

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ТЕРМОСТАТИРОВАНИЯ ОБРАЗЦОВ

Сю Шуйкай, Ю.С. Бордулев

Научный руководитель: Ю.С. Бордулев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: 1522773480@qq.com

DEVELOPMENT OF THE THERMOSTATIC SYSTEM FOR THE SAMPLES

Xu Shuaikai, Yu.S. Bordulev

Scientific Supervisor: Yu.S. Bordulev

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

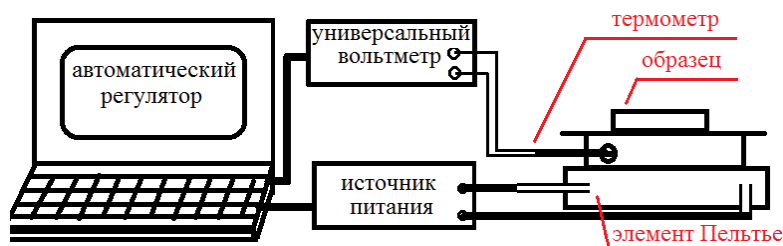
E-mail: 1522773480@qq.com

This paper is devoted to the development of automated temperature control system. Particular attention in this paper is paid to the process of creating an automatic temperature controller. The comparative analysis of different types of automated controllers is described. The block diagram of the PID-regulator executed with the LabVIEW software is represented. The described system is designed and suitable for maintaining the constant temperature in the range of 20-80 °C with an accuracy of 0.002 °C. This system can be used in the electric resistance measurements, as well as in other applications requiring temperature maintenance of the samples.

В настоящее время системы термостатирования (СТ) находят широкое применение как в производственной, так и в научной сфере человеческой деятельности. СТ находят применение в комплексах по измерению электрического сопротивления и позволяют проводить исследования при постоянных значениях температур. Исходя из этого, целью данной работы является разработка СТ образцов для комплекса по измерению электросопротивления металлов и сплавов. Для достижения, поставленной цели необходимо было выполнить следующие задачи:

- сконструировать систему, обеспечивающую контроль и поддержание температуры;
- реализовать и настроить автоматический регулятор температуры.

Структурная схема СТ, реализованная в данной работе показана на рис. 1 [1]. В начале цикла регулирования, пользователь задает значение температуры - T_0 . Реальная температура образца измеряется при помощи термометра сопротивления, соединенного с универсальным вольтметром. Сигнал с вольтметра считывается программой автоматического регулятора и конвертируется в температуру $T(t)$.



Затем, с помощью программы автоматического регулятора, происходит процедура вычисления рассогласования между значением T_0 и значением реальной температуры образца $T(t)$:

$$\Delta T = T_0 - T(t)$$

Рис. 1. Структурная схема системы термостатирования

Далее, вычисляется значение выходного напряжения, подаваемого через источник питания на элемент Пельтье. Элемент Пельтье, воздействуя на образец термостатирования, изменяет значение его

температуры. После этого цикл повторяется [1].

В данной работе применен источник питания, способный выдавать значение напряжения от 0 до 8 В. В качестве исполнительного элемента в данной работе был выбран элемент Пельтье из-за его небольших размеров, отсутствия каких-либо движущихся частей, а также газов и жидкостей. В качестве датчика температуры был использован термометр сопротивления РТ100 в комплексе с универсальным вольтметром, позволяющий производить измерения температуры с погрешностью 0,1 °С.

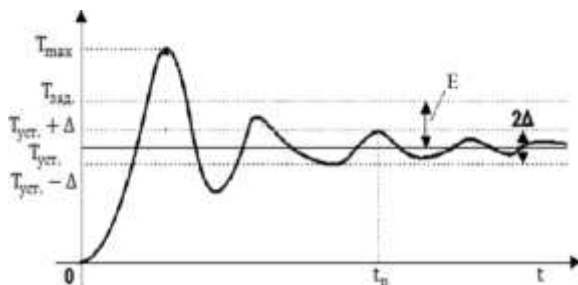


Рис. 2 Определение показателей качества по переходной характеристике.

Среди используемых автоматических регуляторов, наиболее популярными являются: двухпозиционные (2П), пропорциональные (П), пропорционально-интегральные (ПИ) и пропорционально-интегрально-дифференциальные (ПИД) регуляторы. В данной работе были разработаны все 4 типа регуляторов с целью сравнения их рабочих характеристик, таких как: перерегулирование (T_p), ошибка регулирования (E), погрешность колебания (Δ) и время регулирования (t_p) (рис. 2) [2]. Значение T_p можно выразить, как:

$$T_p = \frac{T_{\max} - T_{\text{уст.}}}{T_{\text{уст.}}} 100\%;$$

Принцип работы 2-позиционного регулятора заключен в его названии. Если разность температуры $\Delta T > 0$, на объект регулирования не подается никакого воздействия. В ситуации, если $\Delta T < 0$, то на объект подается воздействие U_0 [2], составляющее значение 7 В.

Алгоритм расчета выходного значения напряжения П-, ПИ- и ПИД- регуляторов можно описать следующей формулой [2]:

$$u[n] = u[n - 1] + a_0 e[n] - a_1 e[n - 1] + a_2 e[n - 2], \quad (1)$$

где u - выходная величина напряжения, выдаваемого регулятором; e - сигнал рассогласования реальной и заданной температуры. Для расчета выходного значения регулятора используются значения u и e из текущего (n) и предыдущих циклов ($n-1$; $n-2$).

Коэффициенты a_0 , a_1 и a_2 могут быть выражены следующими соотношениями:

$$a_0 = K_p \left(1 + \frac{T}{T_i} + \frac{T_d}{T}\right); a_1 = K_p \left(1 + \frac{2T_d}{T}\right); a_2 = K_p \frac{T_d}{T},$$

где K_p - коэффициент пропорциональной части регулятора, T_i - постоянная времени интегрирования, T_d - постоянная времени дифференцирования. Значения T_i , T_d для П-регулятора, а также T_d для ПИ-регулятора равны 0.

Таблица 1. Средние значения показателей регулирования для различных типов автоматических регуляторов

Регулятор	Δ , °С	$ E $, °С	T_p , %	t_p , сек.
2П	± 0.384	0.174	0.954	38.790
П	± 0.235	0.245	1.086	49.50
ПИ	± 0.003	0.003	0.015	89.76
ПИД	± 0.002	0.001	0.028	139.59

Используя формулу (1) в данной работе были реализованы алгоритмы вышеописанных регуляторов с применением программного обеспечения LabVIEW. Настойка регуляторов (определение параметров a_0 , a_1 , a_2) осуществлялась методом, подробно описанным в [3].

С целью выбора оптимального типа регулятора был проведен сравнительный анализ, рабочих характеристик разработанных регуляторов, представленный в таблице 1. Среди приведенных показателей, наиболее важными являются ошибка регулирования E и погрешность колебания Δ . Из таблицы видно, что оптимальные значения этих параметров соответствуют ПИ- и ПИД-регуляторам. ПИД-регулятор имеет самую низкую погрешность колебания. Ошибка регулирования ПИ- и ПИД-регулятора сравнимы и близки к 0. Однако величина перерегулирования T_{Π} и время регулирования t_p ПИ-регулятора несколько меньше значений для ПИД-регулятора. Это является следствием сложности алгоритма ПИД-регулятора (необходимо настраивать три параметра регулирования, вместо двух). Из всего вышеописанного, было принято решение выбора ПИД-регулятора для создания СТ в данной работе.

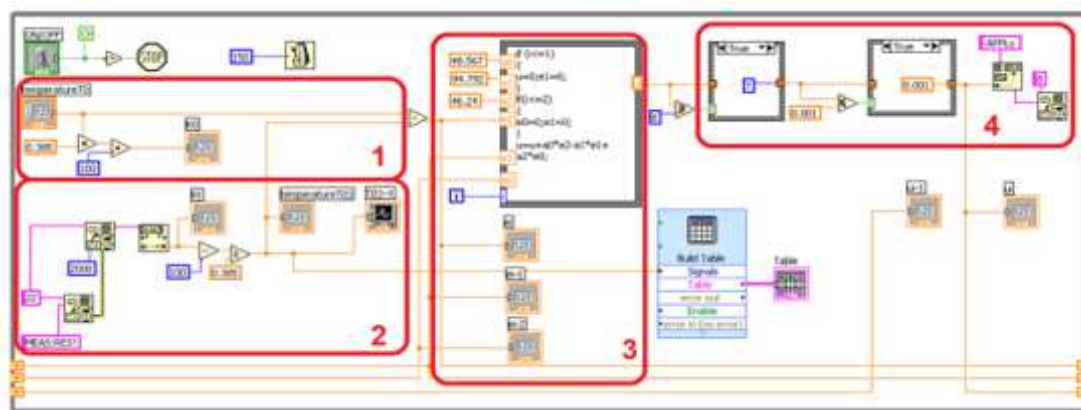


Рис. 3. Блок-диаграмма программы LabVIEW, реализующей работу автоматического регулятора

Блок-диаграмма разработанного ПИД-регулятора состоит из нескольких функциональных модулей (Рис. 3): 1 – определение температуры регулирования; 2 – определение реальной температуры образца; 3 – реализация алгоритма ПИД-регулятора; 4- вывод значения напряжения на источник питания.

В результате данной работы была разработана и реализована система прецизионного термостатирования образцов с применением автоматического ПИД-регулятора. Система позволяет регулировать постоянную температуру образца с погрешностью 0,002 °С. Диапазон регулируемой температуры составляет 20-80 °С. Отклонение значения поддерживаемой температуры от значения заданного пользователем составляет 0.1 °С.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования. – М.: Наука, 1975.
2. Клиначев Н. В. Теория систем автоматического регулирования и управления: Учебно-методический комплекс. - Offline версия. - http://vissim.nm.ru/tau_lec.html, - Челябинск, 2003.
3. Настройка параметров ПИД-регулятора [Электронный ресурс].– Режим доступа: <http://www.contravt.ru/?id=345>, свободный. – Загл. с экрана;
4. Новицкий П.В., Зograf И.А. Оценка погрешностей результатов измерений. – Л.: Энергоатомиздат, 1985.