



УКРАЇНА

(19) UA (11) 54907 (13) U
(51) МПК (2009)
G01T 1/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСУ КИПІННЯ В АКТИВНІЙ ЗОНІ ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА

1

2

(21) u201007066

(22) 07.06.2010

(24) 25.11.2010

(46) 25.11.2010, Бюл.№ 22, 2010 р.

(72) КАЧУР СВІТЛАНА ОЛЕКСАНДРІВНА

(73) СЕВАСТОПОЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ЯДЕРНОЇ ЕНЕРГІЇ ТА ПРОМИС-
ЛОВОСТІ

(57) Спосіб ідентифікації процесу кипіння в активній зоні ядерного реактора, який відрізняється тим, що визначення параметрів об'ємного паровмісту процесу теплообміну проводять по всіх каналах активної зони реактора на основі показань оптичної вимірювально-інформаційної системи, розташованої по периметру камери змішування.

Корисна модель належить до галузі атомної енергетики і може бути використана при розробці систем внутрішньореакторного контролю.

На тепер розглядаються різні варіанти побудови вимірювально-інформаційних систем (ВІС) для визначення профілю тепловиділення [1,2, 3, 4], які дозволяють розширити можливості сучасних систем усередині реакторного контролю. Дослідження проводяться в дослідницькому каналі при безпосередньому спостереженні потоку теплоносія. Подібний контроль процесу теплообміну безпосередньо в активній зоні ядерного реактора неможливий. На сьогодні відсутні системи контролю і методи ідентифікації об'ємного паровмісту по точках поверхні активної зони реактора без спостереження потоку теплоносія всередині технологічного каналу.

Суть винаходу полягає в підвищенні швидкості ідентифікації стану активної зони реактора і поліпшенні якості оцінки стану процесу теплообміну за рахунок аналізу параметра об'ємного паровмісту.

Технічний результат досягається шляхом розробки методу розрахунку за показами ВІС об'ємного паровмісту по всіх каналах активної зони реактора на основі показів оптичної вимірювально-інформаційної системи, розташованої по периметру камери змішування.

Отримання інформації про об'ємний паровміст у технологічних каналах реактора за показами оптичної ВІС поза активною зоною дає спосіб, названий методом найбільш «гарячих» точок (МНГТ). У МНГТ використовується к датчиків і, відповідно, к джерел світла об'єднано у кільцеву волоконно-оптичну структуру, розташовану по

периметру верхньої шахти реактора (камери змішування), тобто кожному датчику або джерелу світла відповідає певний сектор цієї кільцевої структури. Число циклів керування вимірювальною системою рівне трьом. Активна зона реактора розбита на l зон, кожна з яких включає p під зон, що складаються з n міжзонних комірок, що охоплюють m каналів. Точність методу визначається розміром комірки.

Напрями вимірювання датчиків фіксуються під таким кутом, щоб на першому етапі можна було визначити об'ємний паровміст для всіх центрів зон, на другому - для центрів вибраних під зон, на третьому - для центрів вибраних міжзонних комірок, на четвертому - два ортогональні профілі тепловиділення комірки, що дозволяють визначити об'ємний паровміст каналів. Для визначення інформації в конкретних точках (центри комірок) необхідне виконання трьох умов:

- місцезоположення центрів зон, під зон співпадає з комітками;
- не менше двох ліній напряму спостереження перетинається в точці;
- не існує інших точок перетину, окрім указаних.

Вимірювання проводяться в дискретні моменти часу. Пристрій керування виробляє вектор керівних сигналів активізації датчиків (підмикання джерел світла), визначаючи схему вимірювання у даний момент часу. Результатом комп'ютерної обробки відповідно до [2, 3] є інформація по l-у активізованому датчику (напряму спостереження) вимірювальної системи у даний момент часу є: а) об'ємний паровміст z_1 ; б) $d^{(l)}$ - середній діаметр пухирчика пари.

(19) UA (11) 54907 (13) U

Структурна схема розташування датчиків для вимірювання об'ємного паровмісту по 81 каналу активної зони показана на фіг. 1, де:

- 1 - активна зона реактора;
- 2 - технологічний канал (комірка) активної зони реактора;
- 3 - вимірник (датчик) для отримання інформації по центрах під зон;
- 4 - вимірник (датчик) для отримання інформації по центрах зон;
- 5 - напрям від вимірника до джерела світла.

Вимірники 3 і 4 використовуються також для отримання інформації про стан міжзонних комірок.

Для дев'яти зон камери змішування, кожна з яких має чотири під зони з однією між зонною коміркою (тобто маємо 81 точку отримання інформації), необхідно 25 датчиків, що дозволяють за три етапи при 14 вимірюваннях локалізувати порушення теплообміну в активній зоні реактора для побудови профілів тепловиділення, за яким визначається найбільш «гаряча» точка (НГТ).

Для дев'яти зон активної зони структурна схема отримання інформації про об'ємний паровміст $\alpha_i (i = \overline{1;9})$ показана на фіг.2, де: 1÷10 оптичні датчики.

Розподіл об'ємного паровмісту α описується нормальним законом з середнім значення $\bar{\alpha}$ і дисперсією σ_{α}^2 , а розподіл діаметра d пухирця пари описується нормальним законом з середнім діаметром \bar{d} і дисперсією σ_d^2 .

Метод найбільш «гарячих» точок полягає в наступному:

1. Встановлюється крок ітерації $l=1$, визначається початкова схема вимірювань і множина T її точок.

2. Визначається об'ємний паровміст на 1-му кроці ітерації, розв'язуючи систему лінійних алгебраїчних рівнянь такого вигляду

$$\begin{cases} b_{11}\alpha_1 + b_{12}\alpha_2 + \dots + b_{1m}\alpha_m = z_1 \\ b_{21}\alpha_1 + b_{22}\alpha_2 + \dots + b_{2m}\alpha_m = z_2 \\ \vdots \\ b_{l1}\alpha_1 + b_{l2}\alpha_2 + \dots + b_{lm}\alpha_m = z_l \end{cases}$$

де m - загальна кількість даних точок; b_{jl} - коефіцієнт, що приймає значення з множини $\{0;1\}$;

α_i - значення параметра в i -й точці; z_j - вимірювання, відображене j -м датчиком ($j = \overline{1,l}$) по вибраному напрямку.

Розраховується вірогідність p , резонансного захвату за формулою

$$p = \exp\{-1/A\rho_0(1-\alpha)\},$$

де A - константа, залежна від складу палива і його розподілу в решітці;

ρ_0 - початкова густина води, які надалі використовуються при розв'язанні таблиці покриттів.

3. Знаходиться множина $M_{\max(1)}$ найбільш «гарячих» точок (НГТ), для яких об'ємний паров-

міст α_i не потрапляє в діапазон $\bar{\alpha} \pm 3\sigma_{\alpha}$,

$$\sigma_{\alpha} = \frac{(\alpha^{\text{дон}} - \bar{\alpha})}{3} \left[1 + \frac{f_{\text{H}_2\text{O}}}{\ln p(\alpha)} \right]$$

4. Визначається множина M_{\max} НГТ на 1-м кроці ітерації, розв'язуючи таблицю покриттів.

Для схеми вимірювання будується таблиця покриттів, j -й стовпець ($j = \overline{1,m}$) якої відповідає j -й точці на лінії спостереження, останній $(m+1)$ -й стовпець — максимальному значенню параметра d_i (діаметр пухирця пари) в спостережуваних секто-

рах, i -й рядок ($i = \overline{1,l}$) - множині M_i спостережуваних i -м датчиком точок. Останній $(l+1)$ -й рядок відображає вірогідності, розраховані в результаті вимірювань. Елемент b_{ij} таблиці покриттів, що знаходиться на перетині i -го рядка і j -го стовпця, приймає значення з множини $\{0, 1\}$

$$b_{ij} = \begin{cases} 0, \text{ якщо } dij \notin M_i \\ 1, \text{ якщо } dij \in M_i \end{cases}$$

5. Знаходиться множина $M_{\max(2)}$ НГТ, для яких діаметр пухирця пари не потрапляє в діапазон

$$\bar{d} \pm 3\sigma_d, \sigma_d = \frac{\bar{d}}{3} \cdot \frac{(\alpha^{\text{дон}} - \alpha_i)}{\alpha_i} \left[1 + \frac{f_{\text{H}_2\text{O}}}{\ln p(\alpha_i)} \right]$$

6. Для всієї множини НГТ $M_{\max(1)} \cup M_{\max(2)}$ зіставляються одиничні вірогідності pp_i виходу з-під контролю процесу паротворення. Для кожної j -й точки множини $T \setminus M$ за функцією густини розподілу параметра $\bar{\alpha}$ знаходиться вірогідність P_j появи значення α_j , визначається $pp_j = 1 - P_j$. Вірогідностям pp зіставляється колірний аналог від червоного до фіолетового за ступенем зменшення небезпеки. Розраховані величини відображаються на картограмі активної зони реактора.

7. Якщо не всі задані схеми вимірювань проглянуті, то п.2.

8. Якщо $((l < 3) \& (M \neq \emptyset))$, то $l := l+1$, визначається множина схем вимірювань (кількість схем не повинна перевищувати потужність множини M , кожна схема задає множину T точок вимірювання) і повертаються до п.2.

9. Для кожної НГТ з множини M вимірюється два ортогональні профілі паротворення. За максимумами цих профілів визначаємо координати НГТ каналів.

10. Розраховані величини і координати відображаються на картограмі активної зони реактора. Результатом застосування МНГТ є вектор стану реактора, що описує розподіл об'ємного паровмісту каналів активної зони, вектор координат найбільш «гарячих» точок цього розподілу, з урахуванням вектора стадій процесу кипіння в комірках. Це дозволяє: 1) підвищити швидкість отримання інформації про стан активної зони реактора за рахунок урахування імовірнісних характеристик процесу і схем розташування вимірників; 2) підвищити якість оцінки стану процесу теплообміну в активній зоні реактора за рахунок аналізу того, що

не розглядається в сучасних системах усередині реакторного контролю ВВЕР параметра об'ємного паровмісту.

Джерела інформації:

1. Волков С.Д. Применение волоконно-оптических датчиков для определения параметров двухфазного потока/ С.Д. Волков, Б.В. Кебадзе, Б.И. Куликов, Э.А. Болтенко // Методы и средства измерения тепло физических параметров. Сб. науч. трудов ФЭИ- Обнинск, 1996. - С. 220-223.

2. Попов И.А. Оптическая измерительная система технического зрения для измерения истинных характеристик двухфазного потока/И.А.Попов, В.А.Ловягин, Д.М. Сайда, К.Б. Матузаев // Труды Второй Российской национальной конференции по теплообмену. В 8 томах. Т.5. двухфазные течения,

дисперсные потоки и пористые среды- М.Издательство МЭИ. -1998. - С.79-81.

3. Попов И.А. Паросодержание двухфазного адиабатического потока по результатам измерений оптической измерительной системой технического зрения / И.А.Попов, В.А. Ловягин, Д.М. Сайда, К.Б. Матузаев // Труды Второй Российской национальной конференции по теплообмену. В 8 томах. Т.5. двухфазные течения, дисперсные потоки и пористые среды - М.: Издательство МЭИ.- 1998. - С.82-84.

4. Свириденко И.П. Датчики для измерения профиля тепловыделения/И.П. Свириденко, В.В. Горячев, Ю.Н. Покровский/УМетоды и средства измерения тепло физических параметров. Сб. науч. трудов ФЭИ-Обнинск, 1996. - С.89-97.

