

АНАЛІЗ СТРУКТУРИ СУЧАСНОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТА ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ, ПЕРВИННИХ ПРИСТРОЇВ ЗБОРУ ТА ОБРОБКИ ДАНИХ

О. В. Тодоров, О. В. Бялобржеський

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: olehtodorov@gmail.com

Необхідність використання автоматизованих систем контролю та обліку електричної енергії - вимірювання енергетичних потоків та реалізація раціонального розподілу електричної енергії. Система не має чітких обмежень по необхідному використовуваному обладнанню, через залежність від структури підприємства, його площі та технологічного процесу. Встановлено, що структура такої системи має різні методи реалізації як в частині технічній, так і в організаційній. Будь-яка автоматизована система контролю та обліку електроенергії включає в себе програмне забезпечення яке забезпечує візуальне сприйняття інформації диспетчером. На підставі аналізу структури типового інтерфейсу програми диспетчеризації підстанції, відмічено певну кількість показників, які характеризують електричну енергію. Візуалізація інформації диспетчера може бути розширена з урахуванням існуючих стандартів по визначенню показників потужності трифазних електричних систем з несинусоїдальними напругою та струмом, що спонукатиме до боротьби з неякісністю електричної енергії.

Ключові слова: лічильник, система, інформація, якість електричної енергії, АСКОЕ.

АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ, ПЕРВИЧНЫХ ПРИБОРОВ СБОРА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

О. В. Тодоров, А. В. Бялобржеский

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: olehtodorov@gmail.com

Необходимость использования автоматизированных систем контроля и учета электрической энергии - измерение энергетических потоков и реализация рационального распределения электрической энергии. Система не имеет четких ограничений по необходимому используемому оборудованию, из-за зависимости от структуры предприятия, его площади и технологического процесса. Установлено, что структура такой системы имеет различные методы реализации как в части технической, так и в организационной. Любая автоматизированная система контроля и учета электроэнергии включает в себя программное обеспечение обеспечивающее визуальное восприятие информации диспетчером. На основании анализа структуры типичного интерфейса программы диспетчеризации подстанции, отмечено определенное количество показателей, характеризующих электрическую энергию. Визуализация информации диспетчера может быть расширена с учетом существующих стандартов по определению показателей мощности трехфазных электрических систем с несинусоидальными напряжением и током, что будет побуждать к борьбе с некачественностью электрической энергии.

Ключевые слова: счетчик, система, информация, качество электрической энергии, АСКУЭ.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. В даний час, при постійному рості вартості енергоносіїв, кожне підприємство намагається максимально оптимізувати витрати електроенергії при виробництві за рахунок автоматизації роботи та вдосконалення метрологічних засобів вимірювання. Введення автоматизованої системи контролю та обліку електроенергії (АСКОЕ) дозволяє значно підвищити точність отриманої інформації по споживанню електроенергії, та можливість подальшого планування необхідних об'ємів електроенергії. Використання згаданої системи є інструментом для реалізації енергетичного аудиту та менеджменту управління виробництвом.

Використання великих об'ємів електроенергії на виробництво, призводить до неминучих втрат, як в плані нераціонального використання так і при самому транспортуванні, тому для покращення показників використання енергії впроваджуються АСКОЕ. Теоретично це дозволяє отримувати інформацію по таким параметрам [1]: фазні (I_A, I_B, I_C) чи

лінійні (I_{AB}, I_{AC}, I_{BC}) струми; фазні (U_A, U_B, U_C) чи лінійні (U_{AB}, U_{AC}, U_{BC}) напруги; активні потужності фаз (P_A, P_B, P_C); реактивні потужності фаз (Q_A, Q_B, Q_C); повні потужності фаз (S_A, S_B, S_C); кути зсуву фаз ($\varphi_A, \varphi_B, \varphi_C$); частоту f ; встановлене відхилення напруги ΔU_y ; коефіцієнт спотворення синусоїдальності кривої напруги K_U ; Коефіцієнт n -ої гармонічної складової напруги $K_{U(n)}$; коефіцієнти несиметрії напруги по зворотній K_{2U} та нульовій K_{0U} послідовностям та ін. За рахунок достатньо великої кількості параметрів, що підлягають обліку АСКОЕ дозволяє забезпечити контроль, як в технічному так і в комерційному плані.

Як зазначено в [1-4] на підставі отриманої інформації можна проводити:

- Фінансовий облік.
- Керування енергоспоживанням.

- Визначати складові розподілу електроенергії.
- Контролювати технічні складові обліку електроенергії.

На перший погляд зазначені вище показники електричної енергії є достатніми, але як зазначається у відомих дослідженнях [1–3] облік якості електричної енергії в існуючих системах АСКОЕ не ведеться. Для визначення інструментальних можливостей обліку якості електричної енергії необхідно провести аналіз структури сучасних АСКОЕ та існуючої теоретичної бази для визначення якості електричної енергії.

Мета роботи. Визначення структури сучасної АСКОЕ її апаратного забезпечення та його функціональних можливостей.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. В технологічному плані АСКОЕ складається з трьох основних рівнів (рис. 1) [2, 5]:

Вимірювальний рівень – включає в себе трансформатори струму та напруги, лічильники електроенергії, пристрої обліку, з'єднуючі лінії та канали зв'язку.

Комунікаційний рівень – забезпечує надійність передачі даних між вимірювальним рівнем та рівнем обробки і управління без порушень її достовірності. В якості середовища передачі використовуються: телефонні виділені/комутовані канали, радіо канали, GSM канали, оптоволоконні лінії та ін.

Рівень обробки і управління – реалізує збір, збереження, обробку інформації, аналіз, планування та керування використанням електроенергії. На даному рівні здійснюється зв'язок з компанією енергопостачальником, інтеграція з іншими програмно-технічними комплексами автоматизації.

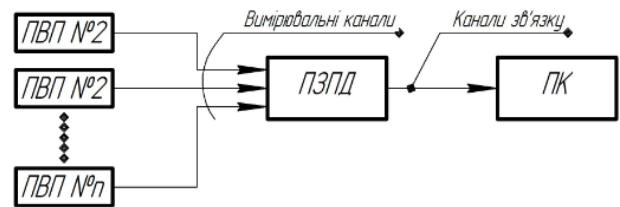


Рисунок 1 – Трирівнева АСКОЕ

В якості прикладу на рисунку 2 наведено блок-схему АСКОЕ з трьома групами лічильників [4]. Перша група – трифазні лічильники активної та реактивної електроенергії NIK 2303 точкою збору даних КС-02-06. Друга група – багатоканальні лічильники VMF II з точкою збору даних – пристрій збору та передачі даних ПЗПД 164-01Б. Третя група – трифазні лічильники активної та реактивної електроенергії Mercury 230 з точкою збору даних – концентратор Mercury 225.11. В основі побудови мережа лічильників, апаратура збору та первинної обробки даних які забезпечують передачу даних в загальну систему та на диспетчерський пункт де інформація оброблюється та передається на верхні рівні.

Розглянемо детальніше основні функціональні властивості кожного із зазначених на (рис. 2.) пристроїв. В якості лічильника електроенергії (рис. 3.) розглянемо вимірювач електричної енергії VMF II [6, 7], принцип роботи оснований на аналого-цифровому перетворенні вхідних сигналів струмів та напруги по кожній з фаз. Мікропроцесор обчислює моментальні та середні значення струму, напруги, частоти, коефіцієнту потужності, активної, реактивної та повної потужності. Виміряні значення можуть бути подані через цифровий інтерфейс для подальшої обробки, аналізу та акумулювання даних.

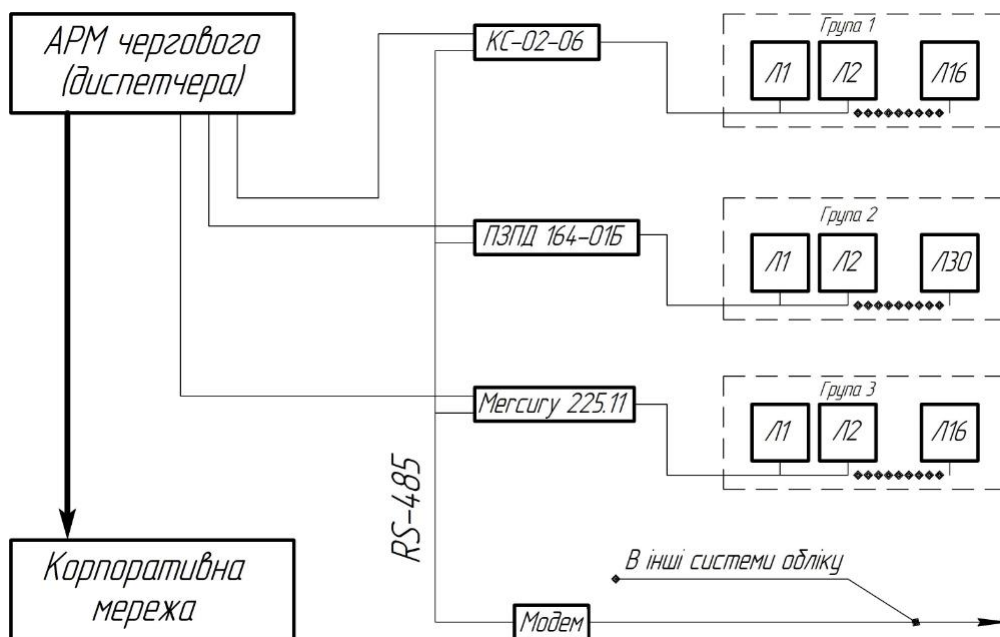


Рисунок 2 – Структурна схема автоматизованої системи комерційного обліку електричної енергії

Вимірювач електроенергії ВМФ II складається з базового комплексу (рис. 3, Блоки 1, 4): Модуль підключення кіл напруги (1); Модуль підключення кіл струму (4). Вимірювач може бути розширений додатковими елементами для збільшення функціональних можливостей, як в частині нарощування кількості вимірювальних ліній так і методів передачі даних (рис. 3, Блоки 2, 3, 5, 6): модуль розширення

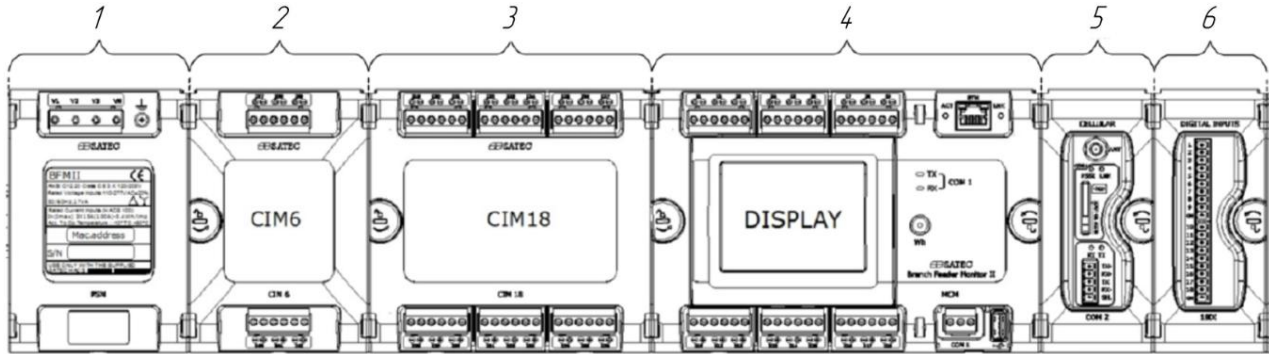


Рисунок 3 – Лічильник ВМФ II

пристрою збору та передачі даних [8] ПЗПД 164-01Б призначено для роботи з лічильниками електроенергії, що мають для передачі даних цифрові інтерфейси RS-485, PLC (англ. Power line communication), радіоканал. ПЗПД 164-01Б виконує наступні функції: збір та обробка даних; реєстрація положення комутаційної апаратури через підключення зовнішньої апаратури; передача накопичених даних.

ПЗПД орієнтовано на використання в складі комплексу АСКОЕ, призначений для промислових та комунально побутових користувачів [8].

Концентратор Mercury 225.11 [9] – на відміну від пристрою збору призначений для організації збору, збереження та передачі даних по силовій мережі PLC електролічильниками «Mercury». Концентратори забезпечують: синхронізацію передачі даних; передачу команд керування лічильникам; підключення додаткових контролерів чи пристроїв передачі даних через додатковий порт RS-485; пряме підключення до ПК через USB порт.

Контролер збору даних КС-02 [10] – призначений для дистанційного збору даних накопичення та передачі даних про використану електричну енергію на сервер оснащений радіо модулем ZigBee. Керування Ethernet, GPRS, консоль комп'ютера. Основними перевагами комутаційного збору даних: бездротовий збір даних; можливість збору даних з мінімальними втратами точності; наявність в блоку енергонезалежного блоку пам'яті для фіксації несанкціонованого доступу; можливість швидкого розширення межі опитування за допомогою комутаційних контролерів.

Комутаційний контролер КК-01 [11] – призначений для передачі даних між лічильниками електроенергії та контролером збору даних, оснащений радіо модулем чи PLC-модемом.

кіл струму на 6 каналів (2); модуль розширення кіл струму на 18 каналів (3); модуль мобільного зв'язку (5); модуль дискретних (аналогових) каналів (6). При зборці усіх блоків ВМФ II може проводити облік 54 однофазних, 27 двофазних чи 18 трифазних ліній, також можливо проводити облік комбінованих типів ліній.

Розрізняють системи АСКОЕ з імпульсним та цифровим типом передачі даних [3]. В системах імпульсного типу лічильники вимірюють активну та інтегровану в часі реактивну потужності в прямому та зворотному напрямках. Приймальний пристрій зазвичай інтегрований до лічильника і кількість електроенергії вимірюють опорним лічильником, в кількість імпульсів. Перевага даного типу АСКОЕ в передачі інформації в реальному часі, що дозволяє їх використовувати як в комерційному плані так і для контролю. Недоліком є неможливість контролю частоти мережі, рівня напруги, сили електричного струму та ін. через передачу інформації у вигляді інтегральних даних. В системах цифрового типу параметри визначаються та зберігаються в самих електронних лічильниках. Прилад обліку займається зчитуванням даних з первинної бази даних лічильників через канали зв'язку та передачу даних на вищі рівні. Основною перевагою є висока точність отриманих даних. Недолік даних АСКОЕ в порівняно невисокій швидкості обміну інформації за рахунок необхідності синхронізації. Системи останнього типу набувають більшого розповсюдження зважаючи на тотальну інформатизацію діяльності суспільства та зростання швидкості виконання обчислювальних процесів.

При цьому розрізняють методи організації АСКОЕ [12]:

- Організація з проведенням опиту лічильників (ручний збір даних). Є найбільш простим варіантом АСКОЕ, при якому відсутній прямий зв'язок між центром збору даних та лічильниками. Збір даних з лічильників відбувається під час обходу оператором, а дані зберігаються на переносному комп'ютері.
- Організація з проведенням опиту лічильників переносним комп'ютером через перетворювач інте-

рфейсів чи модем. Лічильники об'єднуються шиною та підключаються до ПЗПД які не мають зв'язку з центром збору даних і виконують роль серверів. Збір даних проводиться підключенням переносного комп'ютера та загрузкою бази даних.

– Організація автоматичного опиту лічильників локальним центром збору та обробки даних. Центр збору даних напряму з'єднаний з ПЗПД й опитування відбуваються автоматично, згідно заданому розкладу обліку. Центр збору даних виконує одночасно і ведення бази даних і обробку даних.

– Багаторівнева система для територіального розподілу та великого підприємства. Система з двома підрівнями збору даних. Перший рівень збору даних може складатися як з автоматичного так і ручного типів збору даних, основна задача збереження даних та проведення обробки даних технічного плану. Другий рівень збору даних проводить додаткову обробку даних отриманих з Першого рівня, в комерційному плані.

Система АСКОЕ окрім технічного обладнання також має програмне, для обробки та відтворення

отриманої з лічильників інформації з якою надалі працює диспетчер, через спеціалізований програмний інтерфейс, існують різні методи для його побудови в залежності від вимог підприємства та обладнання використовуваного на ньому, але більшість програм має декілька основних елементів. Розглянемо наприклад структуру вікна, яке надається диспетчеру в програмному комплексі «ІОЛЛА» [13] (рис. 4.). Умовно її можна розділити на наступні частини:

- 1) Стан комутаційного обладнання;
- 2) Показники струму на точці обліку;
- 3) Вікно детальної інформації по енергетичним показникам точки обліку;
- 4) Панель відображення подій, що відбулись на точках обліку.

Диспетчерське вікно застосовується для оперативного керування об'єктом, через отриману інформацію яка відбивається відображенням показників в точці обліку. Відкривши вікно для відображення детальної інформації можливо отримати більш повну картину.

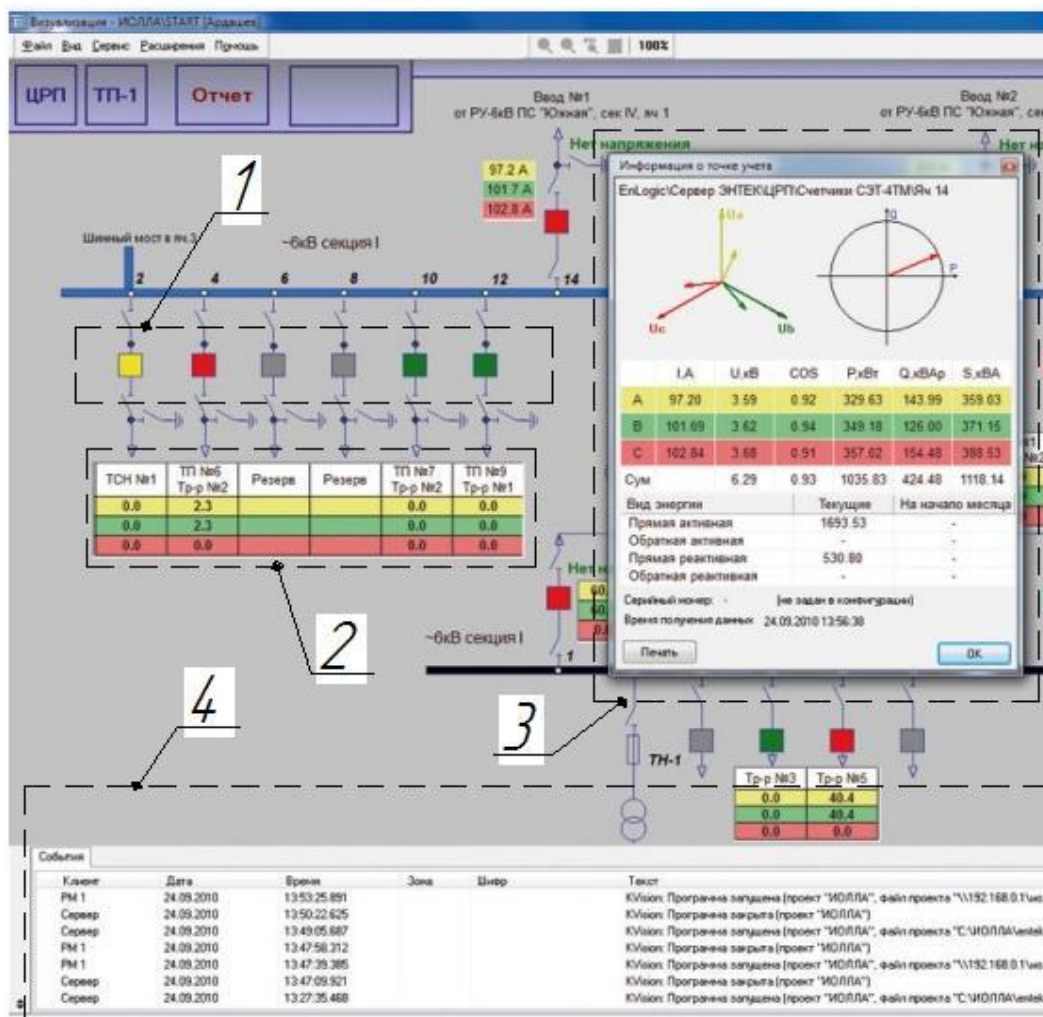


Рисунок 4 – Приклад візуалізації інформації диспетчера системи АСКОЕ

Основними показниками електроенергії, що відображаються в детальному вікні інформації є: фазові струми (I_A, I_B, I_C) та напруги (U_A, U_B, U_C); потужності активні (P_A, P_B, P_C) реактивні (Q_A, Q_B, Q_C) повні (S_A, S_B, S_C); кути зсуву фаз (ϕ_A, ϕ_B, ϕ_C), пряма та зворотна активна (P^+, P^-) реактивна (Q^+, Q^-) потужності.

З позиції контролю якості електричної енергії зазначених показників недостатньо. В сучасній електроенергетиці складові потужності які рекомендують до вимірювання регламентовані стандартом IEEE 1459-2010 [14] табл. 1. Показники, які підлягають обліку в сучасних системах АСКОЕ виділені в таблиці сірим кольором.

Таблиця 1 – Рекомендовані для розрахунку величини для трифазних систем несинусоїдальним струмом та напругою

Показник	Загальний	Фундаментальний	Не фундаментальний
Повна потужність (ВА)	S_e	S_{e1}, S_1^+, S_{IU}	S_{eN}, S_{eH}
Активна потужність (Вт)	P	P_1^+	P_H
Не активна потужність (Вар)	N	Q_1^+	D_{e1}, D_{eV}, D_{eH}
Коефіцієнт потужності	$PF = P/S_e$	$PF_1^+ = P_1^+/S_1^+$	—
Коефіцієнт спотворення гармонік	—	—	S_{eN}/S_{e1}
Коефіцієнт дисбалансу навантаження	—	S_{IU}/S_1^+	—

ВИСНОВКИ. В результаті аналізу структури сучасних систем АСКОЕ встановлено декілька способів організації зв'язку лічильників електричної енергії та автоматизованого робочого місця диспетчера. Серед імпульсних та цифрових систем АСКОЕ, зважаючи на бурхливу інформатизацію діяльності суспільства відзначено перспективність останніх. Для великих промислових підприємств раціональною є дворівнева система збору даних яка залежить від структури підприємства. Візуалізація інформації диспетчера може бути розширена з урахуванням існуючих стандартів по визначенню показників потужності трифазних електричних систем з несинусоїдальними напругою та струмом.

ЛІТЕРАТУРА

- Бедерак Я. С. Дегтярев А. В. Применение АСУЭ на промышленных предприятиях для решения задач энергосбережения. *Энергосбережение энергетика энергоаудит*. Київ, 2010. № 75. С. 28–35.
- Автоматизированная система коммерческого и технического учета Electro, ТОВ «Електротехнічна компанія» ЕКНІС-Україна, Київ, 2007. 15 с.
- Коцар О. В. Автоматизовані системи, контролю обліку та управління енерговикористанням. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Дніпро: Середняк Т. К., 2017, 44 с.
- Черемісін М. М., Зубко В. М. Автоматизація обліку та управління електроспоживанням. Харків, «Факт», 2005, 189 с.
- Святний В. А., Мірошкін О. М., Гриша В. В. Реалізація систем зв'язку з системою АСКОЕ через GSM мережу, *Механіко-технологічні системи та комплекси* Харків, 2017, № 19. С. 67–71.
- Каталог продукции, SATEC, 2016, 24 с.
- Счётчики электрической энергии ВМФ II, Руководство по эксплуатации АЦБ.411100.003РЭ, ООО «ПЛЦ АС», <https://satec-global.ru/bfm-ii/> (дата звернення 01.02.2020)
- Устройство сбора передачи данных УСПД 164-01Б, Руководство по эксплуатации ЦЛФИ.411734.004РЭ, ООО «Фанипольский завод измерительных приборов «Энергомера», <https://shop.energomera.kharkov.ua/uspd164-01b> (дата звернення 21.01.2020)
- Концентратор (базовый модем) «Меркурий-225.1», Паспорт АЛВГ 699.00.00. ПС, ООО «Фирма ИНКО-ТЕКС», <https://www.incotexcom.ru/catalogue/m225#files> (дата звернення 05.02.2020)
- Система беспроводного опроса счетчиков электроэнергии в бытовом секторе, http://electroline.com.ua/ru/elektroschetchiki_tm_nik/produkcija/sistema_askue.html (дата звернення 20.01.2020)
- Каталог продукции, НИК, 2019, 34 с.
- Организация и строение АСКУЭ, https://studbooks.net/1824138/matematika_himiya_fizika/organizatsiya_stroenie_askue (дата звернення 02.02.2020)
- Создание АСДУ объектов системы электро-снабжения промышленного предприятия, <https://isup.ru/articles/18/2517/> (дата звернення 03.02.2020)
- IEEE Standart definition for the Measurement of Electric Power Quantities Under Sinusoidal, Nonsinusoidal, Balanced, or Unbalanced Conditions., New York 2010, 52p.

ANALYSIS OF AUTOMATED SYSTEM STRUCTURE FOR CONTROLLING AND METERING THE ELECTRIC ENERGY, PRIMARY DATA COLLECTION AND PROCESSING DEVICES

O. Todorov, O. Bialobrzheskyi

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: olehtodorov@gmail.com

Purpose. The introduction of an automated system for controlling and metering the electrical energy (ASCME) can significantly improve the information-received accuracy of electricity consumption and the further planning of a required electricity volumes. The use of this system is a tool for the energy audit and production management implementation. In modern structures, information can be estimated by the following parameters: phase or linear currents; phase or linear voltages; active power; reactive power; apparent power; phase shift angles; frequency ; voltage deviation; voltage total harmonic distortion; coefficient of the n-th voltage harmonic component; voltage asymmetry coefficients in reverse and zero sequences. At first glance, the above indicators of electric energy are sufficient, but as noted in well-known studies, electric energy quality is not taken into account in these systems. Structure definition of modern ASCME, its hardware and its functionality is considered a purpose. **Methodology** Based on a comparative analysis, it has been established. The system does not have clear restrictions on the necessary equipment used, due to the dependence on the enterprise structure, its area and technological process. The structure of such system has various implementation methods, both technical and organizational. It is noted that any automated monitoring and accounting system of electrical energy is divided into measuring and communication level as well as processing and control level. Any automated monitoring and accounting system of electricity includes software that provides information visual perception by dispatcher. **Findings.** Based on structural analysis of a typical dispatch program interface, a certain number of indicators characterizing electrical energy, which is insufficient, are noted. **Originality.** Dispatcher information visualization can be expanded taking into account existing standards for determining power indicators of three-phase electrical systems with non-sinusoidal voltage and current. **Practical value.** Monitoring and accounting for the electric energy quality motivates to search the ways to reduce low-quality energy.

Key words: counter, system, information, electric energy quality, ASCME.

REFERENCES

1. Bederak, Ya. S., Degtyarev, A. V. (2010), "Application of automated energy management systems at industrial enterprises for solving problems of energy conservation", *Energy conservation energy analyst energy audit*, Kiev, №75, pp. 28-35
2. Automated system of commercial and technical accounting Electro, TOV "Electrotechnical company" EKNIS-Ukraine, Kiev, 2007, 15 p.
3. Kotsar, O. V., Serednyak, T. K. (2017), Automation of the system, control of the region and management of energy, Kiev, 44 p.
4. Cheremisin, M. M., Zubko, V. M. (2005) Automation of metering and control of power consumption, Kharkiv, "Fact", 189 p.
5. Svyatny, V. A., Miroshkin, O. M., Grisha, V. V. (2017), "Realization of sound systems with ASKME system via GSM measure", *Mechanical-technological systems and complexes*, Kharkiv, no. 19, pp. 67-71.
6. Product Catalog, SATEC, 2016, 24 p.
7. BMF II Electricity Meters (2020), "Operation Manual ACB.411100.003RE, LLC "PLC AS", <https://satec-global.ru/bfm-ii/> (accessed 01/02/2020)
8. Data collection device USPD 164-01B (2020), "Operation manual CLFI.411734.004RE, LLC "Fanipol plant of measuring instruments "Energomera", <https://shop.energomera.kharkov.ua/uspd164-01b> (accessed 21/01/2020)
9. "Concentrator (base modem) "Mercury-225.1", ALVG Passport 699.00.00. PS, LLC "Firm INCOTEKS", <https://www.incotexcom.ru/catalogue/m225#files> (accessed 05/02/2020)
10. "System of wireless interrogation of electricity meters in the household sector" (2020) http://electroline.com/en/elektroschetchiki_tm_nik/production/sistema_askue.html (accessed 20/01/2020)
11. Product Catalog, NIK, 2019, 34 p.
12. "Organization and structure of ASKME" (2020), https://studbooks.net/1824138/matematika_himiya_fizika/organizatsiya_stroenie_askue (accessed 02/02/2020)
13. "Creation of ADS objects of the system of electric supply of the industrial enterprise" (2020), <https://isup.ru/articles/18/2517/> (accessed 03/02/2020)
14. IEEE Standard Definition for the Measurement of Electric Power Quantities Under Sinusoidal, Nonsinusoidal, Balanced, or Unbalanced Conditions., New York 2010, 52 p.

Стаття надійшла 03.01.2020.