

В. А. Готович, С. В. Марценко, м. Тернопіль
Т. Л. Щербак, м. Київ

СТВОРЕННЯ МОБІЛЬНОГО АПАРАТНО-ПРОГРАМНОГО ПРИСТРОЮ МОНІТОРИНГУ ХАРАКТЕРИСТИК ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Abstract. We offered our mobile microprocessor unit for collecting primary data from organization's electrical grid. Described hardware part of this unit. Proposed the structure of information system with functions monitoring of power quality characteristics.

Вступ

Актуальність проблеми якості електроенергії зумовлена негативними наслідками, які виникають в результаті подачі електроенергії незадовільної якості: збоями в роботі та скороченням терміну служби електрообладнання, порушенням у технологічних та виробничих процесах, матеріальними та моральними збитками тощо. Особливо це актуально на сьогоднішній день, за умов широкого використання у побуті та в промисловості пристроїв, чутливих до якості споживаної ними електроенергії. За деякими оцінками збитки, зумовлені низькою якістю електроенергії, обходяться промисловості країн Європейського Союзу, приблизно, у 10 млрд. євро на рік [1].

Для розв'язання проблеми якості електроенергії необхідно проводити регулярний моніторинг електромереж постачання на предмет виявлення фактів виходу показників якості електроенергії за встановлені у відповідних нормативних документах [2, 3] межі. Моніторинг якості електроенергії необхідний як на стороні енергопостачальної організації, так і на стороні споживача, оскільки серед використовуваних на сьогодні електричних пристроїв є чимало таких, які здатні негативним чином впливати на електромережу і відповідно, на інші пристрої, підключені до мережі. Проведений огляд літературних джерел свідчить про те, що задача моніторингу якості електроенергії не в повній мірі вирішується, наприклад, за допомогою автоматизованих інформаційних систем, зокрема, автоматизованих систем контролю та обліку електроенергії (АСКОЕ).

Постановка завдання

Метою даної роботи є розробка мобільного мікропроцесорного пристрою збору первинної інформації із електромережі організації для інформаційної системи із функціями моніторингу якості електроенергії.

Основні результати

Сучасні АСКОЕ є інтегрованими апаратно-програмними комплексами збору та накопичення первинних даних, а також аналізу та прогнозу динаміки параметрів якості електроенергії. Впровадження АСКОЕ є стратегічним

напрямом підвищення ефективності енергетичного потенціалу не лише окремо взятих підприємств, установ та організацій, але й країни в цілому [4]. На ринку представлено широке коло АСКОЕ, як вітчизняного так і іноземного виробництва, наприклад [5]. Ці інформаційні системи характеризуються широким спектром функціональних можливостей, але й відповідно, високою вартістю. При цьому варто зазначити, що переважна більшість сучасних АСКОЕ не забезпечують повною мірою зворотнього зв'язку із відповідною організацією, часто не вирішують задач поточного моніторингу вимірюваних ними параметрів. Основна частина автоматизованих систем моніторингу електромереж є стаціонарними, жорстко прив'язаними до електромережі конкретної установи.

На даному фоні все більш актуальними стають мобільні інформаційні системи, здатні вирішувати задачі поточного моніторингу електромереж і, зокрема, задачі моніторингу якості електроенергії, які можна адаптовувати під конкретну електромережу та потреби конкретної організації. Сучасна елементна база дозволяє без значних матеріальних затрат створювати інформаційні системи даного типу.

Типова структура сучасної АСКОЕ, відповідно до [4], представлена на рис. 1.



Рис. 1. Узагальнена структурна схема типової сучасної АСКОЕ

На даній схемі:

- нижній рівень – первинні вимірювальні перетворювачі з телеметричними виходами, які виконують вимірювання та усереднення параметрів електроенергії;
- середній рівень – контролери (спеціалізовані вимірювальні системи або багатофункціональні програмовані перетворювачі), які здійснюють усереднення, збір даних з територіально розподілених первинних перетворювачів, накопичення та передачу даних на верхній рівень;
- верхній рівень – комп'ютер із спеціалізованим програмним забезпеченням, який здійснює збір даних із контролерів середнього рівня, підсумкову обробку цих даних, відображення та документування даних у зручній для сприйняття людиною формі, формування звітів тощо.

Таким чином, на нижньому рівні АСКОЕ знаходяться т. зв. первинні вимірювальні перетворювачі (датчики, лічильники). Завданням цих вимірювальних перетворювачів є перетворення вимірюваної ними величини (у даному випадку напруги, струму) у форму, яка є зручною для подальшої її передачі, обробки та збереження. Також первинні вимірювальні перетворювачі здатні здійснювати безупинно, або з мінімальним інтервалом, усереднення вимірюваних ними величин.

В даному контексті варто згадати про електролічильники. В складі АСКОЕ вони використовуються саме на рівні первинних вимірювальних перетворювачів. За конструкцією виділяють два основних типи лічильників електроенергії – індукційні (механічні) та електронні. Електронні лічильники поступово витісняють індукційні, завдяки низці переваг, якими вони володіють [6]:

- високий клас точності (до 0,2S; 0,5S);
- можливість обліку електроенергії за диференційованими тарифами;
- можливість одночасного обліку різних видів електроенергії;
- можливість вимірювання різних характеристик електроенергії (напруга, струм, потужність, показники якості і т.д.);
- здатність довго зберігати дані;
- фіксація несанкціонованого доступу до лічильників та фактів крадіжок електроенергії;
- дистанційна передача показників за допомогою різних цифрових інтерфейсів;
- великий термін служби та значний міжповірочний інтервал.

Перераховані переваги дають можливість на сьогодні широко використовувати електронні лічильники електроенергії в складі АСКОЕ. Пристрої збору та обробки даних (середній рівень АСКОЕ) по вимірювальних каналах збирають виміряні лічильниками показники та передають їх на верхній рівень АСКОЕ (комп'ютер із спеціалізованим програмним забезпеченням, центральний вузол збору даних, сервер). При проектуванні АСКОЕ вибір конкретних первинних вимірювальних

перетворювачів здійснюють відповідно до задач, які ставляться перед АСКОЕ в цілому. На ринку представлено широкий спектр електронних лічильників електроенергії з багатим набором функціональних можливостей, наприклад [7].

На рівні із лічильниками, для збору первинних даних використовуються спеціалізовані апаратні пристрої, орієнтовані на вирішення специфічних задач. В даній роботі в якості первинного вимірювального перетворювача в складі АСКОЕ рівня організації пропонується створений мікропроцесорний пристрій, призначений для збору первинної інформації із електромережі організації. Основною функцією пристрою є вимірювання миттєвих значень напруги в електромережі організації з наступним перетворенням їх у двійкову форму та збереженням на цифровому носії.

Основні типові етапи реалізації апаратно-програмного засобу вимірювань та контролю для проведення поточного моніторингу характеристик якості електроенергії було розглянуто у [8]. В даній роботі в першу чергу висвітлено апаратну частину пропонованого пристрою. Пропонований пристрій побудований на основі сучасної елементної бази із використанням мікроконтролерів та швидкодіючого 16-розрядного АЦП. Функціональну схему пристрою представлено на рис. 2.

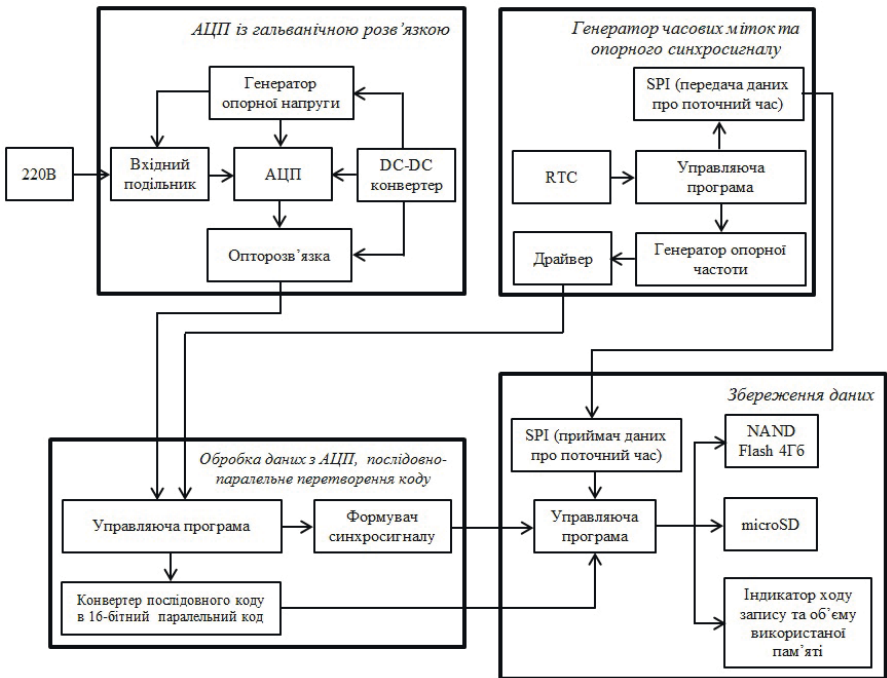


Рис. 2. Функціональна схема пристрою оцифрування напруги

Схемотехнічно, в склад пристрою входять:

- резистивний подільник напруги;
- генератор опорної напруги (опорна напруга АЦП);
- генератор напруги 1,25 В (напруга зміщення);
- генератор напруги 2,5 В (живлення АЦП);
- мікросхема АЦП;
- мікросхема опторозв'язки;
- електромеханічне реле;
- захисний ланцюжок діодів;
- ряд мікроконтролерів.

Генератор часових міток та опорного синхросигналу призначений для генерації сигналу, який використовується для синхронізації між собою в часі складових елементів пристрою. Також, він генерує мітки часу, якими маркуються при збереженні на карту пам'яті миттєві значення напруги, виміряні з допомогою АЦП. Для генерації часових міток використовується мікросхема годинника реального часу (RTC) M41T62. Від аналогічних мікросхем даного типу вона відрізняється тим, що кварцовий резонатор вмонтовано у корпус мікросхеми, що забезпечує підвищену точність (відсутній вплив таких факторів як вологість, власна ємність монтажу і доріжок на друкованій платі).

Мікросхема АЦП AD7980 забезпечує оцифрування сигналу вхідної напруги в діапазоні 0...UREF (у даному випадку 0...2,5В) із розрядністю 16 біт.

Разом із АЦП використовується резистивний подільник напруги, який призначений для узгодження напруги, що подається на вхід пристрою, із вхідними колами АЦП. Його параметри розраховані таким чином, щоб при максимально допустимій вхідній напрузі (260В змінного струму) напруга на вході АЦП не перевищувала 2,5В.

Для захисту вимірювального вузла використано гальванічну розв'язку і захисний ланцюжок діодів. Гальванічна розв'язка побудована на мікросхемі ADuM1301, яка містить 3 канали передачі інформації і забезпечує швидкість передачі до 90Мб/с і пробивну напругу не менше 2500В. Захисний ланцюжок діодів BAS316 призначений для захисту входу АЦП від можливих високовольтних викидів вимірюваної напруги. Тип діодів вибрано виходячи із вимог мінімальної ємності (для забезпечення точності вимірювання) і швидкості захисту.

Після мікросхеми опторозв'язки дані поступають на мікроконтролер STM32F051R4, який перетворює їх в паралельний шістнадцятирозрядний код. Цей мікроконтролер також забезпечує подачу імпульсів запуску перетворення для АЦП.

Збереження оцифрованих даних на карту пам'яті відбувається за допомогою мікроконтролера STM32F103VG. Мікроконтролер вибрано з міркувань достатнього об'єму підтримуваної ним оперативної пам'яті для

розміщення буфера вхідних даних та наявності апаратного інтерфейсу SDIO для роботи з microSD.

Алгоритм роботи пристрою

Після подачі живлення управляючі мікроконтролери 3-х вимірювальних вузлів переходять в режим очікування дозволу роботи.

Мікроконтролер STM32F051R4 вимірювального вузла на початку циклу вимірювання знаходиться в стані очікування дозволу роботи. При отриманні дозволу подається сигнал на реле, яке перемикає контакти таким чином, щоб на вхід мікросхеми АЦП AD7980 поступала напруга змінного зміщення. Провівши декілька послідовних циклів вимірювання, мікроконтролер обчислює усереднене значення напруги змінного зміщення, що є необхідним для визначення рівня переходу через 0 вхідної напруги 220В.

Після вимірювання електромеханічне реле перемикається у вихідне положення (на вхід АЦП подається вимірювана напруга 220В через резистивний подільник).

Мікросхема пам'яті отримує команду стирання записаних раніше даних.

Отримане значення напруги змінного зміщення записується в перших 16 байт NAND Flash пам'яті, після чого очікується фронт сигналу PPS і записується отримане від генератора часових міток значення часу.

Після цих операцій мікроконтролер переходить до безперервного циклу: старт перетворення – передача виміряних даних – запис у NAND Flash.

Об'єм використаної пам'яті на карті пам'яті відображається десятирозрядним лінійним світлодіодним індикатором на передній панелі приладу.

По досягненні максимальної кількості записів на мікроконтролер вимірювального вузла подається сигнал зупинки основного циклу програми, після чого він припиняє генерацію тактових імпульсів та сигналу старту перетворення для АЦП.

Мікроконтролер STM32F103VG починає запис даних на карту пам'яті microSD, по завершенні запису відключає інтерфейс SDIO і вмикає індикатор завершення запису.

Застосування пристрою

Звичайно ж розглянутий в даній роботі пристрій не повинен працювати автономно. Пропонується використання його в складі АСКОЕ. Типову схему АСКОЕ, в складі якої повинен працювати пристрій, наведено на рис. 3.

На даній схемі:

1) пристрій для збору первинних даних – описаний в даній роботі пристрій. Він збирає із електромережі організації первинні дані (миттєві значення напруги) та в оцифрованому вигляді зберігає їх на носій даних – карту пам'яті типу microSD;

2) пристрій збору та обробки даних – комп'ютер (ноутбук), із встановленим на ньому спеціальним програмним забезпеченням. Це програмне забезпечення призначене для зчитування із карти пам'яті

оцифрованих даних та передачі їх по комп'ютерній мережі на сервер АСКОЕ. Передача здійснюється на основі стандартних протоколів, наприклад, TCP/IP (передача по мережевому кабелю типу виті пари) або IEEE 802.11 (безпроводна передача даних Wi-Fi);

3) сервер АСКОЕ – окремий комп'ютер. На сервері встановлено програмне забезпечення, яке приймає зібрані та частково опрацьовані на нижніх рівнях системи дані, здійснює їх статистичну обробку, зберігає самі дані та результати їх обробки у відповідній базі даних, представляє результати обробки у зручному для людини вигляді (таблиці, графіки, діаграми), формує звіти тощо. База даних реалізована на основі сучасної СУБД, наприклад Microsoft SQL Server, FirebirdSQL чи MySQL;

4) в складі АСКОЕ функціонують також інші пристрої, які виконують покладені на них специфічні задачі (на рисунку – т.зв. пристрої збору та первинної обробки даних). Ними можуть бути, наприклад, багатофункціональні лічильники енергії та потужності. Ці пристрої також передають зібрані дані на сервер.

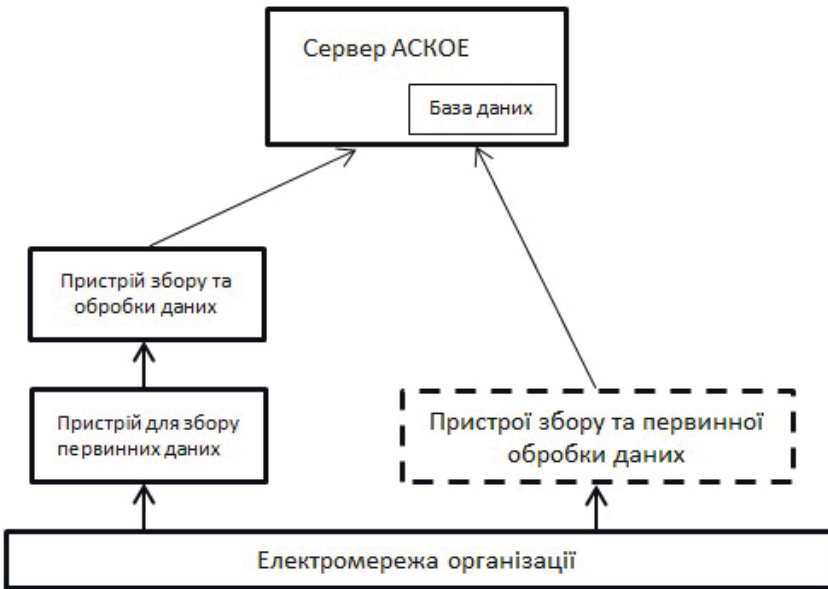


Рис. 3. Типова схема АСКОЕ рівня організації, в складі якої функціонує створений пристрій для збору миттєвих значень напруги

Передбачається, що дана АСКОЕ поряд із іншими задачами, зокрема, виконуватиме задачі поточного моніторингу характеристик якості електроенергії. Дану функцію повинен забезпечити пропонуваний в даній роботі пристрій.

Висновки

У роботі розглянуто актуальність проблеми моніторингу якості електроенергії. Запропоновано створений мобільний мікропроцесорний пристрій для збору первинної інформації із електромережі організації. Розглянуто апаратну частину пристрою, який може виступати в ролі складової частини автоматизованої системи контролю та обліку електроенергії рівня організації. Програмну складову пристрою буде описано в наступних публікаціях. Запропоновано структуру АСКОЕ рівня організації із функціями поточного моніторингу характеристик якості електроенергії.

В подальшому триває робота над налагодженням пристрою, розробкою методів та алгоритмів статистичної обробки накопичених даних вимірної напруги, розробкою відповідного програмного забезпечення та над створенням відповідної бази даних. Також розробляється технічне завдання на створення автоматизованої системи контролю та обліку електроенергії рівня організації із функціями моніторингу якості електроенергії.

1. Цена низкого качества электроэнергии – Режим доступа: http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=2385 – Назва з екрану. – Дата звернення: 27.12.2013
2. EN 50160:2000, Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems
3. ГОСТ Р 54149-2010 (EN 50160: 2010) Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения
4. Енергетика: історія, сучасність і майбутнє. Електроенергетика та охорона навколишнього середовища. Функціонування енергетики в сучасному світі. Т.О. Бурячок, З.Ю. Буцьо, Г.Б. Варламов, С.В. Дубовської [та ін.]. – Київ, 2011. – 392 с.4.
5. Реєстр головних зразків автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії, які пройшли державну метрологічну атестацію (за 2013 р.) – Режим доступа: http://www.dndi-systema.lviv.ua/ukr/?topic=direction_metrology_reestr – Назва з екрану. – Дата звернення: 12.12.2013
6. Індукційний чи електронний? Вибір лічильника - це результат зваженого рішення та аналізу конкретної ситуації – Режим доступа: <http://www.proelectro.info/content/detail/4014> – Назва з екрану. – Дата звернення: 2.04.2014
7. Лічильники електроенергії (електролічильники) – Режим доступа: <http://www.ua.all.biz/uk/lichylnyky-elektroenergiyi-elektrolichylnyky-bgg1058609> – Назва з екрану. – Дата звернення: 30.03.2014
8. *Готович В.А.* Поточний моніторинг характеристик якості електроенергії / В.А. Готович, С.В. Марценко, Л.М. Щербак // Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси ІРТК-2013: шоста міжнародна науково-практична конференція, 27-29 травня 2013р. – К.: НАУ. – с. 47-48.

Поступила 12.03.2014р.