

УДК 681.521.6

ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ С ПИД-РЕГУЛЯТОРОМ

*Студ. Клыковский И.О., Стурченко П.И., Слюсарев Д.Ю.,
к.т.н., доц. Надёжная Н.Л. к.т.н., ст. преп. Науменко А.М.,
ст. преп. Леонов В.В.*

Витебский государственный технологический университет

Системы регулирования температуры с ПИД-регулятором входят в состав различного технологического оборудования, например, экструдеров, печей, термопластавтоматов, сушильных шкафов. Для осуществления регулирования в соответствии с заданными показателями качества необходимы сведения о динамическом поведении объекта управления, представленные в виде его математической модели, а также расчет параметров настройки регулятора на основе методов теории автоматического управления. Поскольку реальные технологические процессы характеризуются сложными взаимосвязями различных величин, которые зачастую сложно описать аналитически, для проверки режимов работы объектов при настройках регулятора, полученных расчетным путем, а также при наладке установок, в которых применяются терморегуляторы, реализующие пропорционально-интегрально-дифференциальный закон регулирования, нагляднее использовать лабораторные стенды с эмуляторами реального технологического оборудования.

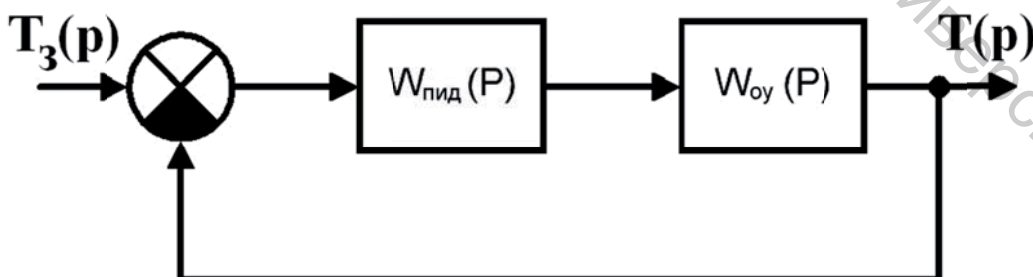
Объектом исследования в данной работе является автоматизированная система, реализованная в виде лабораторного стенда на основе автоматики ОВЕН, структурная схема которой представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Структурная схема лабораторного стенда

В качестве объекта управления используется эмулятор печи ЭП10, в состав которого входит встроенный нагреватель мощностью 10 Вт и датчик температуры (термосопротивление ТСМ 50М), смонтированные на печатной плате, установленной в отдельном корпусе. Также в состав системы входит ПИД-регулятор ТРМ210 с интерфейсом RS-485 для конфигурирования с ПК и программный пакет MasterSCADA.

С точки зрения теории управления лабораторный стенд представляет собой замкнутую систему автоматического управления, состоящую из объекта управления и ПИД-регулятора, структурная схема которой представлена на рисунке 2. Целью настоящей работы является исследование данной системы управления при различных параметрах настройки регулятора и идентификация параметров математической модели объекта управления.



$W_{обь}(p)$ – передаточная функция объекта управления, $W_{пид}(p)$ – передаточная функция ПИД-регулятора, $T_3(p)$ – заданное значение температуры объекта, $T(p)$ – фактическое значение температуры объекта

Рисунок 2 – Структурная схема лабораторного стенда с точки зрения теории управления

Передаточная функция ПИД-регулятора имеет вид:

$$W_{\text{ПИД}}(p) = \frac{1}{X_p} \left(1 + \frac{1}{T_I p} + T_D p \right), \quad (1)$$

где X_p, T_I, T_D – значение пропорциональной, интегральной и дифференциальной составляющих закона регулирования.

Объект управления представим в виде апериодического звена первого порядка с запаздыванием:

$$W_{\text{ОУ}}(p) = \frac{K_{\text{ОУ}} e^{-p\tau}}{T_{\text{ОУ}} p + 1}, \quad (2)$$

где $K_{\text{ОУ}}$ – коэффициент передачи объекта управления, °С/Вт;

$T_{\text{ОУ}}$ – постоянная времени объекта управления, с;

τ – время запаздывания, с.

Для объекта такого типа достаточно использовать ПИ-закон регулирования, поэтому в формуле (1) принимаем $T_D = 0$. Полагая, что $T_{\text{ОУ}} \gg \tau$, временем запаздывания объекта управления можно пренебречь. В этом случае дифференциальное уравнение системы в операторной форме примет вид:

$$[T_I X_p T_{\text{ОУ}} p^2 + (K_{\text{ОУ}} + X_p) T_I p + K_{\text{ОУ}}] T(p) = [(T_I p + 1) K_{\text{ОУ}}] T_3(p). \quad (3)$$

С использованием программного пакета Maple 13 получено решение данного дифференциального уравнения при скачкообразном изменении заданного значения температуры (уставки регулятора) – переходной характеристики системы.

С целью определения параметров объекта управления $K_{\text{ОУ}}$ и $T_{\text{ОУ}}$ проведены экспериментальные исследования работы системы при различных настройках регулятора $X_p = 100; 200; 300$ и $T_I = 3999; 2000; 1000$ и заданном значении температуры 85 °С. Массивы данных, представляющие собой зависимости температуры объекта от времени, экспортировались в систему Matlab, где с использованием пакета CurveFittingToolbox осуществлялась оценка параметров модели объекта по уравнению переходной характеристики системы. Пример полученной экспериментальной зависимости и результатов моделирования представлен на рисунке 3. Результаты оценки параметров объекта управления представлены в таблице 1.



1 – эксперимент; 2 – моделирование

Рисунок 3 – Экспериментальная зависимость температуры объекта от времени при $X_p = 100$,

$T_I = 2000$ и результаты моделирования