

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ  
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА  
ЕЛЕКТРОІНЖЕНЕРІЇ  
КАФЕДРА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

**Буркало Василь Іванович**

УДК 621.3

**Системи обліку та передачі даних спожитої електроенергії**

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

**Автореферат**

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль2019

Роботу виконано на кафедрі електричної інженерії. Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

**Керівник роботи:** доктор технічних наук, професор кафедри електричної інженерії  
**Андрійчук Володимир Андрійович,**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,

**Рецензент:** кандидат технічних наук, доцент кафедри вищої математики  
**Федак Сергій Ігнатович,**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,

Захист відбудеться 23 грудня 2019 р. о 9<sup>00</sup> годині на засіданні екзаменаційної комісії №39 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Микулинецька, 46, навчальний корпус №7, ауд. 310

**Актуальність теми.** В даний час широко використовуються автоматизовані системи збору та отримання інформації від різноманітних джерел. Такі системи дозволяють людині підвищити ефективність управління об'єктами в різних сферах його діяльності.

Одна з цілей автоматизації - це підвищення якості управління об'єктів за рахунок своєчасного надання інформації оператору в необхідні терміни і в необхідній формі. Такі системи застосовуються в тих галузях, де потрібен постійний контроль над об'єктами. Облік електричної енергії - один із прикладів того, де є потреба у інформаційному контролі про спожиту електроенергії.

Визначити показники якості електроенергії досить важко. Складність полягає в тому, що всі процеси, які виникають в електромережах, протікають дуже швидко. Такі процеси можуть бути тільки зафіксовані, але не виміряні безпосередньо. Тому, їх потрібно розраховувати і видавати об'єктивний висновок тільки по статистично оброблених результатах. Зрозуміло, що для точного визначення показників якості електроенергії потрібно здійснювати безперервне спостереження, виконувати великий обсяг вимірювань, з досить великою швидкістю і паралельно здійснювати математичну і статистичну обробку отриманих даних. Для вирішення цієї проблеми необхідна автоматизована система обліку та моніторингу електроенергії.

**Мета і завдання роботи:** Розробити контролер для системи дистанційного моніторингу спожитої електричної енергії, який здатний отримувати дані про стан електричних мереж з датчиків струму і напруги та передавати їх на віддалений сервер.

**Об'єкт дослідження:** процеси обліку і контролю енергоресурсів.

**Предмет дослідження:** Техніко-енергетичні характеристики працездатності і якості функціонування автоматизованої системи керування і обліку електроенергії в різних режимах, а також її програмна реалізація.

**Наукова новизна отриманих результатів дослідження:**

1. Запропоновано алгоритми для автоматизованої системи обліку електроенергії з різними модулями, а саме: з Ethernet модулем, GSM модулем і Wi-fi модулем.
2. Удосконалено математичну модель корекції похибки перетворювача струму для використання в широкому діапазоні вхідних струмів і частот.

**Практичне значення отриманих результатів дослідження:**

1. Запропоновано контролер, який є частиною автоматизованої системи дистанційного моніторингу, здатний отримувати дані про стан електричних мереж від датчика PZEM 004T і передавати їх на віддалений сервер.
2. Розроблено тестові програми для перевірки роботи розробленого контролера з різними пристроями, такими як: модуль Wi-fi ESP 12-E на базі мікросхеми ESP8266, модуль Ethernet, датчика PZEM 004T

### **Апробація.**

1. М. М. Свідницький, В. І. Буркало, Я. О. Філюк канд. техн. наук. Пристрій обліку електричної енергії в режимі реального часу // зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 27–28 листоп. 2019.) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль : ТНТУ, 2019. – С. 58.

**Структура роботи.** Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 8 розділів, висновків та переліку посилань. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 112 арк. формату

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

**У вступі** дана характеристика актуальності тематики магістерської роботи, визначено об'єкт та предмет досліджень, сформульовано наукову новизну та практичну цінність роботи, її апробацію.

**У першому розділі** зроблено аналіз літературних джерел про існуючі системи обліку та розглянуто системи автоматизованого обліку електричної енергії.

**У другому розділі** дано характеристику заходам необхідних для зниження втрат електроенергії. Проведено аналіз засобів обліку електроенергії в Тернопільській області. Розглянуто варіант автоматизованої вимірювальної системи контролю режимів роботи обліку розподіленого енергоспоживання на базі дворівневої моделі автоматизованої вимірювальної системи.

**У третьому розділі** розглянуто систему моніторингу електричних мереж, яка складається з двох функціональних модулів: програмного, який встановлюється на віддаленому сервері, і апаратного, який розміщується на кожному об'єкті моніторингу. Проведено вибір компонентів системи моніторингу спожитої електроенергії. Для реалізації даної системи було використано універсальну платформу Arduino Uno і додаткову плату, за допомогою якої здійснено передачу даних по каналу Wi-Fi, Ethernet або GSM, також датчик струму та напруги PZEM-004T.

**У четвертому розділі** розроблено принципову схему автоматизованої вимірювальної системи, яка включає в себе: Базовий мікроконтролер; Ethernet контролер; датчик PZEM 004T; Wi-Fi модуль; GSM модуль. Розглянуто алгоритм роботи контролера з використанням Ethernet модуля, Wi-Fi модуля і GSM модуля. Представлено експериментальні дослідження споживання електричної енергії розробленою системою моніторингу. Описано метод корекції похибки перетворювачів струму, придатного для використання в широкому діапазоні вхідних струмів і частот.

**У п'ятому розділі** дано характеристику протоколам для передачі даних спожитої електроенергії. Детально розглянуто типи повідомлення в протоколі MQTT. Для забезпечення безпеки в MQTT протоколі реалізовані наступні методи захисту: аутентифікація клієнтів. Пакет CONNECT може містити в собі поля USERNAME і PASSWORD. При реалізації брокера було використано ці поля для аутентифікації клієнта; контроль доступу клієнтів через Client ID; підключення до

брокера через TLS / SSL. Протокол MQTT підтримує три рівні якості обслуговування при передачі даних.

**У шостому розділі** дано економічне обґрунтування затратам на виробництво нової автоматизованої системи обліку спожитої електроенергії.

**У сьомому та восьмому розділах** розглянуто питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях в електротехнічній галузі, а також збереження екології оточуючого середовища.

## **ВИСНОВКИ**

В магістерській роботі проведено огляд технологій і устаткування, що дозволяють отримувати дані про стан електричних мереж з подальшим відправленням їх на віддалений сервер. Основні результати отримані в роботі:

1. Проведений аналіз існуючих методів, засобів комерційного і технічного обліку електроенергії показало, що системи обліку практично не забезпечують необхідної точності, так як вимірювальні пристрої мають велику похибку і працюють в умовах не належних їх експлуатаційним характеристикам.

2. В Тернопільській області сумарна кількість діючих електронних приладів обліку споживання електричної енергії станом на жовтень 2019 року становить 449429 шт, з яких 252342 шт – електронні (56,15%) та 197087 шт – індукційні (43,85%). Серед електронних лічильників електроенергії 9225 шт – ті, які дистанційно передають дані щодо обліку.

3. Розроблено контролер, який є частиною автоматизованої системи дистанційного моніторингу, здатний отримувати дані про стан електричних мереж від датчика PZEM 004T.

4. Розроблено три алгоритму роботи контролера з різними модулями: з Ethernet модулем, GSM модулем і Wi-fi модулем. Для роботи контролера з Ethernet модулем була написана програма.

5. Розроблено тестові програми для перевірки роботи контролера з різними пристроями, такими як: модуль Wi-fi ESP 12-E на базі мікросхеми ESP8266, модуль Ethernet, датчика PZEM 004T.

6. Удосконалено математичну модель перетворювача струму з корекцією похибки сигналу показали, що похибка перетворення типового вимірювального перетворювача струму можна зменшити в 5-10 разів шляхом введення додаткового коригуючого каналу. В результаті моделювання встановлено, що істотно розширюється діапазон робочих струмів і частот, діапазон зміни робочого навантаження у вторинному ланцюзі перетворювача, знижується вплив зовнішніх факторів на точність вимірювання електроенергії

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ**

1. М. М. Свідницький, В. І. Буркало, Я. О. Філюк канд. техн. наук. Пристрій обліку електричної енергії в режимі реального часу // зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 27–28 листоп. 2019.) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль : ТНТУ, 2019. – С. 58.

## АНОТАЦІЯ

В дипломній роботі магістра було розробити контролер для автоматизованої системи дистанційного моніторингу електричних мереж, здатний отримувати дані про стан електричних мереж і відправляти їх на віддалений сервер. Розроблено контролер, який є частиною автоматизованої системи дистанційного моніторингу, здатний отримувати дані про стан електричних мереж від датчика PZEM 004T. Складено три алгоритму роботи контролера з різними модулями, а саме: з Ethernet модулем, GSM модулем і Wi-fi модулем. Для роботи контролера з Ethernet модулем була написана програма. Написано тестові програми для перевірки роботи контролера з різними периферійними пристроями, такими як: модуль Wi-fi ESP 12-E на базі мікросхеми ESP8266, модуль Ethernet, датчика PZEM 004T.

**Ключові слова:** автоматизована система контролю і обліку електроенергії, мікроконтролер, датчик струму, датчик напруги, електроенергія.

## Abstract

The master's thesis was to develop a controller for an automated system for remote monitoring of electrical networks, capable of receiving data on the status of electrical networks and sending them to a remote server. A controller has been developed that is part of an automated remote monitoring system capable of receiving electrical network status data from the PZEM 004T sensor. There are three algorithms for controller operation with different modules, namely: Ethernet module, GSM module and Wi-fi module. A program was written to operate the controller with the Ethernet module. Test programs have been written to test the operation of the controller with various peripherals, such as: ESP8266 chip based Wi-fi ESP 12-E module, Ethernet module, PZEM 004T sensor.

**Keywords:** automated system of control and accounting of the electric power, microcontroller, current sensor, voltage sensor, electricity.