

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ ЗВАРЮВАННЯ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ

Виконав:

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

_____ **Олександр ГНЕННИЙ**

Керівник: кандидат технічних наук, доцент

_____ **Олександр КОЗАК**

Оцінка захисту:

Національна шкала _____

Кількість балів _____ Шкала ECTS _____

Допускається до захисту:

« _____ » _____ 2024 р.

Гарант освітньої програми «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка» спеціальності
141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

кандидат технічних наук, доцент _____ **Павло ПОТАПСЬКИЙ**

м. Кам'янець-Подільський, 2024р.

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
 Факультет енергетики та інформаційних технологій
 Кафедра електротехніки, електромеханіки і електротехнологій
 Освітній ступінь «Магістр»
 Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри,

Ігор ГАРАСИМЧУК

« ____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ здобувачу вищої освіти

ГНЕННОМУ Олександр Володимировичу

- 1. Тема роботи:** «Розробка та дослідження автоматизації електротехнологічного комплексу зварювання акумуляторних батарей»
- 2. Керівник роботи:** канд. техн. наук, доцент КОЗАК Олександр Володимирович
Затверджено наказом Закладу вищої освіти «Подільський державний університет» від 26 лютого 2024 року №104с.

Строк подання закінченої роботи 25 листопада 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи:

1. Правила влаштування електроустановок.
2. Аналіз іноземних та вітчизняних публікацій.
3. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): ВСТУП

- 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ ЗВАРЮВАННЯ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ
- 2 ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ТОЧКОВОГО ЗВАРЮВАННЯ
- 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ
- 4 ФУНКЦІОНУВАННЯ ВУЗЛА ЗВАРЮВАННЯ ПРИ ЗАМІНІ ПЛАТИ КОНТРОЛЮ ТА СИЛОВИХ КЛЮЧІВ
- 5 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЄКТУ
- ВИСНОВКИ
- СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

5. Перелік ілюстративного матеріалу:

Презентаційні матеріали по розділах роботи

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
2	Доцент Дубік В.М.		

7. Дата видачі завдання 10 червня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Етапи кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів	Підпис керівника
1	ВСТУП	10.09.24р.	
2	1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ ЗВАРЮВАННЯ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ	21.09.24 р.	
3	2 ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ТОЧКОВОГО ЗВАРЮВАННЯ	02.10.24 р.	
4	3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	17.10.24 р.	
5	4 ФУНКЦІОНУВАННЯ ВУЗЛА ЗВАРЮВАННЯ ПРИ ЗАМІНІ ПЛАТИ КОНТРОЛЮ ТА СИЛОВИХ КЛЮЧІВ	29.10.24 р.	
6	5 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЄКТУ	08.11.24 р.	
7	ВИСНОВКИ	21.11.24 р.	
8	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	23.11.24 р.	

Здобувач вищої освіти

_____ Олександр ГНЕННИЙ

Керівник роботи, доцент

_____ Олександр КОЗАК

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ ЗВАРЮВАННЯ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ	Ошибка! Закладка не определена.
1.1 Теоретичні відомості про точкове зварювання	Ошибка! Закладка не определена.
1.1.1 Вплив точкового зварювання на елементи батареї	Ошибка! Закладка не определена.
1.2 Опис технологічного процесу виготовлення акумуляторних збірок ...	Ошибка! Закладка не определена.
1.3 Визначення вузлів оптимізації ЕТК	Ошибка! Закладка не определена.
1.4 Основні чинники, що впливають на функціонування ЕТК зварювання батареї акумуляторів	Ошибка! Закладка не определена.
Висновки до розділу 1	Ошибка! Закладка не определена.
РОЗДІЛ 2 ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ТОЧКОВОГО ЗВАРЮВАННЯ	Ошибка! Закладка не определена.
2.1 Визначення параметрів збірки для точкового зварювання	Ошибка! Закладка не определена.
2.2 Підготовка до проведення дослідів. Огляд та аналіз обладнання.....	Ошибка! Закладка не определена.
2.2.1 Обладнання для проведення дослідів	Ошибка! Закладка не определена.
2.2.2 Підготовка до проведення дослідів	Ошибка! Закладка не определена.

Висновок до розділу 2..... **Ошибка! Закладка не определена.**

РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ**Ошибка! Закладка не определена.**

3.1 Проведення експерименту із метою дослідження вузла зварювання ЕТК
..... **Ошибка! Закладка не определена.**

3.2 Проведення аналітичного методу дослідження ЕТК зварювання **Ошибка! Закладка не определена.**

Висновки до розділу 3 **Ошибка! Закладка не определена.**

РОЗДІЛ 4 ФУНКЦІОНУВАННЯ ВУЗЛА ЗВАРЮВАННЯ ПРИ ЗАМІНІ ПЛАТИ КОНТРОЛЮ ТА СИЛОВИХ КЛЮЧІВ..... **Ошибка! Закладка не определена.**

4.1 Дослідження функціонування вузла зварювання при зміні плати контролю
..... **Ошибка! Закладка не определена.**

4.2 Дослідження показників режиму зварювання при заміні силових ключів
..... **Ошибка! Закладка не определена.**

Висновки до розділу 4 **Ошибка! Закладка не определена.**

РОЗДІЛ 5 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЄКТУ **Ошибка! Закладка не определена.**

5.1 Опис ідеї проєкту **Ошибка! Закладка не определена.**

5.2 Аудит технологічних можливостей компанії**Ошибка! Закладка не определена.**

5.3 Аналіз ринкової можливості старту проєкту**Ошибка! Закладка не определена.**

5.4. Пророблення стратегії виходу на ринок **Ошибка! Закладка не определена.**

5.5 Маркетингова програма стартап-проєкту... **Ошибка! Закладка не определена.**

Висновок до розділу 5.....	Ошибка! Закладка не определена.
ВИСНОВОКИ.....	12
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	14

АНОТАЦІЯ

Визначено наявність залежності параметрів режиму точкового зварювання на якість зварного з'єднання. Розроблено проєкт системи автоматичного керування вузла зварювання електротехнологічного комплексу у програмному середовищі Arduino IDE.

Отримані результати передбачають проведення нових досліджень процесу точкового зварювання для підвищення ефективності роботи електротехнологічного комплексу.

ANNOTATION

The dependence of spot welding mode parameters on the quality of the welded joint was determined. The project of the automatic control system of the welding unit of the electrotechnological complex was developed in the Arduino IDE software environment.

The obtained results provide for conducting new studies of the spot welding process to increase the efficiency of the electrotechnological complex.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота **«Розробка та дослідження автоматизації електротехнологічного комплексу зварювання акумуляторних батарей»** містить 85 аркушів формату А4, яка включає 50 рисунків, 14 таблиць та 10 джерел використаної літератури.

Акумуляторні батареї визнані ключовим елементом в енергетичній інфраструктурі сучасного світу. Вони забезпечують живлення електромобілів, роботів, портативних електронних пристроїв та багатьох інших застосувань. Враховуючи постійне зростання попиту на акумуляторні батареї, збільшення ефективності їх виробництва та забезпечення високої якості стають пріоритетними завданнями в галузі.

Подальший розвиток автоматизації технологічних процесів в галузі виробництва акумуляторних батарей є кроком вперед у створенні більш стійких, ефективних та екологічно чистих енергетичних рішень для сучасного світу і в разі поліпшить умови роботи технічного персоналу.

Одним із важливих етапів у виробництві акумуляторних збірок є точкове зварювання, яке використовується для з'єднання компонентів батареї. Цей процес вимагає високої точності позиціювання та якості для забезпечення довговічності та надійності батареї.

Ключові слова: АПАРАТ ТОЧКОВОГО ЗВАРЮВАННЯ, АКУМУЛЯТОРНА ЗБІРКА, ТОЧКОВЕ ЗВАРЮВАННЯ, ЕЛЕМЕНТИ БАТАРЕЇ, СИЛОВИЙ КЛЮЧ.

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ЕТК – Електротехнологічний комплекс;

AI – Artificial Intelligence;

GPIO – General-Purpose Input/Output;

IoT – Internet of Things.

ВСТУП

Автоматизація процесу точкового зварювання акумуляторних збірок є важливим напрямком для виробників у цій галузі, тому дослідження цього процесу для визначення можливостей і шляхів підвищення ефективності зварювальних з'єднань при виготовленні акумуляторних блоків шляхом автоматизації роботи вузла зварювання електротехнологічного комплексу є актуальним.

Проведені дослідження дозволяють підвищити ефективність виробництва, знизити витрати та забезпечити високу якість зварювання.

Актуальність теми.

Акумуляторні батареї є важливими компонентами для сучасних систем живлення, електромобілів, портативних пристроїв та інших сфер застосування. Існує постійний попит на вдосконалення якості акумуляторних батарей, а також зменшення витрат на їх виробництво. Одним із ключових аспектів у виробництві акумуляторних батарей є точкове зварювання, яке вимагає високої якості та повторюваності процесу зварювання. З цієї причини автоматизація вузлів електротехнологічного комплексу для точкового зварювання акумуляторних батарей є актуальною задачею в сучасному виробництві.

Мета дослідження. Метою дослідження кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності процесу виготовлення акумуляторних блоків шляхом автоматизації роботи вузла зварювання електротехнологічного комплексу.

Об'єкт дослідження: Об'єктом дослідження є процес зварювання акумуляторних батарей з метою покращення ефективності та якості точкового зварювання.

Предмет дослідження: є вузол зварювання електротехнологічного комплексу, його параметри.

Методи дослідження. У роботі використовуються наступні методи досліджень: інструментальні, аналітичного розрахунку, комп'ютерного моделювання, експериментальних досліджень.

Практичне значення. Практичне значення полягає в можливості використання отриманих результатів для підвищення конкурентоспроможності підприємств в сфері виробництва акумуляторних батарей.

Апробація роботи. Матеріали кваліфікаційної роботи обговорені і апробовані на IV Всеукраїнській студентській науково-практичній конференції "Ефективне використання енергії; стан і перспективи" ЗВО «ПДУ». За результатами дослідження опублікована наукова теза.

ВИСНОВКИ

В даній роботі розглядається акумуляторний виріб із акумуляторних батарей Samsung 40T з визначеними характеристиками (див. таблицю 2.1) для створення експериментального акумуляторного блоку у конфігурації 6s2p. Було визначено основні параметри збірки: загальна номінальна напруга – 21.6 В, ємність – 8000 мАгод, стандартний струм розряду – 70 А, максимальний струм розряду – 90 А, та опір – 30 мОм.

В ході проведення експериментальних досліджень було використане обладнання: точковий зварювальник на іоністорах: осцилограф Instrustar ISDS205A, тестер внутрішнього опору YAOREA YR1035+ та блок живлення ADP-30JH 30W. Під час підготовки до дослідницької частини проєкту було здійснено виміри внутрішнього опору зварювального вузла, включаючи опір обох електродів та суперконденсаторів, що є критично важливим для точних розрахунків струму згідно із законом Ома.

Дослідження виконувалось для шести елементів Samsung 40T при шести різних режимах роботи. У якості з'єднувального матеріалу полюсів акумуляторів використовувалась нікелева пластина. Налаштування зварювального агрегату полягали у зміні часового діапазону імпульсу від 20% до 120% тривалості номінального часу відкритого стану ключів.

Для оновлення роботи контрольної плати, яка забезпечує ефективну реалізацію алгоритмів функціонування зварювальника був вибраний контролер *Arduino Pro*. Використання цього контролера разом з додатковим обладнанням дозволило створити нову схему для обробки сигналів, що покращує збір та організацію експериментальних даних, а також полегшує налаштування зварювального устаткування.

Застосування теоретичного методу дозволило обрати нові ключі. Було проведено аналіз роботи зварювального вузла ЕТК за допомогою заміни існуючих ключів AUIRFS8407-7P на більш ефективні IQDH29NE2LM5. Нові ключі забезпечують покращення характеристик струму, здатні ефективно працювати при паралельному підключенні, підтримуючи струм в діапазоні від 1900 А – 2100 А.

Розроблено стартап-проект, який має на меті покращити якість виготовлення акумуляторів і ємнісних компонентів на ринку, фокусуючись на автоматизації зварювального процесу та оновленні силових ключів. Проведений аналіз ринку виявив потенційні перешкоди, включаючи питання конкурентоспроможності та високі витрати на виробництво. Однак, ці ризики можуть бути зменшені завдяки ефективній маркетинговій стратегії та зниженню виробничих витрат через автоматизацію ключових елементів виробництва.

Засвідчую, що у цій кваліфікаційній роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Здобувач вищої освіти _____ **Олександр ГНЕННИЙ**

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Розуміння явища термічного руйнування в Li-ion акумуляторах П. Г. Балакрішнан, Р. Рамеш, А. Р. Кулькарні та ін. J. Power Sources, 2006. (дата звернення 01.09.2023).
2. Огляд параметричного аналізу для моделей літій-іонних акумуляторів Х. Вей, С. Бан, Д. Ву та ін. J. Power Sources, 2014. (дата звернення 01.09.2023).
3. Від літій-іонних до натрій-іонних акумуляторів: переваги, виклики та сюрпризи. Н. С. Чой, З. Чен, С. А. Фройнбергер та ін. Angewandte Chemie International Edition, 2012. (дата звернення 01.11.2023).
4. Попередня специфікація продукту: Літій-іонний акумулятор для електроінструментів, назва моделі. SamsungSDI, Ed.,: INR21700-40T, 2017. (дата звернення 01.11.2023).
5. Методики зварювання елементів акумулятора та результуючий електричний контактний опір. М. J. Brand, Р. А. Schmidt, М. F. Zaeh та А. Jossen, Journal of Energy Storage, vol. 1, № 2015. – № 1. – С. 7–14.
6. Tata Steel Europe Limited, Hilumin® Ultra-Clean нікельована сталь. 2013 рік. (дата звернення 01.11.2023).
7. Параметричне дослідження точкового зварювання між елементами літійіонної батареї та з'єднувачами з листового металу. Manop Masomtob, Rawitat S ukondhasingha, Jan Becker та Dirk Uwe Sauer Engineering journal Том 21 Випуск 7, ISSN 0125 8281. (дата звернення 01.11.2023).
8. Початок роботи з продуктами Arduino [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.arduino.cc/en/Guide> (дата звернення 21.12.2023).
9. International IOR Rectifier. AUIRFS8407-7P HEXFET® Power MOSFET. – Режим доступу [Електронний ресурс]:

(<https://www.infineon.com/dgdl/aurfs84077p.pdf?fileId=5546d462533600a4015355b71d0614e5>) (дата звернення 20.12.2023).

10. International IOR Rectifier. IQDH29NE2LM5CG HEXFET® Power MOSFET [Електронний ресурс]. – Режим доступу: (<https://www.infineon.com/cms/en/product/power/mosfet/nchannel/iqdh29ne2lm5/>) (дата звернення 20.12.2023).