

Раздел 4. РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНО- ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

**А. А. Галамай, С. А. Гой,
И. Е. Хворов**

СИСТЕМА МОДУЛЯЦИИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ¹

Одной из актуальных задач физики в настоящее время является исследование теплофизических свойств веществ и материалов. Потребителями данной информации являются многие отрасли науки и техники, разрабатывающие новые материалы и вещества с уникальными свойствами. Наиболее перспективный метод исследования теплофизических свойств в области высоких температур – метод температурных волн с использованием радиационного нагрева. Этот метод позволяет получить информацию о таких характеристиках веществ и материалов, как температуропроводность и теплоемкость, а также о физических процессах, протекающих в веществах – фазовых переходах, стационарных состояниях и др. При этом достигается достаточно высокая точность получаемой информации.

Динамика физических процессов и их характеристики в материалах при использовании метода температурных волн раскрываются путем анализа характера изменения фазы и амплитуды тепловой волны в результате прохождения ее через образец. Чтобы получить полную картину свойств веществ и материалов указанным методом, эксперименты необходимо произвести в той частотной области температурных волн, где не происходит поглощение образцом всей энергии этих волн.

В настоящее время в РГППУ имеется экспериментальная установка по исследованию теплофизических свойств веществ и материалов, которая используется для определения температуропроводности и фазовых пере-

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

ходов. Тепловая волна в установке получается облучением образца инфракрасным излучением, модулированным по амплитуде с длиной волны 10,6 мкм и мощностью до 60 Вт. Излучение формируется оптическим квантовым генератором (лазером). Диапазон частот модуляции теплового потока от долей Гц до 100 Гц. Экспериментальная установка позволяет измерять температуропроводность с погрешностью $\pm 2\%$ и выше.

В качестве модулятора служит электронно-механический модулятор, структурная схема которой изображена на рис 1.

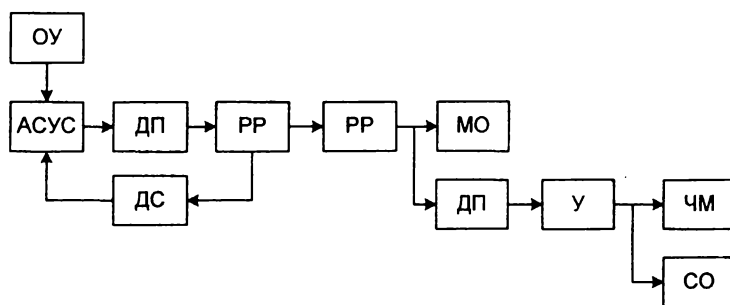


Рис. 1. Структурная схема электронно-механического модулятора:
 ОУ – органы управления; АСУС – аналоговая система управления и стабилизации скорости; ДПТ – двигатель постоянного тока; ДС – датчик скорости; РР – ременный редуктор; МО – механический обтюратор; ДП – датчик положения обтюлятора; У – электронный усилитель; ЧМ – электронный частотомер; СОС – электронная система обработки сигнала

Модуляция по амплитуде излучения от лазера осуществляется (см. рис. 1) с помощью вращения механического обтюлятора (МО), представляющего собой металлический диск с двумя вырезанными секторами. В результате одного поворота диска формируется два периода теплового излучения в форме меандра. МО получает вращающий момент от двигателя постоянного тока (ДПТ) через редуктор. Редуктор содержит два звена в виде ременных редукторов (РР), в качестве ремня используется резиновые пассики. Он позволяет получить необходимый вращающий момент и дискретно изменять скорость вращения обтюлятора. Для поддержания частоты вращения обтюлятора с заданной точностью служит система автоматического управления. Она реализована с использованием фундаментального принципа управления – регулирование по отклонению. Система включает в се-

бя: объект управления – ДПТ; устройство управления – аналоговая схема управления и стабилизации частоты (АСУС), формирующая управляющее напряжение для ДПТ в зависимости от показаний датчика обратной связи; датчик обратной связи – датчик скорости (ДС). ДС выполнен в виде опторпары, в центр которой помещен обтюратор с равномерно распределенными отверстиями по окружности. ДС имеет разрешающую способность 50 меток на оборот ротора ДПТ. С помощью органов управления (ОУ) можно менять в широком диапазоне частоту вращения ротора.

Модулятор в процессе своей работы дополнительно формирует опорный синусоидальный сигнал. Фаза опорного сигнала жестко связана с положением МО. Роль формирователя опорного сигнала выполняет датчик положения (ДП), выполненный в виде опторпары в центр которой помещены два поляроида, один из которых неподвижен, а второй жестко связан с МО. Опорный сигнал с ДП увеличивается по амплитуде усилителем (У). Усиленный опорный сигнал используется системой обработки сигнала (СОС) для выявления сдвига фазы сигнала от второй поверхности образца и визуального контроля частоты модулированного теплового излучения с помощью цифрового частотомера.

В связи с возрастающими требованиями к разрабатываемым веществам и материалам имеющаяся в настоящее время точность измерения становится недостаточной. Для ее повышения предлагаются следующие усовершенствования измерительного инструментария:

1. Компенсация возмущающего воздействия.
2. Осуществление управляющие воздействия специальными средствами, позволяющими повысить характеристики управляющих воздействий как качественно, так и количественно (точность управления, скорость управления и др.).

Как показывает практика, использование имеющегося модулятора не позволяет получить тепловую волну с высокими стабильными параметрами в силу его конструктивных особенностей:

- 1) в результате упругих деформаций пассивов происходят колебательные явления;
- 2) при работе модулятора в результате старения появляется проскальзывание пассивов передачи;
- 3) датчик скорости имеет низкую разрешающую способность;
- 4) изменяются положения пассивов на шкивах;

- 5) имеются высокие моменты в связи с большим количеством трущихся деталей;
- 6) быстро изнашивается коллектор ДПТ;
- 7) затрачивается значительное время на перерегулирование АСУС;
- 8) элементы модулятора достаточно громоздки и массивны;
- 9) другие особенности.

В созданных ранее модуляторах для вращения обтюратора использовались коллекторные двигатели постоянного тока и аналоговые системы стабилизации частоты модуляции, которые обеспечивали кратковременное отклонение 0,5%. Кроме того, данные схемы обладали дрейфом частоты.

Этих недостатков лишен бесконтактный двигатель постоянного тока, называемый вентильным двигателем. В этом двигателе щеточный аппарат заменен полупроводниковым коммутатором; якорь находится на статоре, а ротор представляет собой двухполюсный постоянный магнит.

Схема модулятора, построенная нами на базе вентильного двигателя (М), представлена на рис. 2.

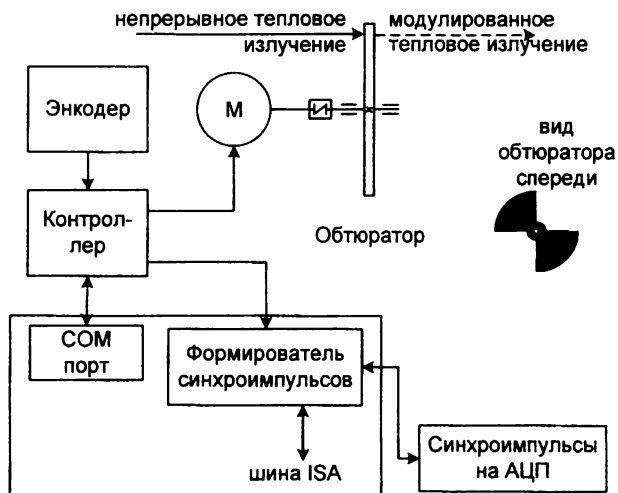


Рис. 2. Схема модулятора

Работа схемы осуществляется следующим образом. Тепловое (лазерное) излучение модулируется с помощью вращающегося обтюратора. Вращающий момент обтюратор получает от вентильного двигателя через

упругую муфту. Управление двигателем осуществляется с помощью контроллера, функционирующего на базе однокристальной микроЭВМ. На валу вентильного двигателя смонтирован инкрементный оптический энкодер (устройство преобразования угла поворота вала в электрические сигналы), формирующий 10000 импульсов на оборот вала. Импульсы от энкодера используются контроллером для стабилизации частоты, а также определения положения вала. Большое количество импульсов, формируемых энкодером за один оборот, а также современные алгоритмы управления, позволяют создать эффективную систему стабилизации частоты вращения даже на очень низких оборотах. Данная система обладает и высокими динамическими свойствами. Комплект, состоящий из двигателя М, энкодера и контроллера выпускается серийно фирмой «Delta» (Япония). Настройка основных параметров контроллера осуществляется с помощью ЭВМ через последовательный интерфейс (СОМ порт).

Для создания опорного сигнала используется разработанная нами схема формирователя синхроимпульсов, которые несут информацию о фазе теплового (лазерного) сигнала. С помощью этих синхроимпульсов запускается, в частности, аналого-цифровой преобразователь (АЦП) измерительного канала. Синхроимпульсы формируются на основе усиленных импульсов энкодера, поступающих от контроллера. Благодаря специальному преобразованию схема позволяет не только формировать сами по себе синхроимпульсы, но и обеспечивать регулировку фазы модулирующей функции.

Схема формирователя синхроимпульсов реализована на программируемом интервальном таймере, функцию которого выполняет БИС КР580ВИ53. Обработка сигнала осуществляется только на аппаратном уровне [3]. Управление схемой производится с помощью ЭВМ через параллельную шину (ISA).

Созданный модулятор обладает следующими характеристиками: диапазон частот (диапазон частот температурных волн) 0–100 Гц; отклонения модулированной частоты – 0,1%; шаг изменения частоты 1/60 Гц. В системе модуляции предусмотрено программное регулирование частоты и возможность самодиагностики.

Таким образом, разработанный модулятор, обладает более высокими характеристиками, чем у имеющихся аналогов: расширенным диапазоном модулированных частот, малыми отклонениями модулированной частоты, а также возможностью автоматизации процесса измерения за счет про-

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 УСТАНОВКИ¹

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-

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