

Д. А. ГАПОН, О. Г. ГРИБ, І. Т. КАРПАЛЮК, Н. В. РУДЕВИЧ

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ ОБЛІКУ І ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ У СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

В статті показано, що дані, які збирає автоматизована система комерційного обліку електричної енергії, є ансамблем добових реалізацій випадкових процесів електроспоживання системи електропостачання. Основна мета використання автоматизованих систем комерційного та технічного обліку електричної енергії: зменшення витрат електроенергії. Але зазначається, що від операторів автоматизованих робочих місць залежить ефективність використання даних автоматизованої системи комерційного обліку електричної енергії, оперативність та правильне управління енергоспоживанням. Враховуючи стрімке вдосконалення як технічних засобів, так і математичних методів, які можуть бути застосовані для вирішення питань підвищення енергоефективності, виникає необхідність перетворення систем дистанційного збору даних із лічильників електричної енергії з урахуванням якості у вимірювально-інформаційну структуру, яка здатна не лише збирати дані з лічильників електричної енергії, а й їх аналізувати. Наводиться основний метод виявлення недообліку – балансовий метод. На базі балансового методу пропонується автоматично розраховувати небаланс по кожній секції лінії 6, 10 або 110 кВ головних знижувальних підстанцій та розподільних пунктів з урахуванням кількості та класів точності приладів комерційного та технічного обліку. Пропонується для зменшення втрат енергії і для зменшення оплати за електроенергію проводити вирівнювання навантаження на результатах розрахунків, виконаних автоматизованою системою комерційного обліку електричної енергії. В роботі запропоновано, що автоматизована система комерційного обліку електричної енергії має розраховувати коефіцієнти форми, максимуму, завантаження, а також інші морфометричні характеристики графіків електричних навантажень. В роботі звернуто увагу на низку проблем, що виникають при розрахунку зазначених параметрів: електронні лічильники вимірюють дані необхідні для розрахунків, але не із зазначеною дискретністю та, що головне, вимірювання ними даних параметрів якості електричної енергії метрологічно не атестовано, тому спиратися на такі дані можливо тільки як на довідникову інформацію.

Ключові слова: показник якості електроенергії, електрична енергія, автоматизована система, балансовий метод, електронні лічильники, втрати електроенергії.

Д. А. ГАПОН, О. Г. ГРИБ, І. Т. КАРПАЛЮК, Н. В. РУДЕВИЧ

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УЧЕТА И КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

В статье показано, что данные, собираемые автоматизированной системой коммерческого учёта электроэнергии, являются ансамблем суточных реализаций случайных процессов электропотребления системы электроснабжения. Основная цель использования автоматизированных систем коммерческого и технического учёта электроэнергии: уменьшение расхода электроэнергии. Но отмечается, что от операторов автоматизированных рабочих мест зависит эффективность использования данных автоматизированной системы коммерческого учёта электроэнергии, оперативность и правильное управление энергопотреблением. Учитывая стремительное усовершенствование как технических средств, так и математических методов, которые могут быть применены для решения вопросов повышения энергоэффективности, возникает необходимость преобразования систем дистанционного сбора данных из счетчиков электрической энергии с учетом качества в измерительно-информационную структуру, способную не только собирать данные со счетчиков электрической энергии, но и их анализировать. Приводится основной способ обнаружения недоучёта – балансовый способ. На базе балансового метода предлагается автоматически рассчитывать небаланс по каждой секции линии 6, 10 или 110 кВ основных понижающих подстанций и распределительных пунктов с учетом количества и классов точности приборов коммерческого и технического учета. Предлагается для уменьшения потерь энергии и уменьшения оплаты за электроэнергию проводить выравнивание нагрузки на результатах расчетов, выполненных автоматизированной системой коммерческого учёта электроэнергии. В работе предложено, что автоматизированная система коммерческого учёта электроэнергии должна рассчитывать коэффициенты формы, максимума, загрузки, а также другие морфометрические характеристики графиков электрических нагрузок. В работе обращено внимание на ряд проблем, возникающих при расчете указанных параметров: электронные счетчики измеряют данные необходимые для расчетов, но не с указанной дискретностью и, что главное, измерение ими данных параметров качества электрической энергии метрологически не аттестовано, поэтому опираться на такие данные можно только как на справочную информацию.

Ключевые слова: показатель качества электроэнергии, электрическая энергия, автоматизированная система, балансовый метод, электронные счетчики, потери электроэнергии.

D. A. GAPON, O. G. GRIB, I. T. KARPALIUK, N. V. RUDEVICH

AUTOMATED METERING AND POWER QUALITY SYSTEMS IN POWER SUPPLY SYSTEMS

The article shows that the data of the collected by the automated commercial electricity metering systems are an ensemble of daily realizations of random processes of power consumption of the power supply system. The main purpose of using automated systems of commercial and technical electricity metering is to reduce power consumption. But it is noted that the efficiency of using data of the automated commercial electricity metering system, efficiency and proper management of energy consumption depends on the operators of automated workstations. Considering the rapid improvement of both technical means and mathematical methods that can be applied to address energy efficiency issues, there is a need to transform remote data collection systems from electricity meters, taking into account quality, into a measuring and information structure capable of not only collecting data from meters, electrical energy, but also analyse them. The main method for detecting undercounts is given - the balance method. On the basis of the balance method, it is proposed to automatically calculate the unbalance for each section of the 6, 10 or 110 kV line of the main step-down substations and distribution points, taking into account the number and accuracy classes of commercial metering and technical metering devices. It is proposed to balance the load on the results of calculations performed by automated commercial electricity metering system in order to reduce energy losses and reduce payment for electricity. It is proposed in the work that the automated commercial electricity metering system should calculate the coefficients of form, maximum, load, as well as other morphometric characteristics of the graphs of electrical loads. The work drew attention to a number of problems arising in the

© Д. А. Гапон, О. Г. Гриб, І. Т. Карпалюк, Н. В. Рудевич, 2021

calculation of these parameters: electronic meters measure the data necessary for calculations but not with the specified discreteness and, most importantly, their measurement of these parameters of the quality of electrical energy is not metrologically certified, therefore, such data can only be relied on as background information.

Keywords: power quality indicator, electrical energy, automated system, balance method, electronic meters, power losses.

Постановка проблеми: Як правило, в автоматизованих системах комерційного обліку електричної енергії (АСКОЕ) збираються дані про 30 або 15 хвилинні значення активної та реактивної енергії в точці обліку та показники параметрів її якості. Отримані дані є ансамблем добових реалізацій випадкових процесів електроспоживання системи електропостачання (СЕС). Таку інформацію слід використовувати для обробки та накопичення статистичних даних параметрів режимів з метою їх використання для оптимізації перетікань потужностей у СЕС, вирішення інших завдань.

АСКОЕ вже кілька десятиліть знаходять застосування на понижувальних підстанціях (ПП) для організації та автоматизації обліку електричної енергії. В даний час впроваджено АСКОЕ, які використовуються як так звані AMR (Automated Meter Reading) – систем дистанційного збору даних із лічильників електричної енергії з урахуванням якості. Інформація з первинної бази даних лічильника через цифрові інтерфейси зчитується та передається до центрів їх обробки для аналізу та формування рахунків за поставлену/спожиту електричну енергію. Тобто, впровадження АСКОЕ значно скорочує терміни збору даних, підвищує їх достовірність та дозволяє автоматизувати процес розрахунків за поставлену/спожиту електричну енергію.

Враховуючи стрімке вдосконалення як технічних засобів, так і математичних методів, які можуть бути застосовані для вирішення питань підвищення енергоефективності ПП, виникає необхідність перетворення (на першому етапі) системи типу AMR у систему AMI (Advanced Metering Infrastructure) – вимірювально-інформаційну структуру, яка здатна не лише збирати дані з лічильників електричної енергії, а й їх аналізувати. Це дозволить (на другому етапі) впровадити на ПП інформаційну складову загальної системи. Smart Grid – систему AMM (Advanced Meter Management - система інтелектуальних вимірів).

На рис. 1 наведено типову блок-схему АСКОЕ.

До програмного продукту АСКОЕ входить блок аналізу якості електричної енергії.

Позначення на рис. 1: АРМ – автоматизоване робоче місце користувача АСКОЕ, ПЗПД – пристрій збору та передачі даних, ЛС_о – лічильник основний (о) і дублюючий (д).

Інформація в АСКОЕ (в автоматизованих системах технічного обліку електроенергії (АСТОЕ) аналогічно) відображається у вигляді мнемосхем, таблиць, графіків та діаграм [1].

Від зручності роботи операторів автоматизованих робочих місць АСКОЕ залежить ефективність використання даних АСКОЕ, оперативність та правильне управління енергоспоживанням.

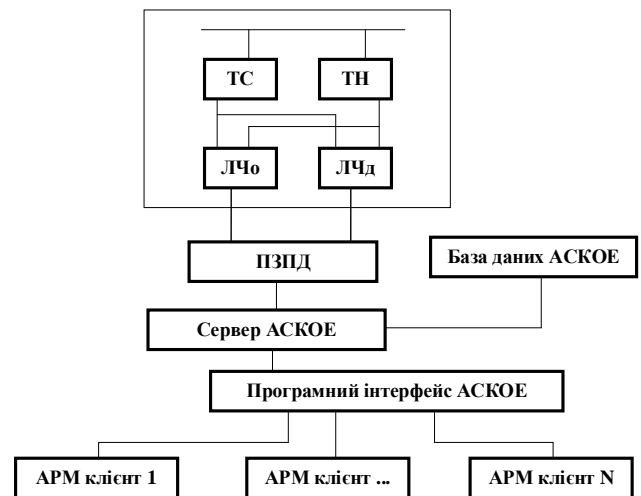


Рисунок 1 – Блок-схема АСКОЕ

В даний час для власників ПП існує основна мета використання АСКОЕ та АСТОЕ: зменшення витрат електроенергії та зменшення розміру оплати за електроенергію.

Зменшення витрати електроенергії та розміру оплати за електроенергію здійснюється шляхом використання наступних заходів:

1. Розрахунок за спожиту електроенергію за наявності економічного ефекту за тарифами, диференційованими за періодами часу.

2. Проведення внутрішньозаводських розрахунків між структурними підрозділами електроенергії.

АСТОЕ зменшує технологічну складову електроспоживання ПП, пов'язане з порушенням технологічного циклу та неефективністю використання обладнання [2].

3. Контроль витрат та вироблення реактивної електроенергії в структурних підрозділах та на підприємстві в цілому.

АСКОЕ і АСТОЕ здатні розраховувати в режимі реального часу оптимальну потужність компенсуючих пристроїв перетікання реактивної потужності в електропостачальній системі промислового підприємства. За даними систем обліку за розрахунковий інтервал визначаються реактивні потужності підстанцій, визначаються відхилення від оптимальних значень та обираються регулюючі впливи на пристрої, що компенсують. Головне завдання при цьому – зменшити перетікання реактивної потужності на межі балансової приналежності електричних мереж споживача та енергопостачальної організації та не допустити генерації реактивної потужності в мережу.

4. Розробка процедури проведення оперативного, короткострокового прогнозування електричного навантаження. Це дозволить уникнути перевищення узгодженого розрахункового навантаження на ПП. Прогнозування може бути виконано або економіко-

математичними методами (наприклад, методом експоненційного згладжування [3]), або методом нейронних мереж [4]. По кожному приєднанню для проведення обліку електроенергії (найдоцільніше це для потужних приєднань) необхідно розрахувати максимальне значення електричного навантаження. Це створить можливість точно отримати значення розрахункового максимуму для точки комерційного обліку електроенергії.

5. Розрахунок у режимі реального часу або за запитом втрат електроенергії в елементах електричної мережі відповідно до формул, зазначених у [5].

6. Розрахунок у режимі реального часу втрат на власні потреби на підстанціях ПП [6].

7. Перевірка якості роботи технологічного чи оперативного персоналу шляхом порівняння питомих норм витрати електроенергії на одиницю продукції або іншого паливно-енергетичного ресурсу за кожну зміну, добу, тиждень тощо.

8. Інтеграція АСКОЕ та АСТОЕ із системами управління ресурсами підприємств, щоб запровадити на виробництві систему контролю та оперативного планування енергоресурсів. Після збору значень факторів, від яких залежить рівень споживання ПЕР, даних обсягу продукції та кількості спожитої сировини система контролю та оперативного планування енергоресурсів має побудувати математичну модель енергоспоживання об'єкта, обчислювати індивідуальні та групові «стандарти» нормального енергоспоживання. Докладно ці питання розглянуті в роботах [7, 8].

9. Інструментальна підтримка процесів впровадження та супроводу енергозберігаючих заходів та технологій, в т.ч. енергетичного аудиту, а також реалізації керуючих впливів у рамках впровадження систем енергетичного менеджменту та енергетичного моніторингу [9].

10. Відомості балансів на підстанціях ПП з метою виявлення недообліку, небалансу, невиробничих втрат з метою їхнього подальшого усунення.

Балансовий метод є основним способом достовірності та виявлення похибок вимірювання електроенергії. Суть методу полягає у порівнянні значень фактичного та допустимого небалансів електроенергії на всій підстанції або секції шин [10].

Фактичний небаланс у відсотках $НБф$ розраховується згідно показань приладів обліку як різниця між електроенергією, що надійшла на об'єкт W_n та відпущеною електроенергією W_o . Крім того, враховуються власні, господарські та виробничі потреби об'єкта W_n , а також технічні втрати в елементах обладнання ΔW_{mex} за формулою:

$$НБф = \frac{W_n - W_o - W_n - \Delta W_{mex}}{W_n} \cdot 100\%.$$

Значення допустимого небалансу електроенергії у відсотках $НБд$ визначається за формулою, що враховує максимально допустимі відносні похибки δW_i кожного вимірювального каналу, а також частку електроенергії d_i прийому електроенергії, що надійшла по всіх

вимірювальних каналах N_n та частку електроенергії d_j , віддачі електроенергії, що надійшла по всіх вимірювальних каналах N_o з енергооб'єкту:

$$НБд = \pm \sqrt{\left(\sum_{i=1}^{N_n} \delta W_i^2 d_i^2 + \sum_{j=1}^{N_o} \delta W_j^2 d_j^2 \right) \cdot 100\%}.$$

Максимально допустима відносна похибка вимірювального каналу розраховується за такою формулою:

$$\delta W_i = \pm \sqrt{\delta_l^2 + \delta_U^2 + \delta_{Лч}^2 + \delta_n^2},$$

де δ_l , δ_U , $\delta_{Лч}$, δ_n – похибки трансформатора струму, трансформатора напруги (ТН), лічильника, внаслідок втрат між ТН та лічильником відповідно.

У випадку, коли $НБф$ не перевищує $НБд$, облік електроенергії може бути визнаний достовірним. При протилежній ситуації облік є недостовірним і персонал підстанції повинен з'ясувати причини небалансу та вжити заходів щодо їх усунення.

Необхідно розраховувати небаланс по кожній секції лінії 6, 10 або 110 кВ головних знижувальних підстанцій та розподільних пунктів з урахуванням кількості та класів точності приладів обліку комерційного обліку та технічного обліку [11].

11. Управління режимами електроспоживання з метою зниження споживання за години пікового навантаження та збільшення його в позапіковий час.

Вирівнювання навантаження має значення як зменшення втрат енергії, так і зменшення оплати за електроенергію. АСКОЕ здатна розраховувати коефіцієнти форми, максимуму, завантаження, а також інші морфометричні характеристики графіків електричних навантажень, запропоновані в роботі [12].

На ПП проводиться моніторинг та контроль наступних поточних технологічних параметрів режимів електроспоживання [13]:

1. Усереднене значення активного та реактивного навантаження за 5, 30 хвилин, годину, добу, декаду, місяць тощо.

2. Пофазні активні потужності; пофазні реактивні потужності; пофазні повні потужності; кути зсуву фаз.

3. Середнє значення фазного або лінійного струму на приєднанні за перелічені вище інтервали часу.

4. Параметри якості електроенергії вимірюються та збираються електронними лічильниками згідно ГОСТ 13109-97 [14]: фазні або лінійні напруги, частота, відхилення напруги, коефіцієнт спотворення синусоїдальності кривої напруги, коефіцієнт n -ї гармонійної складової напруги, коефіцієнт несиметрії напруги за зворотною та нульовою послідовністю відповідно та інші). Необхідно зауважити, що вищезазначені параметри електронні лічильники вимірюють, але не із зазначеної в [10] дискретністю та, що головне, вимірювання ними даних параметрів якості електричної енергії метрологічно не атестовано. В роботі [11] запропоновано поєднати АСКОЕ із

системою контролю якості електроенергії. Реєстратори (монітори) якості електроенергії здатні забезпечити частоту отримання даних не менше 5 кГц (5000 вимірювань за секунду), що забезпечує значно кращий контроль за показниками якості електроенергії, ніж електронні лічильники, у яких частота отримання найважливіших даних не перевищує 3 або 5 хвилин. Дані, зафіксовані реєстраторами якості електроенергії, застосовуються з метою використання як доказової бази під час вирішення конфліктних питань з енергопостачальною організацією; з метою коригування рахунків оплати електроенергії; для виявлення винуватця погіршення якості електроенергії.

5. Величина коефіцієнта потужності та коефіцієнта реактивної потужності.

6. Стан (увімкнено, вимкнено) високовольтного вимикача напругою 6÷110 кВ. Інтеграція автоматизованих систем управління електроспоживанням та автоматизованих систем диспетчерського управління допоможе оперативному персоналу краще вести спостереження за станом СЕС.

7. Наявність навантаження на приєднанні, де встановлені прилади обліку.

9. Час роботи (пробігу) основного електрообладнання (силових трансформаторів, електродвигунів напругою 10 (6) кВ). Це дозволить визначити момент виведення в ремонт електродвигунів, силових трансформаторів; розрахувати з більшою точністю втрати енергії у силових трансформаторах.

Зараз на виробництвах «вручну» ведуть журнали пробігу устаткування, якими визначається час роботи електродвигунів. Якщо на приєднанні електродвигуна або силового трансформатора встановлено електронний лічильник, що передає дані електроспоживання в автоматизовану систему управління електроспоживанням, то цю функцію із більшою точністю може виконувати система обліку [15] до того ж без використання ручної праці.

Висновки.

1. Розглянуто питання перевірки каналів обліку електроенергії з трансформаторним включенням лічильника, правильності включення лічильників електроенергії на діючих приєднаннях із постійним та змінним навантаженням.

2. Запропоновано напрями ефективності роботи автоматизованих систем комерційного та технічного обліку електроенергії.

3. Розроблено правила формування скелетної схеми споживання електроенергії структурними підрозділами промислового підприємства.

4. Розглянуто питання верифікації та валідації даних обліку.

Список літератури

1. Самойленко І. О., Гриб О. Г., Запорожець А. О. та ін. *Енергетичний менеджмент та енергоефективність: Підручник для студентів зі спеціальності електроенергетика, електротехніка та електромеханіка*. Харків: ФОП Бровін О. В., 2020. 348 с.

2. Сокол Є. І., Сендерович Г. А., Гриб О. Г. та ін. *Автоматика протипаварійного управління електроенергетичних систем: Підручник для студентів зі спеціальності електроенергетика, електротехніка та електромеханіка*. Харків: ФОП Бровін О. В., 2020. 216 с.
3. Бедерак Я. С. Применение метода экспоненциального сглаживания для восстановления утерянных данных технического учета на промышленных предприятиях. *Електротехніка і Електромеханіка*. 2014. № 4. С. 61–64. doi: 10.20998/2074-272X.2014.4.12.
4. Буйний Р. О., Зорін В. В., Козирський В. В. Використання інформації від АСКОЕ та нейронних мереж для розрахунку недовідпуску електричної енергії споживачам. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2009. № 2. С. 82–86. doi: 10.20535/1813-5420.2.2009.181008.
5. Железко Ю. С. *Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях*. Москва: НЦ ЭНАС, 2002. 280 с.
6. ГНД 34.09.203-2004. *Нормування витрат електроенергії на власні потреби підстанцій 35-750 кВ і розподільчих пунктів 6-10 кВ. Інструкція. Галузевий нормативний документ*. Київ: ОЕП «ГРІФРЕ», 2004. 38 с.
7. Находов В. Ф., Бориченко О. В., Тишко О. В. Удосконалення діючої системи нормалізації енергоспоживання на основі контролю і планування витрат електричної енергії. *«Промислова електроенергетика та електротехніка» Промелектро: інформ. зб.* 2010. № 3. С. 51–58.
8. Сокол Е. И. и др. *Кибербезопасность и качество электрической энергии в системах электроснабжения медицинских объектов*. Харьков: ФОП Панов О. М., 2019. 259 с.
9. Прокопенко В. В., Коцар О. В., Расько Ю. О., Павлова Ю. С. Повнофункціональний інструментарій для реалізації перманентного енергетичного аудиту. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2014. № 2. С. 85–92. doi: 10.20535/1813-5420.2.2014.132726.
10. *Інструкція про порядок комерційного обліку електричної енергії, затверджена Радою Оптового ринку електричної енергії України, протокол №12 від 08 жовтня 1998 р. Додаток 10 до Договору між членами Оптового ринку електричної енергії України*. Київ: НКРЕ, 2015.
11. Праховник А. В., Тесик Ю. Ф., Жаркін А. Ф., Новський В. О., Гриб О. Г. та ін. *Автоматизовані системи обліку та якості електричної енергії*. Харків: ПП «Ранок-НТ», 2012. 516 с.
12. Коменда Н. В., Коменда Т. І., Демов О. Д. Пошук споживачів-регуляторів на основі морфометричного підходу при управлінні добовим навантаженням промислового підприємства. *Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України: Зб. наук. пр.* 2010. Вип. 27. С. 22–26.
13. Волошко А. В., Бедерак Я. С. Система моніторингу режимів електроспоживання промислового підприємства. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2014. № 4. С. 50–58. doi: 10.20535/1813-5420.4.2014.121349.
14. *ДСТУ ІЕС 61000-4-30:2010. Електромагнітна сумісність. Частина 4-30. Методи випробування та вимірювання. Вимірювання показників якості електричної енергії (ІЕС 61000-4-30:2008, IDT)*. Київ: Інститут електродинаміки Національної Академії наук України, 2010. 56 с.
15. Бедерак Я. С. Про верифікацію вимірювальної інформації в автоматизованих системах технічного обліку електроенергії. *Енергетика та електрифікація*. 2014. № 11. С. 34–35.

References (transliterated)

1. Samoylenko I. O., Gryb O. H., Zaporozhets' A. O. et al. *Enerhetychnyy menedzhment ta enerhoefektyvnist': Pidruchnyk dlya studentiv zi spetsial'nosti elektroenerhetyka, elektrotekhnika ta elektromekhanika* [Energy management and energy efficiency: textbook for students in electricity, electrical engineering and electromechanics]. Kharkiv, FOP Brovin O. V. Publ., 2020. 348 p.
2. Sokol Ye. I., Senderovych H. A., Gryb O. H. et al. *Avtomatyka protyavariynoho upravlinnya elektroenerhetychnykh system: Pidruchnyk dlya studentiv zi spetsial'nosti elektroenerhetyka, elektrotekhnika ta elektromekhanika* [Automation of emergency control of electric power systems: Textbook for students in electricity,

- electrical engineering and electromechanics]. Kharkiv, FOP Brovin O. V. Publ., 2020. 216 p.
3. Bederak Ya. S. Primenenie metoda eksponentsial'nogo sglazhivaniya dlya vosstanovleniya uteryannykh dannykh tekhnicheskogo ucheta na promyshlennyykh predpriyatiyakh [An exponential smoothing method application to restoring lost data on electric power technical record-keeping in industrial enterprises]. *Electrical Engineering & Electromechanics*. 2014, no. 4, pp. 61–64. doi: 10.20998/2074-272X.2014.4.12.
 4. Buinyi R. O., Zorin V. V., Kozyrskiy V. V. Vykorystannya informatsiyi vid ASKOE ta neyronnykh merezh dlya rozrakhunku nedovidpusku elektrychnoyi enerhiyi spozhyvacham [Use of information from the automated system of commercial electricity accounting and neural networks for calculation electricity discharge consumers]. *Power engineering: economics, technique, ecology*. 2009, no. 2, pp. 82–86. doi: 10.20535/1813-5420.2.2009.181008.
 5. Zhelezko Yu. S. *Raschet, analiz i normirovanie poter' elektroenergii v elektricheskikh setyakh* [Calculation, analysis and rationing of electricity losses in electricity networks]. Moscow, NTs ENAS Publ., 2002. 280 p.
 6. HND 34.09.203-2004. Normuvannya vytrat elektroenerhiyi na vlasni potreby pidstantsiy 35-750 kV i rozpodil'chyykh punktiv 6-10 kV. *Instruktsiya. Haluzevyyi normatyvnyy dokument* [Industry Document 34.09.203-2004. Electricity consumption rationing for own needs of 35-750 kV substations and 6-10 kV distribution points. Instruction. Industry normative document]. Kyiv, OEP «HRIFRE» Publ., 2004. 38 p.
 7. Nakhodov V. F., Borychenko O. V., Tyshko O. V. Udoskonalennya diyuchoyi systemy normalizatsiyi enerhospozhyvannya na osnovi kontrolyu i planuvannya vytrat elektrychnoyi enerhiyi [Improvement of the current energy normalisation system based on monitoring and planning of electricity consumption]. *«Industrial Electricity and Electrical Engineering»*. *Promelectro: information bulletin*. 2010, no. 3, pp. 51–58.
 8. Sokol E. I. et al. *Kiberbezopasnost' i kachestvo elektricheskoy energii v sistemakh elektrosnabzheniya meditsynskikh ob'ektov* [Cybersecurity and power quality in health care electricity supply systems]. Kharkiv, FOP Panov O. M. Publ., 2019. 259 p.
 9. Prokopenko V. V., Kotsar O. V., Rasko Yu. O., Pavlova Yu. S. Povnofunktsional'nyy instrumentariy dlya realizatsiyi permanentnoho Enerhetychnoho audytu [Full functional tool for permanent energy audit implementation]. *Power engineering: economics, technique, ecology*. 2014, no. 2, pp. 85–92. doi: 10.20535/1813-5420.2.2014.132726.
 10. *Instruktsiya pro porядok komertsiyynoho obliku elektrychnoyi enerhiyi, zatverdzhena Radoyu Optovoho rynku elektrychnoyi enerhiyi Ukrainy, protokol # 12 vid 08 zhovtnya 1998 r. Dodatok 10 do Dohovoru mizh chlenamy Optovoho rynku elektrychnoyi enerhiyi Ukrainy* [Instruction on the Procedure for Commercial Metering of Electricity, approved by the Council of the Wholesale Electricity Market of Ukraine, Minutes No. 12 of 08 October 1998 Annex 10 to the Agreement between Members of the Wholesale Electricity Market of Ukraine]. Kyiv, NERC Publ., 2015.
 11. Prakhovnyk A. V., Tesyk Yu. F., Zharkin A. F., Novskyy V. O., Gryb O. H. ta in. *Avtomatyzovani systemy obliku ta yakosti elektrychnoyi enerhiyi* [Automated electricity metering and quality systems]. Kharkiv, PP «Ranok-NT» Publ., 2012. 516 p.
 12. Komenda N. V., Komenda T. I., Demov O. D. Poshuk spozhyvachiv-rehulyatoriv na osnovi morfometrychnoho pidkhotu pry upravlinni dobovym navantazhenniam promyslovoho pidpryyemstva [Finding consumer regulators based on a morphometric approach in daily load management of an industrial plant]. *The Proceedings of the Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine*. 2010, no. 27, pp. 22–26.
 13. Voloshko A. V., Bederak Ya. S. Systema monitorynhu rezhymiv elektrospozhyvannya promyslovoho pidpryyemstva [Monitoring system mode power consumption industrial enterprises]. *Power engineering: economics, technique, ecology*. 2014, no. 4, pp. 50–58. doi: 10.20535/1813-5420.4.2014.121349.
 14. *DSTU IEC 61000-4-30:2010. Elektromagnitna sumisnist'. Chastyna 4-30. Metody vyprovuvannya ta vymiryuvannya. Vymiryuvannya pokaznykiv yakosti elektrychnoyi enerhiyi (IEC 61000-4-30:2008, IDT)* [State Standard IEC 61000-4-30:2010. Electromagnetic comparability. Part 4-30. Test and measurement methods. Measurement of electrical energy quality parameters]. Kyiv, NASU Institute of Electrodynamics Publ., 2010. 56 p.
 15. Bederak Ya. S. Pro veryfikatsiyu vymiryuval'noyi informatsiyi v avtomatyzovanykh systemakh tekhnichnoho obliku elektroenerhiyi [On verification of metering information in automated electricity metering systems]. *Energy and electrification*. 2014, no. 11, pp. 34–35.

Надійшла (received) 23.11.2021

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Гарон Дмитро Анатолійович (Гарон Дмитрий Анатольевич, Dmytro Garon) – доктор технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», завідувач кафедри автоматизації та кібербезпеки енергосистем, м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8609-9707>. e-mail: dima12345go@gmail.com.

Гриб Олег Герасимович (Гриб Олег Герасимович, Oleg Gryb) – доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», кафедри автоматизації та кібербезпеки енергосистем, м. Харків, Україна; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4758-8350>. e-mail: oleg47gryb@gmail.com.

Карпалюк Ігор Тимофійович (Карпалюк Игорь Тимофеевич, Igor Karpaliuk) – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», кафедра автоматизації та кібербезпеки енергосистем, м. Харків, Україна; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5634-6807>. e-mail: humpway@gmail.com.

Рудевич Наталія Валентинівна (Рудевич Наталья Валентиновна, Natalia Rudevich) – доктор педагогічних наук, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», професор кафедри автоматизації та кібербезпеки енергосистем, м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2858-9836>. e-mail: n.rudevich@ukr.net.