

Гордеев Алексей Сергеевич

студент

Просоедов Роман Александрович

студент

Кубаевский Алексей Андреевич

магистрант

Абдуллин Вильдан Вильданович

ассистент кафедры

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (НИУ)

г. Челябинск, Челябинская область

ПОДХОД К РЕГУЛИРОВАНИЮ ТЕМПЕРАТУРЫ В КЛИМАТИЧЕСКОЙ КАМЕРЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ARDUINO UNO

Аннотация: в данной статье реализуется система регулирования температуры в климатической камере в среде Simulink. Задействуется подключение микроконтроллера Arduino Uno для реализации корректирующего звена. Авторами производится сравнение полученных результатов с результатами работы системы, полностью смоделированной в среде Simulink.

Ключевые слова: технический оптимум, объект управления, микроконтроллер Arduino Uno, моделирование, среда Simulink, передаточная функция, переходная характеристика.

Регулирование температуры является актуальной технической задачей для широкого ряда отраслей промышленности. В данной статье предлагается решение реализации подобной системы с использованием микроконтроллера Arduino Uno [1]. Полученная система настраивается на технический оптимум, а регулятор системы реализуется на микроконтроллере. Программирование микроконтроллера осуществляется в программной среде Simulink [2]. Связь осуществляется в реальном времени с использованием устройства сбора данных USB-6009 производства National Instruments, Россия.

На рисунке 1 представлена функциональная схема системы регулирования температуры в виртуальной модели климатической камеры:

- USB-6009/A. I. – Аналоговый вход модуля ввода/вывода USB-6009;
- МК – Микроконтроллер;
- ШИМ – Широтно-импульсный модулятор;
- USB-6009/A. O. – Аналоговый выход модуля ввода/вывода USB-6009;
- МОУ – Модель объекта управления.

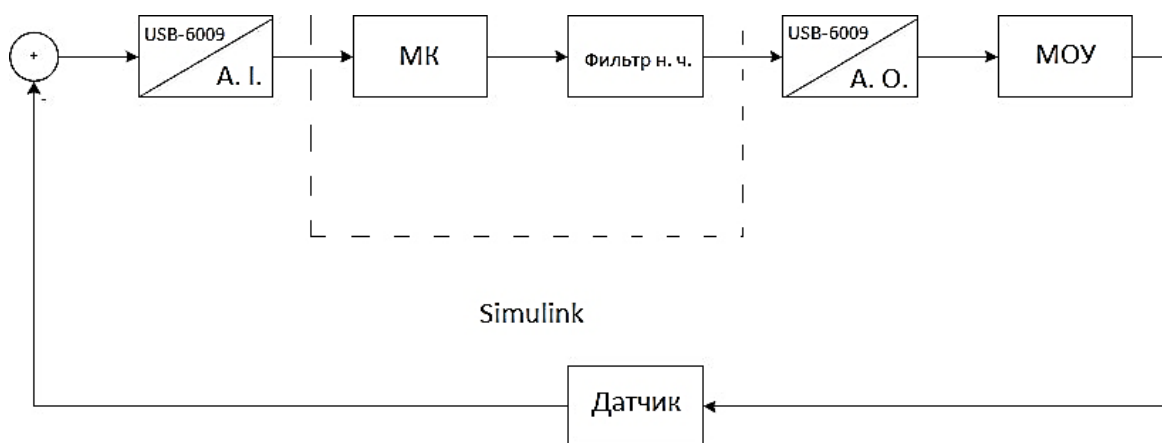


Рис. 1. Функциональная схема системы регулирования температуры в виртуальной модели климатической камеры

Представим нагреватели в климатической камере [4] (объект управления) в виде последовательного соединения двух аperiodических звеньев:

$$W_{об} = \frac{80}{50s + 1} \cdot \frac{1}{250s + 1}, \quad (1)$$

Управление климатической камерой осуществляется по замкнутому циклу с использованием ПД регулятора (рисунок 2).

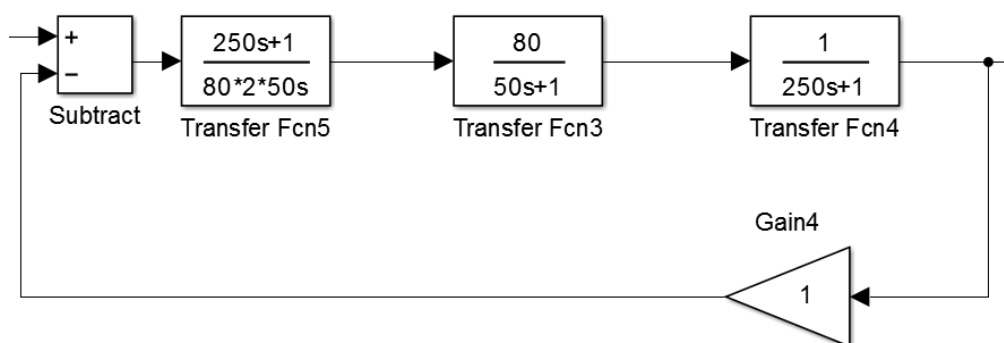


Рис. 2. Структурная схема замкнутой системы температуры в климатической камере

Осуществим настройку системы на технический оптимум [3]. Наименьшая постоянная времени в контуре регулирования $T_{\mu}=50$ с. Желаемый вид разомкнутой передаточной функции для настройки на технический оптимум:

$$W_{\text{раз}}^{\text{жел}} = \frac{1}{2T_{\mu} s(T_{\mu} s + 1)}. \quad (2)$$

Формула (2) представляет собой фильтр Баттерворта 2-го порядка.

Приравняем (1) и (2) с учетом корректирующего звена:

$$W_p \cdot \frac{80}{50s + 1} \cdot \frac{1}{250s + 1} = \frac{1}{2 \cdot 50s(50s + 1)}, \quad (3)$$

откуда

$$W_p = \frac{250s + 1}{8000s} = 0.03125 + \frac{0.000125}{s}. \quad (4)$$

После преобразования (4) к стандартному виду получен ПД-регулятор с коэффициентами: $K_p = 3,125 \cdot 10^{-2}$, $K_d = 1,25 \cdot 10^{-4}$. Осуществим программирование микроконтроллера Arduino Uno с использованием средств среды моделирования Simulink [1] (рисунок 3).

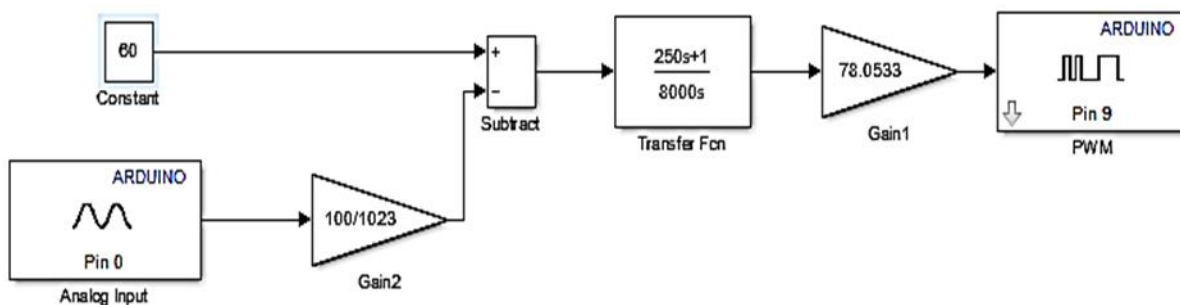


Рис. 3. Модель регулятора, собранная в программной среде Simulink

Для проверки работы микроконтроллера используется аналогичная система, смоделированная в среде Simulink. Схема сравнения систем контроля температуры на базе микроконтроллера Arduino Uno (а) и на базе виртуального регулятора (б) в режиме реального времени представлена на рисунке 4.

Выбранный микроконтроллер не имеет аналоговых выходов, в связи с чем используется выход с ШИМ-сигналом. Подключение нагревательного элемента планируется осуществлять с использованием симисторного силового ключа.

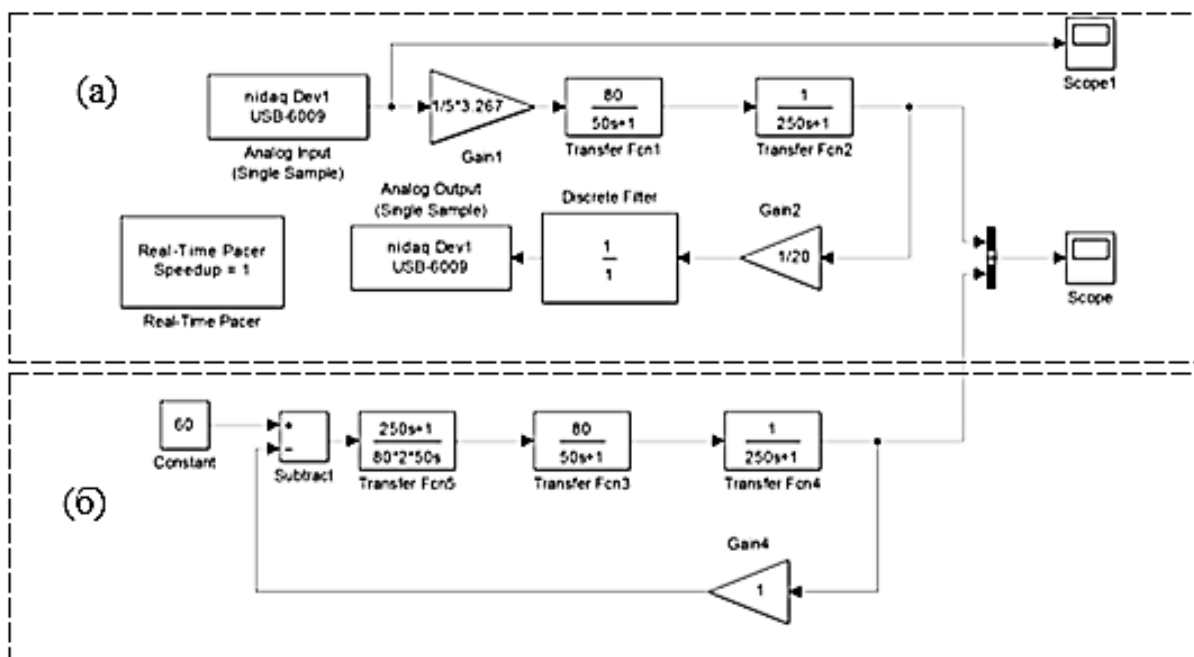


Рис. 4. Реализация системы управления температуры в климатической камере с помощью регуляторов, реализованных на микроконтроллере Arduino Uno и на виртуальной модели регулятора

Полученные результаты представлены на рисунке 5.

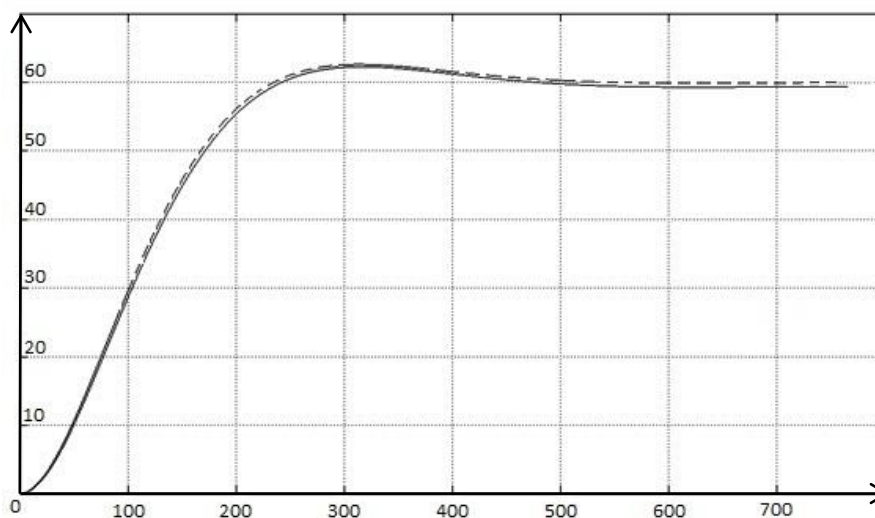


Рис. 5. Переходные характеристики с выхода объекта управления при подаче ступенчатого сигнала равного 60°C .

На рисунке: сплошная линия – результаты имитационного моделирования в среде Simulink, пунктирная линия – результаты проверки полунатурной модели с использованием контроллера Arduino Uno.

Сравнение показателей качества имитационной и полунатурной моделей представлено в таблице 1. Из таблицы видно, что показатели качества системы с реальным микроконтроллером немного хуже, чем показатели системы с виртуальным регулятором. Это связано с применением реальных элементов в системе и физическими процессами в них.

Таблица 1

Сравнение основных критериев качества регулирования

	Система с реальным регулятором	Система с виртуальным регулятором
Время регулирования, с	211,2	207,1
Перерегулирование, %	3,7	4,3
Статическая ошибка, %	1,017	0,033

Данная работа не только позволила улучшить качество регулирования температуры в климатической камере, но и дала необходимые знания и умения для моделирования различных систем управления с помощью микроконтроллера Arduino Uno.

Список литературы

1. Arduino Uno – Structure, functions and variables [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.arduino.cc/en/Reference/HomePage>
2. Simulink help – modeling features [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mathworks.com/help/simulink/index.html>
3. Шнайдер Д.А. Подход к оперативному анализу эффективности тепло-снабжения зданий / Д.А. Шнайдер, В.В. Абдуллин, А.А. Басалаев // Вестник ЮУрГУ. Серия Компьютерные технологии, управление и радиоэлектроника. – 2011. – Выпуск 13. – №2 (219). – С. 70–73.