року та поправку 2015 року, дві поправки 2019 року), які відразу впроваджуються усіма країнами ЄС. Наприклад, на сайті естонського центру по стандартизації та акредитації [10] можна знайти інформацію щодо актуального на сьогодні переліку змін стандарту EN50160:2010, які відображені в естонському стандарті. Ілюстрація декількох результатів цього аналізу приведена у таблиці 1, що дозволяє зробити висновок про необхідність більш уважного ставлення до нормативних документів та впровадження актуальних редакцій стандарту щодо характеристик напруги.

Крім того, на ЯЕ мають суттєвий вплив електроустановки споживачів. Світовою практикою передбачено виробництво та використання таких електроустановок, які мають відповідати певним стандартам щодо електромагнітної сумісності (тобто електроустановки повинні нормально працювати в нормальному електромагнітному середовищі та, в свою чергу, вони не повинні створювати в цьому середовищі завади понад нормовані певними стандартами).

Таблиця 1. Відносна амплітуда непарних гармонік кратних трьом

| Порядок гармоніки | ДСТУ EN50160: 2014 [3] | КСР [7], НКРЕКП [8] | EN50160:2010 + +Cor.:2010 + + A1:2015 + +A2:2019 + +A3:2019 [10] |
|-------------------|------------------------|---------------------|--|
| 3 | 5% | 5% | 5% |
| 9 | 1,5% | 1,5% | 1,5% |
| 15 | 0,5% | 1,5% | 1% |
| 21 | 0,5% | 0,5% | 0,75% |

В Україні чинний Технічний регламент з електромагнітної сумісності обладнання [11] (ТР), який передбачає обов'язкову відповідність будь якого електрообладнання, що приєднується до загальних мереж електропостачання, затвердженню переліку стандартів щодо електромагнітної сумісності. При цьому, виробник електрообладнання має також орієнтуватися на ці стандарти для того, щоб отримати сертифікат відповідності електрообладнання цьому регламенту.

Аналіз наявності та доступності стандартів з електромагнітної сумісності обладнання, показав незадовільну ситуацію, коли деяких стандартів немає в наявності, хоча вони були введені в дію (аналіз сайтів ДП «УкрНДНЦ», ДП «Укрметртест-стандарт», БУДСТАНДАРТ Online, НІЦ «ЛЕОНОРМ» тощо). Зокрема, це стосується декількох стандартів ДСТУ EN 61000 та ДСТУ IEC/TR 61000, наприклад, ДСТУ EN 61000-3-12:2017.

Також був зроблений аналіз прав та обов'язків споживачів, результати якого приведені у таблиці 2. Як захід регулювання використовують компенсації та штрафи. Чинним законодавством передбачені компенсації споживачу за порушення гарантованих стандартів якості електропостачання. Однак, не передбачені штрафні санкції за погіршення ЯЕ за вини споживача (крім плати, що стягується зі споживачів з приєднаною потужністю 150 кВт і більше та середньомісячним споживанням 50 000 кВт·год. і більше за перевищення договірної потужності у розмірі двократної вартості різниці між найбільшою величиною потужності, що зафіксована протягом розрахункового періоду, та договірною величиною потужності – що можна розглядати як штрафні санкції і за погіршення внаслідок цього ЯЕ).

Таким чином, захист споживача посилюється (більше компенсацій, відключення електроустановок споживача можлива лише за узгодженням з Держенергонаглядом). При цьому, встановлений і більш жорсткий термін усунення причин незадовільної ЯЕ за вини споживача – два дні замість трьох.

Також аналіз показав, що розроблена процедура впливу на споживача, електроустановки якого погіршують ЯЕ, однак є певні моменти, які

на сьогодні в деякій мірі заважають її реалізації. Насамперед, це вже згадувана ситуація з неповним або неактуальним нормативним забезпеченням (недоступні стандарти, застарілі редакції стандартів). Друга суттєва причина - незадовільне матеріально-технічне забезпечення моніторингу ЯЕ з боку ОСР. Кожний ОСР має розробляти щорічну програму моніторингу ЯЕ у системі розподілу [7, п.6.3.5], виконувати її та

звітувати щодо її виконання перед Регулятором (НКРЕКП) та перед споживачами шляхом публікації на сайтах ОСР результатів моніторингу ЯЕ [9, п.6.3.7]. Однак, реалізація такого моніторингу та інформування споживачів утруднена, так як відсутні прилади контролю ЯЕ певного класу. Придбання відповідних приладів контролю ЯЕ передбачено майже у всіх Планах розвитку систем розподілу ОСР на період 2022-2026 рр.

Таблиця 2. Права та обов'язки споживачів щодо ЯЕ

| Права та обов'язки споживачів | До запровадження стандартів якості електропостачання | Після запровадження стандартів якості електропостачання |
|---|---|---|
| Право на отримання якісної електроенергії, в тому числі з відхиленнями напруги в межах, що визначені стандартом | згідно з ГОСТ 13109-97, $\pm 5\%$ від U_n (95% часу протягом доби) та короткочасно (не більше 5 % часу доби) $\pm 10\%$ від U_n | згідно з ДСТУ EN50160:2014, $\pm 10\%$ від U_n та $+10\%/-15\%$ від U_n (для особливо віддалених споживачів та для споживачів, які отримують електроенергію від мережі без зв'язку з ОЕС) |
| Право на компенсацію за неякісну електроенергію | 25 % вартості спожитої неякісної електроенергії згідно з Законом України «Про електроенергетику» (1997 р.) та Правилами користування електричною енергією (1996 р.) | згідно з [1, 7, 12] |
| Право на компенсацію за порушення строків реагування на скаргу споживача | немає | 200-600 грн (різні ставки компенсації побутовим чи не побутовим - малим та іншим споживачам) згідно з [12] |
| Право на компенсацію за відсутність реагування на скаргу щодо ЯЕ | немає | 1) сума компенсації подвоюється 2) накладення штрафу на ОСР згідно з [1, 12] |
| Обов'язок використання електроустановок, які відповідають ТР | згідно з Технічним регламентом з електромагнітної сумісності обладнання (2009 р.) | згідно з Технічним регламентом з електромагнітної сумісності обладнання (2015 р.) |
| Обов'язок з усунення причин незадовільної ЯЕ за вини споживача | за три дні усунути причину погіршення ЯЕ, якщо не усунути причину – відключення електроустановок споживача згідно з Правилами користування електричною енергією (1996 р.) | за два дні усунути причину погіршення ЯЕ, якщо не усунути причину – відключення електроустановок споживача після узгодження з Держенергонаглядом згідно з [7] |

Висновки. Аналіз, що був здійснений, показав, що ЯЕ в мережах електропостачання сільськогосподарських споживачів є значно гірша за ЯЕ у міських розподільних мережах. В той же час, процес регулювання ЯЕ як складової якості електропостачання в цілому поряд з певними досягненнями має значні недоліки. Як позитивне слід відмітити впровадження дієвого механізму впливу на ОСР з метою підвищення ЯЕ – компенсації споживачу за недотримання гарантованих стандартів якості електропостачання. Для усунення виявлених недоліків необхідне оновлення нормативно-технічного забезпечення та придбання ОСР нових приладів контролю ЯЕ певного класу вимірювань у системах розподілу електроенергії.

Література:

1. Закон України «Про ринок електричної енергії» [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19#Text> – (дата звертання 04.10.2021).
2. 6th CEER Benchmarking Report on the Quality of Electricity and Gas Supply. – URL: <https://www.ceer.eu/documents/104400/-/d064733a-9614-e320-a068-2086ed27be7f> – (accessed 05.10.2021).
3. ДСТУ EN 50160:2014 (EN 50160:2010, IDT) Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності. - К.: Держстандарт України, 2014. – 27 с.

4. Постанова НКРЕКП від 03.03.2020 р. № 546 «Про затвердження показників надійності (безперервності) електропостачання на 2020 рік» [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.nerc.gov.ua/?id=50029> — (дата звертання 08.10.2021).

5. Звіт про результати діяльності Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, у 2020 році [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://www.nerc.gov.ua/index.php/map_1/data/filearch/Proekty/2020/web/printable.php?id=61765&lang=UA — (дата звертання 08.10.2021).

6. The perfection of motivational model for improvement of power supply quality with using the one-way analysis of variance / I. Trunova, O. Miroshnyk, O. Savchenko, O. Moroz // *Naukovyi Visnyk Natsionalno Hirnychoho Universytetu.* — 2019. — № 6. — 163-168 pp. DOI: 10.29202/nvngu/2019-6/24

7. Кодекс систем розподілу [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0310874-18#n11> — (дата звертання 08.10.2021).

8. Офіційний сайт НКРЕКП [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.nerc.gov.ua/?id=19529> — (дата звертання 08.10.2021).

9. Державне підприємство «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://uas.org.ua/ua/category/standartizatsiya/> — (дата звертання 08.10.2021).

10. EVS-EN 50160:2010+A1+A2+A3:2019. URL: <https://www.evs.ee/en/evs-en-50160-2010%2Ba1%2Ba2%2Ba3-2019> (accessed 12.12.2019).

11. Технічний регламент з електромагнітної сумісності обладнання [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1077-2015-п#Text> — (дата звертання 08.10.2021).

12. Порядок встановлення (формування) тарифів на послуги з розподілу електричної енергії [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v1175874-18#Text> — (дата звертання 08.10.2021).

References

1. Zakon Ukrainy «Pro rynok elektrychnoi enerhii». Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19#Text> (accessed 04.10.2021).

2. 6th CEER Benchmarking Report on the Quality of Electricity and Gas Supply. Official website of CEER. — URL: <https://www.ceer.eu/documents/104400/-/-/d064733a-9614-e320-a068-2086ed27be7f> (accessed 05.10.2021).

3. DSTU EN 50160:2014 (EN 50160:2010, IDT) *Kharakterystyky napruhy elektropostachannia v elektrychnykh merezhakh zahalnoi pryznachnosti.* - K.: Derzhstandart Ukrainy, 2014. — p. 27.

4. Postanova NKREKP vid 03.03.2020 r. № 546 «Pro zatverdzhennia pokaznykiv nadiinosti (bezperervnosti) elektropostachannia na 2020 rik». Retrieved from <https://www.nerc.gov.ua/?id=50029> (accessed 08.10.2021).

5. Zvit pro rezultaty diialnosti Natsionalnoi komisii, shcho zdiisniue derzhavne rehuliuвання u sferakh enerhetyky ta komunalnykh posluh, u 2020 rotsi. Retrieved from https://www.nerc.gov.ua/index.php/map_1/data/filearch/Proekty/2020/web/printable.php?id=61765&lang=UA (accessed 08.10.2021).

6. Trunova I. The perfection of motivational model for improvement of power supply quality with using the one-way analysis of variance / I. Trunova, O. Miroshnyk, O. Savchenko, O. Moroz // *Naukovyi Visnyk Natsionalno Hirnychoho Universytetu.* — 2019. — № 6. — 163-168 pp. DOI: 10.29202/nvngu/2019-6/24

7. Kodeks system rozpodilu. Retrieved from <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0310874-18#n11> (accessed 08.10.2021).

8. Ofitsiyni sait NKREKP. Retrieved from <https://www.nerc.gov.ua/?id=19529> (accessed 08.10.2021).

9. Derzhavne pidpriemstvo «Ukrainskyi naukovy-doslidnyi i navchalnyi tsentr problem standart-tyzatsii, sertyfikatsii ta yakosti». Retrieved from <http://uas.org.ua/ua/category/standartizatsiya/> (accessed 08.10.2021).

10. EVS-EN 50160:2010+A1+A2+A3:2019. Retrieved from <https://www.evs.ee/en/evs-en-50160-2010%2Ba1%2Ba2%2Ba3-2019> (accessed 12.12.2019).

11. Tekhnichniy rehlament z elektromahnitnoi sumisnosti obladnannia. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1077-2015-п#Text> (accessed 08.10.2021).

12. Poriadk vstanovlennia (formuvannia) taryfiv na posluhy z rozpodilu elektrychnoi enerhii. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v1175874-18#Text> (accessed 08.10.2021).

Аннотация

Анализ регулирования качества электрической энергии как составляющей качества электроснабжения сельскохозяйственных потребителей

И.М. Трунова, Н.Ю. Потыкун

В статье проанализировано качество электроэнергии в сельскохозяйственных районах, основываясь на статистических данных Национальной комиссии, осуществляющей государственное регулирование в сферах энергетики и коммунальных услуг. Сделан вывод, что качество электроэнергии в сельской местности значительно хуже, чем в городах, что влияет на эффективность электрифицированных

технологических процессов сельскохозяйственного производства. Также проанализированы основные направления регулирования качества электрической энергии в Украине - внедрение стандартов и минимальных требований по качеству электроэнергии, реализация компенсаций и штрафов, информирование и принятие обязательств. Сделан вывод о необходимости принятия актуальных редакций стандартов, гармонизированных с европейскими стандартами. Также выявлена неудовлетворительная ситуация с отсутствием в базах нормативно-технической документации стандартов по электромагнитной совместимости оборудования в то время, когда они являются действующими в Украине. Анализ прав потребителей в получении качественной электроэнергии та компенсаций при несоблюдении гарантированных стандартов качества электроснабжения, которые относятся к качеству электроэнергии, показал, что защита прав потребителей с принятием стандартов качества электроснабжения улучшилась. А внедрение действенного механизма предоставления компенсаций потребителям за невыполнение гарантированных стандартов является одним из способов регулирования, цель которого также и улучшение качества электроэнергии. Был проведен анализ обязанностей потребителей по использованию электроустановок, которые не ухудшают качество электроэнергии, и по устранению причин, если ухудшили. Он показал, что контроль выполнения этих обязательств затруднен вследствие неудовлетворительной ситуации с наличием определенных стандартов по электромагнитной совместимости и неудовлетворительным обеспечением приборами контроля качества электроэнергии определенного класса измерений у Операторов систем распределения..

Ключевые слова: *качество электроэнергии, регулирование, качество электроснабжения, сельскохозяйственные потребители*

Abstract

The analysis of regulation of power quality as a component of quality of power supply for agricultural consumers

I.M. Trunova, N.Yu. Potykun

The power quality in rural distribution networks is analysed in article. A conclusion about power quality there is much worse, than in cities what affects the efficiency of electrified technological processes is made. Also the basic directions of regulation of power quality in Ukraine - introduction of standards and minimal requirements on power quality, realization of indemnifications and penalties, informing and making commitments are analysed. A conclusion about necessity of acceptance of actual editions of the standards harmonized with the European standards is made. Also the unsatisfactory situation with absence in the databases of standards about electromagnetic compatibility of the equipment is revealed when they are operating in Ukraine. The analysis of the consumer's rights to receive quality electricity and indemnifications if there is a non-compliance with the guaranteed quality standards of power supply which concern to power quality, has shown, that protection of the consumers rights with acceptance of the quality standards of power supply has improved. And introduction of the effective mechanism of granting of indemnifications to consumers is one of ways of regulation, which purpose as well improvement of the power quality. The consumers duties to use of equipment which do not worsen power quality, and to eliminate of the reasons if have worsened is analysed. It has shown, that the control over these duties is complicated owing to a unsatisfactory situation with availability of the standards about electromagnetic compatibility and lack of power quality control devices of a certain class of measurements for Distribution Systems Operators.

Keywords: *power quality, regulation, quality of power supply, agricultural consumers*

Бібліографічне посилання/ Bibliography citation: Harvard

Trunova, I. M. and Potykun, N.Yu. (2021). The analysis of regulation of power quality as a component of quality of power supply for agricultural consumers. *Engineering of nature management*, (4(22)), pp. 110 - 115.

Подано до редакції / Received: 21.10.2021