

В.П. КАЛІНЧИК, В.А. ПОБИГАЙЛО, П.Д. ЛУЦІВ

РЕАЛИЗАЦИЯ КОНЦЕПЦИИ SMART GRID ДЛЯ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

В статті розглянута методологія побудови автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ), яка призначена для достовірного визначення обсягів власного електроспоживання, а також для контролю перетоків електроенергії енергопостачальної компанії з суміжними суб'єктами Оптового ринку електроенергії. Програмно-технічні засоби АСКОЕ утворюють два рівня, до складу яких входять нижній рівень, до якого відносяться рівень точок обліку і рівень об'єктів обліку електроенергії, а також верхній рівень, до якого відносяться рівень центрального пункту і рівень автоматизованих робочих місць АСКОЕ. В цій роботі реалізація концепції Smart Grid показана на принципах побудови автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії енергопостачальної компанії (АСКОЕ), яка створена як інформаційно-вимірвальна система, основне призначення якої – достовірне визначення обсягів та здійснення автоматизованого обліку власного споживання електроенергії, а також перетоків електроенергії компанії з суб'єктами енергоринку – результати якого повинні використовуватися для проведення відповідних фінансових розрахунків за спожиту електроенергію Компанії. АСКОЕ основана на застосуванні новітніх технологій, які дозволяють Компанії ефективно реагувати на будь-які вимоги енергоринку. В роботі розглянуто поняття дистанційного зчитування показів лічильників – передові технології, які забезпечують можливість дистанційного зчитування даних, що накопичені Smart Meter (дослівно «Розумний Лічильник»). Такі лічильники дозволяють не тільки вимірювати та обліковувати електричну енергію, а й обчислювати параметри режимів електроспоживання, зберігати обчислені значення параметрів в енергонезалежній пам'яті - первинній базі даних (ПБД), а також забезпечують доступ до ПБД через цифрові комунікаційні інтерфейси. Завдяки застосуванню багатофункціональних електронних лічильників електроенергії, що виміряна, може бути розподілена за інтервалами часу: інтервалами доби, тарифними зонами, добами, місяцями або роками.

Ключові слова: електроспоживання; автоматизована система; комерційний облік; перетоки електроенергії.

В.П. КАЛІНЧИК, В.А. ПОБИГАЙЛО, П.Д. ЛУЦІВ

РЕАЛИЗАЦИЯ КОНЦЕПЦИИ SMART GRID ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

В статье рассмотрена методология построения автоматизированной системы коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ), которая предназначена для достоверного определения объемов собственного электропотребления, а также для контроля перетоков электроэнергии энергоснабжающей компании со смежными субъектами оптового рынка электроэнергии. Программно-технические средства АСКУЭ образуют два уровня, в состав которых входят нижний уровень, к которому относятся уровень точек учета и уровень объектов учета электроэнергии, а также верхний уровень, к которому относятся уровень центрального пункта и уровень автоматизированных рабочих мест АСКУЭ. В этой работе реализация концепции Smart Grid показана на принципах построения автоматизированной системы коммерческого учета электроэнергии энергоснабжающей компании (АСКУЭ), которая создана как информационно-измерительная система, основное назначение которой - достоверное определение объемов и осуществления автоматизированного учета собственного потребления электроэнергии, а также перетоков электроэнергии компании с субъектами энергорынка - результаты которого должны использоваться для проведения соответствующих финансовых расчетов за потребленную электроэнергию компании. АСКУЭ основана на применении новейших технологий, позволяющих Компании эффективно реагировать на любые требования энергорынка. В работе рассмотрено понятие дистанционного считывания показаний счетчиков - передовые технологии, которые обеспечивают возможность дистанционного считывания данных, накопленных Smart Meter (дословно «Умный Счетчик»). Такие счетчики позволяют не только измерять и учитывать электрическую энергию, но и вычислять параметры режимов электропотребления, хранить вычисленные значения параметров в энергонезависимой памяти - первичной базе данных (ПБД), а также обеспечивают доступ к ПБД через цифровые коммуникационные интерфейсы. Благодаря применению многофункциональных электронных счетчиков электроэнергии, измеренная, может быть распределена по интервалам времени: интервалами времени, тарифными зонами, сутками, месяцами или годами.

Ключевые слова: електроспоживання; автоматизована система; комерційний учет; перетоки електроенергії.

V.P. KALINCHUK, V.A. POBIGAYLO, P.D. LUCIV

IMPLEMENTATION OF SMART GRID CONCEPT FOR CONSTRUCTION OF ELECTRICITY ACCOUNTING SYSTEM

The article considers the methodology of building an automated system of commercial electricity metering (ASKOE), which is designed to reliably determine the volume of own electricity consumption, as well as to control electricity flows of the energy supply company with related entities of the Wholesale Electricity Market. ASKOE software and hardware form two levels, which include the lower level, which includes the level of metering points and the level of electricity metering facilities, as well as the upper level, which includes the level of the central point and the level of automated workplaces ASKOE. In this paper, the implementation of the Smart Grid concept is shown on the principles of building an automated system of commercial metering of electricity supply company (ASKOE), which was created as an information and measurement system, the main purpose of which is to reliably determine the volume and automated metering electricity of the company with the subjects of the energy market - the results of which should be used to make appropriate financial calculations for the consumed electricity of the Company. ASKOE is based on the use of the latest technologies that allow the Company to respond effectively to any requirements of the energy market. The concept of remote reading of meter readings is considered in the work - advanced technologies that provide the possibility of remote reading of data accumulated by Smart Meter (literally "Smart Meter"). Such meters allow not only to measure and account for electricity, but also to calculate the parameters of power consumption modes, store the calculated values of parameters in non-volatile memory - primary database (PBD), as well as provide access to PBD through digital communication interfaces. Thanks to the use of multifunctional electronic meters, the measured electricity can be distributed over time intervals: day intervals, tariff zones, days, months or years.

Key words: electricity consumption; automated system; commercial accounting; electricity flows.

Вступ. Всі сучасні новації в світовій електроенергетиці запроваджуються під маркою «Smart Grid» [1-2]. В стислі терміни ці технології пройшли шлях розвитку від AMR до АМІ і далі до АММ.

AMR (Automated Meter Reading) - дистанційне зчитування показів лічильників – передові технології, які забезпечують можливість дистанційного зчитування даних, що накопичені Smart Meter (дослівно «Розумний Лічильник»). Такі лічильники дозволяють не тільки вимірювати та обліковувати електричну енергію, а й обчислювати параметри режимів електроспоживання, зберігати обчислені значення параметрів в енергонезалежній пам'яті - первинній базі даних (ПБД), а також забезпечують доступ до ПБД через цифрові комунікаційні інтерфейси. Завдяки застосуванню багатофункціональних електронних лічильників електроенергії, що виміряна, може бути розподілена за інтервалами часу: інтервалами доби, тарифними зонами, добами, місяцями або роками. Впровадження AMR суттєво скорочує терміни збору даних, підвищує достовірність обліку та дозволяє автоматизувати процес розрахунків за електроенергію.

АМІ (Advanced Metering Infrastructure) - розвинута інфраструктура вимірювань – відноситься до систем, які спроможні збирати та аналізувати дані вимірювань. АМІ-систему можна визначити, як розширення звичайної AMR-системи. АМІ-системи забезпечують двохсторонній зв'язок з лічильниками.

АММ (Advanced Meter Management) - розвинута система керування лічильниками – отримала другу назву – система інтелектуальних вимірювань – система дистанційного зчитування даних обліку з розвиненими функціональними можливостями щодо надання клієнтам сервісних послуг інформаційною мережею.

В цій роботі реалізація концепції Smart Grid показана на принципах побудови автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії енергопостачальної компанії (АСКОЕ), яка створена як інформаційно-вимірювальна система, основне призначення якої – достовірне визначення обсягів та здійснення автоматизованого обліку власного споживання електроенергії, а також перетоків електроенергії компанії з суб'єктами енергоринку – результати якого повинні використовуватися для проведення відповідних фінансових розрахунків за спожиту електроенергію Компанії. АСКОЕ основана на застосуванні новітніх технологій, які дозволяють Компанії ефективно реагувати на будь-які вимоги енергоринку.

АСКОЕ енергопостачальної компанії створюється з метою:

- виконання вимог нормативних документів (далі - НД) [3-5];
- зниження технологічних втрат електроенергії за рахунок підвищення точності обліку електричної енергії та одержання інформації, що дозволяє локалізувати понаднормативні втрати і виконувати аналіз технологічних втрат електричної енергії у високовольтних та розподільчих мережах компанії;

- автоматизації процесу збору, передачі і обробки інформації з розрахункових та контрольних точок обліку електричної енергії на підстанціях, розподільних пунктах та інших об'єктах, розташованих по периметру компанії;

- перевірки достовірності даних обліку електроенергії шляхом виконання процедур верифікації через формування балансів електричної енергії для об'єктів обліку розташованих по периметру компанії, а також між показами основних та дублюючих лічильників електроенергії, встановлених як у розрахункових, так і в контрольних точках обліку;

- забезпечення роботи усіх елементів АСКОЕ в єдиному розрахунковому часі з збереженням встановлених правил переходу на "літній/зимовий" час;

- зниження трудомісткості та ресурсних витрат при виконанні робіт з обліку електричної енергії, включаючи збір та обробку даних, підготовку звітної інформації, зведень та аналітичних матеріалів для керівництва;

- одержання даних по обсягах перетоків активної і реактивної електроенергії та потужності компанії з суміжними ліцензіатами й балансу потужності та енергії в інтервалі, тривалість якого може змінюватися;

- забезпечення регламентованого доступу до первинних баз даних (ПБД) лічильників електроенергії та інформації що зберігається на сервері баз даних АСКОЕ компанії - зі сторони зацікавлених суб'єктів енергоринку;

- забезпечення оперативного контролю режимів перетоків електроенергії на території здійснення ліцензійної діяльності компанії;

- забезпечення синхронності вимірювання потужності і електроенергії;

- виключення суб'єктивних факторів, пов'язаних з візуальним зчитуванням показів лічильників електроенергії та проведенням розрахунків у ручному режимі; автоматизації формування складових балансу потужності і електроенергії на межі з ОРЕ та суміжними ліцензіатами (прийм, видача, сальдо);

- автоматизації операцій із підготовки звітів, зведень і аналітичних матеріалів для керівництва;

- автоматизації процесу передачі комерційної інформації Головному операторові та передачі/отримання інформації від суміжних суб'єктів енергоринку;

- забезпечення можливості передачі даних до АСКОЕ Головного оператора по виділених (основних) каналах зв'язку, в якості резервних можливе використання комутованих каналів (після створення мережі передачі даних Головного оператора комерційного обліку);

- окрім того здійснення впровадження по організації отримання інформації від незалежних постачальників і юридичних споживачів.

Принципи побудови АСКОЕ. Узагальнена структурна схема АСКОЕ показана на рис. 1 [6];

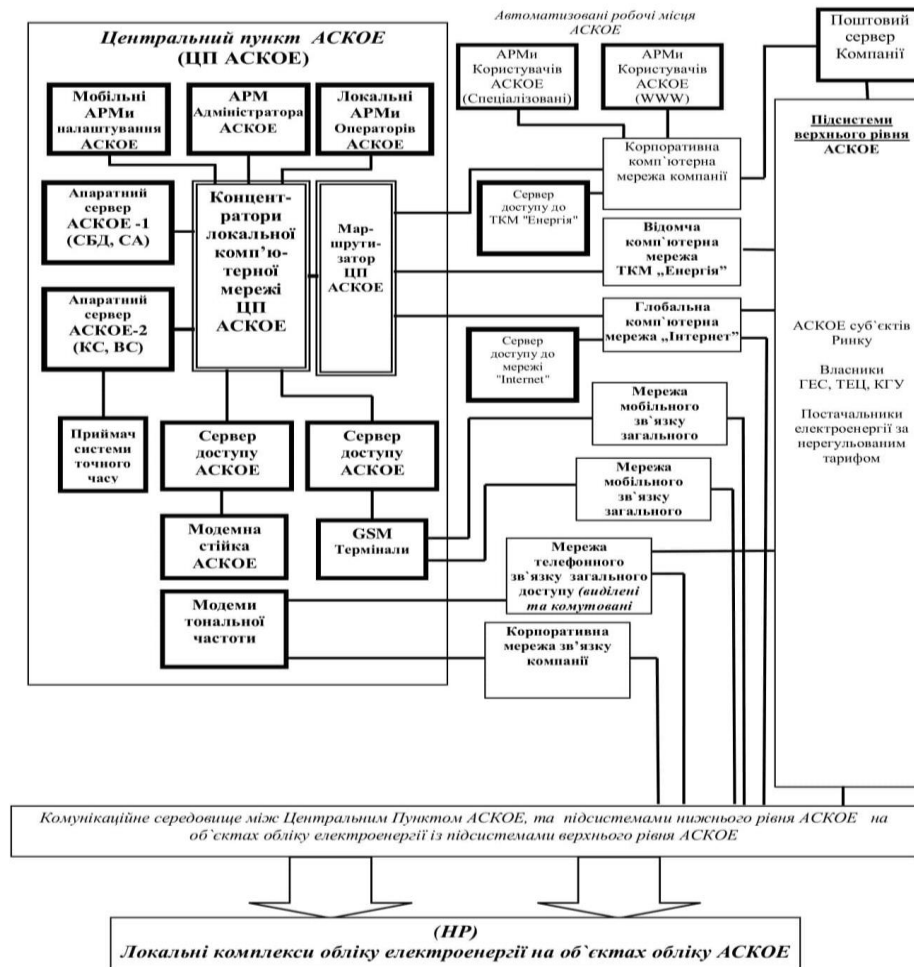


Рис. 1. Узагальнена структурна схема АСКОЕ

Програмно-технічні засоби АСКОЕ компанії утворюють два рівня, до складу яких входять:

а) нижній рівень АСКОЕ (НР), до якого відносять:

- рівень точок обліку електроенергії (РТО)
- рівень об'єктів обліку електроенергії (РОО);

б) верхній рівень АСКОЕ (ВР), до якого відносяться:

- рівень центрального пункту АСКОЕ (РЦП);
- рівень автоматизованих робочих місць АСКОЕ (АРМ).

Кожен із рівнів ієрархії побудовано на основі уніфікованих програмно-технічних засобів, з орієнтацією на використання сучасного мікропроцесорного обладнання та обчислювальної техніки.

Верхні рівні АСКОЕ (РЦП, АРМ) мають можливість обміну інформацією з підсистемами верхнього рівня АСКОЕ ПрАТ НЕК «Укренерго», суміжних обласних енергопостачальних компаній, інших ліцензіатів, а також із підсистемами верхнього рівня АСКОЕ, встановленими у споживачів компанії.

Нижні рівні АСКОЕ (РТО, РОО) побудовано на базі інтелектуальних електронних лічильників електроенергії, високопродуктивних комунікаційних модулів і засобів телекомунікації.

Рівні ієрархії поєднуються між собою локальними засобами передачі даних (на об'єктах обліку – між РТО та РОО), засобами телекомунікації (між НР та ВР) та локальною комп'ютерною мережею, а також засобами телекомунікації із підсистемами ВР суб'єктів енергоринку.

Режим роботи АСКОЕ компанії - цілодобовий, безперервний, з періодичним зовнішнім оглядом і регламентними роботами в період зупинок і ремонтів. Для випадків виникнення аварійних ситуацій, передбачена можливість ручного введення інформації. Допускаються перерви в роботі АСКОЕ і її окремих компонентів (обладнання РТО) для виконання профілактичного і технічного обслуговування, що не приводить до порушення встановлених термінів звітності щодо комерційного обліку електроенергії та інформаційної взаємодії з суміжними АСКОЕ.

АСКОЕ компанії забезпечує збирання інформації з усіх розрахункових точок обліку електроенергії, розташованих на об'єктах обліку компанії, та розрахункових точках обліку на підстанціях суміжних суб'єктів енергоринку.

На всіх рівнях АСКОЕ компанії виявляється і фіксується:

- порушення схеми обліку;
- порушення в електроживленні технічних засобів

АСКОЕ компанії;

- відсутність зв'язку з АСКОЕ суміжних ліцензіатів;
- системні помилки пристроїв обліку електроенергії;
- неприпустимий відхід часу в таймерах лічильників і пристроїв обліку;

порушення в роботі програмно-технічних засобів АСКОЕ компанії всіх рівнів;

- несанкціоноване втручання (або спроби втручання) у роботу компонентів АСКОЕ;
- неприпустимі відхилення показань основного і дублюючого лічильників

АСКОЕ компанії забезпечує можливість фізичного розширення на всіх рівнях, у тому числі:

- збільшення кількості електролічильників і приладів обліку;
- розширення кількості типів параметрів, які зчитуються з лічильника і обробляються в АСКОЕ компанії;
- збільшення кількості користувачів АСКОЕ компанії;
- включення в АСКОЕ компанії нових автоматизованих функцій і збільшення ступеня автоматизації діючих функцій;
- вдосконалення інтерфейсів користувачів;
- приведення програмних засобів та бази даних (БД) до вимог європейських стандартів ІЕС;
- заміни діючих технічних засобів на більш вдосконалені.

Типова структура програмно-технічних засобів нижнього рівня показана на рис. 2. [6].

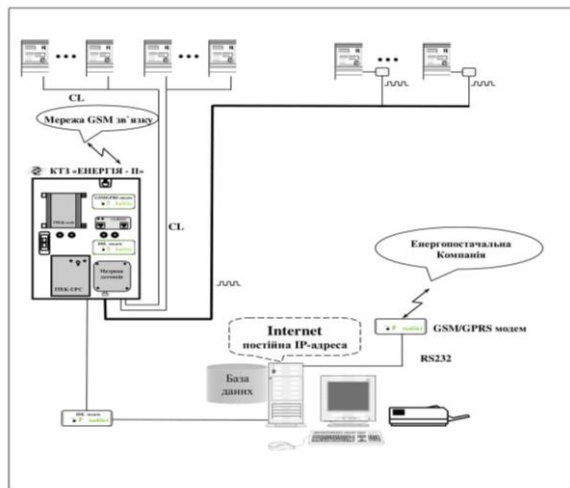


Рис.1. Узагальнена структурна схема АСКОЕ

Програмно-технічні засоби АСКОЕ компанії утворюють два рівня, до складу яких входять:

а) нижній рівень АСКОЕ (НР), до якого відносять:

- рівень точок обліку електроенергії (РТО);
- рівень об'єктів обліку електроенергії (РОО);

б) верхній рівень АСКОЕ (ВР), до якого відносять:

- рівень центрального пункту АСКОЕ (РЦП);
- рівень автоматизованих робочих місць АСКОЕ (АРМ).

Кожен із рівнів ієрархії побудовано на основі уніфікованих програмно-технічних засобів, з орієнтацією на використання сучасного мікропроцесорного обладнання та обчислювальної техніки.

Верхні рівні АСКОЕ (РЦП, АРМ) мають можливість обміну інформацією з підсистемами верхнього рівня АСКОЕ ПрАТ НЕК «Укренерго», суміжних обласних енергопостачальних компаній, інших ліцензіатів, а також із підсистемами верхнього рівня АСКОЕ, встановленими у споживачів компанії.

Нижні рівні АСКОЕ (РТО, РОО) побудовано на базі інтелектуальних електронних лічильників електроенергії, високопродуктивних комунікаційних модулів і засобів телекомунікації.

Рівні ієрархії поєднуються між собою локальними засобами передачі даних (на об'єктах обліку – між РТО та РОО), засобами телекомунікації (між НР та ВР) та локальною комп'ютерною мережею, а також засобами телекомунікації із підсистемами ВР суб'єктів енергоринку.

Режим роботи АСКОЕ компанії - цілодобовий, безперервний, з періодичним зовнішнім оглядом і регламентними роботами в період зупинок і ремонтів. Для випадків виникнення аварійних ситуацій, передбачена можливість ручного введення інформації. Допускаються перерви в роботі АСКОЕ і її окремих компонентів (обладнання РТО) для виконання профілактичного і технічного обслуговування, що не приводить до порушення встановлених термінів.

До складу програмно-технічних засобів обліку нижнього рівня входять:

а) рівень точок обліку (трансформатори напруги, трансформатори струму, лічильники);

б) комплекс технічних засобів «Енергія WEB» (КТЗ);

в) комунікаційне обладнання;

г) кабельні лінії.

При необхідності можливе встановлення АРМ користувача на самій підстанції.

Окрім електронних, багатофункціональних лічильників, на підстанції можуть бути встановлені електронні лічильники, які мають тільки імпульсний вихід, або індукційні лічильники, заміна яких економічно недоцільна, але інформація про споживання з яких використовується при розрахунку балансів по підстанції. В такому разі, в ці лічильники вмонтовується перетворювач обертів диска лічильника в електричні імпульси (датчики) типу УП-3М.

Основним компонентом комплексу технічних засобів «Енергія WEB» є мікросервер Itek-WEB. Мікросервер Itek-WEB призначений для забезпечення зв'язку й узгодження інтерфейсів між багатофункціональними лічильниками й сервером БД, а також самостійного опитування лічильників і зберігання результатів опитування у вбудованій енергонезалежній пам'яті.

Мікросервер Itek-WEB побудовано на базі промислового варіанту процесора Intel 186. Має інтерфейс Ethernet 10/100 Мб і підтримує протоколи TCP/IP та UDP.

В залежності від модифікації Itek-WEB може мати 6, 10, або 18 послідовних каналів (зі швидкістю обмі-

ну до 115 Kb), з яких 2 канали RS232 забезпечують приєднання АТ- або GSM/GPRS- модемів і підтримують протокол віддаленого доступу PPP. Шістнадцять (або 8, або 4) каналів RS232/RS485 з гальванічною розв'язкою забезпечують узгодження з послідовними портами лічильників. Має 8 дискретних входів й 8 дискретних виходів, які конфігуруються для виміру кількості електроенергії по імпульсних, телеметричних виходах лічильників, або керування зовнішніми виконавчими пристроями (електромеханічним реле).

КТЗ «Енергія WEB» комплектується також джерелом безперервного живлення Itek-UPS, яке забезпечує автономну роботу обладнання КТЗ на протязі 12 годин.

При використанні традиційних комутованих каналів зв'язку опитування значної кількості територіально-розгалужених лічильників займає багато часу, тому в структурі АСКОЕ компанії була передбачена схема опитування лічильників з використанням GPRS зв'язку. Схемою передбачається, що сервер БД, через комунікаційний сервер (КС), постійно утримує зв'язок з кожним об'єктом обліку, використовуючи Ethernet технології. Таким чином доступ до даних кожного окремого лічильника здійснюється практично миттєво. Окрім того, програмно-апаратні засоби, які використовуються в АСКОЕ дозволяють виконувати опитування лічильників паралельно, тобто, якщо на підстанції встановлено контролер з 8 послідовними входами типу струмова петля (CL), то опитування лічильників проводиться по всіх восьми входах одночасно. Таким чином, час зчитування інформації з всіх лічильників підстанції буде дорівнювати часу опитування лічильників одного каналу, до якого підключено найбільше лічильників. На рівні ЦП запит на опитування всіх підключених лічильників задається одночасно по всіх підстанціях включених в АСКОЕ, що дозволить вчасно формувати звіт до ДП «Енергоринку», а також необхідні макети всім сусіднім ліцензіатам.

Висновок. Запропонована і побудована автоматизована система комерційного обліку електроенергії енергопостачальної компанії, яка побудована на принципах реалізація концепції Smart Grid і призначена для достовірного визначення обсягів власного електроспоживання, а також для контролю перетоків електроенергії компанії з суміжними суб'єктами енергоринку. АСКОЕ складається із двох рівнів: нижнього - рівня точок і об'єктів обліку електроенергії; верхнього - рівня центрального пункту і автоматизованих робочих місць АСКОЕ.

Список літератури

1. А.В. Праховник, В.П. Калінчик, А.В. Волошко, О.В. Коцарь. Системы учета электроэнергии в условиях функционирования Smart Grid технологий / Энергетика та електрифікація. – 2012. - № 1.- С.51-58.
2. А.В.Праховник, В.П.Калінчик, А.В.Волошко, О.В.Коцар. Системы обліку електроенергії в умовах функціонування Smart Grid технологій/ Праці інституту електродинаміки Національної академії наук України. Збірник наукових праць. Спеціальний випуск. Частина 2, 2011.- С.14-22.
3. Концепція побудови автоматизованих систем обліку електроенергії в умовах енергоринку//Праховник А.В., Калінчик В.П., Тимошенко Ю.В. та інші. - Інформаційний бюлетень НКРЕ.- 2002. - №11.-С.230-261.
4. Кодекс систем розподілу. Постанова НКРЕ від 14.03.2018 № 310.
5. Кодекс комерційного обліку електричної енергії. Постанова НКРЕ від 14.03.2018 № 311.
6. Шпак О.Л., Луців П.Д., Праховник А.В., Калінчик В.П., Шиянов О.О. Автоматизована система комерційного обліку електроенергії ВАТ ЕК „Хмельницькобленерго”/ Электрические сети и системы. Спецвипуск, 2010.- С.22-31.

References (transliterated)

1. A.V. Prakhovnik, V.P. Kalinchik, A.V. Voloshko, O.V. Kocar'. Sistemy ucheta jelektrojenergiy v uslovijah funkcionirovaniya Smart Grid tehnologij. Energetika ta elektrifikacija. 2012. No 1. Pp.51-58.
2. A.V. Prakhovnyk, V.P. Kalinchyk, A.V. Voloshko, O.V. Koczar. Systemy obliku elektroenergiyi v umovax funkcionuvannya Smart Grid tehnologij. Praci instytutu elektrodynamiky Nacionalnoyi akademiyi nauk Ukrayiny. Zbirnyk naukovykh pracz. Specialnyj vypusk. Chastyna 2, 2011. Pp.14-22.
3. Konceptsiya pobudovy avtomatyzovanykh system obliku elektroenergiyi v umovax energorynku. Prakhovnyk A.V., Kalinchyk V.P., Tymoshenko Yu.V. ta inshi. - Informacijnyj byuleten NKRE. 2002. No 11. Pp.230-261.
4. Kodeks system rozpodilu. Postanova NKRE vid 14.03.2018 No 310.
5. Kodeks komercijnogo obliku elektrychnoyi energiyi. Postanova NKRE vid 14.03.2018 No 311.
6. Shpak O.L., Luciv P.D., Prakhovnyk A.V., Kalinchyk V.P., Shuyaynov O.O. Avtomatyzovana sistema komercijnogo obliku elektroenergiyi VAT EK „Xmelnyczkoblenergo” / Elektricheskiye sety y systemy. Speczvypusk, 2010. Pp. 22-31.

Поступила (received) 21.09.2020

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Калінчик Віталій Васильович (Калінчик Виталий Васильевич, Kalinchyk Vitaliy Vasilivich) – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет України КПІ ім. Ігоря Сікорського, доцент кафедри електропостачання; м. Київ, тел.: (067) 209-87-26.

Побігайло Віталій Анатолійович (Побигайло Виталий Анатольевич, Pobigaylo Vitaliy Anatolievich) – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет України КПІ ім. Ігоря Сікорського, доцент кафедри електропостачання; м. Київ, тел.: (097) 308-88-95; e-mail: pobigaylo@gmail.com.

Луців Петро Денисович (Луцев Петр Денисович, Luciv Petr Denisovich) – АТ «Хмельницькобленерго»; м. Хмельницьк, тел.: (067) 209-87-26