

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет автоматизації виробництва та цифрових технологій
Кафедра цифрових технологій та проєктно-аналітичних рішень

АВТОРЕФЕРАТ кваліфікаційної роботи

на здобуття освітнього ступеня магістра

за підсумками виконання
освітньо-професійної програми
«Комп'ютерні науки та цифровий інтелект»
за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки

**на тему «Дослідження та проектування програмних
компонентів для інтелектуальної системи моніторингу
стану пристроїв безперебійного живлення обладнання
АСУТП доменного цеху ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ»**

Здобувач



Віктор ГЕДІКОВ

КРИВИЙ РІГ 2024

Кваліфікаційною магістерською роботою є рукопис.

Робота виконана у Технічному університеті «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» на кафедрі цифрових технологій та проєктно-аналітичних рішень.

Керівник:



Шматко Олександр Віталійович,
доцент, канд. техн. наук,
каф. ЦТПАР

Захист відбудеться 22 січня 2024 р. о 09:00 год на засіданні
екзаменаційної комісії (https://teams.microsoft.com/join/19%3ameeting_Yjk3NDk2YTMtNzFiMS00MmU5LWI4ZjctNzYyMTYyZDA0MzA0%40thread.v2/0?context=%7b%22Tid%22%3a%221f6a60da-12a6-4028-9d77-a98fa5c6b40f%22%2c%22Oid%22%3a%2201efadc2-6354-43fb-8f92-8e8c2485636b%22%7d).

Електронна версія автореферату розміщена в Інституційному репозитарії ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» 19 січня 2024 р.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Сучасні металургійні підприємства мають високий рівень автоматизації технологічних процесів, щоб забезпечити стабільний і ефективний процес виробництва.

Функціонування промисловості в основному залежить від обладнання. Тому, реальний час спостереження за робочим станом різних устаткувань у промисловій системі є важливим. Розвиток технології ШІ надає великі можливості для інтелектуальної експлуатації, обслуговування та ремонту різних устаткувань.

Технології зі штучним інтелектом дають технічним фахівцям знання, необхідні для прийняття розумних рішень на місці, що призводить до безперебійної роботи і скорочення часу простоїв завдяки використанню інформації попередніх процесів за допомогою машинного навчання. Крім того, використання моніторингу стану за допомогою ШІ прискориться, оскільки організації усвідомлюють важливість прогнозування для прийняття рішень, які сприяють підвищенню прибутковості та мають позитивний ефект.

Штучний інтелект (ШІ) впливає на майбутнє практично усіх галузей та кожного окремого індивіда. ШІ відіграв значущу роль у нових технологіях, таких як робототехніка, великі дані та Інтернет речей, і надалі буде діяти як технологічний інноватор у найближчому майбутньому.

Актуальність теми.

Джерела безперебійного живлення широко застосовуються на виробництві для захисту електроживлення дорогих компонентів систем АСУТП та іншої відповідальної апаратури.

Використання пристроїв безперебійного живлення(ДБЖ) дозволяє підтримувати працездатність критичного обладнання АСУТП протягом заданого часу і є ефективним рішенням для підвищення надійності систем автоматизації.

В умовах повномасштабної війни і ракетних атак на об'єкти енергетики періодично виникають проблеми з якістю та надійністю живлення, що збільшує навантаження на існуючі ДБЖ(UPS), знижує їх ресурс та іноді приводить до виходу з ладу. Що в свою чергу є причиною простоїв обладнання та втрати продуктивності агрегатів.

Мета дослідження.

Підвищення стабільності роботи обладнання та забезпечення його безперебійне живлення за рахунок розробки та дослідження програмних компонентів для інтелектуальної системи моніторингу стану пристроїв безперебійного живлення, яка використовується в автоматизованій системі управління технологічним процесом (АСУТП) доменного цеху ПрАТ "КАМЕТ-СТАЛЬ".

Об'єкт дослідження.

Методи машинного навчання моніторингу та прогнозування технічного стану пристроїв безперебійного живлення.

Предмет дослідження.

Методи та засоби проектування та розробки програмних компонентів інтелектуальної системи моніторингу стану пристроїв безперебійного живлення. Включаючи в себе алгоритми моніторингу, засоби аналізу даних з використанням трендів і звітів, модуль прогнозування ТО.

Задачі дослідження.

Відповідно до зазначеної мети поставлено наступні задачі: огляд існуючих інтелектуальних систем моніторингу(ICM), аналітичний огляд парадигм по розробці ПЗ, дослідження методів та алгоритмів машинного навчання для прогнозування технічного обслуговування (ТО), проектування та розробка програмних компонентів для моніторингу стану пристроїв безперебійного живлення, тестування та впровадження розроблених програмних компонентів.

Методи дослідження.

Дослідження базується на комбінації наукових та інженерних методів, спрямованих на досягнення поставлених завдань. В роботі використовуються методи інтелектуального аналізу даних. Регресійна модель дає змогу досліджувати двовимірне та багатовимірне співвідношення між змінними(сигнали ДБЖ). Сервісно-орієнтований підхід використовується для розробки інструментальних засобів вирішення поставлених задач.

Наукова новизна.

Запропоновано розробку інтелектуальної системи, яка дозволить оперативніше реагувати на відхилення параметрів ДБЖ, приймати рішення що до необхідності проведення технічного обслуговування ДБЖ.

Практичне значення отриманих результатів.

Полягає в розробці додаткових інструментів контролю за станом пристроїв безперебійного живлення з використанням інтелектуальних алгоритмів для прогнозного технічного обслуговування UPS на основі даних про його роботу та стан.

Апробація отриманих результатів.

Основні положення та результати доповідалися і обговорювалися на міжнародній науково-технічній конференції «MININGMETALTECH 2023 – Гірничо-металургійний комплекс: інтеграція бізнесу, технологій та освіти», 29 - 30 листопада 2023 року в ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА».

Структура та обсяг роботи.

Робота складається зі вступу, 6 розділів, висновків, списку використаних джерел, 5 додатків. Загальний обсяг роботи становить 101 сторінка, робота містить 46 рисунків, 9 таблиць. Список використаних джерел складається з 30 джерел.

ОСНОВНА ЧАСТИНА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

У роботі обґрунтовується актуальність теми дослідження, формулюється мета та завдання, об'єкт, предмет дослідження, розкривається практичне значення одержаних результатів дослідження, наводяться данні щодо їх апробації.

Здійснено огляд наукової літератури за темою магістерської роботи, відзначено, що штучний інтелект виявляється потужним інструментом для покращення управління енергетикою, забезпечуючи прогнозування, автоматизацію та ефективне вирішення завдань в енергетичній сфері. Розглянуто три найвідоміших програмних продукта інтелектуального моніторингу ДБЖ. Виділені сильні і слабкі сторони кожного. Виявлені недоліки існуючої системи моніторингу ДБЖ, що негативно впливає на надійність системи безперебійного живлення.

Розглянуті різноманітні методи технічного обслуговування енергетичного обладнання. Аналіз показав, що прогресуюча складність енергосистем замість традиційних методів ТО вимагає використання ефективнішого прогнозованого обслуговування з передбаченням майбутніх станів відмови системи на основі методів машинного навчання (ML).

Було проведено ретельний аналіз та моделювання програмно-технічного комплексу (ПТК). Запропоновано представити структурно-функціональну модель у вигляді контекстної діаграми IDEF0, а також використати інші діаграми UML, такі як діаграма варіантів використання, діаграма діяльності, діаграма послідовності та діаграма сутність-зв'язок. Зроблено детальний опис процесу моніторингу стану ДБЖ та його параметрів, представлені вхідні та вихідні дані.

Зроблено докладний опис технічного та програмного забезпечення розроблюваної системи моніторингу стану пристроїв безперебійного живлення, представлена структура ПТК. Описано процес створення SCADA-екрану моніторингу ДБЖ з використанням відомої платформи Rockwell FactoryTalk. Для прогнозування даних з ДБЖ запропоновано використати регресійну модель методом

найменших квадратів, а моделювання виконати в середовищі RapidMiner Studio.

Проведено експеримент з відключенням живлення ДБЖ, під час якого проводилась перевірка як існуючих інструментів моніторингу параметрів ДБЖ так і розробленої в рамках роботи інтелектуальної системи. Було підтверджено недоліки існуючої системи, експлуатаційним персоналом відмічені переваги нової системи. За допомогою RapidMiner побудована регресійна модель для прогнозування стану акумуляторів. Виконана перевірка підтвердила її адекватність, коефіцієнт детермінації склав 0,765.

Були виконані економічні розрахунки, щодо втрат під час простоїв технологічного обладнання та представлена вартість нової системи інтелектуального моніторингу від стадії проектування до запуску в роботу. Виконана оцінка по матриці ризиків використовуючи шаблон Canvas Model розроблена бізнес-модель для розрахунку періоду окупності ПТК.

ВИСНОВКИ

Вирішення мети і задач поставлених в магістерській роботі проходило в декілька етапів.

Були розглянуті програмні продукти інтелектуального моніторингу, підкреслена їхня різноманітність і важливість вибору оптимального рішення для конкретних потреб підприємства. Показані переваги штучного інтелекту в енергетичному управлінні, включаючи прогнозування, автоматизацію та управління, що свідчить про його перспективність у покращенні ефективності та надійності електроенергетичних систем. В роботі детально розглянуто різноманітні методи та алгоритми штучного інтелекту для прогнозування технічного обслуговування систем енергетики. Виконано порівняльний аналіз методів, включаючи класичні ML-підходи, нечітку логіку, приховані Марківські моделі та нейронні мережі, вказано на їхні переваги та обмеження.

Представлені результати аналізу та моделювання програмно-технічного комплексу, який впроваджується для моніторингу стану пристроїв безперебійного живлення. Розроблені діаграми в нотації UML надають повний огляд структури та взаємодії системи. Виділені основні функції системи та її користувачі.

Надано докладний опис технічного та програмного забезпечення розроблюваної системи моніторингу стану пристроїв безперебійного живлення, представлена структура ПТК. Розроблено та впроваджено SCADA-екран моніторингу ДБЖ з використанням

сучасної платформи Rockwell FactoryTalk, який дозволяє експлуатаційному персоналу оперативніше реагувати на відхилення параметрів ДБЖ, приймати рішення щодо необхідності проведення технічного обслуговування ДБЖ. Важливим аспектом є використання протоколу SNMP для обміну даними з ДБЖ в реальному часі та застосування в середовищі RapidMiner Studio регресійної моделі для прогнозування стану акумуляторів, враховуючи обмеження обчислювальної потужності.

Проведено експериментальні дослідження стану системи безперебійного живлення під час знеструмлення, підтверджено недоліки існуючої системи та проаналізовано параметри ДБЖ. На основі отриманих даних побудовано графік зміни ємності акумуляторів та успішно використано регресійну модель для встановлення лінійної залежності між рівнем напруги на батареях та ємністю ДБЖ. За допомогою статистичного аналізу підтверджено її адекватність, при цьому всі коефіцієнти моделі статистично значущі, а сама модель адекватна. Це було підтверджено розрахунками в двох незалежних програмних продуктах.

Виконані економічні розрахунки та визначено вартість розробки та впровадження нової системи інтелектуального моніторингу. Робота включає в себе не лише розрахунки витрат, але і оцінку ризиків, бізнес-модель та перспективи точки беззбитковості, надаючи обсяг економічного аналізу проекту.

Таким чином, проведені теоретичні та експериментальні дослідження сприяли отриманню надійних результатів, які можуть бути використані для подальшого вдосконалення системи моніторингу та управління безперебійним живленням обладнання АСУТП доменному цеху.

Практична цінність роботи полягає в розробці додаткових інструментів контролю за станом пристроїв безперебійного живлення з використанням інтелектуальних алгоритмів для прогнозного технічного обслуговування UPS на основі даних про його роботу та стан. Цю систему можна впроваджувати в практику та використовувати у виробничих процесах з використанням систем АСУТП в умовах металургійних підприємств Групи «МЕТІНВЕСТ». Це дозволить підвищити надійність роботи обладнання, зменшити можливі ризики виникнення аварійних ситуацій та зменшити кількість простоїв основних агрегатів, що в свою чергу сприяє підвищенню ефективності та безпеки промислових об'єктів.

Загалом, дана магістерська робота вирішує актуальну проблему моніторингу та управління системою безперебійного живлення, використовуючи новітні технології та методи. Результати експериментальних досліджень та розрахунків підтверджують ефективність розробленого програмного комплексу.

ПЕРЕЛІК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1. Hedikov V. O. RESEARCH AND DESIGN OF SOFTWARE COMPONENTS FOR THE INTELLIGENT SYSTEM OF MONITORING THE STATE OF UNINTERRUPTED POWER SUPPLY DEVICES OF THE APCS EQUIPMENT OF THE BLAST-FURNACE DEPARTMENT OF "KAMET-STEEL" //Publishing House "Baltija Publishing". – 2023.

АНОТАЦІЯ

Гедіков В.О. Дослідження та проектування програмних компонентів для інтелектуальної системи моніторингу стану пристроїв безперебійного живлення обладнання АСУТП доменного цеху ПрАТ "КАМЕТ-СТАЛЬ". Кваліфікаційна робота на здобуття ступеню вищої освіти – магістр за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки, освітньо-професійна програма «Комп'ютерні науки та цифровий інтелект». – ТОВ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», Кривий Ріг, 2024.

Метою магістерської роботи є розробка програмних компонентів для інтелектуальної системи моніторингу стану ДБЖ, яка стане додатковим інструментом контролю та дозволить оперативніше реагувати на відхилення параметрів ДБЖ, приймати рішення що до проведення технічного обслуговування. Об'єктом дослідження є методи машинного навчання моніторингу та прогнозування технічного стану пристроїв безперебійного живлення. Предметом дослідження є методи та засоби проектування та розробки програмних компонентів інтелектуальної системи моніторингу стану пристроїв безперебійного живлення. Включаючи в себе алгоритми моніторингу, засоби аналізу даних з використанням трендів і звітів, модуль прогнозування ТО.

При виконанні роботи проаналізовано схеми підключення та режими роботи агрегатів безперебійного живлення. Огляд та аналіз існуючої системи моніторингу ДБЖ вказали на ряд недоліків у функціональності та управлінні. Розгляд різноманітних програмних продуктів інтелектуального моніторингу підкреслив їхню варіативність та переваги. Розглянуті ключові методи ШІ, в контексті їх застосування в передачі та постачанні електроенергії, включаючи оптимізацію розподілу потужності та управління системами зберігання енергії.

Розглянуті різноманітні методи та алгоритми штучного інтелекту, які можуть бути використані для прогнозування ТО систем енергетики. Наведено порівняння цих методів, виявлено плюси і мінуси різних підходів.

Подано список основних функцій розроблюваної системи, визначені користувачі, надано опис їх ролей та функцій у рамках системи, спроектовані діаграми в нотації UML.

Представлена структура системи, виконано налаштування всіх компонентів ПТК. Спроектовано і розроблено SCADA-екран моніторингу ДБЖ. Налаштовано механізм передачі сигналів з БД MS SQL в середовище RapidMiner Studio для прогнозування та аналізу даних з ДБЖ.

Проведено експериментальні дослідження стану ДБЖ під час знеструмлення, з детальним аналізом рівня контрольованих параметрів. По отриманим даним в RapidMiner була побудована регресійна модель, яка дозволила встановити лінійну залежність між рівнем напруги на батареях та ємністю ДБЖ. Виконана перевірка адекватності моделі.

Виконані розрахунки витрат, зроблена оцінка ризиків, визначені перспективи точки беззбитковості.

Ключові слова: джерело безперебійного живлення, енергетична система, прогнозне обслуговування, прогнозний контроль, штучний інтелект, машинне навчання, людино-машинний інтерфейс.

ABSTRACT

Hedikov V.O. Researching and designing software components for an intelligent system for monitoring the status of uninterruptible power supplies for industrial control system equipment of the blast furnace shop of PJSC "KAMET-STEEL". Theses for a Master's degree in the specialty 122 Computer Science, Educational Programme "Computer Science and Digital Intelligence". – TECHNICAL UNIVERSITY "METINVEST POLYTECHNICS", LLC, Kryvyi Rih, 2024.

The purpose of the master's thesis is to develop software components for an intelligent UPS monitoring system that will become an additional control tool and allow for a more rapid response to deviations in UPS parameters and make decisions regarding maintenance. The object of research is machine learning methods for monitoring and predicting the technical condition of uninterruptible power supply devices. The subject of the research is methods and tools for designing and developing software components of an intelligent system for monitoring the condition of uninterruptible power supply devices. This includes monitoring algorithms, data analysis tools using trends and reports, and a maintenance forecasting module.

The study analyzed the connection diagrams and operating modes of uninterruptible power supply units. A review and analysis of the existing UPS monitoring system revealed a number of shortcomings in functionality and management. The review of various intelligent monitoring software

products highlighted their variability and advantages. Key AI methods are considered in the context of their application in the transmission and supply of electricity, including optimization of power distribution and management of energy storage systems.

Various artificial intelligence methods and algorithms that can be used to predict the maintenance of power systems are considered. A comparison of these methods is provided, and the pros and cons of different approaches are highlighted.

A list of the main functions of the system under development is presented, users are identified, their roles and functions within the system are described, and diagrams in UML notation are designed.

The system structure is presented, and all components of the control system are configured. The SCADA screen for UPS monitoring was designed and developed. A mechanism for transferring signals from the MS SQL database to the RapidMiner Studio environment for forecasting and analysing data from the UPS was set up.

Experimental studies of the UPS state during a power outage were carried out, with a detailed analysis of the level of controlled parameters. Based on the data obtained, a regression model was built in RapidMiner, which allowed us to establish a linear relationship between the battery voltage level and the UPS capacity.

Costs were calculated, risks were assessed, and prospects for the break-even point were determined.

Key words: Uninterruptible Power Supplies, energy system, predictive maintenance, predictive control, Artificial Intelligence, Machine learning, Supervisory Control and Data Acquisition.