

УДК 681.121

С.Ю. ДЕМЕНТЬЄВ, Ю.В. ДЕМЕНТЬЄВ

Вінницький національний технічний університет, Україна

## НАДІЙНІСТЬ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБЧИСЛЮВАЧА ВИТРАТИ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ

Розглянуто принципи побудови програмного забезпечення обчислювача витрати енергоресурсів за умови забезпечення його надійної та безвідмовної роботи. Приведено типову структурну схему обчислювача та алгоритм роботи його програмного забезпечення. Наведено формулу розрахунку ймовірності безвідмовної роботи обчислювача енергоресурсів.

**надійність, програмне забезпечення, мікроконтролер, роботоздатність, витрата, енергоресурси**

### Вступ

В останні роки у зв'язку з інтенсивним впровадженням мікроконтролерів у витратовимірнювальну техніку постає задача забезпечення її високої надійності [1– 3]. Одним із основних компонентів витратовимірнювальної техніки є програмне забезпечення мікроконтролера обчислювача витрати енергоресурсів (ОВЕ). Надійна робота програмного забезпечення є запорукою довготривалої та ефективної його експлуатації. Актуальність теми обумовлена високими вимогами постачальників енергоресурсів до надійності програмного забезпечення та високою ціною самих енергоресурсів.

**Метою даної статті** є формулювання методики підвищення інформаційної надійності роботи обчислювача витрати енергоресурсів.

### Основна частина

Для формулювання методики підвищення інформаційної надійності роботи ОВЕ розглянемо його типову структурну схему, яка приведена на рис. 1.

Типовий ОВЕ для вимірювання витрати газу, водяної пари, повітря, тощо складається з наступних компонентів:

– мікроконтролера в якому знаходиться основна програма, яка повинна керувати усіма іншими модулями ОВЕ для надійної його роботи;

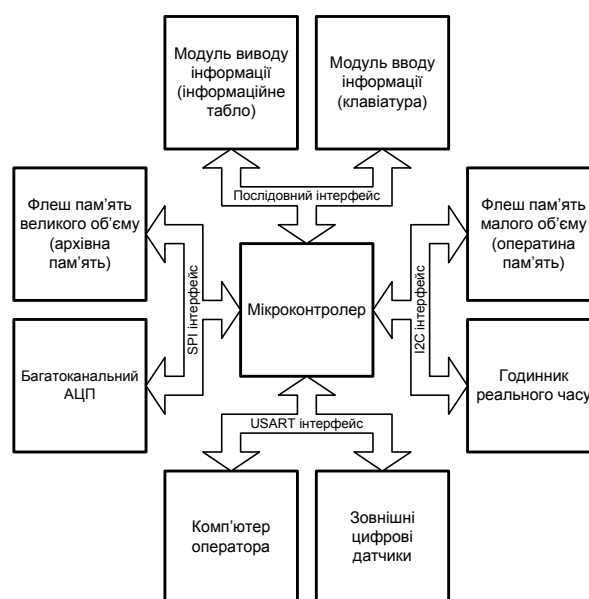


Рис. 1. Типова структурна схема обчислювача витрати енергоресурсів

– модулів виведення (інформаційне табло) та введення інформації (клавіатури) для комунікації ОВЕ та оператора;

– багатоканального АЦП для отримання даних з датчиків параметрів енергоносія;

– годинника астрономічного часу, якщо він відсутній в мікроконтролері, для роботи ОВЕ в режимі реального часу;

– флеш-пам'яті великого та малого об'ємів для запису архівних даних та зберігання інтегральних параметрів енергоносія;

– комп'ютера оператора, для зчитування даних ОВЕ на ЕОМ, ведення бази даних, формування звітів, віддалене керування ОВЕ;

– зовнішніх цифрових датчиків, які на відміну від уніфікованих датчиків струму надають готову інформацію для ОВЕ у цифровому вигляді.

Надійність програмного забезпечення обчислювача витрати енергоресурсів, тобто можливість виконувати задані функції, зберігаючи при цьому експлуатаційні показники в заданих межах на протязі заданого проміжку часу, залежить від усіх перелічених вище компонентів та їх взаємодії. Взаємодія всіх компонентів ОВЕ та мікроконтролера здійснюється, як правило, через стандартні інтерфейси передачі даних, які включають: послідовний інтерфейс для модулів введення-виведення, швидкий синхронний SPI інтерфейс для модулів АЦП та флеш пам'яті великого об'єму, дводотовий I2C інтерфейс для годинника реального часу та флеш пам'яті малого об'єму, та універсальний послідовний USART інтерфейс для передачі даних в ЕОМ та опитування цифрових датчиків.

Під час роботи ОВЕ час від часу можливі відмови в його роботі, тобто відбувається подія порушення його роботоздатності. Відмови програмного забезпечення ОВЕ можливі з таких причин:

- порушення роботи внутрішньої програми мікроконтролера;
- збої інтерфейсів передачі даних;
- некоректність даних зовнішніх компонентів ОВЕ.

Порушення роботи програми може бути спричинене внесеними програмістом типовими помилками обслуговування оператора, які приведені в табл. 1. Проте дотримуючись наступних рекомендацій можна уникнути помилок, що можуть призвести до збою програмного забезпечення:

- виправлення помилки, яка допущена користувачем, не повинно бути складним;
- має бути можливість переривання виконання

програмою поточної команди;

– засоби захисту програми не повинні бути на-в'язливими, без необхідності постійного вводу кодів доступу та паролів;

– для будь-яких нових даних має бути процедура перевірки на коректність;

– при розробці функції слід брати до уваги, що вхідні данні можуть бути не коректними.

Таблиця 1

Типові програмні помилки обслуговування оператора

Оператору важко виправити допущену помилку	Відсутність команди відміни введення даних
Надлишок захисту	Не передбачені умови перевірки даних, що вводяться
Невірно визначене джерело помилки	Невірно працююча функція
Реалізація функції під ідеальні дані	Стан програми, з якого важко знайти вихід

Також нормальна робота програми може бути порушена через пошкодження програмної пам'яті чи неправильному розподілі програмних ресурсів. Такі ситуації можливо контролювати на етапі проектування програми шляхом відлагодження роботи програми на спеціальних емуляторах та відлагоджувальних програмах. Обов'язково потрібно зробити верифікацію записаної в мікроконтролер програми зчитавши вміст пам'яті. В програмі мають бути передбаченні механізми контролю за переповненням стека, та постійного контролю цілісності програмної та оперативної пам'яті. Цілісність пам'яті можливо перевірити виконавши згортку за будь-яким алгоритмом CRC (cyclical redundancy check) та порівнювати результат з попередньою згорткою пам'яті.

Дуже часто при передачі даних відбуваються збої в роботі інтерфейсів, які спричинені впливами зовнішніх завад та неполадками в апаратурі, тому

необхідно ввести програмні засоби постійного контролю за станом даних, що передаються. Найпоширенішими помилками при передачі даних є такі: спотворення або зникнення перших байтів пакету даних, неповний прийом або передача пакету даних, невідповідність швидкості приймача та передавача, неготовність модуля прийому-передачі до нових даних.

Програмна перед будь-якою процедурою передачі даних має перевірити коректність роботи того чи іншого інтерфейсу шляхом тестового запису-читання потрібного зовнішнього модуля, а при виникненні збою видати повідомлення про помилку. Для контролю даних на коректність при передачі їх зручно розбивати на інформаційні пакети, в яких вказується тип пакету, його довжина, призначення та контрольна сума CRC, яка перевіряється програмою після прийому. За таким принципом побудовані такі протоколи обміну як ModBus та CAN.

Програмне забезпечення ОВЕ після зчитування даних з АЦП, флеш-пам'яті, опитування цифрових чи аналогових датчиків перед подальшою обробкою згідно математичної моделі має обов'язково перевіритись на коректність. Перевіряється як допустимий діапазон отриманих величин (максимум і мінімум) так і відповідність даних до очікуваного типу, наприклад довжину порядку та мантиси в числах з плаваючою крапкою. При помилці необхідно повторити спробу читання, а надалі вивести оператору ОВЕ відповідне повідомлення.

Для забезпечення роботоздатності ОВЕ, тобто стану, при якому ОВЕ здатний виконувати задані функції з параметрами, встановленими вимогами стандартів, технічних умов та іншої нормативно-технічної документації, необхідно щоб програмне забезпечення було максимально стійким до описаних вище відмов.

На рис. 2 запропоновано блок-схема алгоритму роботи ОВЕ для забезпечення його інформаційної надійності.

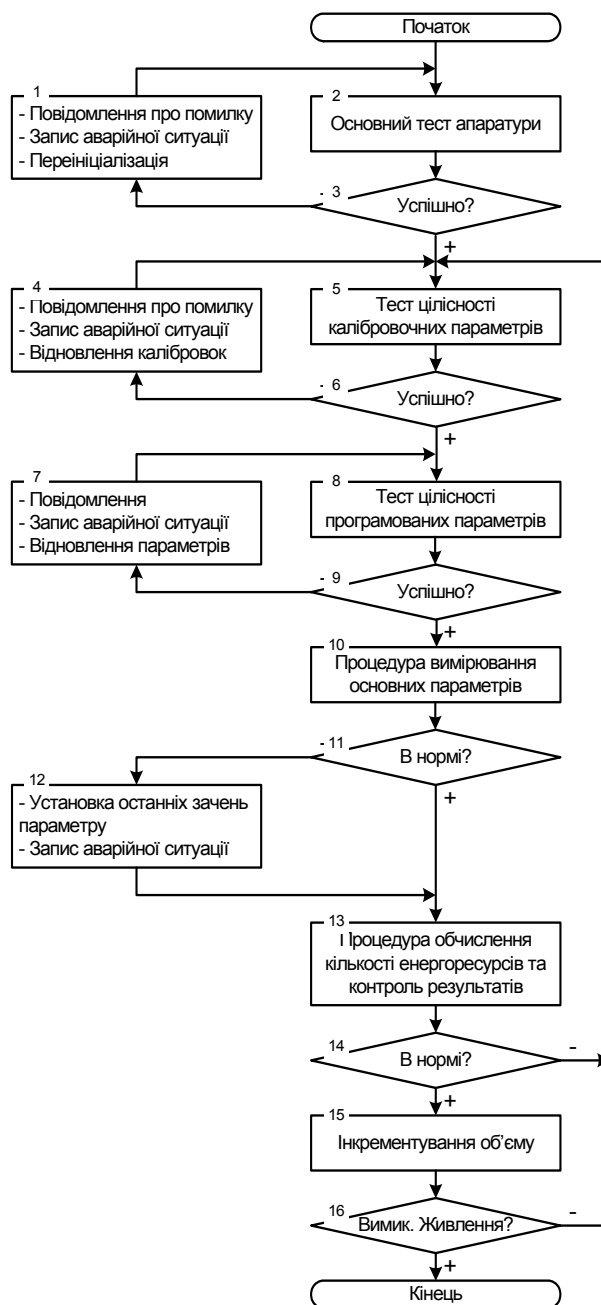


Рис. 2. Блок-схема алгоритму роботи ОВЕ для забезпечення його інформаційної надійності

Опишемо його детальніше. Після старту програма проводить основний тест апаратури обчислювача витрати енергоресурсів, який полягає в перевірці роботи компонентів приведених на рис. 1. Відбувається тестові підпрограми запису-читання флеш-пам'яті, ініціалізація блоків введення-виведення інформації, АЦП та проводиться відновлення програмованих параметрів в оперативну пам'ять з енергонезалежної пам'яті. При невірному виконанні та-

кого тесту програма ОВЕ повідомляє оператору про критичну помилку, записує код помилки у власну архівну пам'ять та намагається перезапустити обчислювач витрати енергоресурсів.

В основному циклі програми насамперед відбувається тест цілісності калібрувальних кодів АЦП, які відповідають відповідним значення сигналів з датчиків параметрів енергоносія (температури, тиску, перепаду тиску тощо). Без цих даних програма не може проводити точний розрахунок фізичних параметрів енергоносія, тому доцільно зберігати декілька копій калібрувальних кодів в різних мікросхемах пам'яті, наприклад у внутрішній пам'яті мікроконтролера та зовнішній флеш-пам'яті. У випадку ж пошкодження всіх можливих джерел калібрувальних кодів програма автоматично має перейти на обчислення кодів за константними величинами, але повідомити про серйозну помилку.

Після перевірки калібрувальних кодів відбувається тест цілісності програмованих параметрів, які містять запрограмовану оператором інформацію про характеристики облікового місця, фізичні параметри енергоносія, налаштовують режими роботи роботи інтерфейсів обміну даними, наприклад: швидкість обміну ОВЕ з ЕОМ, поточний барометричний тиск, фізичні параметри теплоносія, тощо.

При пошкодженні програмованих параметрів програма видає повідомлення про помилку і намагається відновити їх старе значення із флеш-пам'яті, інакше встановлює програмовані параметри по замовчуванню.

При коректності калібрувальних та програмованих параметрів програма опитує датчики, та розраховує миттєву витрату теплоносія, і тільки після перевірки результату обчислення виконує інтегрування загального об'єму теплоносія.

Структура обчислювача витрати енергоресурсів складається із послідовно, з точки зору надійності,

з'єднаних конструктивних блоків, які характеризуються тим, що відмова одного із блоків призводить до відмови роботи обчислювача. Кожний блок має свою власну надійність, незалежну від надійності інших блоків.

Тому ймовірність  $P(t)$  безвідмовної роботи обчислювача визначається як добуток ймовірностей безвідмовної роботи окремих блоків (АЦП, флеш-пам'яті, годинника реального часу, і т.д.):

$$P(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t),$$

де  $t$  – час напрацювання на відмову;  $P_i(t)$  – ймовірності безвідмовної роботи кожного блока,  $n$  – кількість блоків..

## Висновок

Запропонована структура програмного забезпечення обчислювача витрати енергоресурсів дозволяє отримати високу надійність та стійкість приладу ОВЕ, що є запорукою його успішної експлуатації.

## Література

1. Вимірювання витрати та кількості газу: Довідник. – Івано-Франківськ: Сімик, 2004. – 160 с.
2. Локазюк В.М. Надійність, помилки і тестування програмного забезпечення комп'ютерних пристроїв та систем: Навчальний посібник. – Хмельницький: ТУП, 2003. – 75 с.
3. Володарський Є.Т., Кухарчук В.В., Поджаренко В.О., Сердюк Г.Б. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю: Навчальний посібник. – Вінниця: Велес, 2001. – 219 с.

*Надійшла до редакції 22.02.2007*

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. С.М. Злепко, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.