

УДК 621.313.333

doi:10.20998/2413-4295.2017.23.21

РОЗРОБКА КОНЦЕПЦІЇ БАГАТОПАРАМЕТРИЧНОГО ТА БЕЗПЕРЕРВНОГО КОНТРОЛЮ І УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯМ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ

І. В. ХОМЕНКО*, І. О. ОМЕЛЬЧЕНКО, І. В. СТАСЮК

Кафедра «Передача електричної енергії», НТУ «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, УКРАЇНА
*email: igor.v.khomenko@gmail.com

АНОТАЦІЯ Розглянуто питання реалізації ефективних засобів контролю і управління параметрами електричної мережі та її основних елементів. Розробка базується на широкому використанні математичного моделювання електромагнітних процесів, засобів вимірювальної техніки, оптимізації і керування режимами електричних мереж в режимі реального часу. Основними результатами роботи є теоретична та практична розробка інформаційно-керуючої системи «Спектр» комплексного контролю параметрів електричних мереж та її основних елементів в процесі експлуатації.

Ключові слова: інформаційно керуюча система; багатопараметричний контроль; вимірювальний модуль; розрахунковий модуль; модуль управління; канали передачі даних gsm/gprs; індикатор параметрів енергоспоживання.

DEVELOPMENT OF THE CONCEPT OF MULTI AND CONTINUOUS MONITORING AND CONTROL OF ENERGY CONSUMPTION IN ELECTRIC NETWORKS

I. KHOMENKO, I. OMELCHENKO, I. STASIUK

Department "electricity transmission", NTU "Kharkov Polytechnic Institute", Kharkov, UKRAINE

ABSTRACT The article shows the urgency of the development of an operational information management system that performs continuous multi-parameter monitoring of the parameters of the electrical network and its modes in real time. The functions and the concept of constructing this system are considered. The structure of the operational system is presented, consisting of three modules: measuring, calculation and control. The measurement module provides measurement, collection, accumulation, processing, display and storage of information about the parameters of the electric network mode. The calculation module performs: calculation and analysis (modeling) of parameters of individual EM elements; Calculation and analysis (modeling) of normal EM modes, calculation of electric energy costs; Optimization of the mode and condition of the electrical network. The control module implements: the optimal composition of power equipment and electrical installations; Optimal structure of the electric network; Power management; Optimal control of the electric network mode by n , U і Q . The main measuring parameters of the electric network modes are determined. The issue of information support and data transfer between these modules is considered. The modern methods of data transmission are analyzed. The creation of a data transfer system from the measuring device to the data collection server of the operational system "Spectrum" in the online mode using a wireless GSM / GPRS communication channel, as cost-effective, reliable and high-speed. The main technical means and variants of the specific implementation of the information and control system "Spectrum" are given. The main results of the development are the theoretical and practical foundations for constructing a system for integrated monitoring of energy consumption parameters during operation.

Keywords: information management system; multiparameter control; measuring module; calculation module; control module; data transmission channels gsm/gprs; energy consumption indicator.

Вступ

Впровадження ринкових відносин в енергетику України потребує вирішення проблеми якісного, надійного і ефективного енергоспоживання. Вирішення цього питання неможливе без розробки ефективних заходів контролю основних параметрів електричної мережі та її об'єктів (рис. 1). Проблема загострюється суттєвим старінням енергетичного обладнання, великими витратами на його ремонт, жорсткими умовами енергоринку України. Все це робить актуальним розробку і впровадження засобів контролю і діагностики електроенергетичного обладнання та їх режимів експлуатації [1].

На сьогодні розроблено багато спеціальних систем і приладів діагностики, контролю та управління в енергосистемах. Це і системи АСДУ, АСКОЕ, різноманітні методи і пристрої контролю якості електричної енергії (ЕЕ), діагностика окремих параметрів об'єктів енергетики. Деякі з них відрізняються своєю багатфункціональністю і ефективністю, але мають велику вартість, інші не зовсім технологічні [2].

Впровадження таких технологій дасть змогу ефективно керувати енергоспоживанням, зберігати електроенергію і енергетичне обладнання. Поставлені завдання можуть бути вирішені за допомогою широкого використання математичних методів обробки статистичного матеріалу та впровадження

нових технологічних рішень [3]. Розробки мають на меті теоретичні та експериментальні дослідження в теорії електричних кіл та електричних машин. Кінцевим результатом роботи повинна стати розробка ефективної і технологічної системи контролю стану електричної мережі та управління її параметрами режиму. Питання практичної реалізації базуються на використанні ефективних засобів вимірювальної техніки з використанням мікропроцесорних пристроїв [4].

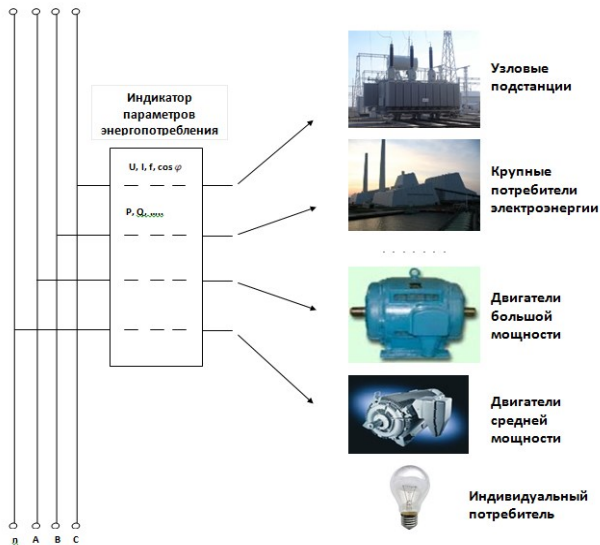


Рис. 1 - Контроль параметров электрической сети та її об'єктів

Основна частина

Оперативна інформаційно-керуюча система «Спектр» створюється для багато параметричного контролю та управління станом електричної розподільчої мережі. Стан електричної розподільчої мережі повністю визначається співвідношенням параметрів режиму (ПР) та параметрами цієї електричної мережі (ПЕМ) [5]. Вимірювання та визначення ПР і ПЕМ виконується у режимі реального часу. Контрольованими параметрами режиму є:

- фазні і лінійні струми та напруги;
- $\cos\phi$;
- частота;
- активні та реактивні потужності електричної мережі;
- активні та реактивні потоки енергії електричної мережі;
- гармонійні складові електричного струму та напруги.

Контрольованими параметрами електричної мережі є активні та реактивні провідності (опори) повздовжніх та поперечних елементів.

Інформаційно-керуюча система «Спектр» складається з трьох модулів: вимірювального, розрахункового і модуля керування (рис.2).

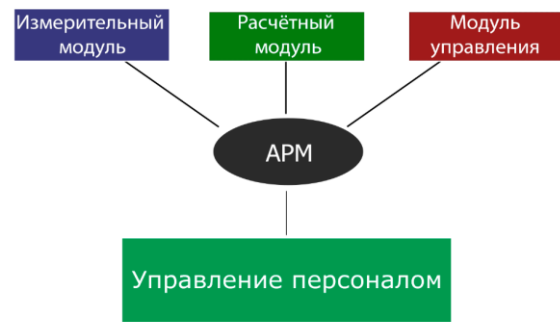


Рис. 2 - Информационно-керуюча система «Спектр»

Модуль вимірювання забезпечує вимірювання, збір, накопичення, обробку, відображення, та збереження інформації про параметри режиму електричної мережі. Цей модуль може складатися з елементів деяких автоматизованих систем, таких як: ЛОСОД, АСКУЕ, EMS, УУП та інші [6].

Модуль розрахунку виконує: розрахунок і аналіз (моделювання) параметрів окремих елементів ЕМ; розрахунок і аналіз (моделювання) нормальних режимів ЕМ, розрахунок витрат електричної енергії; оптимізацію режиму та стану електричної мережі.

Розрахунковий модуль може складатися зі стандартних програмно - розрахункових комплексів (РАСТР, МУСТАНГ, ДАКАР, АНАРЕС, КОСМОС, EUROSTAG, PSS/E) та спеціальних програмних комплексів (програмний комплекс «Режим»)[7].

Розрахунковий модуль визначає заходи, що до підвищення надійності та ефективності роботи розподільчої електричної мережі та її окремих елементів.

Модуль керування реалізує: оптимальний склад енергетичного обладнання та електроустановок; оптимальну структуру електричної мережі; управління електроспоживанням; оптимальне керування режимом електричної мережі по n , U і Q .

Модуль керування може бути побудований на базі добре відомих автоматизованих систем, таких як: АСДУ, SCADA, АСУТП ПС та інші [8].

В якості первинних джерел інформації можуть використовуватися спеціально розроблені індикатори параметрів енергоспоживання (ІПЕ) [4], або різноманітні засоби контролю потоків електроенергії, зокрема сучасні лічильники електроенергії [9].

Оперативна система «Спектр» передбачає ряд заходів по управлінню персоналом. В першу чергу ці заходи стосуються питання професійної підготовки і перепідготовки електротехнічного персоналу. Розробляються і впроваджуються спеціалізовані текстові програми, тренажери, активні методи навчання [10].

Ефективність роботи інформаційно-керуючої системи суттєво залежить від впровадження сучасних інформаційних технологій, за допомогою яких здійснюється функціонування і зв'язок між її окремими модулями [11].

Розглянемо створення системи передачі даних від вимірювального пристрою із сервером збору даних оперативної системи «Спектр» в режимі онлайн за допомогою бездротового GSM/GPRS каналу зв'язку, як економічно вигідного, надійного і швидкісного. Реалізація системи схематично показана на (рис. 3).

Інформація з пристроїв надходить в локальний центр - концентратор, в пам'яті якого вона зберігається у вигляді масивів даних.

При використанні бездротової технології GSM дані можуть передаватися трьома основними способами: за допомогою служби коротких повідомлень SMS, по голосовому каналу GSM і з використанням пакетної передачі даних GPRS. Служба SMS для передачі масивів даних підходить найменше. За допомогою SMS-повідомлень доцільно передавати команди або службову інформацію малого обсягу. Ця служба можна використовувати для передачі тривожних повідомлень про нештатні ситуації в енергомережі.

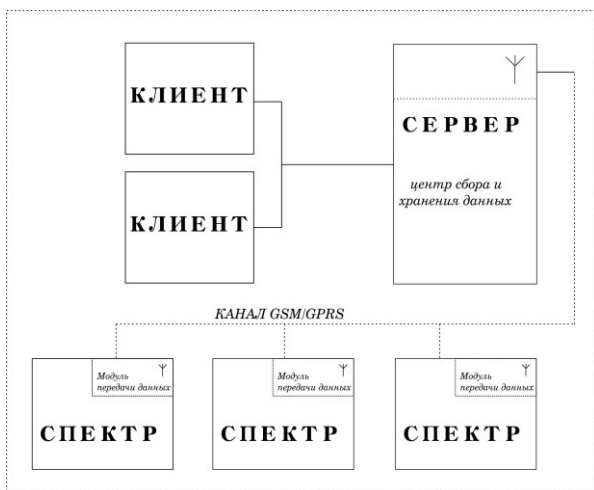


Рис. 3 - Реалізація каналів GSM/GPRS в бездротових системах збору та передачі інформації

Високошвидкісну передачу даних з комутацією каналів HSCSD (High Speed Circuit Switched Data) недоцільно використовувати виходячи з економічних міркувань. Також час передачі 20 Кбіт інформації приблизно 2 с, а час організації сеансу може варіюватися від 2 до 16 с.

Технологія GPRS оптимальна для застосування в системі моніторингу параметрів мережі. Головною її особливістю є можливість постійного підключення до мережі, тобто наявність активного віртуального каналу зв'язку. Реальний (фізичний) радіоканал надається на час передачі пакета даних і тому тарифікація відбувається тільки за трафік, а не за весь час сеансу зв'язку. В результаті істотно знижується вартість передачі мегабайта інформації. Максимально можлива швидкість обміну даними за допомогою

технології GPRS теоретично може досягати 170 Кбіт/с.

Як пристрій передачі даних доцільно використовувати модеми, вбудовані модулі, з точки зору вартості, ефективності і надійності роботи, а також стійкості до несприятливих впливів навколишнього середовища (висока температура, вологість, тощо).

Вбудований модуль GSM/GPRS - це безкорпусний елемент (ОЕМ-модуль), для функціонування якого необхідні засоби електроживлення цифрового і радіочастотного блоків, інтерфейси для зв'язку з зовнішніми пристроями, корпус, антена і т. д. Основна перевага вбудованого модуля полягає в можливості його інтеграції в індикатор параметрів енергоспоживання (ІПЕ) трифазних ланцюгів змінного струму «Спектр». Це дозволяє уникнути появи зайвих корпусів на пристрої, проте на платі пристрою «Спектр» необхідно розмістити додаткові схемотехнічні компоненти, що забезпечують працездатність модуля.

Модулі різних фірм-виробників схожі за своїми архітектурними і функціональними можливостям, але відрізняються один від одного за способом підключення. Поряд з базовою функцією реалізації каналу передачі даних за технологіями GSM і GPRS модуль, як правило, надає більш широкі можливості. По суті такі модулі є керуючими контролерами. Настільки широка функціональність досягається завдяки відкритості архітектури модулів і надання виробниками спеціалізованих програмних і апаратних засобів розробки, завантаження і налагодження власних програм. Цьому сприяє і наявність в модулях широкого набору інтерфейсів: практично всі вони мають один або кілька послідовних інтерфейсів UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter), SPI (Serial Peripheral Interface), I2C (Inter-Integrated Circuit) і USB (Universal Serial Bus). Додаткові можливості для вирішення тих чи інших завдань в рамках програм реалізуються за допомогою різноманітних ліній введення-виведення загального призначення, каналів АЦП і ЦАП [12].

Крім способу підключення і різноманітності інтерфейсів, модулі відрізняються діапазонами робочих температур. Деякі виробники гарантують роботу своїх виробів при температурах від -40 °С до +85 °С, більшість же обмежується діапазоном від -20 °С до +60 °С. Стандартний діапазон живлячих напруг модулів - від 3 до 4,5 В.

Завдання реалізації каналу GPRS значно спрощується, якщо модуль має вбудований стек TCP/IP, який дозволяє за допомогою декількох АТ-команд організувати канал передачі даних за технологією GPRS.

Для підключення до пристрою «Спектр» більшість моделей терміналів GSM/GPRS обладнані стандартним інтерфейсом RS-232, є моделі, забезпечені USB-інтерфейсом.

Технологія пакетної передачі GPRS використовує в якості механізму доставки пакетів даних по протоколу TCP/IP, в разі застосування якого кожному з пристроїв мережі присвоюється унікальна IP-адреса. Існує два види IP-адреси: статична і динамічна. Статична IP-адреса може надаватися або інтернет-провайдером, або оператором стільникової мережі. Найбільш простий спосіб отримання статичних IP-адрес - звернутися до інтернет-провайдера. Динамічну IP-адресу видає оператор при приєднанні до мережі GPRS і тільки на час сеансу зв'язку. Якщо з яких-небудь причин сеанс перервався, то при повторному приєднанні пристрій, що не має статичної IP-адреси, отримує новий динамічний, відмінний від попереднього. Необхідно згадати той факт, що якщо пристрій, в тому числі модем GSM/GPRS, авторизувався в мережі і отримав динамічну IP-адресу, то для підтримки віртуального GPRS-каналу в активному стані потрібно через певні часові інтервали передавати сигнальні пакети на будь-яку відому IP-адресу.

Найбільш поширений варіант виділення IP-адреси серверу і концентраторам мереж пристрою - наявність у сервера статичної IP-адреси, а у модулів - динамічної. Причому статичну IP-адресу виділяє сервер інтернет-провайдера при підключенні сервера до Інтернету по виділеному каналу доступу.

При такій організації системи можливі два сценарії встановлення з'єднання між пристроями з метою передачі даних. Якщо з'єднання ініціює концентратор, то він організовує GPRS-сеанс з інфраструктурою стільникового оператора, отримує від нього динамічну IP-адресу і встановлює TCP/IP-з'єднання з сервером (якщо «знає» його статичну IP-адресу). Останній повинен бути налаштований на прийом (і обробку) запитів на з'єднання по виділеному каналу доступу в Інтернет. Під час отримання запиту на з'єднання від концентратора його динамічна IP-адреса стане «відомою» серверу (в IP-заголовку пакета з'єднання інформація про адресу відправника), що зробить можливим двосторонній обмін інформацією.

Якщо ж ініціатором зв'язку є сервер, то він додзвонюється до віддаленого модему по голосовому каналу GSM або надсилає SMS-повідомлення на його номер. Концентратор сприймає вхідний дзвінок (або SMS-повідомлення) з відомого номера як команду на встановлення з'єднання з сервером і далі діє так, як було описано раніше. Мінімальна вимога при організації з'єднання з сервером є «знання» концентратором статичної IP-адреси. Якщо ж концентратор не «знає» цю адресу, то його можна повідомити по голосовому каналу GSM або за допомогою служби SMS.

При необхідності організувати зв'язок з концентратором, який має статичну IP-адресу, сервер звертається до нього за цією адресою, встановлюючи GPRS-з'єднання. Для цього модеми GSM/GPRS концентратора повинні бути налаштовані на прийом (і

обробку) запитів на з'єднання по каналу TCP/IP. Такий спосіб організації каналу передачі даних можливий, однак на практиці майже не зустрічається через складність отримання статичних IP-адрес у стільникових операторів для всіх віддалених пристроїв системи.

Існуючі на ринку апаратні засоби, їх доступність і простота використання дозволяють ефективно вирішувати завдання по реалізації каналів GSM і GPRS в бездротових системах збору та передачі інформації. Для цього досить представляти процеси передачі інформації в мережах GSM/GPRS і способи конфігурації модемів GSM/GPRS за допомогою АТ-команд [13].

Конкретний варіант реалізації оперативної системи так її технічні засоби представлені на (рис.4).

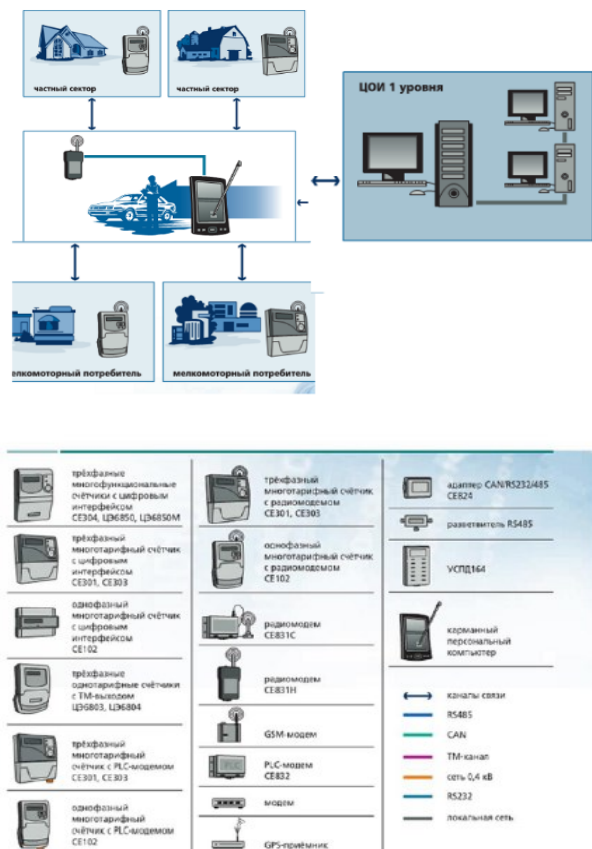


Рис.4 - Схема реалізації і технічні засоби оперативної системи

Висновки

Таким чином, розглянута концепція побудови інформаційно-керуючої системи, розглянуті її основні функції і можливості. Розроблено питання інформаційного забезпечення роботи окремих модулів оперативної системи.

Список літератури

1. **Авраменко, А. В.** Методики і програмні засоби для забезпечення автоматичного та диспетчерського керування електроенергетичними системами / **В. А. Авраменко, В. О. Крилов, В. Л. Прихно** // *Праці Інституту електродинаміки НАНУ*. – 2010. – Вип. 26. – С. 31-37.
2. Анализатор напряжений и токов в электрических сетях «АНТЭС АК-3Ф». Паспорт и руководство по эксплуатации 411187.001 РЭ. // ООО «АНТЭС АК», 2004. - 23 с.
3. European Smart Grids Technology Platform // European Commission. Directorate-General for Research Sustainable Energy System, EUR 22040. - 2006. - 44 . - doi:10.1177/095574909400600106.
4. **Хоменко, І. В.** Розробка і впровадження індикатора параметрів енергоспоживання в розподільчих електричних мережах / **І. В. Хоменко** // *Вісник НТУ«ХПІ»*. Серія: *Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів. Теорія і практика*. – Х.: НТУ«ХПІ». – 2015. – №42 (1151). – С. 67-70.
5. **Аюев, Б. И.** Анализ эффективности вычислительных моделей расчета установившихся режимов электрических систем / **Б. И. Аюев, В. В. Давыдов, В.Г. Неуймин** // *Электричество*. – 2008. – № 8. – С. 2-14.
6. **Вошинский, Ю. К.** Стан впровадження автоматизованих систем обліку електроенергії в магістральних і міждержавних мережах України. / **Ю. К. Вошинський** // *Енергетичні ринки: перехід до нової моделі ринку двосторонніх контрактів і балансууючого ринку: спеціальний випуск збірника наукових праць Інституту електродинаміки НАН України*. – 2009. – С. 22-30.
7. **Кириленко, А. В.** Оптимизация режимов энергосистем в условиях рынка электроэнергии / **А. В. Кириленко, В. Л. Прихно** // *Енергетичні ринки: перехід до нової моделі ринку двосторонніх контрактів і балансууючого ринку: спеціальний випуск збірника наукових праць Інституту електродинаміки НАН України*. – 2009. – С. 3-10.
8. **Кириленко, О. В.** Ієрархічний оперативно-керуючий комплекс автоматизованої системи диспетчерського керування / **О. В. Кириленко, Б. С. Стогній, В. Л. Прихно** // *Збірник наукових праць Інституту електродинаміки НАН України*. – 2008. – Вип. 20. – № 2.
9. **Тубинис, В.** Как выбрать электросчетчик / **В. Тубинис** // *Новости электротехники*. – 2005. – № 5.
10. **Хоменко, І. В.** Методика игрового обучения и тестирования для электроэнергетиков / **І. В. Хоменко** // *Енергосбережение. Энергетика. Энергоаудит*. – 2009. – №12.
11. **Chakraborty, A.** Control and Optimization Methods for Electric Smart Grids / **A. Chakraborty, M. D. Plic** – Springer, N.Y., 2012 – 363 pp. – doi:10.1007/978-1-4614-1605-0.
12. **Baran, M.E.** Load estimation for load monitoring at distribution substations / **M.E. Baran, L.A.A. Freeman, F.Hanson, V. Ayers** // *IEEE Transactions on Power Systems*. – 2005 – V. 20. – № 1. – P. 164–170. – doi:10.1109/PES.2005.1489653.

13. **Федоров В.** Стандарты обмена данными в электроэнергетике / **В. Федоров**. – Открытые системы. – № 9. – 2005.

Bibliography (transliterated)

1. **Avramenko, A. V., Krylov, V. L., Pryhno, V. L.** Methods and software for the automatic and supervisory control of electric power systems. Proceedings of the Institute of Electrodynamics National Academy of Sciences, 2010, Vol. 26, P. 31-37.
2. Analyzer of voltages and currents in electric networks "ANTES AK-3F". Passport and user manual 411187.001 РЭ. // LLC "ANTES AK", 2004, 23 p.
3. European Smart Grids Technology Platform // European Commission. Directorate-General for Research Sustainable Energy System, EUR 22040, 2006, 44 p, doi:10.1177/095574909400600106.
4. **Khomenko, I. V.** Development and implementation of indicator parameters in energy distribution grid. *Vestnik NTU "KhPI". Series: Issues of improvement of electrical machinery and apparatus. Theory and Practice*. – Kharkov: NTU "KhPI", 2015, №42 (1151), P. 67-70.
5. **Ayuyev, B. I., Davydov, V. V., Neumin, V. G.** Analysis of the efficiency of computational models for calculating the steady-state regimes of electrical systems. *Electricity*, 2008, No. 8, P. 2-14.
6. **Voshinsky, Y. K.** Status of the automated systems of electricity transmission and interstate networks of Ukraine. *Energy Markets: the transition to a new model of bilateral market contracts and balancing market: a special edition collection of scientific works of the Institute of Electrodynamics of NAS of Ukraine*, K, 2009, P. 22-30.
7. **Kirilenko, A. V., Prikhno, A. V.** Optimization of power system modes in the electricity market conditions. *Energy Markets: the transition to a new model of bilateral market contracts and balancing market: a special edition collection of scientific works of the Institute of Electrodynamics of NAS of Ukraine*, K, 2009, P. 3-10.
8. **Kirilenko, A. V., Stogniy, B. S., Prykhno, V. L.** hierarchical operational and control complex automated system of dispatching. *Proceedings of the Institute of Electrodynamics of NAS of Ukraine*, 2008, Vol. 20, 2.
9. **Tubinis, V.** How to choose an electricity meter. *News of electrical engineering*, 2005, № 5.
10. **Khomenko, I. V.** The Methodology of Game Learning and Testing for Power Industry. *Energy Saving. Power engineering. Energy audit*, Kharkov, 2009, № 12.
11. **Chakraborty, A., Plic, M. D.** Control and Optimization Methods for Electric Smart Grids, Springer, N.Y., 2012, 363, doi:10.1007/978-1-4614-1605-0.
12. **Baran, M.E., Freeman, L. A. A., Hanson, F., Ayers, V.** Load estimation for load monitoring at distribution substations. *IEEE Transactions on Power Systems*, 2005, V. 20, № 1, 164–170, doi:10.1109/PES.2005.1489653.
13. **Fedorov, V.** Standards of data exchange in the electric power industry. *Open systems*, № 9, 2005.

Сведения об авторах (About authors)

Хоменко Ігор Васильович – кандидат технічних наук, доцент, кафедра «Передача електричної енергії», НТУ "Харківський політехнічний інститут", м. Харків, Україна; e-mail: igor.v.khomenko@gmail.com.

Igor Khomenko – candidate of technical sciences, associate professor, Department "electricity transmission", NTU "Kharkov Polytechnic Institute", Kharkov, Ukraine; e-mail: igor.v.khomenko@gmail.com.

Омельченко Игор Олегович – магістр, кафедра «Передача електричної енергії», НТУ "Харківський політехнічний інститут", м. Харків, Україна; e-mail: omelchenko@gmail.com.

Igor Omelchenko – master, Department "electricity transmission", NTU "Kharkov Polytechnic Institute", Kharkov, Ukraine; e-mail: omelchenko@gmail.com.

Стасюк Іван Володимирович – аспірант, кафедра «Передача електричної енергії», НТУ "Харківський політехнічний інститут", м. Харків, Україна; e-mail: brokeyourbike@gmail.com.

Ivan Stasiuk – graduate student, Department "electricity transmission", NTU "Kharkov Polytechnic Institute", Kharkov, Ukraine; e-mail: brokeyourbike@gmail.com.

Будь ласка, посилайтесь на цю статтю наступним чином:

Хоменко, І. В. Розробка концепції багатопараметричного та безперервного контролю і управління енергоспоживанням в електричних мережах / **І. В. Хоменко, І. О. Омельченко, І. В. Стасюк** // *Вісник НТУ «ХПІ», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях.* – Харків: НТУ «ХПІ». – 2017. – № 23 (1245). – С. 131-136. – doi:10.20998/2413-4295.2017.23.21.

Please cite this article as:

Khomenko, I., Omelchenko, I., Stasiuk, I. Development of the concept of multi and continuous monitoring and control of energy consumption in electric networks. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies.* – Kharkov: NTU "KhPI", 2017, **23** (1245), 131–136, doi:10.20998/2413-4295.2017.23.21.

Пожалуйста, ссылайтесь на эту статью следующим образом

Хоменко, И. В. Разработка концепции многопараметрического и непрерывного контроля и управления энергопотреблением в электрических сетях / **И. В. Хоменко, И. О. Омельченко, И. В. Стасюк** // *Вестник НТУ «ХПИ», Серія: Новые решения в современных технологиях.* – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2017. – № 23 (1245). – С. 131-136. – doi:10.20998/2413-4295.2017.23.21.

АННОТАЦИЯ Рассмотрены вопросы реализации эффективных средств контроля и управления параметрами электрической сети и ее основных элементов. Разработка базируется на широком использовании математического моделирования электромагнитных процессов, средств измерительной техники, оптимизации и управления режимами электрических сетей в режиме реального времени. Основными результатами работы являются теоретическая и практическая разработка информационно-управляющей системы «Спектр» комплексного контроля параметров электрических сетей и ее основных элементов в процессе эксплуатации.

Ключевые слова: информационно управляющая система; многопараметрический контроль; измерительный модуль; расчетный модуль; модуль управления; каналы передачи данных gsm/gprs; индикатор параметров энергопотребления.

Надійшла (received) 29.05.2017