

Шаг 3.1 Переход 1 выполняется в состояние «NoRod», если температура системы находится в диапазоне 510°C — 520°C.

Шаг 4. Состояние «Rod1» аналогично «Rod2» с поправкой на названия переменных.

Шаг 5. Состояние «Shutdown» (state = 3), реактор находится в заглушенном состоянии.

Модифицированная в ходе доработки система [2] претерпела следующие изменения:

1. Переключение режимов системы полностью зависит от модельного времени. В предыдущей версии модели «время отдыха» стержня было представлено в виде некоей переменной, значение которой увеличивалась на фиксированную величину, при каждом переходе в какое-либо состояние.

2. Реализован переход типа «ветвление» (см. рис. 1), представленный в виде точки, от которой идут 3 перехода в различные состояния. Это обусловлено частичным дублированием условий переходов из состояния «NoRod». При равных возможностях перехода в различные состояния в Stateflow реализован механизм приоритетов [4]. Данные изменения позволили сделать систему более управляемой, структурированной и простой для восприятия.

В ходе исследования модели получены статистические характеристики и параметры: коэффициент загрузки каждого стержня, режимы работы модели, «время отдыха» каждого стержня.

Поведение системы напрямую зависит от «времени отдыха» стержней, например, если установить эту характеристику для первого стержня (50) в несколько раз больше, чем для второго (5), то модель будет функционировать следующим образом (рис. 2). MatLab Stateflow позволяет установить приоритеты выполнения для переходов между состояниями, в данной работе приоритет у первого стержня перед вторым. Более приоритетный стержень 1 работает как основной, а второй используется как резервный. Поэтому пока «отдыхает» основной стержень, второй работает несколько раз подряд.

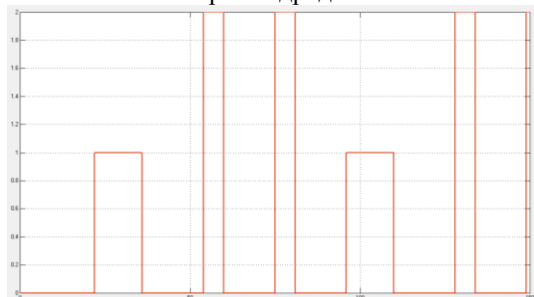


Рис. 2. Режим управления стержнями (основной + резервный)

Если сделать «время отдыха» основного стержня очень малым (5), меньшим, чем время разогрева реактора, то произойдет ситуация, изображенная на рис. 3, в использовании резервного (второго) стержня нет необходимости.

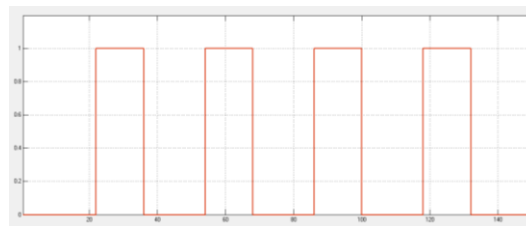


Рис. 3. Режим управления стержнями (основной)

Чтобы реализовать в системе строгое чередование первого и второго состояний, введена переменная rod, указывающая номер следующего режима (рис.4).

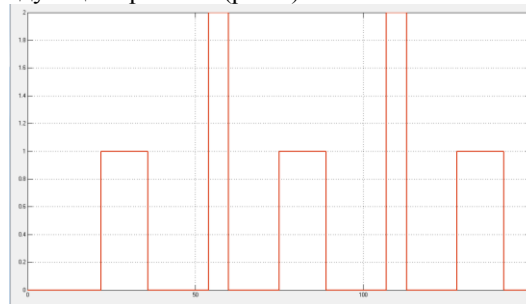


Рис. 4. Работа системы при строгом чередовании

Если исключить переменную rod, то произойдет чередование нулевого состояния и состояния с более высоким приоритетом.

Заключение

В статье дано описание модели управления замедляющими графитовыми стержнями ядерного реактора. Модель разработана в программном комплексе MatLab с использованием графической среды имитационного моделирования Simulink и инструмента численного моделирования систем Stateflow. В работе исследованы основные параметры и характеристики модели, влияющие на функционирование системы.

Список литературы

1. Морозов В. К., Рогачев Н. Г. Моделирование информационных и динамических систем. — М. Издательский центр «Академия», Москва, 2011. — 384с.
2. В.А. Колпакова. Разработка модели управления графитовыми стержнями в атомном реакторе//: Сборник научных трудов III Международной научной конференции «Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине». Ч.1, Томск, Изд-во ТПУ — 2016. С. 143-146.
3. Stateflow. Model and simulate decision logic using state machines and flow. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www.mathworks.com/products/stateflow/>
4. J.J. Katsman, X.N. Apachidi. Algorithm Simulation of Resource Allocation of the Queuing Systems, Based on the Priorities/ International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems (MEACS). (2014) P.1-6.