

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОТОПЛЕНИЕМ «УМНОГО ДОМА»**

С.И. Поляков<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический  
университет имени Г.Ф. Морозова»

В статье рассмотрены вопросы моделирования и управления системами отопления жилого дома. Создан стенд отопительной системы для отработки предлагаемых систем автоматизации. Приведено описание гидравлической, электрической и программной частей стенда. Для управления работой стенда предложен контроллер, реализованный на платформе Arduino. Приводятся результаты экспериментальных исследований.

Ключевые слова: моделирование, отопление, контроллер, реализация стенда, виртуальный объект, температура, разгонная кривая.

## **PRACTICAL IMPLEMENTATION OF THE SMART HOME HEATING MANAGEMENT SYSTEM**

S.I. Polyakov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

The article deals with the issues of modeling and management of residential building heating systems. A heating system stand has been created for testing the proposed automation systems. The description of the hydraulic, electrical and software parts of the stand is given. To control the work of the stand, a controller implemented on the Arduino platform is proposed. The results of experimental studies are presented.

Keywords: simulation, heating, controller, stand implementation, virtual object, temperature, acceleration curve.

Понятие «умный дом» предполагает всестороннее его исследование, моделирование, а впоследствии и разработку систем управления для реализации возложенных на него функций и задач. Известны варианты стендов различных

фирм-производителей, изготавливающих макеты отопительных систем, например, оборудование, производимое фирмой «Учтехпрофи», рисунок 1 [1].



Рисунок 1 – Стенд-макет системы отопления фирмы «Учтехпрофи»

В качестве примера практической реализации описанного выше алгоритма и результата работы виртуального объекта ОС был создан в ВГТУ на кафедре систем управления и информационных технологий в строительстве макет системы отопления в виде стенда. Управление ОС стенда производится в автоматическом режиме. Стенд позволяет также моделировать поведение реального объекта (жилой дом). Стенд позволяет проводить эксперименты с широким спектром настроек САУ и оценить различные режимы её работы, в соответствии с алгоритмом работы. Внешний вид стенда представлен на рисунке 2.

Стенд состоит из основных частей (гидравлической, электрической и программной).

*Гидравлическая часть* стенда представляет собой фрагмент реальной ОС, состоящей из первичного и вторичного контуров. Первичный контур закольцован и включает в себя котел, циркуляционный насос и соединительные трубы. Котел служит для подвода тепла в систему, насос обеспечивает циркуляцию теплоносителя в контуре.

Вторичный контур служит для подвода тепла к отопительным приборам – двум алюминиевым секционным радиаторам. Передача тепла от первичного контура вторичному осуществляется через смесительный узел, состоящий из циркуляционного насоса и разделительного трехходового клапана с

электрическим сервоприводом. Вторичный контур подключен по схеме попутной системы трубопроводов, которая обеспечивает одинаковость гидравлического сопротивления в каждом радиаторе и не требует их регулировки на стенде. Вторичный контур состоит из смесительного узла, приборов отопления (двух радиаторов с термостатическими клапанами, на которые установлены термоэлектрические сервоприводы) и соединительных труб.



Рисунок 2 – Рабочий макет системы отопления

Также в системе отопления на стенде установлены расширительный бак и группа безопасности, состоящая из предохранительного клапана, автоматического воздухоотводчика и манометра.

*Электрическая часть* ОС стенда служит для подачи электроэнергии ко всем электроустройствам. Она включает в себя следующие приборы и компоненты:

- автоматический выключатель ВА47-29 1Р 6А 4,5кА С GENERICA;
- автоматический выключатель ВА47-29 1Р 16А 4,5кА С GENERICA;
- автоматический выключатель дифференциального тока АВДТ32 С25 GENERICA.

*Программная часть* ОС реализована в виде обмена информацией между элементами стенда

Выбор средств автоматизации осуществлялся с учетом экономической эффективности. Таким критерием по функциональным возможностям удовлетворяет предлагаемый контроллер, реализованный на платформе Arduino. Для

разработки программного обеспечения контроллер обеспечивает специальную среду разработки.

Для работы с различными объектами контроллер Arduino представляет собой открытую программируемую аппаратную платформу и конструктивно выполнен в виде простой платы с микроконтроллером. Контроллер Arduino удобен тем, что полностью соответствует современным требованиям экономического, технического и функционального характера [2].

По этим же критериям были выбраны и остальные элементы системы автоматизации:

- одноплатный компьютер – Raspberry pi 1 model B;
- 7-дюймовый сенсорный емкостный экран для Raspberry Pi;
- Тип Arduino–Nano;
- G3MB-202P твердотельное реле (модуль);
- SDR-05VDC-SL-C модуль реле;
- SSR-10DA твердотельное реле.

Контроллер является основным устройством управления клапанами и насосами, кроме того, он собирает данные о температуре и давлении в ОС стенда. Основные алгоритмы регулирования параметров ОС заложены в программном коде Arduino. Настройка и мониторинг системы осуществляется посредством сенсорного экрана, подключенного к одноплатному компьютеру, который является интерфейсом для сервера. На сервере в базе данных хранится информация о текущих параметрах системы, а также входные, настраиваемые пользователем, параметры системы. Контроллер также подключен к серверу через порт Ethernet для обмена данными в системе [3].

Для реализации программной части необходимо разработать, выбрать язык программирования контроллера на верхнем и нижнем уровнях и реализовать программный код.

Программа работы контроллера реализует алгоритм управления отопительной системой на языке программирования общего назначения C/C++. Язык C/C++ позволяет использовать функции библиотеки AVR Libc. Наличие для этого контроллера большого количества библиотек в открытом доступе значительно упрощают процесс программирования.

Для котроллера Arduino Nano максимальный размер программы составляет 32 Кбайт. Размер программы-загрузчика 2 Кбайт [4].

В процессе разработки программы САУ были проведены все предусмотренные типовым регламентом этапы:

- Разработка алгоритмов;
- Создание блок-схем;
- Перевод алгоритмов и блок-схем в программный код;
- Исправление ошибок и отладка отдельных частей программы;
- Компоновка программы в единое целое;
- Тестирование программы, в том числе и с применением реального об- рудования.

На нижнем уровне разрабатывались программы типа «лестничных диаграмм».

Основные экспериментальные результаты исследований отражены на ри- сунке 3.

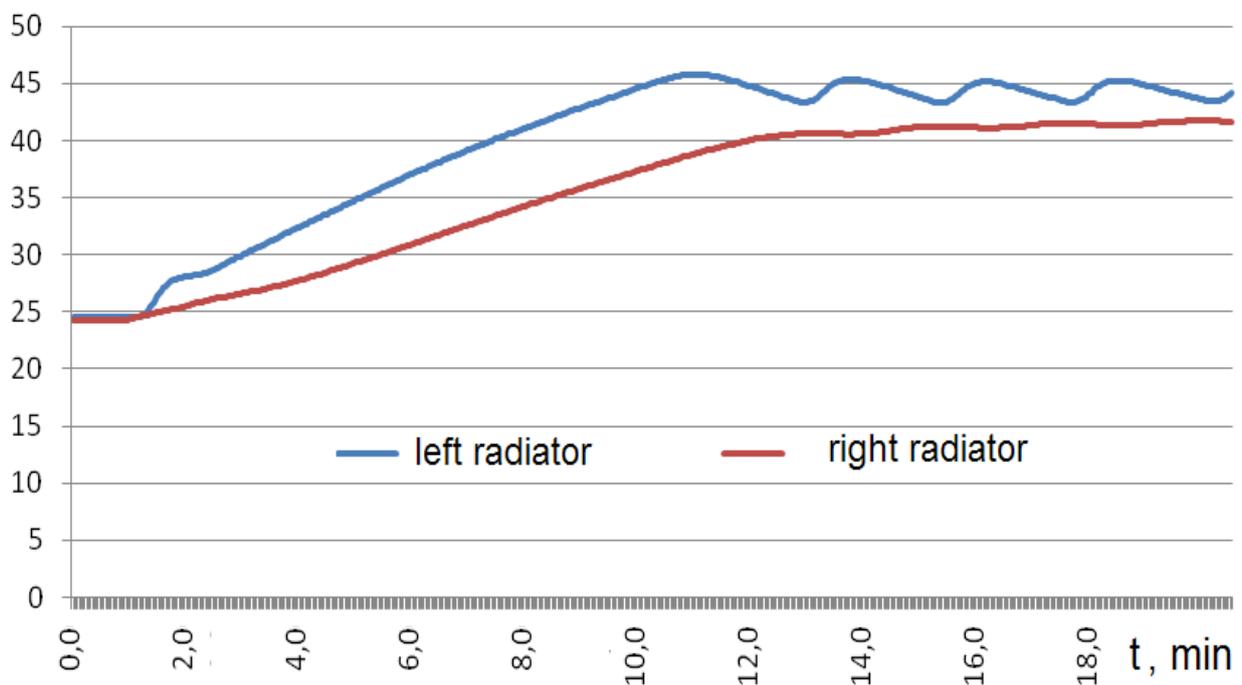


Рисунок 3 – Разгонные кривые САУ по температуре

Эти результаты качественно совпадают с проведенным моделированием по модели виртуального объекта и подтверждают необходимость исследования перекрестного влияния физических параметров на качество системы управления «Умным домом». Анализ этих исследований и особенности работы затрагивает вопросы каскадного управления отопительной системой [5].

#### Список литературы

1. Поляков, С.И. Моделирование системы управления отоплением «умного» жилого дома / С.И. Поляков, В.И. Акимов, А.В. Полуказаков // Моделирование систем и процессов. – 2020. – Т. 13, № 1. – С. 68-76.

2. Сазонова, С.А. Особенности решения задач управления функционированием системами теплоснабжения / С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. – 2018. – Т. 11, № 3. – С. 67-73.

3. Сазонова С.А. Особенности формирования обобщенной модели управления системами теплоснабжения / С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. – 2018. – Т. 11, № 3. – С. 73-80.

4. Сазонова С.А. Особенности формулировки прикладных задач управления функционированием системами теплоснабжения / С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. – 2018. – Т. 11, № 3. – С. 80-88.

5. Сазонова, С.А. Математическое моделирование параметрического резерва систем теплоснабжения с целью обеспечения безопасности при эксплуатации / С.А. Сазонова, С.Д. Николенко, А.В. Звягинцева // Моделирование систем и процессов. – 2019. – Т. 12, № 3. – С. 71-77.