

граммного управления с помощью ЭВМ. Создание данного модулятора позволяет существенно повысить точность измерения теплофизических характеристик образцов.

### Библиографический список

1. *Иалиев А. Д.* Метод температурных волн в теплофизических исследованиях (анализ советского и российского опыта) // Теплофизика высоких температур. 2009. Т. 47, № 5. С. 771–792.

2. *Пухальский Г. И.* Организация микропроцессорных устройств: учеб. пособие для вузов. СПб.: Политехника, 2001.

3. Теоретические и практические основы теплофизических измерений / под ред. С. В. Понаморев. М., 2008.

А. А. Дворников, М. И. Козлова,  
С. Д. Футорянский

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В ВАКУУМНОЙ КАМЕРЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ<sup>1</sup>

В лаборатории теплофизики РГППУ проводятся исследования теплофизических свойств веществ. Для их проведения на специальной экспериментальной установке необходимо поддерживать с высокой степенью точности определенные параметры. При этом ручной метод сбора информации недостоверен, в связи с тем, что в исследовании характеристик веществ используются не менее пяти приборов.

Один из основных параметров воздействия, который необходимо учитывать при проведении экспериментов, – это температура нагрева материалов, а именно ее стабилизация и изменения в ходе опыта.

Принцип действия вышеупомянутой экспериментальной установки основан на методе температурных волн – процессе распространения температурных возмущений в веществе. Данный метод позволяет определять теплофизические свойства веществ при высоких температурах. При прове-

---

<sup>1</sup> Работа выполнена под руководством старшего преподавателя кафедры микропроцессорной управляющей вычислительной техники РГППУ В. В. Мешкова.

дении эксперимента температурные волны возбуждают бесконтактными методами: электронный поток (изменяет среднюю температуру образца), излучение мощных источников электромагнитного поля (лазер).

На рис. 1 показана схема реализации данного метода. Как видно из рисунка, возбуждение температурных волн осуществляется при помощи модулированного излучения лазера.

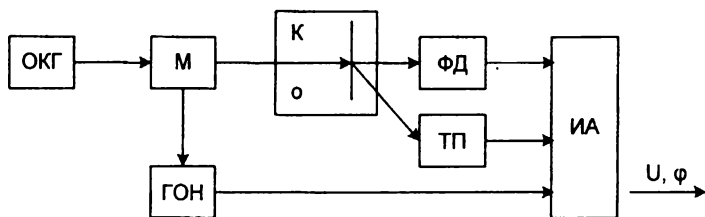


Рис. 1. Структурная схема реализации метода температурных волн:  
 ОКГ – оптический квантовый генератор, М – модулятор, ВК – вакуумная камера,  
 О – образец, ФД – фотодатчик, ТП – термопара, ГОН – генератор опорного  
 напряжения, ИА – измерительная аппаратура

Работа установки происходит следующим образом. Оптический квантовый генератор (лазер типа ЛГН–701) создает непрерывное излучение на длине волны 10,6 мкм мощностью 50–100 Вт. С помощью модулятора, представляющего собой вращающийся диск с двумя отверстиями, на выходе излучение превращается в поток импульсов, длительность которых равна паузе между ними.

Импульсы излучения через вакуумный оптический ввод попадают в вакуумную камеру и воздействуют на первую плоскую поверхность образца, в результате на второй поверхности образца формируется тепловое излучение, которое регистрируется с помощью фотодатчика или термопары. Полученный сигнал с датчика и сигнал с образца поступают в измерительную аппаратуру, где вычисляются фаза между сигналами и их амплитуды. По полученным данным определяются физические величины – температуропроводность, теплоемкость и др. Показания с термопары также используются для определения температуры в вакуумной камере.

Контроль над температурой осуществляется за счет стабилизации напряжения, которое обеспечивается при помощи термопары, являющейся датчиком, поскольку термопара позволяет определить перепад амплитуд колебаний температуры по амплитудам колебаний изменяемого электри-

ческого сигнала. В связи с тем, что частотный диапазон применения термомпарных датчиков ограничивается единицами герц, будут использоваться дополнительно фотодатчики, измерения при помощи которых начинаются с температур 600–700 К. Преобразователем напряжения (управляющих сигналов) является шаговый двигатель.

Конструкция вакуумной камеры такова, что фотодатчик располагается как можно ближе к образцу, но находится при этом в «холодной» зоне, где его температура при проведении измерений остается практически неизменной.

Поскольку объем и скорость изменения информации, получаемой в ходе управления экспериментальной установкой, весьма велики, требуется система, позволяющая регулировать управляющее воздействие температуры, получая оперативную и точную «обратную связь».

В связи с этим была поставлена задача: разработать контроллер шагового двигателя (принципиальную схему и программное обеспечение). На рис. 2 представлена только функциональная схема контроллера шагового двигателя.

Для автоматизации процесса измерения температуры используются модуль управления шагового двигателя, шаговые двигатели и концевые датчики, используемые для координации положения шаговых двигателей.



Рис. 2. Функциональная схема контроллера шагового двигателя

В функциональный состав модуля управления шаговым двигателем входят: *контроллер шагового двигателя (КШД)*, униполярный шаговый двигатель (ШД), плата датчиков положения, фиксирующих положение ШД. Как видно из схемы на рис. 3, контур образован прямой ветвью (ПК, КШД, ШД), – установка шаговым двигателем определенного значения напряжения, и обратной ветвью (датчики положения, контроллер прерываний, ПУ), – контроль положения ШД (определение крайних положений).

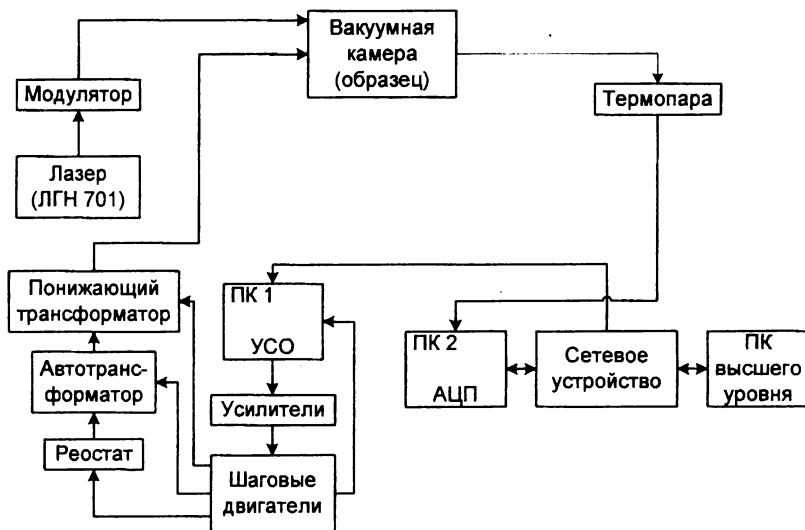


Рис. 3. Структурная схема модуля контроля температуры

Принцип работы заключается в сопряжении КШД с ПК, а ШД позволяет управлять им.

*Контроллер шагового двигателя* – это плата, вставляемая в слот магистральной ISA, расположенный на материнской плате ПК. КШД включает в себя: селектор адреса, буфер ввода/вывода, регистр управления, счетчик, контроллер прерываний (программное управление шаговым двигателем).

При помощи КШД можно управлять шаговыми приводами с напряжением питания не более 36 В, током до 300 мА, имеющими четыре входа управления обмотками и один общий вход питания. КШД предназначен для управления ШД, подсоединенного к его выходному гнезду. Для подключения шаговых двигателей к контроллеру используется мостовой драйвер

и усилительный каскад, составленный из диодных ключей. Контроль работы двух последних схем осуществляется только микросхемой КШД. Управляющие словосостояния КШД от ПК направляются через регистры, обращение к которым организуется через устройство сопряжения с объектом (УСО).

УСО в данной системе представлено селектором адреса, организованным при помощи ПЗУ и дешифратора, (что позволяет аппаратно разделить устройства, сигналы обращения к которым направлены только на запись – через дешифратор; и устройства, которым выставляется сигнал чтение/запись), и буферного элемента, организующего шину данных (ШД). При разработке данного устройства использовалась 8-разрядная шина данных (при установке еще одного буферного элемента возможна организация 16-разрядной ШД).

На рис. 4 представлена принципиальная электрическая схема УСО контроллера с шаговым двигателем.

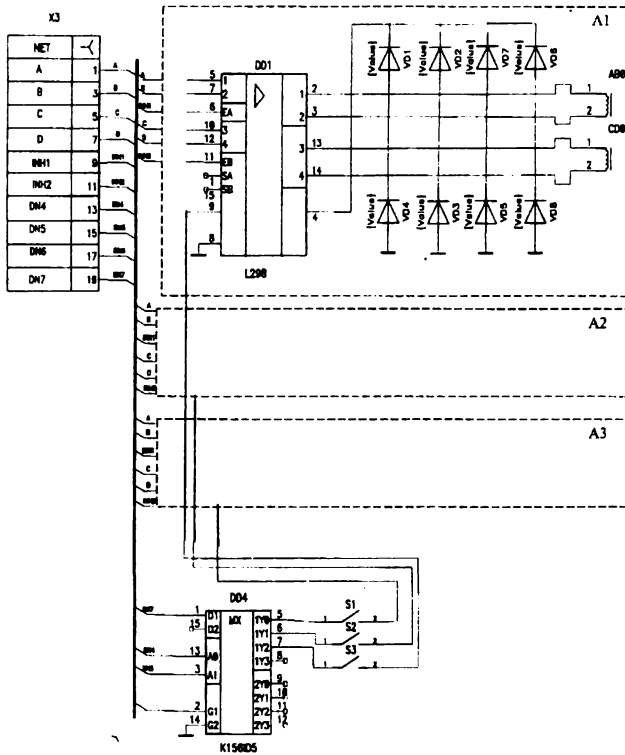


Рис. 4. Принципиальная электрическая схема УСО контроллера с ШД

Данная схема представляет собой набор из трех мостовых драйверов, размещенных непосредственно рядом с двигателями, а также демультимплексор, регулирующий подачу питания на один из двигателей, так как параллельная работа двигателей не требуется. Выбор двигателя, на который подается питание, осуществляется путем подачи цифровой комбинации на адресные входы и сигнал приводит микросхему в активное состояние.

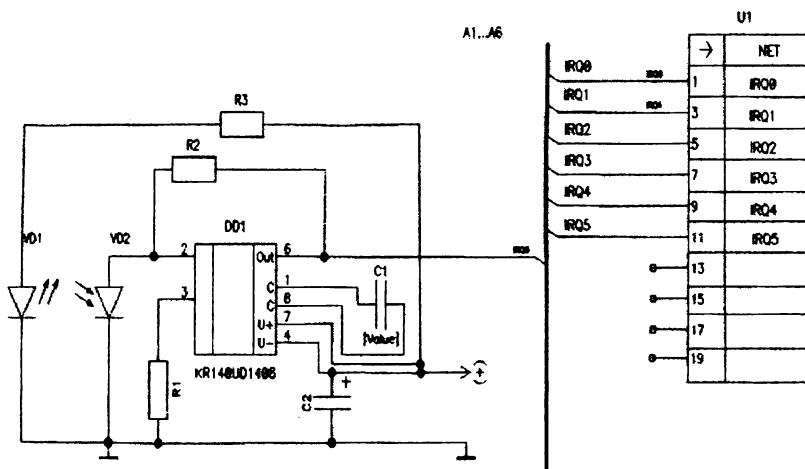


Рис. 5. Принципиальная электрическая схема концевого датчика

Управляющие сигналы со схемы КШД подаются одновременно на все три мостовых драйвера для усиления управляющих сигналов.

В качестве конечных датчиков взяты оптические датчики, на пути движения каждого ШД их по два (в начальной и конечной точках пути соответственно), данные с датчиков при срабатывании попадают на контроллер прерываний, который организует аппаратное прерывание, путем отключения «сигнала шага» с контроллера, а также передает информацию на шину ISA.

Построение датчика по дифференциальной схеме позволяет существенно повысить чувствительность, линейность, и избавиться от необходимости использования дополнительной схемы сдвига нуля. Достоинствами дифференциального фотозлектронного датчика являются относительная простота конструкции и малые размеры при хороших характеристиках, таких как чувствительность (может достигать десятков милливольт на микрометр) и помехозащищенность (датчик работает в инфракрасной области спектра, паразитная засветка является синфазной для дифференциальных каналов).

Светодиод и фотодиоды устанавливаются в отверстиях на неподвижном основании. Между ними располагается подвижная шторка, перекрывающая световой поток. При перемещении шторки в направлении  $X$  перекрытие светового потока для одного фотодиода уменьшается, для другого – увеличивается. Коэффициент преобразования в такой системе с использованием вышеприведенной электронной схемы имеет порядок  $10 \text{ В/мм} = 10 \text{ мВ/мкм}$ . Датчики положения устанавливаются непосредственно по направляющей движения ШД. Пример организации информационного обмена с датчиком представлен на рис. 5.

### Библиографический список

1. *Ивлиев А. Д.* Метод температурных волн в теплофизических исследованиях (анализ советского и российского опыта) // Теплофизика высоких температур. М., 2009. Т. 47, № 5. С. 771–792.
2. *Пухальский Г. И.* Организация микропроцессорных устройств: учеб. пособие для вузов. СПб.: Политехника, 2001.

**А. А. Дворников, А. А. Галамай,  
М. И. Козлова, Л. В. Мартыненко**

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО СБОРА ДАННЫХ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭКСПЕРИМЕНТОВ НА УСТАНОВКЕ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕЩЕСТВ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ<sup>1</sup>**

В нашем исследовании изучалась теплопроводность материалов с использованием установки, в которой возбуждение температурных волн осуществляется с помощью модулированного излучения лазера.

Работа установки происходит следующим образом. Оптический квантовый генератор ОКГ (лазер типа ЛГН-701) создает непрерывное излучение на длине волны 10,6 мкм мощностью 50–100 Вт. Модулятор М представляет собой вращающийся диск с двумя отверстиями, на выходе которого излучение пре-

---

<sup>1</sup> Работа выполнена под руководством старшего преподавателя кафедры микропроцессорной управляющей вычислительной техники РГТПУ В. В. Мешкова.