

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

ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему:

«ДОСЛІДЖЕННЯ БАГАТОРІВНЕВОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МОНІТОРИНГУ ЯК ІНФОРМАЦІЙНИЙ ЗАСІБ СИСТЕМИ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНУ ПТАХОФАБРИКИ»

Виконав:

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

ШЕВЧУК Максим Володимирович

Керівник канд. техн. наук, доцент

ДУМАНСЬКИЙ Олександр Васильович

Оцінка захисту:

Національна шкала _____

Кількість балів _____ Шкала ECTS _____

« ___ » _____ 2023 р.

Допускається до захисту:

« ___ » _____ 2023 р.

Гарант освітньо-професійної програми
«Енергетичний менеджмент» спеціальності
141 «Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка»
докт. с-г. наук, канд. техн. наук, доцент

Олег ТКАЧ

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ПТАХОФАБРИКИ ЯК СПОЖИВАЧА ПАЛИВНО ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ, СИСТЕМИ ЕНЕРГОМОНІТОРИНГУ ТА МЕТОДІВ ПОБУДОВИ БАЗОВИХ РІВНІВ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ.....	10
1.1 Побудова інформаційного образу птахофабрики як споживача енергоресурсів	10
1.2 Системи енергомоніторингу	21
1.3 Огляд методів встановлення базових рівнів енергоспоживання та показників енергоефективності	24
1.4 Аналіз огорожуючих конструкцій пташників з позиції енергоефективності	28
Висновки до розділу	31
РОЗДІЛ 2 МЕТОДОЛОГІЯ ВПРОВАДЖЕННЯ БАГАТОРІВНЕВОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОМОНІТОРИНГУ ТА ПОБУДОВИ БАЗОВИХ РІВНІВ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ.....	32
2.1 Структура та план впровадження багаторівневої системи енергомоніторингу	32
2.2 Вибір факторів, що впливають на енергоспоживання птахофабрик та встановлення базового рівня енергоспоживання.....	38
2.3 Методика побудови базових рівнів енергоспоживання за допомогою лінійної регресії.....	40
2.4 Методика побудови базових рівнів енергоспоживання за допомогою нейронних мереж.....	44
2.5 Розрахунок показників енергоефективності та недоліки існуючої системи нормування витрат	53
Висновки до розділу:	56

РОЗДІЛ 3 СТВОРЕННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ БАЗОВИХ РІВНІВ	57
3.1 Побудова базових рівнів енергоспоживання за допомогою регресії.....	57
3.2 Побудова базових рівнів за допомогою нейронних мереж	63
3.3 Порівняння роботи регресії та нейронної мережі.....	74
Висновки до розділу:	75
РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ «ВПРОВАДЖЕННЯ БАГАТОРІВНЕВОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОМОНІТОРИНГУ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ПОБУДОВИ БАЗОВИХ РІВНІВ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ».....	76
4.1 Опис ідеї проекту	76
4.2 Аналіз найбільших учасників ринку первинної реалізації курячого м'яса	78
4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	80
4.4 Організація реалізації стартап проекту	82
Висновки до розділу	84
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	85
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	88

ВСТУП

Мета магістерської кваліфікаційної роботи полягає у розробці комплексної системи енергетичного моніторингу, яка надасть надійні дані для оптимізації функціонування системи енергоменеджменту на птахофабриках. У сучасній українській промисловості лише обмежена кількість підприємств має злагоджену систему комерційного обліку паливно-енергетичних ресурсів, а про технічний облік мова йде рідко. Однак дані цих систем є важливими для підвищення рівня енергоефективності, особливо у поєднанні з впровадженням системи енергоменеджменту. Ключовим елементом системи енергоменеджменту є встановлення базових рівнів енергоспоживання для основних споживачів енергії. Якість цих базових рівнів енергоспоживання (БРЕ) має вирішальне значення для оцінки енергоефективності всього підприємства та дозволяє краще оцінювати економічну вигоду від заходів з енергоефективності. Система енергомоніторингу становить основу для створення надійних математичних моделей базових рівнів на підприємствах.

Основними задачами кваліфікаційної роботи є:

Створення опису птахофабрики як споживача енергоресурсів.

Порівняльний аналіз різних типів пташників та їх порівняння з українськими та закордонними аналогами.

Визначення базових рівнів енергоспоживання за допомогою лінійної регресії та методу моделювання на основі нейронних мереж.

Аналіз показників енергоефективності, виявлення недоліків їх оцінки та розгляд методичних підходів до їх визначення.

Розробка плану впровадження системи енергомоніторингу, включаючи опис структури та поняття системи.

Актуальність теми дослідження. Швидкий розвиток енергетичної сфери як в Україні, так і у світі, посилює актуальність питань енергоефективності та енергомоніторингу. Обмеженість ресурсів та зростання тарифів на енергію стимулюють підприємства до більш обережного використання енергії. Одним із перших кроків у досягненні енергоефективності є глибоке розуміння енергетичних та технологічних процесів, що відбуваються на підприємствах. Багаторівнева система енергетичного моніторингу призначена для визначення енергетичних потоків та постійного контролю за енергетичними об'єктами.

Мета і задачі дослідження. Розробка багаторівневої системи енергетичного моніторингу, яка використовує обробку даних за допомогою простих та рекурентних нейронних мереж.

Об'єкт дослідження. Процеси енергомоніторингу на птахофабриках, а також їх технологічні процеси, споживачі паливно-енергетичних ресурсів.

Предмет дослідження. Процеси енергомоніторингу на птахофабриках, включаючи їх технологічні процеси та споживачів паливно-енергетичних ресурсів

Методи дослідження. Засоби та функціонал багаторівневої системи енергетичного моніторингу, а також її структуру та програмне забезпечення.

Науково-методична база роботи ґрунтується на методах математичного моделювання, зокрема багатofакторній лінійній регресії та алгоритмах глибокого навчання.

Практичне значення результатів полягає у розробці структури та схеми впровадження багаторівневої системи енергомоніторингу з використанням алгоритмів нейронних мереж для застосування на птахофабриках. Ця система повністю задовольняє інформаційні потреби підприємства в галузі енергетики та є важливою підґрунтям для впровадження системи енергетичного менеджменту.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВОК

У дипломній роботі представлено як практичне, так і теоретичне вирішення завдання впровадження багаторівневої системи енергетичного моніторингу. В якості основного інструменту для прогнозування попиту на енергетичні ресурси та встановлення базових рівнів енергоспоживання використовується модель на основі простих та рекурентних нейронних мереж. Основні результати і висновки дослідження наведено нижче:

1. Досліджено та показано, що українські птахофабрики характеризуються низьким рівнем енергетичної ефективності у порівнянні з закордонними аналогами. Це пояснюється застарілістю обладнання, відсутністю контролю над енергоспоживанням, станом огорожуючих конструкцій, а також застарілими та неефективними методами розрахунку питомих витрат та їх нормуванням.

2. Розроблена структура багаторівневої системи енергетичного моніторингу, яка відрізняється від аналогів тим, що збирає не лише енергетичні, а й неенергетичні дані об'єктів моніторингу. Ці дані використовуються для прогнозування попиту на енергетичні ресурси та встановлення базових рівнів енергоспоживання. Отримані дані аналізуються та зберігаються в базі даних, а на основі діяльності системи енергомоніторингу готуються звіти, за якими керівництво птахофабрики може приймати управлінські рішення.

3. Проведено порівняння якості прогнозування лінійної багатофакторної регресії, що використовується в більшості систем енергомоніторингу, та нейронних мереж. Результати порівняння вказують на перевагу нейронних мереж, які краще спрогнозували попит на енергетичні ресурси.

4. Розроблено стартап-проект «Впровадження багаторівневої системи енергомоніторингу з використанням нейронних мереж для побудови базових рівнів енергоспоживання». У процесі розробки створено ідею проекту, проаналізовано потенційних споживачів, проведено оцінку ринкових

можливостей та розроблено календарний графік-план реалізації проекту.

Ці результати та висновки відображають важливість впровадження багаторівневої системи енергомоніторингу з використанням нейронних мереж для підвищення енергетичної ефективності та управління енергоспоживанням на птахофабриках.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Паспортні дані котла ДКВР-6,5/13: веб-сайт. URL: https://zinref.ru/000_uchebniki/02550_kotli/009_00_00_kotli_teh_harakteristiki/013.html (дата звернення 04.11.2021).
2. Правила улаштування електроустановок: вид.3-є, перероб. І доп. Офіц. Вид. Київ : Міненерговугілля України, 2018.
3. Василега П.О. Електропостачання. Суми : вид-во «Університетська книга», 2018, 415 с.
4. Міністерство палива та енергетики України наказ від 17.04.2000 року «Про затвердження Концепції побудови автоматизованих систем обліку електроенергії в умовах енергоринку»
5. Постанова «Про затвердження Кодексу комерційного обліку електричної енергії» від 14.03.2018 // НКРЕПК.
6. Аггарвал. Ч.Нейронні мережі і глибоке навчання. Навчальний курс, 2021.
7. ДСТУ ISO 50006:2016 Системи енергетичного менеджменту. Вимірювання рівня досягнутої/досяжної енергоефективності з використанням базових рівнів енергоспоживання та показників енергоефективності. Загальні положення та настанова (ISO 50006:2014, IDT);
8. ПРАКТИЧНИЙ ПОСІБНИК З ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ / А. Чернявський, А. Сафьянц, Н. Усенко, О. Соловей, О. Бориченко, П. Пертко, Ю. Шишко, А. Гоєнко// За загальною редакцією Н. Усенко та А. Чернявського. – К.: Проект «Консультування підприємств щодо енергоефективності» Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH за дорученням Федерального міністерства економічного співробітництва та розвитку Німеччини (BMZ), 2020.

9. НТП-АПК 1.10.05.001-01 Нормы технологического проектирования птицеводческих предприятий
10. СНиП 2.10.03-84 Животноводческие, птицеводческие и звероводские здания и помещения
11. ДБН В.2.6-31:2016 Теплова ізоляція будівель
12. Кілік І. Аналіз енергоефективності птахофабрик в регіоні Бурса, Туреччина, 2014.
13. Фідарос Д., Кітгас С. Енергоспоживання та енергозберігаючі заходи в птахофабриках Польщі, 2017.
14. Енергетичний аудит: Навчальний посібник / О.І. Соловей, В.П. Розен, Ю.Г. Лега, О.О. Ситник А.В. Чернявський, Г.В. Курбаса. –Черкаси, 2005.
15. Коцар О.В., Автоматизовані системи контролю, обліку та управління енерговикористанням, 2017
16. Гече Ф.Е., ОЮ Мулеса О.Ю., Гриненко В.В Знаходження найвпливовіших факторних ознак при побудові лінійних регресійних моделей, 2019
17. ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ МОЛОЧНОЙ ОТРАСЛИ, Чернявский А., Быковский А., 2018.
18. Автоматизовані системи обліку електричної енергії. Структура, функції та види забезпечення. Функції керування і допоміжні функції
19. Праховник А.В., Коцарь О.В., Прокопєць В.І. Сучасні принципи побудови АСКОВЕ суб'єктів ОРЕ та АСКОВЕ споживачів в умовах енергоринку України, 2006
20. Волошко А.В. Методи і засоби інформаційного забезпечення підприємств, 2004

21. Програма послідовного впровадження АСКОЕ в ОРЕ України //Затв. Радою ОРЕ, протокол від 25.11.2005.
22. ДСТУ ISO 50002:2016 Енергетичні аудити. Вимоги та настанови щодо їх проведення (ISO 50006:2014, IDT);
23. Купчак В.Р. Оцінки енергоефективності та резервів енергозбереження в промисловості регіонів, 2015
24. ДСТУ ISO 14051:2015 Екологічне управління. Обліковування витрат, пов'язаних із матеріальними потоками. Загальні принципи та структура (ISO 14051:2011, IDT)
25. Керівництво з впровадження системи енергетичного менеджменту відповідно до вимог міжнародного стандарту ISO 50001:2018 / О. Бориченко, Є. Іншеков, П. Пертко, О. Соловей, А. Чернявський.// Під редакцією Є. Іншекова та А. Чернявського. – UNIDO: Проєкт UNIDO-GEF UKR-IEE, 2021.
26. Гудфеллоу Ян., Бенджио Йошуа, Курвиль Аарон Глибоке навчання, 2018
27. Різник О.М., Динамічні рекурентні нейронні мережі, 2009
28. Находов В.Ф., Бориченко О.В., Іванько Д.О. Контроль ефективності енерговикористання в системі енергоменеджменту, 2013
29. Находов В.Ф., Головка А.В., Іванько Д.О. Вибір методів математичного моделювання процесів енергоспоживання в системах оперативного контролю енергоефективності, 2013
30. Кабінет міністрів України, постанова від 15 липня 1997 «Про порядок нормування питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів у суспільному виробництві»
31. Державний комітет з енергозбереження, наказ від 22.10.2002 «Про затвердження Основних методичних положень з нормування питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів у суспільному виробництві»

32. Звіт про результати дослідження загальнодержавного ринку м'яса курячого, Терентьєв Ю., 2018.
33. Оцінка енергоефективності птахофабрик України, Андрійчук. А, 2021.
34. Багаторівнева системи енергетичного моніторингу як інформаційний засіб системи енергетичного менеджменту птахофабрики / Андрійчук. А.А. //IV науково-технічна конференція магістрантів НН ІЕЕ (за результатами дисертаційних досліджень магістрантів). Зб. наукових праць НН ІЕЕ, КПІ імені Ігоря Сікорського – Київ: НН ІЕЕ, 2021. – 241с. (С.60 – 63).