

Имя пользователя:
Баранюк Александр Володимирович

ID проверки:
1011518684

Дата проверки:
09.06.2022 12:31:10 EEST

Тип проверки:
Doc vs Internet + Library

Дата отчета:
09.06.2022 13:34:36 EEST

ID пользователя:
100007114

Название файла: TYa81-Kobrinchuk-tesis-2022

Количество страниц: 19 Количество слов: 2608 Количество символов: 19470 Размер файла: 1.90 MB ID файла: 1011392847

Обнаружены модификации текста (могут влиять на процент совпадений)

11.9% Совпадения

Наибольшее совпадение: 7.63% с Интернет-источником (http://tef.kpi.ua/files/pdf/posoh_konshin_1302346454.pdf)

7.63% Источники из Интернета 1 Страница 21

4.49% Источники из Библиотеки 33 Страница 21

0% Цитат

Исключение цитат выключено

Исключение списка библиографических ссылок выключено

0% Исключений

Нет исключенных источников

Модификации

Обнаружены модификации текста. Подробная информация доступна в онлайн-отчете.

Замененные символы 17

Подозрительное форматирование 3
страницы

3 ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ МАНЕВРУВАННЯ ПОТУЖНОСТІ ВВЕР-1000

3.1 Загальні відомості

Необхідність залучення АЕС в роботу в режимі добового регулювання потужності зумовлена поступовим зростанням частки **відновлювальних джерел енергії в Об'єднаній енергетичній системі України**. Також значну роль відіграють умови для впровадження заходів щодо запобігання змінам клімату та погіршення умов функціонування ОЕС України в умовах зміни економічної ситуації: збільшення потреби в маневреній потужності для забезпечення виконання добового графіку споживання електроенергії.

Розглянемо детальніше режим ДРП, який передбачає проведення розвантаження-навантаження енергоблоку АЕС з ВВЕР-1000 відповідно до чіткого алгоритму, у строгому діапазоні, із швидкістю зміни потужності реакторної установки (встановленою технологічним регламентом безпечної експлуатації). При цьому важливо забезпечити суворий контроль за дотриманням параметрів роботи енергоблоку, згідно з вимогами норм і правил ядерної та радіаційної безпеки.

Можливість безпечної експлуатації ядерного палива та основного обладнання РУ, при збільшеній до 800 (за чотири паливних кампанії) кількості циклів зміни потужності ТВЗА (у діапазоні 100-80-100% **ННОМ**) обґрунтована постачальником ядерного палива.

Електричне навантаження (у діапазоні 75-100% від номінальної) кожні 24 години змінювалося у кожному одиничному циклі випробувань. Графік зміни електричної потужності був таким:

- розвантаження зі 100% до 75% впродовж 1-єї години;
- робота на потужності 75% протягом 7-ми годин;
- підйом до потужності 100% на 2 години;
- робота на потужності 100% упродовж 14-ти годин.

При чому, відповідні зміни теплової потужності РУ відбувалися у діапазоні 80-100% **ННОМ**.

Дотепер на енергоблоці 2 ВП ХАЕС проводиться впровадження режиму ДРП для активної зони, повністю сформованої з ТВЗА. В ході 2-ї ПК у 2006 році, енергоблоку № 2 ВП ХАЕС успішно проведені експериментальні випробування режиму добового регулювання, для двох моментів ПК (на початку ПК - починаючи зі 106 еф. доби та в середині ПК - починаючи зі 175 еф. доби) ,а також проведено дослідну експлуатацію режиму добового регулювання потужності енергоблоку №2 ВП ХАЕС у 10-й паливній кампанії.

За результатами цих випробувань були зафіксовано порушення меж і умов безпечної експлуатації енергоблоку, проте були реалізовані певні заходи і на заключному етапі випробування досягнуто стабільного стану РУ. Таким чином, репрезентована можливість забезпечення в перехідних режимах параметрів активної зони і палива, в межах, що не призводять до розгерметизації палива внаслідок виникнення дефектів оболонки палива.

Проведення маневрування вимагає **зміни потужності ВВЕР-1000 із швидкістю 3-7 %/хв.** В такому випадку переміщення твердих поглиначів (кластерів), що викликає ксенонові коливання, **ПРИВОДИТЬ ДО** періодичного перерозподілу потужності в **об'ємі** активної зони. Результат таких коливань **енергорозподілу** - зниження теплотехнічної надійності активної зони і економічні втрати, в разі великої амплітуди процесу.

Основними проблемами керування поля енерговиділення в режимах маневрування у реакторах ВВЕР-1000 це приглушення ксенонових коливань і контроль аксіального офсету по всій активній зоні .

Наступними у розділі розглянуто конкретні методи вирішення проблеми керуванням поля енерговиділення в АкЗ та описано, у моему розумінні, перспективи вирішення цієї проблеми-сірі кластери.

3.2 Керування поля енерговиділення в активній зоні ВВЕР-1000 при перехідних процесах

3.2.1 Керування групами робочих органів СУЗ в маневреному режимі

Сучасні вимоги до проектних розробок АЕС з ВВЕР-1000 передбачають режими роботи реактора при нормальній експлуатації блока в добовому графіку навантаження і регулювання частоти в енергосистемі. Ці маневрені режими відрізняються від стаціонарного тим, що реактор працює з безперервними ксеноновими перехідними процесами і відповідно вимагає безперервного управління реактивністю та розподілом енерговиділення в активній зоні.

Найбільший досвід розвитку і впровадження маневреності АЕС з PWR (аналог ВВЕР-1000) має Франція. Спосіб управління французьких реакторів в маневреному режимі, так званий алгоритм «мода-Х», заснований на використанні декількох груп робочих органів СУЗ різної ефективності, яка **ВВОДИТЬСЯ** в активну зону і **переміщується** там в незмінному порядку, **встановленому** по зменшенню ефективності груп (менш ефективна група занурюється на більшу глибину).

Головний принцип «моди-Х» полягає в тому, що при введенні групи, що управляє, в різні половини активної зони з'являється **МОЖЛИВІСТЬ** впливу на реактивність і аксіальний офсет (АО) розподілу енерговиділення без залучення борного регулювання, як це схематично показано на рис. 3.1.

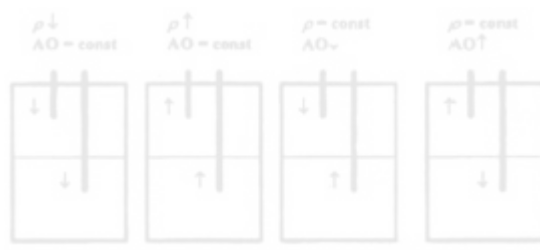


Рисунок 3.1 – Принцип управління реактивністю (ρ) і аксіальним офсетом розподілу енерговиділення за допомогою груп, що управляють

3.2.2 Керування аксіальним розподілом поля енерговиділення в активній зоні ВВЕР-1000 при перехідних процесах

Навіть обмежене розвантаження потужності блоків типу ВВЕР є досить складним завданням. Це пов'язано з тим, що експлуатовані в даний час енергоблоки проектувалися як такі, що несуть базове навантаження. При будь-якому способі управління в активній зоні енергорозподілом реактора основною регульованою величиною є аксіальний офсет, що визначається залежністю:

$$AO = \frac{N_H - N_B}{N_H + N_B} \cdot 100\%$$

де N_B, N_H – потужність верхньої і нижньої частини активної зони відповідно.

Аксіальний офсет визначається за допомогою розрахунку для стаціонарного режиму роботи реактора. Це один з основних критеріїв, при визначенні допустимої потужності реакторної установки і залишкового ресурсу ядерного палива.

Очевидно, що будь-яка зміна параметрів ВВЕР-1000 (потужності, температури, витрати теплоносія, положення органів регулювання системи управління і захисту, концентрації інтегрального поглиначка) може призвести до виникнення ксенонових коливань. Для їх придушення проектом ВВЕР-1000/В – 320 передбачено використання трьох груп органів регулювання СУЗ: робоча група № 10 і групи № 8,9 управління аксіальним офсетом.

Порядок впливу цими групами на розподіл енерговиділення в об'ємі активної зони реактора описаний в технологічному регламенті експлуатації енергоблоків з ВВЕР-1000/В – 320. Проте технологічний регламент, по-перше, не містить рекомендацій, що стосуються способів попереднього

визначення перед початком перехідного процесу оптимального положення груп органів регулювання СУЗ. По-друге, рекомендації не завжди можуть привести до придушення ксенонових коливань.

Всі засоби впливу на аксіальний офсет одночасно впливають і на інші параметри активної зони, наприклад, положення органів регулювання СУЗ впливає на потужність реактора. Тому, для успішного управління аксіальним офсетом необхідно заздалегідь знати, чи є і яке саме положення органів регулювання СУЗ, здатне забезпечити заданий аксіальний офсет при певному фіксованому рівні потужності, і яку реактивність при цьому доведеться компенсувати іншими засобами дії.

Розглянемо основні експлуатаційні параметри ВВЕР–1000, що впливають на аксіальний офсет. Якісні залежності його змін від напряму зміни параметрів наведені в таблиці 3.1. Очевидно, що лише положення груп органів регулювання СУЗ може реально розглядатися як засіб управління аксіальним офсетом.

Таблиця 3.1 - Основні обурюючі дії на аксіальний офсет

Дія	Напрямок	Результат
Зміна теплової потужності реактора	$N \uparrow$	АО \uparrow
	$N \downarrow$	АО \downarrow
Зміна положення k -ї групи органів регулювання СУЗ в верхній частині активної зони	$N_k \uparrow$	АО \downarrow
	$N_k \downarrow$	АО \uparrow
Зміна витрати теплоносія	$G \uparrow$	АО \downarrow
	$G \downarrow$	АО \uparrow
Зміна концентрації борної кислоти в теплоносії першого контуру	$C_B \uparrow$	АО \downarrow
	$C_B \downarrow$	АО \uparrow
Зміна температури теплоносія на вході в активну зону	$T_{ВХ} \uparrow$	АО \downarrow
	$T_{ВХ} \downarrow$	АО \uparrow

3.3 Випробування маневреності ВВЕР-1000 (ХАЕС-2)

Враховуючи результати багатьох досліджень проведених на енергоблоці № 2 ОП ХАЕС, найдоцільнішими з них виявилось дослідження маневреного режиму з використанням ОР і системи борного регулювання без використання центрального ОР СУЗ, а також дослідження з використанням центрального ОР СУЗ у маневровому режимі енергоблоку.

Основні результати дослідження маневреності без використання центрального ОР СУЗ подані у вигляді графіків на рис. 3.2

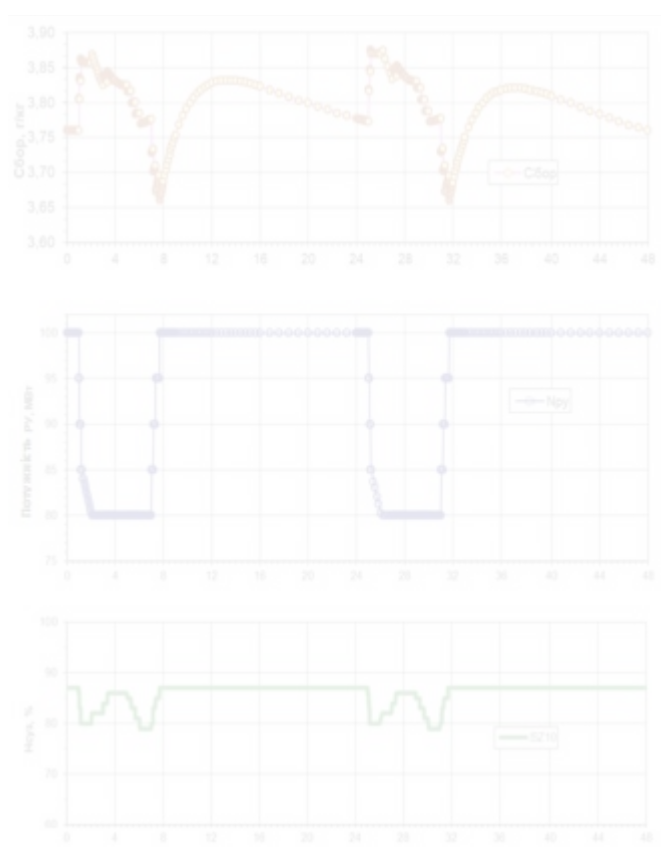


Рисунок 3.2 - Результати дослідження маневреності без використання центрального ОР СУЗ

Також результати дослідження маневреності, у вигляді таких показників, як концентрація борної кислоти в теплоносії, потужність РУ, висота підйому ОР СУЗ з використанням центрального ОР СУЗ зображені на рис.3.3[6-7]

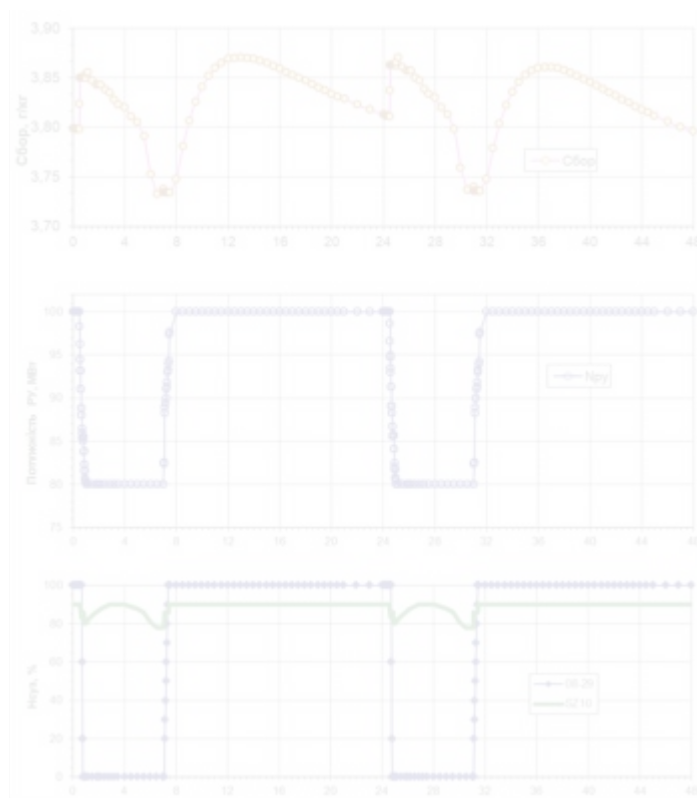


Рисунок 3.3 - Результати дослідження маневреності з використання центрального ОР СУЗ

За результатами цих досліджень, враховуючи всі переваги та недоліки цих двох методів, зокрема безпечнішу експлуатацію та мінімальні коливання аксіального офсету за першим методом, перший етап дослідної експлуатації

режиму ДРП на АЕС здійснювалось саме за методом без центрального ОР СУЗ. Результати наступних досліджень зображені на рис.3.4-рис.3.5

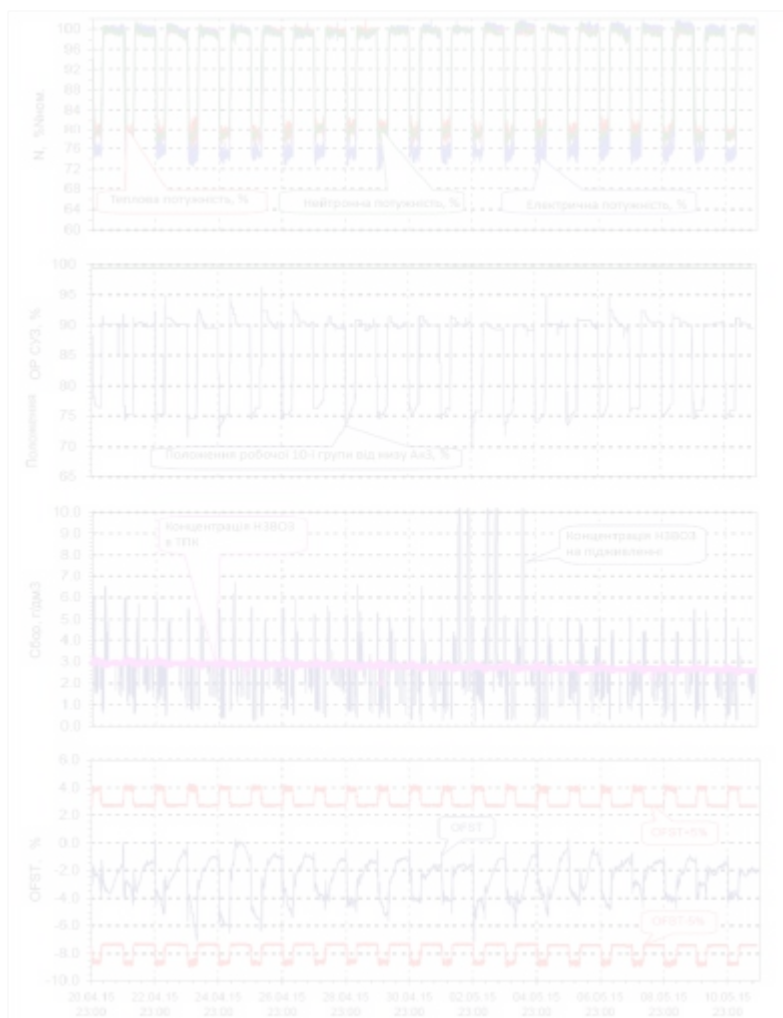


Рисунок 3.4- Зміна основних параметрів управління (%**Nном**, положення ОР СУЗ, Сбор, OFST) при проведенні дослідницької експлуатації режиму ДРП енергоблоку №2 ОП ХАЕС в 10-й п.к.

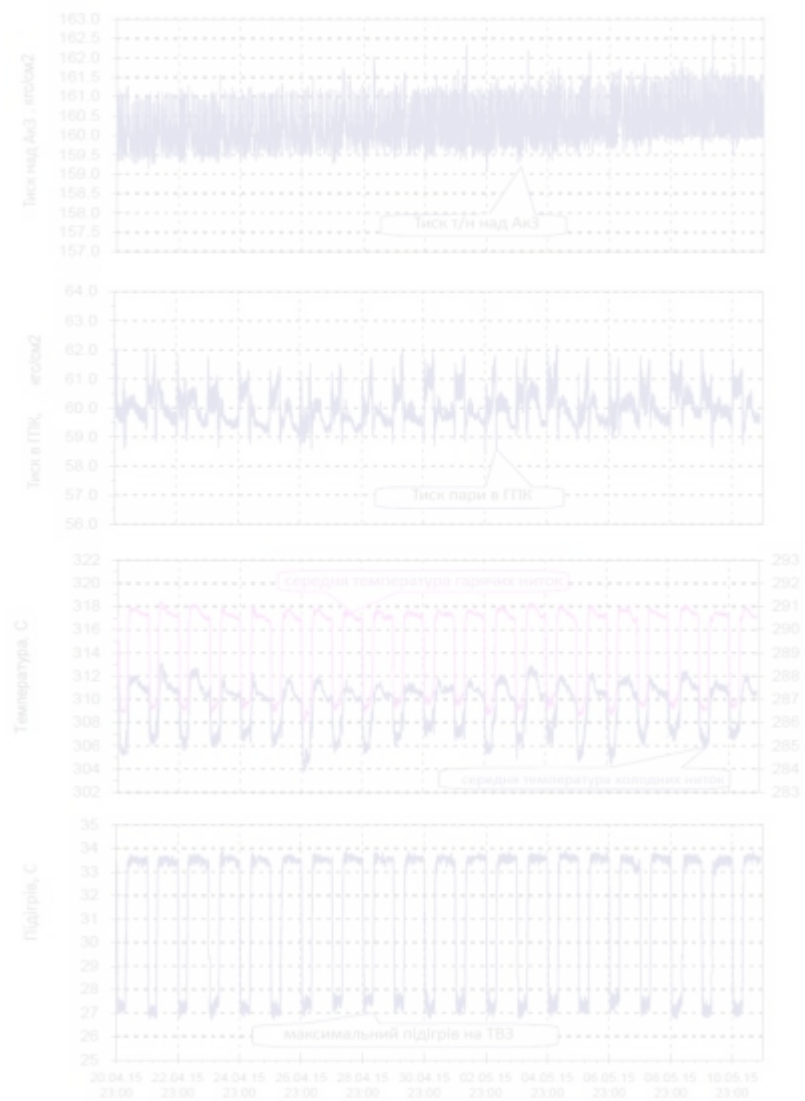


Рисунок 3.5- Зміна основних параметрів управління (тиск над АкЗ, тиск в ГПК, температура, підігрів) при проведенні дослідницької експлуатації режиму ДРП енергоблоку №2 ОП ХАЕС в 10-й п.к.

Під час дослідної експлуатації було зафіксовано порушення меж та умов безпечної експлуатації енергоблоку викликаних причинами, пов'язаними з режимом ДРП, але за результатами порушень були реалізовані певні заходи. В кожному одиничному циклі випробувань, на момент досягнення потужності 100% $N_{ном}$ поточна точка офсет-потужної діаграми знаходилась в межах рекомендованої області.

На заключному етапі випробувань досягнуто стабільного стану РУ, який характеризується роботою реактора на потужності 98-100% $N_{ном}$ протягом 12 годин при виконанні таких умов:

- групи 1-9 вилучені з активної зони;
- має підтримуватись незмінне положення 10-ї групи (з точністю $\pm 2\%$) у межах допустимого діапазону для стаціонарних станів реактора;
- коливання офсету не виводять поточну точку офсет-потужної діаграми за межі рекомендованої області.

Радіаційна обстановка у виробничих приміщеннях енергоблоку не зазнавала змін. У ході дослідницької експлуатації режиму ДРП протягом 10-ї паливної кампанії зафіксовано недоліки та рекомендації, на основі яких рекомендовано реалізувати наступні заходи:

1) Підвищити рівень автоматизації режиму ДРП. Так, незважаючи на те, що АРП під час ДРП був включений в автоматичний режим, його робота мала фактично охоронний характер. АРП працював, якщо персонал не міг (не встигав) зробити корекцію установок за тиском у ГПК та/або вплив на ОР СУЗ. Велика кількість дій оперативного персоналу призводить до підвищеного ризику здійснення помилки.

2) Сигнал ПЗ-2, що виникає під час введення дистилляту, обмежує можливість оптимізації виконання навантаження як в автоматичному, так і в ручному режимах. Алгоритм виникання сигналу ПЗ-2 не враховує ні витрати водообміну, ні швидкість і величину реактивності введення під час підйому групи. Це призводить до накладання обмеження на управління РГ при швидкостях введення позитивної реактивності значно менших, ніж

швидкість, досягнута одним з цих способів при максимальному використанні проектних можливостей.

3) Зниження або підвищення потужності реактора передбачає введення розчину борної кислоти чи дистилляту у перший контур. Оператору для суворого дотримання програми при введенні вище згаданих середовищ необхідно вести відлік секунд, при такому підході не виключається можливість виникнення неточностей у визначенні сумарного часу введення середовища.

4) Для енергоблоків АЕС України, на яких підживлювальні насоси мають щільні ущільнення, при виборі тривалості порцій розчину борної кислоти необхідно брати до уваги, що затримка надходження частини дистилляту буде до 40-50 хвилин. Це зумовлено значною витратою зі щільних ущільнень (до 12 м³/годину на три агрегати). При введенні бору такий ефект також буде, але менший.

5) У порівнянні з базовим режимом, при експлуатації енергоблоку в режимі ДРП у багато разів збільшується кількість дій (часто однотипних) оперативного персоналу на БЩУ, що збільшує ймовірність помилок.

Більшість із зазначених недоліків можна усунути за рахунок відмови від борного регулювання, лише через регулювання за допомогою механічної системи ОР СУЗ, зокрема, проблему виникнення сигналу ПЗ-2, що накладає заборону на введення реактивності двома засобами для запобігання порушення правил ПБЯ.

Тобто, регулювання реактивності під час процесу маневрування доцільно реалізувати або за рахунок борного регулювання, або за допомогою ОР СУЗ. Проаналізувавши певні переваги та недоліки двох методів, доцільнішим, на мою думку, виявився метод регулювання з використанням ОР СУЗ, а саме за допомогою використання сірих кластерів.

Внаслідок відмови від рідинного регулювання виникне проблема збільшення ефективності ОР СУЗ, яку можна вирішити збільшенням глибини занурення ОР СУЗ. Проте таке занурення кластерів збільшує

деформацію поля енерговиділення ,а також буде спричиняти ксенонові коливання. Таким чином, сірі кластери можуть бути кращою альтернативою тому, що вони збільшать ефективність органів регулювання за рахунок глибини занурення, але при цьому не будуть викликати значну деформацію поля енерговиділення і ксенонових коливань.

3.4 Сірі кластери на PWR

На більшості західних АЕС сучасних проєктів для того, щоб управляти потужністю під час маневрів використовують "сірі" кластери (невеликої ефективності). При зміні потужності вони повністю занурюються в активну зону і мінімально деформують нейтронне поле.

При управлінні лише за допомогою кластерів робочої групи СУЗ істотно збільшується навантаження на систему борного регулювання. Воно може бути понижено групою сірих кластерів. Формування таких груп у ВВЕР можливо двома способами: покриттям кластерів відповідним матеріалом або формуванням полегшених груп кластерів шляхом об'єднання в групи меншого числа, ніж при наявній компоновці.

Для мінімального спотворення аксіального енергорозподілу використовуються сірі кластери, які в певній послідовності, по підгрупах вводяться в активну зону. Щоб мінімально використовувати систему борного регулювання бажано, з одного боку, мати високу сумарну ефективність груп сірих кластерів, з іншої — розділити всі ці кластери на велике число підгруп з невисокою ефективністю кожної з них. В цьому випадку, забезпечення заданого маневру потужності, можна добитися майже без залучення системи борного регулювання. Для того, щоб мінімально затінити вигорання палива при добових маневрах потужністю, протягом кампанії необхідно міняти нумерацію підгруп або послідовність їх введення в активну зону. Повне введення підгруп органів СУЗ в активну зону змінює аксіальний офсет в

від'ємну сторону. Для запобігання цього ефекту необхідно дотримуватися певної послідовності введення підгруп сірих кластерів.

Розглянемо схему використання сірих кластерів у реакторах PWR, а саме AP1000. Це американський двоконтурний водо-водяний ядерний реактор розроблений компанією Westinghouse Electric Company.

В якому збірці кластера сірих стрижнів складаються з 24 стрижнів, закріплених на верхньому кінці до загальної втулки або павука. Геометрично вузол кластера сірих стрижнів такий самий, як і блок керування кластером стрижнів. Різниця між ними у тому, що 12 з 24 стрижнів виготовлені з нержавіючої сталі, тоді як решта 12 містять зменшений діаметр срібло-індій-кадмієвий поглинаючий матеріал, покритий нержавіючою сталлю як елемент керування кластером стрижнів. Така збірка кластера сірого стержня зображена на рис. 3.6. [8]

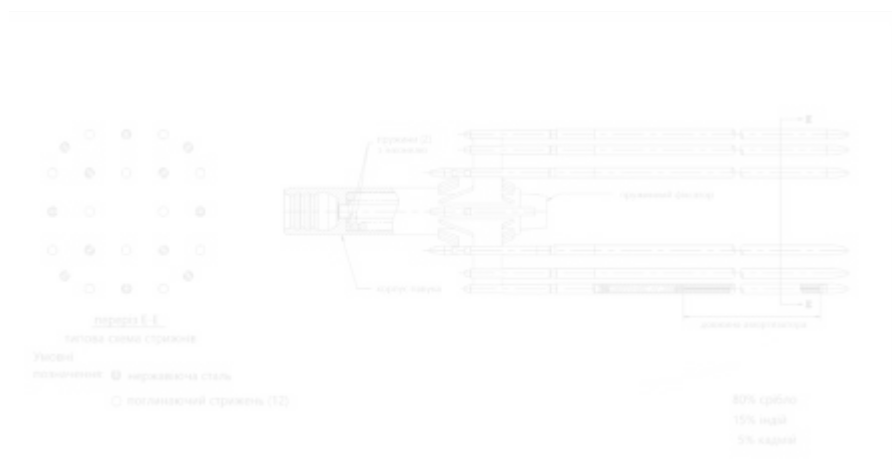


Рисунок 3.6 - Збірка кластера сірого стержня

На AP1000 використовує 53 збірки керування кластером стрижнів і 16 збірок кластерів сірих стрижнів, зображені на рис.3.7[9]

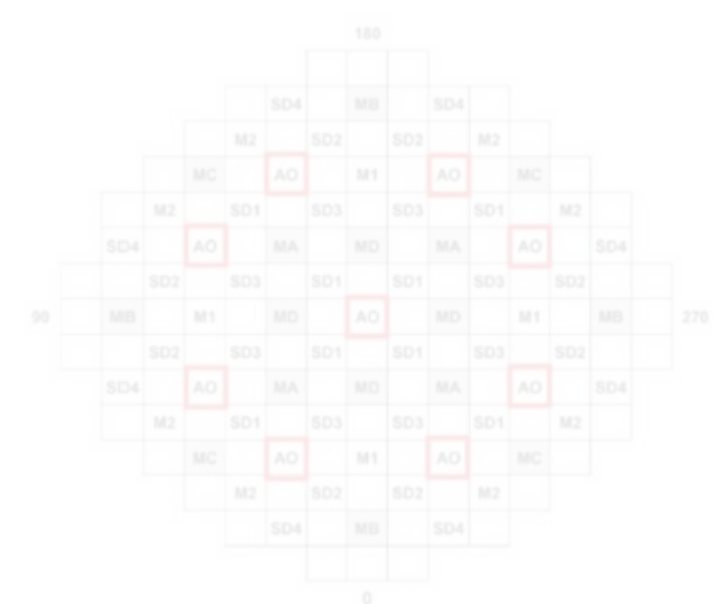


Рисунок 3.7 – Схема розташування збірок на AP1000

3.5 Розрахунок моделі ТВЗ у WIMS з різною кількістю поглинаючих стрижнів

WIMS - загальна програма осередку решітки реактора, яка дозволяє на основі теорії перенесення нейтронів розрахувати потік нейтронів, залежно від енергії та положення в осередку.

Розрахункова схема коду WIMS заснована на теорії перенесення нейтронів і дозволяє розрахувати залежність потоку нейтронів від енергії та положення у ґратах.

Особливістю мого підходу до моделювання ТВЗ ВВЕР за допомогою програми WIMS є конформне перетворення гексагональної форми ТВЗ на колоподібну, що зображено на рис.3.8.

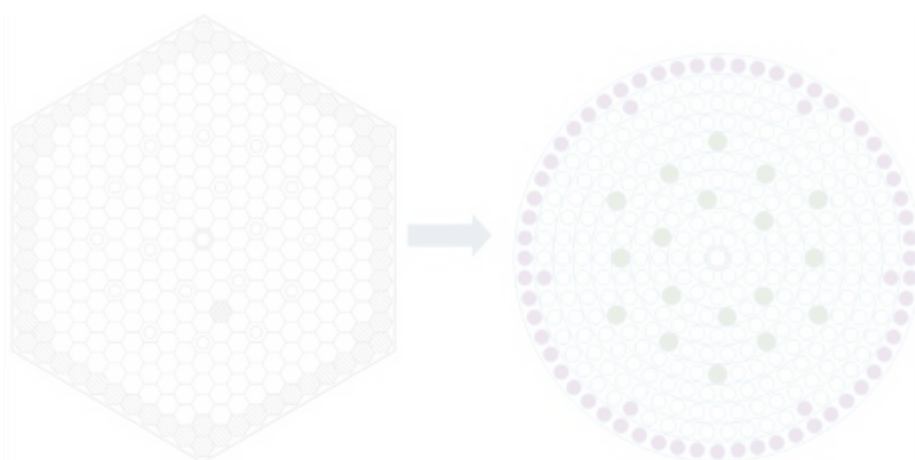


Рисунок 3.8- Розрахункова модель ТВЗ ВВЕР-1000 реалізована у WIMS

У роботі досліджено розрахункову модель ТВЗ, параметри якої наведені у табл.3.2

Таблиця 3.2 – Основні параметри розрахункової моделі ТВЗ

Параметр	Значення
Збагачення палива U235, %	4,4
Кількість ТВЕЛів, шт.	312
Кількість направляючих каналів, шт.	18
Зовнішній діаметр ТВЕЛа, мм	9,1
Зовнішній діаметр направляючих каналів і центральної трубки, мм	13
Внутрішній діаметр направляючих каналів і центральної трубки, мм	11
Крок ТВЕЛів, мм	12,75

За заданими параметрами можна зобразити розрахункову модель ТВЗ з різною кількістю поглинаючих стрижнів (з меншою кількістю поглинаючих

стрижнів – сірі кластери) , яка буде дещо відрізнятись. Такі розрахункові моделі ТВЗ зображені на рис.3.9

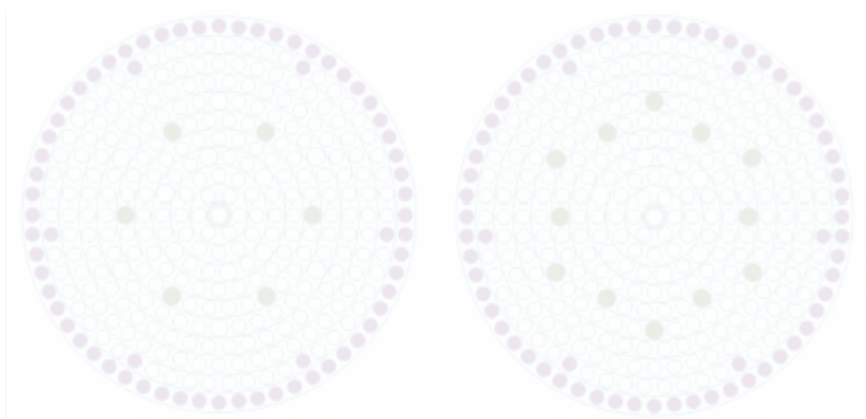


Рисунок 3.9- Модель ТВЗ ВВЕР-1000 у WIMS для шести та дванадцяти поглинаючих стрижнів

Отримані результати розрахунків впливу кількості поглинаючих стрижнів в кластері на K_{∞} зображено на рис.3.10

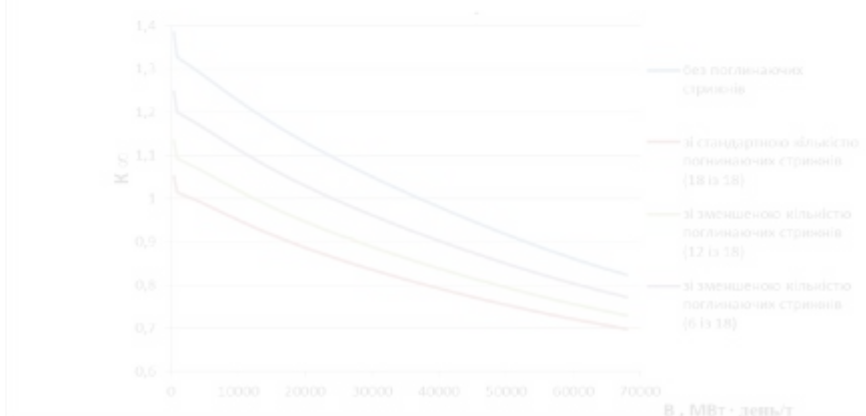


Рисунок 3.10 – Вплив кількості поглинаючих стрижнів в кластері на K_{∞}

Підсумовуючи, в даній роботі наведені розрахунки для двох варіантів сірих кластерів: розрахункова модель ТВЗ з 12-ма або 6-ма поглинаючими стрижнями в кластері.

Виконані розрахунки показують що кількість поглинаючих стрижнів впливає на ефективність кластерів: ефективність кластера із стандартною кількістю поглинаючих стрижнів (ΔK_{∞}) дорівнює 0,35, тоді як із 12-ма поглинаючими стрижнями – 0,25, а із 6-ма поглинаючими стрижнями – 0,15.

Таким чином, доведено взаємозв'язок між кількістю поглинаючими стрижнями та ефективністю кластера.

3.6 Результати дослідження

Об'єднана енергетична система має значну потребу в маневреній потужності, що має тенденцію до збільшення, щоб забезпечувати виконання добового графіку споживання електроенергії. Багато АЕС в Україні проводили або планують проводити дослідження режиму ДРП, щоб вирішити цю проблему. Не винятком став блок №4 РАЕС, який планував найближчим часом розпочати дослідницьку експлуатацію режиму ДРП.

В роботі описано результати досліджень проведених на енергоблоці № 2 ОП ХАЕС, зокрема дослідження маневреного режиму з використанням ОР і системи борного регулювання без використання центрального ОР СУЗ, а також дослідження з використанням центрального ОР СУЗ у маневровому режимі енергоблоку.

Попри значні переваги, дослідження наведені вище показали необхідність оптимізації цього режиму, оскільки регулювання потужності спричиняє значну кількість проблем. Серед недоліків існує основна проблема керування полем енерговиділення в активній зоні ВВЕР-1000 при перехідних процесах. В роботі наведено один із варіантів вирішення цієї проблеми – застосування сірих кластерів. Вони використовуються для мінімального

спотворення аксіального енергорозподілу та в певній послідовності, по підгрупах вводяться в активну зону.

За підсумками роботи ми отримали залежність між кількість поглинаючих стрижнів в кластері і розмножуючими властивостями в ТВЗ у вигляді графіку. Було розглянуто два варіанти реалізації концепції сірого кластеру у розрахунковій моделі: кластер з 6-ма і 12-ма поглинаючими стрижнями.

Совпадения

Источники из Интернета

1

1	http://tef.kpi.ua/files/pdf/posoh_konshin_1302346454.pdf	7.63%
---	---	-------

Источники из Библиотеки

33

2	Студенческая работа	ID файла: 1009615041	Учебное заведение: Lviv Polytechnic National University	1.38%
3	Студенческая работа	ID файла: 1000033277	Учебное заведение: Lviv Polytechnic National University	0.96%
4	TYa41-KukhotskaO-diploma-2018	ID файла: 5984465	Учебное заведение: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute" 2 Источник	0.46%
5	Студенческая работа	ID файла: 1009664197	Учебное заведение: Lviv Polytechnic National University	0.42%
6	Djura_magistr	ID файла: 1000765104	Учебное заведение: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute" 2 Источник	0.35%
7	Студенческая работа	ID файла: 1011196104	Учебное заведение: Zaporizhzhya National University 24 Источник	0.31%
8	Kostyniuk_bachelor_is72+	ID файла: 1008224487	Учебное заведение: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"	0.31%
9	Студенческая работа	ID файла: 1005399365	Учебное заведение: National University of Life and Environment "Ukrainian Catholic University"	0.31%