

РАЗРАБОТКА БЫТОВОЙ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ В ПОМЕЩЕНИИ БАННОЙ ПАРНОЙ

М. А. Заев

Белорусский государственный университет

Минск, Беларусь

e-mail: maximzaev.bsu@gmail.com

Рассматривается разработка аппаратного решения задачи регуляции микроклиматических параметров путем управления электропечью и парогенератором для последующего производства готового устройства в виде бытового прибора категории «умная баня». Система включает в себя два микроконтроллера, симисторы (в качестве силовых ключей) и интегральные датчики температуры и влажности; предоставляет интерактивный пользовательский интерфейс и удаленный доступ по сети GSM, а также является совместимой с широким классом имеющегося на рынке оборудования.

Ключевые слова: автоматическое управление; микроклимат; «умная» баня.

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A CONTROLLER FOR ELECTRICALLY OPERATED SAUNA

M. A. Zaev

Belarusian State University

Minsk, Belarus

This paper describes an approach to implementing the real-time control system in a sauna. The system comprises two microcontroller units, triac power switches and a set of integrated temperature and humidity sensors, provides an interactive user interface and remote access via GSM network and is compatible with most commercially available sauna equipment.

Keywords: control system; microclimate; «smart» sauna.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ

При проектировании системы автоматического регулирования для конкретной задачи, такой как регуляция микроклиматических параметров в помещении банной парной, необходимо учесть особенности регулируемой системы и управляемых устройств. Такая система, как помещение банной парной и электропечь с парогенератором, является чрезвычайно инерционной, при этом управляемые устройства способны влиять на регулируемый параметр только в направлении увеличения (не считая взаимного влияния — понижения относительной влажности при повышении температу-

ры), тогда как понижение параметров связывается с влиянием окружающей среды. Кроме того, построение универсальной математической модели системы осложнено тем фактом, что система может быть установлена в помещениях, отличающихся друг от друга размерами и отделочными материалами. Перечисленные факторы затрудняют теоретическую разработку регулятора и делают невозможным предварительный подбор коэффициентов [1].

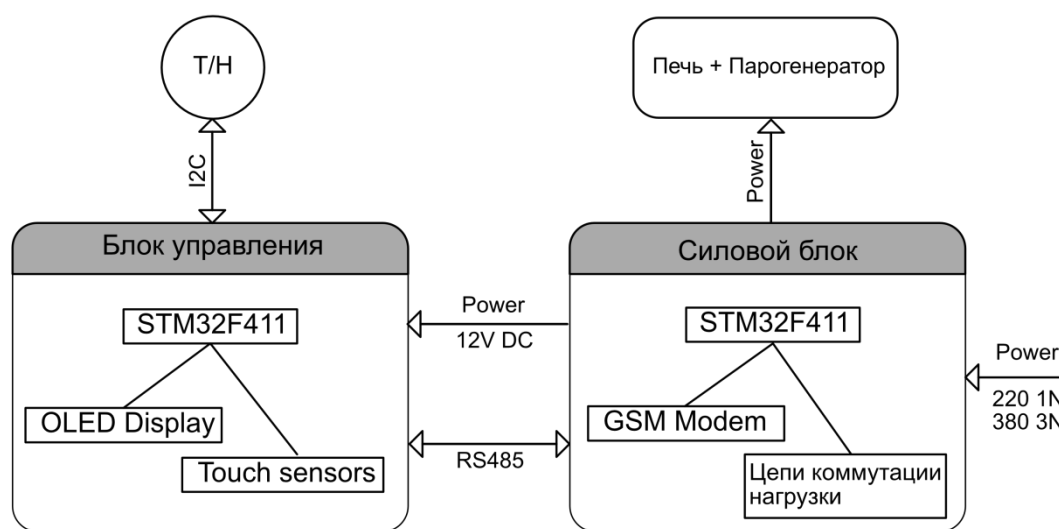
Поскольку разработка носит коммерческий характер, при проектировании также учитывались рациональные требования, предъявляемые к бытовым приборам, и, не в последнюю очередь, функциональность существующих аналогов. Анализ рынка показал, что среди аналогов нет систем с дистанционным сетевым управлением, а ступенчатая регуляция мощности присуща только наиболее дорогим приборам. Эти факты подтверждают целесообразность разработки.

Чтобы быть конкурентоспособным на рынке, бытовой прибор должен отвечать требованиям безопасности, особенно в случае управления силовой нагрузкой, а также быть простым и понятным в обращении.

РЕАЛИЗАЦИЯ АППАРАТНОЙ ЧАСТИ СИСТЕМЫ

Структурная схема прототипа установки изображена на рисунке. Система реализована в виде двух физических блоков: силового блока и панели управления. Оба блока оборудованы микроконтроллерами серии STM32F4. Разделение обусловлено необходимостью размещать силовую электронику вдали от помещения парной, в то время как панель управления может быть установлена в удобном месте, например у входа в парную.

В зависимости от режима питания электропечи питание системы может быть однофазным или трехфазным. Преобразование напряжения для питания управляющей электроники производится встроенным импульсным источником постоянного напряжения.



Структурная диаграмма системы

Электропечь и парогенератор подключаются к силовому блоку. Электропечь представляет собой несколько (обычно три) включенных параллельно трубчатых электронагревателей. Парогенератор – это электронагреватель, помещенный в резервуар

ар с водой. С точки зрения электрической схемы ТЭНы являются почти идеально резистивной нагрузкой.

Коммутация силовой нагрузки производится посредством полупроводниковых ключей — симисторов. Симисторы пропускают ток в обоих направлениях при наличии управляющего сигнала, благодаря чему они находят широкое применение при коммутации переменных токов. В реализованной схеме управляющий сигнал от микроконтроллера передается симистору через оптогальваническую развязку. Недостаток полупроводниковых ключей — необходимость в массивных радиаторах для отвода тепла, что является второй причиной разделения системы на два физических блока.

При превышении допустимых параметров эксплуатации симисторы могут выйти из строя, после чего будут работать в режиме пробоя. Для предотвращения возможных последствий такой ситуации на каждой линии нагрузки предусмотрено электро-механическое реле в качестве устройства защитного отключения. Для детектирования неисправностей в цепях коммутации нагрузки присутствуют датчики тока, что позволяет системе своевременно реагировать на пробой симистора или отключение ТЭНа размыканием защитного реле.

Кроме цепей коммутации нагрузки силовой блок содержит в себе схему для подключения к сети GSM, состоящую из интегрального GSM-модема, антенны и держателя SIM-карты.

Несмотря на тенденции последних лет, заключающиеся в подключении электронных приборов к сети интернет, разработка, о которой идет речь в данной работе, не относится к классу устройств так называемого «интернета вещей». При проектировании системы было принято решение, что подключение к интернету избыточно для задачи дистанционного включения и выключения бани, и управление посредством SMS-сообщений в данной ситуации более уместно, поскольку не обязывает пользователя системы проводить дополнительные коммуникации в помещение бани.

SMS-интерфейс системы дает возможность включить и выключить баню, а также запросить текущее состояние системы и баланс счета SIM-карты. Учитывая сравнительно невысокую частоту использования бани, подключение к сети GSM не должно стать для пользователя финансовым бременем. Кроме того, оно не является обязательным для работы системы.

Система предусматривает контактное управление посредством панели управления. Панель оборудована одноцветным графическим OLED-дисплеем и четырьмя емкостными датчиками прикосновения, которые могут быть размещены под стеклом.

На дисплее в режиме регулирования отображаются текущие и целевые показатели температуры и влажности. Посредством бесконтактных кнопок можно перевести систему из режима ожидания в режим регулирования, изменить целевые показатели регулируемых параметров, а также вывести на дисплей диагностические сообщения при наличии таковых.

Непосредственно к блоку управления подключается выносной интегральный датчик температуры и влажности, поскольку блок управления расположен к помещению парной ближе, чем силовой блок.

Связь между физическими блоками осуществляется по сети RS485. Поскольку сигнал в RS485 передается по дифференциальной паре, такое соединение обладает высокой устойчивостью к помехам, что немаловажно в условиях близости кабеля, по которому к силовому блоку подключена нагрузка. Параллельно с каналом RS485 по тому же кабелю от силового блока на панель управления подается постоянное напряжение питания.

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММНОЙ ЧАСТИ СИСТЕМЫ

Микроконтроллеры серии STM32F4 оборудованы микропроцессорным ядром ARM Cortex-M4. Среди ключевых преимуществ микропроцессоров ARM Cortex: энергоэффективность, полноценная поддержка языка программирования C (в том числе для имплементации механизма прерываний), поддержка операционных систем реального времени, наличие в открытом доступе средств разработки, таких как компилятор и драйвер отладчика [2].

При написании управляющей программы для микроконтроллеров были использованы средства операционной системы реального времени FreeRTOS. Операционная система предоставляет удобную абстракцию при построении архитектуры программы и, кроме того, является инструментом инкапсуляции данных программных модулей, не являющимся частью самого языка C.

Разделение различных задач в программе на процессы в операционной системе также способствует повышению отказоустойчивости системы, поскольку в случае ошибки в одном из процессов остальные процессы в программе продолжают работать, и отдельный обслуживающий процесс может зарегистрировать и обработать ошибку для корректного продолжения работы программы.

Микроконтроллер, расположенный внутри панели управления, обрабатывает сигнал, поступающий с датчика температуры и влажности, и в соответствии с алгоритмом регуляции преобразует его во внутреннее представление уровня выходной мощности нагревателей. В то же время этот микроконтроллер формирует изображение для вывода на графический дисплей и интерпретирует нажатия на кнопки в соответствии с текущим режимом работы системы, отличая при этом единичные нажатия, удержание клавиш, а также нажатие комбинаций клавиш.

Микроконтроллер, расположенный в силовом блоке, поддерживает связь с панелью управления, получает данные о текущем требуемом уровне мощности нагревателей и обеспечивает его, формируя управляющий сигнал для симисторов. В то же время микроконтроллер управляет GSM-модемом по протоколу AT-команд.

Упор при конструировании программы был сделан на всестороннюю самодиагностику системы, с выводом диагностических сообщений об ошибках и рекомендаций по их устранению на дисплей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы был изготовлен полнофункциональный прототип системы контроля и управления микроклиматическими параметрами; разработаны управляющая программа, электрические схемы; подготовлена техническая документация.

Проделанная работа после прохождения прототипом этапа независимого тестирования будет применена для производства и последующей реализации на территории стран СНГ бытовых приборов категории «умная баня».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Олссон Г., Пиани Д. Цифровые системы автоматизации и управления. СПб : Невский Диалект, 2001.
2. Yiu J. The Definitive Guide to ARM Cortex-M3 and Cortex-M4 processors. Cambridge : Elsevier, 2014.