

СИНТЕЗ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПЕРЕГРЕТОГО ПАРА ПРЯМОТОЧНОГО КОТЛА

Кулаков Г.Т., Воюш Н.В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

В практике автоматизация прямооточных котлов регулирование температуры перегретого пара осуществляется двухконтурной САР с дифференцированием промежуточной регулируемой величины (рис. 1, а).

Исходные данные по динамике пароперегревателя котла 67-СП 230/100 приведены в [1]. Передаточная функция опережающего участка объекта относительно регулирующего воздействия:

$$W_{оп}(s) = \frac{k_{оп}}{T_{оп}s+1} = \frac{3,1}{30s+1} \frac{ч \cdot град}{т}, \quad (1)$$

где входная величина – изменение расхода питательной воды на впрыск, т/ч; выходная величина – изменение температуры перегретого пара за местом впрыска, град. Передаточная функция главного участка:

$$W_{гл}(s) = \frac{k_{гл}}{(T_{гл}s+1)(\sigma_{гл}s+1)^2} = \frac{3,2}{(45s+1)(30s+1)^2} \frac{ч \cdot град}{т}, \quad (2)$$

где входная величина – изменение расхода питательной воды на впрыск, т/ч; выходная величина – изменение температуры перегретого пара за котлом, град; численные значения постоянных времени указаны в секундах.

Цель синтеза: модернизировать типовую САР с дифференциатором в каскадную систему, обеспечивающую отработку скачка задания в семь раз быстрее типовой САР без перерегулирования, достижения полной инвариантности относительно наиболее опасного внутреннего возмущения и повышения быстродействия при отработке крайнего внешнего возмущения, а также двукратного уменьшения интеграла от модуля ошибки регулирования.

Схема моделирования переходных процессов такой инвариантной САР приведена на рисунке 1б.

Стабилизирующий ПИ-регулятор (рис. 1б) настраиваем по методике, приведенной в [2]: время интегрирования регулятора полностью компенсирует постоянную времени опережающего участка объекта (1): $T_{инт}=T_{оп}=30с$, а коэффициент передачи $k_p=1/k_{оп}=0,32$. Между выходом корректирующего регулятора (КР) и входом стабилизирующего регулятора (СР) устанавливаем усилитель $k_{оп}=3,1$. В результате чего внутренний контур со СР превращается в единичный усилитель. Это позволяет структуру и настройки КР выбирать только по передаточной функции главного участка объекта по формуле [2]:

$$W_{p2}^{opt}(s) = [W_{гЛ}(s)]^{-1} W_{зд2}^{PC(n=3)} = \frac{(T_{гЛ}s+1)(\sigma_{гЛ}s+1)^2}{k_{гЛ}3T_{зд2}s \left(\frac{T_{зд2}^2}{3}s^2 + T_{зд2}s + 1 \right)}, \quad (3)$$

где $T_{зд2}$ – единственный расчётный параметр КР, численное значение которых рассчитывают по формуле [2]:

$$T_{зд2} = \gamma\sigma_{гЛ} = 0,146\sigma_{гЛ} = 0,146 \cdot 30 = 4,38 \text{ с}. \quad (4)$$

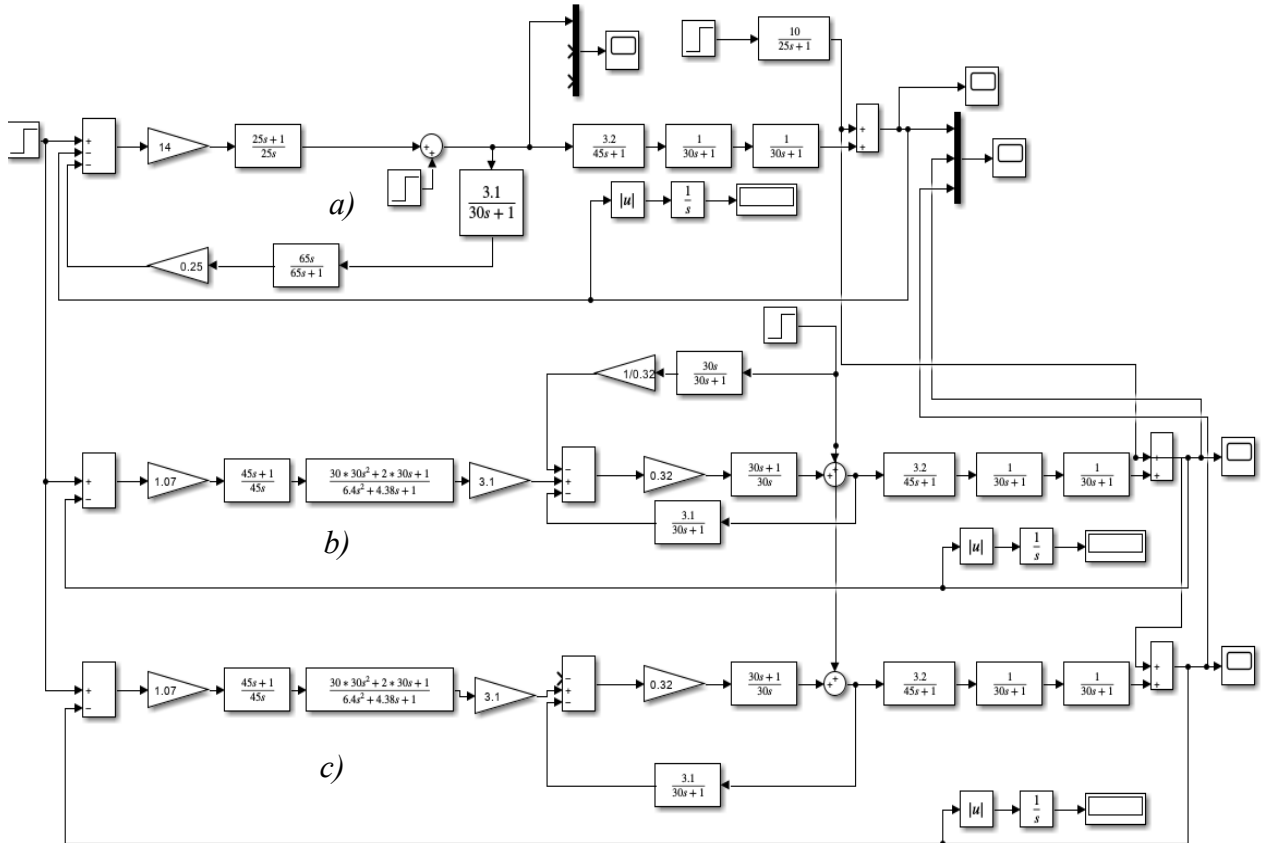


Рисунок 1 – Схема моделирования переходных процессов типовой (а), инвариантной (б) и каскадной САР (с)

Здесь весовой коэффициент γ выбирают из ряда чисел пропорции золотого сечения [2]. При этом с уменьшение численного значения γ повышает быстродействие САР при отработке скачка задания КР. В результате чего передаточная функция КР примет следующий вид:

$$W_{p2}^{opt}(s) = \frac{1,07(45s+1)(30 \cdot 30s^2 + 2 \cdot 30s + 1)}{45s(6,4s^2 + 4,38s + 1)}, \quad (5)$$

Для достижения полной инвариантности относительно наиболее опасного внутреннего возмущения f_1^0 его дополнительно измеряют и падают на вход дифференциатора инвариантности с передаточной функцией [2]:

$$W_{д}^{ИНВ}(s) = \frac{1}{W_{ср}(s)} = \frac{1}{0,32} \cdot \frac{30s}{30s+1}. \quad (6)$$

На рисунке 2 приведены графики переходных процессов сравниваемых САР. Видно, что при отработке скачка задания КР время регулирования уменьшается в 7,5 раза без перерегулирования по

сравнению с типовой САР. При этом степень затухания переходного процесса ТСАР составляет $\psi=0,84$.

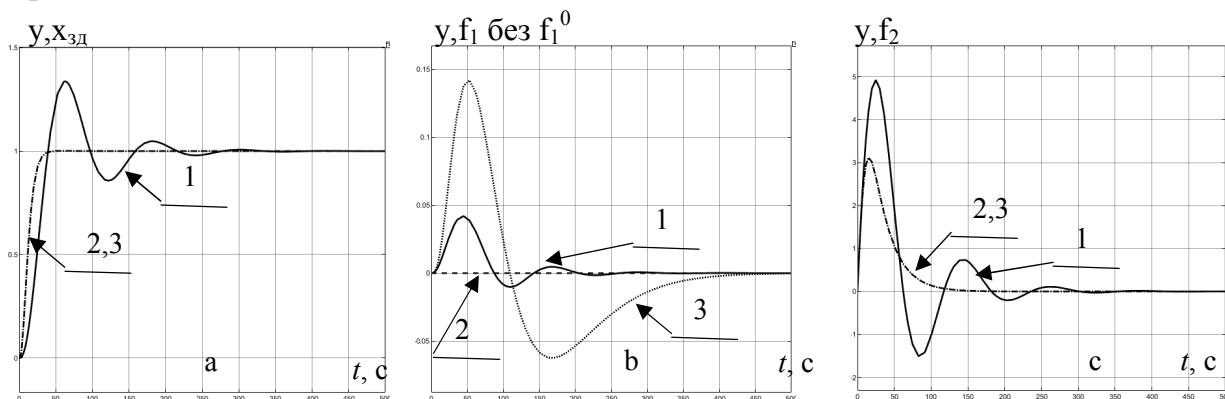


Рисунок 2 – Графики переходных процессов сравнивающих САР при отработке скачка задания (а), внутренних возмущений (б) и внешних возмущений (с)

На рисунке 2б время отработки внутреннего возмущения типовой САР (кривая 1) составляет 200с. Это в два раза меньше, чем у КСАР без дифференциатора инвариантности (кривая 3). При этом инвариантная КСАР обеспечивает полную инвариантность (прямая 2) по отношению к наиболее опасному внутреннему возмущению.

График отработки внешнего возмущения сравниваемых САР приведен на рисунке 2с. Видно, что ИКСАР сокращает время регулирования в 2,5 раза без колебаний. При этом модуль интеграла ошибки регулирования уменьшается в 2,2 раза.

Таким образом цель синтеза высококачественной САР впрыска достигнута.

Выводы:

1. Для повышения качества регулирования типовую САР с дифференциатором заменяем на каскадную САР.
2. Внутренний контур со стабилизирующим регулятором ($T_{ин}=T_{оп}$; $k_p=1/k_{оп}$) превращаем в единичный усилитель.
3. Структуру и параметры динамической настройки корректирующего регулятора выбираем по передаточной функции оптимального регулятора с использованием передаточной функции главного участка объекта.

1. Ротач В.Я. Расчет настройки промышленных систем регулирования / В. Я. Ротач. – М.–Л.: Госэнергоиздат, 1961. – 344 с.

2. Теория автоматического управления теплоэнергетическими процессами: учебное пособие / Г.Т. Кулаков [и др.]; под ред. Г.Т. Кулакова. – Минск: Вышэйшая школа, 2017. – 238с.