

*Д. А. ГАПОН, О. Г. ГРИБ, І. Т. КАРПАЛЮК, А. О. ЗУЄВ, Т. С. ДОНЕЦЬКА*

### **ОБЛІК ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ПРИ НИЗЬКІЙ ЇІ ЯКОСТІ**

Розглядається питання обліку електроенергії за низької її якості. Викликає особливу увагу перевірка схеми обліку приєднання при низькій якості електричної енергії. Показано, що конкретне схемне рішення може впливати на точність обліку електричної енергії за умови поганої якості електричної енергії. У розподільних мережах, призначених для електропостачання промислових підприємств реактивна потужність також активна. За наявності у споживача компенсуючих пристроїв напрями активної та реактивної потужності можуть бути протилежними. Зазначається, що трансформатори струму, вибрані з урахуванням струму короткого замикання або характеристик релейного захисту, не забезпечують точність обліку через підвищений коефіцієнт трансформації, що змушує встановлювати додатковий комплект трансформаторів струму або переносити лічильники в іншу точку мережі. Таким чином справжній коефіцієнт трансформації трансформатора струму дещо відрізняється від номінального, а вектор вторинного струму утворює з вектором первинного деякий кут. Похибка по напрузі проявляється у деякому зменшенні вторинної напруги при навантаженні. Кутова похибка характеризується деяким кутом між векторами первинної та вторинної напруги. Значення похибок залежать від потужності навантаження трансформатора. Гранично допустиме значення падіння напруги трансформатора визначає клас точності. Для кожного класу точності встановлюється номінальна потужність. Таким чином, трансформатор напруги в залежності від навантаження може працювати в різних класах точності. Зміна класів точності призводить до похибок у вимірах приладів обліку і потребує відповідної корекції. Стаття розкриває причини виникнення таких похибок, що дозволяє розробити методики, і як наслідок, створити прилади із запобігання описаних похибок приладів обліку.

**Ключові слова:** показники якості електроенергії, трансформатор струму, номінальна потужність, облік електричної енергії, втрата потужності, електрична енергія.

*Д. А. ГАПОН, О. Г. ГРИБ, И. Т. КАРПАЛЮК, А. О. ЗУЕВ, Т. С. ДОНЕЦКАЯ*

### **УЧЕТ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРИ НИЗКОМ ЕЕ КАЧЕСТВЕ**

Рассматривается вопрос учета электроэнергии при низком качестве. Вызывает особое внимание проверка схемы учета присоединения при низком качестве электрической энергии. Показано, что конкретное схемное решение может влиять на точность учета электрической энергии при плохом качестве электрической энергии. В распределительных сетях, предназначенных для электроснабжения промышленных предприятий, реактивная мощность также активна. При наличии у потребителя компенсирующих устройств направления активной и реактивной мощности могут быть противоположными. Отмечается, что трансформаторы тока, выбранные с учетом тока короткого замыкания или характеристик релейной защиты, не обеспечивают точность учета из-за повышенного коэффициента трансформации, заставляющего устанавливать дополнительный комплект трансформаторов тока или переносить счетчики в другую точку сети. Таким образом, настоящий коэффициент трансформации трансформатора тока несколько отличается от номинального, а вектор вторичного тока образует с вектором первичного некоторый угол. Погрешность по напряжению проявляется в некотором уменьшении вторичного напряжения при нагрузке. Угловая погрешность характеризуется некоторым углом между векторами первичного и вторичного напряжения. Значение погрешностей зависит от мощности нагрузки трансформатора. Предельно допустимое значение падения напряжения трансформатора определяет класс точности. Для каждого класса точности устанавливается номинальная мощность. Таким образом, трансформатор напряжения в зависимости от нагрузки может работать в разных классах точности. Изменение классов точности приводит к погрешностям в измерениях приборов учета и требует соответствующей коррекции. Статья раскрывает причины возникновения таких погрешностей, что позволяет разработать методики и как следствия создать приборы по предотвращению описанных погрешностей приборов учета.

**Ключевые слова:** показатели качества электроэнергии, трансформатор тока, номинальная мощность, учет электрической энергии, потеря мощности, электрическая энергия.

*D. A. GAPON, O. G. GRYB, I. T. KARPALIUK, A. O. ZUEV, T. S. DONETSKA*

### **ELECTRIC POWER METERING WITH ITS LOW QUALITY**

The issue of electricity metering with low quality is being considered. Special attention is paid to checking the connection metering scheme with low quality of electrical energy. It is shown that a specific circuit design can affect the accuracy of metering of electrical energy in case of poor quality of electrical energy. In distribution networks intended for power supply of industrial enterprises, reactive power is also active. If the consumer has compensating devices, the directions of active and reactive power can be opposite. It is noted that current transformers, selected taking into account the short-circuit current or the characteristics of relay protection, do not provide metering accuracy due to the increased transformation ratio, forcing the installation of an additional set of current transformers or transferring the meters to another point in the network. Thus, the current transformation ratio of the current transformer is somewhat different from the nominal one, and the secondary current vector forms a certain angle with the primary current vector. The voltage error is manifested in a slight decrease in the secondary voltage under load. The angular error is characterized by a certain angle between the vectors of the primary and secondary stress. The value of the errors depends on the load power of the transformer. The maximum allowable voltage drop of the transformer determines the accuracy class. A rated power is set for each accuracy class. Thus, the voltage transformer, depending on the load, can operate in different accuracy classes. Changing the accuracy classes leads to errors in the measurements of metering devices and requires appropriate correction. The article reveals the reasons for the occurrence of such errors, which makes it possible to develop methods and, as a consequence, create devices to prevent the described errors of metering devices.

**Keywords:** power quality indicators, current transformer, rated power, electricity metering, power loss, electrical energy.

**Постановка проблеми:** В даний час найбільш актуальними напрямками обліку електроенергії за низької її якості є [1–4]:

1. Оснащення енерго- та промислових підприємств та застосування спеціалізованих засобів вимірювань параметрів мережі, метрологічних характеристик та параметрів вимірювальних трансформаторів струму (ТТ) та трансформаторів напруги (ТН), необхідних для інструментального метрологічного забезпечення вимірювань та обліку електроенергії (для паспортизації вимірювальних комплексів, ревізії засобів обліку, енергетичних об'єктів підприємств).

2. Впровадження автоматизованих систем обліку електроенергії.

3. Забезпечення умов застосування засобів вимірювань:

- поділ ланцюгів обліку з ланцюгами релейного захисту і автоматики та телеметрії;
- виключення недовантаження або перевантаження ТТ та ТН;
- захист лічильників від температурних перепадів;
- розвантаження ліній, що з'єднують лічильники з ТН;
- перевірка правильності схем включення вторинних ланцюгів ТТ, ТН та лічильників;
- забезпечення своєчасної повірки (калібрування) ТТ, ТН та лічильників.

4. Заміна фізично та морально застарілих приладів обліку електроенергії, встановлення приладів підвищених класів точності (лічильників, ТТ та ТН).

5. Підвищення точності вимірювання електроенергії в режимах малих навантажень за рахунок:

- установки лічильників прямого включення у мережах 0,4 кВ при струмах навантаження 60–100 А;
- заміни ТТ на трансформатори з меншим коефіцієнтом трансформації;
- заміни індукційних лічильників на цифрові з вищим порогом чутливості та лінійною навантажувальною характеристикою.

6. Вжиття заходів щодо запобігання несанкціонованого доступу до приладів обліку електроенергії, їх захисту від розкрадання та вандалізму;

7. Заміна неізолюваних відгалужень до будівель на ізолювані, у тому числі кабельні та ін.

**Перевірка схеми обліку приєднання при низькій якості електричної енергії.** На точність обліку впливає відповідність конкретної схеми обліку приєднання правильній схемі. Існує велика кількість варіантів неправильних схем підключення ТТ та ТН до лічильника [5, 6].

Лічильник електроенергії є приладом, що реагує не тільки на значення енергії, але і на напрямок її передачі. Оскільки вимірювана електроенергія пропорційна потужності навантаження, то надалі оперуватимемо поняттям «напрямок потужності».

Як відомо, в електричному ланцюзі активна енергія передається від джерела (генератора) до приймача (навантаження). З метою включення послідовної обмотки вимірювального приладу роз'єднаємо один із проводів, що з'єднують джерело живлення з електроприймачем. Кінець дроту, звернений до джерела живлення, можна назвати генераторним, а інший кінець, звернений до навантаження, навантажувальним.

У розподільних мережах, призначених для електропостачання промислових підприємств активна та реактивна потужності, як правило, передаються в одному напрямку. Це пояснюється тим, що електроприймачі є активно-індуктивними опорами, тобто поряд з активною споживають і реактивну енергію.

За наявності у споживача компенсуючих пристроїв напрями активної та реактивної потужності можуть бути протилежними.

Зауважимо, що напрямок потужності від шин у лінію прийнято вважати позитивним, а від лінії до шин негативним.

Трифазну систему струмів і напруг можна зобразити графічно як векторів, т. е. відрізків певної довжини і напрямки. Напрямок вектора напруги від нульового або нижчого потенціалу до вищого вважають позитивним.

При побудові векторних діаграм трифазної системи слід керуватися наступним [7, 8]:

- для визначення значень лінійної напруги  $U_{AB}$ ,  $U_{BC}$ ,  $U_{CA}$  достатньо з'єднати вершини векторів (побудувати трикутник);
- для визначення напрямків векторів у лінійних напруг, що утворюють сторони трикутника, потрібно поставити стрілки у напрямку обертання фаз (рис. 1).

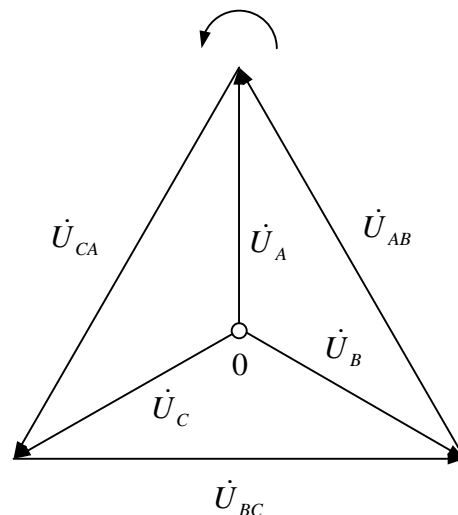


Рисунок 1 – Векторна діаграма напруг трифазної системи

При індуктивному навантаженні активна та реактивна потужності позитивні. В цьому випадку вектор струму  $I_A$  посунуто до вектора  $U_A$  на деякий кут  $\varphi$ , що відраховується проти годинникової стрілки. Як

прийнято вважати, при індуктивному навантаженні (реактивна потужність позитивна) струм відстає від фазної напруги. Це твердження справедливе і для струму  $I_C$ . Якби навантаження було ємнісним (активна потужність позитивна, реактивна негативна), струми випереджали б фазні напруги.

Як буде показано нижче, положення вектора струму, що проходить через послідовну обмотку лічильника, можна визначити за допомогою приладів, а потім, побудувавши векторну діаграму, зробити висновок про правильність включення лічильника.

Перш ніж перейти до розгляду конкретних схем включення лічильників, сформулюємо низку загальних положень [6, 9, 10].

Струм, проходячи від генератора до навантаження, повинен проходити через послідовну обмотку лічильника від її початку до кінця [8]. Іншими словами, генераторний провід мережі повинен бути підключений до генераторного затиску послідовної обмотки.

Початок послідовної обмотки розташований на затискній коробці однофазного лічильника лівіше від кінця і позначається буквою « $L$ », (генератор) або меншим цифровим індексом, – кінець буквою « $H$ » (навантаження) або великим цифровим індексом. Таким чином, при позитивному напрямку потужності до початку послідовної обмотки лічильника прямого включення підключається провід, що йде від шин розподільного пристрою, а при негативному – що йде від лінії.

Якщо лічильник включений через трансформатори струму, то до початку послідовної обмотки підключається провід від того затиску вторинної обмотки трансформатора струму, який однополярний з виведенням первинної обмотки, підключеним до генераторного струмопроводу (про однополярні затискачі вимірювальних трансформаторів буде дано далі). При цьому напрямку струму в послідовній обмотці буде таким самим, як і при безпосередньому включенні.

До затискачів паралельних обмоток зліва направо підключаються фази порядку їх прямого чергування. До середнього затискача обов'язково підключається середня фаза. Мається на увазі вторинна напруга тієї фази, в якій трансформатор струму не використаний у схемі. Такого ж порядку слід дотримуватися і для підключення фаз до послідовних обмоток.

Виконання цих умов забезпечує як правильні напрями струмів, так і правильні їх поєднання з напругами у кожному елементі лічильника.

У трансформаторів струму початок і кінець первинної обмотки позначаються індексами  $L1$  і  $L2$  (лінія), а початок і кінець вторинної обмотки – відповідно  $I1$  та  $I2$  (вимірювання). Затискачі  $L1$  та  $I1$  однополярні. Це означає, що напрямок струму у зовнішньому ланцюгу, підключеному до затискачів  $I1$  та  $L2$ , збігається з напрямком струму в первинному ланцюгу від  $L1$  до  $L2$ . Так, якщо затискач  $L1$  є генераторним, то генераторним буде затискач  $I1$ . У розподільних пристроях прийнято встановлювати

трансформатори струму затиском  $L1$  у бік збірних шин. Тоді затискач  $I1$  є генераторним за позитивного напрямку потужності. У вбудованих трансформаторів струму однополярними є верхній затискач первинного ланцюга («верх») і затиск  $A$  вторинної обмотки.

На паспортній табличці трансформатора струму вказується його коефіцієнт трансформації у вигляді відношення номінальних первинного та вторинного струмів. Номінальний вторинний струм трансформаторів струму зазвичай дорівнює 5 А. У деяких випадках для електроустановок 110 кВ і вище застосовують трансформатори струму з номінальним струмом вторинної обмотки 1 А. Номінальний струм лічильника повинен відповідати номінальному струму вторинної обмотки трансформатора струму. Вторинні обмотки трансформаторів струму при непрямому і напівнепрямому включенні лічильників (з роздільним приєднанням ланцюгів напруги) повинні заземлятися.

Як відомо, трансформатор струму вибирається за умови, щоб його вторинний струм не перевищував 110 % номінального. З іншого боку, трансформатори струму, вибрані із завищеними коефіцієнтами трансформації з урахуванням струму короткого замикання, при малих вторинних струмах мають підвищені похибки.

Трапляються випадки, коли трансформатори струму, вибрані з урахуванням струму короткого замикання або характеристик релейного захисту, не забезпечують точність обліку через підвищений коефіцієнт трансформації. Ця обставина змушує встановлювати додатковий комплект трансформаторів струму або переносити лічильники в іншу точку мережі. Так, для лінії, що відходить від шин підстанції і належить споживачеві, лічильники допускається встановлювати не так на живильному, але в приймальному кінці (введення) в споживача. На силових трансформаторах допускається встановлення лічильників з боку нижчої напруги.

Справжній коефіцієнт трансформації трансформатора струму дещо відрізняється від номінального, а вектор вторинного струму утворює з вектором первинного деякий кут. Іншими словами, трансформатор струму має похибку по струму і по куту. Найбільша допустима похибка визначає клас точності трансформатора струму. Похибка трансформатора струму залежить від його навантаження.

Найбільше навантаження, коли його похибка не виходить за межі класу точності, вказується в паспортній табличці. Наприклад, для трансформаторів струму типу ТПЛ навантаження обмотки класу 0,5 не повинно перевищувати 0,4 Ом. Навантаження трансформатора струму визначається повним опором його зовнішнього вторинного ланцюга, сюди входять опори всіх послідовно включених приладів, а також з'єднувальних проводів та перехідних контактів. У практичних розрахунках допускається арифметичне складання повних опорів, що створює розрахунковий запас.

Паралельні обмотки лічильників у мережі напругою понад 1000 В живляться від трансформаторів напруги. Для цієї мети застосовуються як трифазні, так і групи однофазних трансформаторів напруги. Вторинна міжфазна напруга у них дорівнює 100 В. Таким же має бути і номінальна напруга лічильників, що підключаються до них.

Прийняті позначення висновків трифазного трансформатора напруги для високої напруги –  $A, B, C$ ,  $O$  і для сторони низької напруги – відповідно  $a, b, c, o$ . Трансформатор має нульову групу з'єднання, тобто однойменні вектори первинної та вторинної напруги збігаються (якщо знехтувати погіршенням). Два однофазні трансформатори напруги з'єднані за так званою схемою відкритого трикутника (не слід плутати з розімкненим трикутником). Ця схема забезпечує симетричні трифазні напруги  $U_{ab}, U_{bc}, U_{ca}$ , тому вона призначена для живлення приладів і реле, включених на міжфазну напругу.

Вторинні обмотки трансформаторів напруги підлягають заземленню. У трифазних трансформаторів напруги заземляється або нульова точка, або виведення фази  $b$ . У відкритому трикутнику заземляється загальна точка вторинних обмоток трансформаторів, яка повинна відповідати вторинним затискачам, з'єднаним між собою та підключеним до «середньої» фази.

Трансформатори напруги мають похибку по напрузі і по куту, обумовлену падінням напруги в обмотках від струмів навантаження. Похибка по напрузі проявляється у деякому зменшенні вторинної напруги при навантаженні. Кутова похибка характеризується деяким кутом між векторами первинної та вторинної напруги [10–12].

Значення похибок залежать від потужності навантаження трансформатора напруги. Чим вона більша, тим більше струми в обмотках. Пропорційно цим струмам збільшуються падіння напруги в обмотках [6, 8, 11, 13].

Гранично допустиме значення падіння напруги трансформатора визначає клас точності [9, 10]. Для кожного класу точності встановлюється номінальна потужність  $S_{ном}$ . Зазвичай для трансформатора напруг встановлюється два або три класи точності та дві або три відповідні їм номінальні потужності. Таким чином, трансформатор напруги в залежності від навантаження може працювати в різних класах точності.

**Висновки.** В статті розглянуто питання перевірки каналів обліку електроенергії з підключенням лічильника через трансформатор напруги. Визначення правильності включення лічильників електроенергії на діючих приєднаннях з постійним та змінним навантаженням. Поставлено питання зміни класу точності замірів в залежності від навантаження при наявності погіршеної якості електричної енергії. Описана зміна класів точності призводить до похибок у вимірах приладів обліку і потребує відповідної корекції. Поставлена в статті проблема потребує подальшого дослідження із розробки апаратних засобів корекції класів точності в залежності від потужності і параметрів якості електричної енергії.

## Список літератури

1. Гриб О. Г., Гапон Д. А., Сиротин Ю. А., Ієрусалимова Т. С., Дяченко А. В. Мониторинг качества электроэнергии на цифровых подстанциях. *Вестник НТУ «ХПИ». Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика.* 2015. № 12 (1121). С. 316–319.
2. Сокол Е. И., Жаркин А. Ф., Васильченко В. И., и др. *Качество электрической энергии. Том 3. Методы и средства повышения качества электрической энергии.* Харьков: ПП «Граф-Ікс», 2014. 292 с.
3. Сиротин Ю. А., Гриб О. Г., Гапон Д. А., Ієрусалимова Т. С., Швець С. В. Учет неактивных составляющих полной мощности. *Вісник НТУ «ХПИ». Гідрравлічні машини та гідроагрегати.* 2017. № 22 (1244). С. 71–76.
4. Андрійчук Ю. А., Катренко Г. М. *Посібник для працівників енергопостачальних компаній і енергонагляду щодо роботи зі споживачами електроенергії та запобігання крадіжкам електроенергії.* Київ: «КВЩ», 2003. 423 с.
5. Труб И. И. *Обслуживание индукционных счетчиков и цепей учета в электроустановках.* Москва: Энергоатомиздат, 1983. 80 с.
6. Бедерак Я. С., Волошко А. В., Родін Ю. А., Праховник А. В. *Методи перевірки схем включення счетчиков и измерительных каналов систем учета электроэнергии: Монография.* Харьков: Изд-во «Форт», 2012. 136 с.
7. Степанов Ю. А., Степанов Д. Ю. *Совершенствование релейной защиты на примерах построения векторных диаграмм.* Москва: Энергоатомиздат, 1999. 128 с.
8. Салей В. Н. Наладка схем трехфазного учета путем анализа векторных диаграмм. *Електропанорама.* 2007. № 1-2, 3, 4.
9. ДСТУ ІЕС 60044-1:2008. *Трансформатори вимірювальні. Частина 1. Трансформатори струму (ІЕС 60044-1:2003, ІДТ).* Київ: Держспоживстандарт України, 2009, 47 с.
10. ДСТУ ІЕС 60044-2:2008. *Трансформатори вимірювальні. Частина 2. Трансформатори напруги індуктивні (ІЕС 60044-2:2003, ІДТ).* Київ: Держспоживстандарт України, 2009, 42 с.
11. 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.
12. 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.
13. Вимоги Головного оператора системи комерційного обліку ОРЕ щодо складу, змісту та умов погодження технічних завдань, технічних, робочих та техноробочих проектів на створення автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ) ОРЕ. *Додаток до листа ДП «Енергоринок» від 13.06.2014 № 03/35-6204.*

## References (transliterated)

1. Gryb O. G., Gapon D. A., Sirotin Yu. A., Ierusalimova T. S., Dyachenko A. V. *Monitoring kachestva elektroenergii na tsifrovyykh podstantsiyakh* [Monitoring power quality in digital substations]. Bulletin of the National Technical University "KhPI": a collection of scientific papers. Thematic issue: Problems of automated electrodrive. Theory and practice. 2015, no. 12 (1121), pp. 316–319.
2. Sokol E. I., Zharkin A. F., Vasilchenko V. I., i dr. *Kachestvo elektricheskoy energii. Tom 3. Metody i sredstva povysheniya kachestva elektricheskoy energii* [Quality of electrical energy. Volume 3. Methods and means to improve the quality of electrical energy]. Kharkiv, PP «Graf-Iks» Publ., 2014. 292 p.
3. Sirotin Yu. A., Gryb O. G., Gapon D. A., Ierusalimova T. S., Shvets S. V. *Uchet neaktivnykh sostavlyayushchikh polnoy moshchnosti* [Account inactive components of full power]. Bulletin of NTU "KhPI". Series: Hydraulic machines and hydrounits. 2017, № 22 (1244), pp. 71–76.
4. Andriyчук Yu. A., Katrenko H. M. *Posibnyk dlya pratsivnykhiv enerhopostachal'nykh kompaniy i enerhonahlyadu shchodo roboty zi spozhyvachamy elektroenerhiyi ta zapobihannya kradizhkam elektroenerhiyi* [Guidelines for energy service company and energy

- watchdog staff on dealing with electricity consumers and preventing electricity theft]. Kyiv, «KVShch» Publ., 2003. 423 p.
5. Trub I. I. *Obsluzhivanie induktsionnykh schetchikov i tsepey ucheta v elektroustanovkakh* [Maintenance of induction meters and metering circuits in electrical installations]. Moscow, Energoatomizdat Publ., 1983. 80 p.
  6. Bederak Ya. S., Voloshko A. V., Rodin Yu. A., Prakhovnik A. V. *Metody proverki skhem vlyucheniya schetchikov i izmeritel'nykh kanalov sistem ucheta elektroenergii: Monografiya* [Methods for checking the connection schemes of meters and metering channels of electricity metering systems: Monograph]. Kharkiv, Izd-vo «Fort» Publ., 2012. 136 p.
  7. Stepanov Yu. A., Stepanov D. Yu. *Sovershenstvovanie releynoy zashchity na primerakh postroeniya vektornykh diagram* [Improving relay protection with examples of vector diagrams]. Moscow, Energoatomizdat Publ., 1999. 128 p.
  8. Saley V. N. Naladka skhem trekhfaznogo ucheta putem analiza vektornykh diagramm. *Electropanorama*. 2007, no. 1-2, 3, 4.
  9. DSTU IES 60044-1:2008. *Transformatory vymiryuval'ni. Chastyna 1. Transformatory strumu* (IES 60044-1:2003, IDT) [State Standard IES 60044-1:2008. Measurement transformers. Part 1. Current transformer]. Kyiv, DSSU Publ., 2009, 47 p.
  10. DSTU IES 60044-2:2008. *Transformatory vymiryuval'ni. Chastyna 2. Transformatory napruhy induktyvni* (IES 60044-2:2003, IDT) [State Standard IES 60044-2:2008. Measurement transformers. Part 2. Inductive voltage transformers]. Kyiv, DSSU Publ., 2009, 42 p.
  11. Komenda N. V., Komenda T. I., Demov O. D. Poshuk spozhyvachiv-rehulyatoriv na osnovi morfometrychnoho pidkhotu pry upravlinni dobovym navantazhennyam 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.
  12. HND 34.09.203-2004. *Normuvannya vytrat elektroenerhiyi na vlasni potreby pidstantsiy 35-750 kV i rozpodil'chykh punktiv 6-10 kV. Instruktsiya. Haluzevyi normatyvnyi 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.
  13. Vymohy Holovnoho operatora systemy komertsiyynoho obliku ORE shchodo skladu, zmistu ta umov pohodzhennya tekhnichnykh zavdan', tekhnichnykh, robochykh ta tekhnorobochykh proektiv na stvorenni avtomatyzovanykh system komertsiyynoho obliku elektroenerhiyi (ASKOE) ORE [Requirements of the Main Operator of the System of Commercial Metering of the Wholesale Electricity Market for the composition, content and conditions for the approval of technical tasks, technical, working and technical projects for the creation of automated systems of commercial metering of electricity (ASCME) of the Wholesale Electricity Market]. *Annex to the letter of SE "Energorynok" dated 13.06.2014 No. 03/35-6204*.

Надійшла (received) 08.12.2021

#### Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Гапон Дмитро Анатолійович (Гапон Дмитрий Анатольевич, Dmytro Gapon)** – 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](mailto:dima12345go@gmail.com).

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

**Зув Андрій Олександрович (Зув Андрей Александрович, Andrey Zuev)** – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», кафедра автоматики та управління в технічних системах, м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8206-4304>. e-mail: [dakarton@gmail.com](mailto:dakarton@gmail.com).

**Донецька Тетяна Сергіївна (Донецкая Татьяна Сергеевна, Tetiana Donetska)** – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», кафедра автоматизації та кібербезпеки енергосистем, м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0925-1001>. e-mail: [iierusalimovat@gmail.com](mailto:iierusalimovat@gmail.com).