

САР ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕПЛООБМЕННИКА

Неупокоева А.Е., Скороспешкин М.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: nastena-yurga@rambler.ru

В процессе работы систем автоматического регулирования (САР) нестационарными объектами необходимо предоставить заданное качество регулирования. Для того чтобы компенсировать нежелательные изменения свойств объекта, обычно изменяют характеристики регулирующего устройства. В большинстве случаев это достигается изменением параметров пропорционально-интегрально-дифференциального регулятора (ПИД-регулятора).

Однако изменение параметров ПИД-регулятора не всегда может обеспечить заданное качество регулирования системы. Также методы подбора нужных параметров ПИД-регулятора довольно сложны и требуют немало времени на подстройку.

Одним из решений проблемы обеспечения заданного качества регулирования системы является способ, основанный на использовании адаптивных корректирующих устройств, включенных последовательно с регулятором. При изменении параметров данных устройств, корректируются динамические свойства САР, и тем самым компенсируется изменение свойств объекта управления.

Различают следующие типы данных устройств:

1. Корректирующее устройство с амплитудным подавлением (АП).
2. Корректирующее устройство с фазовым опережением (ФО).
3. Двухканальное корректирующее устройство с отдельными каналами для амплитуды и фазы (АФ)[3].

В данной работе приводятся результаты исследований САР температуры углеводородного конденсата на выходе из кожухотрубного теплообменника (КТ). САР реализована на основе ПИ-регулятора и последовательного адаптивного псевдолинейного корректирующего устройства с амплитудным подавлением.

В ходе работы системы, параметры регулятора не меняются и соответствуют начальной настройке. В процессе работы САР, в зависимости от изменений параметров объекта управления, меняется постоянная времени T корректирующего устройства. Данное изменение происходит только в тех случаях, когда качество регулирования становится неудовлетворительным. Это позволяет повысить качество переходных процессов, а также обеспечить устойчивость системы.

В данном технологическом процессе изменяется теплообменник с изменяющимся агре-

гатным состоянием вещества. Передаточная функция теплообменника имеет следующий вид:

$$W(s) = \left(\frac{K}{T_1 \cdot s + 1}\right) \left(\frac{1 - b \cdot e^{-\tau s}}{(T_2 \cdot s + 1)(T_3 \cdot s + 1)}\right) \left(\frac{1}{T_4 \cdot s + 1}\right),$$

где K – статический коэффициент передачи теплообменника, T_1, T_2, T_3, T_4 – постоянные времени теплообменника, b – константа, учитывающая конструктивные особенности теплообменника, τ – запаздывание теплообменника.

Постоянная времени T_1 определяет изменение давления пара в межтрубном пространстве; T_2 и T_3 – учитывают изменение теплообменных свойств стенок и жидкости в трубках КТ; T_4 учитывает инерционность выходной камеры для технологического потока. Параметры переменных: $K=9$; $T_1=0.27$; $T_2=25.8$; $T_3=0.94$; $b=0.7$; $\tau=10$; $T_4=1.11$.

САР температуры в КТ должна постоянно поддерживать температуру на уровне 90°C , величина перерегулирования должна быть $<20\%$, а время регулирования $<60\text{c}$. Настройки ПИ-регулятора: $K_{\text{п}}=0,2$; $K_{\text{и}}=0,05$.

В системе Matlab была смоделирована САР температуры углеводородного конденсата на выходе из КТ (Рисунок 1).

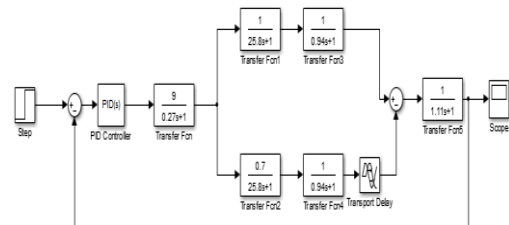


Рис. 1. Реализация САР в пакете Simulink среды Matlab

Внутренние возмущения объекта управления – изменение коэффициента теплопередачи на наружной и внутренней поверхностях трубы, а также удельная теплоемкость стенки трубки теплообменника. Основными внешними возмущениями являются изменения температуры теплоносителя и окружающей среды.

Допустим, что удельная теплоемкости стенки трубки КТ понизилась так, что значение T_2 передаточной функции теплообменника уменьшилось с 25,8 до 17,0 с.

Кривые переходного процесса на ступенчатое задающее воздействие САР приведены на рисунке 2, для случаев, когда значение постоянной времени $T_2=25,8$ с (кривая 1) и $T_2=17$ с (кривая 2).

Проанализировав кривые переходных процессов, можно сказать, что при изменении значе-

ния постоянной времени T_2 с 25,8 до 17,0 с, качество САР не удовлетворяет заданному.

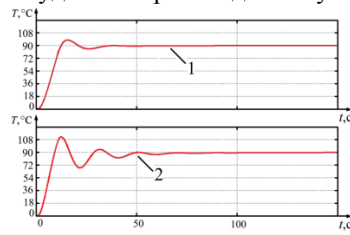


Рис. 2. Графики переходного процесса при различных значениях T_2

Для улучшения качества регулирования температуры углеводородного конденсата в теплообменнике было введено последовательное адаптивное корректирующее устройство с амплитудным подавлением. При изменении параметров объекта управления данное устройство повышает запас устойчивости по амплитуде. Структурная схема САР приведена на рисунке 3. Модель САР с адаптивным корректирующим устройством представлена на рисунке 4.

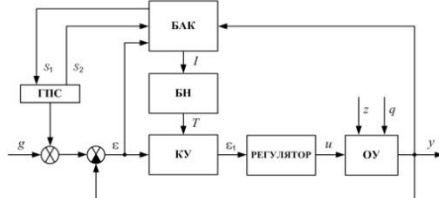


Рис. 3. Структурная схема САР

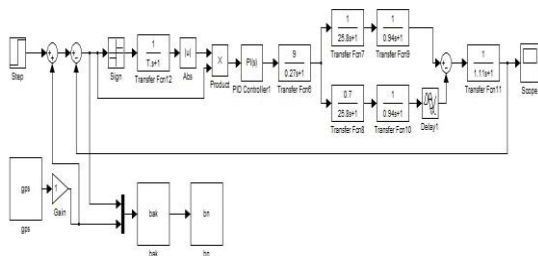


Рис. 4. Реализация САР с адаптивным корректирующим устройством в пакете Simulink среды Matlab

Входе работы САР параметры ПИ-регулятора остаются неизменными, а в зависимости от изменения параметров объекта управления, меняется создаваемый корректором запас устойчивости по амплитуде. Эти изменения происходят только в тех случаях, когда качество регулирования САР не удовлетворяет заданию.

В момент времени t_1 , в систему поступает импульс с генератора пробного сигнала (ГПС). После подачи импульса в блоке анализа качества (БАК) рассчитывается эталонная оценка критерия качества САР и запоминается в качестве эталонной оценки. В момент времени t_2 происходит из-

менение постоянной времени T_2 передаточной функции объекта управления. Далее происходит подсчет текущей оценки критерия качества САР, сравнение с эталонной оценкой, и по результату сравнения принимается решение о подстройке корректирующего устройства.

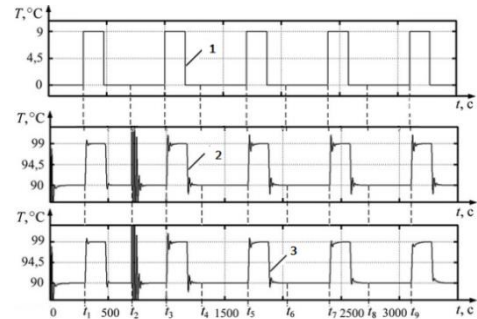


Рис. 5. Графики переходных процессов

На рисунке 4 приведены графики переходных процессов с использованием корректирующего устройства (кривая 3) и только с ПИ-регулятором (кривая 2). Кривая 1 показывает импульсы, поступившие с ГПС. Качество САР с корректирующим устройством значительно лучше, чем без корректора. При изменении постоянной времени T_2 до 3 секунд, качество работы САР с корректором удовлетворяет заданию, в то время как САР без корректора становится неустойчивой.

В результате проведенных исследований была показана эффективность использования САР с ПИ-регулятором и последовательным корректирующим устройством с амплитудным подавлением, для систем с параметрически нестационарными свойствами объекта управления.

Список литературы

- 1 Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования, издание третье, исправленное. – М: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1975–768 с.
- 2 Попов Е.П., Теория линейных систем автоматического регулирования и управления: Учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. – 304 с.
- 3 Нелинейные корректирующие устройства в системах автоматического управления / под ред. Ю.И. Топчеева. – М.: Машиностроение, 1971. – 466 с.: