

Корисна модель належить до галузі енергетичного менеджменту, електроніки та автоматизації. Вона може бути використана для вимірювання напруги, струму, енергії та заряду в реальному часі та збереження історії вимірювань у хмарному сховищі.

У сучасних пристроях використовують акумулятори, робочі характеристики яких суттєво погіршуються внаслідок деградації та старіння. Існуючі ринкові системи моніторингу споживання енергії та тестування акумуляторів, як правило, не забезпечують необхідних вимірювань при малих струмах, мають обмежений функціонал щодо довготривалого збору даних та, у більшості випадків, не підтримують хмарне збереження і подальшу аналітичну обробку. Відхилення фактичних параметрів акумулятора, таких як ємність або тривалість роботи, від заявлених виробником можуть знизити якість користувацького досвіду та бути підставою для передчасної заміни акумулятора. Тому актуальною задачею є створення високоточної системи моніторингу та тестування великої кількості акумуляторів, здатної здійснювати вимірювання напруги, струму, енергії та заряду в реальному часі для кількох акумуляторів одночасно, із забезпеченням надійного хмарного збереження історії вимірювань та можливістю подальшої аналітики.

Відома система моніторингу споживання енергії та тестування акумуляторів NEWARE CT/CE-8000 [1], яка складається із цифрового монітора, мікроконтролера, мікросхеми пам'яті, трансивера Wi-Fi, хмарного сервера.

Недоліками системи моніторингу споживання енергії та тестування акумуляторів є неможливість одночасного тестування декількох акумуляторів, що обмежує її застосування у сценаріях масового або паралельного тестування. Крім того, система не містить вбудованого дисплея для локального відображення результатів вимірювань, унаслідок чого користувач змушений використовувати персональний комп'ютер (ПК) для перегляду даних, що ускладнює експлуатацію та знижує мобільність пристрою.

Найбільш близьким аналогом є система моніторингу споживання енергії та тестування акумуляторів [2], яка складається із цифрового монітора, дисплея, мікроконтролера, мікросхеми пам'яті, трансивера Wi-Fi, хмарного сервера. Вказана система базується на принципах розподілених обчислень та модульності, де задачі реального часу виконує мікроконтролер, а задачі мережевої комунікації та передачі даних - трансивер Wi-Fi. Архітектура системи дозволяє забезпечити високу точність вимірювань без затримок, пов'язаних із обробкою мережових протоколів. Відповідно, маючи розподілені задачі, кожен модуль системи виконує свою конкретну роль: цифровий монітор здійснює вимірювання напруги, струму та інших параметрів акумулятора з подальшою передачею результатів у цифровому вигляді до мікроконтролера; мікроконтролер виступає в ролі головного обчислювального центру (керує периферією, збирає дані та обробляє їх), а трансивер Wi-Fi діє як мережевий адаптер, головне завдання якого отримані дані від мікроконтролера через інтерфейс UART і відправити їх через Wi-Fi на хмарний сервер. Сервер же приймає та зберігає отримані дані в базу даних, а сайт візуалізує дані, щоб можна було оцінити проведені вимірювання.

Недоліками найбільш близького аналога є неможливість тестування декількох акумуляторів одночасно, що призводить до значного збільшення загального часу проведення вимірювань.

В основу корисної моделі поставлена задача створити систему, яка забезпечуватиме моніторинг споживання енергії та одночасного тестування декількох акумуляторів із мінімальним часом тестування та зручним відображенням інформації на дисплеї.

Поставлена задача вирішується створенням системи моніторингу споживання енергії та тестування акумуляторів, що містить цифровий монітор, мікроконтролер, мікросхему пам'яті, дисплей, трансивер Wi-Fi, хмарний сервер, у якій новим є те, що вона містить щонайменше один додатковий цифровий монітор.

Виконання системи з використанням щонайменше двох цифрових моніторів є суттєвим для досягнення поставленої задачі, оскільки саме архітектура з декількома вимірювальними каналами забезпечує можливість одночасного тестування декількох акумуляторів, що безпосередньо скорочує загальний час проведення вимірювань. Наявність двох і більше незалежних вимірювальних каналів дозволяє паралельно зчитувати параметри кожного акумулятора без взаємного впливу та без необхідності послідовного перемикання між ними, що усуває затримки та втрати точності.

Основою системи є цифрові монітори типу INA228, INA229. Їх ініціалізація та зчитування здійснюються через інтерфейс I2C. Ключовим етапом роботи системи є програмне калібрування цифрових моніторів, яке виконується для забезпечення коректного перетворення "сирих" значень регістрів у фізичні величини, такі як струм, напруга, потужність, енергія та заряд.

Структурно програмне забезпечення мікроконтролера типу STM32 поділяється на три логічні рівні:

- рівень драйверів - забезпечує низькорівневу взаємодію через інтерфейс I2C з цифровим монітором та з мікросхемами пам'яті типу AT24C256, через інтерфейс SPI з дисплеєм типу ST7789 та через інтерфейс UART для зв'язку з трансивером Wi-Fi типу ESP8266;
- рівень логіки - реалізує алгоритми калібрування цифрових моніторів, станів тестування (початку та зупинки), обробку користувацького вводу та формування пакетів даних;
- рівень комунікації та представлення - відповідає за виведення даних на дисплей та формування

даних у формат JSON для передачі через інтерфейс UART.

На рисунку наведена схема системи моніторингу споживання енергії та тестування акумуляторів.

Система моніторингу споживання енергії та тестування акумуляторів містить цифрові монітори 1.1, 1.2, дисплей 2, мікроконтролер 3, мікросхему пам'яті 4, трансивер Wi-Fi 5, хмарний сервер 6.

Працює система наступним чином:

Мікроконтролер 3 виконує роль центрального процесора системи, керує всіма іншими компонентами та обробляє отримані дані. Цифрові монітори 1.1 та 1.2 вимірюють параметри акумуляторів і передають результати вимірювань у цифровому вигляді через інтерфейс I2C до мікроконтролера 3. Мікросхема пам'яті 4 використовується для енергонезалежного зберігання журналів даних, тобто історичних записів вимірювань, які повинні зберігатися навіть після вимкнення живлення, щоб забезпечити безперервність та достовірність тестування. Мікросхема пам'яті 4 отримує дані для збереження від мікроконтролера 3 через інтерфейс I2C. Дисплей 2 призначений для локального відображення зібраних даних і підключений до мікроконтролера 3 через високошвидкісний інтерфейс SPI. Трансивер Wi-Fi 5 забезпечує бездротовий зв'язок системи та взаємодіє з мікроконтролером 3 через інтерфейс UART. Через трансивер Wi-Fi 5 дані передають до хмарного сервера 6. Для ефективного обміну повідомленнями з хмарним сервером 6 використовують протокол MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), а сам хмарний сервер 6 включає базу даних для зберігання вимірювань і веб-інтерфейс для їх віддаленого перегляду.

Таким чином, мікроконтролер 3 зчитує дані з цифрових моніторів 1.1, 1.2, відображає їх на дисплеї 2 та зберігає у мікросхемі пам'яті 4, та передає через трансивер Wi-Fi 5 на хмарний сервер 6.

Використання заявленої системи моніторингу споживання енергії та тестування акумуляторів дозволить одночасно тестувати декілька акумуляторів, що значно прискорює процес тестування.

Джерела інформації:

1. <https://www.neware.net/products/ctce-8000-series.htm>

2. Хіміч В.С. "Система моніторингу споживання енергії та тестування акумуляторів": магістерська дисертація: 171 Електроніка. - КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ 2025. - 75 с.

