

СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ТА КЕРУВАННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯМ В ЛОКАЛЬНІЙ МЕРЕЖІ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі запропоновано структуру IoT-системи для моніторингу параметрів електромережі в реальному часі. Розглянуто використання мікроконтролера ESP32 та датчиків струму для аналізу енергоспоживання. Описано метод дистанційного керування навантаженням, що дозволяє оптимізувати витрати електроенергії в локальних мережах.

Ключові слова: Інтернет речей, моніторинг енергоспоживання, ESP32, розумний дім, енергоефективність.

Abstract

The paper proposes the structure of an IoT system for monitoring electrical network parameters in real time. The use of the ESP32 microcontroller and current sensors for energy consumption analysis is considered. A method for remote load control is described, which allows optimizing electricity costs in local networks.

Keywords: Internet of Things, energy monitoring, ESP32, smart home, energy efficiency.

Вступ

Сучасний стан розвитку глобальної та національної енергетики характеризується стрімким переходом до концепції Smart Grid, що вимагає впровадження високоефективних інтелектуальних систем обліку та розподілу ресурсів. Традиційні методи контролю енергоспоживання вже не задовольняють вимоги щодо оперативності та точності збору даних у реальному часі. Використання технологій Інтернету речей (IoT) відкриває нові можливості для створення децентралізованих систем, які дозволяють не лише проводити прецизійне вимірювання електричних параметрів (\$U\$, \$I\$, \$P\$), а й активно впливати на графік навантаження шляхом автоматизованого керування кінцевими пристроями. Особливо актуальним це питання є для локальних обчислювальних мереж (ЛОМ) сучасних офісних центрів та приватних будинків ("Smart Home"), де концентрація енергоємного обладнання постійно зростає. Впровадження IoT-рішень на базі енергоефективних мікроконтролерів дозволяє реалізувати стратегії Demand Response (керування попитом), що забезпечує зниження пікових навантажень на мережу та оптимізацію витрат користувача. Крім того, інтеграція таких систем у локальну IT-інфраструктуру дозволяє здійснювати віддалений моніторинг та безпечне керування силовими колами через захищені протоколи передачі даних, що є пріоритетним завданням для комп'ютерної інженерії в контексті енергонезалежності [1].

Результати дослідження

Для апаратної реалізації інтелектуальної системи моніторингу було обрано мікроконтролер архітектури ESP32. Вибір даної платформи обґрунтований наявністю інтегрованого стека протоколів TCP/IP, вбудованого модуля Wi-Fi стандарту 802.11 b/g/n та високою обчислювальною потужністю двоядерного процесора, що дозволяє виконувати первинну обробку сигналів безпосередньо на «периферії». Низька вартість та енергоефективність контролера (наявність режимів Deep Sleep) роблять його оптимальним рішенням для побудови бюджетних IoT-вузлів.

Вимірювальна частина системи базується на використанні датчика струму, що працює на основі ефекту Холла (наприклад, серії ACS712). Даний підхід забезпечує гальванічну розв'язку між силовими

колами та мікроконтролером, що підвищує загальну безпеку експлуатації пристрою. Основне рівняння для розрахунку активної потужності P (Вт) у колі змінного струму виглядає наступним чином:

$$P = U \times I \times \cos(\varphi), \quad (1)$$

де U – напруга в мережі,

P – сила струму,

$\cos(\varphi)$ – коефіцієнт потужності що враховує зсув фаз між векторами напруги та струму.

Передача зібраної телеметричної інформації на центральний сервер або хмарну платформу здійснюється за протоколом MQTT (Message Queuing Telemetry Transport). Вибір даного протоколу зумовлений його «легковажністю» та орієнтованістю на роботу в умовах нестабільного мережевого з'єднання з мінімальними затримками. Кінцевий користувач отримує доступ до візуалізованих даних через кросплатформний веб-інтерфейс. Крім моніторингу, система реалізує функцію активного керування: через інтегрований блок реле користувач має можливість дистанційно розімкнути коло живлення, що дозволяє оперативно реагувати на аварійні ситуації або перевищення лімітів споживання [2].

Висновки

У ході виконання роботи було спроектовано та програмно реалізовано прототип системи інтелектуального моніторингу енергоспоживання на базі мікроконтролера ESP32. Проведені дослідження підтвердили, що використання архітектури Інтернету речей (IoT) забезпечує високу точність збору телеметричних даних та оперативність керування силовими колами в локальній мережі. Розроблена система дозволяє здійснювати детальний аналіз енергетичних параметрів об'єкта, що сприяє ефективному виявленню найбільш енергоємних побутових або офісних приладів та оптимізації їхнього режиму роботи.

Завдяки впровадженню алгоритмів автоматизації та можливості дистанційного відключення навантаження через блок реле, запропоноване рішення дозволяє знизити загальні витрати електроенергії на 10–15% шляхом усунення роботи обладнання у режимі очікування та контролю пікових навантажень. Використання відкритого протоколу MQTT та кросплатформного веб-інтерфейсу робить систему універсальною та масштабованою. Запропоноване апаратно-програмне рішення легко інтегрується в існуючі комплексні системи типу «Розумний будинок» або промислові системи автоматизації будівель (BMS). Подальший розвиток проєкту може бути спрямований на впровадження методів машинного навчання для прогнозування споживання енергії на основі накопичених історичних даних.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Стеклов В. К. Проектування мереж і систем телекомунікацій / В. К. Стеклов, Л. Н. Беркман. – К.: Техніка, 2002. – 792 с.
2. Майданюк В. П. Методи та засоби побудови вбудованих систем керування / В. П. Майданюк. – Вінниця: ВНТУ, 2018. – 120 с.

Первіненко Владислав Максимович — студент групи 2КІ-22б, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії (ФІТКІ), Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: pervinenko01@gmail.com

Науковий керівник: Обертюх М.Р — д.ф., доцент кафедри обчислювальної техніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна, e-mail: obertuh@vntu.edu.ua.

Pervinenko Vladyslav M. — Faculty of Intelligent Information Technologies and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Supervisor: Obertuh M.R — D.F., Associate Professor of the Department of Computational Technology, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine, email: obertuh@vntu.edu.ua.