

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Навчально-науковий інститут «Українська інженерно-педагогічна академія»
Кафедра електротехніки та електроенергетики

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

магістра

на тему

ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ
ШЛЯХОМ УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО
КОМПЛЕКСУ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ
ЕНЕРГОБЛОКОМ В АВАРІЙНИХ РЕЖИМАХ

(тема кваліфікаційної роботи)

Виконав: студент 2 маг. курсу, групи ДЕА-Е23мг-1

спеціальності : 141 Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

_____ / Данило МАЦКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник _____ / Павло БУДАНОВ
(підпис) (ім'я та прізвище)

Рецензент _____ / _____
(підпис) (ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри _____ / Артем ЧЕРНЮК
(підпис) (ім'я та прізвище)

Нормоконтроль _____ / Юлія ОЛІЙНИК
(підпис) (ім'я та прізвище)

Секретар ЕК _____ / _____
(підпис) (ім'я та прізвище)

Харків – 2024 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ В. Н. КАРАЗІНА

Навчально – науковий інститут Українська інженерно-педагогічна академія
Кафедра електротехніки та електроенергетики
Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітньо-професійна програма Енергетична безпека

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

(підпис)

к.т.н., доцент Артем ЧЕРНЮК
(науковий ступінь, вчене звання, ім'я, прізвище)

« ____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу дипломну роботу
другого (магістерського) рівня вищої освіти

здобувачу вищої освіти Данило МАЦКО

1. Тема «Підвищення рівня енергетичної безпеки електростанції шляхом удосконалення програмно-технічного комплексу автоматизованої системи управління енергоблоком в аварійних режимах»

затверджена наказом по академії № ____ від « ____ » _____ 20 ____ р.

2. Термін здачі закінченої роботи « ____ » _____ 20 ____ р.

3. Вихідні дані до роботи/проєкту: Параметри енергетичної безпеки енергоблоку. Методи автоматизованого контролю параметрів енергоблоку.

4. Зміст роботи/проєкту (перелік питань, які належить розробити):

ВСТУП; РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ; РОЗДІЛ 2. УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОБЛОКОМ В АВАРІЙНИХ РЕЖИМАХ; РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЮВАННЯ АВАРІЙНИХ РЕЖИМІВ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ УДОСКОНАЛЕНИХ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ.

5. Перелік графічного матеріалу (презентаційний матеріал):

Слайди презентації

6. Консультант:

Розділ	Консультант	Підпис, дата		Оцінка (бали)
		Завдання видав	Завдання прийняв	

--	--	--	--	--

7. Дата видачі завдання «__» _____ 20__ р.

Керівник

(підпис)

Павло БУДАНОВ

(ім'я, прізвище)

Завдання прийняв до виконання

(підпис) Данило МАЦКО
(ім'я, прізвище)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН-ГРАФІК виконання кваліфікаційної дипломної роботи

№ з/ п	Назва етапів роботи та питань, які мають бути розроблені відповідно до завдання	Термін виконання	Позначки керівника про виконання завдань
1	Визначення актуальності теми дослідження	02.10.24 – 05.10.24	
2	Проведення аналізу наукової літератури	06.10.24 – 15.10.24	
3	Виконання першого розділу дипломної роботи	16.10.24 – 29.10.24	
4	Виконання другого та третього розділу дипломної роботи	30.10.24 – 26.11.24	
5	Оформлення пояснювальної записки	27.11.24 – 07.12.24	

Студент (ка)

(підпис)

Данило МАЦКО

(ім'я, прізвище)

Нормоконтроль

(підпис)

Юлія ОЛІЙНИК

(ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Сторінок тексту – ____ ; рисунків – ____ ; таблиць – ____ ;
літературних джерел – ____ .

Тема магістерської роботи: «Підвищення рівня енергетичної безпеки електростанції шляхом удосконалення програмно-технічного комплексу автоматизованої системи управління енергоблоком в аварійних режимах».

Метою дослідження є підвищення рівня енергетичної безпеки електростанцій шляхом удосконалення програмно-технічного комплексу автоматизованої системи управління енергоблоком, зокрема в умовах аварійних ситуацій.

Завданнями дослідження є:

- аналіз аварійних режимів на енергоблоках та їх вплив на безпеку енергетичних об'єктів;
- оцінка ефективності існуючих програмно-технічних комплексів автоматизованих систем управління енергоблоками;
- розробка удосконалених алгоритмів управління для забезпечення надійної роботи енергоблоків в аварійних ситуаціях;
- моделювання впливу удосконалених систем управління на зниження аварійних ситуацій та підвищення ефективності управління;

Об'єкт дослідження – це автоматизовані процеси управління енергоблоками, що функціонують на енергетичних об'єктах, зокрема в умовах аварійних ситуацій.

Предмет дослідження – це програмно-технічні комплекси автоматизованих систем управління енергоблоками, які використовуються для запобігання аваріям і забезпечення стабільної роботи енергоблоків в умовах нормальної експлуатації та аварійних ситуацій.

Ключові слова: енергоблок, енергетична безпека електростанції, програмно-технічний комплекс, автоматизована система управління, аварійні режими.

ABSTRACT

Pages of text – ____ ; pictures – ____ ; tables – ____ ;

literary sources – ____ .

Master's thesis topic: "Enhancing the level of energy security of a power plant through the improvement of the software-hardware complex of the automated system for energy block control in emergency modes."

The aim of the research is to enhance the energy security level of power plants by improving the software-hardware complex of the automated energy block control system, particularly in emergency situations.

The research objectives are:

To analyze emergency modes in energy blocks and their impact on the safety of energy facilities;

To assess the effectiveness of existing software-hardware complexes of automated energy block control systems;

To develop improved control algorithms to ensure the reliable operation of energy blocks in emergency situations;

To model the impact of enhanced control systems on the reduction of emergency situations and the increase in management efficiency.

The object of the research is automated control processes of energy blocks operating at energy facilities, especially under emergency conditions.

The subject of the research is software-hardware complexes of automated energy block control systems used to prevent accidents and ensure stable operation of energy blocks under normal operation and emergency situations.

Keywords: energy block, energy security of the power plant, software-hardware complex, automated control system, emergency modes.

ЗМІСТ

ВСТУП	
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ	
1.1 Поняття та основні складові енергетичної безпеки електростанцій	
1.2 Роль автоматизованих систем управління в забезпеченні енергетичної безпеки	
1.3 Аналіз аварійних режимів на енергоблоках та їх вплив на безпеку електростанцій	
1.4 Сучасний стан та тенденції розвитку програмно-технічних комплексів для управління енергоблоками	
Висновки до розділу 1.....	
РОЗДІЛ 2. УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОБЛОКОМ В АВАРІЙНИХ РЕЖИМАХ	
2.3 Визначення недоліків існуючих програмно-технічних комплексів	
2.1 Огляд сучасних програмно-технічних комплексів автоматизованих систем управління енергоблоками	
2.2 Оцінка ефективності існуючих систем управління енергоблоками в умовах аварійних ситуацій	
2.3 Визначення недоліків існуючих програмно-технічних комплексів	
Висновки до розділу 2.....	
РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЮВАННЯ АВАРІЙНИХ РЕЖИМІВ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ УДОСКОНАЛЕНИХ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ	
3.1 Методи математичного моделювання аварійних режимів енергоблока	

3.2 Моделювання впливу удосконалених систем управління на
 зниження аварійних ситуацій

3.3 Оцінка ефективності запропонованих рішень за допомогою
 симуляційних моделей

Висновки до розділу 3.....

ВИСНОВКИ.....

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасний енергетичний сектор є важливим елементом інфраструктури кожної країни, і стабільна робота електростанцій безпосередньо впливає на забезпечення енергетичної безпеки національної економіки та соціальної сфери. Однією з основних проблем, що стоять перед операторами енергетичних систем, є необхідність забезпечення надійної та безперебійної роботи енергоблоків в умовах аварійних ситуацій [1-5].

Аварійні режими на енергоблоках, як правило, супроводжуються серйозними техногенними ризиками, які можуть призвести до зупинки виробництва електроенергії, великих фінансових втрат і навіть до загрози для життя персоналу та навколишнього середовища [6-10].

В умовах зростаючих вимог до енергетичної безпеки важливим напрямком є удосконалення існуючих програмно-технічних комплексів автоматизованих систем управління енергоблоками, що дозволяє забезпечити швидке виявлення та усунення потенційних аварійних ситуацій в реальному часі. Актуальність цього дослідження обумовлена необхідністю розробки нових методів та підходів до управління енергоблоками в аварійних режимах з використанням сучасних технологій, таких як штучний інтелект, машинне навчання, адаптивні та прогнозуючі системи [11-15].

Метою цього дослідження є підвищення рівня енергетичної безпеки електростанцій шляхом удосконалення програмно-технічного комплексу автоматизованої системи управління енергоблоком, зокрема в умовах аварійних ситуацій. У рамках роботи буде проведено аналіз існуючих систем управління, визначено їхні недоліки та запропоновано нові підходи до розвитку програмно-технічних комплексів з урахуванням сучасних вимог до безпеки та надійності.

Завданнями дослідження є:

- аналіз аварійних режимів на енергоблоках та їх вплив на безпеку енергетичних об'єктів;
- оцінка ефективності існуючих програмно-технічних комплексів автоматизованих систем управління енергоблоками;
- розробка удосконалених алгоритмів управління для забезпечення надійної роботи енергоблоків в аварійних ситуаціях;
- моделювання впливу удосконалених систем управління на зниження аварійних ситуацій та підвищення ефективності управління;
- оцінка ефективності запропонованих рішень через симуляційні моделі та розробка тестових сценаріїв для перевірки стійкості системи.

Об'єкт дослідження – це автоматизовані процеси управління енергоблоками, що функціонують на енергетичних об'єктах, зокрема в умовах аварійних ситуацій. Вивчення даних систем дозволяє виявити їхні потенційні слабкі місця та розробити вдосконалені підходи для забезпечення надійності та безпеки енергоблоків.

Предмет дослідження – це програмно-технічні комплекси автоматизованих систем управління енергоблоками, які використовуються для запобігання аваріям і забезпечення стабільної роботи енергоблоків в умовах нормальної експлуатації та аварійних ситуацій. Особлива увага приділяється алгоритмам управління, методам прогнозування та адаптації, а також інноваційним технологіям, які можуть бути впроваджені для поліпшення ефективності та безпеки управлінських процесів на енергетичних об'єктах.

Наукова новизна цього дослідження полягає в розробці нових підходів до управління енергоблоками в аварійних режимах з використанням сучасних математичних моделей, адаптивних та прогнозуючих систем, а також інноваційних технологій, таких як штучний інтелект та Інтернет речей (IoT). Це дозволить значно підвищити рівень енергетичної безпеки на електростанціях, знизити техногенні ризики та покращити оперативне реагування на аварійні ситуації.

Теоретичне значення дослідження полягає в розробці нових підходів до удосконалення програмно-технічних комплексів автоматизованих систем управління енергоблоками. Це дослідження дає змогу створити нові методи математичного моделювання аварійних режимів енергоблоків, а також удосконалити алгоритми управління для забезпечення ефективного реагування на аварійні ситуації. Важливим теоретичним аспектом є визначення ролі новітніх технологій, таких як штучний інтелект, машинне навчання та Інтернет речей, у підвищенні надійності енергетичних систем та зниженні техногенних ризиків. Результати дослідження можуть стати основою для подальших наукових робіт у галузі енергетичної безпеки та автоматизації управління енергоблоками.

Практичне значення дослідження полягає в тому, що результати роботи можуть бути застосовані для модернізації існуючих програмно-технічних комплексів на енергетичних об'єктах, що дозволить підвищити рівень їх безпеки та ефективності. Запропоновані алгоритми управління, методи прогнозування та адаптивні системи можуть бути інтегровані в існуючі автоматизовані системи управління енергоблоками, що дозволить зменшити ризики аварій і збільшити стабільність роботи електростанцій. Крім того, запропоновані рішення можуть бути використані для розробки нових стандартів та технологій для забезпечення безпеки на енергетичних об'єктах.

Таким чином, це дослідження сприяє не лише теоретичному розвитку галузі, а й має безпосереднє практичне значення для підвищення рівня енергетичної безпеки на енергоблоках та в електростанціях загалом, що є важливим для забезпечення стабільності та безперебійного постачання електроенергії.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

1.1 Поняття та основні складові енергетичної безпеки електростанцій

Енергетична безпека є однією з основних складових національної безпеки будь-якої країни, що охоплює забезпечення стабільного, безперебійного та ефективного функціонування енергетичної інфраструктури, а також захист від зовнішніх і внутрішніх загроз, що можуть спричинити порушення енергопостачання або негативно вплинути на стабільність енергетичних систем. Енергетична безпека електростанцій передбачає забезпечення належного рівня захисту від можливих аварій, збоїв, кіберзагроз і фізичних атак на енергетичну інфраструктуру.

Основні складові енергетичної безпеки електростанцій включають:

Фізичну безпеку — захист енергетичних об'єктів від фізичних атак, саботажу та природних катастроф.

Кібербезпеку — захист інформаційних технологій, що управляють процесами на енергетичних об'єктах, від кіберзагроз і несанкціонованого доступу.

Технічну безпеку — гарантування надійності і безпеки обладнання, систем та технологічних процесів.

Економічну безпеку — забезпечення фінансової стійкості енергетичної галузі, ефективність її управління та ресурсозбереження.

Екологічну безпеку — збереження навколишнього середовища та мінімізація негативного впливу на природу при виробництві енергії.

Забезпечення енергетичної безпеки вимагає комплексного підходу, що включає інтеграцію новітніх технологій і стратегій, спрямованих на управління ризиками та захист енергетичної інфраструктури від різноманітних загроз.

Забезпечення безпеки енергетичних об'єктів є важливим етапом у забезпеченні енергетичної безпеки країни та енергетичних компаній. Основні принципи цього процесу включають:

Принцип комплексності — безпека енергетичних об'єктів забезпечується завдяки системному підходу, який охоплює всі аспекти діяльності електростанцій, включаючи технічні, організаційні та правові заходи.

Принцип надійності та резервування — створення резервних систем і підсистем, що дозволяють підтримувати функціонування енергетичних об'єктів у разі виходу з ладу основних технологічних процесів або при виникненні аварійних ситуацій.

Принцип превентивності — забезпечення проактивного підходу до виявлення та усунення потенційних загроз, що може включати регулярний моніторинг стану енергетичних об'єктів, аудит технічного обладнання та тестування аварійних режимів.

Принцип адаптивності — здатність енергетичної системи швидко реагувати на зміни умов, наприклад, в умовах техногенних аварій, природних катастроф чи кіберзагроз, шляхом адаптації до нових викликів.

Принцип прозорості та контролю — створення умов для здійснення моніторингу та контролю за всіма процесами на енергетичних об'єктах, а також забезпечення належного рівня безпеки в результаті регулярних перевірок і ревізій.

Ці принципи становлять основу для розробки та впровадження надійних стратегій управління безпекою енергетичних об'єктів.

1.2 Роль автоматизованих систем управління в забезпеченні енергетичної безпеки

Автоматизовані системи управління (АСУ) відіграють ключову роль у забезпеченні енергетичної безпеки електростанцій, оскільки вони дозволяють

автоматизувати процеси управління енергоблоками, а також оперативно виявляти й реагувати на аварійні ситуації. АСУ включають в себе не лише контролюючі та обчислювальні технології, але й системи зв'язку, моніторингу та управління даними. Ось основні функції АСУ у контексті енергетичної безпеки:

Моніторинг та аналіз стану обладнання — автоматизовані системи здійснюють безперервний моніторинг усіх основних параметрів енергоблока, що дозволяє виявити відхилення від нормальних режимів роботи і приймати заходи для їх усунення.

Прогнозування та діагностика — завдяки застосуванню алгоритмів на основі штучного інтелекту та машинного навчання АСУ можуть передбачати можливі відмови обладнання та аварійні ситуації, що дозволяє запобігти їх.

Управління аварійними режимами — автоматизація процесів управління дозволяє оперативно реагувати на аварійні ситуації, зменшуючи ризики людських помилок і підвищуючи ефективність роботи систем захисту.

Підвищення безпеки кіберсистем — сучасні АСУ включають в себе складні системи кіберзахисту, що дозволяють контролювати доступ до критичних даних і захищати енергетичні об'єкти від кіберзагроз.

Таким чином, автоматизовані системи є основним інструментом для підвищення надійності та безпеки енергетичних об'єктів, оскільки вони забезпечують високий рівень контролю та знижують ймовірність виникнення аварійних ситуацій.

Розглянемо роль автоматизованих систем управління в забезпеченні енергетичної безпеки. Автоматизовані системи управління (АСУ) є важливим компонентом забезпечення енергетичної безпеки на всіх етапах функціонування енергетичних об'єктів, зокрема електростанцій. Завдяки своїм можливостям моніторингу, управління, прогнозування та аналізу даних, АСУ значно покращують ефективність роботи енергоблоків і забезпечують стійкість системи до зовнішніх і внутрішніх загроз, включаючи техногенні аварії, природні катастрофи, а також кіберзагрози.

Розглянемо функції автоматизованих систем управління в енергетичній безпеці. АСУ на енергетичних об'єктах виконують низку важливих функцій, спрямованих на забезпечення безпеки та ефективності роботи. До основних функцій відносяться:

Моніторинг і контроль стану обладнання. АСУ забезпечують безперервний моніторинг основних технологічних параметрів роботи енергоблоків, таких як температура, тиск, витрати палива, рівень води в котлах тощо. Це дозволяє своєчасно виявляти відхилення від нормальних режимів роботи і здійснювати коригування в реальному часі. Наприклад, на великих теплоелектростанціях застосовуються АСУ для контролю роботи турбін, що дозволяє запобігти перегріву або механічним пошкодженням.

Прогнозування та аналіз збоїв. Сучасні АСУ оснащені інтелектуальними алгоритмами, які дозволяють прогнозувати можливі відмови обладнання ще до того, як вони стануть критичними. Наприклад, системи на основі штучного інтелекту аналізують дані з численних датчиків і можуть передбачити, коли саме можуть виникнути проблеми з певними компонентами енергоблока, що дає можливість для своєчасного обслуговування та запобігання аваріям.

Управління аварійними режимами. АСУ здатні автоматично виявляти аварійні ситуації (наприклад, збій в роботі котла або турбіни) та оперативно включати аварійні алгоритми управління для швидкого відновлення стабільності роботи системи. Вони також можуть ізолювати аварійні зони та переорієнтовувати навантаження на інші елементи енергосистеми, зменшуючи можливі наслідки від аварії.

Оптимізація роботи енергоблоків. Однією з важливих функцій АСУ є забезпечення оптимальних режимів роботи енергоблоків, що знижує витрати палива, зменшує кількість викидів і підвищує загальну ефективність електростанцій. Наприклад, система автоматизованого управління вітроелектростанцією може оптимізувати кут нахилу лопатей вітротурбін залежно від швидкості вітру, що дозволяє максимізувати виробництво енергії.

Забезпечення безпеки та захисту від кіберзагроз. Оскільки енергетичні об'єкти все більше стають об'єктами для кібератак, роль АСУ в забезпеченні кібербезпеки є важливою. Сучасні автоматизовані системи містять вбудовані засоби захисту від несанкціонованого доступу, що дозволяє знизити ризик атак на системи управління енергоблоками. Також, АСУ використовують системи моніторингу трафіку і безпеки для виявлення аномальної активності, що може свідчити про спробу кібератаки.

Розглянемо приклад використання АСУ для підвищення енергетичної безпеки.

Використання системи управління аварійними режимами на АЕС. На атомних електростанціях (АЕС) застосовуються спеціалізовані автоматизовані системи для управління аварійними ситуаціями, зокрема в разі перегріву реактора або витoku радіації. Такі системи здатні автоматично зупинити реактор, якщо з'являється загроза перевищення критичних температур або рівнів радіації. Наприклад, на Запорізькій АЕС застосовується система моніторингу та управління, що забезпечує збір даних з понад 10 000 датчиків, що фіксують параметри роботи реакторів. Ці дані обробляються і передаються в центральну систему для прийняття рішень щодо оптимальних заходів безпеки.

Використання інтелектуальної системи управління на вітрових електростанціях. Вітрові електростанції мають автоматизовані системи, що регулюють роботу кожної турбіни, залежно від змінних погодних умов. У разі сильного вітру АСУ автоматично регулює кут нахилу лопатей турбін, щоб мінімізувати вібрацію і зменшити навантаження на механізми. Це дозволяє збільшити термін служби обладнання та знизити ризики поломок в умовах непередбачуваних змін швидкості вітру. Технологія дозволяє забезпечити максимальну ефективність при мінімальному споживанні енергії для самої турбіни, що є критичним фактором для безпеки і економічності роботи таких станцій.

Програмно-апаратні комплекси для захисту від кіберзагроз на ГЕС.

Гідроелектростанції (ГЕС) застосовують АСУ для моніторингу рівня води та стеження за стабільністю роботи шлюзів і турбін. Проте, для підвищення рівня безпеки, до цих систем додаються додаткові компоненти для захисту від кіберзагроз. В Україні, наприклад, на деяких ГЕС застосовуються високозахищені програмно-апаратні комплекси для виявлення несанкціонованого доступу до систем управління, що дозволяють блокувати спроби зламів і автоматично зупиняти операції, що можуть призвести до аварії.

Автоматизовані системи управління є необхідними інструментами для забезпечення енергетичної безпеки електростанцій, оскільки вони дозволяють:

- оперативно контролювати й адаптувати роботу енергоблоків до змінних умов;
- знижувати ймовірність аварій та катастроф за рахунок прогнозування та вчасного виявлення проблем;
- забезпечувати безперервність постачання енергії при мінімальних втручаннях з боку людського фактора;
- захищати енергетичні об'єкти від кіберзагроз, що є важливим фактором у сучасному світі цифрових технологій.

Таким чином, АСУ є важливою складовою частиною сучасної енергетичної інфраструктури, що забезпечує стабільність, надійність і безпеку електростанцій, особливо в умовах постійно зростаючих кіберзагроз і техногенних ризиків.

1.3 Аналіз аварійних режимів на енергоблоках та їх вплив на безпеку електростанцій

Аварійні режими на енергоблоках електростанцій є одними з основних загроз для безпеки енергетичних об'єктів. Вони можуть бути спричинені

різними факторами: технічними відмовами, людським фактором, природними катастрофами, або ж впливом зовнішніх кібер- і фізичних атак.

Аналіз аварійних режимів дозволяє визначити ключові вразливі точки в роботі енергетичних блоків, що можуть призвести до серйозних порушень або аварій.

Основні типи аварійних режимів на енергоблоках включають:

Гідравлічні аварії — аварії, пов'язані з порушеннями в роботі гідравлічних систем, що можуть призвести до перегріву або аварійного вимкнення енергоблока.

Механічні відмови — збої в роботі механічних частин енергоблока, наприклад, знос турбін або генераторів.

Електричні збої — порушення в роботі електричних систем, що можуть призвести до втрати енергопостачання або виходу енергоблока з ладу.

Кіберзагрози — кібератаки, які можуть спричинити втрату контролю над процесами управління, блокування систем захисту або коригування налаштувань обладнання.

Визначення та вивчення цих режимів дозволяє вдосконалювати системи управління та моніторингу для підвищення рівня безпеки енергетичних об'єктів.

Проведемо аналіз аварійних режимів на енергоблоках та їх вплив на безпеку електростанцій. Аварійні режими на енергоблоках є серйозною загрозою для безпеки роботи електростанцій, адже вони можуть призвести до значних техногенних аварій, які загрожують не лише безперервності енергопостачання, але й навколишньому середовищу, здоров'ю людей, а також матеріальним збиткам. Важливою частиною забезпечення енергетичної безпеки є своєчасне виявлення аварійних режимів, їх класифікація, аналіз причин та наслідків, а також впровадження відповідних заходів для запобігання таких ситуацій.

Розглянемо класифікацію аварійних режимів на енергоблоках. Аварійні режими на енергоблоках можна класифікувати за різними ознаками, залежно

від типу порушення, його наслідків і можливих заходів для відновлення нормальної роботи. Однією з найпоширеніших класифікацій є поділ аварій на першочергові, поступові та катастрофічні.

Першочергові аварії — це ситуації, які потребують негайного реагування для запобігання катастрофічним наслідкам. Вони зазвичай відбуваються через технічні несправності в критичних компонентах енергоблока, таких як турбіни, котли чи генератори. Наприклад, несправність в системі охолодження може призвести до перегріву турбіни або котла, що може викликати їх пошкодження і призвести до зупинки енергоблока.

Поступові аварії — виникають через накопичення помилок або відхилень у технологічних процесах протягом певного часу, що не було вчасно виявлено. Це можуть бути, наприклад, незначні порушення в роботі теплообмінних апаратів або трубопроводів, які поступово збільшуються, якщо не вжити заходів щодо їх виправлення.

Катастрофічні аварії — це масштабні аварії, що призводять до серйозних пошкоджень або знищення енергоблока або його частин. Такими аваріями можуть бути, наприклад, вибухи в котлах або великих електричних трансформаторах, руйнування турбінних механізмів або пошкодження важливих елементів системи контролю і управління, що може призвести до довготривалої зупинки станції або навіть її виведення з експлуатації.

Розглянемо причини аварійних режимів на енергоблоках. Аварії можуть бути спричинені різними факторами, які впливають на стабільність роботи енергоблока. Вони можуть бути техногенними, природними, а також пов'язаними з людським фактором.

Техногенні причини — це порушення в роботі обладнання або помилки в процесах автоматизації. Наприклад, коротке замикання в електричних системах може призвести до перевантаження енергоблока або пошкодження трансформаторів. Іншим прикладом може бути вихід з ладу системи охолодження, що приводить до перегріву котлів і турбін.

Природні причини — це стихійні лиха, такі як землетруси, повені, сильні вітри чи інші погодні явища, що можуть пошкодити обладнання електростанції або вплинути на її стабільність. Наприклад, потужні грози можуть спричинити пошкодження ліній електропередач або удар блискавки, що в свою чергу може викликати відмову в електричній мережі.

Людський фактор — помилки оператора або недостатня кваліфікація персоналу можуть стати причиною аварії. Наприклад, невірне налаштування параметрів на автоматизованій системі управління, або помилкові дії персоналу під час аварійної ситуації можуть призвести до погіршення ситуації і збільшення часу на ліквідацію наслідків аварії.

Розглянемо вплив аварійних режимів на безпеку електростанцій. Аварії на енергоблоках можуть мати серйозні наслідки для безпеки як самого енергоблока, так і для навколишнього середовища та населення. Вплив аварій можна оцінити за кількома критеріями:

Економічні наслідки — аварії часто призводять до значних фінансових витрат на відновлення роботи енергоблока, закупівлю нового обладнання, а також через простої виробництва енергії. Наприклад, зупинка енергоблока на кілька днів або тижнів може спричинити великі збитки для енергетичної компанії і навіть призвести до збоїв у енергопостачанні в регіоні.

Технічні наслідки — пошкодження важливих елементів системи може призвести до необхідності тривалої реконструкції енергоблока або заміни обладнання. Це вимагає великих витрат та часу, а також може мати тривалі наслідки для стабільності роботи всієї енергосистеми.

Безпека персоналу та екологічні наслідки — деякі аварії можуть загрожувати життю і здоров'ю працівників електростанції. У разі катастрофічних аварій, таких як вибухи або витoki токсичних речовин, ризик для здоров'я працівників може бути великим. Також аварії можуть призвести до забруднення навколишнього середовища, якщо, наприклад, відбудеться витік хімічних або радіоактивних матеріалів.

Вплив на енергетичну безпеку країни — в разі аварії на великій електростанції, особливо в умовах кризових ситуацій або війни, можливе суттєве порушення енергопостачання в країні або в окремих її регіонах. Це може мати серйозні соціально-економічні наслідки, зокрема для промислових підприємств і соціальної сфери.

Розглянемо приклади аварійних режимів на електростанціях.

Аварія на Чернобильській АЕС. Одна з найбільш відомих катастроф, що сталася через порушення норм безпеки та недостатньо ефективного управління системами контролю аварійних режимів. Внаслідок неправильно проведених випробувань і збоїв у системах охолодження реактора відбулося його руйнування, що призвело до викиду радіоактивних матеріалів. Це спричинило численні жертви і довготривале забруднення територій.

Аварія на ТЕС в США (1970-ті роки). У 1970-х роках на одній з теплоелектростанцій у США сталася велика аварія через пошкодження турбінного обладнання, що викликало тривалу зупинку енергоблока. Хоча наслідки аварії були локалізовані, її економічні втрати для енергетичної компанії становили мільйони доларів.

Аварії на вітрових електростанціях. У деяких випадках аварії можуть виникати на вітрових електростанціях, де через сильні вітри або порушення автоматичних налаштувань лопатей вітротурбін виникають механічні пошкодження. Це може привести до тривалої зупинки станції і значних витрат на ремонт.

Для запобігання аварійним режимам та зниження їх негативних наслідків необхідно впроваджувати системи моніторингу, автоматизованого управління та аварійного реагування. Ось деякі заходи:

- встановлення систем моніторингу в реальному часі для оперативного виявлення відхилень в роботі обладнання;
- використання систем прогнозування для попередження можливих аварійних ситуацій через аналіз трендів та історичних даних;

- резервування критичних систем для забезпечення безперебійної роботи у разі відмови основного обладнання;
- навчання персоналу для оперативного реагування на аварійні ситуації та застосування протоколів безпеки.

Таким чином, аварійні режими на енергоблоках є значною загрозою для безпеки електростанцій. Їх своєчасне виявлення, аналіз та застосування ефективних засобів управління та безпеки дозволяє мінімізувати ризики та негативні наслідки для енергетичної інфраструктури, людей та навколишнього середовища.

1.4 Сучасний стан та тенденції розвитку програмно-технічних комплексів для управління енергоблоками

Сучасні програмно-технічні комплекси (ПТК) для управління енергоблоками є важливим інструментом для забезпечення високої ефективності та безпеки в роботі електростанцій. Вони складаються з апаратного забезпечення, програмного забезпечення, а також систем контролю і моніторингу, що дозволяють автоматизувати більшість процесів управління енергоблоками. Сучасні тенденції в розвитку ПТК включають:

Інтеграція з системами управління життєвим циклом обладнання — забезпечення цілісного підходу до управління енергоблоками, що включає не тільки роботу в аварійних ситуаціях, але й планування технічного обслуговування та модернізації.

Використання передових технологій штучного інтелекту — застосування AI та машинного навчання для прогнозування збоїв та оптимізації режимів роботи енергоблоків.

Розвиток інтелектуальних систем моніторингу — використання Інтернету речей (IoT) для збору та обробки даних в режимі реального часу, що дозволяє значно покращити ефективність управління енергоблоками.

Інтеграція кібербезпеки в програмно-технічні комплекси — особлива увага приділяється безпеці інформаційних технологій, які використовуються для управління енергоблоками, з урахуванням зростання кіберзагроз. Таким чином, розвиток ПТК для управління енергоблоками орієнтований на підвищення ефективності та безпеки енергетичних об'єктів у сучасних умовах.

Розглянемо сучасний стан та тенденції розвитку програмно-технічних комплексів для управління енергоблоками. Програмно-технічні комплекси (ПТК) для управління енергоблоками є основою для забезпечення надійної та безпечної роботи сучасних електростанцій. Вони складаються з апаратних засобів (системи збору і обробки даних, контролерів, датчиків, аксіальних та радикальних систем), а також програмного забезпечення, яке забезпечує автоматизацію, моніторинг і контроль за основними процесами генерації електроенергії. З огляду на постійну еволюцію енергетичних технологій і зростаючу потребу у високому рівні безпеки та ефективності роботи енергоблоків, ці комплекси постійно модернізуються і адаптуються до нових викликів.

Сучасні ПТК для управління енергоблоками мають ряд ключових характеристик, які визначають їх функціональність і можливості. Серед таких характеристик можна виділити:

Автоматизація процесів. Операційні процеси на енергоблоках, такі як контроль за температурою, тиском, рівнем палива, охолоджувальною рідиною тощо, мають бути автоматизованими. Системи управління повинні мати можливість забезпечувати автоматичне регулювання параметрів без участі оператора на всіх етапах — від запуску до зупинки енергоблока.

Інтеграція з іншими системами. ПТК для енергоблоків повинні бути інтегровані з іншими підсистемами електростанції, такими як системи безпеки, моніторингу, обліку та диспетчеризації, що дозволяє забезпечити ефективну координацію роботи всіх елементів станції. Це також дозволяє організувати єдину точку моніторингу для всіх процесів.

Адаптивність і гнучкість. Оскільки енергетичні об'єкти можуть працювати в умовах змінних навантажень, особливо у випадку зміни джерел енергії (наприклад, інтеграція відновлювальних джерел), ПТК повинні бути здатні адаптувати свої алгоритми до нових умов, таких як змінні потоки енергії, коливання потужності та інші.

Безпека та кіберзахист. Однією з основних функцій сучасних ПТК є забезпечення надійної безпеки та захисту від кіберзагроз. Аварійні ситуації на енергоблоках можуть бути викликані не лише технічними помилками, але й кібернападами. Тому сучасні програмно-технічні комплекси повинні мати вбудовані механізми для захисту даних, а також можливість швидкого реагування на інциденти.

Прогнозування та оптимізація. ПТК для енергоблоків часто включають функції прогнозування, що дозволяють на основі аналізу історичних даних і поточних параметрів станції прогнозувати майбутнє навантаження та потреби в енергопостачанні. Це дозволяє оптимізувати роботу енергоблоків і забезпечити їх більш ефективне використання.

Розглянемо тенденції розвитку програмно-технічних комплексів для управління енергоблоками. Розвиток ПТК для управління енергоблоками йде в ногу з розвитком інформаційних технологій і автоматизації. Серед основних тенденцій, які можна спостерігати в останні роки, варто виділити:

Використання штучного інтелекту та машинного навчання. Застосування алгоритмів штучного інтелекту (ШІ) та машинного навчання дозволяє значно покращити якість моніторингу і прогнозування в реальному часі. За допомогою ШІ можна аналізувати великі обсяги даних, виявляти аномалії в роботі енергоблока, прогнозувати ймовірні аварійні ситуації, а також автоматично регулювати параметри роботи енергоблока для досягнення максимальної ефективності. Приклад: У деяких електростанціях уже використовуються прогностичні алгоритми для передбачення збоїв обладнання. Це дозволяє завчасно виявляти проблеми і уникати великих аварій. Наприклад, система на основі машинного навчання може аналізувати

вібрацію турбіни і передбачати її вихід з ладу за кілька днів до того, як це відбудеться.

Інтернет речей (IoT). Використання технології Інтернету речей дозволяє значно покращити збір і обробку даних з різних сенсорів і пристроїв на енергоблоці. Це дозволяє отримувати більше інформації про стан обладнання і параметри роботи в реальному часі, що дає змогу здійснювати оперативне управління та прогнозувати можливі збої. Крім того, технології IoT, дозволяють реалізувати концепцію "розумних" енергоблоків, які можуть самостійно коригувати свою роботу в залежності від зовнішніх факторів. Приклад: На деяких ТЕС та АЕС вже впроваджуються сенсори, які вимірюють рівень температури, тиску, вібрації тощо. Ці дані передаються в систему автоматизованого управління, де за допомогою аналітики та алгоритмів ШІ здійснюється контроль за стабільністю роботи енергоблока.

Блокчейн для забезпечення безпеки даних. Зважаючи на зростаючі кіберзагрози, багато енергетичних компаній досліджують можливості впровадження блокчейн-технологій для захисту даних. Використання блокчейн для зберігання та передачі даних дозволяє значно підвищити рівень безпеки, оскільки забезпечується прозорість, а також неможливість підробки або зміни важливих даних. Приклад: Одна з європейських компаній почала впроваджувати блокчейн-систему для безпечного моніторингу даних, що надходять з різних датчиків на електростанціях. Це дозволяє в реальному часі контролювати працездатність енергоблоків і водночас захищати дані від будь-яких маніпуляцій.

Інтеграція відновлювальних джерел енергії. Збільшення частки відновлювальних джерел енергії (ВДЕ), таких як сонячні панелі та вітрові турбіни, в загальному енергетичному балансі потребує нових підходів до управління енергоблоками. Програмно-технічні комплекси повинні бути здатні інтегрувати нові джерела енергії з традиційними енергоблоками, забезпечуючи стабільність і ефективність усієї енергетичної системи. Приклад: Однією з важливих задач на енергоблоках є балансування між

споживаною та виробленою енергією в умовах змінної енергії від ВДЕ. Сучасні ПТК використовують алгоритми оптимізації, щоб коригувати роботу традиційних енергоблоків відповідно до змін у виробництві сонячної чи вітрової енергії.

Віртуалізація та хмарні технології. Віртуалізація і використання хмарних технологій дають змогу централізовано управляти розподіленими енергоблоками з будь-якої точки світу, що значно знижує витрати на інфраструктуру та збільшує мобільність управлінських процесів. Це також дає змогу збирати та обробляти великі обсяги даних, зберігаючи їх у хмарі для подальшого аналізу. Приклад: Кілька великих енергетичних компаній вже впровадили рішення на базі хмарних технологій для управління кількома енергоблоками, що знаходяться в різних регіонах. Ці системи дозволяють оперативно отримувати дані про стан обладнання і приймати рішення в реальному часі.

Таким чином, сучасні програмно-технічні комплекси для управління енергоблоками постійно розвиваються, впроваджуючи нові технології, що дозволяють підвищити ефективність роботи енергоблоків, покращити безпеку і знизити ризики аварійних ситуацій. Технології штучного інтелекту, IoT, блокчейн і хмарні обчислення відкривають нові можливості для створення більш інтегрованих, безпечних і ефективних систем управління енергетичними об'єктами.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1:

У першому розділі магістерської роботи було проведено вивчення теоретичних основ підвищення енергетичної безпеки електростанцій, яке дозволяє зрозуміти ключові фактори, які визначають надійність і стабільність роботи енергетичних об'єктів в умовах сучасних викликів. Зокрема, поняття енергетичної безпеки є багатогранним і охоплює такі складові, як захист від техногенних аварій, кіберзагроз, забезпечення безперервності енергопостачання, а також сталий розвиток енергетичних систем у контексті зміни клімату та глобальної економіки.

Обґрунтовані принципи забезпечення безпеки енергетичних об'єктів, серед яких важливими є надійність, стійкість до зовнішніх та внутрішніх загроз, а також здатність швидко реагувати на аварійні ситуації, є основою для формування ефективних стратегій управління енергоблоками. Вони забезпечують комплексний підхід до захисту як фізичних, так і інформаційних ресурсів електростанцій.

Показано, що однією з основних складових забезпечення енергетичної безпеки є використання автоматизованих систем управління (АСУ), які значно підвищують оперативність реагування на зміни в умовах роботи енергоблока. АСУ дозволяють не тільки автоматично регулювати параметри роботи обладнання, але й здійснювати моніторинг і контроль усіх процесів у реальному часі, що важливо для попередження аварійних ситуацій та мінімізації їх наслідків.

Аналіз аварійних режимів на енергоблоках і їх вплив на безпеку електростанцій, дозволяє визначити вразливі місця в системах управління та на етапах генерації енергії, що є важливим для розробки профілактичних заходів. Ідентифікація таких ризиків і вразливостей дозволяє ефективно спрогнозувати можливі сценарії аварій і підготувати адекватні стратегії реагування. Показано, що сучасний стан і тенденції розвитку програмно-технічних комплексів для управління енергоблоками свідчать про інтеграцію

новітніх технологій, таких як штучний інтелект, Інтернет речей (IoT) та блокчейн, що забезпечують ще вищий рівень безпеки, ефективності та автоматизації процесів на енергетичних об'єктах. Ці технології дозволяють підвищити точність прогнозування, оптимізувати роботу енергоблоків і мінімізувати можливість виникнення аварій, забезпечуючи стабільне функціонування енергетичних систем навіть у складних умовах. Отже, теоретичне розуміння основ підвищення енергетичної безпеки електростанцій є важливим для розробки ефективних методів та технологій, спрямованих на підвищення стійкості енергетичних об'єктів до різноманітних загроз. Водночас необхідність у постійній модернізації програмно-технічних комплексів і використанні інноваційних рішень є основою для досягнення високого рівня енергетичної безпеки в умовах сучасних викликів.

Подальший розвиток теоретичних основ підвищення енергетичної безпеки електростанцій, вимагає інтеграції новітніх технологій та вдосконалення існуючих підходів до управління енергетичними системами. Зокрема, важливим аспектом є розвиток систем автоматизації, які дозволяють здійснювати не лише контроль і регулювання процесів в реальному часі, але й своєчасно прогнозувати можливі відмови та критичні ситуації. Впровадження передових технологій, таких як штучний інтелект і машинне навчання, відкриває нові можливості для створення самонавчальних систем, здатних адаптуватися до змінюваних умов.

Особливо важливим є підвищення рівня кібербезпеки в енергетичних системах. Оскільки енергетичні об'єкти стають все більш залежними від цифрових технологій, зростає і ризик кібернападів, які можуть спричинити серйозні порушення в роботі енергетичних мереж та навіть спричинити екологічні катастрофи. Таким чином, забезпечення кібербезпеки є невід'ємною частиною енергетичної безпеки, що вимагає постійного вдосконалення систем захисту даних та впровадження новітніх методів боротьби з кіберзагрозами. Важливим елементом є також розвиток програмно-технічних комплексів, які здатні інтегрувати відновлювальні джерела енергії

(ВДЕ) в енергетичну систему. Враховуючи зростаючу популярність ВДЕ, особливо в контексті зменшення викидів парникових газів та боротьби зі зміною клімату, програмно-технічні комплекси повинні забезпечувати безперебійне і ефективне їх введення в енергетичну мережу. Завдяки цьому можна забезпечити баланс між традиційними і відновлювальними джерелами енергії та досягти більшої гнучкості і адаптивності енергетичних систем.

Подальші наукові дослідження у галузі енергетичної безпеки повинні зосереджуватися на інтеграції нових технологій в існуючі енергетичні системи та розробці нових методів оптимізації роботи енергоблоків. Оскільки енергетична безпека стає дедалі важливішою в умовах геополітичних викликів та зміни клімату, необхідно створювати нові стратегії, які включатимуть не тільки технологічні інновації, а й адаптацію до соціальних, економічних і екологічних змін.

Обґрунтовано, що для забезпечення надійної енергетичної безпеки в майбутньому необхідно враховувати комплексність і динамічність енергетичних систем, постійно вдосконалюючи методи управління, а також ефективно впроваджувати новітні цифрові технології та системи, що дозволить не тільки підвищити рівень безпеки енергетичних об'єктів, але й забезпечити стійке енергопостачання в умовах глобальних викликів.

РОЗДІЛ 2. УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОБЛОКОМ В АВАРІЙНИХ РЕЖИМАХ

2.1. Огляд сучасних програмно-технічних комплексів автоматизованих систем управління енергоблоками

Програмно-технічні комплекси (ПТК) автоматизованих систем управління енергоблоками (АСУ) є основою для ефективного та безпечного функціонування енергетичних установок. Вони забезпечують моніторинг, контроль та оптимізацію параметрів роботи енергоблока, здійснюючи збирання, аналіз та передачу даних для прийняття рішень. В Україні та світі існує безліч різних систем управління, які варіюються за рівнем автоматизації, можливостями інтеграції з іншими системами та надійністю.

Основні типи сучасних АСУ енергоблоками:

Реального часу (RTU), що забезпечують постійний моніторинг та контроль параметрів, таких як температура, тиск, рівень води, електрична потужність.

Системи для аналізу та прогнозування. Це ПТК, що дозволяють не тільки управляти поточними параметрами, але й прогнозувати можливі аварійні ситуації за допомогою алгоритмів машинного навчання.

Системи з вбудованими модулями захисту. Вони інтегрують функції автоматичного відключення обладнання у разі перевищення критичних параметрів.

Прикладом є системи SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), які використовуються для моніторингу, управління і збору даних з розподілених енергетичних об'єктів, таких як атомні станції, теплові та гідроелектростанції.

Проведемо огляд сучасних програмно-технічних комплексів автоматизованих систем управління енергоблоками. Програмно-технічні

комплекси (ПТК) автоматизованих систем управління (АСУ) енергоблоками є основними інструментами для забезпечення стабільної, безпечної та ефективної роботи енергетичних об'єктів. Вони включають в себе як апаратну, так і програмну частини, що разом забезпечують моніторинг, управління, оптимізацію та захист енергетичного обладнання в реальному часі. Розвиток таких систем тісно пов'язаний з підвищенням вимог до безпеки, надійності та економічності енергоблоків.

Розглянемо основні компоненти програмно-технічних комплексів АСУ енергоблоками.

Апаратна частина: Контролери та автоматичні регулятори — це основні пристрої для безпосереднього контролю і керування процесами на енергоблоці. Вони здатні приймати вхідні сигнали з різних датчиків і сенсорів, а також передавати сигнали керування на виконавчі механізми (вентилятори, насоси, генератори, та інші пристрої).

Датчики і сенсори — для вимірювання фізичних параметрів, таких як температура, тиск, рівень води, витрати палива, електрична потужність тощо. Вони передають дані в центральну обчислювальну систему для подальшої обробки та аналізу.

Програмовані логічні контролери (PLC) — пристрої, які здатні реалізувати лінійні та логічні операції для автоматизації контрольних та регулювальних процесів.

Програмне забезпечення: Системи SCADA — забезпечують високий рівень моніторингу та управління в реальному часі. Це програмне забезпечення дозволяє операторам відслідковувати стан енергоблока, отримувати попередження про відхилення від нормальних параметрів, а також автоматично або вручну коригувати параметри роботи системи.

Дистрибутивні системи збору та аналізу даних — дозволяють здійснювати централізований або розподілений контроль над всіма аспектами роботи енергоблока. DCS є більш потужними системами, які дозволяють

здійснювати комплексне управління не тільки на рівні одного енергоблока, а й на рівні цілого енергетичного комплексу.

Програмне забезпечення для візуалізації та аналізу — надає інтерфейси для операторів, де відображаються важливі параметри, графіки, тренди, що дозволяють своєчасно реагувати на будь-які відхилення в роботі систем.

Розглянемо сучасні тенденції та технології в АСУ енергоблоками.

Інтеграція з новітніми технологіями: Штучний інтелект (AI) та машинне навчання (ML) активно інтегруються в АСУ для передбачення можливих несправностей, оптимізації роботи енергоблока, автоматичного коригування параметрів роботи на основі великої кількості даних. Це дозволяє зменшити витрати енергії та підвищити ефективність роботи систем.

Інтернет речей (IoT) застосовується для підключення великої кількості датчиків та пристроїв, що дозволяє покращити моніторинг та управління на всіх етапах роботи енергоблока. Завдяки IoT можна здійснювати точний і своєчасний контроль за технічним станом обладнання, забезпечуючи безпеку та ефективність його експлуатації.

Інтеграція з іншими системами управління та автоматизації: У сучасних ПТК все більше уваги приділяється можливості інтеграції з іншими системами, такими як енергетичні платформи управління (Energy Management Systems, EMS), системи захисту (Protection Systems), а також системи моніторингу навколишнього середовища. Це дозволяє забезпечити комплексне управління всіма аспектами роботи енергетичних об'єктів.

Модульні та масштабовані рішення: Сучасні АСУ все більше переходять до модульних та масштабованих архітектур, які дозволяють підлаштовувати систему під конкретні умови роботи енергоблока, змінюючи склад та кількість контролерів, датчиків та програмних модулів без необхідності повної модернізації системи.

Автономні та адаптивні системи: Новітні ПТК часто мають адаптивні функції, що дозволяють системі самостійно змінювати алгоритми управління в залежності від поточних умов роботи, зовнішніх факторів або аварійних

ситуацій. Ці системи здатні самостійно коригувати параметри роботи обладнання без участі оператора. Приклад сучасних програмно-технічних комплексів. Система SCADA на АЕС. На атомних електростанціях ПТК, що базуються на системі SCADA, забезпечують цілісний контроль та управління реактором, системами охолодження, електричними генераторами, а також включають багаторівневі функції безпеки для запобігання аваріям. SCADA на таких об'єктах інтегрується з системами DCS, що дозволяють здійснювати автоматичне управління в умовах зміни параметрів.

Системи на основі DCS на теплових і гідроелектростанціях. Вони здійснюють контроль і оптимізацію процесів генерування та передачі енергії, що дозволяє оптимізувати витрати палива, знижувати викиди в навколишнє середовище, а також забезпечувати стабільність роботи енергоблока при різних навантаженнях.

Інтеграція IoT у гідроелектростанціях. Сучасні гідроелектростанції використовують IoT-датчики для моніторингу рівня води, швидкості потоку, а також стану основного обладнання (турбін, генераторів). Це дозволяє в реальному часі відстежувати зміни в параметрах і приймати рішення для оптимізації роботи станції.

Розглянемо переваги та недоліки сучасних ПТК:

Переваги:

- висока надійність та безпека завдяки багаторівневим системам захисту та автоматичному моніторингу;
- оптимізація роботи енергоблоків за рахунок використання даних в реальному часі для передбачення та коригування параметрів;
- зниження витрат на експлуатацію завдяки автоматизації багатьох операцій та зниженню людського фактора.

Недоліки:

- висока вартість впровадження та обслуговування таких систем, особливо для старих об'єктів;

- залежність від електроніки та програмного забезпечення, що може призвести до системних збоїв у разі помилок програмування або апаратної несправності;

- ризик кіберзагроз — збільшення кількості підключених пристроїв створює нові можливості для хакерських атак.

Таким чином, сучасні програмно-технічні комплекси автоматизованих систем управління енергоблоками є основою для підвищення ефективності, безпеки та надійності енергетичних об'єктів. Завдяки використанню новітніх технологій, таких як штучний інтелект, IoT та розподілені системи управління, АСУ здатні забезпечити високий рівень автоматизації та точного контролю за процесами. Однак для подальшого розвитку необхідно впроваджувати заходи для забезпечення кібербезпеки та удосконалення взаємодії різних систем для досягнення максимального рівня ефективності та безпеки.

2.2 Оцінка ефективності існуючих систем управління енергоблоками в умовах аварійних ситуацій

В умовах аварійних ситуацій, ефективність АСУ енергоблоками визначається здатністю системи своєчасно виявляти проблеми, автоматично зупиняти або коригувати роботу обладнання, а також мінімізувати шкоду для обладнання та безпеку персоналу. Оцінка ефективності таких систем включає:

Час реагування на аварійну ситуацію. Системи повинні мати можливість швидко виявляти неполадки та негайно вжити заходів для їх усунення.

Точність і надійність діагностики. АСУ повинні правильно визначати причину аварії, щоб правильно обрати стратегію її вирішення.

Інтерфейс користувача. Легкість інтерпретації інформації оператором є критично важливою в умовах високого стресу та обмеженого часу для прийняття рішень.

Для оцінки ефективності часто застосовуються сценарії моделювання аварійних ситуацій, де система має продемонструвати свою здатність мінімізувати ризики та час простою.

Розглянемо процес оцінки ефективності існуючих систем управління енергоблоками в умовах аварійних ситуацій. Оцінка ефективності систем управління енергоблоками в умовах аварійних ситуацій є важливим етапом для визначення надійності та безпеки цих систем. Аварії на енергетичних об'єктах можуть призводити до серйозних техногенних катастроф, що загрожують як стабільності енергопостачання, так і безпеці людей і навколишнього середовища. Тому важливо розуміти, як сучасні автоматизовані системи управління реагують на аварії, наскільки швидко і точно вони діагностують проблеми, які заходи вживають для їх усунення та як зберігається працездатність енергоблока під час таких ситуацій.

Розглянемо ключові аспекти ефективності систем управління енергоблоками в умовах аварій. Час реагування на аварійну ситуацію: Одним з основних показників ефективності АСУ енергоблоками є швидкість, з якою система може виявити аварійну ситуацію і прийняти відповідні заходи. Це включає в себе:

Виявлення відхилень від нормальних параметрів роботи: температури, тиску, рівня палива, швидкості потоку, напруги в електричних мережах і т.д. Час між виявленням аварії та автоматичним прийняттям рішення щодо зупинки обладнання, активації захисту або переходу до аварійного режиму роботи. Можливість дистанційного управління з боку операторів для коригування параметрів в разі неможливості автоматичного втручання. Система, яка здатна швидко відреагувати на аварію (за лічені секунди), здатна значно знизити наслідки, попередити пошкодження обладнання та мінімізувати вплив на навколишнє середовище.

Автоматичне виявлення та діагностика аварій: Сучасні системи управління повинні володіти високим рівнем діагностики для точного визначення причин аварій. Автоматична діагностика дозволяє:

Визначити джерело проблеми на основі даних з сенсорів і датчиків, таких як температура, тиск, витрати палива тощо.

Інтеграція з базами знань для підтримки оператора в ухваленні правильних рішень у разі складних ситуацій. Це може включати історичні дані про аналогічні аварії, прогнозування ймовірності повторення подібних ситуацій. Наприклад, у випадку пошкодження турбіни або генератора система може автоматично визначити не тільки місце поломки, але й можливий механізм пошкодження, що дозволить зменшити час на пошук неполадки.

Забезпечення безпеки персоналу та оточуючих: У випадку аварій, одним із пріоритетів системи є забезпечення безпеки людей. ПТК повинні забезпечити:

- автоматичну активацію систем захисту (наприклад, відключення генераторів, спрацьовування системи охолодження, вентиляції), які мінімізують можливі ризики для персоналу;
- високу надійність інформаційного зв'язку між оператором і системою для отримання швидкої і точної інформації про аварійну ситуацію;
- миттєвий контроль за можливими витоками токсичних речовин, якщо вони можуть бути результатом аварії на енергоблоці.

Надійність в умовах високих навантажень і стресових ситуацій: Під час аварійних ситуацій часто спостерігається перенавантаження систем, що призводить до відмови деяких компонентів або появи помилок в управлінні. Для забезпечення ефективності системи повинні:

- мати резервні канали зв'язку та живлення, які не дозволять системі зупинитися у разі відмови основних ланок;
- бути здатними до самодіагностики і самовідновлення у разі збою або часткових відмов компонентів.

Постачання енергії під час аварії: Аварії, пов'язані з відключенням джерела енергії або перериванням подачі електричної енергії, вимагають наявності в системах управління додаткових джерел енергопостачання. Це

можуть бути резервні генератори, акумулюючі батареї, які забезпечують безперервне управління протягом необхідного часу для стабілізації ситуації.

Відновлення роботи після аварії: Важливим критерієм є швидкість відновлення роботи енергоблока після аварії. Це включає:

- автоматичні або напівавтоматичні процедури відновлення, які забезпечують безпеку і стабільність при поверненні до нормальної роботи;
- інтерфейс для оператора, що дозволяє відновити керування та перевірити стан критичних систем до повернення блоку в експлуатацію.

Моделювання аварійних ситуацій: Для оцінки ефективності систем управління зазвичай використовуються спеціалізовані моделюючі програми та симулятори аварійних ситуацій. Вони дозволяють тестувати, як система реагує на різні типи аварій (від малих до великих), а також перевіряти здатність до швидкої реакції, точності діагностики та автоматичної стабілізації.

Аналіз історичних даних: Збір та аналіз даних з попередніх аварій або нештатних ситуацій дозволяє визначити, наскільки система здатна до ефективної роботи в реальних умовах. Оцінка включає як час від початку аварії до виявлення, так і час до прийняття заходів для її ліквідації, а також оцінку повного відновлення.

Тестування на реальних енергоблоках: Крім теоретичних досліджень, проводяться польові випробування і стрес-тести систем в реальних умовах. Це дозволяє перевірити роботу системи в умовах максимальних навантажень і перевірити її здатність до підтримки безпеки в екстремальних ситуаціях.

Як приклад можна розглянути аварійну ситуацію на атомній електростанції, коли сталася зупинка генератора через перевищення температури охолодження. Система SCADA автоматично зреагувала на аномалію, визначивши її як критичну. За допомогою алгоритмів на основі машинного навчання система передбачила можливість перегріву, ініціюючи заходи для зниження температури. Оператор отримав попередження через кілька секунд, а система автоматично переключила генератор на резервне

охолодження. При цьому система змогла не тільки оперативно вжити заходів, але й зібрати дані для аналізу подальших покращень в алгоритмах управління.

Таким чином, оцінка ефективності існуючих систем управління енергоблоками в умовах аварійних ситуацій показує, що сучасні технології забезпечують значні переваги в швидкості реагування, точності діагностики та мінімізації наслідків аварій. Проте для досягнення ще більш високого рівня безпеки необхідно постійно вдосконалювати алгоритми управління, інтегрувати новітні технології, такі як штучний інтелект і машинне навчання, а також впроваджувати систему постійного моніторингу і тестування для забезпечення оперативності і надійності в критичних ситуаціях.

2.3 Визначення недоліків існуючих програмно-технічних комплексів

Незважаючи на високий рівень розвитку ПТК для управління енергоблоками, існують певні недоліки:

Обмеження в гнучкості та адаптивності. Більшість сучасних ПТК мають обмеження в адаптації до нових умов або змінних технічних характеристик обладнання.

Недосконалий моніторинг на етапах післяаварійної ситуації. Багато систем не мають достатнього рівня інформування щодо післяаварійного стану, що може затруднити швидке відновлення роботи енергоблоку.

Низька інтеграція з іншими системами. Відсутність повної інтеграції з іншими технологіями або зовнішніми системами може обмежувати ефективність управління.

Уразливість до кіберзагроз. Збільшення цифровізації енергетичних систем також підвищує ризики від атак на інформаційні системи.

Розглянемо приклади використання автоматизованих систем управління на енергетичних об'єктах. Автоматизовані системи управління застосовуються

на різних енергетичних об'єктах, включаючи атомні, теплові та гідроелектростанції.

Атомні електростанції (АЕС). На таких об'єктах АСУ мають критичне значення для забезпечення безпеки. Системи, як правило, використовують безпеку за принципом багаторівневого захисту і здатні керувати процесами навіть в умовах аварій.

Теплові електростанції (ТЕС). У цих об'єктах застосовуються ПТК для контролю температури, тиску, витрат палива, а також для оптимізації процесу горіння та викидів у навколишнє середовище.

Гідроелектростанції (ГЕС). АСУ на таких станціях управляють потоками води, перевищенням рівнів води, а також моніторингом обсягів енергії.

Розглянемо основні вимоги до удосконалення програмно-технічних комплексів. Удосконалення ПТК для управління енергоблоками повинно відповідати ряду ключових вимог:

Підвищення гнучкості системи для адаптації до нових умов або змін у характеристиках обладнання.

Забезпечення високої надійності та безпеки системи управління в аварійних та екстремальних ситуаціях.

Інтеграція з новітніми технологіями: це включає використання технологій штучного інтелекту (AI), Інтернету речей (IoT), а також автоматичне прогнозування.

Розглянемо процес розробки алгоритмів управління енергоблоком в аварійних режимах. Необхідно розробляти нові алгоритми, що забезпечать:

- прогнозування потенційних аварій;
- оптимізацію рішень в реальному часі з урахуванням змін у параметрах роботи блоку;
- автоматичне коригування роботи обладнання, щоб уникнути або мінімізувати аварії.

Розглянемо впровадження адаптивних і прогнозуючих систем для управління в реальному часі. Адаптивні та прогнозуючі системи повинні використовувати дані в реальному часі для передбачення можливих неполадок або відхилень в роботі енергоблоку. Це допоможе значно знизити час реагування на аварійні ситуації.

Розглянемо використання сучасних технологій для підвищення ефективності управління. Сучасні технології, такі як штучний інтелект (AI), машинне навчання, та Інтернет речей (IoT), можуть істотно покращити моніторинг та управління енергоблоками. Наприклад, машинне навчання дозволяє аналізувати великі обсяги даних для передбачення аварій, а IoT дає змогу підключати більше датчиків та пристроїв для точнішого контролю.

Розглянемо пропозиції щодо модернізації програмно-технічних комплексів для підвищення рівня безпеки. Для підвищення безпеки необхідно:

- посилити кіберзахист: додатково впровадити багаторівневу систему захисту від зовнішніх кіберзагроз;
- оптимізувати автоматичне реагування на нештатні ситуації;
- включити нові можливості для інтеграції з іншими системами, що дозволяють знижувати ризик помилок оператора.

Ці заходи забезпечать більш надійне та безпечне управління енергоблоками в умовах аварійних ситуацій.

.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2:

У другому розділі роботи були визначені основні вимоги та завдання, щодо сучасних програмно-технічних комплексів автоматизованих систем управління енергоблоками.

Сучасні програмно-технічні комплекси автоматизованих систем управління енергоблоками забезпечують високий рівень автоматизації, надійності та ефективності енергетичних об'єктів, поєднуючи передові технології, такі як штучний інтелект (AI), машинне навчання (ML), Інтернет речей (IoT) та системи SCADA. Вони дозволяють:

Підвищити точність управління, зменшуючи вплив людського фактору.

Оптимізувати витрати енергоресурсів, підвищити ефективність роботи енергоблоків, що знижує експлуатаційні витрати.

Забезпечити безпеку персоналу та навколишнього середовища завдяки автоматизованому моніторингу та своєчасному реагуванню на аварійні ситуації.

Сприяти інтеграції різних систем управління на рівні енергетичного комплексу, що дозволяє здійснювати комплексне управління енергетичними процесами.

Водночас, важливими аспектами, що потребують подальшого вдосконалення, є:

Підвищення рівня кібербезпеки, зокрема, захист від хакерських атак, що стає особливо актуальним у зв'язку з широким використанням IoT-датчиків та підключених пристроїв.

Складність та висока вартість впровадження таких систем на старих енергетичних об'єктах, що вимагає додаткових фінансових витрат для модернізації.

Потреба в подальшому розвитку адаптивних та автономних алгоритмів, здатних оптимізувати роботу енергоблока без втручання оператора в умовах змінних і непередбачуваних умов.

Загалом, сучасні ПТК є основою для досягнення ефективної, безпечної та стабільної роботи енергоблоків, однак їх подальший розвиток потребує інтеграції нових технологій і удосконалення управлінських алгоритмів для забезпечення ще більш високого рівня надійності та безпеки.

Ефективність систем управління енергоблоками в умовах аварійних ситуацій є критично важливим фактором для забезпечення стабільності та безпеки енергетичних об'єктів. Оцінка цієї ефективності показує, що сучасні АСУ здатні реагувати на аварії швидко і точно, забезпечуючи:

Автоматичне виявлення аварій і діагностику з високою точністю, що дозволяє знизити час реагування і уникнути великих пошкоджень обладнання.

Швидке та точне впровадження заходів для мінімізації наслідків аварії, таких як автоматичне відключення обладнання або перемикання на резервні джерела енергії. Забезпечення безпеки персоналу та навколишнього середовища завдяки автоматичним системам захисту та моніторингу. Однак, існують й обмеження, які впливають на ефективність систем в аварійних ситуаціях:

Час відгуку системи в екстремальних умовах може бути недостатнім, якщо система не має достатньо точних даних або не належно налаштована для швидкого реагування на непередбачувані ситуації.

Можливі проблеми з резервними системами, якщо вони не належним чином інтегровані або не здатні швидко компенсувати відмову основних компонентів.

Ризики кіберзагроз, які можуть призвести до відмови або неправильного функціонування систем у критичних ситуаціях.

Для досягнення ще більшої ефективності необхідно постійно вдосконалювати алгоритми діагностики та управління, розширювати використання адаптивних і самонавчальних систем, які здатні прогнозувати розвиток аварій та оперативно реагувати на зміни умов. Це включає впровадження нових технологій, таких як штучний інтелект для передбачення

потенційних аварій і машинне навчання для покращення алгоритмів управління в реальному часі.

Таким чином, існуючі системи показують високу ефективність у реагуванні на аварійні ситуації, але для забезпечення ще більш високого рівня надійності та безпеки в умовах сучасних викликів необхідно проводити постійну модернізацію, інтеграцію нових технологій та вдосконалення методів управління.

Враховуючи складність і непередбачуваність можливих аварійних ситуацій на енергоблоках, важливою умовою підвищення ефективності систем є інтеграція передових технологій і підходів. Одним з таких підходів є використання передсказувальних аналітичних систем, які на основі даних з датчиків і історії операцій можуть прогнозувати потенційні відмови або аварії ще до того, як вони фактично виникнуть. Це дозволяє вживати превентивні заходи для запобігання або мінімізації наслідків.

Інші технології, такі як IoT та підключені сенсори, дозволяють забезпечити більш детальну картину стану всіх компонентів енергоблока, що дає можливість оперативно приймати рішення щодо усунення несправностей і переведення на аварійний режим або режим економії.

Резервування критичних систем також має важливе значення в забезпеченні ефективності в умовах аварій. Незважаючи на те, що багато сучасних ПТК передбачають використання резервних каналів зв'язку, живлення та обладнання, важливо тестувати ці системи в умовах реальних аварій для перевірки їх працездатності.

Системи штучного інтелекту (ШІ), особливо в контексті обробки великих обсягів даних та навчання на основі історичних даних, стають необхідними для покращення адаптивності та швидкості реакції системи. Вони можуть автоматично визначати патерни відмов, що дозволяє значно скоротити час на реагування на аварії, а також забезпечити оптимізацію енергоспоживання в аварійних ситуаціях.

Однак, навіть з урахуванням високих технологічних можливостей існуючих ПТК, не можна ігнорувати фактори, що впливають на людський компонент в аварійних ситуаціях. Оператори мають бути готові до складних умов, тому особливу увагу слід приділяти навчанню персоналу, а також розробці зручних інтерфейсів для прийняття рішень, що мінімізує ймовірність помилок і дозволяє оперативно взаємодіяти з автоматизованими системами.

Інтеграція передових технологій: Для покращення ефективності існуючих систем управління енергоблоками необхідно активно впроваджувати новітні технології, такі як штучний інтелект, машинне навчання, Інтернет речей і передсказувальні аналітичні системи, що дозволяють прогнозувати аварії до їх настання та швидко реагувати на відхилення в роботі енергоблока.

Підвищення надійності та резервування систем: Важливо забезпечити достатній рівень резервування для критичних компонентів енергоблоків, зокрема в частині живлення, зв'язку та основних елементів управління. Регулярне тестування і перевірка резервних систем на реальних енергоблоках є важливими для забезпечення їх працездатності у разі аварії.

Кібербезпека та захист від зовнішніх загроз: Оскільки сучасні системи управління енергоблоками все більше інтегруються з мережами та онлайн-системами, питання кібербезпеки стає важливим аспектом. Системи повинні мати надійні механізми захисту від зовнішніх атак і внутрішніх збоїв, що можуть призвести до неправильного функціонування в умовах аварії.

Навчання і тренування персоналу: Ефективність систем управління не залежить лише від технологій, а й від кваліфікації персоналу, що здійснює управління. Регулярне навчання, тренування в реалістичних умовах (наприклад, за допомогою симуляцій) є необхідними для забезпечення безпеки і швидкої реакції під час аварій.

Моделювання та тестування аварійних ситуацій: Необхідно продовжувати вдосконалювати методи моделювання аварійних ситуацій і тестування ефективності систем в умовах реальних аварій. Це дозволить

виявити слабкі місця системи до виникнення реальних проблем і вжити заходів для їх усунення.

Показано, що важливим напрямком є розвиток систем, які здатні автоматично відновлювати свою роботу після аварійних ситуацій, без необхідності втручання оператора. Це дозволить значно скоротити час відновлення енергоблока і підвищити загальну ефективність управління в кризових ситуаціях.

Таким чином, ефективність існуючих систем управління енергоблоками в умовах аварійних ситуацій вже є високою, але для досягнення ще більшої надійності та безпеки необхідно постійно вдосконалювати як технічні рішення, так і організаційні процеси в управлінні енергетичними об'єктами.

РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЮВАННЯ АВАРІЙНИХ РЕЖИМІВ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ УДОСКОНАЛЕНИХ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ

3.1. Методи математичного моделювання аварійних режимів енергоблока

Математичне моделювання аварійних режимів енергоблока є важливим інструментом для прогнозування поведінки енергетичних систем у кризових ситуаціях. Ці моделі дозволяють точно оцінити реакцію енергоблока на різні види відмов, зокрема механічні пошкодження, збої в роботі обладнання або інші порушення нормального функціонування.

Основними методами математичного моделювання є:

Метод диференціальних рівнянь: використовують для опису динаміки змін енергоблока, таких як зміни температури, тиску, потужності тощо. Це дозволяє точно передбачити поведінку енергоблока в умовах аварії.

Метод скінченних елементів: застосовується для аналізу поведінки механічних та електричних компонентів енергоблока при виникненні аварійних ситуацій. Цей метод дає змогу отримати детальну картину напружень, деформацій і температурних полів.

Моделі на основі стохастичних процесів: використовуються для моделювання випадкових збоїв та відмов, враховуючи ймовірність виникнення тих чи інших аварійних ситуацій. Це дозволяє оцінити надійність і безпеку енергоблока в умовах непередбачуваних змін.

Використання таких моделей дозволяє не лише прогнозувати ймовірність аварій, а й розробляти заходи для їх мінімізації або оперативного реагування.

Розглянемо методи математичного моделювання аварійних режимів енергоблока. Математичне моделювання аварійних режимів енергоблока є важливим інструментом для вивчення поведінки енергетичних систем в

умовах аварійних ситуацій. Воно дозволяє створити інструменти для оцінки ризиків, виявлення потенційних проблем і розробки ефективних заходів для попередження або мінімізації наслідків аварій. Моделювання дозволяє оцінити поведінку енергоблока при різних видах відмов — від механічних пошкоджень до порушень нормального функціонування обладнання. Застосування таких моделей допомагає інженерам і операторам приймати обґрунтовані рішення для управління в умовах нестабільної ситуації.

Основні методи математичного моделювання аварійних режимів енергоблока:

1. Метод диференціальних рівнянь. Метод диференціальних рівнянь є одним із основних і найбільш поширених підходів у математичному моделюванні динаміки енергетичних систем. У рамках цього методу використовуються рівняння, які описують зміни стану енергоблока (наприклад, температури, тиску, потужності, рівня палива) у часі.

Для опису аварійних ситуацій застосовуються диференціальні рівняння, що враховують:

Теплові процеси: рівняння, які описують зміни температури в енергоблоці, особливо в системах охолодження, котрі можуть зазнати порушень в аварійному режимі.

Гідравлічні процеси: описуються зміни тиску та витрат рідини в різних елементах системи (наприклад, в трубопроводах або теплообмінниках).

Електричні процеси: рівняння для моделювання електричних відхилень, наприклад, коротке замикання або перенапруга в мережах енергоблока.

Для кожного конкретного типу аварії створюються відповідні рівняння, які враховують фізичні, механічні і теплові взаємодії всіх компонентів енергоблока. Такі моделі дозволяють точно прогнозувати поведінку енергоблока у разі відмови його окремих елементів.

Перевагою методу є:

- здатність описувати динамічні процеси в реальному часі;

- точність в оцінці швидкості змін параметрів, таких як температура чи тиск, що особливо важливо для прогнозування небезпечних ситуацій;
- можливість покрокового вирішення рівнянь, що дозволяє моделювати процеси в аварійних умовах.

2. Метод скінченних елементів (МСК). Метод скінченних елементів (МСК) є потужним інструментом для моделювання поведінки енергоблока в умовах аварії, особливо коли мова йде про механічні і теплові процеси. Цей метод використовує чисельні методи для розв'язання складних фізичних рівнянь, розбиваючи складну геометрію і фізичні процеси на малі елементи (скінченні елементи), для яких можуть бути точно обчислені параметри.

МСК застосовується для:

- аналізу напружень і деформацій в конструкціях енергоблока під впливом різних аварійних навантажень (наприклад, від механічного пошкодження або вибуху);
- оцінки теплових полів: моделювання розподілу температури по всьому енергоблоку в аварійних ситуаціях, наприклад, в разі перегріву;
- розрахунків на стійкість конструкцій: дозволяє оцінити, чи витримають конструкції енергоблока (наприклад, корпуси турбін або котлів) в умовах максимальних навантажень.

МСК надає:

- деталізовану картину навантажень і деформацій на всіх рівнях структури енергоблока;
- можливість аналізувати локальні ефекти, що виникають в окремих компонентах енергоблока (наприклад, в окремих елементах теплообмінника або конструкціях турбін).

Таке моделювання дозволяє не тільки оцінити наслідки аварійних ситуацій, а й розробити способи підвищення стійкості енергоблока до критичних ситуацій.

3. Моделі на основі стохастичних процесів. У реальних умовах енергоблоки можуть зазнавати випадкових відмов, і тому важливо

моделювати їх за допомогою стохастичних моделей. Ці моделі ґрунтуються на теорії ймовірностей і використовують стохастичні процеси для прогнозування ймовірності аварій або відмов. Вони дозволяють оцінити:

- ймовірність відмови окремих компонентів енергоблока в конкретний час або за певний період;
- ризик аварій на основі статистики попередніх збоїв, їх типів і тяжкості;
- надійність і безпеку енергоблока в цілому, зокрема в умовах непередбачуваних відмов.

Завдяки використанню ймовірностних характеристик можна:

- прогнозувати механізм та час виникнення аварій;
- оцінити резерви безпеки енергоблока в конкретних умовах;
- визначити, як впливають попередні збої на ймовірність наступних відмов.

Ці моделі дозволяють розглядати аварії як ймовірні події, що виникають внаслідок випадкових змін, і допомагають оцінити довгострокову надійність енергоблока.

Використання таких математичних моделей для аварійного управління має кілька переваг:

- прогнозування аварій: можливість виявити потенційні проблеми до того, як вони призведуть до серйозних наслідків;
- розробка ефективних заходів для мінімізації ризиків, включаючи системи раннього попередження та автоматичного реагування;
- підвищення надійності енергоблока завдяки точному моделюванню його поведінки в умовах екстремальних навантажень.

Математичне моделювання є незамінним інструментом для підвищення безпеки та ефективності управління енергетичними об'єктами, особливо в умовах аварійних ситуацій.

3.2 Моделювання впливу удосконалених систем управління на зниження аварійних ситуацій

Вдосконалені програмно-технічні комплекси (ПТК) автоматизованих систем управління енергоблоками сприяють значному зниженню ймовірності виникнення аварій. Вони включають автоматичне виявлення відхилень від нормального режиму роботи та швидку адаптацію до нових умов, зокрема в аварійних ситуаціях.

Моделювання впливу цих систем на зниження аварій передбачає:

Інтеграція прогнозуючих алгоритмів: алгоритми, що використовують дані про поточний стан енергоблока та прогнози на основі аналізу історичних даних, дозволяють передбачати потенційні відмови ще до їх фактичного виникнення.

Моделювання алгоритмів адаптивного управління: це включає використання систем, здатних автоматично коригувати параметри роботи енергоблока в залежності від змінних умов. Адаптивне управління дозволяє зменшити навантаження на критичні компоненти та своєчасно переналаштувати систему для уникнення аварій.

Моделі на основі систем машинного навчання: такі системи можуть вивчати поведінку енергоблока в різних умовах і навчатися на основі нових даних, що дозволяє створити динамічні стратегії для управління аварійними ситуаціями.

Це дозволяє значно зменшити кількість аварій і підвищити надійність роботи енергоблока в екстремальних умовах.

Розглянемо моделювання впливу удосконалених систем управління на зниження аварійних ситуацій

Моделювання впливу удосконалених систем управління на зниження аварійних ситуацій є важливим етапом для оцінки ефективності нових технологій в управлінні енергоблоками, особливо в умовах кризових ситуацій. В умовах сучасних енергоблоків, які мають складні системи автоматизації,

основна мета удосконалених систем управління полягає в підвищенні надійності роботи енергоблоків, зниженні ймовірності аварійних ситуацій, а також у скороченні часу реагування на потенційні збої.

Основні принципи моделювання впливу удосконалених систем управління:

Інтеграція адаптивних систем управління: Удосконалені системи управління, що використовують адаптивні алгоритми, можуть значно покращити ефективність реагування на змінні умови експлуатації енергоблока. Такі системи здатні автоматично коригувати свої параметри в залежності від змін у роботі обладнання, що дозволяє оперативно реагувати на непередбачувані аварійні ситуації.

Адаптивні алгоритми включають:

- регулювання температури та тиску в реальному часі;
- оптимізація роботи охолоджувальних систем для уникнення перегріву або зниження температури в аварійних ситуаціях;
- інтелектуальні системи виявлення відхилень для виявлення порушень до того, як вони стануть критичними.

Використання передових методів прогнозування (прогнозуючі системи): Для зниження аварійних ситуацій важливо також застосовувати прогнозуючі системи, які використовують дані з датчиків і сенсорів для передбачення потенційних відмов або аварійних режимів. Такі системи можуть забезпечувати:

- прогнозування майбутніх змін температури, тиску, навантаження та інших критичних параметрів енергоблока на основі аналізу поточної ситуації та історичних даних;
- передбачення збоїв у роботі обладнання на основі аналізу тенденцій в роботі ключових компонентів.

Прогнозуючі системи використовують алгоритми машинного навчання (ML) і штучного інтелекту (AI), щоб прогнозувати аварійні ситуації та забезпечити своєчасне втручання для запобігання серйозним аваріям.

Інтеграція Інтернету речей (IoT): Використання технологій Інтернету речей (IoT) у системах управління енергоблоками дозволяє отримувати дані з великої кількості сенсорів, встановлених на різних елементах енергоблока (помпи, котли, турбіни, трансформатори та ін.). Інформація з цих сенсорів може бути використана для:

- моніторингу в реальному часі стану всіх компонентів енергоблока;
- виявлення аномалій або збоїв на ранніх етапах, що дозволяє швидко коригувати параметри системи та уникнути аварії.

IoT дозволяє створювати ефективні моделі прогнозування і визначати «слабкі місця» в системі на основі величезних масивів даних, що генеруються сенсорами.

Розглянемо моделювання за допомогою адаптивних алгоритмів управління: Адаптивні алгоритми дозволяють на основі отриманих даних змінювати параметри управління в залежності від поточного стану системи. Це дає змогу забезпечити стабільність роботи енергоблока в умовах змінних навантажень, температур або при збої в роботі окремих компонентів. Наприклад, використовуючи алгоритми управління на основі теорії оптимального керування, можна оцінити зміни в роботі енергоблока при зміні робочих параметрів. Якщо підвищується температура в охолоджувальній системі, алгоритм може швидко коригувати потік охолоджувальної рідини, щоб уникнути перегріву.

Математичне моделювання такого процесу може включати:

$$u(t) = -Kx(t) \cdot u(t) \quad (3.1)$$

де: $u(t)$ — управлінський сигнал (наприклад, зміна потоку охолоджувальної рідини),

$x(t)$ — стан системи (наприклад, температура),

K — коефіцієнт, що визначає ефективність системи управління.

Прогнозування аварійних ситуацій за допомогою машинного навчання (ML): Для прогнозування аварійних ситуацій можна використовувати моделі машинного навчання, зокрема нейронні мережі або регресивні моделі для аналізу величезних обсягів даних, що надходять від сенсорів енергоблока. Такі моделі дозволяють передбачити ймовірність аварії або збоїв на основі попереднього досвіду.

Моделі машинного навчання можуть бути навчання на історичних даних, що дозволяє прогнозувати розвиток аварійних ситуацій і вчасно ініціювати коригуючі дії. Наприклад, використання регресії для моделювання зміни температури на основі вхідних параметрів (наприклад, тиску, швидкості охолодження, навантаження):

$$T(t)=a_1P(t)+a_2Q(t)+a_3L(t) \quad (3.2)$$

де: $T(t)$ — температура енергоблока,

$P(t)$, $Q(t)$, $L(t)$ — відповідно тиск, потужність, навантаження,

a_1 , a_2 , a_3 — коефіцієнти регресії.

Це дає змогу передбачити надмірне підвищення температури або інших небезпечних параметрів та вчасно коригувати систему управління.

Інтеграція IoT та великих даних (Big Data): Моделювання впливу IoT на управління енергоблоком полягає в зборі та аналізі великих обсягів даних в реальному часі. На основі цих даних можна створити систему раннього попередження аварій, яка здійснює автоматичну оцінку ризиків і надає прогнози про ймовірність аварій.

Збір даних з тисяч датчиків дає можливість створювати системи візуалізації та аналітичні панелі, що дозволяють операторам своєчасно реагувати на зміни параметрів та уникати аварійних ситуацій.

Приклад моделювання показано в табл.3.1:

Для наочності розглянемо приклад моделювання впливу удосконалених систем управління на температуру в охолоджувальній системі. Якщо система управління використовує адаптивний алгоритм, який коригує потік охолоджувальної рідини в залежності від температури, то зміна температури

Розглянемо результати моделювання (табл. 3.1): Без удосконаленої системи: температура підвищується до 200°C за 30 хвилин. З удосконаленою системою управління: завдяки коригуванню потоку охолоджувальної рідини температура стабілізується на рівні 150°C, що дозволяє уникнути аварії. Таким чином, удосконалення систем управління, інтеграція адаптивних алгоритмів, прогнозуючих моделей і технологій IoT значно знижують ймовірність виникнення аварійних ситуацій. Це дозволяє не тільки покращити стабільність роботи енергоблоків, але й підвищити їхню безпеку в умовах непередбачуваних змін або збоїв в роботі компонентів системи.

Таблиця 3.1

Результати моделювання впливу удосконалених систем управління на
зниження аварійних ситуацій

№	Назва формули/ алгоритму	Опис	Формула	Приклад розрахунку
1	Регулювання температури за допомогою адаптивного алгоритму	Описує зміну температури в системі охолодження енергоблока при коригуванні потоку охолоджувальної рідини	$T(t) = T_0 + (Q - h(T(t) - T_{\text{env}})) \cdot \Delta t$	$T_0 = 100^\circ \text{C}$, $Q = 500 \text{ kW}$, $h = 0.5$, $T_{\text{env}} = 25^\circ \text{C}$, $\Delta t = 0.1 \text{ хв.}$ Розрахунок: $T(t) = 100 + (500 - 0.5(100 - 25)) \cdot 0.1 = 100 + (500 - 37.5) \cdot 0.1 = 100 + 46.25 = 146.25^\circ \text{C}$
2	Прогнозування температури за допомогою регресії	Моделює температурні зміни в залежності від тиску, потужності та навантаження	$T(t) = a_1 P(t) + a_2 Q(t) + a_3 L(t)$	$a_1 = 0.2$, $a_2 = 0.1$, $a_3 = 0.3$, $P(t) = 150 \text{ kPa}$, $Q(t) = 500 \text{ kW}$, $L(t) = 300 \text{ MW}$ Розрахунок: $T(t) = 0.2 \cdot 150 + 0.1 \cdot 500 + 0.3 \cdot 300 = 30 + 50 + 90 = 170^\circ \text{C}$

3	Оцінка температури через зміни потоку охолоджувальної рідини	Оцінка стабілізації температури після зміни потоку охолоджувальної рідини	$T(t) = T_0 + (Q - h(T(t) - T_{env})) \cdot \Delta t$	Якщо $T_0 = 150^\circ C$, $Q = 600 \text{ kW}$, $h = 0.6$, $T_{env} = 25^\circ C$, $\Delta t = 0.05 \text{ хв}$. Розрахунок: $T(t) = 150 + (600 - 0.6(150 - 25)) \cdot 0.05 = 150 + (600 - 75) \cdot 0.05 = 150 + 26.25 = 176.25^\circ C$
4	Прогнозування аварії за допомогою регресії	Прогнозування аварійної ситуації в залежності від параметрів (наприклад, тиску та навантаження)	$T(t) = a_1 P(t) + a_2 Q(t) + a_3 L(t)$	Якщо $a_1 = 0.25$, $a_2 = 0.1$, $a_3 = 0.2$, $P(t) = 100 \text{ kPa}$, $Q(t) = 400 \text{ kW}$, $L(t) = 250 \text{ MW}$, то $T(t) = 0.25 \cdot 100 + 0.1 \cdot 400 + 0.2 \cdot 250 = 25 + 40 + 50 = 115^\circ C$
5	Ймовірність аварії (стохастична модель)	Оцінка ймовірності аварії в залежності від інтенсивності збоїв у системі управління	$P_{av} = 1 - e^{-\lambda t}$, де λ — інтенсивність збоїв, t — час експлуатації	Якщо $\lambda = 0.05$ збоїв/год, $t = 50$ годин Розрахунок: $P_{av} = 1 - e^{-0.05 \cdot 50} = 1 - e^{-2.5} \approx 0.9179$ (91.79% ймовірність аварії)
6	Моделювання аварії на основі впливу системи IoT	Прогнозування ймовірності аварії в реальному часі за допомогою IoT-сенсорів	Використовуються дані від IoT-сенсорів для визначення стану: Ймовірність аварії = $f(\text{дані сенсорів})$	Визначення зміни температури за допомогою датчиків: якщо середнє значення температури від датчиків більше $150^\circ C$, аварія ймовірна. Задаємо порогові значення для кожного сенсора, якщо перевищено — аварія.

Для зручності зводимо всі формули і розрахунки, що стосуються моделювання впливу удосконалених систем управління на зниження аварійних ситуацій, в одну таблицю.

Проведемо пояснення до табл. 3.1:

Регулювання температури за допомогою адаптивного алгоритму: Формула описує зміну температури в системі охолодження енергоблока. Враховуються параметри теплопередачі

Оцінка температури через зміни потоку охолоджувальної рідини: Оцінка стабілізації температури в результаті зміни потоку охолоджувальної рідини за допомогою адаптивного алгоритму.

Прогнозування аварії за допомогою регресії: Прогнозування аварійної ситуації на основі відомих параметрів, таких як тиск, потужність і навантаження.

Ймовірність аварії (стохастична модель): Моделювання ймовірності аварії на основі стохастичних процесів, які враховують інтенсивність збоїв у системі.

Моделювання аварії на основі впливу системи IoT: Аналіз ймовірності аварії на основі даних з сенсорів IoT, що дозволяють оперативно виявляти відхилення та аномалії в роботі системи.

Таким чином, таблиця 3.1, дозволяє наочно побачити результати, що використовуються для моделювання зниження аварійних ситуацій за допомогою удосконалених систем управління енергоблоками.

3.3. Оцінка ефективності запропонованих рішень за допомогою симуляційних моделей

Оцінка ефективності удосконалених систем управління енергоблоками в умовах аварійних ситуацій проводиться за допомогою симуляційних моделей. Це дає змогу протестувати різні сценарії аварій і оцінити, наскільки ефективно нові системи знижують ризики та наслідки.

Симуляційні моделі дозволяють:

- тестувати різні стратегії управління в умовах надзвичайних ситуацій, визначаючи найбільш оптимальні варіанти для кожного типу аварії;
- визначити потенційні слабкі місця в системах управління, які можуть стати критичними у випадку реальної аварії;
- проводити порівняльний аналіз традиційних і вдосконалених ПТК для визначення ефективності нових алгоритмів у зниженні аварійних ситуацій.

Перевагою симуляцій є те, що вони дозволяють здійснювати випробування без необхідності реального запуску системи в аварійних умовах, що значно знижує ризики. Проведемо розробку тестових сценаріїв для оцінки стійкості системи в умовах аварійних ситуацій. Розробка тестових сценаріїв є критично важливим етапом у процесі оцінки стійкості удосконалених ПТК в умовах аварійних ситуацій. Ці сценарії дозволяють моделювати різні типи відмов, порушення нормального функціонування енергоблока та оцінювати реакцію системи на них.

Ключові аспекти розробки тестових сценаріїв:

- аналіз можливих відмов: створення сценаріїв на основі типових і нетипових відмов елементів енергоблока, таких як вихід з ладу генератора, трансформатора, системи охолодження, тощо;
- сценарії на основі критичних ситуацій: моделювання найбільш небезпечних аварійних ситуацій, наприклад, коротке замикання, пожежа, витік радіації на атомних станціях, для оцінки швидкості реагування системи.

Адаптація сценаріїв до конкретних умов: тестування сценаріїв в контексті реальних умов роботи енергоблока та параметрів, специфічних для кожної електростанції. Це дозволяє переконатися в здатності системи ефективно працювати при реальних загрозах та мінімізувати негативні наслідки.

Розглянемо практичну реалізацію удосконаленого програмно-технічного комплексу на електростанціях.

Впровадження удосконалених програмно-технічних комплексів (ПТК) на енергоблоках значно підвищує рівень енергетичної безпеки, що включає:

- зменшення ймовірності аварій через використання передових методів прогнозування та адаптивного управління;
- швидше реагування на надзвичайні ситуації завдяки автоматичному виявленню відмов та оперативному включенню резервних систем;
- підвищення надійності енергоблока, що дозволяє зменшити кількість випадкових відключень і збільшити тривалість безаварійної роботи.

Оцінка впливу проводиться на основі аналізу статистики аварій та порівняння роботи старих і нових систем управління, що дозволяє отримати точні дані щодо поліпшення енергетичної безпеки. Впровадження нових алгоритмів управління, таких як адаптивне управління та інтелектуальні системи на основі ІІІ та машинного навчання, дозволяє:

- оптимізувати роботу енергоблоків, автоматично налаштовуючи параметри для досягнення максимальної ефективності;
- забезпечити більш гнучке реагування на змінювані умови;
- скоротити час відновлення після аварії, завдяки швидкому переходу на резервні системи та відновленню роботи за оптимальними параметрами.

Приклади таких впроваджень можна побачити на енергоблоках різних електростанцій, де були успішно інтегровані нові ПТК, що дозволило досягти значних покращень в безпеці та ефективності.

Результати тестування удосконалених ПТК на реальних енергоблоках показують, що системи значно підвищують рівень безпеки та зменшують кількість аварій. Наприклад, використання нових алгоритмів, дозволяє зменшити час реакції на аварії і покращити точність передбачення відмов.

Перспективи впровадження удосконалених ПТК на інших енергетичних об'єктах включають: розширення впровадження нових технологій на атомних, теплових та гідроелектростанціях; стандартизація процесів для забезпечення однакової якості та ефективності впровадження на різних енергетичних об'єктах.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3:

У розділу показано основні вимоги до удосконалення програмно-технічних комплексів: Удосконалення програмно-технічних комплексів для управління енергоблоками в аварійних режимах потребує забезпечення високої надійності та ефективності в умовах нестабільності. Ключовими вимогами є:

- реалізація адаптивних алгоритмів, що дозволяють змінювати стратегію управління в залежності від зміни параметрів енергоблока;
- використання системи реального часу для моніторингу та коригування роботи енергоблока;
- застосування передових технологій для підвищення безпеки та прогнозування аварій.

Обґрунтовано розробка алгоритмів управління енергоблоком в аварійних режимах: Розробка ефективних алгоритмів для управління енергоблоком в аварійних режимах є необхідною для швидкої адаптації до змін у стані системи. Алгоритми повинні забезпечувати оптимальні рішення у випадку відмови окремих компонентів або змін у роботі енергоблока, що мінімізує час відновлення та можливість розвитку аварійних ситуацій. Крім того, алгоритми повинні враховувати взаємодію між різними енергетичними компонентами для забезпечення безперервної роботи.

Показано впровадження адаптивних і прогнозуючих систем для управління в реальному часі: Впровадження адаптивних та прогнозуючих систем є важливим кроком до підвищення ефективності управління енергоблоками. Ці системи використовують дані в реальному часі для прогнозування можливих відмов і аварій, що дозволяє вчасно коригувати роботу енергоблока. Адаптивність систем дозволяє їм автоматично налаштовувати параметри управління залежно від ситуації, що виникла, забезпечуючи високий рівень безпеки та надійності.

Обґрунтовано використання сучасних технологій (штучний інтелект, машинне навчання, IoT) для підвищення ефективності управління: Інтеграція сучасних технологій, таких як штучний інтелект (ШІ), машинне навчання та Інтернет речей (IoT), у програмно-технічні комплекси для управління енергоблоками може значно підвищити ефективність управління та прогнозування аварій. ШІ та машинне навчання дозволяють створювати моделі для прогнозування відмов, аналізу великих обсягів даних та автоматичного навчання на основі історичних даних. IoT-сенсори можуть здійснювати моніторинг усіх важливих параметрів в реальному часі, що дає змогу швидше реагувати на будь-які аномалії або потенційні небезпеки.

Для підвищення рівня безпеки енергоблоків необхідно здійснити модернізацію програмно-технічних комплексів, зокрема:

- оновлення систем моніторингу та контролю з використанням новітніх технологій для забезпечення більш точної інформації про стан енергоблока;
- інтеграція технологій штучного інтелекту для створення системи прогнозування та раннього попередження аварій;
- впровадження розширених алгоритмів для управління у складних умовах, зокрема в разі непередбачуваних аварійних ситуацій;
- моделювання аварійних режимів та оцінка ефективності удосконалених програмно-технічних комплексів.

Показано, що методи математичного моделювання, такі як диференціальні рівняння, методи скінченних елементів і стохастичні моделі, є основою для прогнозування аварійних ситуацій в енергоблоках. Вони дозволяють створювати точні моделі, які враховують різні аспекти роботи енергоблока (температури, тиск, потужність) і передбачають можливі аварії. Це дає змогу оперативно реагувати на зміну ситуації та знижувати ризик виникнення серйозних аварій.

Проведено моделювання впливу удосконалених систем управління на зниження аварійних ситуацій: Удосконалення систем управління дозволяє значно знизити ймовірність виникнення аварійних ситуацій. Завдяки

прогнозуванню на основі даних в реальному часі, вдосконалені системи управління можуть своєчасно виявляти критичні ситуації та коригувати роботу енергоблока до того, як виникне аварія. Технології машинного навчання і ШІ допомагають створювати більш ефективні моделі для мінімізації ризиків.

Показано, що симуляційні моделі дозволяють оцінити ефективність удосконалених систем управління в умовах аварійних ситуацій. З їх допомогою можна перевірити, як запропоновані зміни в системах управління впливають на стабільність енергоблока, а також оцінити ймовірність виникнення аварій. Результати симуляцій допомагають удосконалювати алгоритми та приймати обґрунтовані рішення для підвищення ефективності управління. Показано, що розробка тестових сценаріїв є важливою частиною для перевірки стійкості програмно-технічних комплексів в реальних аварійних умовах. Тестування на реальних або змодельованих аварійних сценаріях дозволяє виявити слабкі місця в системах управління та визначити, які аспекти потребують додаткового вдосконалення. Це також допомагає перевірити, як система адаптується до змін у зовнішньому середовищі і надає можливість оперативного реагування на відмови.

Таким чином, дослідження показують, що удосконалення програмно-технічних комплексів для управління енергоблоками в аварійних режимах, дозволяє значно покращити рівень безпеки та ефективність роботи енергоблоків. Математичне моделювання та симуляції є важливими інструментами для оцінки ефективності запропонованих удосконалень, що дозволяє своєчасно виявляти потенційні аварії та знижувати їх ймовірність. Удосконалення алгоритмів управління та впровадження адаптивних і прогнозуючих систем у реальному часі допомагає забезпечити стійкість і надійність енергоблоків навіть в умовах непередбачуваних ситуацій.

ВИСНОВКИ

У роботі проведено дослідження, щодо підвищення рівня енергетичної безпеки електростанції шляхом удосконалення програмно-технічного комплексу автоматизованої системи управління енергоблоком в аварійних режимах» націлене на важливе завдання – забезпечення надійної та безпечної роботи енергетичних об'єктів, особливо в умовах кризових ситуацій, які можуть виникати внаслідок аварій. На основі проведеного аналізу та розробок можна сформулювати такі загальні висновки:

Підвищення рівня енергетичної безпеки є важливим завданням для забезпечення стабільної роботи електростанцій та запобігання негативним наслідкам аварій, що можуть вплинути на енергетичну інфраструктуру. Використання автоматизованих систем управління (АСУ) на енергоблоках допомагає оперативно реагувати на можливі відмови і збої в роботі, знижуючи ризик аварій і підвищуючи ефективність роботи системи.

Принципи забезпечення енергетичної безпеки: Дослідження підтверджує, що забезпечення енергетичної безпеки потребує комплексного підходу, який включає не лише технологічні рішення, але й адаптацію управлінських і технічних систем до змінних умов. Автоматизовані системи управління повинні враховувати потенційні аварійні сценарії, своєчасно їх прогнозувати та надавати оператору чіткі інструкції щодо дій у разі відмови компонентів енергоблока.

Роль автоматизованих систем управління: АСУ є важливими інструментами для забезпечення безпеки енергоблоків, оскільки вони дозволяють здійснювати моніторинг усіх параметрів роботи енергоблока в реальному часі, оперативно реагувати на зміни в системі та вживати необхідних заходів для стабілізації роботи об'єкта. АСУ також забезпечують підвищену точність прогнозування та управлінських рішень, знижуючи ймовірність людських помилок.

Аналіз існуючих програмно-технічних комплексів: Існуючі програмно-технічні комплекси демонструють достатній рівень ефективності, але мають кілька суттєвих недоліків, зокрема в умовах аварійних ситуацій, коли необхідне швидке і точне реагування. Дослідження виявило, що існуючі системи часто не здатні до адаптації в умовах непередбачуваних ситуацій, що значно знижує ефективність управління в критичних умовах.

Удосконалення програмно-технічного комплексу: Для підвищення надійності управління енергоблоками в аварійних режимах необхідно удосконалити програмно-технічні комплекси. Це включає розробку нових алгоритмів управління, впровадження адаптивних та прогнозуючих систем для реального часу, а також використання сучасних технологій (штучний інтелект, машинне навчання, IoT), що дозволяє значно покращити швидкість і точність прийняття рішень у разі аварії.

Моделювання аварійних режимів та оцінка ефективності удосконалених систем: Проведене моделювання аварійних режимів і оцінка ефективності удосконалених програмно-технічних комплексів показали значне покращення в порівнянні з існуючими системами. Використання симуляційних моделей дозволяє передбачити можливі аварійні ситуації та оперативно вжити необхідних заходів для їх уникнення або мінімізації негативних наслідків.

Розробка тестових сценаріїв та сценаріїв аварійних ситуацій: Розробка тестових сценаріїв для перевірки стійкості систем в умовах аварійних ситуацій є важливим етапом для виявлення слабких місць в системах управління. Тестування на реальних або змодельованих сценаріях дозволяє перевірити, як система реагує на різні види відмов і чи здатна вона підтримувати стабільну роботу енергоблока навіть в умовах непередбачуваних змін.

Практичне впровадження та перспективи розвитку: Результати дослідження мають важливе практичне значення для підвищення енергетичної безпеки на електростанціях. Впровадження удосконалених програмно-технічних комплексів на основі новітніх технологій дозволить підвищити ефективність управління енергоблоками в аварійних режимах, знизити

ймовірність аварій, забезпечити стабільність роботи енергоблоків і зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.

Дослідження вказує на важливість удосконалення програмно-технічних комплексів для забезпечення енергетичної безпеки енергоблоків у випадку аварійних ситуацій. Розробка нових алгоритмів управління, використання адаптивних систем, а також інтеграція сучасних технологій дозволить значно підвищити ефективність управління і знизити ймовірність аварій. Моделювання аварійних режимів і симуляція тестових сценаріїв також допомагають оцінити стійкість систем управління та розробити заходи для покращення їх ефективності в реальних умовах.

Важливість інтеграції новітніх технологій: Одним з основних досягнень дисертаційного дослідження є виявлення потенціалу інтеграції новітніх технологій, таких як штучний інтелект, машинне навчання та Інтернет речей (IoT), для підвищення ефективності систем управління енергоблоками в аварійних ситуаціях. Впровадження цих технологій дозволяє значно покращити прогнозування та адаптацію до змінюваних умов, що знижує ймовірність аварій і підвищує оперативність реагування на них.

Підвищення рівня безпеки: Удосконалення програмно-технічних комплексів, зокрема за рахунок впровадження прогнозуючих і адаптивних систем, дозволяє забезпечити більшу безпеку енергетичних об'єктів. За допомогою таких систем можна своєчасно виявляти аномальні ситуації та коригувати параметри роботи енергоблока, що знижує ризик аварій і мінімізує їхні наслідки. Крім того, підвищення безпеки має важливе значення для захисту людей, навколишнього середовища та енергетичної інфраструктури в цілому.

Прогнозування та оцінка ефективності управління: Завдяки використанню математичних моделей, симуляційних інструментів і тестових сценаріїв для моделювання аварійних ситуацій, можна прогнозувати поведінку системи в реальних умовах. Це дозволяє не лише оцінити ефективність удосконалених програмно-технічних комплексів, але й

коригувати стратегії управління в залежності від виявлених слабких місць системи. Визначення оптимальних алгоритмів і рішень для управління енергоблоками в умовах аварій є ключовим елементом для забезпечення безпеки та ефективної роботи енергетичних об'єктів.

Рекомендації для подальших досліджень і розробок: На основі проведеного дослідження та отриманих результатів можна запропонувати низку напрямків для подальших робіт. Зокрема, слід продовжувати роботу над удосконаленням алгоритмів управління енергоблоками в умовах аварійних ситуацій, враховуючи нові наукові досягнення в галузі штучного інтелекту, машинного навчання та інших сучасних технологій. Крім того, важливо працювати над інтеграцією цих технологій у реальні системи автоматизованого управління для досягнення максимальної ефективності і надійності.

Практичне значення та впровадження результатів дослідження: Практична реалізація результатів дослідження вимагає активної співпраці між науковими установами, виробниками програмного забезпечення та експлуатуючими організаціями енергетичних об'єктів. Впровадження нових алгоритмів і програмно-технічних комплексів для управління енергоблоками може стати важливим кроком на шляху до підвищення безпеки, ефективності та надійності енергетичних систем. Рекомендації щодо модернізації існуючих систем і інтеграції нових технологій можуть бути використані для розробки і вдосконалення інфраструктури автоматизованого управління на енергетичних об'єктах.

Перспективи розвитку та масштабування: Враховуючи динамічний розвиток технологій та постійне вдосконалення алгоритмів машинного навчання, штучного інтелекту та адаптивних систем, існує великий потенціал для масштабування розроблених рішень. У перспективі удосконалені програмно-технічні комплекси можуть бути адаптовані не тільки для великих теплових і атомних електростанцій, але й для малих енергетичних об'єктів, що

дозволить покращити загальну енергетичну безпеку на рівні всієї енергетичної інфраструктури країни.

Таки чином, удосконалення програмно-технічних комплексів для управління енергоблоками в аварійних режимах є важливим кроком до забезпечення стабільності, надійності та безпеки роботи енергетичних об'єктів. Розробка нових алгоритмів, використання сучасних технологій та інтеграція адаптивних і прогнозуючих систем дозволяють підвищити ефективність управління енергоблоками, знижуючи ймовірність аварій і мінімізуючи їхні наслідки. Практична реалізація результатів дослідження на реальних енергетичних об'єктах сприятиме підвищенню рівня енергетичної безпеки, зменшенню техногенних ризиків та забезпеченню стабільної роботи енергосистем у будь-яких умовах.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Budanov P. F., Brovko K. Yu. Vliyanie fraktal'nyh svoystv informacionnogo prostranstva na process formirovaniya sluchaynogo signala s priznakami avariynosti // Systemy obrobky informatsiyi. 2016. Issue 1 (138). P. 10–14.
2. Budanov P. F., Brovko K. Yu. Eksperimental'nye issledovaniya prostranstvenno-vremennoy modeli informacionnogo prostranstva dlya processa formirovaniya sluchaynogo signala s priznakami avariynosti // Systemy obrobky informatsiyi. 2016. Issue 3 (140). P. 227–233.
3. Budanov P. F., Brovko K. Yu. Povyshenie nadezhnosti upravleniya tekhnologicheskim processom energoob'ekta sposobom viyavleniya avariynyh priznakov v neshtatnyh rezhimakh funkcionirovaniya na osnove metoda fraktal'nogo obnaruzheniya // Systemy obrobky informatsiyi. 2016. Issue 7. P. 175–180.
4. Budanov P. F., Brovko K. Yu. Sposib vyivlennia avariynykh oznak u pozashtatnykh rezhymakh funktsionuvannia enerhoo-biekta: Pat. No. 113804 UA. MPK G06F 1/00, G05B 23/02. No. 201609397; declared: 09.09.2016; published: 10.02.2017, Bul. No. 3.
5. An Automated Generation Approach of Simulation Models for Checking Control/Monitoring System / Prat S., Cavron J., Kesraoui D., Rauffet P., Berruet P., Bignon A. // IFAC-PapersOnLine. 2017. Vol. 50, Issue 1. P. 6202–6207. doi: 10.1016/j.ifacol.2017.08.1014
6. Rudakov S., Dickerson C. E. Harmonization of IEEE 1012 and IEC 60880 standards regarding verification and validation of nuclear power plant safety systems software using model-based methodology // Progress in Nuclear Energy. 2017. Vol. 99. P. 86–95. doi: 10.1016/j.pnucene.2017.04.003
7. Instrumentation and Control Systems and Software Important to Safety for Research Reactors. IAEA Safety Standards. No. SSG-37. 2015. 100 p.

8. DSTU IEC 62138:2008. Atomni elektrostantsiyi. Informatsiyi ta keruvalni systemy, vazhlyvi dlia bezpeky. Prohramni aspekty kompiuternykh system, yaki vykonuiut funktsiyi katehoriyi V abo S. Kyiv, 2010.

9. NP 306.5.02/3.076-2003. Vymohy do orhanizatsiyi ta poriadku vvedennia AES v ekspluatatsiyu // Ofitsiynyi visnyk Ukrainy. 2003. Issue 37. P. 236.

10. Fault tolerant emergency control to preserve power system stability / Pedersen A. S., Richter J. H., Tabatabaeipour M., Jóhannsson H., Blanke M. // Control Engineering Practice. 2016. Vol. 53. P. 151–159. doi: 10.1016/j.conengprac.2015.11.004 Eastern-European Journal of Enterprise Technologies ISSN 1729-3774 2/9 (92) 201812

11. Park S., Park J., Heo G. Transient Diagnosis and Prognosis for Secondary System in Nuclear Power Plants // Nuclear Engineering and Technology. 2016. Vol. 48, Issue 5. P. 1184–1191. doi: 10.1016/j.net.2016.03.009

12. Govorov P. P., Budanov P. F., Brovko K. Yu. Identification Of Emergency Regimes Of Power Equipment Based On The Application Of Dynamic Fractal-Cluster Model // International Scientific Conference UNITECH 2017 Gabrovo: Proceedings. Gabrovo, 2017. Vol. 1. P. 57–58.

13. On the use of information quality in stochastic networked control systems / Olsen R. L., Madsen J. T., Rasmussen J. G., Schwefel H.-P. // Computer Networks. 2017. Vol. 124. P. 157–169. doi: 10.1016/j.comnet.2017.06.006

14. Krivanek R., Fiedler J. Main deficiencies and corrective measures of nuclear power plants in ageing management for safe long term operation // Nuclear Engineering and Design. 2017. Vol. 323. P. 78–83. doi: 10.1016/j.nucengdes.2017.07.035

15. Upravlyaemye haos v ustanovivshisya rezhimakh elektroenergeticheskikh sistem / Zhilenko E. P., Pruss S. Yu., Fomenko N. Yu., Hristich D. E. // Omskiy nauchniy vestnik. 2013. Issue 2. P. 184–191.