

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

ДОСЛІДЖЕННЯ КРИТЕРІЇВ ТА ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ
ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ В АВАРІЙНИХ РЕЖИМАХ ФУНКЦІОНУВАННЯ
ЕНЕРГОБЛОКУ
(тема кваліфікаційної роботи)

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

спеціальності : 141 Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

_____/ Дмитро КУЗНЕЦОВ
(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 Електричні станції, мережі та системи

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 Дмитро КУЗНЕЦОВ

1. Тема «Дослідження критеріїв та показників роботи електростанції в аварійних режимах функціонування енергоблоку»

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

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

3. Вихідні дані до роботи/проєкту: Параметри критеріїв та показників роботи енергоблоку електростанції. Методи контролю та вимірювання параметрів енергоблоку.

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

ВСТУП; РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ КРИТЕРІЇВ ТА ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ В АВАРІЙНИХ РЕЖИМАХ; РОЗДІЛ 2. МОДЕЛЮВАННЯ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ЕНЕРГОБЛОКАХ; РОЗДІЛ 3. ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ АЛГОРИТМУ МОДЕЛІ АВАРІЙНИХ ПРИЗНАКОВ НА ЕНЕРГОБЛОКАХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ.

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)

Дмитро КУЗНЕЦОВ

(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)

Дмитро КУЗНЕЦОВ

(ім'я, прізвище)

Нормоконтроль

(підпис)

Юлія ОЛІЙНИК

(ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Сторінок тексту – 56; рисунків – 1 ; таблиць – 1 ;

літературних джерел – 18 .

Тема магістерської роботи: «Дослідження критеріїв та показників роботи електростанції в аварійних режимах функціонування енергоблоку ».

Метою роботи є дослідження критеріїв та показників, які визначають ефективність роботи електростанцій в аварійних режимах функціонування енергоблоків, а також розробка методів і підходів до їх оптимізації. Це дозволить підвищити рівень надійності та безпеки енергоблоків, зменшити час простою і економічні втрати в разі аварійних ситуацій.

Завдання дослідження:

- провести аналіз сучасних методів оцінки аварійних режимів роботи енергоблоків
- розробити критерії і показники для оцінки ефективності роботи електростанцій в умовах аварій;
- моделювати можливі аварійні ситуації на енергоблоках та оцінити їх вплив на загальну роботу електростанції;
- розробити рекомендації щодо підвищення надійності енергоблоків під час аварійних ситуацій;
- провести аналіз впливу аварій на економічні та технічні показники роботи станцій.

Об'єктом дослідження є процеси функціонування енергоблоків електростанцій в аварійних режимах.

Предметом дослідження є критерії та показники, що характеризують ефективність і надійність роботи енергоблоків у цих режимах.

Ключові слова: критерії та показники роботи електростанції, аварійні режими енергоблоку, методи оцінки аварій, аварійна ситуація

ABSTRACT

Pages of text – 56 ; pictures – 1 ; tables – 1 ;

literary sources – 18 .

The topic of the Master's thesis: "Research on the Criteria and Indicators of Power Plant Operation in Emergency Operating Modes of Power Units."

The aim of the work is to study the criteria and indicators that determine the effectiveness of power plant operation in emergency operating modes of power units, as well as to develop methods and approaches for their optimization. This will help improve the reliability and safety of power units, reduce downtime, and minimize economic losses in case of emergency situations.

Research tasks:

Analyze modern methods for evaluating emergency operating modes of power units;

Develop criteria and indicators for assessing the effectiveness of power plant operation under emergency conditions;

Model potential emergency situations on power units and evaluate their impact on the overall operation of the power plant;

Develop recommendations for improving the reliability of power units during emergency situations;

Analyze the impact of emergencies on the economic and technical performance of the plant.

The object of the study is the processes of power unit operation in emergency modes at power plants.

The subject of the study is the criteria and indicators that characterize the effectiveness and reliability of power unit operation under these modes.

Keywords: criteria and indicators of power plant operation, emergency modes of power units, emergency evaluation methods, emergency situation.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ КРИТЕРІЇВ ТА ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ В АВАРІЙНИХ РЕЖИМАХ	10
1.1 Теоретичні основи роботи електростанцій в аварійних режимах	10
1.2 Класифікація аварійних режимів функціонування енергоблоків	17
1.3 Методики оцінки надійності та безпеки електростанцій	26
Висновки до розділу 1	28
РОЗДІЛ 2. МОДЕЛЮВАННЯ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ЕНЕРГОБЛОКАХ	31
2.1 Структура та принципи моделювання аварійних ситуацій на енергоблоках електростанції	31
2.2 Методи визначення критеріїв та показників роботи енергоблоків.	32
2.3 Математичні моделі та програмне забезпечення для аналізу аварійних режимів	35
Висновки до розділу 2	38
РОЗДІЛ 3. РОЗДІЛ 3. ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ АЛГОРИТМУ МОДЕЛІ АВАРІЙНИХ ПРИЗНАКОВ НА ЕНЕРГОБЛОКАХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ	41
3.1 Вибір критеріїв та показників ефективності роботи електростанцій в аварійних режимах	41
3.2 Розробка методики моніторингу показників у реальному часі	43
3.3 Розробка моделі аварійних режимів для енергоблоку	50
3.4 Розробка алгоритму для реалізації моделі аварійних режимів енергоблоку	53
Висновки до розділу 3	59

ВИСНОВКИ	61
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	65

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Електричні станції відіграють важливу роль у забезпеченні стабільності енергетичних систем, тому ефективність їх роботи є однією з основних складових функціонування сучасної електроенергетичної системи. Висока надійність і безперебійність електричного постачання визначають стабільність роботи промислових підприємств, житлових і соціальних об'єктів, а також забезпечують розвиток нових технологій у всіх галузях. У той же час аварії та непередбачувані ситуації на енергоблоках можуть призводити до значних економічних втрат, порушення технологічних процесів, а інколи й до екологічних катастроф.

Особливу увагу потребують дослідження аварійних режимів функціонування енергоблоків електростанцій. Сучасні енергетичні системи характеризуються складною інфраструктурою, великою кількістю взаємопов'язаних елементів, що збільшує ймовірність виникнення різноманітних аварій. Тому ефективна система моніторингу та управління аварійними ситуаціями на енергоблоках є необхідною умовою для забезпечення стабільної роботи електростанції в умовах непередбачуваних відхилень від нормального режиму.

Метою роботи є дослідження критеріїв та показників, які визначають ефективність роботи електростанцій в аварійних режимах функціонування енергоблоків, а також розробка методів і підходів до їх оптимізації. Це дозволить підвищити рівень надійності та безпеки енергоблоків, зменшити час простоя і економічні втрати в разі аварійних ситуацій.

Завдання дослідження:

- провести аналіз сучасних методів оцінки аварійних режимів роботи енергоблоків
- розробити критерії і показники для оцінки ефективності роботи електростанцій в умовах аварій;

- моделювати можливі аварійні ситуації на енергоблоках та оцінити їх вплив на загальну роботу електростанції;
- розробити рекомендації щодо підвищення надійності енергоблоків під час аварійних ситуацій;
- провести аналіз впливу аварій на економічні та технічні показники роботи станцій.

Об'єктом дослідження є процеси функціонування енергоблоків електростанцій в аварійних режимах.

Предметом дослідження є критерії та показники, що характеризують ефективність і надійність роботи енергоблоків у цих режимах.

Наукова новизна полягає в розробці нових підходів до визначення і оцінки критеріїв та показників ефективності роботи енергоблоків в умовах аварійних ситуацій, а також у створенні методики моделювання аварійних режимів та аналізу їх наслідків для стабільності роботи електростанції.

Теоретична значущість роботи полягає в поглибленні наукових знань про аварійні режими роботи енергоблоків електростанцій. У результаті дослідження розроблено нові теоретичні підходи до оцінки критеріїв і показників ефективності роботи електростанцій в умовах аварійних ситуацій. Це включає створення математичних моделей, що описують аварійні режими, а також уточнення залежності між технічними параметрами енергоблоків та їх працездатністю в умовах відхилень від нормального режиму. Розроблені підходи до моделювання та оцінки аварійних ситуацій можуть бути використані для подальших досліджень у галузі енергетики та для вдосконалення теоретичних засад управління надійністю енергосистем.

Практична значущість дослідження полягає в розробці рекомендацій для енергетичних компаній щодо оптимізації процесів управління аварійними ситуаціями, зменшення часу реагування на аварії, поліпшення показників безпеки та надійності роботи енергоблоків. Окрім того, запропоновані методи можуть бути застосовані для вдосконалення існуючих систем моніторингу та управління на електростанціях.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ КРИТЕРІЇВ ТА ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ В АВАРІЙНИХ РЕЖИМАХ

1.1 Теоретичні основи роботи електростанцій в аварійних режимах

Електростанція є складною технічною системою, в якій взаємодіють численні механічні, електричні та технологічні компоненти, що забезпечують стабільне та ефективне виробництво електричної енергії. Основне завдання електростанції — це перетворення різних видів енергії (теплової, ядерної, механічної) в електричну енергію, яка постачається до споживачів через енергетичні мережі. Процес функціонування електростанції, як правило, відбувається в умовах стабільного і контрольованого середовища, де всі технічні системи працюють у заданих параметрах.

Проте, через технічні збої, природні фактори або людську помилку, станція може перейти в аварійний режим. Важливою ознакою таких режимів є порушення нормальної роботи, що може призвести до серйозних наслідків, зокрема до зупинки енергоблоку або навіть до масштабних аварій на станції. У такому випадку для забезпечення надійності енергопостачання необхідно швидко реагувати на зміну стану обладнання, відновлювати нормальну роботу, мінімізувати негативний вплив на економіку і соціальну сферу.

Розглянемо динаміку відмов. Одним з основних теоретичних аспектів управління аварійними режимами є розуміння динаміки відмов технічних систем енергоблоку. Динаміка відмов — це вивчення закономірностей розвитку технічної несправності і їх можливих причин. Системи електростанції мають складну структуру, що складається з численних підсистем і елементів, тому відмова одного з них може призвести до порушення роботи інших компонентів. Це може мати ланцюговий ефект, спричиняючи поширення несправності.

Вивчення динаміки відмов включає такі аспекти, як:

Ідентифікація відмов: визначення характеру та джерела технічної несправності. Це може бути механічна поломка (наприклад, знос підшипника турбіни) або електрична відмова (коротке замикання в генераторі).

Механізм поширення відмови: дослідження того, як одна несправність може призвести до збоїв в інших частинах системи (наприклад, відмова трансформатора може спричинити перегрів і вихід з ладу енергогенератора).

Моделювання відмов: побудова математичних моделей для прогнозування ймовірності виникнення аварій в залежності від часу, умов експлуатації та технічного стану енергоблоку.

Моделювання відмов допомагає визначити критичні елементи системи, що потребують постійного моніторингу та обслуговування, а також дає змогу розробити стратегії для їх своєчасної заміни чи ремонту.

Розглянемо аварійні переходи. Коли електростанція або її енергоблок переходить в аварійний режим, відбувається так званий аварійний перехід, що характеризується зміною робочих параметрів системи. Під аварійним переходом розуміється процес, в якому система відходить від нормального функціонування, а елементи станції або мережі не здатні працювати в запланованих режимах. Причини цього можуть бути різні — від технічних поломок до впливу зовнішніх факторів (наприклад, погодних умов або техногенних катастроф).

Під час аварійного переходу необхідно враховувати кілька важливих моментів:

Перехідні процеси — зміна режимів роботи різних компонентів системи, яка може включати в себе різке падіння напруги або частоти, підвищення навантаження на окремі елементи енергоблоку, що викликає їх перегрів чи вихід з ладу.

Автоматичні системи захисту — в умовах аварії активно включаються автоматичні системи, які повинні швидко реагувати на відхилення від номінальних параметрів і приймати рішення для ізоляції пошкоджених елементів або навіть вимикання блоків.

Пошук стабільного режиму — одна з головних цілей при аварійному переході — знайти та стабілізувати роботу енергоблоку на мінімально можливому рівні, щоб запобігти подальшому поширенню аварії або частковій втраті функціональності станції.

Розуміння процесів аварійних переходів є основою для розробки стратегії швидкого відновлення роботи енергоблоку, а також для розробки нових методів захисту систем від небажаних аварій.

Розглянемо управління аваріями. Управління аваріями — це комплекс заходів, що включає моніторинг стану енергоблоку, оперативне реагування на аварії, а також відновлення функціонування всіх або окремих його компонентів. Метою управління аваріями є мінімізація часу простою, зниження економічних та соціальних збитків, а також забезпечення безпеки персоналу і довкілля.

Основні аспекти управління аваріями включають:

Швидкість реагування: оперативне визначення виду аварії та миттєве включення відповідних систем захисту або коригувальних заходів. При цьому важливим є використання автоматизованих систем управління для скорочення часу реакції.

Координація з диспетчерськими службами: для ефективного управління аваріями необхідно мати чітку систему взаємодії між всіма підрозділами електростанції, а також з іншими енергетичними об'єктами.

Резервні потужності та запасні системи: на випадок серйозних аварій використовуються резервні системи для забезпечення безперебійного постачання енергії споживачам. Це можуть бути додаткові енергоблоки, мобільні генератори або навіть взаємопоміч між станціями в рамках енергосистеми.

Управління аваріями на енергоблоках вимагає постійного аналізу й оцінки ризиків, регулярного навчання персоналу і вдосконалення процедур для швидкої адаптації до різноманітних аварійних ситуацій.

Динаміка відмов в контексті аварійних режимів

Динаміка відмов є критично важливою частиною теоретичного розуміння аварійних режимів на електростанціях. Це вивчення закономірностей виникнення, розвитку та наслідків відмов елементів і систем станції, що може призвести до серйозних аварій. Процес відмови може бути як поступовим, так і раптовим, а його наслідки можуть бути різними залежно від того, який саме елемент системи вийшов з ладу.

Зазвичай відмова технічної системи є результатом перевищення допустимих навантажень на окремі компоненти або ж зносу матеріалів через тривалу експлуатацію. Враховуючи складність енергетичних об'єктів, що включають різні технологічні підсистеми — від електричних систем до теплових і механічних установок, — одна несправність може призвести до серйозних технологічних наслідків, включаючи загрозу для безпеки персоналу.

Аналіз динаміки відмов передбачає дослідження таких факторів:

Наявність критичних точок несправностей — де система найбільш уразлива до несправностей (наприклад, трансформатори, генератори, насоси або турбіни).

Час та швидкість поширення несправностей — скільки часу потрібно для того, щоб відмова одного елемента могла викликати велику аварію.

Визначення причин відмов — аналіз можливих причин відмов, що можуть бути технічними, організаційними чи зовнішніми (наприклад, удар блискавки або нестабільність у електричній мережі).

Системи самодіагностики та автоматичне прогнозування відмов — використання спеціалізованих алгоритмів і технологій для виявлення аномалій на ранній стадії, щоб запобігти або мінімізувати відмови.

Розглянемо аварійні переходи та стабілізація роботи. Аварійний перехід — це перехід від нормального режиму до стану, коли система або її компоненти не можуть працювати в межах передбачених параметрів. Це може статися через поломку окремих елементів, нестабільність в роботі підсистем

або вплив зовнішніх чинників. Ключовим у цьому процесі є швидкість і ефективність стабілізації.

Основні етапи аварійного переходу:

- виявлення аномалії — на ранньому етапі відбувається виявлення відхилень від нормальних параметрів роботи (наприклад, падіння частоти, підвищення температури тощо);

- ізоляція пошкоджених елементів — для запобігання поширенню аварії на інші частини енергоблоку потрібно швидко ізолювати пошкоджений елемент або систему, що дозволяє уникнути подальших збитків%

- відновлення стабільності — після того, як аварія ізольована, важливо провести стабілізацію роботи енергоблоку, зокрема за допомогою автоматичних систем, що допомагають налаштувати параметри роботи елемента або підсистеми на безпечний рівень;

- моніторинг і оптимізація — у процесі стабілізації роботи необхідно постійно відслідковувати параметри та змінювати режими роботи для підтримки безпеки та ефективності.

У процесі аварійного переходу на енергоблоках зазвичай використовуються різноманітні автоматизовані системи захисту, які забезпечують автоматичне відключення дефектних елементів або виконання дій, спрямованих на стабілізацію роботи інших компонентів. Ці системи базуються на аналізі вхідних даних з сенсорів і алгоритмах, що дозволяють визначити тип та місце несправності, а також ухвалити рішення про відключення або переключення на резервне джерело.

Розглянемо процес управління аваріями на енергоблоках. Управління аваріями є важливою складовою частиною процесу підтримки надійності та безпеки роботи електростанцій. Це передбачає цілу низку дій, спрямованих на швидке реагування на аварійні ситуації, їх ліквідацію та мінімізацію наслідків. Управління аваріями вимагає не лише технічних знань і застосування спеціалізованих систем, але й високої кваліфікації персоналу, що здатен приймати оперативні рішення у критичних ситуаціях.

Процес управління аваріями включає:

- моніторинг і діагностика стану системи — постійне спостереження за параметрами роботи енергоблоку через датчики та контролери, що дозволяє оперативно виявити відхилення від нормального режиму;

- аналіз і прогнозування аварій — за допомогою математичних моделей і алгоритмів штучного інтелекту можна прогнозувати можливі аварійні ситуації і вжити превентивних заходів.

Координація з іншими підрозділами — ефективне управління аваріями вимагає тісної співпраці між різними службами станції: технічними, диспетчерськими, аварійними та обслуговуючими.

Реагування та відновлення — після виявлення аварії необхідно негайно вжити заходів для відновлення роботи енергоблоку, забезпечуючи при цьому максимальну безпеку персоналу та навколишнього середовища.

Особливу увагу слід приділяти розвитку систем автоматизованого управління аварійними ситуаціями, що дозволяє значно скоротити час реагування та забезпечити високу точність при виконанні аварійних дій.

Розглянемо сучасні технології управління аваріями. Завдяки розвитку інформаційних технологій та автоматизації, сучасні електростанції оснащені системами, які дозволяють ефективно керувати аварійними режимами та значно покращити безпеку експлуатації енергоблоків. Серед таких технологій варто зазначити:

- Інтелектуальні системи моніторингу — використовують датчики для збору інформації в реальному часі, що дозволяє виявляти аномалії та прогнозувати можливі несправності.

- Аналіз даних в режимі реального часу — за допомогою складних алгоритмів машинного навчання можна оперативно обробляти великі масиви даних та приймати ефективні рішення.

- Резервні системи — забезпечують автоматичне підключення додаткових потужностей або перехід на резервні блоки, що дозволяє зберегти функціонування станції навіть під час серйозних аварій. Ці технології

дозволяють значно підвищити ефективність управління аваріями на електростанціях, зменшуючи ймовірність великих аварій і знижуючи час, необхідний для відновлення нормальної роботи.

Таким чином, теоретичні основи роботи електростанцій в аварійних режимах включають кілька важливих аспектів: аналіз динаміки відмов, дослідження процесів аварійних переходів та розробка ефективних методів управління аваріями. Всі ці елементи є частинами комплексного підходу до управління безпекою і надійністю енергоблоків. Розуміння цих процесів дозволяє не лише ефективно управляти аварійними ситуаціями, а й розробляти нові методи профілактики аварій, що забезпечують більш стійку та безпечну роботу електростанцій у довгостроковій перспективі. Теоретичні основи роботи електростанцій в аварійних режимах включають в себе дослідження динаміки відмов, процесів аварійних переходів, а також розробку методів ефективного управління аваріями. Поглиблене розуміння цих процесів дозволяє знижувати ризики та швидше і більш ефективно реагувати на аварійні ситуації. Використання новітніх технологій моніторингу та управління дозволяє забезпечити стабільність і безпеку роботи енергоблоків в умовах аварій, що є ключовим для функціонування енергетичних систем у цілому.

1.2 Класифікація аварійних режимів функціонування енергоблоків

Аварійні режими на електростанціях є невід'ємною частиною роботи енергоблоків, оскільки навіть в найкращих умовах експлуатації неможливо повністю виключити можливість виникнення непередбачених ситуацій, що можуть призвести до відхилень від нормального режиму. Для ефективного управління аварійними ситуаціями та мінімізації їх негативних наслідків важливо чітко класифікувати аварійні режими. Така класифікація дозволяє швидко ідентифікувати тип та масштаби аварії, обрати найбільш підходящі заходи для її ліквідації та відновлення нормального функціонування енергоблоку.

Класифікація за масштабом та впливом на систему. За масштабом і впливом на систему аварії можна розділити на три основні категорії:

Місцеві аварії обмежуються лише окремими елементами або підсистемами енергоблоку. Вони, як правило, не призводять до серйозного порушення роботи всієї станції, але потребують швидкого реагування для локалізації пошкодження.

Прикладом місцевих аварій можуть бути: відмова одного з насосів охолоджувальної системи; пошкодження одного з трансформаторів або вимикачів; вихід з ладу елементів допоміжного обладнання, таких як вентилятори або компресори.

Наслідки таких аварій, як правило, обмежуються впливом на функціонування окремих ланок технологічної схеми. Вони можуть бути усунені досить швидко і не впливають на загальну потужність станції або її здатність забезпечувати енергоспоживачів.

Глобальні аварії зачіпають роботу всього енергоблоку або навіть кількох енергоблоків одночасно. Такі аварії є серйозним викликом для всієї станції, оскільки вони можуть призвести до значних порушень в енергопостачанні або навіть до довготривалого відключення частини енергоблоку. Прикладом глобальних аварій можуть бути: відмова генератора через механічні або

електричні несправності; пошкодження головного трансформатора, що призводить до втрати електричної потужності; вихід з ладу ключових елементів автоматизації та захисту, що впливає на всю роботу енергоблоку.

У разі таких аварій необхідно здійснювати комплексне управління, включаючи застосування резервних потужностей, а також застосування технічних і організаційних заходів для відновлення нормальної роботи енергоблоку.

Масштабні аварії мають найбільший вплив на енергосистему в цілому, оскільки можуть призвести до відключення великих частин енергосистеми, що потребує залучення значних ресурсів для ліквідації наслідків. Такі аварії часто супроводжуються не тільки локальними пошкодженнями, але й серйозними збої в постачанні енергії для споживачів на широких територіях. Прикладом масштабних аварій можуть бути: колапс кількох енергоблоків або енергосистем через одночасне пошкодження критичних елементів; масові відключення через коротке замикання в мережі або розрив високовольтних ліній електропередачі; аварії на рівні електричних станцій, що призводять до значного скорочення потужностей у великому регіоні.

Розглянемо класифікацію за типом пошкодження. Аварії на енергоблоках можна класифікувати також за типом пошкоджень, які стали їх причиною. Така класифікація дозволяє визначити типи технологічних впливів на систему та розробити найбільш ефективні методи реагування:

Механічні аварії пов'язані з пошкодженням або відмовою оберտальних частин обладнання, що часто є основними елементами енергоблоку. Це можуть бути: розриви вала турбіни або генератора; руйнування ротора турбіни, що може призвести до значного зниження ефективності роботи; вихід з ладу системи трансмісії чи інші механічні ушкодження, які блокують подальшу роботу енергоблоку.

Механічні аварії зазвичай супроводжуються вібрацією та аномальними шумами, що дозволяє вчасно виявити проблему і вжити необхідних заходів для її усунення.

Електричні аварії є одними з найпоширеніших на електростанціях і можуть мати різні прояви: короткі замикання на лініях електропередачі або в розподільчих щитах; перегрів або відмова ізоляції, що може призвести до серйозних аварій у системах високої напруги; відмова генератора через несправності в електричному обладнанні (обмотки, реле, трансформатори).

Електричні аварії можуть спричиняти не лише відключення енергоблоку, але й пошкодження інших важливих компонентів станції, тому для їх своєчасного виявлення застосовують складні системи захисту.

Технологічні аварії пов'язані з порушеннями в роботі допоміжних систем, які є критичними для стабільної роботи енергоблоку. Вони можуть стосуватися: охолоджувальних систем: відмова насосів або зниження ефективності охолодження, що може призвести до перегріву обладнання; водопостачання: порушення в роботі водяних насосів, які забезпечують охолодження або живлення парових котлів; порушення в роботі газоходів або димових труб, що може спричинити проблеми з випуском відпрацьованих газів. Ці аварії, хоча й не призводять безпосередньо до відключення енергоблоку, можуть істотно погіршити умови його експлуатації та знизити ефективність роботи.

Розглянемо класифікацію за тривалістю. Аварії можуть також класифікуватися за тривалістю, що дає уявлення про ступінь серйозності проблеми та необхідний час для її вирішення:

Короткочасні аварії. Ці аварії легко та швидко ліквідуються, зазвичай не призводять до значних втрат потужності і не потребують тривалих ремонтних робіт. Вони можуть включати: невеликі збої в роботі систем контролю або захисту; моментні короткі замикання, які усуваються автоматичними системами захисту.

Тривалі аварії призводять до значних порушень в роботі енергоблоку і потребують тривалого часу для відновлення нормального функціонування. Такі аварії зазвичай потребують комплексних ремонтних робіт та залучення зовнішніх ресурсів. Прикладом можуть бути: пошкодження основних

елементів турбін або генераторів. Великі збої в роботі допоміжних технологічних систем, які потребують заміни компонентів.

Розглянемо класифікацію за рівнем впливу на енергосистему. Ще одним важливим аспектом класифікації аварій є їхній вплив на всю енергосистему. Враховуючи, що аварія на одній електростанції або енергоблоці може мати ланцюгові наслідки для всього енергетичного комплексу, важливо розуміти рівень потенційного впливу аварії на стабільність роботи енергосистеми.

Локальні аварії, що не виходять за межі електростанції. Локальні аварії впливають лише на окремі елементи енергоблоку або підсистеми електростанції, і їх наслідки не мають суттєвого впливу на роботу всієї енергосистеми. Вони часто відновлюються протягом короткого періоду часу. Такими можуть бути: відмова одного з елементів турбінного обладнання, який не порушує основного процесу виробництва електричної енергії; несправність у роботі допоміжних систем, які забезпечують нормальне функціонування енергоблоку (наприклад, система охолодження, насосні агрегати, вентиляція); вихід з ладу окремих електричних елементів, таких як перемикачі або контактори, що можуть бути оперативно замінені або відновлені.

Міжблокові аварії, що торкаються кількох енергоблоків. Ці аварії охоплюють кілька енергоблоків або частину інфраструктури станції, і можуть вплинути на більшу частину її роботи. Зазвичай вони вимагають додаткових ресурсів для відновлення та можуть мати певний вплив на потужність або стабільність енергопостачання. Прикладом таких аварій є:

- вихід з ладу декількох генераторів або трансформаторів одночасно;
- пошкодження основних елементів, які вимагають відключення не лише окремого енергоблоку, але й інших систем станції для забезпечення безпеки;
- відключення кількох агрегатів або турбін через дефекти в основних системах управління або мережі;
- системні аварії, що впливають на всю енергосистему.

Ці аварії можуть охопити всю електричну станцію або навіть кілька станцій, що належать до однієї або кількох енергетичних мереж. Вони мають

серйозний вплив на стабільність енергопостачання на значних територіях і можуть призвести до масштабних відключень у енергосистемі. Прикладом є: великі пошкодження в системі високовольтних ліній електропередач, які вимагають припинення постачання енергії; колапс енергоблоків на станції, що включає одночасну відмову кількох турбін, генераторів, трансформаторів або інших основних елементів, які забезпечують подачу електричної енергії на мережу; масштабні техногенні катастрофи, пов'язані з аваріями на атомних станціях або великих теплоелектростанціях, що можуть мати значний вплив на екологію та безпеку регіону.

Розглянемо класифікацію за причинними факторами. Іншим важливим аспектом є класифікація аварій за типом причин, які призводять до їх виникнення. Це дозволяє оцінити, чи є фактори, пов'язані з конструкцією станції, умовами експлуатації, людським фактором або зовнішніми впливами. Визначення таких причин допомагає розробляти профілактичні заходи для запобігання аваріям у майбутньому.

Аварії, викликані конструктивними недоліками. Ці аварії є наслідком недосконалостей у проектуванні або виробництві окремих елементів енергоблоку. Вони можуть включати:

- порушення в технологічних схемах, що знижують надійність роботи елементів;
- використання неякісних матеріалів або технологічних рішень, що призводить до передчасного зносу обладнання;
- недоліки в конструкції турбін, котлів, трансформаторів або інших критичних частин обладнання;
- аварії, спричинені помилками в експлуатації.

Такі аварії виникають через неправомірне або несанкціоноване втручання в роботу обладнання, недотримання технічних регламентів або порушення порядку обслуговування станції. Прикладами є:

- порушення режимів роботи обладнання, коли станція працює поза проектними умовами;

- неправильне обслуговування або використання технологічних засобів, що призводить до пошкоджень систем;
- помилки оператора, які можуть викликати неконтрольовані аварії;
- аварії, спричинені зовнішніми впливами.

Ці аварії є результатом негативних зовнішніх факторів, які не залежать від роботи енергоблоку. До таких впливів можуть відноситися: екстремальні погодні умови (грози, повені, сильні вітри, землетруси), які можуть порушити роботу станції; системні відключення в енергосистемі через помилки в інших частинах енергомережі; пожежі або техногенні катастрофи, які призводять до великих пошкоджень обладнання.

Розглянемо класифікацію за часом виникнення та тривалістю аварій. Ще одним важливим аспектом класифікації аварій є час їхнього виникнення і тривалість. Це дає змогу зрозуміти, як швидко може бути здійснено відновлення нормального режиму роботи енергоблоку, а також які ресурси необхідні для ліквідації наслідків.

Миттєві аварії. Це аварії, які виникають практично миттєво, не даючи часу на попередження або належну реакцію. Зазвичай вони супроводжуються критичними пошкодженнями або збоєм в роботі обладнання, що веде до відключення енергоблоку або всієї станції. Прикладом таких аварій можуть бути: коротке замикання в електричній системі, що викликає миттєве відключення генератора; раптові пошкодження важливих елементів обладнання, як-от турбіна або котел, що веде до втрати працездатності енергоблоку; обрив або коротке замикання лінії передачі, що веде до збою в енергопостачанні.

Поступові аварії. Такі аварії розвиваються поступово, часто починаються з незначних відмов або збоїв, які з часом можуть перерости в більш серйозні проблеми. Вони дозволяють більш ефективно реагувати на ситуацію, оскільки на їхнє усунення зазвичай є більше часу. Приклади:

- поступове зношування елементів турбіни, що призводить до зниження її потужності до критичних меж;

- перегрів котлів або турбін, викликаний накопиченням несправностей в системах охолодження;

- часткові поломки в допоміжних системах, таких як насосні агрегати або системи автоматичного управління, що можуть з часом вплинути на загальний стан енергоблоку.

Тривалі аварії. Це аварії, що тривають довгий час і вимагають складних та інтенсивних заходів для відновлення нормального функціонування станції. Вони можуть вимагати значних матеріальних і людських ресурсів для ліквідації наслідків, а також можуть мати серйозні економічні і соціальні наслідки. Прикладами таких аварій є:

- повне руйнування головного трансформатора або генератора, що потребує тривалої реконструкції і заміни;

- коротке замикання або великий вихід з ладу в системах електропередач, що може призвести до великої кількості відключень у енергосистемі;

- аварії на атомних або великих теплових станціях, які потребують тривалої і складної ліквідації наслідків з урахуванням екологічних і безпекових вимог.

Класифікація за впливом на навколишнє середовище. У сучасних умовах важливу роль відіграє класифікація аварій за їхнім впливом на навколишнє середовище. У разі серйозних аварій можуть бути значні наслідки для екології, що потребують спеціальних заходів для зниження негативного впливу.

Аварії з мінімальним екологічним впливом. Ці аварії не спричиняють значних екологічних проблем, оскільки їх наслідки обмежуються лише технічними поломками, без викиду шкідливих речовин в атмосферу чи водні ресурси. Такі аварії швидко ліквідуються, і їх вплив на екологію не є значним. Прикладом можуть бути:

- механічні поломки турбін чи генераторів, які не супроводжуються витоком масла або інших небезпечних речовин;

- збої в електричній системі без викидів небезпечних газів або відходів;

- аварії з обмеженим екологічним впливом.

Такі аварії можуть призвести до обмеженого, але все ж значного впливу на навколишнє середовище. Вони можуть бути локалізованими, проте потребують спеціальних заходів для контролю за екологічною ситуацією.

Приклади:

- пожежі в електричних або технологічних установках, що призводять до викидів диму або токсичних газів;
- невеликі витoki нафтопродуктів або хімічних речовин у разі поломки відповідних систем;
- порушення роботи систем очищення газів, що призводить до забруднення повітря.

Аварії з критичним екологічним впливом. Це аварії, які можуть мати серйозний і довготривалий вплив на навколишнє середовище. Вони часто супроводжуються витокami небезпечних хімічних або радіоактивних матеріалів, що можуть призвести до забруднення води, ґрунту або атмосфери.

Приклади:

- аварії на атомних електростанціях, що ведуть до викиду радіоактивних речовин;
- котли або трубопроводи, які призводять до значних витоків нафтопродуктів або токсичних хімічних сполук;
- модерні аварії на теплових електростанціях, що можуть призвести до потрапляння важких металів або інших токсичних матеріалів у навколишнє середовище.

Таким чином, удосконалена класифікація аварійних режимів функціонування енергоблоків дозволяє комплексно підходити до планування заходів з управління та ліквідації аварій. Визначення типу аварії та її масштабів дозволяє обрати найбільш ефективні способи для її усунення, збереження безпеки на станції та мінімізації збитків для енергосистеми. Усі вищезазначені критерії класифікації є основою для розробки систем

управління аваріями на енергоблоках та допомагають забезпечити стабільність та надійність роботи електростанцій у критичних ситуаціях.

Класифікація аварійних режимів функціонування енергоблоків є важливим етапом для ефективного управління аваріями на електростанціях. Розуміння масштабів, типів пошкоджень та тривалості аварії дозволяє не лише визначити необхідні заходи для локалізації та ліквідації аварій, але й підвищити загальну безпеку експлуатації станцій. Кожен тип аварії має свої специфічні риси, що вимагають індивідуального підходу для їх усунення та мінімізації наслідків для енергоблоку та всієї енергосистеми.

Розуміння класифікації аварійних режимів на електростанціях є необхідним етапом для розробки ефективних стратегій управління аварійними ситуаціями. Кожна категорія аварій вимагає специфічного підходу до оцінки, попередження та ліквідації наслідків.

Завдяки чіткій класифікації стає можливим:

Правильне планування ресурсів і підготовка необхідних матеріалів для ліквідації аварій.

Оцінка і прогнозування ймовірних ризиків та впливу аварій на енергосистему та навколишнє середовище.

Оперативне реагування та впровадження відповідних заходів для мінімізації часу відновлення та зниження економічних втрат.

Управління аваріями є складним та багатокомпонентним процесом, що потребує взаємодії численних підрозділів і задіяння різноманітних технологічних і організаційних рішень. Тому класифікація аварійних режимів є основою для формування комплексної стратегії з підвищення надійності та безпеки роботи енергоблоків на електростанціях.

Для оцінки ефективності роботи електростанції в аварійних режимах розроблено низку показників та критеріїв, які дозволяють виміряти рівень надійності, безпеки та економічної ефективності відновлення нормального режиму.

Критерії надійності:

- середній час відновлення (MTTR) — середній час, необхідний для відновлення роботи енергоблоку після аварії;
- коефіцієнт готовності — показник, що характеризує здатність енергоблоку працювати без відмов;
- ймовірність відмови — ймовірність того, що система або її елементи вийдуть з ладу протягом певного часу.

Критерії безпеки:

- ризик аварії — ймовірність настання аварії, з урахуванням усіх технічних та операційних аспектів;
- кількість небезпечних ситуацій — показник, що відображає частоту виникнення ситуацій, що можуть призвести до серйозних аварій.

Критерії економічної ефективності:

- економічні втрати — оцінка фінансових витрат, пов'язаних із ліквідацією аварії та відновленням роботи енергоблоку;
- час простою — час, протягом якого станція не може постачати електричну енергію через аварійні ситуації.

1.3 Методики оцінки надійності та безпеки електростанцій

Для оцінки надійності та безпеки енергоблоків використовуються різні методи, серед яких можна виділити:

Метод моніторингу — дозволяє постійно відстежувати технічний стан енергоблоку за допомогою датчиків і систем збору даних, що дає змогу оперативно виявляти відхилення від нормального режиму.

Метод математичного моделювання — включає створення моделей роботи енергоблоків, які дозволяють оцінити поведінку системи при виникненні аварійних ситуацій.

Метод аналізу надійності — використовує статистичні методи для аналізу даних про частоту відмов і визначення ймовірності виникнення аварій.

Метод аналізу безпеки — передбачає оцінку ризиків на основі технічних характеристик елементів енергоблоку та історії аварій, що дає змогу прогнозувати потенційні небезпеки.

Розглянемо проблеми та сучасні тенденції в управлінні аварійними ситуаціями на енергоблоках.

В управлінні аварійними ситуаціями на електростанціях існує ряд проблем, які потребують вирішення:

Недосконалість систем раннього виявлення аварій — виявлення відхилень на ранніх стадіях може значно зменшити масштаби аварії та час відновлення.

Обмежена ефективність існуючих систем автоматичного управління — не всі аварійні ситуації можна ефективно автоматизувати, тому важливим є поєднання автоматизованих і ручних методів управління.

Низька оперативність в реагуванні на аварії — у разі серйозних аварій необхідно значно прискорити прийняття рішень і проведення відновлювальних робіт.

Сучасні тенденції в управлінні аварійними ситуаціями включають: використання інтегрованих систем моніторингу для оцінки стану енергоблоків в режимі реального часу; розвиток технологій штучного інтелекту та машинного навчання, які дозволяють прогнозувати аварійні ситуації на основі аналізу великих масивів даних; впровадження новітніх систем автоматизованого управління, що дозволяють зменшити людський фактор і покращити реакцію на відмови.

Управління аваріями на енергоблоках стає дедалі складнішим завданням у зв'язку з розвитком нових технологій та збільшенням складності енергетичних систем. Однак застосування сучасних методів аналізу та моніторингу має значний потенціал для підвищення ефективності управління аварійними режимами та мінімізації їх наслідків.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1:

У першому розділі магістерської роботи було проведено вивчення теоретичних основ та аналіз існуючих критеріїв і показників роботи електростанцій в аварійних режимах. Огляд основних концепцій і підходів до управління аварійними ситуаціями на енергоблоках дозволяє зробити низку важливих висновків.

По-перше, аварійні режими на електростанціях можуть бути зумовлені різними технічними, технологічними, а також зовнішніми факторами. У зв'язку з цим, правильне розуміння динаміки відмов, а також ефективних заходів для стабілізації роботи енергоблоків в аварійних умовах є основою для забезпечення надійності та безпеки в умовах непередбачених ситуацій.

По-друге, класифікація аварійних режимів за масштабом, типом пошкодження, тривалістю та впливом на енергосистему є важливим інструментом для визначення необхідних заходів з відновлення нормального функціонування енергоблоку. Врахування таких факторів дає змогу оперативно реагувати на аварії та мінімізувати негативні наслідки для виробництва електричної енергії.

По-третє, було розглянуто основні показники та критерії ефективності роботи енергоблоків в аварійних режимах, які дозволяють оцінити рівень їх відновлення, ефективність реакції на аварійні ситуації та забезпечення безпеки персоналу і навколишнього середовища. Оцінка надійності та безпеки електростанцій з використанням сучасних методик є важливим інструментом для оцінки рівня ризиків та для своєчасного реагування на потенційні аварії.

Загалом, розуміння теоретичних основ роботи електростанцій в аварійних режимах, правильна класифікація аварій, оцінка ефективності роботи та впровадження відповідних методик оцінки надійності і безпеки дають можливість знизити ризики аварій та покращити управління енергоблоками в критичних ситуаціях.

Проблеми, пов'язані з управлінням аварійними ситуаціями, а також сучасні тенденції в цьому напрямі вимагають впровадження нових технологій, поліпшення процедур реагування на аварії та розвитку систем автоматизованого управління. Система управління аваріями повинна бути гнучкою, інтегрованою та готовою до реагування на будь-які можливі загрози, що виникають у процесі експлуатації електростанцій.

Крім того, важливим аспектом дослідження є необхідність постійного вдосконалення методик оцінки надійності та безпеки енергоблоків. В умовах швидкого розвитку технологій, зокрема в галузі автоматизації, а також з урахуванням змінюваних умов експлуатації енергосистем, потрібно постійно адаптувати методи аналізу ризиків та забезпечення безпеки. Розробка нових математичних моделей і програмного забезпечення для моніторингу стану енергоблоків дозволяє оперативно виявляти потенційні проблеми ще до їхнього повного прояву, що суттєво підвищує рівень надійності системи в цілому.

Однією з ключових проблем, яка була піднята в розділі, є управління техногенними аваріями та їх вплив на навколишнє середовище. Аварії, що мають серйозні екологічні наслідки, потребують особливих підходів до ліквідації та мінімізації наслідків, оскільки можуть не лише спричинити значні матеріальні збитки, але й мати довготривалі наслідки для здоров'я людей та екосистем. У зв'язку з цим, проблема екологічної безпеки є пріоритетом для сучасних енергетичних підприємств.

Сучасні тенденції в управлінні аварійними ситуаціями вказують на важливість інтеграції цифрових технологій та систем автоматизації для підвищення ефективності моніторингу і контролю за роботою енергоблоків. Системи, що базуються на великих даних (Big Data), штучному інтелекті та алгоритмах машинного навчання, можуть значно полегшити процес прогнозування та виявлення потенційних аварій. Використання таких технологій дозволяє більш точно визначати ймовірні точки відмови, своєчасно вживати запобіжних заходів і знижувати ризики великих аварій.

Усі ці аспекти взаємопов'язані і вимагають комплексного підходу до управління аварійними ситуаціями. Таким чином, вивчення теоретичних основ роботи електростанцій в аварійних режимах, класифікація аварійних ситуацій, оцінка показників ефективності роботи та інтеграція сучасних методик оцінки надійності й безпеки є необхідними етапами для створення системи управління аварійними ситуаціями, здатної забезпечити стабільну, безпечну і ефективну роботу енергоблоків.

Таким чином, можна констатувати, що питання управління аварійними режимами є одними з найбільш актуальних у сучасній енергетичній сфері. Постійний розвиток технологій, вдосконалення методик оцінки та управлінських стратегій допоможуть забезпечити високу надійність енергоблоків, мінімізувати ризики аварій та знизити вплив на навколишнє середовище, що сприятиме ефективному функціонуванню електростанцій у довгостроковій перспективі.

РОЗДІЛ 2. МОДЕЛЮВАННЯ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ЕНЕРГОБЛОКАХ

2.1 Структура та принципи моделювання аварійних ситуацій на енергоблоках електростанцій

Моделювання аварійних ситуацій на енергоблоках є важливою складовою частиною аналізу та управління техногенними ризиками в енергетичних системах. Правильна побудова моделей аварійних режимів дозволяє ефективно прогнозувати можливі відмови, а також оптимізувати методи реагування та відновлення стабільної роботи енергоблоків.

Вивчення цієї теми включає розгляд структури моделей, принципів їх побудови та застосування в реальних умовах.

Розглянемо структуру процесу моделювання аварійних ситуацій. Моделювання аварійних ситуацій у контексті роботи енергоблоків включає в себе кілька основних етапів:

Моделювання фізичних процесів. Це основа для визначення параметрів, що характеризують стан системи під час аварії. Наприклад, для теплових електростанцій це можуть бути динаміка зміни температури та тиску в котлі, а для атомних — моделювання теплофізичних процесів в активній зоні реактора.

Моделі фізичних процесів допомагають прогнозувати, як змінюється робота енергоблоку під час виникнення аварії та як ці зміни можуть призвести до пошкоджень обладнання.

Моделювання технічних відмов. На основі даних про конструкцію енергоблоку та характеристик окремих елементів моделюється ймовірність виникнення відмов у різних частинах енергоблоку: турбіні, котлі, трансформаторах, системах охолодження, електричних мережах тощо. Такі моделі зазвичай базуються на статистичних даних про знос та терміни служби обладнання.

Моделювання управлінських процесів. У випадку аварійних ситуацій вкрай важливо розуміти, як функціонують системи автоматичного управління та оперативного реагування на відмови.

Моделі можуть включати алгоритми аварійного захисту, автоматичних систем відключення або переходу в резервні режими роботи.

Моделювання взаємодії енергоблоку з енергосистемою. Окремо необхідно моделювати вплив аварій на всю енергосистему. Це включає визначення наслідків для станцій, що працюють на одній лінії, для інших енергоблоків і для енергетичних мереж, що обслуговують великі території.

Розглянемо принципи моделювання аварійних ситуацій. Принципи, на яких ґрунтується моделювання аварійних ситуацій на енергоблоках, включають:

Реалістичність: Моделі повинні відображати реальні процеси та взаємодії, що відбуваються під час аварії, щоб прогнозувати можливі наслідки та вибір найефективніших шляхів для відновлення нормального режиму роботи.

Модульність: Моделі повинні бути поділені на окремі частини, що дозволяє зручно аналізувати окремі компоненти енергоблоку та підсистеми.

Адаптивність: Врахування можливих змін в експлуатаційних умовах та характеристиках обладнання. Моделі повинні бути здатні адаптуватися до нових реалій та технологічних змін.

Математична обґрунтованість: Моделі мають базуватися на точних математичних рівняннях, що забезпечують адекватність розрахунків для прогнозування аварійних ситуацій.

2.2 Методи визначення критеріїв та показників роботи енергоблоків

Для оцінки ефективності роботи енергоблоків в аварійних режимах необхідно визначити відповідні критерії та показники, що дозволяють оцінити

як швидкість відновлення станції, так і економічні та технічні наслідки аварій. Вибір критеріїв залежить від характеру аварії та типу енергоблоку.

Критерії надійності. Оцінка надійності роботи енергоблоку включає такі показники, як час безвідмовної роботи (MTBF), середній час між відмовами (MTTR) та ймовірність виходу з ладу компонентів системи. Ці показники дозволяють оцінити, як часто можуть виникати аварії та як швидко відновлюється працездатність.

Економічні критерії. Важливим є також оцінка економічних збитків від аварій, таких як витрати на ремонт, простій, втрати в енергопостачанні тощо. Для цього використовуються індекси ефективності та економічних втрат.

Показники безпеки. Важливим є також оцінка ризиків, пов'язаних з аварійними ситуаціями, таких як викиди шкідливих речовин або радіаційне забруднення. Такі показники дозволяють визначити рівень безпеки персоналу та населення.

Для моделювання критеріїв та показників роботи електростанції в аварійних режимах можна використовувати різні математичні моделі (табл. 2.1), що дозволяють оцінити технічний стан, надійність, безпеку та ефективність роботи енергоблоку в умовах аварії. Нижче наведені основні моделі для оцінки критеріїв та показників, які зібрані в таблицю 2.1.

Дано пояснення до табл. 2.1:

Час безвідмовної роботи (MTBF) — цей показник дозволяє оцінити, як часто енергоблок може працювати без відмов за певний період часу. Це один з основних показників надійності.

Час на відновлення (MTTR) — вказує середній час, необхідний для ремонту енергоблоку після відмови.

Ймовірність відмови (P_{failure}) — використовується для оцінки ймовірності того, що відбудеться аварія в заданий проміжок часу.

Коефіцієнт готовності (A) — показує, як часто енергоблок готовий до роботи (без відмов і простоїв).

Таблиця 2.1

Основні моделі для оцінки критеріїв та показників

Критерій/Показник	Формула	Опис
Час безвідмовної роботи (MTBF)	$MTBF = \frac{T_{total}}{N_{failures}}$	Середній час між відмовами, де T_{total} — загальний час роботи енергоблоку, а $N_{failures}$ — кількість відмов.
Час на відновлення (MTTR)	$MTTR = \frac{T_{repair}}{N_{failures}}$	Середній час на ремонт, де T_{repair} — загальний час, витрачений на ремонт після відмови, а $N_{failures}$ — кількість відмов.
Ймовірність відмови (P_failure)	$P_{failure} = 1 - e^{-\lambda t}$	Ймовірність відмови в інтервалі часу t , де λ — інтенсивність відмови.
Коефіцієнт готовності (A)	$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$	Коефіцієнт готовності енергоблоку, що показує частку часу, коли енергоблок знаходиться в робочому стані.
Економічні втрати	$L_{econ} = C_{repair} + C_{downtime}$	Економічні втрати від аварії, де C_{repair} — витрати на ремонт, $C_{downtime}$ — витрати на простої.
Коефіцієнт безпеки (S)	$S = \frac{R_{safe}}{R_{total}}$	Коефіцієнт безпеки, де R_{safe} — безпечний час роботи, а R_{total} — загальний час роботи енергоблоку.
Ризик аварії (R)	$R = P_{failure} \cdot C_{failure}$	Ризик аварії, де $P_{failure}$ — ймовірність аварії, а $C_{failure}$ — наслідки аварії (економічні, технічні тощо).
Витрати на енергопостачання (E)	$E = C_{production} + C_{transmission}$	Загальні витрати на енергопостачання, де $C_{production}$ — витрати на виробництво енергії, $C_{transmission}$ — витрати на транспортування.
Індекс надійності (I_R)	$I_R = \frac{\text{Час роботи без відмов}}{\text{Загальний час роботи}} \times 100\%$	Індекс надійності, що показує частку часу, коли енергоблок працює без відмов, в порівнянні з загальним часом.
Час відновлення нормального режиму (T_recovery)	$T_{recovery} = T_{repair} + T_{restart}$	Час, необхідний для відновлення нормального режиму після аварії, де T_{repair} — час ремонту, а $T_{restart}$ — час перезапуску системи.

Економічні втрати — витрати, пов'язані з аваріями, включаючи витрати на ремонт та втрати через простій.

Коефіцієнт безпеки (S) — визначає рівень безпеки на енергоблоці, тобто здатність системи працювати без серйозних аварій.

Ризик аварії (R) — визначає ризик аварії на основі ймовірності її виникнення і можливих наслідків.

Витрати на енергопостачання (E) — враховуються витрати, пов'язані з виробництвом і транспортуванням електричної енергії.

Індекс надійності (I_R) — допомагає визначити, яку частину часу енергоблок працює без відмов.

Час відновлення нормального режиму (T_{recovery}) — це час, необхідний для повернення енергоблоку в нормальний режим роботи після аварії.

Ці моделі є основними інструментами для оцінки ефективності, надійності та безпеки роботи енергоблоків в аварійних режимах.

2.3 Математичні моделі та програмне забезпечення для аналізу аварійних режимів

Для більш точного прогнозування аварійних ситуацій і прийняття рішень у реальному часі необхідно використовувати математичні моделі і відповідне програмне забезпечення.

Математичні моделі. Моделі аварійних режимів можуть включати рівняння для опису теплових, механічних і електричних процесів у системах енергоблоку. Наприклад, для теплових електростанцій це можуть бути рівняння теплопереносу, а для атомних — рівняння для опису теплофізичних процесів у реакторі.

Програмне забезпечення. Для розрахунків та симуляцій використовуються спеціалізовані програми, такі як MATLAB, Simulink, RELAP5 (для атомних станцій), ANSYS (для моделювання теплових процесів), а також програми для управління енергосистемами (SCADA-

системи). Вони дозволяють проводити моделювання аварійних ситуацій, оцінювати ефективність аварійного захисту та відновлення.

Розглянемо методи обробки та інтерпретації результатів. Після виконання моделювання та отримання результатів важливо правильно обробити та інтерпретувати їх для прийняття ефективних управлінських рішень. До основних методів обробки результатів належать:

Аналіз чутливості. Визначення чутливості результатів до різних вхідних параметрів дозволяє виявити найбільш критичні елементи системи, на які необхідно звернути особливу увагу під час управління аварійними режимами.

Статистичні методи. Для оцінки ймовірності виникнення аварій та їхніх наслідків використовуються статистичні методи, зокрема методи Монте-Карло, для моделювання великих систем з численними невизначеними параметрами.

Методи оптимізації. Для розробки найефективніших стратегій управління аваріями використовуються методи оптимізації, які дозволяють вибрати оптимальні варіанти ремонту та відновлення роботи енергоблоку з мінімальними витратами.

Розглянемо основні види аварійних ситуацій на електростанціях. Аналіз аварійних ситуацій показує, що найбільш поширеними типами аварій є:

- механічні відмови (поломка турбін, генераторів);
- електричні аварії (коротке замикання, перегрів трансформаторів);
- технологічні аварії (порушення роботи допоміжних систем, перегрів котлів).

Розглянемо характеристики аварійних режимів на прикладі конкретних типів енергоблоків. Для різних типів енергоблоків характерні специфічні аварійні ситуації. Наприклад: теплові енергоблоки (тут часто виникають аварії через перегрів котлів, порушення циркуляції теплоносія або вихід з ладу насосів); атомні електростанції (аварії можуть бути пов'язані з відмовами в системах охолодження або порушеннями в роботі реакторів).

Розглянемо вплив аварій на економічні та технічні показники роботи станції. Аварії на енергоблоках можуть мати серйозні економічні наслідки, такі як витрати на ремонт, простій у роботі станції, а також втрати у виробництві електричної енергії. Зниження ефективності роботи енергоблоків впливає на зростання витрат на експлуатацію та обслуговування.

Проведемо оцінку надійності та безпеки в аварійних режимах. Оцінка надійності та безпеки є критично важливою для забезпечення стійкої роботи енергоблоків в умовах аварійних ситуацій. Оцінка включає в себе перевірку ефективності систем аварійного захисту, швидкість відновлення роботи та ймовірність виникнення повторних аварій.

Таким чином, у результаті проведеного дослідження було виявлено, що моделювання аварійних ситуацій на енергоблоках є важливим інструментом для оцінки та оптимізації процесів аварійного управління. Поглиблений аналіз аварійних режимів дозволяє визначити ключові фактори ризику, впровадити ефективні методи реагування та значно знизити ймовірність виникнення аварій, що сприятиме підвищенню безпеки і надійності енергоблоків.

.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2:

У другому розділі роботи були визначені основні вимоги та завдання, щодо сучасних підходів до моделювання аварійних ситуацій. У процесі дослідження аварійних ситуацій на енергоблоках було визначено основні принципи і методи моделювання, що дозволяють прогнозувати та аналізувати аварійні режими, а також оцінювати їх вплив на технічні та економічні показники роботи електростанцій. Методи визначення критеріїв та показників роботи енергоблоків включають використання сучасних математичних моделей та програмного забезпечення для аналізу аварійних ситуацій. Це дозволяє з високою точністю прогнозувати різні аварійні режими і розробляти відповідні заходи для їх запобігання або швидкої ліквідації. Математичні моделі забезпечують не лише аналіз технічних параметрів, але й вивчення наслідків аварій для економічної ефективності енергоблоків, що є критичним для забезпечення стабільної роботи енергосистеми. Методи обробки та інтерпретації результатів дослідження дозволяють на основі отриманих даних приймати оптимальні рішення для зниження ризиків та підвищення надійності роботи станцій. Важливою частиною аналізу є оцінка впливу аварій на економічні та технічні показники роботи енергоблоків, що допомагає розробити стратегії для мінімізації витрат і забезпечення безперебійної подачі енергії споживачам.

Аналіз основних видів аварійних ситуацій, характерних для електростанцій, дозволяє глибше зрозуміти природу виникнення таких ситуацій і прийняти заходи для їх запобігання. Розгляд аварій на конкретних типах енергоблоків дає змогу побудувати точніші моделі для прогнозування подібних інцидентів.

Загалом, оцінка надійності та безпеки енергоблоків в аварійних режимах є критично важливою для мінімізації негативних наслідків для енергосистеми та навколишнього середовища. Технологічні рішення, засновані на

математичних моделях і програмних засобах, дозволяють знизити ймовірність аварій та підвищити загальний рівень безпеки енергоблоків.

Зазначено, що важливим аспектом дослідження є розробка надійних критеріїв для визначення ефективності та стабільності роботи енергоблоків під час аварійних ситуацій. Це передбачає як визначення технічних показників, таких як температура, тиск, рівень вироблення електричної енергії, так і економічних показників, що включають витрати на ремонт, втрати у виробництві енергії та фінансові збитки через зупинки та аварії. Удосконалення методів прогнозування та моделювання аварійних ситуацій має важливе значення для підвищення економічної ефективності станцій, а також для забезпечення стійкості енергосистеми в цілому.

Важливу роль у цьому контексті відіграють розроблені математичні моделі, що дозволяють симулювати аварійні ситуації, враховуючи велику кількість змінних і параметрів, зокрема, динаміку роботи енергоблоку, реакції на навантаження, параметри автоматичних систем захисту та регулювання. Це дозволяє прогнозувати ймовірність виникнення аварій і відслідковувати ефективність дій у разі їх виникнення. Використання таких моделей є важливим для підготовки персоналу, оптимізації налаштувань технічного обладнання та вдосконалення стратегій управління ризиками.

Також, великий акцент потрібно зробити на ролі програмного забезпечення, яке дозволяє автоматизувати ці процеси. Сучасні інформаційні технології надають можливість обробляти величезні обсяги даних у реальному часі, що дає змогу здійснювати моніторинг стану енергоблоків, оперативно реагувати на загрози та оптимізувати роботу електростанції під час нормальних та аварійних режимів.

Не менш важливим аспектом є вивчення економічних і технічних наслідків аварій. Аварії на енергоблоках можуть призводити до значних фінансових втрат через необхідність ремонтних робіт, зупинку виробництва енергії та потенційні штрафи за невиконання зобов'язань перед споживачами.

Оцінка цих наслідків і розробка ефективних механізмів реагування допомагає мінімізувати ризики і підтримувати стабільність роботи електростанції.

В результаті, дослідження аварійних ситуацій на енергоблоках є важливим етапом у забезпеченні надійної, безпечної та економічно ефективної роботи енергосистеми. Розробка і вдосконалення моделей для прогнозування аварійних режимів, а також використання сучасних інформаційних технологій дозволяють знизити ймовірність виникнення аварій, зменшити їх наслідки та підвищити безпеку і ефективність функціонування енергоблоків на всіх етапах їх експлуатації.

РОЗДІЛ 3. ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ АЛГОРИТМУ МОДЕЛІ АВАРІЙНИХ ПРИЗНАКОВ НА ЕНЕРГОБЛОКАХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

3.1. Вибір критеріїв та показників ефективності роботи електростанцій в аварійних режимах

Аналіз аварійних ситуацій та оцінка ефективності роботи енергоблоків в умовах аварійних режимів є важливою частиною управління енергетичними системами. Під час виникнення аварії на електростанції виникають як технічні, так і економічні наслідки, які потребують відповідних критеріїв для оцінки. Ключові показники дозволяють не тільки оцінити поточний стан енергоблоку, але й прогнозувати майбутні наслідки для стабільності роботи станції в цілому.

Розглянемо ключові критерії оцінки аварійних ситуацій. Оцінка аварійних ситуацій на електростанціях є складним процесом, що передбачає врахування різних технічних та економічних факторів. Ключові критерії включають:

Час відновлення нормального режиму (T_{recovery}) – час, необхідний для відновлення нормальної роботи енергоблоку після аварії.

Час простою (T_{downtime}) – час, протягом якого енергоблок не працює через аварію.

Витрати на ремонт (C_{repair}) – економічні витрати на усунення наслідків аварії.

Витрати на простій (C_{downtime}) – втрати від тимчасового припинення виробництва енергії.

Час затримки реагування (T_{response}) – час, витрачений на виявлення аварії та ініціацію заходів з її ліквідації.

Ці критерії дозволяють не лише оцінити ефективність реакції на аварію, але й визначити, як мінімізувати вплив аварій на економіку станції.

Розглянемо методи визначення показників надійності та працездатності енергоблоків. Показники надійності та працездатності є основними для оцінки ефективності роботи енергоблоку в аварійних умовах. Найпоширеніші методи для їх визначення включають:

Час безвідмовної роботи (MTBF) – середній час між відмовами енергоблоку.

Середній час ремонту (MTTR) – середній час, необхідний для відновлення працездатності енергоблоку після аварії.

Ймовірність відмови (P_{failure}) – ймовірність того, що енергоблок вийде з ладу в певний період часу.

Коефіцієнт готовності (A) – відношення часу роботи енергоблоку до загального часу його існування, враховуючи час на ремонт і відновлення.

Оцінка цих показників допомагає визначити, як часто відбуваються аварії і скільки часу потрібно для відновлення енергоблоку до нормального режиму роботи.

Розглянемо визначення показників безпеки під час аварійних ситуацій. Оцінка безпеки під час аварійних ситуацій є важливим аспектом для забезпечення стабільної та безпечної роботи енергоблоку. До основних показників безпеки відносяться:

Ймовірність аварії (P_{accident}) – ймовірність виникнення аварії в конкретний період часу.

Індекс безпеки (S_{index}) – показник, що визначає рівень загрози для здоров'я людей і навколишнього середовища при аварії.

Витрати на безпеку (C_{safety}) – економічні витрати на попередження аварій та забезпечення безпеки в разі їх виникнення.

Час досягнення аварійного стану (T_{failure}) – час, протягом якого енергоблок знаходиться в аварійному стані до моменту початку заходів із ліквідації.

Ці показники дозволяють оцінити не тільки ймовірність аварії, але й потенційні наслідки для безпеки персоналу та навколишнього середовища.

Розглянемо взаємозв'язок між показниками роботи і аварійними режимами. Існує чіткий взаємозв'язок між технічними показниками роботи енергоблоку і аварійними режимами. Аварії можуть значно вплинути на такі показники, як:

Надійність — аварії знижують надійність енергоблоку, що проявляється в збільшенні частоти відмов та часу на ремонт.

Економічні показники — аварії призводять до збільшення витрат на обслуговування та ремонт, а також до зниження доходів через простій.

Безпека — аварії можуть створювати небезпеку для персоналу та навколишнього середовища, що вимагає додаткових витрат на забезпечення безпеки.

Оцінка взаємозв'язку між цими показниками дозволяє зрозуміти, як зміна одного з показників (наприклад, надійності) впливає на інші, зокрема на безпеку та економічні витрати.

3.2 Розробка методики моніторингу показників у реальному часі

Моніторинг показників у реальному часі є важливим інструментом для оперативного реагування на аварії та забезпечення надійної роботи енергоблоків. Розробка такої методики включає:

Вибір показників для моніторингу — необхідно визначити ключові показники надійності, безпеки та ефективності, які повинні відслідковуватися в реальному часі (наприклад, температури, тиск, швидкість обертання тощо).

Вибір датчиків та сенсорів — для збору даних у реальному часі використовуються спеціальні сенсори, які можуть виявляти відхилення від нормальних значень.

Інтерфейси для моніторингу — для ефективного відображення даних використовуються спеціальні програмні інтерфейси, які дозволяють оперативно реагувати на критичні зміни.

Алгоритми прогнозування — на основі зібраних даних застосовуються математичні моделі для прогнозування можливих аварій та їх наслідків.

Завдяки такому моніторингу можна оперативно виявляти загрози та вжити заходів до виникнення аварій.

Розглянемо моделювання аварійних режимів енергоблоків та оцінка їх ефективності.

Моделювання аварійних режимів є важливим інструментом для аналізу поведінки енергоблоку в умовах аварії. Процес включає:

Визначення типу аварії — виявлення найбільш ймовірних сценаріїв аварій (механічні, електричні, технологічні).

Моделювання динаміки аварії — аналіз того, як енергоблок реагує на виникнення аварії та як зміни в параметрах можуть призвести до серйозних наслідків.

Розробка програмного забезпечення для моделювання — використання спеціалізованих програм, що дозволяють проводити моделювання з урахуванням різних сценаріїв.

Розглянемо аналіз результатів моделювання в умовах різних сценаріїв аварій. Аналіз результатів моделювання дозволяє оцінити ефективність заходів з управління аваріями за різних сценаріїв. Для цього використовуються чисельні моделі, які враховують всі можливі варіанти розвитку аварійної ситуації.

Після моделювання різних сценаріїв проводиться оцінка ефективності запропонованих заходів. Це може включати:

Час відновлення роботи — вимірюється час, необхідний для відновлення енергоблоку після аварії.

Економічні втрати — оцінюються витрати на ліквідацію наслідків аварії та відновлення роботи.

Безпека — визначається, наскільки заходи з управління аваріями забезпечують безпеку персоналу та навколишнього середовища.

Прогнозування наслідків аварій допомагає визначити потенційні економічні та технічні збитки в разі аварії. Для цього використовуються спеціальні прогностичні моделі, що дозволяють передбачити розвиток подій та своєчасно вжити заходів для мінімізації наслідків.

Ці підрозділи є основою для глибокого аналізу ефективності роботи енергоблоків в аварійних ситуаціях та для розробки заходів, спрямованих на їх поліпшення.

Розглянемо рекомендації щодо підвищення ефективності роботи енергоблоків в аварійних режимах. Енергетична безпека та ефективність роботи електростанцій в умовах аварійних ситуацій є критичними для забезпечення безперебійного постачання електричної енергії. Тому підвищення ефективності роботи енергоблоків в аварійних режимах вимагає комплексного підходу та впровадження сучасних методів управління, моніторингу та технологічних інновацій. Розглянемо ряд рекомендацій, які можуть сприяти покращенню надійності та безпеки енергоблоків у таких умовах.

Оптимізація реагування на аварійні ситуації є ключовим фактором для мінімізації наслідків аварій та зниження часу на відновлення нормальної роботи енергоблоку. Для цього рекомендується:

Автоматизація виявлення аварій — застосування сучасних сенсорних технологій та систем моніторингу для автоматичного виявлення відхилень від нормального функціонування енергоблоку та оперативного сповіщення відповідного персоналу.

Розробка чітких планів дій — кожен оператор або персонал станції має бути готовим до дій в разі різних типів аварій. Планування та регулярні тренування допомагають швидко реагувати на виникнення небезпечних ситуацій.

Використання сучасних технологій дистанційного управління — інтеграція систем автоматизованого управління для оперативного контролю за станом енергоблоку без необхідності фізичного присутності персоналу.

Зниження ймовірності виникнення аварій є важливою складовою частиною підтримки надійної роботи електростанцій. Для цього необхідно:

Покращення технічного обслуговування та діагностики — регулярні перевірки та обслуговування ключових систем і механізмів енергоблоку дозволяють виявляти потенційні проблеми до того, як вони призведуть до аварії.

Розробка та впровадження систем раннього попередження — застосування інтелектуальних систем, які здатні прогнозувати розвиток аварійних ситуацій, дозволяє запобігти несправностям шляхом вчасного втручання.

Вдосконалення конструкції та матеріалів енергоблоків — застосування новітніх матеріалів та конструкцій, які більш стійкі до навантажень і зношування, дозволяє знизити ймовірність механічних аварій.

Розглянемо рекомендації щодо вдосконалення систем моніторингу та управління аваріями. Система моніторингу та управління аваріями повинна бути постійно вдосконалюваною з урахуванням новітніх технологій та змін у технічних вимогах. Основні рекомендації:

Інтеграція системи моніторингу з іншими інформаційними платформами — це дозволить забезпечити безперервний потік даних про стан енергоблоку на всіх етапах його експлуатації.

Аналіз великих даних — використання потужних аналітичних інструментів для обробки великих обсягів даних, зібраних в режимі реального часу, дозволить своєчасно виявляти тенденції та аномалії, що можуть призвести до аварій.

Розробка інтерфейсів для оперативного реагування — зручні, зрозумілі інтерфейси для операторів, що дозволяють в оперативному режимі здійснювати контроль та приймати рішення щодо аварійних ситуацій.

Сучасні технології, що застосовуються на електростанціях, дозволяють значно підвищити надійність та ефективність роботи енергоблоків, особливо в умовах аварійних ситуацій. Ключові напрямки включають:

Адаптивні системи управління — використання алгоритмів штучного інтелекту та машинного навчання для розробки адаптивних систем управління, які можуть вчитися на попередніх аваріях і прогнозувати майбутні.

Інтернет речей (IoT) — впровадження технологій IoT дозволяє здійснювати моніторинг кожного елементу енергоблоку з віддалених точок, що дає можливість отримувати дані в реальному часі і приймати своєчасні управлінські рішення.

Технології для автоматизованого відновлення — для зменшення часу на відновлення нормального функціонування енергоблоку можна впроваджувати автоматизовані технології, що дозволяють самостійно усувати дрібні пошкодження без втручання людського фактора.

Таким чином, забезпечення ефективності роботи енергоблоків в аварійних режимах є однією з основних задач для енергетичних компаній. Для цього необхідно застосовувати комплексний підхід, який включає розробку і впровадження новітніх технологій, а також підвищення кваліфікації персоналу та оптимізацію процесів управління.

Моделювання аварійних ситуацій допомагає передбачити можливі сценарії розвитку подій, що дозволяє своєчасно реагувати та знижувати ризик серйозних техногенних аварій.

Розробка ефективних критеріїв оцінки аварій дозволяє об'єктивно оцінювати роботу енергоблоків у аварійних режимах та прогнозувати наслідки аварійних ситуацій.

Моніторинг та управління аваріями в реальному часі є важливим інструментом для оперативного реагування на будь-які зміни в стані енергоблоку.

Впровадження новітніх технологій, таких як адаптивні системи управління, технології Інтернету речей та автоматизовані системи відновлення, дозволяє значно покращити надійність і безпеку енергоблоків в умовах аварій.

Ці напрямки забезпечують підвищення ефективності роботи енергоблоків, зменшення витрат на ремонт і простій, а також покращення загальної безпеки для персоналу та навколишнього середовища. В результаті, сучасні технології та методи управління дозволяють знижувати вплив аварійних ситуацій на економіку електростанцій і покращувати їх загальну стабільність і надійність.

У сучасному світі енергетичні компанії стикаються з новими викликами в забезпеченні стабільності роботи електростанцій та зниженні ризиків аварій. Враховуючи швидкий розвиток технологій та збільшення складності енергетичних систем, перспективи для підвищення ефективності управління аварійними ситуаціями стають критичними.

Одним із важливих напрямків розвитку є інтеграція різних інформаційних технологій для моніторингу та управління аварійними режимами. Включення таких технологій, як Інтернет речей (IoT), штучний інтелект (AI), великі дані (Big Data) та машинне навчання в енергетичні системи дозволить забезпечити більш точний контроль за станом енергоблоків і вчасно реагувати на будь-які відхилення.

Інтелектуальні системи для управління аваріями — Штучний інтелект може бути застосований для розвитку адаптивних систем управління, які на основі аналізу великих даних можуть передбачати розвиток аварій та здійснювати коригувальні дії в автоматичному режимі.

Інтернет речей (IoT) — Впровадження IoT-сенсорів на енергоблоках дозволить безперервно збирати дані з усіх основних елементів системи, що дозволить здійснювати моніторинг в реальному часі і своєчасно реагувати на зміни.

Один із головних аспектів підвищення ефективності роботи електростанцій в аварійних режимах полягає в розвитку систем прогнозування та попередження аварійних ситуацій. Такі системи можуть базуватися на сучасних алгоритмах машинного навчання та аналізу великих даних.

Прогнозування на основі історичних даних — Алгоритми, що використовують історичні дані для прогнозування можливих аварійних ситуацій, допоможуть оперативно визначати ризики та попереджати персонал про потенційні небезпеки.

Моделювання та симуляції — За допомогою математичних моделей і комп'ютерних симуляцій можна вивчити різні сценарії розвитку аварій і на основі цього оптимізувати процеси реагування. Моделювання дозволяє прорахувати можливі наслідки і знайти найбільш ефективні способи усунення неполадок.

Автоматизовані системи аварійного відновлення можуть значно скоротити час, необхідний для відновлення нормального функціонування енергоблоку після аварії. Впровадження таких систем дозволяє зменшити залежність від людського фактору та підвищити швидкість реагування.

Автоматичне відновлення живлення — Автоматизовані системи, які дозволяють швидко перезапустити відключені елементи енергоблоку, можуть зменшити час простою та забезпечити безперервне постачання електричної енергії.

Модульні системи відновлення — Впровадження модульних систем, які здатні самостійно замінювати пошкоджені елементи енергоблоку без втручання персоналу, дозволить зменшити людські ресурси, необхідні для відновлення роботи.

Інтеграція новітніх технологій моніторингу є ще одним важливим аспектом для підвищення ефективності управління аваріями. За допомогою розширених систем моніторингу та використання сучасних датчиків можна оперативно отримувати дані про стан кожного елемента енергоблоку та своєчасно реагувати на будь-які зміни.

Розширене використання візуалізації даних — Системи, що дозволяють в реальному часі здійснювати візуалізацію даних про стан енергоблоку, допоможуть операторам швидше зрозуміти поточну ситуацію і прийняти рішення.

Безперервний моніторинг з використанням дронів та робототехніки — дрони і роботизовані системи можуть здійснювати перевірку важкодоступних частин станції, що значно знижує ризики для персоналу і дозволяє швидше виявляти дефекти.

Таким чином, для підвищення ефективності управління аварійними ситуаціями на енергоблоках, необхідно застосовувати найсучасніші технології та методи. Інтеграція інтелектуальних систем, автоматизація процесів управління, розвиток систем прогнозування та автоматизованого відновлення є основними напрямками, які можуть значно покращити надійність та безпеку енергоблоків.

Застосування таких інноваційних рішень забезпечить значне зменшення часу на реагування та відновлення роботи енергоблоків, що, в свою чергу, знизить економічні збитки та ризики для навколишнього середовища. Крім того, впровадження нових технологій дозволяє зменшити вплив людського фактору на аварійні ситуації, підвищуючи таким чином загальну безпеку енергетичних об'єктів.

3.3 Розробка моделі аварійних режимів для енергоблоку

Розробка моделі аварійних режимів для енергоблоку є важливим етапом для забезпечення надійності та безпеки роботи електростанції в умовах непередбачених ситуацій. Аварійні режими виникають через різноманітні несправності або зовнішні впливи, що можуть порушити стабільність роботи енергоблоку. Моделювання таких ситуацій дозволяє визначити критичні моменти, виявити уразливості та розробити ефективні стратегії для їх запобігання та ліквідації наслідків.

Мета моделювання. Основною метою розробки моделі аварійних режимів для енергоблоку є:

- прогнозування можливих аварій – визначення найімовірніших сценаріїв аварій та їх наслідків;
- оцінка ефективності заходів реагування – визначення, наскільки швидко та ефективно можна реагувати на різні аварійні ситуації;
- аналіз надійності та безпеки енергоблоку – оцінка ступеня ризику та ймовірності виникнення аварійних ситуацій при різних умовах;
- оптимізація управлінських рішень – надання рекомендацій щодо удосконалення процесів управління аваріями на основі результатів моделювання.

Розглянемо структуру моделі аварійних режимів. Модель аварійних режимів для енергоблоку повинна включати наступні елементи: моделювання енергоблоку – для створення моделі енергоблоку використовується набір математичних рівнянь, що описують роботу всіх основних підсистем: турбін, генераторів, трансформаторів, охолоджувальних систем, а також їх взаємодію між собою.

Типи аварій – модель має враховувати різні типи аварій, що можуть статися на енергоблоці, такі як: механічні аварії (відмова турбін, генераторів, насосів); електричні аварії (коротке замикання, відмова трансформаторів); технологічні аварії (відмова систем охолодження, порушення в роботі теплових систем).

Процеси розвитку аварій – для кожного типу аварії модель повинна описувати динаміку її розвитку: перехід від нормального режиму до аварійного, етапи посилення аварії, фактори, що впливають на швидкість її поширення.

Механізми відновлення – включають варіанти відновлення роботи енергоблоку в аварійних ситуаціях (наприклад, автоматичне відключення пошкоджених елементів, перехід на резервні потужності).

Оцінка впливу на технічні та економічні показники – важливо оцінити, як аварії впливають на технічні показники (ефективність генерації, надійність системи) та економічні (витрати на відновлення, втрати через простій).

Для розробки моделі аварійних режимів використовуються різні методи, зокрема:

Математичне моделювання – застосовуються рівняння, що описують фізичні процеси та взаємодію елементів енергоблоку. Для цього можуть використовуватися диференціальні рівняння, системи рівнянь стану або методи чисельного інтегрування.

Симуляційне моделювання – моделювання з використанням комп'ютерних програм, що дозволяє оцінити динаміку аварійних режимів в реальному часі. Це дозволяє проводити численні експерименти з варіаціями параметрів системи та аварійних сценаріїв.

Моделі на основі теорії ймовірностей та статистики – застосовуються для оцінки ймовірності виникнення аварійних ситуацій, а також для виявлення основних факторів, що впливають на ці ймовірності.

Моделювання аварійних режимів можна здійснювати за наступним алгоритмом:

Ідентифікація системи енергоблоку – створення математичної моделі енергоблоку з урахуванням усіх підсистем і компонентів.

Визначення типів аварій – класифікація типів аварій, що можуть виникнути в межах моделі.

Моделювання динаміки аварії – на основі теоретичних основ та експериментальних даних описуються зміни в системі при виникненні аварії.

Оцінка наслідків аварії – розрахунок економічних і технічних втрат, а також часу відновлення нормального функціонування енергоблоку.

Оптимізація дій – розробка рекомендацій для зменшення наслідків аварії і підвищення ефективності управлінських рішень.

Розглянемо приклад моделювання аварії на тепловій електростанції, де виникає відмова трансформатора. У такому випадку:

- створюється модель трансформатора і його взаємодії з іншими елементами енергоблоку;

- моделюється процес розвитку аварії – від відмови до втрати потужності;
- оцінюється вплив аварії на енергоблок, а також можливості відновлення роботи шляхом використання резервних трансформаторів;
- аналізується вплив на економічні показники, зокрема втрати через простої та додаткові витрати на відновлення.

Таким чином. розробка моделі аварійних режимів для енергоблоку є важливим етапом у забезпеченні стабільності та безпеки роботи енергетичних установок. Система моделювання дозволяє детально вивчити всі можливі сценарії аварій та ефективно управляти ними, мінімізуючи ризики для технічних, економічних і соціальних аспектів роботи електростанцій. Розроблені моделі сприяють підвищенню надійності енергоблоків та швидкому реагуванню на аварійні ситуації.

3.4 Розробка алгоритму для реалізації моделі аварійних режимів енергоблоку

Розробка алгоритму для реалізації моделі аварійних режимів для енергоблоку є важливою частиною процесу оцінки надійності та безпеки електростанцій. Модель дозволяє прогнозувати потенційні аварії, оцінювати їх вплив на роботу енергоблоку та розробляти ефективні стратегії для управління аварійними ситуаціями.

Алгоритм для реалізації моделі аварійних режимів можна поділити на кілька основних етапів (рис. 3.1):

1. Ідентифікація системи енергоблоку. Мета: Створити модель енергоблоку, враховуючи всі підсистеми, компоненти та їх взаємодію. Ідентифікація основних компонентів енергоблоку: генератори, турбіни, трансформатори, охолоджувальні системи, електричні мережі, автоматичні системи захисту. Опис характеристик елементів: технічні характеристики, параметри роботи (наприклад, потужність, коефіцієнти ефективності,

максимальні робочі значення). 1.3. Визначення взаємозв'язків між підсистемами: як кожна частина системи взаємодіє з іншими елементами, визначення потоків енергії, матеріалів і тепла між ними.

2. Ідентифікація типів аварій: Визначити всі можливі типи аварій, що можуть виникнути на енергоблоці. Класифікація аварій: механічні (відмова турбін, насосів, механізмів); електричні (коротке замикання, перегрів трансформаторів); технологічні (відмова систем охолодження, порушення в теплових процесах). Розробка сценаріїв аварій: для кожного типу аварії необхідно сформулювати сценарії розвитку подій, які описують поведінку елементів при виникненні цієї аварії.

3. Моделювання динаміки розвитку аварій. Описати, як аварії розвиваються в часі та які змінюються параметри системи. Початковий стан системи: визначити стандартні робочі параметри енергоблоку. Імітація виникнення аварії: для кожного сценарію аварії змодельовати початкову несправність і її розвиток. Визначення критичних параметрів: розрахунок критичних значень, при яких система переходить у аварійний режим (наприклад, перегрів, зниження напруги). Оцінка наслідків аварії: розрахунок втрат потужності, зміни в напрузі, температурі, часі відновлення.

4. Моделювання відновлення системи. Оцінити можливості та ефективність відновлення роботи енергоблоку після аварії. Ідентифікація доступних резервів: визначити, які резервні елементи або системи можуть бути використані для відновлення функціонування (наприклад, резервні трансформатори або турбіни). Стратегії відновлення: моделювати, як буде здійснюватися відновлення роботи енергоблоку: автоматичне відключення пошкоджених елементів, перехід на резервні потужності. Оцінка часу відновлення: розрахунок часу, необхідного для відновлення нормального функціонування енергоблоку.

5. Оцінка технічних і економічних наслідків. Оцінити технічні та економічні наслідки аварії, а також ефективність відновлення. Технічні показники: оцінка відновлення параметрів роботи енергоблоку, таких як

потужність, напруга, ефективність роботи. Економічні втрати: оцінка витрат на відновлення, зниження вироблення електричної енергії, втрати через простій.

6. Оптимізація дій при аваріях. Розробити стратегії для оптимального реагування на аварійні ситуації та мінімізації їх наслідків. Оцінка ефективності заходів: аналіз результатів моделювання для різних варіантів дій під час аварії. Розробка оптимальних рішень: визначення, які заходи є найбільш ефективними для мінімізації наслідків аварії (наприклад, швидке відключення пошкоджених елементів). Запобігання повторним аваріям: визначення заходів для запобігання повторним відмовам або аваріям у майбутньому.

7. Прогнозування наслідків аварій та їх мінімізація. Прогнозувати наслідки аварій на основі моделі та мінімізувати їх через адаптивні стратегії. Прогнозування наслідків для кожного типу аварії: за допомогою статистичних методів та попередніх сценаріїв оцінити можливі наслідки для енергоблоку. Оцінка вразливостей системи: визначити слабкі місця, які можуть спричинити найбільші наслідки. Планування заходів для мінімізації: на основі результатів прогнозування розробити стратегії для зниження впливу аварійних ситуацій.

Дано пояснення загальному алгоритму реалізації моделі аварійних режимів для енергоблоку (рис. 3.1):

Початкові налаштування: Ідентифікація елементів енергоблоку та їх характеристик. Класифікація типів аварій.

Моделювання розвитку аварій: Імітація початку аварії. Моделювання процесу розвитку. Визначення критичних параметрів.

Оцінка наслідків аварії: Технічні наслідки. Економічні втрати. Відновлення після аварії:

Ідентифікація можливостей для відновлення. Моделювання стратегії відновлення. Оцінка часу відновлення. Оптимізація дій:

Оцінка ефективності різних варіантів дій. Розробка стратегій для мінімізації наслідків. Прогнозування та мінімізація наслідків:

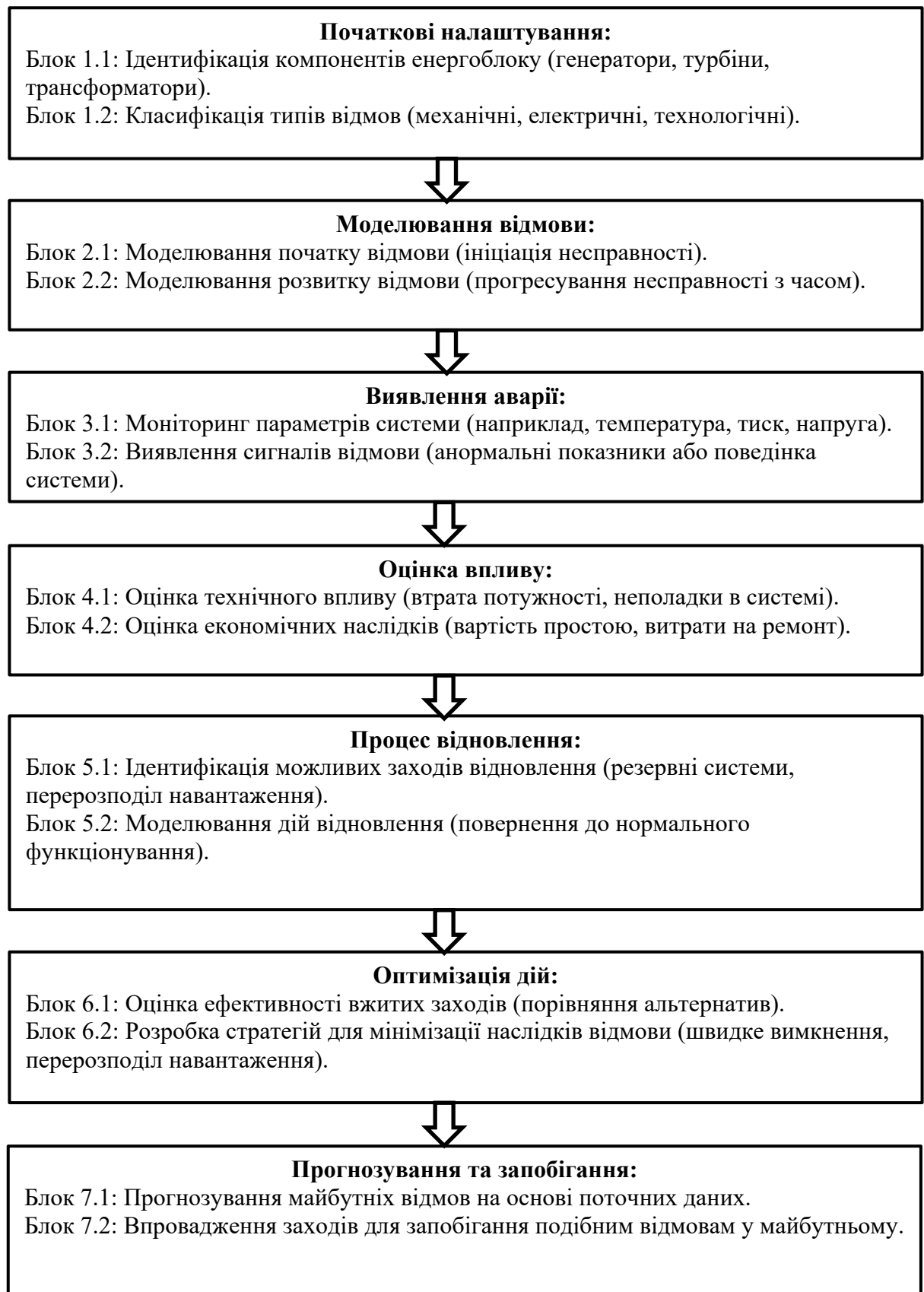


Рис. 3.1 - Блок-схема етапів алгоритма моделі аварійних признаков

Прогнозування наслідків на основі сценаріїв. Розробка заходів для запобігання повторним аваріям. Цей алгоритм може бути реалізований за допомогою математичного та симуляційного моделювання, а також через використання сучасного програмного забезпечення для розрахунків та оцінки ризиків.

Таким чином, розроблена блок схема етапів алгоритма моделі аварійних признаков, яка показано на рис. 3.1:

Початкові налаштування:

Блок 1.1: Ідентифікація компонентів енергоблоку (генератори, турбіни, трансформатори).

Блок 1.2: Класифікація типів відмов (механічні, електричні, технологічні).

Моделювання відмови:

Блок 2.1: Моделювання початку відмови (ініціація несправності).

Блок 2.2: Моделювання розвитку відмови (прогресування несправності з часом).

Виявлення аварії:

Блок 3.1: Моніторинг параметрів системи (наприклад, температура, тиск, напруга).

Блок 3.2: Виявлення сигналів відмови (анормальні показники або поведінка системи).

Оцінка впливу:

Блок 4.1: Оцінка технічного впливу (втрата потужності, неполадки в системі).

Блок 4.2: Оцінка економічних наслідків (вартість простою, витрати на ремонт).

Процес відновлення:

Блок 5.1: Ідентифікація можливих заходів відновлення (резервні системи, перерозподіл навантаження).

Блок 5.2: Моделювання дій відновлення (повернення до нормального функціонування).

Оптимізація дій:

Блок 6.1: Оцінка ефективності вжитих заходів (порівняння альтернатив).

Блок 6.2: Розробка стратегій для мінімізації наслідків відмови (швидке вимкнення, перерозподіл навантаження).

Прогнозування та запобігання:

Блок 7.1: Прогнозування майбутніх відмов на основі поточних даних.

Блок 7.2: Впровадження заходів для запобігання подібним відмовам у майбутньому.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3:

У розділу показано практичне застосування моделі аварійних признаков на енергоблоках електростанції. У ході дослідження були розглянуті важливі аспекти вибору критеріїв та показників ефективності роботи енергоблоків в аварійних режимах, а також розробка алгоритму для реалізації моделі аварійних режимів на конкретному енергоблоці.

Вибір критеріїв та показників ефективності є ключовим етапом для оцінки стабільності та надійності роботи енергоблоку під час аварійних ситуацій. У цьому контексті були визначені основні технічні та економічні показники, що дозволяють здійснювати комплексний аналіз аварійних режимів. Зокрема, до таких показників віднесено температурні параметри, тиск, рівень вироблення електричної енергії, а також витрати, пов'язані з відновленням роботи енергоблоку. Оцінка цих параметрів дозволяє здійснювати моніторинг та швидко реагувати на потенційні аварійні ситуації, а також прогнозувати наслідки таких подій для подальшої стабільної роботи електростанції. Розробка алгоритму для реалізації моделі аварійних режимів є важливим кроком у створенні практичної системи управління для запобігання та мінімізації наслідків аварій. Алгоритм, запропонований у дослідженні, враховує широкий спектр факторів, таких як специфіка роботи енергоблоку, реакції на зміну навантаження, вплив автоматичних систем захисту та інших параметрів, що можуть призвести до аварій. Розроблений алгоритм дозволяє не лише моделювати аварійні режими, а й здійснювати адаптацію системи до змінних умов роботи, що забезпечує гнучкість і ефективність управління аварійними ситуаціями. Практичне застосування цих моделей і алгоритмів дозволяє значно покращити ефективність роботи енергоблоків у аварійних режимах. Це забезпечує своєчасне реагування на будь-які зміни, що можуть призвести до аварій, а також мінімізує втрати, спричинені аварійними ситуаціями, та оптимізує процеси відновлення роботи енергоблоку після збоїв.

У результаті, проведене дослідження підтвердило важливість інтеграції математичних моделей і алгоритмів у реальну практику управління енергоблоками. Це дозволяє підвищити надійність і безпеку роботи електростанцій, знизити ризики виникнення аварій і забезпечити стабільну подачу енергії споживачам. Продовжуючи, варто відзначити, що розробка та застосування моделей аварійних режимів не лише забезпечує оперативне реагування на нештатні ситуації, але й дозволяє здійснювати комплексну оптимізацію роботи енергоблоків в цілому. Врахування різноманітних показників ефективності роботи під час аварій, а також впливу аварійних ситуацій на економічні та технічні параметри роботи станцій, дозволяє мінімізувати негативні наслідки як для виробничого процесу, так і для фінансової стабільності підприємства. Одним із ключових аспектів є постійне вдосконалення алгоритмів моделювання аварійних режимів, що дає можливість знижувати ймовірність виникнення критичних ситуацій. Такі алгоритми дозволяють інтегрувати різні сценарії аварій, враховуючи змінні умови навколишнього середовища, стан обладнання та персоналу, а також специфіку кожного енергоблоку. Застосування сучасних інформаційних технологій, таких як системи моніторингу і дистанційного управління, дає змогу реалізувати ці алгоритми на практиці, забезпечуючи високий рівень безпеки та ефективності. Також важливою є роль розроблених моделей у навчанні та підготовці персоналу для правильного реагування на аварійні ситуації. Поглиблене розуміння аварійних режимів через моделювання дозволяє персоналу швидко і правильно діяти в реальних ситуаціях, зменшуючи час на ліквідацію аварії та потенційні фінансові втрати.

У підсумку, практичне застосування моделей аварійних признаков на енергоблоках дозволяє значно підвищити рівень надійності та безпеки енергетичних систем, а також ефективно реагувати на різноманітні аварійні ситуації. Розробка і впровадження алгоритмів для моделювання таких режимів є необхідною умовою для забезпечення стабільної роботи електростанцій, а також підтримки високої технічної готовності енергоблоків.

ВИСНОВКИ

Дослідження присвячене комплексному аналізу та оцінці роботи електростанцій у аварійних режимах функціонування енергоблоків. В роботі детально вивчено теоретичні та практичні аспекти аварійних ситуацій на енергоблоках, а також розглянуто критерії та показники ефективності їх роботи в умовах порушення нормальної експлуатації.

Проведено детальний огляд існуючих підходів до класифікації аварійних режимів та методик оцінки надійності та безпеки енергоблоків, що є основою для розробки нових методів моніторингу та управління аваріями. Значну увагу приділено моделюванню аварійних ситуацій, що дозволяє в реальному часі прогнозувати наслідки аварій та визначати ефективність запроваджених заходів.

Розроблені критерії оцінки аварійних ситуацій та показники надійності, працездатності та безпеки енергоблоків є важливим інструментом для покращення управління аваріями на електростанціях. Методика моделювання аварійних ситуацій та прогнозування наслідків дозволяє ефективно реагувати на надзвичайні ситуації та зменшувати їх негативний вплив на технічні та економічні показники роботи станцій.

Завдяки результатам дослідження було запропоновано ряд практичних рекомендацій щодо підвищення ефективності роботи енергоблоків у аварійних режимах, оптимізації процесів реагування на аварії, вдосконалення систем моніторингу та управління та впровадження нових технологій для підвищення надійності. Ці рекомендації сприятимуть зменшенню ризиків та покращенню загальної безпеки енергетичних об'єктів, що є важливим кроком для забезпечення стабільної та безпечної роботи енергетичних систем.

Подальший розвиток досліджень у цій сфері може зосереджуватися на удосконаленні існуючих моделей аварійних режимів, а також на розробці нових підходів до прогнозування та управління аварійними ситуаціями з урахуванням новітніх технологій у сфері автоматизації та штучного інтелекту.

Врахування таких інновацій дозволить не тільки знижувати ризики виникнення аварій, а й забезпечити швидке та ефективне відновлення нормального функціонування енергоблоків після надзвичайних ситуацій.

Окремої уваги заслуговує питання інтеграції систем моніторингу та управління аваріями з єдиною інформаційною мережею енергетичних об'єктів. Це дозволить здійснювати оперативний обмін інформацією між різними частинами енергосистеми, що сприятиме більш точному та швидкому реагуванню на загрози аварійних ситуацій.

Також важливо продовжити вдосконалення методик оцінки надійності енергоблоків, зокрема з огляду на постійно змінювані умови експлуатації та нові технології, що застосовуються на електростанціях. Врахування сучасних тенденцій у розвитку енергетичної інфраструктури, таких як використання відновлюваних джерел енергії та інтеграція різних типів енергетичних установок, дозволить більш точно моделювати аварійні ситуації та ефективно оцінювати їх вплив на роботу всієї енергетичної системи.

Результати даної роботи мають важливе значення для підвищення рівня безпеки та надійності енергетичних об'єктів. Пропоновані методики та рекомендації можуть бути впроваджені в практику енергетичних компаній та організацій, що займаються експлуатацією електростанцій, що дозволить покращити процеси реагування на аварії та підвищити загальну ефективність роботи енергоблоків у критичних ситуаціях.

Отже, робота є важливим кроком у розвитку теоретичних і практичних аспектів управління аварійними ситуаціями на електростанціях, і її результати можуть бути використані для подальшого вдосконалення систем безпеки та надійності енергетичних об'єктів у майбутньому.

Подальші кроки в дослідженні цієї теми можуть включати глибше вивчення специфіки аварійних режимів на різних типах енергоблоків, зокрема тих, що працюють на нетрадиційних або відновлювальних джерелах енергії. Використання новітніх матеріалів та інноваційних технологій у будівництві енергоблоків, а також розширення застосування систем автоматизації та

штучного інтелекту для прогнозування та управління аварійними ситуаціями, вимагатиме розробки нових критеріїв і показників, які враховуватимуть специфіку таких установок.

Важливим напрямком є також інтеграція та координація дій між різними енергетичними підприємствами і регулюючими органами в разі великих аварій або надзвичайних ситуацій. Для цього потрібно удосконалити міжурядове та міжфірмове співробітництво, зокрема через створення централізованих інформаційних платформ, що дозволяють оперативно отримувати актуальні дані про стан енергосистеми в реальному часі. Такий підхід забезпечить кращу готовність до непередбачуваних подій та швидше відновлення роботи енергосистеми після аварій.

Дослідження в сфері новітніх методів моніторингу, таких як використання дронів, сенсорних мереж та великих даних (Big Data), також відкривають нові можливості для вдосконалення оцінки стану енергоблоків. Такі технології дозволяють отримувати точну інформацію про стан обладнання, виявляти потенційні проблеми на ранніх етапах і своєчасно вжити заходів для запобігання аваріям. Подальше розроблення інтелектуальних систем прогнозування дозволить значно підвищити ефективність виявлення та запобігання аваріям на етапах їх розвитку.

Нарешті, однією з найбільших викликів для енергетичних компаній є інтеграція стійких та екологічно чистих технологій. Перехід до чистих джерел енергії, таких як сонячні та вітрові електростанції, а також комбіновані системи зберігання енергії, зумовлює необхідність перегляду підходів до управління аваріями в умовах нових технологій. Відсутність стабільності в роботі таких станцій, що може бути спричинено погодними умовами або іншими факторами, вимагає створення нових стратегій для забезпечення безпеки та надійності таких джерел енергії.

Таким чином, дослідження, проведене в рамках цієї роботи, стало важливим кроком у розвитку теорії та практики управління аварійними режимами на енергоблоках, і його результати можуть бути використані для

подальшого вдосконалення систем безпеки енергетичних об'єктів. Вони також створюють основу для розвитку нових технологій, методів і підходів до забезпечення стабільності та надійності енергетичних систем у майбутньому. Урахування цих факторів дозволить знизити ризики виникнення аварій, підвищити рівень безпеки і ефективності роботи енергоблоків, а також забезпечити стійкий розвиток енергетичної інфраструктури на наступні десятиліття.

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 nauchnyy vestnik. 2013. Issue 2. P. 184–191.

16. Severin V. P., Nikulina E. N., Trubchanova N. V. Identifikaciya parametrov sistemy upravleniya proizvoditel'nost'yu paro-generatora energobloka

AES // Visnyk Nats. tekhn. un-tu "KhPI". Ser.: Avtomatyka ta pryladobuduvannia. 2016. Issue 15. P. 38–44.

17. Fault detection and isolation system for boiler-turbine unit of a thermal power plant / Madrigal-Espinosa G., Osorio-Gordillo G.-L., Astorga-Zaragoza C.-M., Vázquez-Román M., Adam-Medina M. // Electric Power Systems Research. 2017. Vol. 148. P. 237–244. doi: 10.1016/j.epsr.2017.03.021

18. An analysis of technical security control requirements for digital I&C systems in nuclear power plants / Song J.-G., Lee J.-W., Park G.-Y., Kwon K.-C., Lee D.-Y., Lee C.-K. // Nuclear Engineering and Technology. 2013. Vol. 45, Issue 5. P. 637–652. doi: 10.5516/net.04.2012.091