

СИСТЕМА ДЛЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ НА БАЗІ МОДУЛІВ «ARDUINO»

Лисенко Володимир Валерійович,

доцент,
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», Україна

Ткаченко Дмитро Сергійович,

студент,
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», Україна

У доповіді описується автоматизована система, яка побудована на базі модулів «ARDUINO» і призначена для проведення експериментальних досліджень конструкційних матеріалів з метою визначення їх механічних властивостей в різноманітних температурних умовах. Важливими особливостями системи є спроможність отримання високих температур нагрівання дослідного зразка, висока точність встановлення і підтримування потрібної температури, достатньо значна потужність безконтактних нагрівачів.

Технічні і функціональні вимоги до автоматизованої експериментальної системи температурних досліджень визначаються відповідно до її призначення і складаються відповідно до очікуваних технічних і експлуатаційних характеристик.

До основних технічних характеристик належать наступні:

5 каналів вимірювання температури, які складаються із первинних вимірювачів температури – термопар типу К (ТХА) і 5 аналого-цифрових перетворювачів. Діапазон вимірювання температур від 0 до 800 °С. Похибка вимірювань, не більш 2 °С. Задатчик значень потрібної температури нагріву (ЦЗТ) – цифровий. Діапазон значень від 0 до 999 °С, крок завдання – 1 °С.

Відображення значень заданої і вимірюваних температур, стану і потужності нагрівачів проводиться на рідкокристалічному індикаторі РКІ (2 строки по 16 символів).

Передача значень заданої і виміряних температур, стану ТЕН здійснюється до персонального комп'ютера (ПК) по послідовному інтерфейсу USB. Період вимірювання і передачі блока даних складає 1 секунду.

Електричний пристрій нагрівання складається з двох керамічних нагрівачів (ТЕН) типу ЭНКк. Спосіб керування процесом нагрівання – широтно-імпульсна модуляція (ШИМ) з забезпеченням гальванічної розв'язки сигналів керування від силових кіл. Точність підтримання заданої температури ± 4 °С.

Структурна схема системи для температурних досліджень показана на рисунку 1.

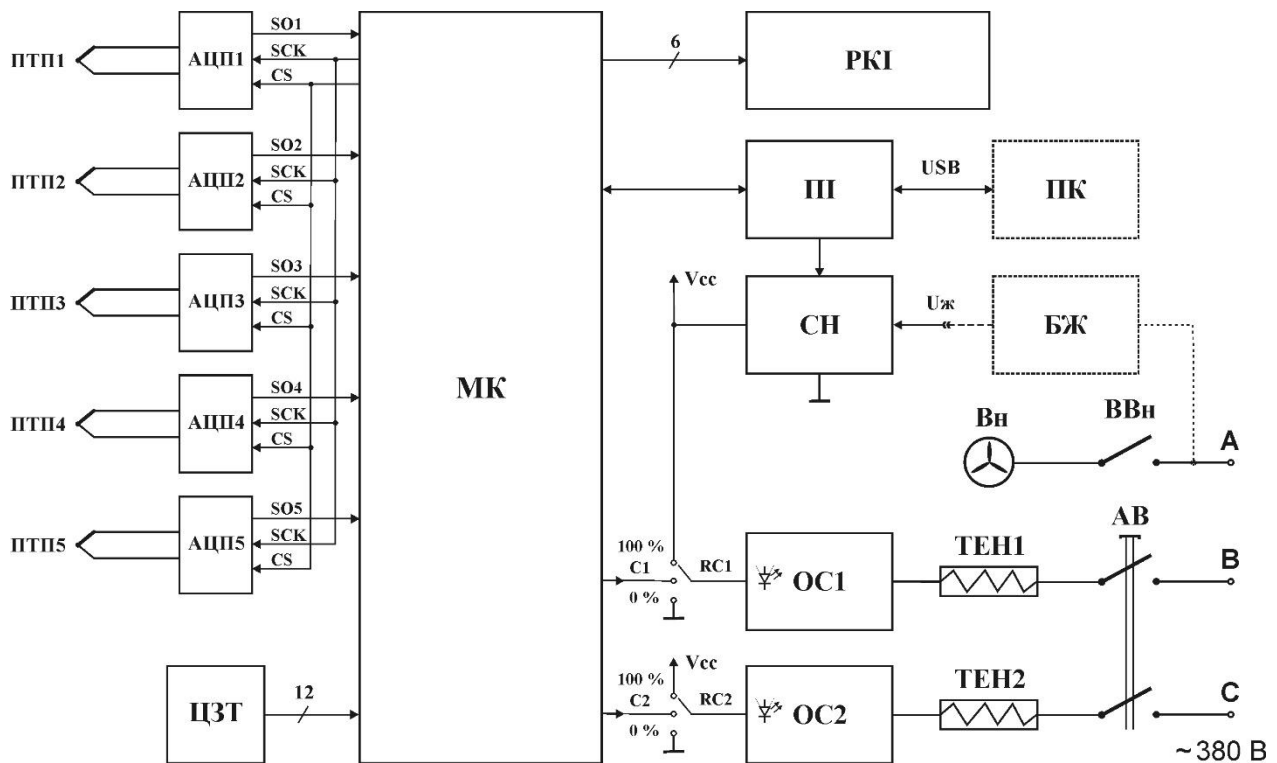


Рисунок 1 – Структурна схема системи для температурних досліджень.

Канали вимірювання температури складаються з наступних елементів: первинних температурних перетворювачів (ПТП) - термопар, які підключені до аналого-цифрових перетворювачів (АЦП) типу MAX6675. Отримання вимірювальної інформації мікроконтролером МК Arduino-ATmega2560 [1] від модулів MAX6675 здійснюється одночасно в послідовному коді по лініях SO1 - SO5. При цьому МК забезпечує відповідно до часової діаграми видачу сигналів вибору АЦП - CS і сигналу стробування - SCK. З метою підвищення швидкодії вимірювань запуск АЦП і послідовна видача кодів виконується одночасно для всіх АЦП за сигналом стробування SCK.

Значення заданої температури задається на цифровому задавачі ЦЗТ і поступає у двійково-десятичному коді на цифрові входи мікроконтролера.

Рідкокристалічний індикатор РКІ має стандартне підключення і забезпечує якісне відображення вимірювальної і сервісної інформації.

Перетворювач інтерфейсу ПІ забезпечує апаратну реалізацію USB інтерфейсу між МК і персональним комп'ютером ПК при виконанні операцій програмування МК і передачі даних.

В силовій частині системи для регулювання потужністю нагрівачів ТЕН пропонується використання силових семисторів SSR-40DA (OC) з елементами оптичної гальванічної розв'язки.

Загальний алгоритм роботи системи забезпечує автоматизоване керування процесом нагрівання дослідного зразка, завдання потрібної температури, інформативності даних про температури у контрольних точках. У зв'язку з запропонованим ПІ методом керування, алгоритм роботи складається зі основної частини, яка побудована на послідовному циклічному виконанні потрібних

операцій і дій, і підпрограми (функції) обробки переривань яка забезпечує безпосереднє включення силових елементів ТЕН. Тривалість робочого циклу T_c цього часу забезпечується апаратними (таймером – лічильником, налаштованим на внутрішні переривання) і програмними засобами.

При обробці результатів вимірювання температури використовувались данні записані у лог-файлах. Також за протоколом лог-файлів було визначено реальний час одного циклу вимірювання і керування за формулою:

$$T_c = \frac{t_k - t_n}{n_g},$$

де: t_k – кінцевий час запису лог-файлу, t_n – початковий час, n_g – кількість вимірювань зафіксованих за час від t_n до t_k .

Про результатах розрахунків з даних лог-файлів було встановлено що T_c складає 1,005 секунд, що відповідає вимогам технічного завдання.

Налаштування коефіцієнтів ПІ-регулятора виконувалось шляхом їхнього підбору при різних значеннях заданої температури в діапазоні від 200 до 400 °C і при проведенні аналізу похибки регулювання температури.

При обробці результатів вимірювання температури була задіяна спеціальна програма CALIBR 2.0 [2], яка допомагає автоматизувати процес розрахунку абсолютної та відносної похибки, невизначеностей по типу А, В та розширену невизначеність вимірювання.

В процесі проведення досліджень системи було встановлено, що абсолютне значення середньої похибки регулювання температури має значення, не більш ± 1 °C. Середнє-квадратичне значення похибки регулювання, не більш ± 1 °C. При цьому порядок значень невизначеності вимірювання по типу $U_a = 0,5$ °C, по типу $U_b = 1,5$ °C. Значення розширеної невизначеності підтримування заданої температури U_p (при $P=0,9$) складає 2 °C.

Модульна конструкція, універсальність і високі технічні характеристики системи на базі модулів «ARDUINO» дозволяє використання її при проведенні різноманітних експериментів у наукових дослідженнях.

Список літератури:

1. Arduino-MEGA 2560 Rev3 Product Reference Manual SKU: A000067 Modified: 08/11/2022

2. Універсальне програмне забезпечення автоматизації обробки результатів вимірювань «CALIBR 2.0» / І.М.Коржов, В.В.Лисенко / Системи обробки інформації. – Харків: ХВУ, 2015. – №. 2 (127). с. 132 – 134.