

**РОЗВИТОК СИСТЕМ ДИСТАНЦІЙНОГО ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ***Об'єкт Влах-Вигриновська Г. І., Іванюк О. О., 2015*

**Розглянуто особливості використання широкопasmової технології PLC для передавання даних електромережею. Запропоновано структурну схему вимірювального перетворювача електроенергії для автоматизованих систем дистанційного обліку електроенергії (АСДОЕ) із функціями контролю і управління споживанням кінцевих абонентів. Розглянуто питання реалізації каналів зв'язку для побудови систем АСДОЕ.**

**Ключові слова:** система дистанційного обліку електроенергії, технологія PLC, широкопasmова мережа доступу, вимірювальний перетворювач електроенергії, канали зв'язку.

**In the article, the peculiarities of using broadband PLC technology to transmit data over the mains are analyzed. A block diagram of the transmitter of electricity for the automated systems of remote electricity metering (ASDOE) with functions of control and management of end user consumption is offered. The issue of communication channels implementation for the construction of ASDOE is addressed.**

**Keywords:** remote electricity metering system, PLC technology, broadband access network, transmitter power channels.

**Вступ**

Сучасні реалії вимагають комплексного підходу до обліку споживання електроенергії. Зазначимо, що останнім часом стрімко розвивається технологія передавання даних силовими кабельними лініями за допомогою технології PLC (Power Line Communications). З використанням технології PLC можна спростити систему передавання даних між лічильниками електроенергії та диспетчерським пунктом збирання даних [1–3].

Відмінною особливістю системи від інших є те, що контроль за споживанням електроенергії здійснюється безпосередньо з силової розподільної мережі 0,4 кВ, тобто застосована технологія PLC максимально відповідає критерію зниження собівартості точки обліку внаслідок відсутності необхідності в спеціальних каналах зв'язку з окремо взятим електролічильником [4, 6–8].

Об'єктами автоматизації можуть бути житлові масиви багатопверхових будинків, сільські та дачні селища, а також будівлі та споруди, де є споживачі електроенергії і велика кількість вузлів обліку, наприклад, торгові центри [1].

У складі технічних засобів PLC зв'язку застосовано сучасні програмно-апаратні і компонувальні рішення, характерні для обладнання цього типу.

Спеціалізований модем вбудовується в корпус лічильника, що спрощує монтаж точки обліку та забезпечує передавання даних від лічильників виключно у цифровому вигляді.

Устаткування PLC більшою мірою орієнтовано на створення комп'ютеризованих систем управління (КСУ) побутових споживачів електроенергії, де основним критерієм є вартість точки обліку. PLC забезпечує на порядок більшу функціональність, що робить можливим вирішення практично будь-яких завдань. КСУ, спроектована на базі обладнання PLC, виконуватиме статистичні функції, тобто збирання та обробку інформації за певні часові відрізки, на підставі якої здійснюють аналіз і розрахунки за спожиті види енергії.

Отже, технологія PLC призначена для створення мереж дистанційного збирання даних і управління.

Як фізичне середовище передавання сигналів у технології використовують розподільні мережі змінного струму 0.4 кВ, 50 Гц.

Розміри мереж PLC обмежені зоною дії одного розподільного трансформатора 0.4 кВ, 50 Гц. Одна мережа збирання даних і управління може містити до тисячі абонентських електролічильників.

## Розроблення структурної схеми вимірювального перетворювача електроенергії для автоматизованих систем дистанційного обліку

Враховуючи актуальність технології PLC, запропоновано структурну схему вимірювального перетворювача електроенергії (ВПЕ) з інтерфейсом PLC для автоматизованої системи дистанційного обліку електроенергії (АСДОЕ) із функціями контролю і управління споживанням кінцевих абонентів[10-11].

Розроблену структурну схему ВПЕ наведено на рис. 1. Вона містить вхідний блок (ВБ), аналоговий перемножувач (АП), перетворювач напруга-частота ПНЧ, блок керування (БК), лічильник нуля (ЛН), регістр пам'яті (РП), формувач інтервалів часу (ФІЧ), виконаний на кварцовому генераторі та дільнику частоти, елемент збігу (ЕЗ), мікропроцесор (МП) та PLC-модем для передавання силовими лініями електропередачі на швидкості до 300 Кб/с.

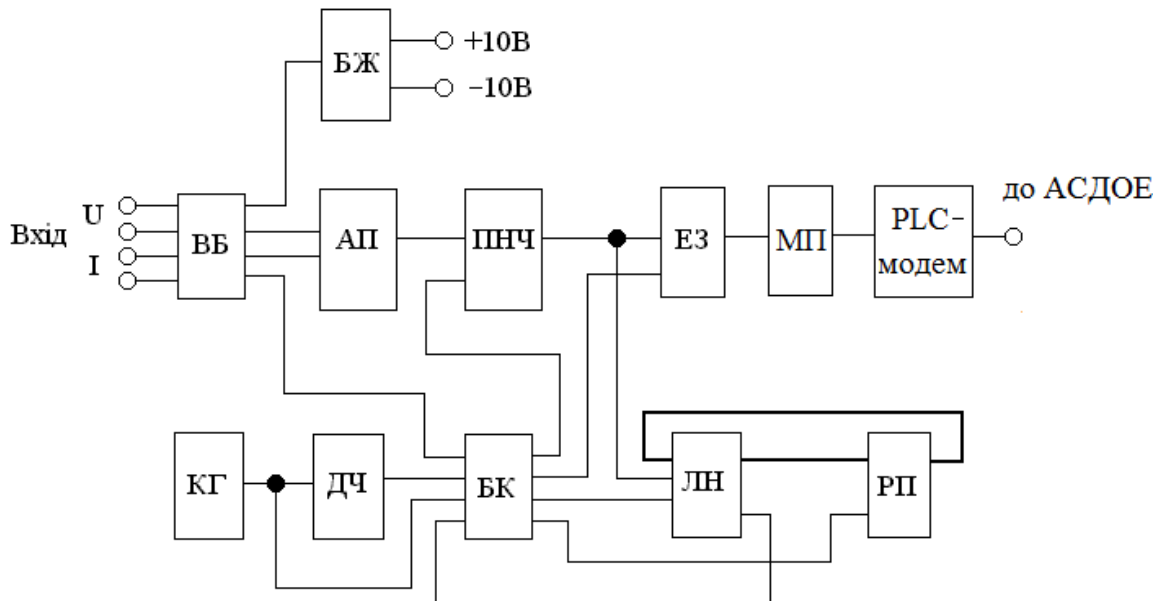


Рис. 1. Структурна схема розробленого ВПЕ з інтерфейсом PLC для АСДОЕ

Розглянемо призначення окремих блоків і роботу схеми.

Вхідний блок ВБ узгоджує перетворювач з контрольованою електромережею. Сигнали з виходу ВБ, пропорційні струму та напрузі мережі, надходять на аналоговий перемножувач АП, вихідний сигнал якого перетворюється на частоту прецизійним перетворювачем напруга-частота.

ВБ містить шунт, дільник напруги, перемикачі полярності, компаратори переходу через нуль, комбінаційну схему, ключі та буферні підсилювачі. У ВБ виробляються однополярні сигнали, пропорційні значенням струму та напруги мережі, які через відповідні ключі та буферні каскади підводяться до входів АП. Доповнення електронних ключів буферними каскадами виключає вплив ключів на точність ВБ.

Вхідні кола ВБ – безтрансформаторні: напруга мережі нормується дільником напруги, а в колі струму використовується стандартний шунт на відповідне номінальне значення струму. Заміною дільника напруги та шунта ВПЕ легко переобладнуються на потрібні значення вхідної напруги та струму.

З метою корегування дрейфу нуля вимірювального тракту введено лічильник нуля ЛН, який виконано реверсивним, і регістр пам'яті РП. Корегування нуля відбувається автоматично за командою блоку керування БК.

У режимі корегування вхід вимірювального тракту лічильника закорочується на спільну шину (тобто на нього подається нуль), а вихідний сигнал АП-частота, що відповідає значенню нуля, надходить на вхід віднімання Л, і тому після закінчення часу виміру в Л буде зафіксовано код, значення якого дорівнює дрейфу нуля і має знак “-”. Це значення (-No) переписується у РП.

Потім перед початком кожного вимірювання це число (-No) переписується у ЛН. У результаті вимірювання буде відсутнє значення нуля, оскільки під час вимірювання в ЛН надходить кількість імпульсів, що дорівнює сумі дрейфу нуля (No) і корисного сигналу (No і -No взаємно компенсуються). В момент повної компенсації дрейфу нуля на виході лічильника ЛН виникає сигнал переходу через нуль. Цей сигнал надходить на блок керування, який дає змогу проходити вихідним імпульсам ПНЧ через ЕЗ на МП. Отже, на вихід ВПЕ надходить кількість імпульсів, що дорівнює результату вимірювання споживаної енергії, в якому відсутня адитивна похибка, тобто дрейф нуля.

Час вимірювання задається формувачем інтервалів часу, побудованим на кварцовому генераторі та дільнику частоти. Використання кварцового генератора забезпечує довготривалу часову стабільність ВПЕ.

Блок живлення БЖ виконано безтрансформаторним. На вхід БЖ подається напруга мережі, яка ділиться резисторно-конденсаторним дільником напруги і стабілізується параметричними стабілізаторами  $\pm 10$  В.

Функція перетворення розробленого ВПЕ

$$N = U_{\text{ш}} U_{\text{д}} K_{\text{мп}} K_{\text{ап}} K_{\text{пнч}} T_i, \quad (1.1)$$

де  $T_i$  – час інтегрування, тобто час, протягом якого через ВПЕ протікає споживана енергія;  $U_{\text{ш}}$  – напруга на виході шунта вхідного блоку, що дорівнює добуткові струму мережі (I) на опір ( $R_{\text{ш}}$ ) шунта  $U_{\text{ш}} = IR_{\text{ш}}$ ;  $U_{\text{д}}$  – напруга на виході дільника напруги вхідного блоку, що дорівнює добуткові напруги мережі (U) на коефіцієнт ділення ( $K_{\text{д}}$ ) дільника напруги  $U_{\text{д}} = UK_{\text{д}}$ ;  $K_{\text{мп}}$  – коефіцієнт передавання перемикача полярності вхідного блоку;  $K_{\text{ап}}$  – коефіцієнт перетворення аналогового перемножувача;  $K_{\text{пнч}}$  – коефіцієнт перетворення ПНЧ.

З формули видно, що функція перетворення розробленого ВПЕ з дистанційним передаванням результату є лінійною.

Мікропроцесор МП використовують для зберігання інформації про спожиту електроенергію й обміну даними з системою АСДОЕ.

### **Особливості реалізації автоматизованих систем дистанційного обліку електроенергії**

За необхідності отримання ширшого набору даних необхідно розгортати мережі PLC. Для передавання даних між вимірювальними перетворювачами електроенергії використовують концентратори PLC.

Концентратор періодично (раз на кілька секунд) випромінює синхросигнал тривалістю в 2.5 с, що приймається всіма підлеглими вузлами системи, які інтерпретують факт приймання синхросигналу як команду на передавання одного біта своїх даних у вигляді широкосмугового шумоподібного “спалаху”. При цьому ВПЕ №1 передає свій біт відразу після закінчення сигналу синхронізації, ВПЕ № 2 – із затримкою на 10 мс, вузол № 3 – із затримкою на 20 мс і т.д. Один концентратор за 20 хвилин опитує до 1000 підлеглих вузлів.

Модеми лічильників здійснюють передавання тільки в тому випадку, якщо в цій точці мережі присутній синхросигнал від концентратора.

Концентратори побітно приймають дані від лічильників, розшифровують і зберігають у власній незалежній пам’яті, звідки їх в будь-який момент можна надіслати через один з їх послідовних інтерфейсів (RS-485, USB).

Запит на передавання накопичених концентраторами даних ініціюється оператором АСДОЕ або здійснюється в автоматичному режимі за допомогою відповідного ПЗ.

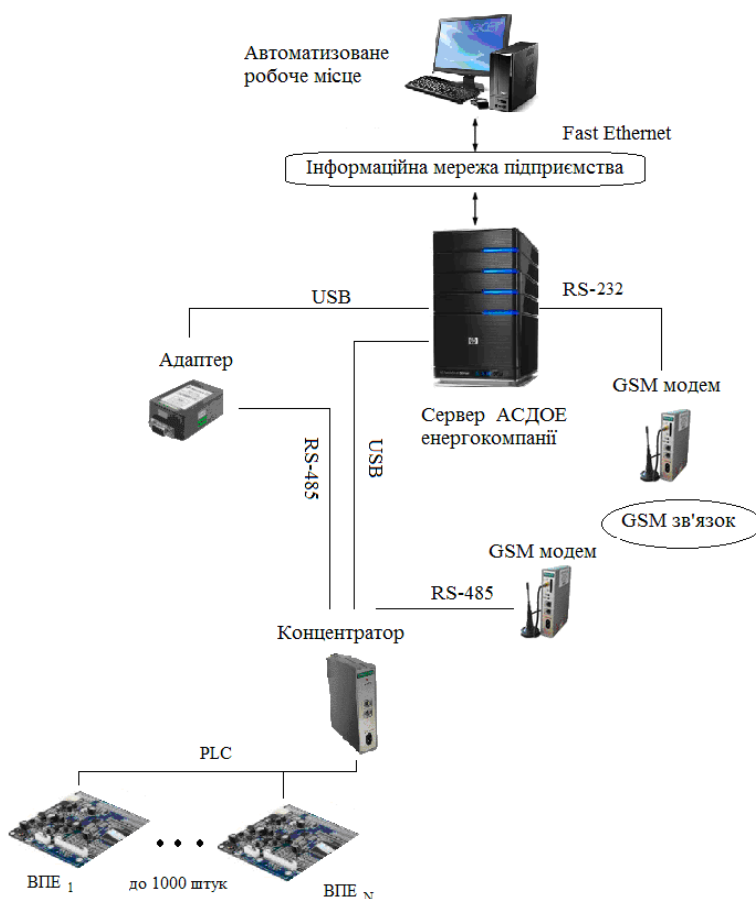
Якщо від якого-небудь з ВПЕ немає даних – це означає, що або вузол обліку несправний, або споживач здійснив якісь маніпуляції з підключенням лічильника. Використовуючи систему, такий факт втручання легко встановити.

Одним із важливих питань при впровадженні систем АСДОЕ є вибір способу передавання даних і відповідного устаткування та програмного забезпечення.

Супутнім устаткуванням для функціонування ВПЕ у складі АСДОЕ є, включаючи GSM-шлюз, концентратори PLC. Вибір конкретних схем зв’язку із ВПЕ визначається характером об’єкта, на якому планується впровадження АСДОЕ.

Можливі варіанти каналів зв'язку для побудови систем АСДОЕ наведено на рис. 2.

Рис. 2. Структурна схема побудови систем АСДОЕ з різномірними каналами зв'язку



Для побутового сектора, для якого характерні висока кількість точок обліку і відносно невеликі відстані між ними, є актуальним використання технології PLC. Для передавання даних з ВПЕ в цьому випадку використовуються силові лінії, якими електрика подається до кінцевого споживача, тому ціна АСДОЕ практично повністю зводиться до вартості установки ВПЕ з PLC-модемами. Фактично збирання даних з ВПЕ при цьому здійснюється концентратором, з якого надалі передаються дані в програмне забезпечення АСДОЕ верхнього рівня. За необхідності PLC-концентратори можуть бути підключені або до GSM-шлюзу (при використанні GSM-зв'язку), або до перетворювачів інтерфейсів Ethernet-RS485 (при використанні інтернет-з'єднання). Також можна підключати PLC-концентратори через виту пару і перетворювач інтерфейсів або прямо з'єднувати через USB безпосередньо із комп'ютером [12].

При сильному розкиді точок обліку, що входять до складу АСДОЕ, і значній відстані до них застосовуються технології передавання даних через GSM-зв'язок. Для цього використовують GSM-шлюз або ВПЕ з GSM-модемом. Через один лічильник, оснащений GSM-модемом, можуть бути опитані й інші лічильники, сполучені з першим через RS-485 або CAN. З боку персонального комп'ютера використовується GSM-модем.

З'єднання через виту пару RS-485 забезпечують високі якість зв'язку і завадостійкість. Ці інтерфейси традиційно застосовуються для з'єднань ВПЕ в системах АСДОЕ і можуть бути використані для підключення їх безпосередньо до персонального комп'ютера через перетворювач інтерфейсів або ж до GSM-шлюзу для подальшого передавання даних на персональний комп'ютер.

Використання запропонованих методів організації каналу зв'язку і дистанційного керування споживанням електроенергії дає змогу знизити навантаженість, пов'язану з безобліковим споживанням, несвоєчасною або неповною її оплатою, через введення режиму обмеження потужності.

## Висновки

Розроблено структурну схему вимірювального перетворювача електроенергії та описано етапи створення АСДОЕ і способи реалізації каналів зв'язку.

Обґрунтовано необхідність заміни застарілого парку вимірювальних перетворювачів електроенергії і впровадження запропонованої системи з використанням PLC-технології. АСДОЕ надаватиме можливість ЖКГ впроваджувати прогресивні тарифи, дистанційно знімати покази з ВПЕ за декілька секунд, оперативно виявляти розкрадання електроенергії, а також, за потреби, дистанційно відключати неплатників.

Отже, розроблена авторами структура АСДОЕ дасть змогу забезпечити зниження комерційних втрат електроенергії, операційних витрат на її функціонування, на збирання інформації з ВПЕ, а метод приймання-передавання інформації електричною мережею напругою 0,4 кВ недорогий в реалізації та може застосовуватись для вирішення додаткових завдань (дистанційне керування, конфігурування та ін.).

1. *Применение PLC технологии. – Режим доступа: <http://www.velton.ua/ru/technologies/plc.shtml> (30.06.2015).*
2. *International Organization for Standardization. – Режим доступа: [www.iso.ch](http://www.iso.ch) (30.03.2015).*
3. *International Telecommunication Union. – Режим доступа: [www.itu.int](http://www.itu.int) (30.03.2014).*
4. *Принцип функционирования технологии PLC и проблема ее развития. – Режим доступа: <http://www.network.xsp.ru/> (5.06.2015).*
5. *Тубинис В. В. Создание автоматизированной системы учета и управления потреблением электроэнергии в Италии // Электро. – 2004. – № 4.*
6. *Тубинис В. В. Особенности организации коммерческого учета электроэнергии в распределительных устройствах 6–10 кВ с токоограничивающими реакторами // Электро. – 2004. – № 2.*
7. *Тубинис В. В. Итальянская система дистанционного управления абонентской сетью // Электро. – 2003. – № 4.*
8. *Vincenzo Cannatelli. Enel Telegestore project is on track // Metering International. – 2004. – № 1.*
9. *Буренков Е. В. Автоматизированные системы учета потребления энергоресурсов в условиях либерализованного рынка // Вестник Госэнергонадзора. – 2001. – № 1.*
10. *Влах Г. І., Мичуда З. Р., Мичуда Л. З. Аналого-цифровий перетворювач електроенергії // Науково-технічний журнал “Методи та прилади контролю якості”, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. – 2005. – Вип. 13.*
11. *Влах Г. І., Мичуда З. Р. Аналого-цифровий перетворювач електроенергії для систем автоматичного керування // Збірник наукових праць Української академії друкарства “Комп’ютерні технології друкарства. – 2006. – № 16.*
12. *Влах Г. І., Любохинець О. А. Сучасні принципи побудови автоматизованих систем контролю та обліку енергоносіїв // Збірник наукових праць Української академії друкарства “Комп’ютерні технології друкарства”. – 2010. – № 24.*