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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ПІДТРИМАННЯ МІКРОКЛІМАТУ В ТЕПЛИЦЯХ НА ОСНОВІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ АЛГОРИТМІВ КЕРУВАННЯ

Виконав:
здобувач вищої освіти денної форми навчання освітнього ступеня «Бакалавр», освітньо-професійної програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
_____Олександр БАБІЙЧУК

Керівник: кандидат технічних наук, доцент

_____**Олександр КОЗАК**

Оцінка захисту:
Національна шкала_____
Кількість балів _____Шкала ECTS_____

Допускається до захисту:
«____» _____2026 р.
Гарант освітньої програми
«Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка» спеціальності
141«Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
кандидат технічних наук, доцент _____**Ігор ГАРАСИМЧУК**

м. Кам'янець-Подільський, 2026р.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ 2
ВСТУП 5
1. ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБ'ЄКТІВ КЕРУВАННЯ КЛІМАТИЧНИМИ УМОВАМИ 6
1.1. Побудова структур управління мікрокліматичними процесами 6
1.2. Впровадження автоматизованих рішень клімат-контролю в аграрному виробництві 7
1.3. Ключові параметри мікроклімату та біологічні передумови їх регулювання 9
1.4. Переваги впровадження автоматизації в тепличних комплексах 10
1.5. Технологічні операції в інтелектуально керованій теплиці 11
1.5.1. Робота системи примусового наддуву 11
1.5.2. Автоматизоване керування вентиляційними процесами 12
1.5.3. Система світлового екранування та зашторювання 13
1.5.4. Комплекс опалювальних установок і рециркуляції повітря 14
1.5.5. Інженерні системи водопостачання та відведення стоків 15
2. НАУКОВО-ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ОБРАНОЇ СИСТЕМНОЇ КОНЦЕПЦІЇ 18
2.1. Архітектура автоматизованої системи кліматичного менеджменту 18
2.2. Математичний опис процесів регулювання температури та вологості 19
2.3. Функціональна модель багатопараметричного управління мікрокліматом теплиці 25
2.4. Технологічно-функціональна структура автоматизованого контролю мікроклімату 27
2.5. Вибір обладнання та розрахунок апаратних засобів автоматизації 28
3. ПРОЄКТУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ КЛІМАТОМ ТЕПЛИЧНОГО КОМПЛЕКСУ 29
3.1. Обґрунтування вибору промислового програмованого контролера 30
3.2. Підбір сенсорних елементів та розробка схем їх інтеграції 33
3.3. Вибір виконавчих пристроїв та побудова базових схем підключення 38
3.4. Формування принципової електричної схеми 41

3.5. Проєктування алгоритмічної структури програми керування 42
3.6. Розробка програмного забезпечення для системи управління 45
4. СИСТЕМА ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ 48
5. ЕКОНОМІКО-ТЕХНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ РЕГУЛЮВАННЯ КЛІМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ 56
5.1. Аргументація практичної значущості та актуальності проєкту 56
5.2. Оцінка ресурсного потенціалу та матеріальної бази реалізації 57
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ 64

ВСТУП

Сучасний розвиток аграрної сфери дедалі більше орієнтується на концепцію «інтелектуального землеробства», що передбачає використання цифрових технологій та автоматизованих систем для управління виробничими процесами. Одним із найважливіших напрямів цього підходу є створення тепличних комплексів із повною автоматизацією, які здатні забезпечувати стабільні врожаї незалежно від кліматичних умов чи сезонних коливань. Традиційні системи регулювання, що працюють на основі жорстко заданих алгоритмів і порогових значень, не завжди відповідають вимогам сучасного виробництва, оскільки вони не враховують швидкі зміни зовнішнього середовища та мають обмежену гнучкість.

Формування мікроклімату в теплиці є складним процесом, що характеризується багатофакторними взаємозв’язками, значною інерційністю та нелінійними залежностями. Одночасне регулювання температури, вологості, освітленості та концентрації вуглекислого газу потребує застосування інтелектуальних методів управління. До таких методів належать системи на основі нечіткої логіки, нейронних мереж та адаптивних алгоритмів, які здатні самостійно підлаштовуватися під змінні умови. Використання подібних технологій дозволяє не лише підтримувати оптимальні параметри для росту рослин, а й значно скорочувати витрати енергії, що особливо актуально в умовах постійного зростання вартості енергоносіїв.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Проєкт охоплює повний технічний цикл регулювання мікроклімату теплиці, включаючи встановлення обладнання, його функціонування та правила експлуатації. Розроблена функціональна схема демонструє принципи роботи системи управління та регулювання, а також обґрунтовує вибір найбільш ефективної технології автоматизації, здатної забезпечити високоточне підтримання параметрів середовища. Для візуалізації процесів передбачено інтеграцію системи SCADA у програмний продукт ESM, що дозволяє оператору отримувати наочні дані про стан теплиці.

З’єднання SCADA з промисловим контролером MaxyCon Flexy-S здійснюється через мережевий протокол MODBUS, який забезпечує стабільний обмін інформацією між компонентами системи. У ході дослідження була розглянута модель каскадного автоматичного регулювання температури, на основі якої побудовано імітаційну модель. Це дало можливість отримати перехідні характеристики та визначити ключові показники якості роботи системи.

Економічна частина проєкту містить розрахунок вартості автоматизації та аналіз терміну окупності інвестицій, що підтвердило його ефективність і вигідність. Окремо описані заходи з охорони праці та техніки безпеки при виконанні робіт і експлуатації обладнання, включаючи вимоги до електробезпеки, протипожежного захисту та організації безпечних умов праці.

У результаті проєкт доводить доцільність впровадження автоматизованої системи регулювання мікроклімату в теплицях як з технічної, так і з економічної точки зору.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Правила улаштування електроустановок [Текст]: Від 21. 06. 2001р. № 272.– 2-е вид., перероб. і доп. - Х.: Індустрія, 2014. - 800 с.: табл.

2. Сацик В. О. Апаратне забезпечення автоматизованого регулювання мікроклімату теплиці / В. О. Сацик, Д. П. Карпук // Міжвузівський збірник "Наукові нотатки". – 2019. – Вип. №40. – С. 245-250.

3. Економічне обґрунтування впровадження робототехнічних систем у тепличні господарства / В. П. Лисенко, І. М. Болбот, І. І. Чернов // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК. – 2019. – Вип. 174(2). – С. 53-59. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/ UJRN/nvnau_tech_2012_174(2) 10.

4. Коломієць Т. І. Автоматизована система управління параметрами мікроклімату в теплицях / Т. І. Коломієць // Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті: стан, досягнення, перспективи розвитку: матеріали Всеукраїнської науково-практичної Internet-конференції. – Черкаси, 2019. – С. 32-33.

5. Лисенко В. П. Програмно-апаратне забезпечення системи фітомоніторингу в теплиці / В. П. Лисенко, І. М. Болбот, Т. І. Лендєл, І. І. Чернов // Енергетика та комп'ютерно-інтегровані технології в АПК. – 2019. – №2. – С. 65

6. Speetjens S. L. Methodic design of a measurement and control system for climate control in horticulture / S. L. Speetjens, H. J. J. Janssen, G. van Straten, Th. H. Gieling, J. D. Stigter // Comput. Electron. Agric. – 2019. – Vol.64. – №2 (December 2008). – P. 162-172.

7. Довідникова книга з електроенергетики [Текст]: Навчальний посібник /П.В.Волох,М.П.Цоколенко,Л.В.Ревенко[та ін.].- К.:Аграрна освіта,2014.-506с.

8. Колонтаєвський, Ю. П. Промислова електроніка та мікросхемотехніка: теорія і практикум [Текст]: Навчальний посібник / За ред. А. Г. Соскова; Ю. П. Колонтаєвський. – 2-е вид. – К.: Каравела, 2004. – 432с.

9. Бабіченко А. К. Промислові засоби автоматизації [Текст]: навч. посіб.: У 2 ч. / А. К. Бабіченко, В. І. Тошинський, В. С. Михайлов та ін. ; за заг. ред. А. К. Бабіченка. – Харків: НТУ «ХПІ», 2018. – Ч. 1. Вимірювальні пристрої. – 470 с.

10. Бабіченко А. К. Промислові засоби автоматизації [Текст]: навч. посіб.: У 2 ч. / А. К. Бабіченко, В. І. Тошинський, В. С. Михайлов та ін. ; За заг. ред. А. К. Бабіченка. – Харків: НТУ «ХПІ», 2013 р. – Ч. 2. Регулювальні і виконавчі пристрої. – 658 с. : іл. – Бібліогр.: с. 644–645. – 500 пр. – ISBN 966-593-292-6.

11. Бойчик І. М., Харів П. С., Хопчан М. І. Економіка підприємств, -Львів, Сполом, 2000. – 254 с. Гіроль М.М. Техногенна безпека / М.М. Гіроль, Л.Р. Ниник, В.Й. Чабан. – Рівне, 2019. – 358 с.

12. N. V. P. R. Durga Prasad, T. Lakshminarayana, et al., “Automatic Control and Management of lectrostatic Precipitator”, IEEE Transactions on Industry Applications, pp. 561-567, Vol. 35, No. 3, May/June, 1999.

13. Ralf Joost and Ralf Salomon. “Advantages of fpga-based multiprocessor systems in industrial applications”. In 31st Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON 2005). IEEE-I ECON, November 2019.

14. Основи охорони праці [Текст] / Під ред. Я. І. Бедрія . – 3-тє вид., перероб. і доп. – Львів: Магнолія плюс, 2004. - 240 с.