

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРОЙ И ВЛАЖНОСТЬЮ В ЛАБОРАТОРИИ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ СРЕДСТВ

Губанова А.А., Кислов К.В., Андрусик Л.В.

*Донской государственный технический университет (ДГТУ), Ростов-на-Дону,
e-mail: anatoliya81@mail.ru*

В статье произведена попытка создания прототипа системы, которая будет отслеживать постоянство температуры и влажности окружающей среды и поджигаемых материалов в пожарной лаборатории при тестировании пожарных извещателей. Целью работы является повышение эффективности испытаний пожарных извещателей при тестовых пожарах за счет требуемой постоянной поддерживаемой температуры и влажности на базе платформы Arduino и самонастраивающегося ПИД-регулятора. Предложена структура прототипа системы натурального объекта; учитывая сложность реализации настоящей системы, в представленном макете присущи некоторые допущения, однако, с его помощью возможно теоретическое представление о реальном технологическом процессе по поддержанию теплового режима. Приведен анализ результатов теоретических расчетов характеристик с подбором коэффициентов ПИД-регулятора и автоматический подбор коэффициентов самим ПИД-регулятором со встроенной функцией обучения. По своим конструктивным характеристикам система интеллектуального управления сушильной камерой в испытательной лаборатории противопожарных средств (в виде реализованного натурального макета) отвечает требованиям безопасности работы с ним, а недорогие и широкораспространенные средства автоматизации (элементная база), применимые в ней, позволяют говорить о возможности изготовления ее в качестве обучающего вспомогательного материала для учебных целей.

Ключевые слова: влажность, температура, ПИД-регулятор, Arduino, цифровой датчик

INTELLIGENT TEMPERATURE AND HUMIDITY CONTROL SYSTEM IN THE FIRE FIGHTING LAB

Gubanova A.A., Kislov K.V., Andrusik L.V.

Don State Technical University (DSTU), Rostov-on-Don, e-mail: anatoliya81@mail.ru

The article attempts to create a prototype system that will monitor the constancy of temperature and humidity of the environment and ignited materials in a fire laboratory when testing fire detectors. The aim of the work is to increase the efficiency of testing fire detectors in test fires due to the required constant supported temperature and humidity based on the Arduino platform and a self-tuning PID controller. The structure of a prototype system of a natural object is proposed; Considering the complexity of the implementation of this system, some assumptions are inherent in the presented layout, however, with its help a theoretical idea of a real technological process for maintaining the thermal regime is possible. The analysis of the results of theoretical calculations of the characteristics with the selection of the coefficients of the PID controller and the automatic selection of the coefficients by the PID controller with an integrated learning function is presented. According to its design characteristics, the system of intelligent control of the drying chamber in the testing laboratory of fire-fighting equipment (in the form of a full-scale mock-up) meets the safety requirements for working with it, and the inexpensive and widespread automation tools (elemental base) that make it possible to talk about the possibility of manufacturing it in as educational support material for educational purposes.

Keywords: humidity, temperature, PID controller, Arduino, digital sensor

Если ссылаться на существующие статистические данные [1], то в Российской Федерации примерно 60% систем и средств противопожарной защиты на различного рода объектах находятся в неудовлетворительном состоянии, данный факт может вызвать огромные риски возникновения пожаров, и, как следствие, большого числа пострадавших. Поэтому, именно их обязательное тестирование и сертифицирование в специализированных научно-исследовательских лабораториях для точного определения и подтверждения технических характеристик противопожарных средств, заявленных производителем (допустимого значения риска оповещения пожара по действующим нормативам) может обеспечить работоспособность автоматических систем

и противопожарных извещателей, а соблюдение правил установки, настройки, эксплуатации и периодической проверки позволяют уменьшить вероятность негативных последствий от пожаров. Следует указать, что само тестирование пожарных извещателей в научной лаборатории должно обеспечивать вероятность того, что продукты распада горения способны добраться до чувствительного элемента пожарного извещателя, как бы это происходило, в реальных условиях пожара. Также важным является то, что при тестировании всех пожарных датчиков должны быть воспроизведены равные условия (без малейших отклонений температурных и влажностных факторов) для получения точной информации о полученных тестовых измерениях.

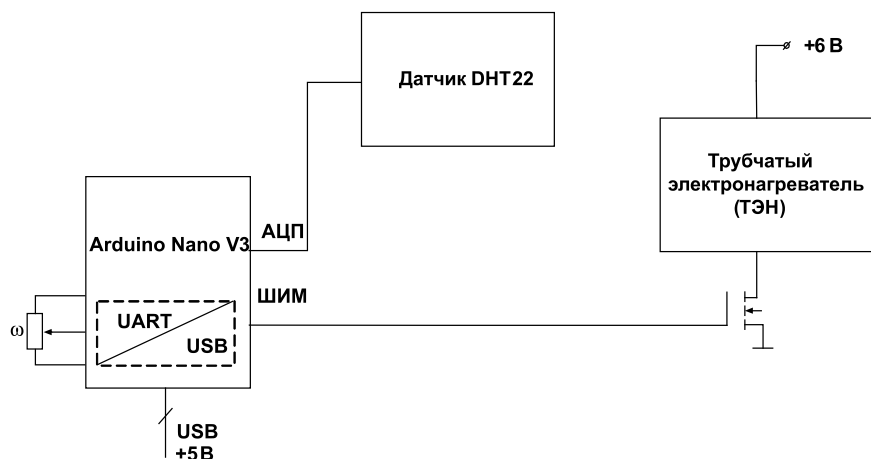


Рис. 1. Структура системы

Цель исследования

Для того, чтобы тестовые пожары в различные дни (жаркие, холодные, влажные, сухие) имели одинаковые условия при исследовании пожарных извещателей, в помещении должна поддерживаться постоянная температура и влажность и сжигаемые материалы должны иметь требуемую влажность (для точности повторяемых экспериментов), т.е. все различные пожарные датчики, тестируемые в разное время (не только суток, но и сезонное) по ГОСТ должны иметь равные условия при испытаниях. Для успешного тестирования того или иного образца пожарных извещателей в лаборатории необходимо поддерживать не только температуру (23–28 °С), атмосферное давление (735–780 мм рт. ст.), относительную влажность (30–80 %), но и поддерживать равные условия хранения самого испытуемого материала. Согласно ГОСТ Р53325-2009 испытуемый материал (хлопковые шнуры, древесные палочки различных пород дерева, фитили, пенопласт и мн. др.) должны иметь влажность не более 5%. Для решения данной проблемы на площади лаборатории имеется сушильная камера, в которой поддерживается необходимая температура, позволяющая удалять излишки влаги путем испарения.

Поэтому, в данной статье показана попытка создания системы автоматического управления сушильной камерой в испытательной лаборатории противопожарных средств в виде действующего макета (прототипа) существующей сушильной камеры. Учитывая сложность реализации системы для натурального объекта [2], макет будет иметь существенные допущения, однако, с его помощью будет полностью воспроиз-

веден технологический процесс по поддержанию теплового режима.

Материалы и методы исследования

Макет, имитирующий работу сушильной камеры, в которой происходит сушка компонентов, используемых в тестовых пожарах состоит из ПК, на котором установлено программное обеспечение Arduino IDE и аппаратной части, которая реализована на микроконтроллере Arduino NanoV3, установленного на материнскую плату. Задание температуры в системе происходит за счет потенциометра [3], нагрев камеры имитируется с помощью двух ламп накаливания, а измерение температуры и влажности производится с помощью цифрового датчика температуры и влажности DHT22, а управление ламп накаливания происходит с помощью ШИМ-сигнала через силовой транзистор IRF5305s.

На основании предложенной структуры системы был разработан макет, имитирующий работу сушильной камеры (рис. 3).

Реализация работы. Для начала функционирования системы необходимо на ПК запустить программное обеспечение Arduino IDE вкладку «Плоттер по последовательному соединению» (данная вкладка отвечает за отображение графиков). Далее с помощью регулятора температуры выставляем требуемую температуру (зеленый график), параметры температуры самой сушильной камеры (оранжевый график) тоже визуализируются на мониторе ПК. Фиолетовый график – это график, показывающий уровень мощности, который в данный момент времени выделяется на нагревательном элементе, т.е. на лампах накаливания. Как только желтый график

начнет сравниваться с уровнем желтого, в этот момент начнет происходить корректировка уровня мощности и фиолетовый график начнет уменьшаться. Управление температурой осуществляется с помощью регулятора, который имеет автоматическую настройку, т.е. при запуске системы заданные значения в последующем корректируются под требуемые в автоматическом режиме. При достижении значения требуемой температуры, начинается падение мощности нагревателя и лампы накаливания начинают угасать. В этот период происходит перерегулирование (однократно), в этот момент система сама определяет оптимальные коэффици-

енты, которые должны быть при нагреве и охлаждении. В тот момент как лампы накаливания погасли (фиолетовый график мощности оказывается в нуле), начинается процесс охлаждения, тогда желтый график температуры также начинает понижаться и дойдя до требуемой температуры, начинается процесс регулирования температуры (автоматически ПИД-регулятор «подсчитывает» коэффициенты и позволяет точно держать заданную температуру [4]) и после этого приступает к регулированию: начинается подъем мощности (лампы накаливания начинают светиться, яркость повышается) и происходит рост мощности в виде синусоиды.

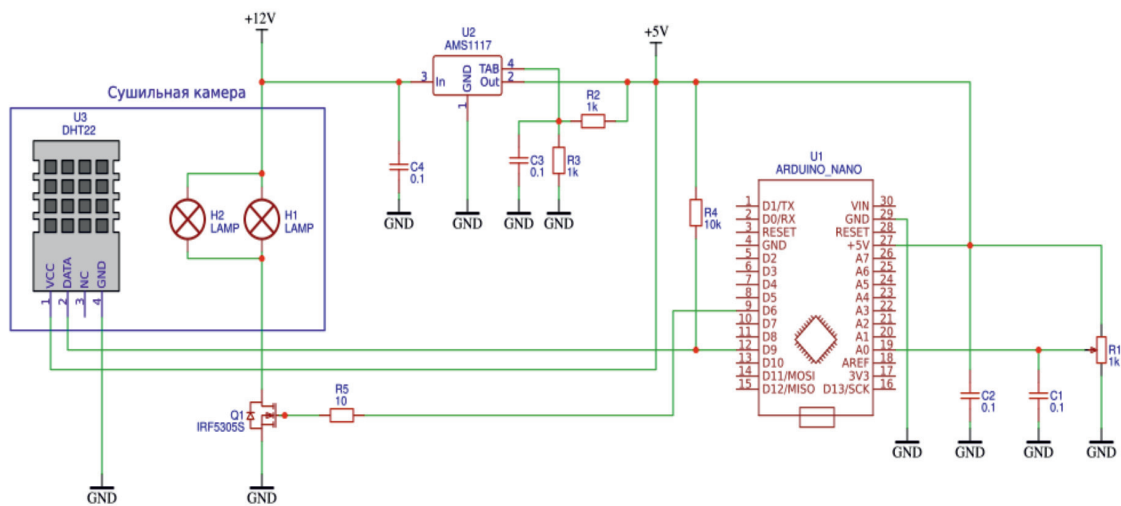


Рис. 2. Схема электрическая принципиальная



Рис. 3. Готовый макет

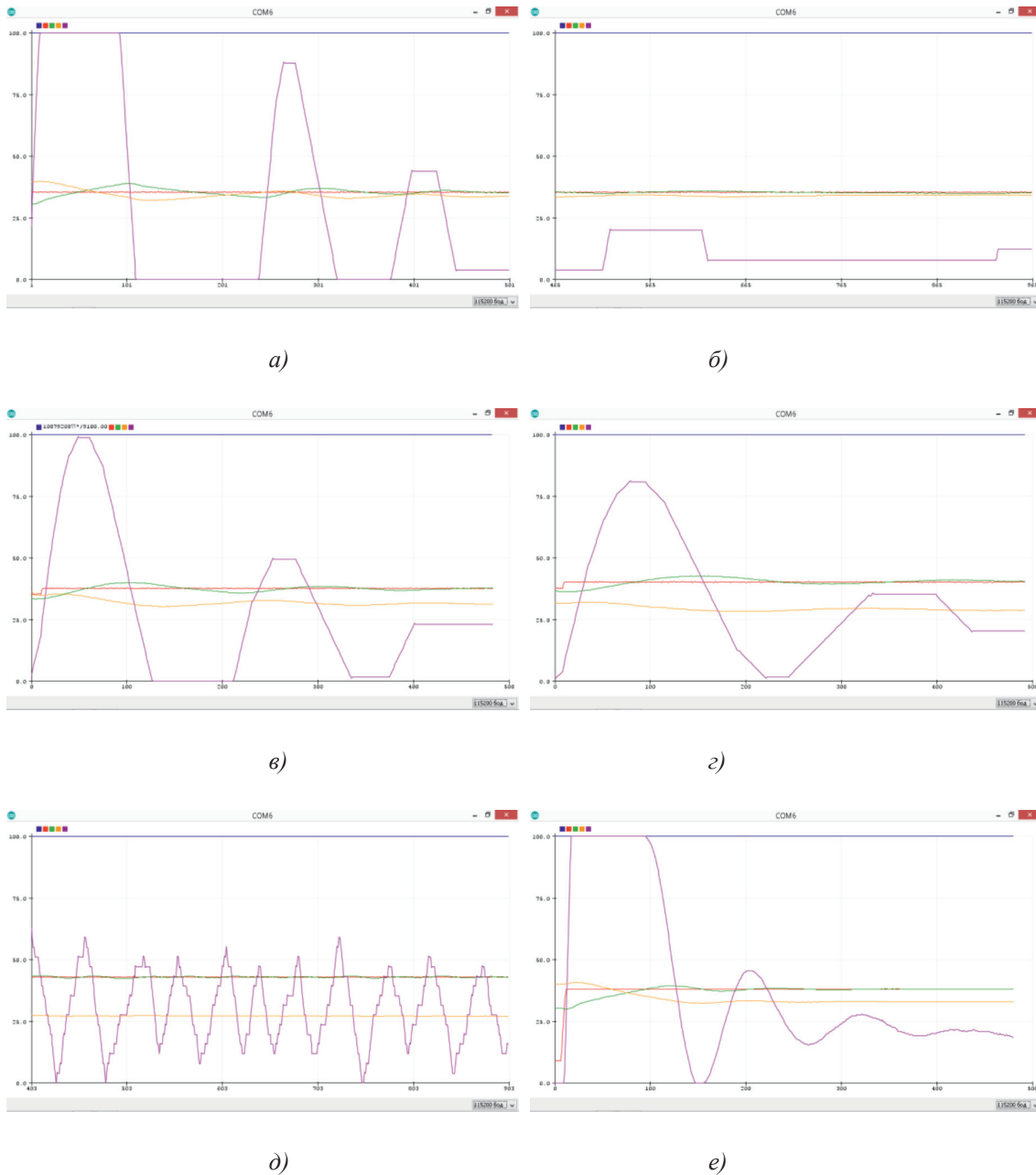


Рис. 4. Примеры теоретически рассчитанных коэффициентов системы (без корректировки по теоретическим расчетам) а-д) и коэффициенты с функцией обучения в ПИД-регуляторе

Результаты исследования и их обсуждения

Настройка ПИД-регулятора представляет из себя достаточно трудоемкую задачу [5], требующую некоторого опыта. В нашем случае путем варьирования коэффициентов регулятора, на графиках по расчетным моделям показаны не устойчивый температурный режим (рис. 4, а-д) и только автоматическая настройка ПИД регулятора

показала приемлемый устойчивый переходной процесс сушильной камеры (рис. 4, е). В данном случае ПИД-регулятор применен для того, чтобы достичь желаемых показателей качества в переходном и установившемся процессах обычной настройкой коэффициента усиления системы, не прибегая к динамическим преобразованиям сигнала.

На графиках выведены результаты теоретических расчетов характеристик с подбором коэффициентов (рис. 4, а-д); после

этого был изменен выходной сигнал, выведенный на регулировочный элемент. За счет этого получили наиболее приемлемый отклик переменной, отвечающей за технологический процесс, далее включился автоматический подбор самим ПИД-регулятором со встроенной функцией обучения (рис. 4, е) и процесс стал устойчивым.

Выводы

Предложенная в статье интеллектуальная система управления температурой и влажностью в лаборатории противопожарных средств, реализованная в виде натурного макета позволит изучить и понять технологический принцип работы реального объекта – сушильной камеры. Все представленные прототипные данные со-

ответствуют реальному процессу и имеют устойчивый характер работы

Список литературы

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (с изменениями на 29 июля 2017 года) (редакция, действующая с 31 июля 2018 года) Ст. 83 п. 6 http://Consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699 (дата обращения: 21.10.2019).
2. Схемотехника электронных средств: Учебное пособие / Палий А.В., Саенко А.В., Замков Е.Т. – Таганрог: Южный федеральный университет, 2016. – 92 с.
3. Немировский А.Е. Электроника : учеб. пособие / А.Е. Немировский [и др.] – Москва: Инфра-Инженерия, 2019. – 200 с.
4. Борисевич А.В. Теория автоматического управления: элементарное введение с применением MATLAB [Электронный ресурс] / А.В. Борисевич. – М.: Инфра-М, 2014. – 200 с.
5. Программирование на СИ#: Учебное пособие / Медведев М.А., Медведев А.Н., – 2-е изд., стер. – М.: Флинта, Изд-во Урал. ун-та, 2017. – 64 с.