

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

ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему:

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ВЕНТИЛЯТОРНОЇ УСТАНОВКИ З ВИКОРИСТАННЯМ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЖИВЛЕННЯ

Виконав:

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

_____ **Владислав ЖУЛКОВСЬКИЙ**

Керівник: канд. техн. наук, доцент

_____ **Ігор ГАРАСИМЧУК**

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**

м. Кам'янець-Подільський, 2023р.

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація містить: сторінок – 111, рисунків – 41 , таблиць – 21, графічна частина на 6 листах А1.

Метою роботи є проектування автономної фотоелектричної насосної станції разом із теоретичним дослідженням та математичним моделюванням у програмному середовищі Matlab з використанням пакету Simulink. Дослідити працездатність системи при зміні вхідної напруги від джерела живлення. Розглянути вплив опромінення та температури на роботу фотопанелі. Провести аналіз динамічних та статичних характеристик системи, отриманих при моделюванні насосної установки.

В роботі проведено аналітичний огляд різновидів, принципу роботи, переваг та недоліків автономних джерел енергії. Розглянуто приклади промислового та транспортного застосування, особливості керування та моделювання автономних енергосистем.

Виконано вибір відцентрового насосу виходячи з вихідних даних напору та продуктивності, розраховано його потужність та обрано привідний асинхронний двигун, розроблено перетворювальний пристрій. Наведено математичні моделі асинхронного двигуна, фотопанелі. Розглянуті алгоритми керування електромеханічною системою.

НАСОСНА УСТАНОВКА, ФОТОПАНЕЛЬ, АВТОНОМНИЙ, АСИНХРОННИЙ, ЕЛЕКТРОПРИВОД, ІНВЕРТОР, АЛГОРИТМ, КЕРУВАННЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, SIMULINK

ЗМІСТ

ВСТУП	10
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД В ОБЛАСТІ АВТОНОМНИХ СИСТЕМ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ	13
1.1 Огляд автономних систем енергопостачання	13
1.2 Огляд гібридних систем енергопостачання	15
1.3 Особливості керування та моделювання автономних систем.....	21
1.3.1 Фотоелектрична ефективність та відстеження максимальної потужності	21
1.3.2 Відстеження максимальної точки потужності (MPPT).....	24
1.3.3 Динамічна реакція	26
1.3.4 Похибка оцінки продуктивності	26
1.3.5 Ефективність відстеження	26
1.4 Класифікація алгоритмів MPPT	27
1.4.1 Метод узгодження навантаження на PV	28
1.4.2 Метод перемикування навантаження	28
1.4.3 Метод постійної напруги (CV)	29
1.4.4 Алгоритм збурень та спостережень (P&O)	30
1.4.5 Комбінований P&O з методом MPPT постійної напруги (CV)	31
1.4.6 Удосконалений алгоритм dP-P&O	31
1.4.7 Оптимізований алгоритм P&O (OP&O)	33
1.4.8 Модифікований метод збурень та спостережень (MOP&O) ...	33
2 ОПИС АВТОНОМНОЇ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ ...	35
2.1 Опис досліджуваної системи	35
2.2 Постановка задачі	38
2.3 Вимоги до електроприводу та систем автоматизації	38

2.3.1	Вимоги до комплексу розв'язуваних завдань	39
2.3.2	Вимоги до перехідних процесів	40
2.3.3	Вимоги щодо безпеки.....	40
2.3.4	Вимоги до ергономіки та технічної естетики	41
2.3.5	Вимоги щодо експлуатації системи	41
2.3.6	Вимоги щодо економічної доцільності	41
3	РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ	43
3.1	Розрахунок потужності насосу	43
3.2	Вибір силового обладнання	45
3.3	Розрахунок номінальних даних двигуна	47
3.4	Розрахунок Г-подібної схеми заміщення.....	49
4	СИНТЕЗ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ	53
5	РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ КЕРУВАННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ФОТОПАНЕЛІ	59
5.1	Розробка алгоритму керування фотопанелі	59
5.2	Представлення фотопанелі.....	60
5.2.1	Ідеальна схема з одним діодом.....	60
5.2.2	Практична схема з послідовним опором	62
5.2.3	Практична схема з послідовними та паралельними опорами .	62
5.3	Визначення параметрів.....	63
5.3.1	Визначення I_{ph}	64
5.3.2	Визначення I_0	64
5.3.3	Визначення R_p та R_s	66
5.4	Моделювання фотопанелі	67
5.5	Криві та інтерполяція	70
6	ДОСЛІДЖЕННЯ І АНАЛІЗ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ.....	76

6.1	Перехідні процеси при номінальній вхідній напрузі	78
6.2	Перехідні процеси при зниженні вхідної напруги	80
7	ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА	83
7.1	Розрахунок ланки постійного струму	83
7.2	Розрахунок автономного інвертора	84
7.3	Розрахунок драйверів керування ключами	84
7.4	Розрахунок датчиків струму	86
7.5	Вибір датчика швидкості.....	87
7.6	Вибір обладнання для автоматизації	88
8	РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ	90
8.1	Аналіз проекту.....	90
8.1.1	Організація стартап-проекту	90
8.1.2	Мета розробки плану.....	90
8.1.3	Аналіз ринку збуту	90
8.1.4	Тарифи на електроенергію.....	91
8.1.5	Організаційно-правовий план	91
8.1.6	Екологічна довідка.....	92
8.1.7	Розрахунок техніко-економічних показників	92
8.1.8	Поточні річні витрати на експлуатацію	93
8.1.9	Фінансово-економічна ефективність інвестицій	94
8.2	Економічне обґрунтування технічних рішень	97
8.2.1	Оцінювання ринку	98
8.2.2	Розробка ринкової стратегії.....	100
8.2.3	Розробка маркетингової програми стартап-проекту.....	101
	ВИСНОВКИ.....	102

ВСТУП

Актуальність роботи. Одною із головних потреб людства є вода. Більшість людських видів діяльності покладаються на вільний доступ до відповідних запасів води для забезпечення виробництва продуктів харчування, побутових потреб, охорони здоров'я, вироблення електроенергії та відновлення екосистеми. Усе суспільство потребує воду для сталого соціального та економічного розвитку.

Водопостачання протягом всієї історії було актуальним технічним завданням. Існує велика та нагальна потреба у стабільному забезпеченні водою в бідних, посушливих, сільських регіонах. Автономні системи генерації електроенергії та системи водопостачання на їх основі є оптимальним рішенням цієї проблеми в майбутньому.

Для зрошення сільськогосподарських культур, для перекачування води, яка використовується для побутового використання, а також для водою худоби потрібна насосна система з відповідним джерелом живлення. У сільських районах джерела енергії можуть знаходитися на довгій відстані від джерел води. В той же час монтаж нових ліній електропередачі та трансформаторів в ізольованих місцях є надзвичайно дорогим. На даний час існує багато джерел електроенергії на основі двигунів внутрішнього згоряння, які використовуються в тому числі і для автономних систем насосного водопостачання. Такі системи характеризуються рядом переваг: портативність та простота установки, незалежність від наявності інфраструктури, але мають і недоліки, а саме: потреба обслуговування та дозаправки, висока вартість пального, негативний вплив на навколишнє середовище. Тому використання відновлюваної енергії є особливо привабливим для автономних систем перекачування води у сільській та пустельній місцевості багатьох країн.

Генерування електричної енергії за допомогою фотоелементів є саме тим відновлювальним джерелом, перевагами якого для систем водопостачання є: відносна легкість, низькі інфраструктурні вимоги,

стабільність, безшумність через відсутність обертових машин та турбін, можливість застосування безпосередньо в місці використання, простота монтажу, невелике регулярне обслуговування.

Використання автономних фотоелектричних водяних насосних систем має сприяти покращенню умов життя у віддалених районах та підтриманню чистоти навколишнього середовища.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Магістерська дисертація виконана на кафедрі «Автоматизації електромеханічних систем та електроприводу» Національного технічного університету України «КПІ ім. Ігоря Сікорського» відповідно до одного з наукових напрямків робіт кафедри і погоджена з планом підготовки магістрів.

Мета роботи і задачі досліджень. Метою магістерської роботи є розробка автономної фотоелектричної насосної станції широкого призначення (водопостачання, зрошення, дренажування). В ході виконання роботи передбачається побудова концепції проекту, визначення параметрів, що підлягають контролю, регулюванню та сигналізації; розробка фотоелектростанції в цілому, що включає вибір пристроїв і засобів контролю та регулювання, які дозволяють управляти ходом робочого процесу, дослідження роботи електромеханічної системи.

Автоматизація фотоелектричної станції сприятиме поліпшенню умов праці, економії енергії, матеріалів, підвищенню продуктивності виробництва.

Об'єкт дослідження. Процеси електромеханічного перетворення енергії в автономних фотоелектричних насосних системах.

Предмет дослідження. Автоматизований електропривод автономної фотоелектричної насосної станції.

Методи досліджень. У роботі використані фундаментальні положення теорії електроприводу, теорії автоматичного керування, проектування систем електроприводів, інтелектуального керування, дослідження системи шляхом

моделювання при використанні пакету прикладних програм MATLAB/Simulink.

Наукова новизна. Отримано подальший розвиток автономних фотоелектричних насосних станції з використанням певних алгоритмів керування для відстеження максимальної потужності фотопанелі.

Створено модель автономного фотоелектронасосу із вбудованим слідкуючим електроприводом положення фотопанелі.

Практична цінність. Дослідження автономних фотоелектронасосних установок дозволяють істотно знизити втрати енергії, забезпечити зменшення викидів хімічних речовин в атмосферу за рахунок використання відновлюваних джерел енергії та підвищити техніко-економічні показники комплексу водопостачання в цілому.

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі розглянуте питання створення автономного джерела водопостачання на основі фотоелектричного відновлюваного джерела живлення, яке поєднане з електроприводом на основі асинхронного двигуна з автономним інвертором. При цьому отримано наступні результати:

1. За результатами проведеного аналітичного огляду науково-технічної літератури було виявлено, що для отримання максимальної потужності від фотопанелі слід застосовувати алгоритми MPPT, так як це підвищить ефективність фотоелектричної станції в цілому.

2. Показано, що для збільшення вироблення електроенергії фотопанель слід об'єднати з приводом повороту панелі. За рахунок правильного кута повороту панелі отримується більше значення опромінення, а також температури, що і є головними факторами впливу на потужність.

3. Проведено аналіз способів керування електроприводом, в результаті чого було доведено, що при взаємодії асинхронного двигуна з насосом кращим варіантом буде використання частотного керування.

4. Здійснено моделювання фотопанелі, як окремої складової. Досліджено вплив опромінення і температури на вироблену потужність, а також вплив послідовних та паралельних опорів в її модулях.

5. Проделювано систему автономного водопостачання в пакеті MATLAB/Simulink. В результаті отримано графіки перехідних процесів. Система працює адекватно, що свідчить про правильність вибору електродвигуна і розрахунку параметрів системи.

6. За результатами розробки стартап-проекту встановлено, що у проекту є наявний попит на ринку збуту, динаміка ринку зростає. Також слід зазначити, що проект є інноваційним і конкурентоспроможним за рахунок використання відновлюваного джерела енергії.