

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ ОПТИЧЕСКИМИ
НАГРЕВАТЕЛЯМИ ДЛЯ ТЕПЛООВОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ
КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ LOCK-IN ТЕРМОГРАФИИ
НА ОСНОВЕ ESP32**

*Козлова Маргарита Александровна, Чулков Арсений Олегович,
Ширяев Владимир Васильевич*

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

E-mail: mak67@tpu.ru, chulkovao@tpu.ru, shiryayev@tpu.ru.

**DEVELOPMENT OF AN OPTICAL HEATER CONTROL DEVICE FOR THERMAL
NON-DESTRUCTIVE TESTING OF COMPOSITE MATERIALS BY LOCK-IN
THERMOGRAPHY BASED ON ESP32**

*Kozlova Margarita Alexandrovna, Chulkov Arseniy Olegovich,
Shiryayev Vladimir Vasilievich*

National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk

Аннотация: в статье рассматривается проектирование универсального устройства управления оптическими нагревателями для теплового неразрушающего контроля. Предполагается, что проектируемое устройство позволит облегчить процесс поиска дефектов композитных материалов методами: LOCK-IN термографии, одиночным прямоугольным импульсом, синусоидальным нагревом и модулированным синусоидальным нагревом за счет дистанционного управления и ранее перечисленными поддерживаемыми режимами работы.

Abstract: the article discusses the design of a universal control device for optical heaters for thermal non-destructive testing. It is assumed that the designed device will make it possible to facilitate the process of searching for defects in composite materials using the following methods: LOCK-IN thermography, a single rectangular pulse, sinusoidal heating and modulated sinusoidal heating due to remote control and the previously listed supported operating modes.

Ключевые слова: термография; Wi-fi; неразрушающий контроль; оптические нагреватели; LOCK-IN; активный тепловой контроль.

Keywords: thermography; Wi-fi; non-destructive testing; optical heaters; LOCK-IN; active thermal control.

Существует большое количество методов теплового контроля, которые используются для определения типа и глубины залегания дефектов в материале [1–2]. В данной работе будет рассмотрен процесс проектирования устройства управления оптическими нагревателями, который будет совмещать в себе несколько основных режимов работы нагревателей и дистанционное управление устройством через смартфон пользователя по Wi-fi [3], что позволит использовать несколько методов теплового неразрушающего контроля без использования дополнительных устройств управления. В устройстве планируется реализация возможности lock-in термографии, нагрев прямоугольным импульсом, гармонический нагрев и нагрев модулированным синусом, что позволяет расширить возможности исследования материала.

Для большей мобильности устройства предусмотрена возможность дистанционного управления и изменения параметров работы устройства. Для этого будет использован Wi-fi. Выбор Wi-fi, как способ дистанционной связи с устройством, обусловлен популярностью стандарта связи и наличием в большинстве современных персональных компьютерах. На основании изложенного была сформирована функциональная схема, которая показана на рисунке 1.



Рисунок 1 – Функциональная схема проектируемого устройства управления оптическими нагревателями

Функциональная схема состоит из 4 основных блоков: блок 1 реализует функцию питания блоков основных блоков устройства (2 и 4). Блок 2 необходим для реализации функции управления мощностью оптических нагревателей (преимущественно галогеновых ламп). Для реализации одной из выбранных методик, а именно lock-in термографии, необходимо плавно управлять мощностью, осуществляя плавный гармонический нагрев, либо модулированный нагрев [4–6], помимо этого необходимо осуществить нагрев прямоугольными импульсами для расширения возможностей устройства. Блок 3 необходим для настройки работы блока и регулирования основных параметров, таких как длительность и число периодов нагрева. Помимо этого, в блок настройки работы пользователем входит старт/стоп работы устройства, выбор режима работы. Учитывая ранее заявленные требования к устройству, управление будет осуществляться с использованием смартфона, в целях упрощения управления. Блок 4 необходим для отображения настроек пользователю и статуса работы устройства (старт/нагрев/стоп). На основе функциональной схемы, составлена структурная схема, которая показана на рисунке 2.

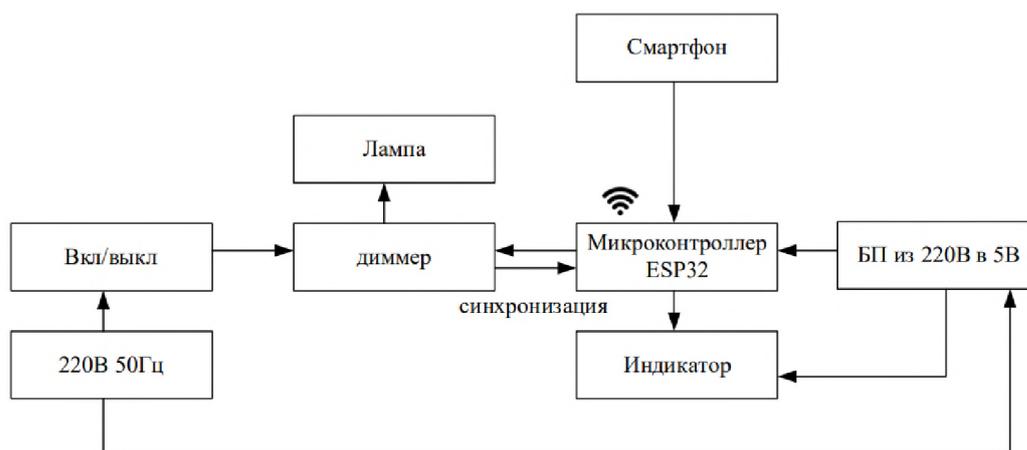


Рисунок 2 – Структурная схема проектируемого устройства управления оптическими нагревателями

Для управления галогеновыми лампами необходимо питание переменным током. Для плавного управления мощностью переменного сигнала используют диммеры. В случае фазового управления сигнала (число периодов и длительность периода) нужно фиксировать момент переключения напряжения, засекают время и отсекают часть синусоидального сигнала. В данном случае будет использован диммер на основе симистора и оптопары. Такое решение было принято в связи с простотой управления, низкой стоимостью и доступностью компонентов.

ESP32 и ESP8266 — это недорогие Wi-Fi модули, подходящие для проектов в области интернета вещей (IoT) и автоматизации любых технологических процессов. Использование голого чипа ESP32 является сложной задачей, на этапе прототипа, поэтому рациональным будет использование отладочной платы с чипом Wemos D1 R32, ESP-32 DEVKIT V1 и другие. В прототипе будет использована Wemos D1 R32 в связи с доступностью в магазинах города Томска на момент работы с устройством.

Для работы схемы необходимо написание программного кода. Язык программирования C++. Программным кодом необходимо задать все основные настройки, возможность их изменения, веб-интерфейс для дистанционного управления по Wi-fi. В программном коде будет задана возможность клиента работы с веб интерфейсом, отображение веб-страницы через HTML. Внешний вид веб приложения показан на рисунке 3

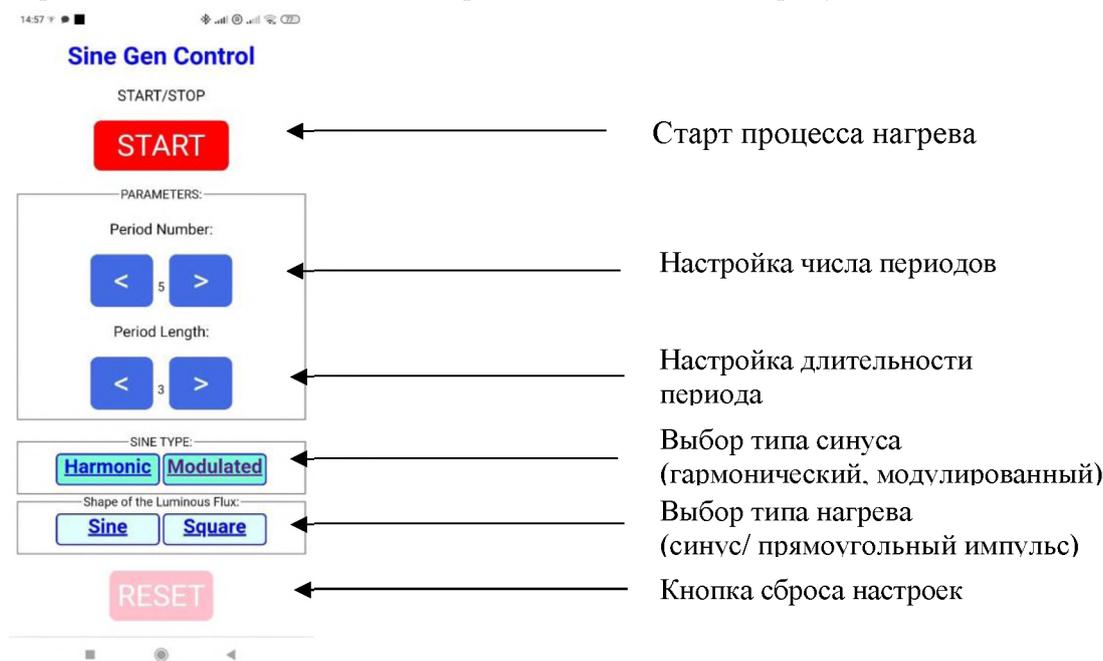


Рисунок 3 – Внешний вид веб-интерфейса настройки работы устройства управления

Работа пользователя будет построена следующим образом:

1. Пользователь включает устройство в сеть, подключается к Wi-fi SineGenControl.
2. На экране дисплея высвечивается IP адрес, к которому подключается пользователь, введя IP в адресную строку браузера.
3. У пользователя отображается дисплей с кнопкой Старт/стоп, увеличение/уменьшение числа и длительности периодов, типы синуса "Harmonic", "Modulated", выбор формы светового потока "Shape of the Luminous Flux" где можно выбрать синус или прямоугольный импульс, кнопка сброса выбранных параметров "Reset".
4. После установки пользователем числа и длительности периодов, типа и вида нагрева, информация синхронизируется и отображается на дисплее.
5. Пользователь нажимает кнопку старт, на дисплее высвечивается "HEAT", кнопки настройки числа и длительности периодов скрываются, начинается нагрев.
6. После окончания нагрева, возвращение в изначальное пользовательское окно настроек числа и длительности периодов.

На рисунке 4 показано спроектированное устройство в процессе тестирования работы.



Рисунок 4 – Тестирование работы устройства

Работа осуществляется следующим образом: устройство включается в сеть 220 В 50 Гц, подключаются лампы, нажимается кнопка включения/выключения питания. Со смартфона пользователя поступает сигнал включения устройства, задаются необходимые настройки (число периодов, длительность периода). Данные со смартфона передаются на микроконтроллер. Изменения настроек выводятся на индикаторе. После этого, пользователь нажимает на кнопку «Старт» на смартфоне, управляющий сигнал с микроконтроллера передается на диммер, который в свою очередь, запускает работу галогеновых оптических нагревателей.

По результатам тестирования можно сказать, что благодаря использованию веб-интерфейса и дистанционного управления, удалось избежать использования кнопок и переключателей в устройстве, что позволило уменьшить габаритные размеры корпуса и потенциально сделать процесс исследования безопаснее для пользователя, так как позволяет находиться на расстоянии от работающей лабораторной установки, которая питается от сети. Дистанционное управление уменьшает риски получения электрического удара в случае неисправности любого элемента установки.

Список литературы

1. Вавилов, В. П. Тепловой томограф для испытаний композиционных материалов / В.П. Вавилов, В.М. Айвазян // Дефектоскопия. – 2014. – №. 11. – С. 71–75.
2. Ширяев, В. В. и др. Реализация системы активного теплового контроля на основе светодиодного нагревателя. – 2016.
3. Breitenstein, O. Lock-in thermography / O. Breitenstein, M. Langenkamp // Basics and Use for Functional Diagnostics of Electronics Components. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg. – 2003.
4. Wu, D. Lock-in thermography for nondestructive evaluation of materials / D. Wu, G. Busse // Revue générale de thermique. – 1998. – Т. 37. – №. 8. – С. 693–703.
5. Sakagami, T. Applications of pulse heating thermography and lock-in thermography to quantitative nondestructive evaluations / T. Sakagami, S. Kubo // Infrared Physics & Technology. – 2002. – Т. 43. – №. 3-5. – С. 211–218.
6. Breitenstein O. Microscopic lock-in thermography investigation of leakage sites in integrated circuits / O. Breitenstein et al. // Review of scientific instruments. – 2000. – Т. 71. – №. 11. – С. 4155–4160.