

УДК 623.004.67

В.М. Чинков, К.І. Туренко

Харківський університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, Харків

ОДНОФАЗНИЙ ЛІЧИЛЬНИК ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОСНОВІ ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ

У статті проводиться аналіз сучасних цифрових однофазних лічильників електроенергії та компонентів для них і запропоновано принцип побудови лічильника на основі цифрової обробки сигналів з використанням сучасної мікропроцесорної техніки.

Ключові слова: цифровий лічильник електричної енергії, датчики струму та напруги, мікроконтролер, активна та реактивна потужності.

Вступ

Постановка задачі. До недавнього часу проблема, пов'язана з вимірюванням витрат електроенергії, зводилася до застосування електромеханічних лічильників електричної енергії (ЛЕЕ). Стрімкий розвиток мікроелектроніки намітив якісний переворот в області створення промислових і побутових систем контролю, який, в першу чергу, пов'язаний з використанням вбудованих систем управління на базі мікроконтролерів. Тенденція до подібного переходу зумовлена, з одного боку, постійним зниженням цін на мікроконтролери та розширенням їх асортименту, і з іншого, тими перевагами, якими цифрові системи управління володіють у порівнянні з їх існуючими аналогами.

Аналіз літератури У літературі [1 – 4] розглянуті цифрові методи вимірювання електричної енергії та принципи побудови однофазних лічильників, але в даній літературі не описані шляхи, пов'язані з вдосконаленням вбудованих систем управління на базі мікроконтролерів в лічильниках електричної енергії з підвищеними метрологічними та експлуатаційними характеристиками.

Метою статті є узагальнений аналіз цифрових однофазних лічильників електричної енергії на прикладі закордонних лічильників на базі інтегральних мікросхем і розробка сучасного лічильника на основі цифрової обробки сигналів.

Основний матеріал

Як відомо [4], значення спожитої електроенергії виражається формулою:

$$W = \int_0^t p(t) dt, \quad (1)$$

де $p(t)$ – значення миттєвої потужності в момент часу t ; t – час вимірювання.

При синусоїдальних формах струму і напруги в електричній мережі

$$p(t) = u(t) \cdot i(t) = U_m \sin \omega t \cdot I_m \sin(\omega t + \varphi), \quad (2)$$

де $u(t)$ та $i(t)$ – миттєві значення відповідно напруги і струму в мережі; U_m та I_m – амплітудні значення

напруги і струму; U та I – середньоквадратичні значення (СКЗ) напруги і струму; φ – зсув фаз між струмом і напругою.

Інтегрування виразу (2) за період T дає значення активної споживаної потужності:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt = UI \cos \varphi = S \cos \varphi, \quad (3)$$

де $S = UI$ – повна потужність споживання; $\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності.

Реактивна потужність в даному випадку визначається наступним чином:

$$Q = UI \sin \varphi = S \sin \varphi$$

Для вимірювання всіх потужностей (P , Q , S) в комбінованих (універсальних) ЛЕЕ необхідно вимірювати будь – які два значення з чотирьох величин P , Q , S , φ та обчислити дві інші величини. Це принципово неможливо реалізувати в електромеханічних ЛЕЕ через їх конструктивні особливості. На рис. 1 наведено структурні схеми цифрових ЛЕЕ, що дозволяють реалізувати необхідні вимірювання [4].

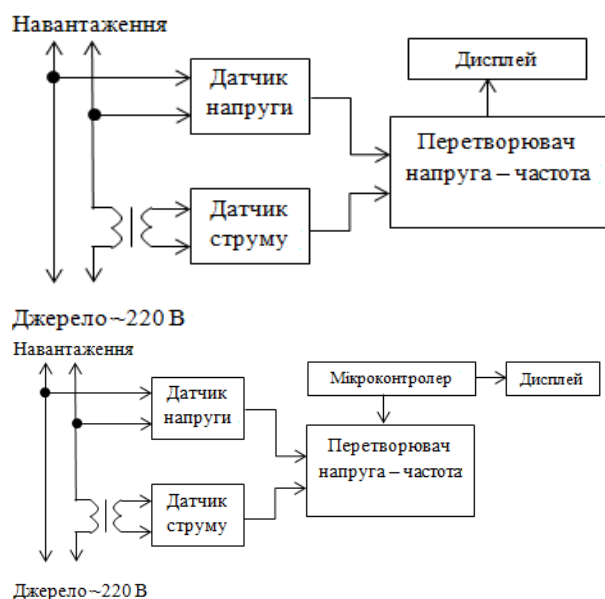


Рис. 1. Варіанти підключення мікроконтролерів до вимірювальних кіл потужності

Найбільш просто схемотехнічно це реалізується за допомогою процесорів цифрової обробки сигналів (Digital Signal Processor – DSP), що здійснюють всі необхідні перетворення за допомогою вимірювання миттєвих значень струму i_i і напруги u_i в дискретні значення t_i часу. У цьому випадку на входи DSP подаються сигнали, пропорційні значенням струму і напруги в колі, що знімаються з відповідних датчиків (рис. 1, а). Дискретизовані значення струму і напруги (i_i та u_i) обробляються далі для отримання параметрів P , Q , S , φ [2]. Наприклад, значення активної потужності P може бути отримано, згідно з формулою (3), як середньоарифметичне кодів дискретних значень струму (i_i) і напруги (u_i) у послідовній вибірці за період T вимірюваного сигналу:

$$P = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N u_i i_i, \quad (4)$$

де $N = f_i / f_c$ – кількість відліків миттєвих значень в одному періоді T напруги $u(t)$ і струму $i(t)$; f_c – частота дискретизації сигналів $u(t)$ та $i(t)$; f_c – частота мережі.

Очевидно, що точність вимірювання зростає із збільшенням частоти дискретизації, що, в свою чергу, веде до ускладнення програмного забезпечення, оскільки обробка проводиться в реальному часі. Крім цього, недоліком таких систем, на сьогоднішній день, є їх відносно висока вартість.

Спростити алгоритми обробки інформації [4] і знизити ціну на комплектацію дозволяє схема, представлена на рис. 1, б. У цій схемі функцію вимірювання одного чи декількох з чотирьох зазначених вище них параметрів здійснює спеціалізована мікросхема вимірювача потужності.

У простому випадку схема забезпечує на своєму виході частоту імпульсів, пропорційну активній потужності. У цій структурі мікроконтролер виконує лише функцію лічильника імпульсів, виведення інформації на дисплей, а також ряд спеціальних функцій (наприклад, зміна тарифів). У простому випадку цифрового ЛЕЕ, коли потрібно лише підрахунок (інтегрування) числа імпульсів, виведення інформації на дисплей і захист при аварійних збоях напруги живлення, система може бути побудована, наприклад, на базі найпростішого мікроконтролера.

Структурна схема такого ЛЕЕ представлена на рис. 2. Сигнали, пропорційні значенням напруги і струму в мережі, надходять через відповідні датчики на входи мікросхеми – перетворювача КР1095ПП1. З її виходу знімається частотний сигнал, що надходить на вхід мікроконтролера, наприклад типу МС68HC05КJ1. Мікроконтролер накопичує кількість імпульсів, перетворюючи її для отримання значення енергії в Вт/год У міру накопичення енергії її відлікові значення виводяться на дисплей і записуються у FLASH – пам'ять. Для зберігання відліку накопиченої кількості енергії при збоях живлення служить флеш – ПЗУ малого об'єму (128 байт пам'яті).

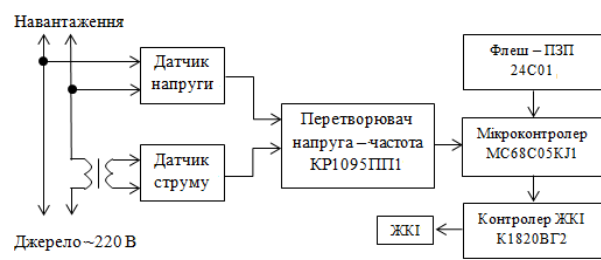


Рис. 2. Структурна схема найпростішого лічильника електроенергії

У разі реалізації багатотарифного ЛЕЕ пристрій повинен забезпечувати обмін інформацією із зовнішніми пристроями за послідовним інтерфейсом. Він може використовуватися для завдання тарифів, ініціалізації і корекції таймера реального часу і т.д. Крім того, інтерфейс може забезпечувати підключення групи делокалізованих в просторі ЛЕЕ в мережу з можливістю доступу до кожного з них. Структурна схема такого пристрою, реалізованого на мікроконтролері, представлена на рис. 3.

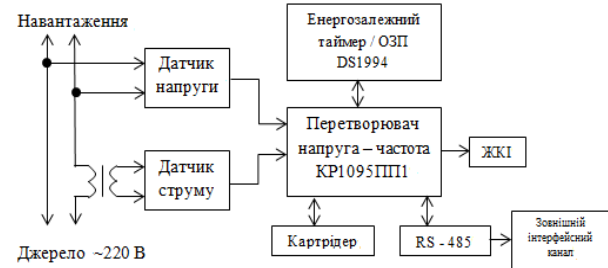


Рис. 3. Структурна схема багатотарифного ЛЕЕ

Розглянемо алгоритм роботи такого лічильника. Пам'ять енергонезалежного ОЗП розбита на M банків, в кожному з яких зберігається інформація про накопичену енергію за чотирма тарифами: загальний, пільговий, піковий й штрафний. Перемикання тарифів здійснюється за тимчасовими критеріями: для кожного дня тижня визначається свій тарифний розклад. У лічильнику може бути встановлений режим обмеження потужності і за кількістю витраченої за місяць енергії. У цьому режимі лічильник фіксує кількість енергії, витраченої понад ліміт. При перевищенні встановленого ліміту енергії виробляється або перехід на накопичення за штрафним тарифом, або відключення користувача від енергомережі. Також передбачений запис часу і дати несанкціонованого зняття кришки пристрою. Через спеціальний роз'єм до лічильника можна підключити картридер для зчитування інформації з індивідуальної електронної картки про кількість енергії, сплаченої споживачем.

Наявність режиму декількох тарифів дозволяє виводити на дисплей додаткову інформацію про кількість споживання енергії за різними тарифами. Дисплей такого лічильника може бути більш складний. Зовнішній вигляд застосованого в даному лічильнику дисплея представлений на рис. 4.



Рис. 4. Загальний вигляд індикатора багатотарифного ЛЕЕ

Значення кількості спожитої енергії виводиться на 8 нижніх розрядів (максимальне значення 99999,999 кВт/год Інформація періодично змінюється (з проміжком у кілька секунд), послідовно показуючи вміст накопичень по кожному з тарифів і суму цих накопичень. При перевищенні встановлених обмежень потужності або за кількістю спожитої за місяць енергії висвічуються відповідно "ліміт потужності" або "ліміт енергії".

Схемотехнічно пристрій доцільно розділити на два модулі: керуючий і силовий. У силовий модуль входять датчики струму і напруги, мікросхема-перетворювач КР1095ПП1 з оптронною розв'язкою частотного виходу і модуль живлення, виконаний за схемою однотактного імпульсного перетворювача на базі мікросхеми МС33363. Основу модуля управління складає мікроконтролер МС68HC05L16, що дозволяє безпосереднє підключення ЖКІ з кількістю сегментів до 156. Сигнал скидання мікроконтролера при значенні напруги живлення нижче певного рівня задається мікросхемою МС33164. Функції таймера і накопичувача оперативної інформації виконує 2 – вивідна мікросхема, що має вбудоване довготривале джерело живлення. Узгоджувач рівнів для інтерфейсу RS-485 можна виконати на мікросхемі МАХ487ЕРА. З'єднання з силовим модулем здійснюється через гнучкий шлейф. Застосування аналогічних схемотехнічних рішень дає можливість створення трифазних лічильників (застосовуючи відповідні перетворювачі потужність – частота), а також об'єднаних ЛЕЕ для декількох споживачів (один такий лічильник може обслуговувати, наприклад, цілий поверх житлового будинку). Побудова цих пристроїв також можна здійснювати, використовуючи прості і недорогі мікроконтролери.

Однак, тенденції розвитку мікроелектроніки ведуть до того, що незабаром стане вигідно застосовувати і більш складні мікроконтролери (в тому числі

і DSP), збільшуючи тим самим функціональні можливості ЛЕЕ. Враховуючи переваги цифрових лічильників перед електромеханічними, можна вважати, що перехід на них – питання найближчого майбутнього.

Висновки

1. У цифрових ЛЕЕ досяжний практично будь-який клас точності за умови вибору відповідної елементної бази та алгоритмів обробки інформації. Відсутність механічних частин значно підвищує надійність пристрою.

2. Обробка аналогової інформації в цифровому вигляді принципово дозволяє одночасно визначати як активну, так і реактивну складові потужності, що є важливим, наприклад, при обліку розподілу енергії в трифазних мережах.

3. Застосування цифрової бази робить можливим створення автоматизованої ізольованої системи споживання, обліку, розподілу енергії та платежів. У такій системі може бути, наприклад, передбачена попередня оплата електроенергії. Таким чином, в подібній системі виключається заборгованість платежів за електроенергію.

4. Цифрові ЛЕЕ можуть виконуватися в різних конструктивних виконаннях. Маса і об'єм цифрових ЛЕЕ значно менші від електромеханічних. Застосування цифрових дисплеїв дозволяє значно підвищити зручність представлення інформації для користувача.

Список літератури

1. Чинков В.М. Цифрові засоби вимірвальної техніки військового призначення: підручн. Ч. 1 / В.М. Чинков. – Х.: ХУПС, 2007. – 244 с.
2. Горлач А.А. Цифровая обработка сигналов в измерительной технике / А.А. Горлач, В.Н. Чинков. – К.: Техніка, 1985. – 151 с.
3. Безикович А.Я. Измерение электрической мощности в звуковом диапазоне частот / А.Я. Безикович, Е.З. Шапиро. – Л.: Энергия, 1980. – 168 с.
4. Бех С.В. Методи вимірювання потужності електричних сигналів / С.В. Бех, О.О. Кушнір // Вимірвальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2009 - №2 – С. 88-92.

Поступила в редколлегию 29.11.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Б. Кононов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

ОДНОФАЗНЫЙ СЧЕТЧИК ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКЕ СИГНАЛОВ

В.Н. Чинков, Е.И. Туренко

В статье проводится анализ современных цифровых однофазных счетчиков электроэнергии и компонентов для них и предложен принцип построения счетчика на основе цифровой обработки сигналов с использованием современной микропроцессорной техники.

Ключевые слова: цифровой счетчик электрической энергии, датчики тока и напряжения, микроконтроллер, активная и реактивная мощности.

SINGLE – PHASE METER OF ELECTRIC ENERGY ON THE BASIS OF DIGITAL SIGNAL PROCESSING

V.M. Tchinkov, K.I. Turenko

In the article analyzes the modern digital single – phase energy meters and components for them and the principle of the proposed meter - based digital signal processing using the latest microprocessor technology.

Keywords: digital electricity meter, current and voltage sensors, microcontroller, active and reactive power.