

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Факультет енергетики та інформаційних технологій
Кафедра електротехніки, електромеханіки і електротехнологій

ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему:

**ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ОБЛІКУ ТА
ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ СПОЖИТОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ
ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ "БОГАТИР"
ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ**

Виконав:

здобувач вищої освіти денної форми
навчання освітнього ступеня «Магістр»,
освітньо-професійної програми
«Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка» спеціальності 141
«Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

_____ **Денис ДАРМАЛЮК**

Керівник: кандидат технічних наук, доцент

_____ **Юрій ПАНЦИР**

Оцінка захисту:

Національна шкала _____

Кількість балів _____ Шкала ECTS _____

Допускається до захисту:

«___» _____ 2023 р.

Керівник проектної групи
(гарант освітньої програми)

«Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»

кандидат технічних наук, доцент _____ **Ігор ГАРАСИМЧУК**

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	9
1.1. Недоліки чинної системи збору та обробки показань приладів обліку	9
1.2. Переваги організації обліку за допомогою автоматизованих систем	10
1.3. Індукційний вимірювальний механізм	15
1.4. Вимірювання енергії електронними лічильниками	16
1.5. Точність вимірювань електричної енергії лічильником	18
1.6. Схеми включення однофазних лічильників	19
1.7. Схеми включення трифазних лічильників в електроустановках напругою 380/220 В	21
1.8. Принцип роботи АСКОЕ	24
1.8.1. Побудова системи АСКОЕ з проведенням опитування приладів обліку через оптичні порти	26
1.8.2. Організація АСКОЕ з проведенням автоматичного опитування лічильників локальним центром збору та обробки даних	28
Висновки до розділу 1	30
РОЗДІЛ 2. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	31
2.1. Аналіз заходів необхідних для зниження втрат електроенергії	31
2.2. Аналіз технічних засобів обліку електроенергії області	33
2.3. Загальна структурна схема АСКОЕ	39
Висновки до розділу 2	41
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	42
3.1. Опис системи моніторингу спожитої електроенергії	42
3.2. Вибір компонентів системи моніторингу спожитої електроенергії	44

3.2.1. Універсальна платформа Aduino Uno.....	44
3.2.2 Ethernet модуль ENC28J60	46
3.2.3 Wi-Fi модуль ESP8266.....	47
3.2.4 GSM-модуль SIM800L.....	51
3.2.5 Датчик струму та напруги PZEM-004T	52
Висновки до розділу 3	53
РОЗДІЛ 4. ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	54
4.1. Структурна схема системи моніторингу спожитої електроенергії.....	54
4.2. Алгоритм роботи контролера в системі моніторингу спожитої електроенергії.....	55
4.3. Експериментальні дослідження споживання електричної енергії розробленою системою моніторингу	59
4.4. Метод корекції похибки перетворювачів струму	60
Висновки до розділу 4	63
РОЗДІЛ 5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	64
5.1. Короткий огляд протоколів для передачі даних	64
5.2. Типи повідомлення в MQTT.....	66
5.3. Захист та якість передачі даних.....	72
РОЗДІЛ 6. ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	74
6.1. Організаційна частина	74
6.2. Економічна частина	75
РОЗДІЛ 7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	
7.1 Охорона праці.....	86
7.1.1 Безпека при виготовленні друкованих плат	86
7.1.2. Техніка безпеки при експлуатації електрообладнання та електромереж	88
7.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях	90

7.2.1. Проведення планування заходів цивільного захисту на підприємстві у випадку надзвичайних ситуацій.....	90
7.2.2. Дослідження стійкості роботи у надзвичайних ситуаціях підприємств електротехнічної та світлотехнічної галузі.....	93
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	97
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	98

ВСТУП

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 електроенергію.

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 результатів. 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

Публікації: Денис ДАРМАЛЮК / Короткий огляд протоколів для передачі даних // III Всеукраїнська студентська науково-практична конференція «Ефективне використання енергії: стан і перспективи» (09 листопада 2023 року) / Заклад вищої освіти «Подільський державний університет». Кам'янець – Подільський. 2023.

Структура роботи. Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки, яка виконана на 99 сторінках та презентаційних матеріалів. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 7 розділів, висновків та переліку літературних посилань.

ЗАГАЛЬНІ 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. У Вінницькій області сумарна кількість діючих електронних приладів обліку споживання електричної енергії станом на грудень 2022 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 колі перетворювача, знижується вплив зовнішніх факторів на точність вимірювання електроенергії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Офіційний сайт Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України: <http://saee.gov.ua>.
2. Офіційний сайт ДП «Укрметртестстандарт»: <http://www.ukrctsm.kiev.ua>
3. Інформаційно-консультаційний центр АТ "Вінницяобленерго". <https://www.voe.com.ua/informatsiyno-konsultatsiynyy-tsentr>
4. Є.З. Маланчук. Моделювання та аналіз цифрових схем. Підручник / Є.З. Маланчук, В.В. Макаренко, В.М. Співак, Г. Г. Власюк, А.В. Рудик. – Рівне: НУВГП, 2018. – 463 с.
5. Впровадження інтелектуальних систем вимірювань електроенергії: європейський досвід. В.І. Попович, В.Д. Старинець, О.В. Старинець. 2013-2014.
6. Smart Metering в концепции Smart Grid, И.М. Нестеров, 2013.
7. АСКУЕ НЕК «Укренерго»: досвід експлуатації та перспективи розвитку. Іляшевський В.А. Електропанорама, № 12, 2011. № 1-2, 2012.
8. Концептуальні положення побудови АСКОЕ в умовах запровадження перспективних моделей енергоринку України. Праховник А.В., Коцар О.В. Енергетика та електрифікація, № 2, 2009.
9. Практичні аспекти побудови та експлуатації АСКОЕ кінцевих споживачів. Коцар О.В., Поліщук О.Ю. Енергетика та електрифікація, № 6, 2013.
10. Побудова систем обліку електроенергії об'єктів альтернативної енергетики. Калінчик В. П., Шиянов О. О., Філянін Д. В., Кульбачний П. В. 2013.
11. Денис ДАРМАЛЮК, Юрій ПАНЦИР, Павло ПОТАПСЬКИЙ / Короткий огляд протоколів для передачі даних // III Всеукраїнська студентська науково-практична конференція «Ефективне використання енергії: стан і перспективи» (09 листопада 2023 року) / Заклад вищої освіти «Подільський державний університет». Кам'янець – Подільський. 2023.
12. Улаштування автоматизованих систем комерційного обліку електричної енергії в багатоквартирних житлових будинках. Пілотні проекти.

Пошук інвестицій. Кирпенко І.М. Новини енергетики, № 7, 2012.

13. Формування даних комерційного обліку в ОРЕ України / Коцар О.В. Енергетика та електрифікація, № 10, 2012.

14. Формування цінності взаємовідносин енергопостачальних підприємств зі споживачами електроенергії. Перерва П.Г., Омеляненко Т.В. Маркетинг і менеджмент інновацій, №1, 2014.

15. Шляхи підвищення ефективності автоматизованого керування об'єктами енергетичних компаній та систем, Кігель А.Г. Наукові праці Донецького національного технічного університету, № 11 (186), 2011.

16. Автоматизована система обліку електричної енергії з контролем якості показників якості. Васильченко В.І., Гриб О.Г., Светелик О.Д., Тесик Ю.Ф. Енергетика та електрифікація, №11, 2013.

17. Правила улаштування електроустановок : [арх. 15 березня 2020] / Мін-енерговугілля України. — Київ : [б. в.], 2017. — 617 с.

18. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці: Підручник. - Л.: Афіша, 2002. - 320 с.

19. Електробезпека: Підручник / С. В. Панченко, О. І. Акімов, М. М. Бабаєв та ін. – Харків: УкрДУЗТ, 2018. – 295 с.

20. Методичні рекомендації щодо виконання та оформлення кваліфікаційної роботи магістра / Т.Д.Гуцол, Л.М.Михайлова, І.Д.Гарасимчук, В.М.Дубік, О.В.Ткач, П.В.Потапський. (За загальною редакцією Михайлової Л. М.) – ПДАТУ, 2019. – 30 с.

21. Основи безпечної експлуатації електроустановок: Підручник / С. В. Панченко, О. І. Акімов, М. М. Бабаєв та ін. – Харків: УкрДУЗТ, 2021. – 149 с.

22. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. Режим доступу: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://kubg.edu.ua/images/stories/podii/2017/06_21_posylannia/dstu_8302.pdf.

23. Система дистанційного навчання Moodle 2.7. – «ЗВО «ПДУ»». Режим доступу: <http://pdatu.net.ua/>. – Назва з екрана.