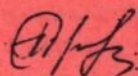


ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису

ТОМЧАЙ Світлана Павлівна



РОЗРОБКА МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ  
СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОГО ЗАХИСТУ ОБЛАДНАННЯ АЕС.

Спеціальність: 05.14.14 - теплові та ядерні електростанції та енергоустановки (теплова частина).

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеню  
кандидата технічних наук

Одеса - 1996

Дисертація є рукописом.

ДВ. 35-839

Робота виконана в Національному технічному університеті України  
"Київський політехнічний інститут", м. Київ

Науковий керівник:

Кандидат технічних наук, професор  
ШИРОКОВ Сергій Васильович.

Офіційні опоненти:

1. Доктор технічних наук, професор  
СКАЛОЗУБОВ Володимир Іванович.

2. Кандидат технічних наук, старший науковий співробітник  
БУЯЛЬСЬКИЙ Вадим Боліславович

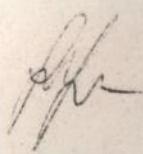
Провідна організація: Державний комітет по використанню  
ядерної енергії України (ДЕРЖКОМАТОМ) м. Київ

Захист відбудеться "14" листопада 1996 р. о 13<sup>00</sup> годині  
на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 05.06.02 при Одеському  
державному політехнічному університеті за адресою:  
270044 м. Одеса, пр. Шевченка 1, аудиторія 22 ттл.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Одеського державного  
політехнічного університету.

Автореферат розісланий "2" грудня 1996 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої ради



Мазуренко А. С.

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00760096 (S)

АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОБЛЕМИ.

Забезпечення безпеки експлуатації атомних енергетичних об'єктів та ядерно-фізичних установок є об'ємна техніко-економічна і соціальна проблема. Їй присвячено багато наукових робіт. Створено різноманітні засоби діагностики і захисту, в том числі і дуже об'ємні - більше 10 тис. технологічних параметрів. Але аналіз реального досвіду експлуатації ядерних об'єктів показує стійку тенденцію зростання числа та масштабів аварій на самих сучасних АЕС, де, завадалось, проектувальники прийняли всі можливі заходи щодо їх запобігання.

Великі економічні, соціальні і екологічні збитки від аварій на цих об'єктах обумовлює актуальність розробки нетрадиційних методів та створення нового покоління засобів безпеки і захисту ядерних об'єктів.

Дослідження показують, що численне технологічне обладнання, яке забезпечує функціонування реактора і від надійності якого прямо залежить надійність роботи реактору, забезпечено найпростішими засобами захисту. Така ситуація різко обмежує можливості оператора у виборі оптимальних рішень при нештатних ситуаціях.

Таке положення обумовлює актуальність та необхідність досліджень і розробки систем захисту обладнання, більше орієнтоване на технологічні потреби ядерних об'єктів і органічно узгоджене з можливостями людини-оператора, як головної ланки в контурі управління.

ЦІЛЬ РАБОТИ .

1. Дослідження і розробка методів підвищення надійності і працездатності систем діагностики і захисту електрообладнання АЕС.
2. Розробка методів захисту силових мереж АЕС, що ґрунтуються на постійному контролі стану обладнання і прогнозуванні ймовірності аварій.

НАУКОВА НОВИЗНА.

1. Досліджено комплексні проблеми підвищення надійності систем технічної діагностики та захисту.

2. Запропоновано та обґрунтовано доцільність використання інформації про теплофізичні процеси для захисту електричних



комунікацій.

3. Досліджено та систематизовано теплофізичні і фізико-хімічні процеси, що відбуваються в кабельних комунікаціях і силовому електрообладнанні АЕС при їх експлуатації. Визначено характерні параметри, від яких залежить ефективність та надійність їх використання.

4. Розроблено методи підвищення надійності експлуатації електрообладнання АЕС, що базуються на оптимізації робочих режимів по тепловим характеристикам та прогнозуванні аварій.

5. Запропонована структура автоматичної системи діагностики стану та захисту кабельних електромереж АЕС, побудована на засадах використання вимірювань теплофізичних процесів в обладнанні для прогнозування та завчасного розпізнавання кризових і аварійних ситуацій.

#### ПРАКТИЧНА ЦІННІСТЬ.

-----

1. Розроблено методи захисту силового електрообладнання по теплофізичних показниках їх роботи.

2. Розроблена і експериментально випробувана структурна схема автоматичної системи раннього розпізнавання та прогнозування аварійних ситуацій в електрообладнанні АЕС.

Результати розробки передаються в КІАЕП для проектування нової системи температурного контролю і захисту кабельних мереж на АЕС України.

3. Розроблено алгоритми і запропонована програма комп'ютерного розрахунку поточних теплових режимів силових кабелів і трансформаторів АЕС, що дозволяє враховувати реальний стан цього обладнання і оптимізувати його експлуатаційні навантаження.

Результати дозволяють підвищити надійність і досягти максимальної віддачі від використовованого обладнання, важливу в умовах реального дефіциту матеріальних ресурсів.

4. Створено діючий макет автоматичної системи технічної діагностики і прогнозування аварійних, вибухо- і пожежонебезпечних ситуацій на АЕС. Макет передано в постійну демонстрацію в павільйоні пожежного захисту Національного виставочного центру МВС України.

#### АПРОВАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ.

-----

Основні результати роботи було обговорено на:

1. 3-й міжнародній науково-технічній конференції "Контроль и управление в технических системах". м.Вінниця, 1995 р.
2. 9-ом міжнародному семінарі по проблемам фізики реакторів. Росія, г. Москва, 1995 р.

Отримані результати періодично заслуговувались та обговорювались на технічних радах з аварійної та пожежної безпеки АЕС України, а також на семінарах по проблемах підвищення ефективності пожежного та технічного захисту обладнання на підприємствах енергетики України (КІАЕП, НВЦ м.Київ, 1994 - 1995 р.).

#### ПУБЛІКАЦІІ.

-----

По дисертації опубліковано 9 друкованих робіт.

НА ЗАХИСТ ВІНОСЯТЬСЯ СЛІДУЮЧІ ПОЛОЖЕННЯ:

-----

1. Методи підвищення надійності роботи систем технічної діагностики та захисту кабельних мереж АЕС, що опираються на контроль теплофізичних процесів в обладнанні, математичному моделюванні і зачасному розпізнаванню кризових та аварійних ситуацій.

2. Структура автоматичної системи технічної діагностики і захисту електрообладнання АЕС, де забезпечено незалежність функцій збору, обробки, нагромадження інформації та її математичної обробки.

#### СТРУКТУРА І ОБ'ЄМ ДИСЕРТАЦІІ.

-----

Матеріали дисертації викладено в 5 розділах, вступі та висновках. Коротка інформація про результати випробування та впровадження віднесена в Додаток. Загальний об'єм дисертації становить 120 сторінок, 33 ілюстрації, 15 таблиць, список літератури з 70 найменувань, а також 15 сторінок Додатку.

#### ЗМІСТ РОБОТИ.

-----

У вступі

-----

Обґрунтовується актуальність досліджуваної проблеми, формулюються завдання, цілі та основні результати виконаної роботи.

#### В першому розділі

-----

Аналізуються та обґрунтовується актуальність проблеми підвищення показників систем технічного контролю стану обладнання АЕС та інших ядерних об'єктів. Досліджуються матеріали вітчизняних та зарубіжних видань, які містять дані щодо аварійності АЕС, ступеня небезпеки аварій на різних елементах ядерних об'єктів. Аналізуються причини аварій та їх наслідки. Показано, що однією з причин аварійності на АЕС є відставання систем технічного захисту обладнання від розвитку систем безпеки реакторних установок, а також недостатньо опрацьовані питання взаємодії людини-оператора з автоматичними системами технічної діагностики та захисту.

Для аналізу показників систем управління в умовах впливу різноманітних факторів використовується узагальнена схема, наведена на мал.1. На цій схемі система управління умовно розподілена на три рівня, що відповідають узгодженню характеристик засобів управління АЕС з узагальненою функцією стану об'єкту.

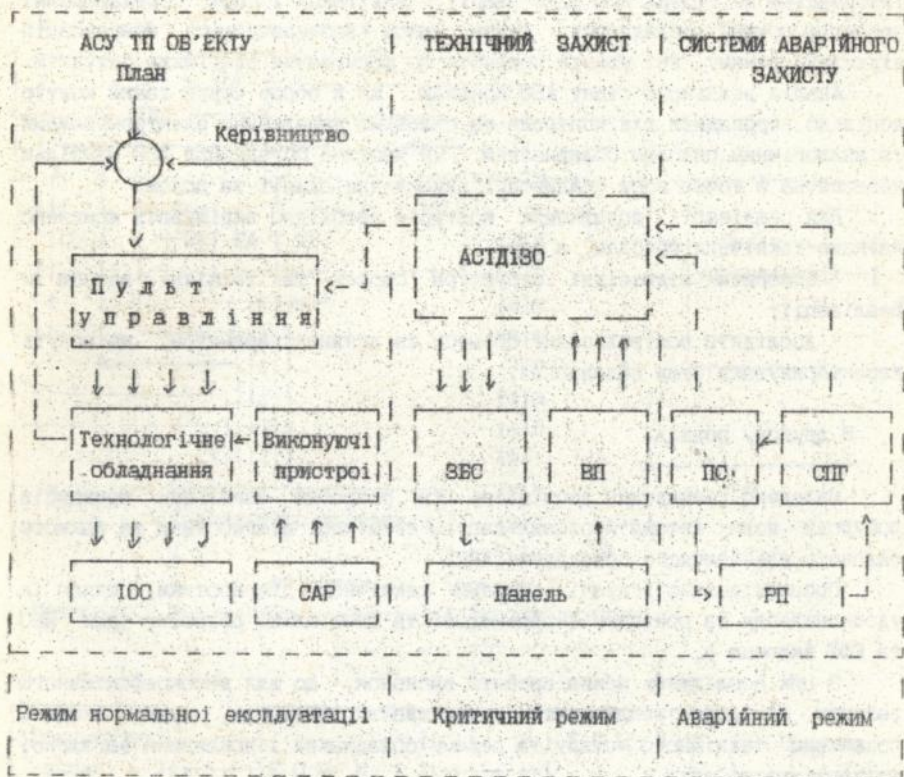
В наведеної схеми видно, що типове виконання схеми управління обладнання обмежує можливості підвищення надійності експлуатації об'єкту. В першу чергу, в цих системах є велика залежність надійності всієї системи від показників надійності її складових.

Наведена схема дає підставу стверджувати, що типова побудова схеми управління обладнанням обмежує можливості подальшого підвищення надійності експлуатації об'єкту. В першу чергу через неприпустимо велику залежність надійності всієї системи від показників надійності її складових.

Наприклад, безпечна робота об'єкту можлива лише за умови, що другий рівень системи управління забезпечить своєчасну та надійну реакцію на відхилення від нормальної роботи і зможе запобігти переходу об'єкту в аварійний режим роботи.

Для покращення показників системи управління АЕС пропонується включити до складу типових структур АСУ ТП додатковий контур, як це показано на мал.1.

З його допомогою в склад технічного захисту вводяться додаткові пристрої, що узгоджують частотні характеристики верхніх рівнів системи



Мал.1.

з можливостями оператора. Таке доповнення забезпечить оператора інформацією не тільки про факт аварії, але також і про передаварійні еволюції стану обладнання. Таким чином забезпечується компенсація відхилень режиму, які можуть привести до формування аварійних ситуацій.

Аналіз реального стану АЕС показав, що в першу чергу такий контур доцільно впровадити для контролю за силовими кабельними електромережами та аналогічним силовим обладнанням. Ця частина обладнання АЕС найбільш небезпечна з точки зору можливості виникнення аварії та пожеж.

Для реалізації додаткових контурів необхідно вирішувати комплекс науково-технічних проблем, а саме:

- створити відповідні структури систем та технічні засоби їх реалізації;
- дослідити контрольовані процеси та виявити параметри, що можуть характеризувати стан обладнання.

#### В другому розділі

-----

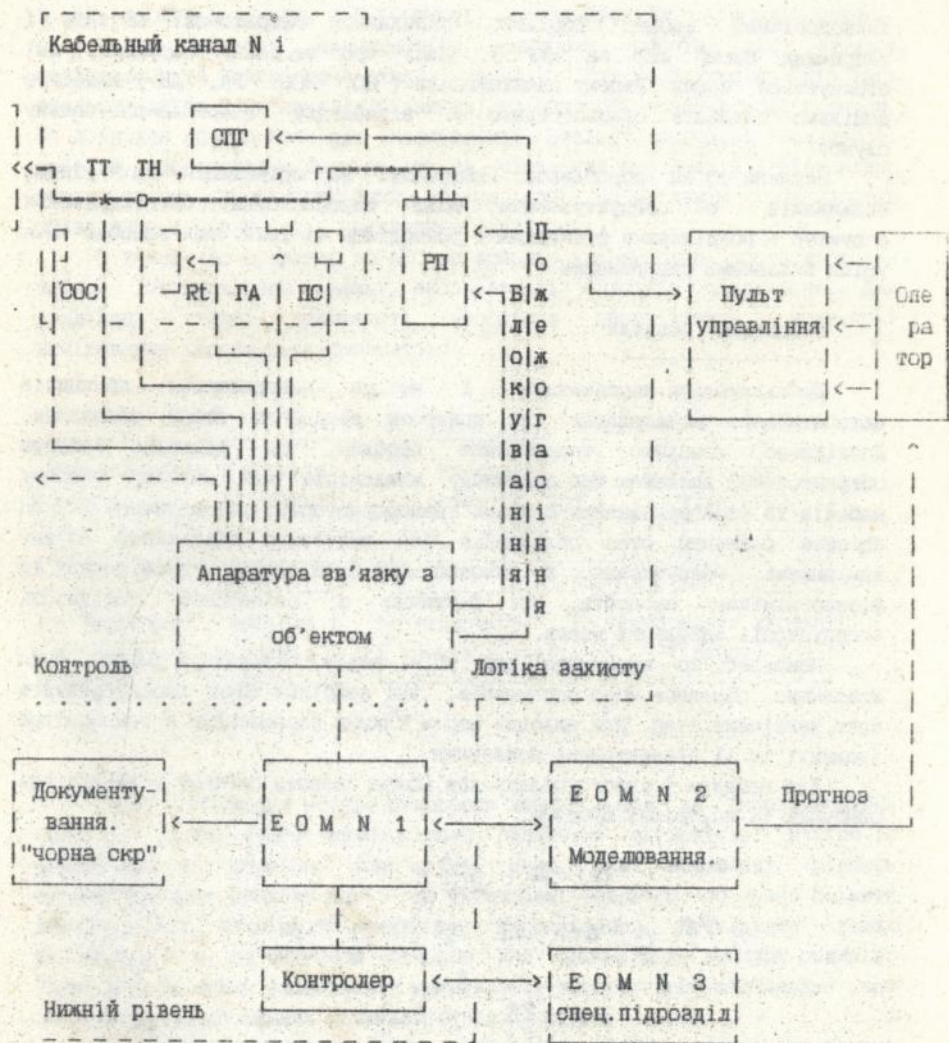
Наведено результати досліджень та розробки загальних принципів побудови нових автоматизованих систем технічної діагностики та захисту силового електричного обладнання АЕС.

Проаналізовано існуючі системи технічної діагностики, шляхи їх удосконалення та розвитку (промислові та спеціальні розробки для ЯЕО та ЕДУ включно).

З цих досліджень можна зробити висновок, що для вискоефективного захисту доцільно реалізувати ешелонований контроль, куди входять показники технічного стану та режиму обладнання і показники загальної ситуації на об'єкті.

Відповідно цим висновкам було запропоновано схему системи безпеки силового обладнання на АЕС, розраховану на поетапну реалізацію, мал.2. В цій схемі зв'язок з сповісвачами систем захисту третього рівня дають можливість контролювати ситуацію на об'єкті по явних ознаках аварій (пожеж, недозволеного втручання та ін.). Зв'язки з другим рівнем забезпечують контроль технічного стану обладнання об'єкту. Зв'язки з пультовими засобами оператора об'єкта забезпечують контроль технологічного процесу. Відповідно, це дає підставу розширити склад споживачів інформації від додаткового контура.

В запропонованій схемі інформація про режим технічного обладнання розрахована на оператора місцевого пульта управління (МПУ), що відповідає за обслуговування цього обладнання. Інформація про



Мал. 2.

технологічний процес доцільно передавати операторові об'єкту (наприклад блоку АЕС на БЩУ). Дані про загальну ситуацію, які отримуються через мережу сповіщувачів (ПС, ССС, ГА, ДП) найбільш доцільно видавати безпосередньо у відповідну аварійно-рятувальну службу.

Великий об'єм обробленої інформації та орієнтація на різних споживачів є обґрунтуванням щодо використання багатомашинних структур з розділеними функціями і розподілом її технічних засобів між усіма вказаними споживачами.

### В третьому розділі

-----

Досліджуються перспективи і методи використання принципів математичного моделювання для контролю реального стану обладнання. Досліджено комплекс теоретичних проблем, що дозволяє зробити обґрунтований висновок про практичну можливість для захисту силових кабелів та маслозаповнених силових трансформаторів, математичним шляхом оцінити реальний стан обладнання без суттєвого збільшення об'єму вимірювань. Обґрунтовано, що основою може бути аналіз теплофізичних та фізико-хімічних процесів, які фактично і визначають надійність експлуатації кабельних мереж.

Показано, що практично для усіх видів обладнання може бути визначено обмежене коло параметрів, які найбільш точно характеризують його технічний стан. Для силових мереж такими параметрами є температура ізоляції та її діелектричні показники.

Для кабелів і іншого обладнання можна скласти систему рівнянь, які описують їх внутрішні процеси.

$$t_c = t_m + \frac{Q}{\alpha \cdot F} \quad (1)$$

$$\Delta Q_n = pr \cdot \Delta H_f \cdot 2\pi \cdot r_n \cdot l \cdot V_p^{1/4} \cdot \xi_n \quad (2)$$

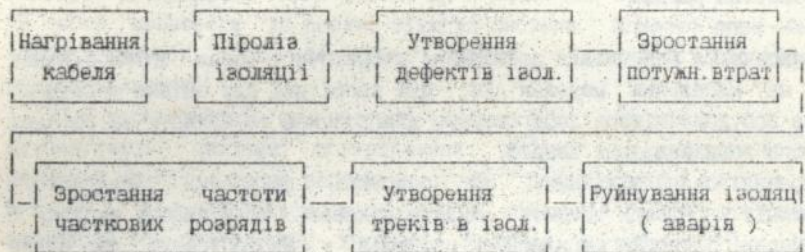
$$t_n = t_1 \cdot \frac{4E}{E_n} \cdot f \cdot t_L \quad (3)$$

Для АЕС також слід враховувати специфіку використання кабелів для роботи в гермовоні, де частина з них зазнає дії іонізуючого випромінювання. Для цієї частини кабельної продукції додатково в систему включаються рівняння, що визначають радіаційно-хімічні процеси

в їх ізоляції і які погіршують експлуатаційні характеристики.

З цих рівнянь визначається алгоритм роботи для контурів моделювання та діагностики стану ( мал.3). Тут необхідно на підставі реальних даних розв'язувати рівняння, що описують вказані вище процеси. Це дозволяє враховувати при експлуатації реальні ресурсні можливості кабелів, прогнозувати ймовірність та очікуваний час аварій і відповідно оптимізувати експлуатаційний режим по об'єктивним можливостям обладнання ( наприклад - показникам надійності ).

В даний час оператор на АЕС не володіє інформацією, достатньою для вибору оптимального режиму експлуатації силового обладнання. Для реалізації такої можливості необхідно організувати додаткові вимірювання характерних параметрів.



Мал.3.

Тому, початковим етапом створення нових систем на експлуатованих об'єктах пропонується використання означених алгоритмів, шляхом їх реалізації на окремому комп'ютері. Якщо при вирішенні рівнянь використовувати реальні дані, що їх вводить оператор, то можна оцінити потенціальні технічні можливості обладнання. Результати таких розрахунків є об'єктивною основою для оптимізації робочих режимів. Таким шляхом можна забезпечити максимальне використання обладнання при збереженні встановлених показників надійності.

Ефективність запропонованих заходів було експериментально перевірено на Рівненській АЕС для розрахунку оптимальних режимів кабелів НГ-1Б, що живить насоси градирні. Створена для цього програма, послідовно реалізує дві стадії розрахунку.

На першій стадії по даних про величину сили струму через кабель

розраховуються поточні теплові режими його елементів. На другому етапі розраховуються та видаються оператору таблиця найбільш вигідних режимів. Далі можна оцінювати відпрацьований ресурс, залишок робочого ресурсу та прогноз стану кабеля в даному режимі його роботи.

Таблиці розрахованих режимів, зібрані в каталоги, використовуються оперативним персоналом для оптимізації електричних режимів кабелів та попередження їх теплового перевантаження і виникнення кризових ситуацій.

Проведені дослідження і експерименти підтвердили, що використання в контурах захисту інформації про теплофізичні та фізико-хімічні процеси, є ефективним засобом підвищення надійності експлуатації силових електромагістралей на АЕС.

#### Четвертий розділ

-----

Приводяться результати досліджень теоретичної бази прогнозування аварій на кабельних мережах АЕС, які необхідні для оцінки технічних вимог на побудову відповідної системи діагностики та захисту на засадах завчасного розпізнавання аварій.

Проаналізовано рівняння, що описують показники надійності експлуатації кабельних потоків. Аналіз показав, що в даному випадку ( силові мережі ) теорія марківських процесів у застосуванні до задач оцінки параметричної надійності, дозволяє прогнозувати відмови в реальному масштабі часу. Але для цього необхідно контролювати параметри, що визначають показники надійності вказаного електрообладнання при його експлуатації.

Було розроблено спеціальні методи, що ґрунтуються на контактних та безконтактних вимірюваннях. Перші використовують додаткові терморезистори. Другі, безконтактні, передбачають контроль теплофізичних і електричних режимів, де джерелами інформації виступають самі контрольовані кабелі.

#### В п'ятому розділі

-----

Описана автоматична система, що розроблена для діагностики стану та захисту силового обладнання АЕС на ранніх стадіях формування аварійних ситуацій.

Перша черга системи забезпечує контроль стану кабелів АЕС по температурі та якості ізоляції, як головному показнику надійності і

ресурсних можливостей їх експлуатації. Система автоматично блокує технічне обладнання при виході його режиму за допустимі межі.

Система захисту реагує на ранні передвісники аварійних ситуацій. Вона реалізована на базі мікропроцесорних засобів та функціонально розподіленої мережі ЕОМ. Надійність її роботи забезпечується спеціальною організацією нижнього рівня - датчиків аварійних і технологічних параметрів, а також апаратури перетворення сигналів та узгодження з цифровими контурами обробки інформації (УСО).

Одночасно з складною математичною обробкою інформації на верхніх рівнях, в системі введено місцеві зворотні зв'язки апаратною логікою на самому нижньому рівні. Завдяки цьому автоматичний захист обладнання забезпечується навіть при відмові ЕОМ усіх рівнів.

Система ґрунтується на багатоконтурній структурі. Функції різних контурів розподілено таким чином, що пошкодження будь-якого з пристроїв не може призвести до повної відмови системи. Можливе лише обмеження певних функцій, при збереженні основної - захисту обладнання при перевантаженнях.

При необхідності ця система може бути розвинута до рівня автоматичної системи попередження вибухо- та пожежонебезпечних ситуацій на АЕС. Такий варіант системи, реалізовано у вигляді діючого макету і демонструється в павільйоні пожежного захисту Національного виставочного центру МВС України. Система містить набір датчиків інформації, апаратуру перетворення та узгодження сигналів з мережою ЕОМ, що з'єднані кабельними мережами з пультовим терміналом чергового персоналу служби забезпечення, блочним щитом управління, пультом пожежної охорони, а також радіоканалом до 30 км з штабною машиною аварійно-рятувальної команди.

#### У висновках

-----

Наведено основні результати дисертації:

1. Досліджено комплексні проблеми підвищення працездатності і надійності систем технічного захисту. Обґрунтована доцільність як першочергової задачі покращити якість діагностики та надійність захисту кабельних мереж АЕС, що найбільш схильні до аварій аж до пожеж.

2. Досліджено і систематизовано процеси, які відбуваються в експлуатованих силових електромережах АЕС. Виявлено характерні показники, що визначають ефективність використання та надійність їх експлуатації.

3. Розроблено методи підвищення надійності експлуатації електромереж АЕС, що ґрунтуються на використанні даних про теплофізичні та фізико-хімічні процеси.

4. Розроблена структура автоматичної системи діагностики стану і захисту кабельних потоків АЕС на засадах прогнозування та завчасного розпізнавання аварійних і кризових ситуацій.

5. Розроблено алгоритми та програми комп'ютерного розрахунку фізико-технічних показників експлуатованих силових кабелів АЕС, що дозволяють враховувати реальний тепловий режим цього обладнання і оптимізувати його експлуатаційне навантаження.

Результати забезпечують можливість отримати максимальну видатність від обладнання при необхідній надійності, важливу в умовах дефіциту матеріальних ресурсів.

Розроблено базове прикладне математичне забезпечення управління апаратурою системи, що забезпечує функціонування пристроїв збору та обробки інформації в базовому контурі діагностики та захисту.

6. Створено діючий макет автоматичної системи діагностики і прогнозування аварійних, вибухо- та пожежонебезпечних ситуацій на АЕС.

По темі дисертації опубліковані наступні роботи:

1. Азаров С.И., Томчай С.П., Токаревский В.В. Калориметрические детекторы и их применение на реакторных установках. - Атомная техника за рубежом, 1992 г., N 11. с. 11-15
2. S.Azarov, V.Tokarevsky, S.Tomchay, A.Prikashchikov. In-core detector and control systems for Power Reactors. Kiev, KINR-93-4., s. 15.
3. Сахно В.И., Закусило О.К., Томчай С.П. Исследование перспектив создания систем технологической защиты оборудования ЭЯУ на ранних стадиях формирования аварийных ситуаций. / Киев, -12с. (Препр./НАН Украины. Институт ядерных исследований., КИЯИ-95-4 ).
4. Томчай С.П. Математические основы прогнозирования состояния кабельных коммуникаций на ЭЯУ. / - Киев, -10с. (Препр. НАН Украины, Ин-т ядерных исслед., КИЯИ -95 -2 ).
5. Сахно В.И., Томчай С.П. Факторный анализ при разработке системы защиты на ядерно-энергетических установках. / - Киев - 10с., - (Препр./НАН Украины, Ин-т ядерных исслед., КИЯИ-95 - 5).
6. Соколова Н.А., Сахно В.И., Сахно Н.В., Томчай С.П. Исследование проблем создания систем раннего прогнозирования аварийных ситуаций на атомных энергетических объектах. В кн. Контроль и управление в

- технических системах. Тез.докл. 3-й междунаро. научно-технич. конференции, г. Винница, 1995 г., Часть 2, с. 559.
7. Сахно В.И., Томчай С.П. Система моделирования и прогнозирования аварийных ситуаций на ЯЭУ. в Кн. Проблемы безопасности ядено-энергетических установок: Тез.докл. IX семинара по проблемам физики реакторов, Москва, 1995 г., Т.1 - М.:ИИФЭИ, 1995. с.90.
  8. Томчай С.П. Исследование состояния проблемы повышения надежности кабельных коммуникаций на АЭС. - (Препр./ НАН Украины. Ин-т. ядери. исследований.; КИЯИ-95-9,).
  9. Томчай С.П., Сахно Н.А. Исследование метода прогнозирования аварий в кабельных коммуникациях АЭС. - (Препр./ НАН Украины. Ин-т. ядери. исследов.; КИЯИ-95-10 ).

Tomchay S.P. " The elaboration of methods for increasing of normal operation of automatic protection system for NPP equipment". Candidate of Technical Sciences. Thesis in this speciality 05.14.14 - Heat and Nuclear Power Plants and Power Facilities ( Heat Part ); Odessa state politechnical university. Odessa 1996.

The work is devoted to the questions of security increasing of nuclear power plants operation. The method of power electroequ- ipment protection on the base of its heatphysical and physic-chemical indexes is elaborated.

The structure of diagnostic automatic system and cabel protection system for NPP has been offered. This system is based on measured heatphysical processes taking place in equipment, on forecasting and earlier recognizing of critical and emergency situations.

Томчай С.П. " Разработка методов повышения работоспособности систем автоматизированной защиты оборудования АЭС". Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.14. - Тепловые и ядерные электростанции и энергоустановки ( тепловая часть ). Одесский государственный политехнический университет. Одесса 1996 .

Работа посвящена вопросам повышения безопасности эксплуатации ядерных энергетических установок. Разработана методика защиты силового электрооборудования АЭС по теплофизическим и физико - химическим показателям их работы.

Предложена структура автоматической системы диагностики и защиты кабельных потоков АЭС, основанная на измерениях теплофизических процессов в оборудовании, прогнозировании и упреждающего распознавания

кризових і аварійних ситуацій.

Томчай С.П. "Розробка методів підвищення працездатності систем автоматизованого захисту обладнання АЕС". Дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук з спеціальності 05.14.14. - Теплові та ядерні електростанції та енергоустановки (теплова частина). Одеський державний політехнічний університет. Одеса 1996.

Роботу присвячено вирішенню питань підвищення безпеки експлуатації ядерних енергетичних установок. Розроблено методи захисту силового електрообладнання АЕС по теплофізичним та фізико-хімічним показникам їх роботи.

Запропоновано структуру автоматичної системи діагностики та захисту кабельних мереж АЕС, що базується на вимірюваннях теплофізичних процесів в обладнанні, прогнозуванні та адекватному розпізнаванню кризових та аварійних ситуацій.

Ключові слова: безпека АЕС, ядерні енергетичні установки, електричне обладнання, теплофізичні показники кабельних мереж, кабельні комунікації АЕС.

ТОМЧАЙ Світлана Павлівна

РОЗРОБКА МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ  
СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОГО ЗАХИСТУ ОБЛАДНАННЯ АЕС.

АВТОРЕФЕРАТ  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

---

Підписано до друку 16.09.96 формат 60x84/16. Друк офсетний.  
1,0 усл.печ.л. Тираж 75 экз. Закаа N 37

---

СКТБ с ЕП Наукового центру "Інститут ядерних досліджень".  
252028, Київ-28, проспект Науки, 47.





441491

AB 35.839