

Д.А. СОЛОВЬЕВ, А.А. СЕМЕНОВ

Московский Инженерно-Физический Институт (Государственный Университет)

БЛОК ОПТИМИЗАЦИИ БОРНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ НАКОПЛЕНИЯ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ В ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМАХ ВВЭР-1000

В докладе представлено описание методики минимизации накопления ЖРО во время маневрирования мощностью. Предложен способ создания моделей малой размерности из полномасштабных трехмерных моделей. Для оптимизации используется модель малой размерности и метод динамического программирования. Представлены результаты применения методики к переходным режимам

В настоящее время блоки ВВЭР-1000 работают в стационарном режиме, однако перевод их в маневровый режим работы вполне вероятен.

При решении оптимизационной задачи в первую очередь необходимо определить критерий оптимизации. Технология борного регулирования такова, что введение и выведение борной кислоты осуществляется при помощи разбавления теплоносителя или дистиллятом или концентрированным раствором борной кислоты. Весь избыток жидкости рассматривается как жидкие радиоактивные отходы. Очевидно, что борное регулирование приводит к образованию большого числа отходов, особенно в конце кампании.

Нами рассмотрены различные методы построения алгоритмов оптимизации режимов эксплуатации реакторных установок с ВВЭР-1000. Рассмотрены задача о минимизации накопления жидких радиоактивных отходов при борном регулировании и задача о скорейшем подавлении ксеноновых колебаний.

Для решения этих задач была разработана единая методология. На первом этапе, исходя из физических соображений, выбирались переменные трехмерной детальной программы, которые можно было считать переменными состояния задачи Коши, достаточной для описания интересующей группы переходных процессов.

Например, при решении перечисленных выше задач в качестве переменных состояния принимались концентрации ксенона и иода. В тоже время концентрации эмиттеров запаздывающих нейтронов не считались переменными состояния, поскольку рассматривались только медленные процессы управления.

Оказалось, что если рассматривать только те процессы, которые могут возникнуть при штатном управлении блоком, то возникает только небольшое количество конфигураций переменных состояния. Это позволяет найти линейное преобразование, существенно снижающее размерность пространства состояний, но сохраняющее высокую точность представления всех состояний.

Для построения этого преобразования использовался метод главных компонент.

В дипломной работе показано, что при изменении мощности ВВЭР-1000 от 0 до 100 процентов и всех возможных изменениях положения рабочей группы СУЗ, можно представить нейтронный поток с точностью 1.5 процента при помощи 4 векторов, и представить вектора ксенона-иода с точностью 1.2 процента при использовании 8 базисных векторов.

Эта точность сопоставима с точностью используемой программы физ.расчета для указанного диапазона изменения параметров.

Было рассмотрено несколько способов построения малопараметрической модели. Достаточной точности удалось достичь только с использованием произвольного полиномиального представления взаимосвязи переменных состояния и их производных. Вид этой взаимосвязи строился методом выбора оптимального подмножества базисных функций.

Построенная таким образом модель повышает скорость расчета в 362 раз, а точность позволяет проводить оптимизационные расчеты.

На основе малопараметрической модели и разработанной методики оптимизации были реализован программный комплекс "БОБР". С его помощью были произведены оптимизационные расчеты для 12 компании 1 блока Калининской АЭС по снижению накопления ЖРАО и подавлению ксеноновых колебаний.

Эффект от использования программного комплекса "БОБР":

- можно сократить количество образующихся в результате боромассообмена ЖРАО в 2 раза;
- можно подавлять ксеноновые колебания в их начальной стадии, время подавления снижается в 10 раз.