

УДК 621.039.5

МОДИФИКАЦИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ НЕЙТРОННОЙ МОЩНОСТИ ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА

Будревич Н.В., Пташиц К.П., Чебаевская А.М.

Научные руководители – д.т.н., профессор Кулаков Г. Т., к.э.н., доцент Кравченко В.В.

Основной проблемой при строительстве АЭС является обеспечение безопасности, надежности и экономичности станций, в качестве одного из важнейших мероприятий в решении данной проблемы следует назвать дальнейшее повышение уровня автоматизации и совершенствования систем контроля и управления АЭС.

Целью работы является оптимизация динамической настройки типовой САР регулирования нейтронной мощности реактора и модернизации ее на основе методов структурно-параметрической оптимизации динамических систем.

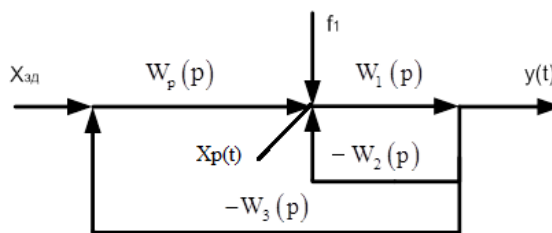


Рисунок 1 – Структурная схема типовой САР нейтронной мощности реактора

Здесь: $y(t)$ – относительное отклонение нейтронной мощности от $x_{зд}$;

$x_{зд}$ – заданное значение регулируемого параметра;

$f_1(t)$ – внутреннее возмущение;

$x_p(t)$ – регулирующее воздействие;

$$W_1(p) = \frac{1}{T_1^2 p + 2T_1 \cdot \xi \cdot p + 1} \text{ – передаточная функция кинетики нейтронов;} \quad (1)$$

$$W_2(p) = \frac{k_2}{T_2 p + 1} \text{ – передаточная функция температурной обратной связи;} \quad (2)$$

$$W_3(p) = e^{-\tau_y p} \text{ – передаточная функция запаздывания главной обратной связи;} \quad (3)$$

W_p – передаточная функция регулятора.

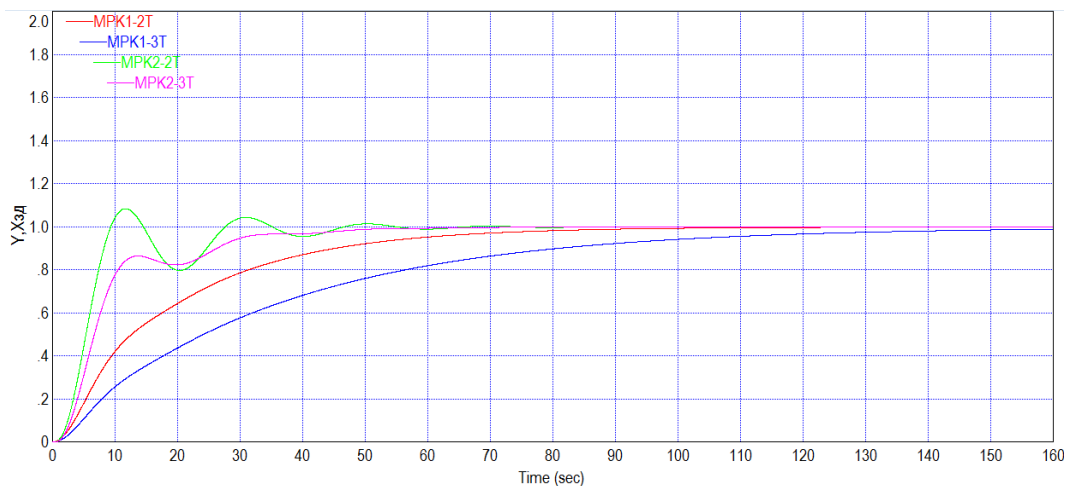


Рисунок 2 – Отработка скачка задания основной САР

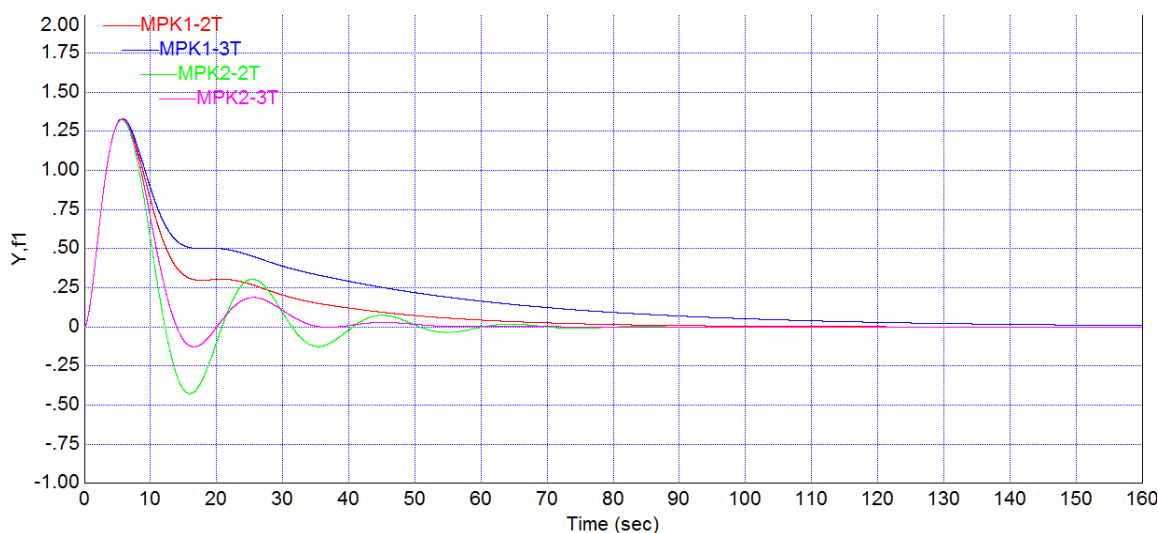


Рисунок 3 – Отработка внутреннего возмущения основной САР

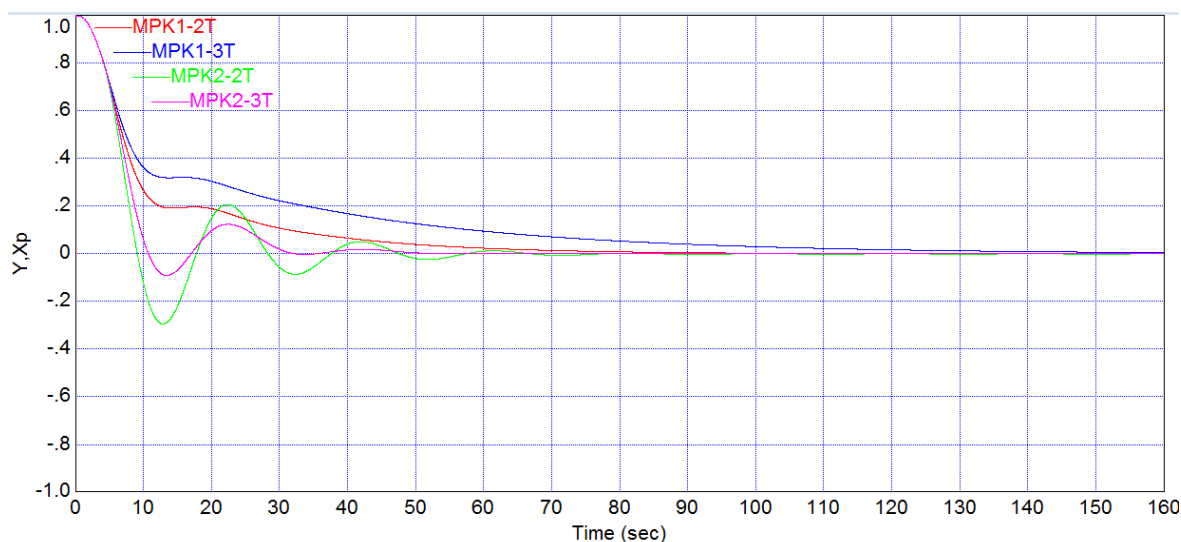


Рисунок 4 – Регулирующее воздействие основной САР

Выводы

- 1) Наилучшим оказался метод МПК-1. Отработка скачка задания происходит без перерегулирования с максимальным временем регулирования 125 с.
- 2) Максимальная динамическая ошибка при отработке внутреннего возмущения составила 1,30.
- 3) Регулирующее воздействие при отработке внутреннего возмущения превышает $\pm 2\%$.

Для ядерного реактора наиболее опасным считается внутреннее возмущение, поэтому для уменьшения максимальной динамической ошибки регулирования при отработке ошибки внутреннего возмущения примем принцип инвариантности, совместно с методом структурно-параметрической оптимизации регулятора. Для чего дополнительно устанавливают датчик измерения внутреннего возмущения f_1 , выход которого подается на вход устройства компенсации, а выход устройства компенсации, с противоположным знаком, подключаем на вход основного регулятора, структура которого соответствует передаточной функции оптимального регулятора.

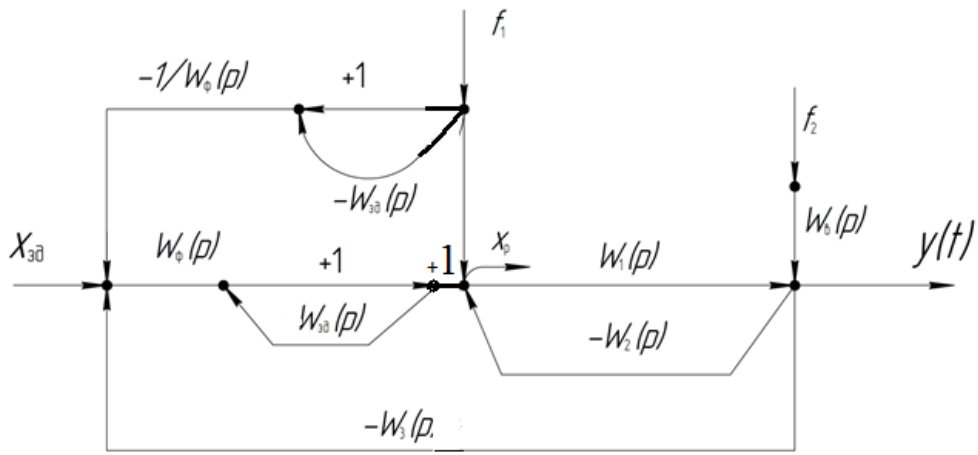


Рисунок 5 – Структурная схема моделирования инвариантной САР нейтронной мощностью ядерного реактора

Передаточную функцию оптимального регулятора представим в виде:

$$W_p^{opt}(p) = W_\Phi(p) \frac{1}{1 - W_{зд}(p)}, \tag{4}$$

где $W_\Phi(p) = \frac{W_{зд}(p)}{W_{экв}(p)}$ – передаточная функция фильтра; (5)

$W_{зд}(p)$ – задание передаточной функции системы при отработке скачка задания.

Передаточная функция эквивалентного объекта с учетом передаточных функций (1), (2) и (3) записывается в виде:

$$W_{экв}(p) = \frac{b_0(T_2 p + 1) e^{-T_y p}}{a_3 p^3 + a_2 p^2 + a_1 p + 1} \tag{6}$$

$$W_{зд}(p) = \frac{e^{-T_y p}}{(T_{зд} p + 1)^2} \tag{7}$$

С учетом (6) и (7) передаточную функцию фильтра запишем в виде:

$$W_\Phi(p) = \frac{(a_3 p^3 + a_2 p^2 + a_1 p + 1)}{(T_{зд} p + 1)^2 b_0 (T_2 p + 1)} \tag{8}$$

Передаточная функция устройства компенсации находится из следующего условия инвариантности:

$$W_{ук}^{f_1}(p) W_p^{opt}(p) = 1, \tag{9}$$

откуда

$$W_{ук}^{f_1}(p) = \frac{1}{W_p^{opt}(p)} = \frac{1}{W_\Phi(p)} (1 - W_{зд}(p)) \tag{10}$$

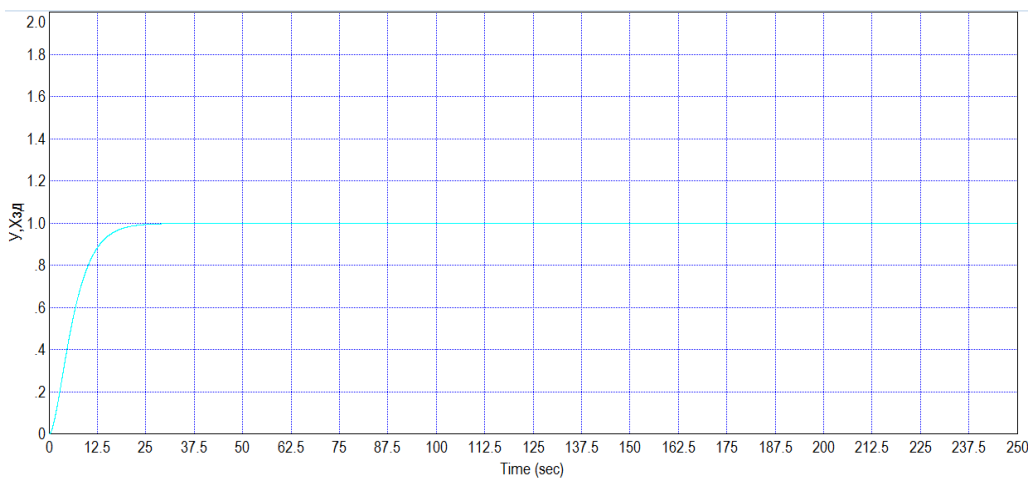


Рисунок 6 – Отработка скачка задания инвариантной САР

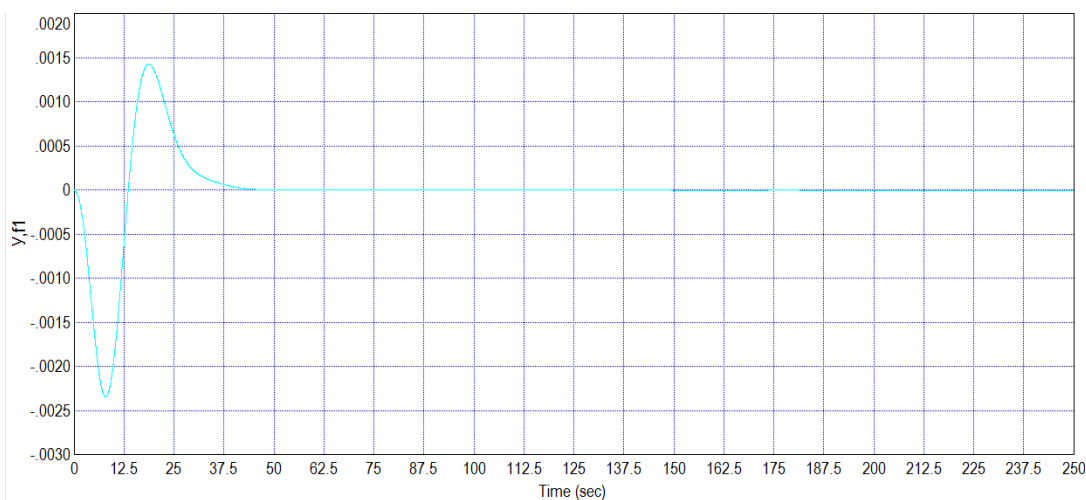


Рисунок 7 – Оработка внутреннего возмущения инвариантной САР

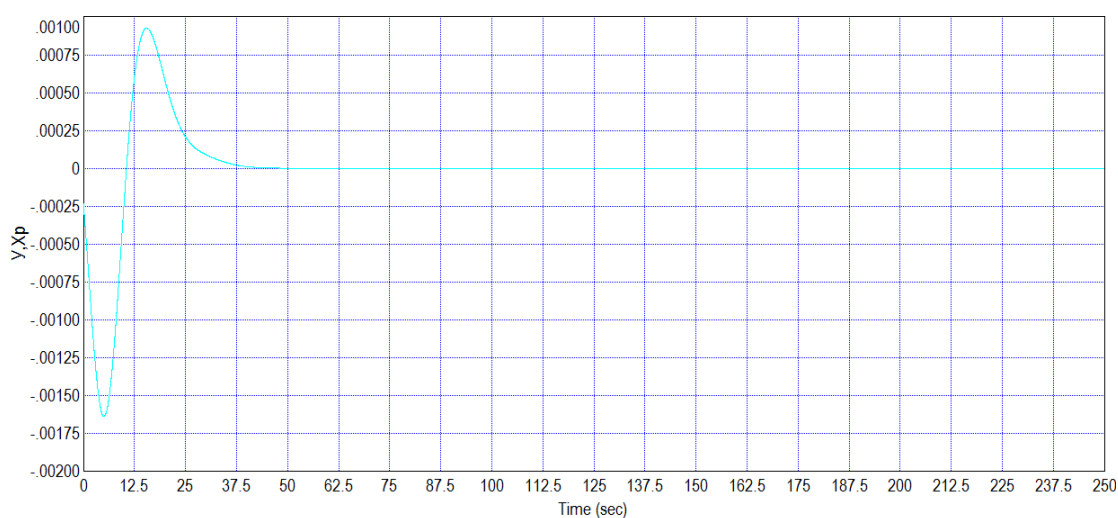


Рисунок 8 – Регулирующее воздействие инвариантной САР

Выводы

Применение методов структурно-параметрической оптимизации САР с использованием принципа инвариантности позволило получить следующие результаты:

- 1) Оработка скачка задания происходит без перерегулирования с наименьшим временем регулирования 20 с, что по сравнению с основной САР меньше в 6,25 раз.
- 2) При отработке внутреннего возмущения наблюдается практически абсолютная инвариантность.
- 3) Регулирующее воздействие при скачке внутреннего возмущения не превышает $\pm 0,2\%$.

Литература

1. Демченко, В.А. Автоматизация и моделирование технологических процессов АЭС и ТЭС / В.А. Демченко. – Одесса: Астроиздат, 2001. – 305 с.
2. Кузьмицкий, И.Ф. Теория автоматического управления: Учебник / И.Ф. Кузьмицкий, Г.Т. Кулаков. – Мн.: БГТУ, 2010. – 574 с.
3. Кулаков, Г.Т. Анализ и синтез систем автоматического регулирования / Г.Т. Кулаков. – Мн.: УП Технопринт, 2003. – 135 с.
4. Кулаков, Г.Т. Инженерные экспресс-методы расчета промышленных систем регулирования / Г.Т. Кулаков. – Мн.: Выш. шк., 1984. – 192 с.