

МОДЕРНИЗАЦИЯ РЕГУЛЯТОРОВ ВПРЫСКОВ ПАРОВЫХ КОТЛОВ

Кулаков Г.Т., Воюш Н.В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Автоматические системы регулирования (АСР) температуры перегретого пара (регуляторы впрыска) предназначены для поддержания заданного температурного режима в паровом тракте котлов.

В отечественной практике и СНГ в основном применяют АСР температуры перегретого пара с исчезающим импульсом из промежуточной точки (температура пара за местом впрыска), хотя в зарубежной практике нашли применение каскадные системы автоматического регулирования (КСАР) с корректирующим стабилизирующим регулятором. КСАР в некоторых случаях могут иметь значительные преимущества перед типовыми АСР с исчезающим импульсом из промежуточной точки [1]. В КСАР стабилизирующий регулятор (СР) целесообразно настраивать на оптимальную обработку внутренних возмущений по методу частичной компенсации по передаточной функции опережающего участка пароперегревателя, а параметры динамической настройки корректирующего ПИ-регулятора (КР) рассчитывать на оптимальную обработку внешних возмущений по передаточной функции инерционного участка пароперегревателя, используя метод полной компенсации в частном виде [2]. Так как экспериментально невозможно получить переходную характеристику инерционного участка, то её определяют трудоёмким графическим путём по переходным характеристикам главного и опережающего участков [1]. Кроме того, методика расчётов параметров динамической настройки таких АСР обычно базируются на предположении о возможности расчета настройки АСР внутреннего контура независимо от настройки внешнего контура с КР [3], которая не всегда соблюдается.

Для устранения указанных недостатков предложено типовую каскадную систему автоматического регулирования (ТКСАР) модернизировать в инвариантную каскадную (ИКСАР), структурная схема которой приведена на рис. 1, а графики переходных процессов при основных воздействиях приведены на рис. 2.

Из анализа графиков переходных процессов сравниваемых САР следует, что настройки ТКСАР ($k_{p1}=0,51$ т/ч/°С; $T_{и1}=14,8$ с; $k_{p2}=2,04$; $T_{и2}=131$ с) обеспечивают слабоколебательный переходный процесс при обработке задания со временем регулирования, равным 620 с, (рис. 2,а) что соответствует относительному времени регулирования $t_p/\tau_y=12,5$. При этом время обработки скачка внутреннего возмущения составляет 880 с при максимальной динамической ошибке регулирования 0,053 (рис. 2, в).

Крайнее внешнее возмущение было обработано ТКСАР за 580 с при максимальной динамической ошибке регулирования 7,4 и степени затухания переходного процесса $\Psi=0,9$ (рис. 2, с).

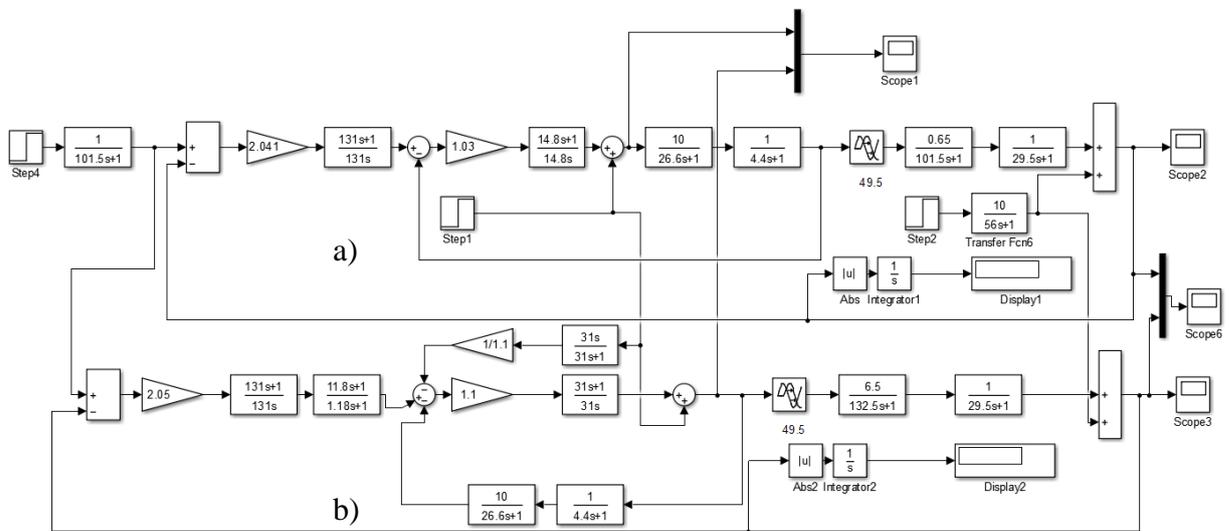


Рис. 1 Структурная схема моделирования переходных процессов ТКСАР (а) и ИКСАР (б)

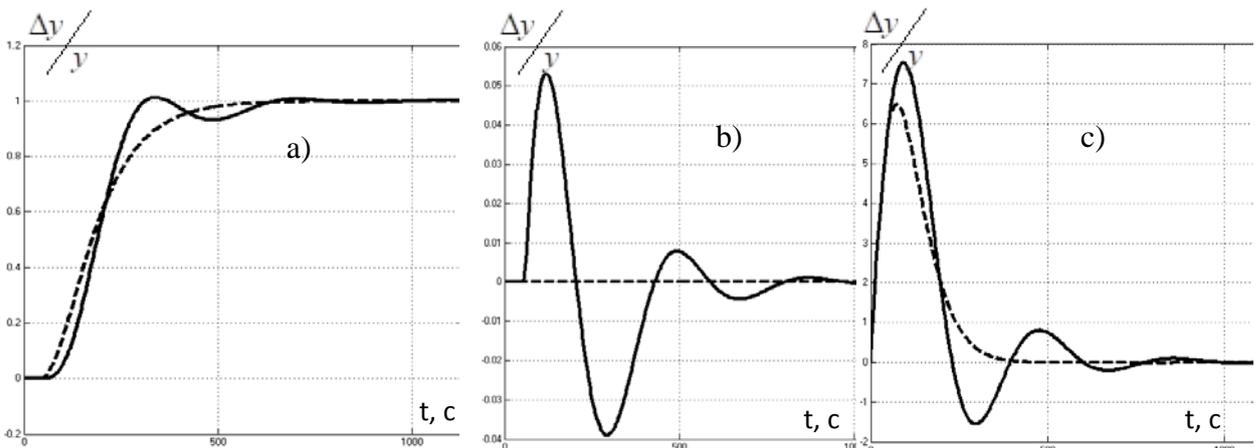


Рис. 2. Графики переходных процессов сравниваемых САР при обработке скачка задания (а), внутреннего возмущения (б) и внешнего возмущения (с): ТКСАР – сплошная линия, ИКСАР – пунктирная линия

Настройки стабилизирующего регулятора ИКСАР (рис. 1, б) рассчитывались по упрощенной передаточной функции опережающего участка с использованием передаточной функции оптимального регулятора с динамической компенсацией ($k_{p1}=1,1$ т/ч/°С; $T_{и1}=31$ с) [2]. При этом измерялось наиболее опасное внутреннее возмущение f_1^0 дополнительным датчиком, входной сигнал которого подавался на вход устройства инвариантности (УИ) этого возмущения, реализованного дифференциатором с передаточной функцией, обратной передаточной функции СР, выход УИ с минусом подавался на вход СР, обеспечивая

полную инвариантность по отношению f_1^0 (рис. 2, в). Между выходом КР и СР устанавливают звено быстрого реагирования, передаточная функция которого обратно пропорциональна общей передаточной функции внутреннего контура со СР при обработке корректирующего воздействия. Это позволяет рассчитывать настройку КР по методу полной компенсации в частном виде на основе упрощенной передаточной функции главного участка в виде инерционного звена первого порядка с условным запаздыванием, а также реализовать настройки КР и звена быстрого реагирования на базе реального ПИД-регулятора. Это позволило повысить быстродействие ИКСАР при обработке задания на 25% (рис. 2, а), сократить модуль площади ошибки регулирования на 37,6%, сократить относительное время регулирования при обработке крайнего внешнего возмущения в 2 раза (рис. 2, с) и добиться полной инвариантности при изменении наиболее опасного внутреннего возмущения f_1^0 (рис. 2, б) по сравнению с ТКСАР.

Выводы:

1. вместо типовой системы автоматического регулирования температуры перегретого пара за котлом с исчезающим импульсом из промежуточной точки целесообразно использовать инвариантную каскадную систему автоматического регулирования (ИКСАР);

2. структуру и настройки СР необходимо определить с использованием передаточной функции оптимального регулятора динамической компенсации по передаточной функции опережающего участка в виде инерционного звена первого порядка;

3. для достижения полной инвариантности по отношению к наиболее опасному внутреннему возмущению f_1^0 устройство инвариантности этого возмущения целесообразно рассматривать в виде дифференциатора, передаточная функция которого обратна передаточной функции СР;

4. реализация КР и звена быстрого реагирования технически осуществляется на базе классического ПИД-регулятора.

1. Клюев, А.С. Настройка системы автоматического регулирования барабанных паровых котлов / А. С. Клюев, А. Т. Лебедев, С. И. Новиков. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 280с.
2. Теория автоматического управления: учебное пособие / Г.Т. Кулаков [и др.]; под ред. Г.Т. Кулакова. – Минск: Вышэйшая школа, 2022. – 197 с.
3. Ротач, В.Я. Расчет настройки промышленных систем регулирования / В.Я. Ротач – Л. М.: Госэнергоиздат, 1961. – 344 с.