

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

**Дослідження автоматизованої системи керування сонячної
електростанції малої потужності**

Виконав:

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

_____ **Юлія ЖУПАН**

Керівник: канд. техн. наук, професор

_____ **Людмила МИХАЙЛОВА**

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, 2024

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1: АНАЛІЗ СТАНУ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ	11
1.1 Способи отр. електрики і тепла із сонячного випромінювання	11
1.2 Будова та принцип роботи сонячної установки	12
1.3 Експлуатація гелевих акумуляторів	15
1.4 Типи сонячних електростанцій	21
1.5 Недоліки та переваги використання сонячної енергії	23
Висновки до розділу 1	25
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБЛЕННЯ ОСНОВНИХ СХЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ	26
2.1 Опис функціональної схеми автоматизації	26
2.1.1 Підсистема регулювання температури акумуляторів	27
2.1.2 Підсистема балансування заряду АКБ	28
2.1.3 Трекінгова система	29
2.2 Опис структурної схеми автоматизації	30
Висновки до розділу 2	32
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ОБЛАДНАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ	33
3.1 Підбір основних елементів сонячної електростанції	33
3.1.1 Вибір акумуляторів	33
3.1.2 Вибір сонячних панелей	35
3.1.3 Вибір контролера	36
3.1.4 Вибір інвертора	38
3.1.5 Вибір лічильника електроенергії	39
3.2.1 Давач температури	42
3.2.2 Вентиляторний блок для шафи	44
3.2.3 Реле КУ-019	44
3.4 Трекінгова підсистема	46
3.4.1 Давач освітленості	47
3.4.2 Вибір акселерометра	48

3.4.3	Вибір серводвигуна	49
3.5	Вибір мікроконтролера	51
3.6	Спосіб автоматизованого очищення сонячної панелі	52
	Висновки до розділу 3	54
РОЗДІЛ 4 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ БАЛАНСУВАННЯ		
АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ ТА ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ ПАНЕЛІ		55
4.1	Модель АКБ в середовищі Matlab	55
4.2	Алгоритм роботи балансуючого пристрою	61
4.3	Математична модель балансування АКБ	64
4.3.1	Модель підсистеми «Розподільювач сигналів»	65
4.3.2	Модель підсистеми «Блок вимірювання напруги АКБ»	66
4.3.3	Модель підсистеми «Блок балансування»	67
4.3.4	Модель підсистеми «Різниця напруг»	68
4.4	Результати моделювання	68
4.5	Математичний опис фотоелектричної панелі	69
4.6	Розробка імітаційної моделі сонячного модуля	73
4.7	Результати моделювання	75
	Висновки до розділу 4	76
РОЗДІЛ 5 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ		77
5.1	Загальні відомості про SCADA систему	77
5.2	Середовище програмування FLProg	78
5.3	OPC - сервер MasterOPC Universal Modbus Server	81
5.4	Середовище візуалізації SCADA SimpLight	84
5.4.1	Редактор каналів	85
5.4.2	Монітор SIMP Light	86
5.4.3	Редактор мнемосхем SIMP Light	88
	Висновки до розділу 5	89
ВИСНОВКИ		90
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ		93
ДОДАТКИ		95

ВСТУП

Одним з найбільш перспективних видів в промисловому та господарському секторі є геліоенергетика. Наразі безперервно розвиваються технології, які вживають сонячне світло і його тепло. До них відносяться вироблення фотоелектрики та впровадження сонячної теплової енергії. Геліоенергетика є важливим джерелом відновлюваної сонячної енергії, а одним з видів її впровадження є отримання сонячної енергії. Для цього створені спеціальні станції, які перетворюють енергію сонячних променів в електроенергію.

Сонячна енергія являється відновлювальною. Запаси нафти, вугілля та газу можуть вичерпатися в найближчі сторіччя, на відміну від використання сонця для отримання електроенергії, яка не може вичерпатися. А при правильній організації використання сонячної енергетики, людство зможе забезпечити свої потреби всього з одного джерела, та не привести до нестачі ресурсів.

Отримання сонячної енергії за нинішньою технологією (за допомогою сонячних панелей), абсолютно не шкодить навколишньому середовищу, а ті забруднення, що виникають при виробництві сонячних систем, мізерно малі в порівнянні з видобутком традиційних корисних копалин.

Фотоелектрика - це спосіб перетворення сонячної енергії в електрику постійного струму з впровадженням напівпровідникових матеріалів, які проявляють фотоелектричний результат, явище традиційно досліджуються в галузі фізики, фотохімії та електрохімії. Цей результат пояснюється дією фотонів (часток світла), які володіють потрібною енергією (довжиною хвилі), на електрони напівпровідникової речовини (традиційно, кремнію), в результаті відбувається їх «виривання» і видання, що призводить до виникнення фотоструму (або електричного струму). Зокрема, це називається зовнішнім фотоефектом. Для того щоб наростити ємність установки, що використовує явище зовнішнього фотоефекту, пластинки кремнію (сонячні складових), як правило, з'єднують в модулі, іменовані сонячними панелями.

Сонячні батареї виробляють гальванічний струм під дією сонячного світла. Електроенергія в свою чергу може бути орієнтована на живлення обладнання, або для підзарядки акумуляторів. Існують спеціальні способи, які можуть допомогти збільшити продуктивність сонячних панелей і отримати більше сонячної енергії.

Перший спосіб - це простежувати точку максимальної потужності, а другий - простежувати розташування сонця. Пошук точки максимальної потужності (пмп, англ. Maximum power point tracking, mppt) виконуються з підтримкою особливих контролерів, які вбудовуються в більшість сучасних сонячних інверторів. Сутність цього методу полягає в тому, що контролер досліджує вольт-амперну характеристику (вах) сонячної батареї для знаходження оптимального режиму роботи, при якому даній освітленості буде відповідати найбільше число енергії. А спостерігати за положенням сонця дозволяє сонячні трекери, при яких вироблення енергії зростає в рази, оскільки збільшується чисельність сонячної енергії, що потрапляє на модуль.

Актуальність теми:

У даній дипломній роботі розробляється сонячна електростанція малої потужності. Для перетворення сонячної енергії в електричну використовується сонячна панель. Сонячна панель забезпечує харчуванням контролер заряду, який в свою чергу накопичує енергію в акумуляторних батареях. Оскільки, найбільш ефективне використання сонячної енергії досягається, коли промені направлені перпендикулярно до сонячної панелі, необхідно обертати її в відповідному напрямку, в залежності від часу доби. Саме для цього використовується сонячний трекер.

На сьогодні, внаслідок глобального поширення комп'ютерних систем в галузі автоматизації промислових процесів все частіше застосовуються scada системи - системи збору даних і оперативного диспетчерського управління.

Мета дослідження:

1. Проаналізувати існуючі сонячні електростанції.
2. Виконати підбір засобів автоматизації для вищезгаданої системи.

3. Розробити необхідні схеми автоматизації.
4. Отримати імітаційну модель сонячного модуля та системи балансування заряду акумуляторних батарей.
5. Створити людино-машинний інтерфейс та відповідне програмне забезпечення, що являє собою важливу підсистему scada системи.

Для досягнення мети було виконано наступні завдання:

1. Аналіз та підбір основних компонентів сонячної електростанції малої потужності.
2. Розробка функціональної та структурної схеми автоматизації для асу сонячною електростанцією.
3. Розроблення імітаційної моделі системи балансування заряду акумуляторних батарей в середовищі matlab simulink, на основі якої було показано, що застосування таких систем підвищує продуктивність масиву та значно продовжує термін служби акумуляторів.
4. Отримання імітаційної моделі сонячного модуля. В ході роботи отримано результати, які підтверджують адекватність запропонованої моделі, яка дозволяє більш точно зрозуміти, скільки буде виробляти сонячна панель вт.
5. За допомогою програмного забезпечення створено людино-машинний інтерфейс для забезпечення візуалізації управління сонячною електростанцією.

Апробація результатів дослідження: Результати кваліфікаційної роботи були оприлюдненні на четвертій Всеукраїнській студентській науково-практичній конференції «Ефективне використання енергії: стан і перспективи». (9 листопада 2024). – Кам'янець-Подільський: ЗВО «ПДУ», 2024. ст..246.

ВИСНОВКИ

В першому розділі кваліфікаційної роботи особливу увагу було звернено на детальне вивчення альтернативної енергетики та принципу роботи сонячної електростанції. За даною проблемою було знайдено та проаналізовано декілька патентів, на основі яких було розроблено свою систему автоматичного керування.

В запропонованій системі енергія може використовуватися як безпосередньо різними навантаженнями постійного струму, так і запасатися в акумуляторних батареях для подальшого використання при необхідності. Разом з цим розглянута робота системи при піковому навантаженні, коли додаткове живлення забезпечується сумою струмів від сонячної батареї і від акумулятора. Для отримання 220В змінного струму використовуються перетворювачі постійного струму в змінний струм - модель інвертора. Запропоновані результати зменшують витрати на обслуговування, повністю виключають витрати на паливо і головне - зменшують викиди в атмосферу шкідливих речовин.

В результаті аналізу типів та характеристик сонячних електростанцій, в другому розділі було розроблено основні схеми автоматизації. Оскільки продуктивність роботи сонячних панелей безпосередньо залежить від кількості одержуваної сонячної енергії, тобто від часу доби, перша задача полягала в удосконаленні існуючих рішень позиціонування сонячних панелей відносно сонця. Дану проблему вирішено за допомогою трекінгової системи, при використанні якої максимального значення генерації електрики досягається в момент, коли робоча поверхня сонячних модулів (пластин) розташовується перпендикулярно потоку сонячного випромінювання.

Оскільки одними з найдорожчих елементів сонячної електростанції є саме акумуляторні батареї, вони потребують особливої уваги. Головними задачами для підтримання їх в працюючому стані є їх правильна температура, щоб не допустити перегріву та виходу з ладу акумуляторів. Саме для вирішення цієї проблеми було використано вентиляційну шафу, що

має жорсткий корпус який утворює робочу камеру, два вентилятори, розміщені у верхній частині, для обдуву елементів охолодження та повітропровід для виводу нагрітого повітря з шафи. Розроблена програма симуляції дозволяє задати порогові значення температури акумуляторів, при яких автоматично буде ввімкнена вентиляція для охолодження АКБ.

Іншою задачею є правильний заряд АКБ, для вирішення якої в четвертому розділі кваліфікаційної роботи було розроблено математичну модель системи балансування заряду акумуляторів, в середовищі Matlab Simulink. На підставі моделі отримані результати, які якісно відображають роботу розробленої системи. Розроблена модель починає процес вирівнювання напруги, коли різниця в напрузі між акумуляторами досягає 100 мВ, шляхом зменшення струму заряду, що подається на акумулятор з більш високою напругою, перенаправляючи його на акумулятор зі зниженою напругою, поки напруга не вирівняється. Показано, що застосування такої системи забезпечує стабільну вихідну потужність, підвищує продуктивність масиву, і продовжує термін служби акумуляторів.

Також, за допомогою інструментів моделювання, на основі відомих технічних характеристик сонячних модулів, було побудовано математичну імітаційну модель зняття вольт-амперних характеристик при різних рівнях освітленості. Показано, що результати моделювання сходяться з реальними характеристиками, наданими виробником. Тим самим підтверджується адекватність запропонованої імітаційної моделі, яка дозволяє більш точно зрозуміти, яку потужність буде виробляти сонячна панель.

В п'ятому розділі кваліфікаційної роботи було розроблено людино-машинний інтерфейс для системи диспетчеризації сонячної електростанції малої потужності. За допомогою SCADA-системи, відбувається збір інформації про технологічний процес, зберігається історія управління сонячною електростанцією, попереджається поява аварійних ситуацій.

Розроблена сонячна електростанція малої потужності призначена для часткового енергоспоживання та економії витрат. Пропонована система не зможе повністю забезпечити вас електроенергією, але в випадку аварійного відключення електроенергії, при умові повністю заряджених акумуляторів, зможе забезпечити енергією ваш дім протягом дня.

Засвідчую, що у цій кваліфікаційній роботі немає запозичень з праць

інших авторів без відповідних посилань.

Здобувач вищої освіти _____ Юлія ЖУПАН

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сонячна енергетика [Електронний ресурс]: Режим доступу до ресурсу: https://pidruchniki.com/1579122737970/ekologiya/sonyachna_energetika - Загол. з титул екрану. - Мова: укр.
2. Енергозбереження в Україні [Електронний ресурс]: Монографія / Д. В. Зеркалов. - Електрон. дані - Режим доступу до ресурсу: <http://zerkalov.org/files/ezu-mz.pdf#4> - Загол. з титул екрану. - Мова: укр.
3. Особливості гелевих акумуляторів [Електронний ресурс]: Режим доступу до ресурсу: <https://kgrant.ru/uk/how-to-fill-the-gel-battery-how-to-properly-charge-the-gel-battery/> - Загол. з титул екрану. - Мова: рос.
4. Типи сонячних електростанцій [Електронний ресурс]: Режим доступу до ресурсу: <http://nek-npo.ru/novaya-energetika/solnechnaya-energetika/tipy-solnechnyh-elektrostantsii> - Загол. з титул екрану. - Мова: рос. - Перевірено: 14.12.2015.
5. Автоматика і автоматизація технологічних процесів: підручник / Т. Б. Головка, К. Г. Рего, Ю. О. Скрипник.- К. : Либідь, 1997.- 232 с.
6. Виконання електричних схем по ЕСКД: довідник / С. Т. Усатенко, Т. К. Каченюк, М. В. Терехова.- М. : Видавництво стандартів, 1989.- 325 с.
7. Клименко Б.В. Комутаційна апаратура, апаратура керування, запобіжники. Терміни, тлумачення, коментарі. Навчальний посібник. - Харків: Талант, 2008. - 208 с.
8. Принципи роботи хімічних джерел струму [Електронний ресурс]: Режим доступу до ресурсу: <https://ukrbukva.net/page,6,122328-Principy-raboty-himicheskikh-istochnikov-toka.html> - Загол. з титул екрану. - Мова: укр.
9. В.І.Іванчура, А.В. Чубарь, С.С. Пост. Енергетичні моделі елементів автономних систем електропостачання / Журнал СФУ. Техніка та технології. №2.2014.- С.179-190.
10. Develop battery management systems with Simulink [Electronic resource]: Available at: <https://www.mathworks.com/discovery/battery-management-system.html> (дата звернення 11.03.2018). Мова: англ.

11. Series and Parallel Battery Configurations [Electronic resource]: Available at: https://batteryuniversity.com/learn/article/serial_and_parallel_battery_configurations (accessed 26 May 2018). Мова: англ.
12. Морозько О.А. Matlab simulation and user satisfaction assessment of PHEV. / О.А.Морозько, Ю.Н.Петренко. [Електронний ресурс]. - 2015 - Режим доступу до ресурсу: <https://rep.bntu.by/handle/data/12043>. - 6. с.
13. Batteries of Electric Vehicles. Applied sciences. Received: 18 August 2017. Мова: англ.
14. Васильєв А.М., Ландсман А.П. Напівпровідникові фотоперетворювачі. М., 1976.
15. Основні характеристики сонячних модулів: метод. вказівки / Д.С. Фалєєв, 2013.
16. Л.С. Лунін, А.С. Пащенко. Моделювання та дослідження характеристик фотоелектричних перетворювачів на основі GaAs та GaSb / Журнал технічної фізики, 2011, том 81, вип. 9. - С.71-76.
17. Загальні відомості про системи диспетчерського управління та збору даних - системи SCADA [Електронний ресурс]: Режим доступу до ресурсу: <http://dss-bi.com.ua/sitelab9/blog/hello-world/> - Загол. з титул екрану. - Мова: укр.
18. FLProg - альтернативне середовище програмування Arduino. Опис проекту. [Електронний ресурс]: Режим доступу до ресурсу: <http://it-ua.info/news/2014/11/05/flprog-alternativna-seredovische-programuvannya-arduino-opis-proektu.html#cut/> - Загол. з титул екрану. - Мова: укр.