

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ОПТИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ

Р.Г. Фаррахов, А.А. Мухамадиев

В статье приведена разработанная классификация основных принципов построения оптических преобразователей температуры (ОПТ). Рассмотрены их структурные схемы, основы функционирования, достоинства и недостатки. Приведены рекомендации по применению ОПТ, реализованных на различных принципах построения.

Ключевые слова: оптический преобразователь температуры (ОПТ), излучение, измерение температуры.

Key words: optical sensor of temperature (OST), influence, measurement of temperature.

Классификация принципов построения

В связи с бурным развитием промышленности в настоящее время потребность в точных бесконтактных измерениях температуры резко возросла. Потребность в бесконтактных измерениях измерений в одних случаях связана с перемещением материала, температуру которого необходимо измерять, в других применение контактных датчиков ограничено по диапазону измерения или по условиям рабочей среды.

Основы бесконтактной термометрии достаточно широко освещены во многих работах [4, 5, 10], однако в них отсутствуют систематизированные принципы построения ОПТ, именно этому вопросу уделено внимание авторами статьи.

На рис. 1 приведена разработанная классификация основных принципов построения ОПТ.



Рис. 1. Классификация принципов построения ОПТ

Преобразование электромагнитной энергии в аналоговый электрический сигнал

Сущность первого принципа построения ОПТ состоит в том, что электромагнитная волна от объекта излучения преобразуется в аналоговый электрический сигнал, пропорциональный температуре объекта, т.е. значение температуры определяется непосредственно по световому потоку от объекта излучения [1]. На рис. 2 приведена схема преобразования электромагнитной энергии в аналоговый электрический сигнал.

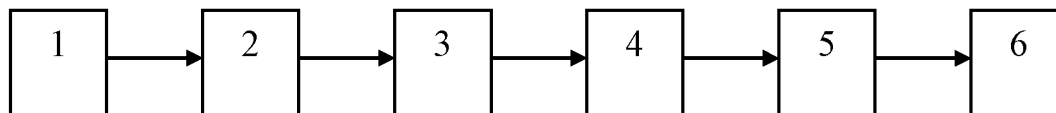


Рис. 2. Схема преобразования электромагнитной энергии в аналоговый электрический сигнал

Устройства, построенные по данному принципу, работают следующим образом. Электромагнитное излучение от объекта 1 фокусируется с помощью объектива 2 на фотоприемное устройство 3, где оно преобразуется в один или несколько электрических сигналов, пропорциональных температуре объекта излучения. Далее электрический сигнал (один или несколько) усиливается усилителем 4 и подается в блок обработки информации 5, затем выводится на регистрирующий прибор 6 в виде, удобном для восприятия оператором.

Данная схема построения накладывает жесткие требования к стабильности составных элементов всей цепи, так как инструментальная погрешность прибора определяется коэффициентом передачи всей схемы $K_{o,б}$, равному произведению коэффициентов передачи всех элементов $K_{o,б} = K_1 \cdot K_2 \cdot \dots \cdot K_n$. Приборы, построенные по приведенной схеме при использовании элементов с высокой стабильностью, отличаются повышенной точностью, простотой конструкции, высокой надежностью.

Преобразование электромагнитной энергии в цифровой электрический сигнал

В ОПТ, построенных по данному принципу, значение температуры определяется непосредственно по световому потоку, но в отличие от первого принципа построения электромагнитная энергия от объекта измерения преобразуется в цифровой электрический сигнал [7].

Рассмотрим структурную схему ОПТ с преобразованием электромагнитной энергии объекта излучения в цифровой электрический сигнал (рис. 3).

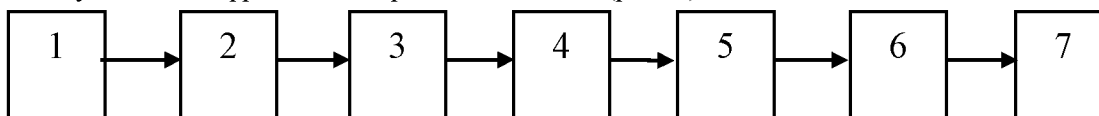


Рис. 3. Схема преобразования электромагнитной энергии в цифровой электрический сигнал

Электромагнитное излучение от объекта 1 фокусируется с помощью объектива 2 на фотоприемное устройство 3, где оно преобразуется в электрический сигнал (один или несколько) пропорциональный температуре объекта излучения. Далее аналоговый электрический сигнал усиливается усилителем 4 до уровня необходимого для нормальной работы аналого-цифрового преобразователя (АЦП) 5. В аналого-цифровом преобразователе аналоговый электрический сигнал преобразуется в цифровой сигнал и передается в блок обработки информации 6 для вычисления значения температуры и представления ее на цифровом индикаторе 7.

Построение на базе микроконтроллера

Современные информационно-измерительные устройства, как правило, функционируют с использованием персонального компьютера, поэтому при построении перспективных ОПТ необходимо обеспечивать их совместимость с ним. Для этого применяют построение ОПТ на базе микроконтроллера или микропроцессора [3].

На рис. 4 приведена структурная схема рассматриваемого принципа.

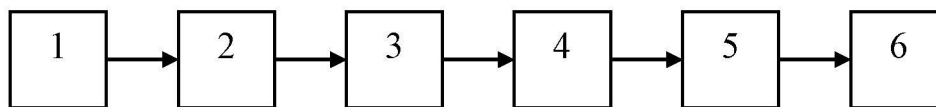


Рис. 4. Схема построения ОПТ на базе микроконтроллера

Излучение от объекта контроля *1* фокусируется с помощью объектива *2* на фотоприемное устройство *3*, где преобразуется в электрический сигнал (один или несколько) пропорциональный температуре объекта. Далее сигнал усиливается усилителем *4* и усиленный аналоговый сигнал подается на вход аналого-цифрового преобразователя *5*, где он преобразуется в цифровой код и подается на вход микроконтроллера *6* для обработки. АЦП может быть встроенным в микроконтроллер. Микроконтроллер осуществляет все функции по управлению прибором, обработке данных по заложенной во внутреннюю flash-память программе с учетом поправочных коэффициентов на различные виды погрешностей измерения температуры, также осуществляет связь устройства с персональным компьютером или с хост-контроллером информационной сети.

Таким образом, построение ОПТ на базе микроконтроллера решает все коммуникационные проблемы устройства, использование цифровых методов измерения и обработки информации дает возможность контролировать измеряемые физические величины, параметры прибора и управлять функциональными модулями ОПТ для оптимальной работы.

Использование оптического волокна для передачи излучения от источника к приемнику

Суть четвертого принципа построения заключается в том, что передача электромагнитной энергии от объекта излучения к приемнику осуществляется при помощи волоконно-го световода (СВ) (рис. 5) [2, 6].

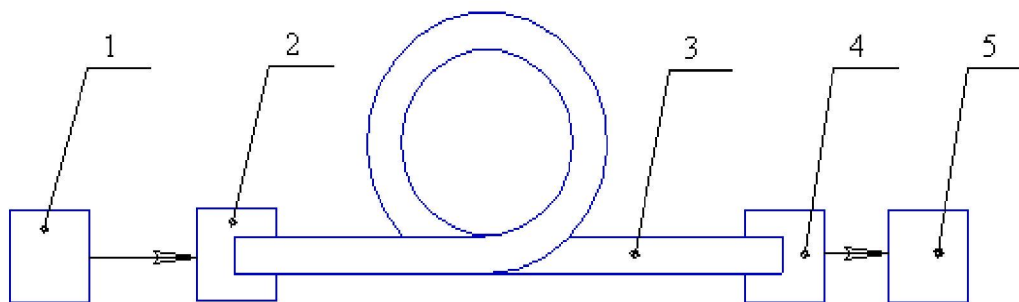


Рис. 5. Схема ОПТ с использованием волоконного световода

Излучение от объекта измерения *1* попадает на оптический блок *2* и фокусируется на входной торец СВ *3*, выходной торец которого соединен с измерительным блоком *4*. СВ переносит электромагнитную энергию от объекта непосредственно к приемнику излучения. После преобразования и обработки в измерительном блоке сигнал представляется в удобном для оператора виде на регистрирующем устройстве *5*.

ОПТ строятся по этому принципу для применения в жестких условиях с целью повышения надежности и точности измерений температуры. СВ используется при высоком уровне электромагнитных помех, высокой окружающей температуре, проникающей радиации, а также при наличии дыма, конденсата, пыли и присутствия посторонних предметов в зоне измерения температуры.

**Использование эталонного источника излучения,
с переменной интенсивностью излучения**

Суть пятого принципа состоит в том, что ОПТ строятся по компенсационной схеме измерения. Они имеют обратную связь по световому потоку.

Данный принцип построения реализован во многих конструкциях ОПТ (рис. 6) [9, 11].

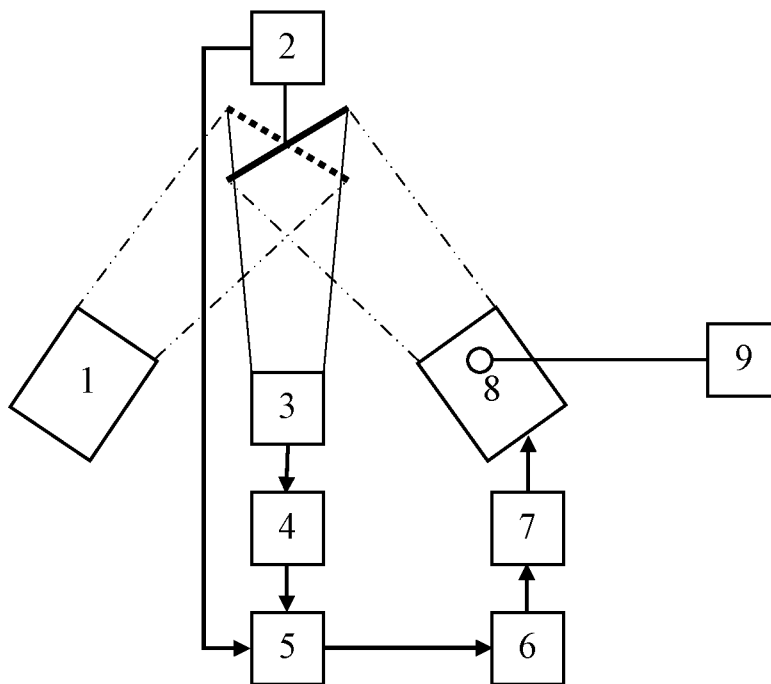


Рис. 6. ОПТ с использованием эталонного источника излучения с переменной интенсивностью излучения:

1 – объект измерения; 2 – обтюратор; 3 – приемник излучения; 4 – усилитель; 5 – генератор сигнала ошибки; 6 – контроллер; 7 – устройство управления интенсивностью излучения эталонного источника; 8 – эталонный источник излучения (модель абсолютно-черного тела); 9 – прецизионный контактный датчик измерения температуры

На приемник излучения попеременно попадают излучения от объекта измерения и эталонного источника излучения. Переключение потоков осуществляет обтюратор. Приемником излучения измеряется излучение эталонного источника и объекта, при этом температура эталонного источника измеряется прецизионным контактным датчиком и регулируется так, чтобы его излучение было равно излучению объекта. Электрический сигнал с приемника излучения усиливается усилителем, с выхода которого вместе с сигналом обтюратора для эталонного источника поступает на генератор сигнала ошибки, генерирующий сигнал, пропорциональный разности температур модели АЧТ и объекта.

Далее контроллер подает сигнал по цепи обратной связи устройству управления интенсивностью излучения эталонного источника для точной подстройки температуры модели АЧТ вплоть до обнуления сигнала ошибки. Температура объекта определяется по температуре эталонного источника при помощи прецизионного контактного датчика.

**Использование эталонного источника излучения
с постоянной интенсивностью излучения**

Суть шестого принципа состоит в том, что в составе схемы ОПТ имеется эталонный источник излучения с постоянной интенсивностью излучения (рис. 7) [8].

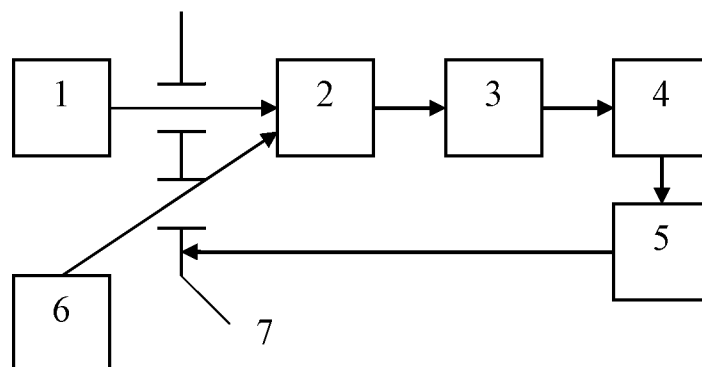


Рис. 7. ОПТ с использованием эталонного источника излучения с постоянной интенсивностью излучения: 1 – объект измерения; 2 – приемник излучения; 3 – усилитель; 4 – контроллер; 5 – устройство, уравнивающее световые потоки; 6 – эталонный источник излучения; 7 – диафрагма

На приемник излучения попеременно попадают излучения от объекта измерения и эталонного источника излучения. Устройство, с помощью которого осуществляется переключение потоков на рис. 7, не показано. При неравенстве потоков, попадающих на приемник, возникает переменная составляющая, которая усиливается усилителем. Далее контроллер подает сигнал на устройство, уравнивающее световые потоки, которое с помощью диафрагмы уравнивает световые потоки от объекта и эталонного излучателя. При равенстве световых потоков положение диафрагмы однозначно определяется температурой объекта.

В ОПТ, построенных по пятому и sixthому принципу, использующих обратную связь по световому потоку, погрешность приборов будет определяться стабильностью эталонного источника излучения. При этом не предъявляется жестких требований к стабильности других элементов схемы, в том числе приемника излучения. Поэтому эти принципы построения применяются, если необходимо использовать в приборе элементы, не отличающиеся стабильностью своих характеристик.

Библиографический список

1. А.с. 461315 СССР, М.Кл. G01J5/00. Приемник интенсивных потоков излучения / Л. С. Кременчугский, А. Я. Шульга (СССР). – № 1867326/18-10 ; заявл. 02.01.75 ; опубл. 25.02.75, Бюл. № 7. – 4 с.
2. Авдошин, Е. С. Волоконный инфракрасный радиометр / Е. С. Авдошин // Приборы и техника эксперимента. – 1989. – № 4. – С. 189–192.
3. Афанасьев, А. В. Инфракрасный микропроцессорный пирометр с комбинированной оптической системой / А. В. Афанасьев, И. Я. Орлов // Датчики и системы. – 2003. – № 2. – С. 41–45.
4. Бусурин, В. И. Волоконно-оптические датчики: Физические основы, вопросы расчета и применения / В. И. Бусурин, Ю. Г. Носов. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 256 с.
5. Гордов, А. Н. Основы пирометрии / А. Н. Гордов. – 2-е изд., доп. и перераб. – М. : Металлургия, 1971. – 447 с.
6. Пат. 4955979 США МПК G01J5/26; G01J5/54 Optical pyrometer with at least one fiber / Denayrolles Y., Pillon R.; заявитель и патентообладатель Electricite De France. – Заявл. 31.05.89 ; опубл. 11.09.90.
7. Пат. 5231595 США, МПК⁷ G01J5/60 Pyrometer / Toshiro Makino, Kyoto, Juro Arima; заявитель и патентообладатель Minolta Camera Kabushiki Kaisha. – Заявл. 06.06.87 ; опубл. 27.07.93.

8. *Пат. 6364524* США МПК G01J5/00 High speed infrared radiation thermometer, system, and method / Markham James; заявитель и патентообладатель Advanced Fuel Research Inc. – Заявл. 09.04.99 ; опубл. 02.04.02.

9. *Пат. 6585410* США МПК G01J5/52; G01J5/62; G01J5/52 Radiant temperature nulling radiometer / Ryan Robert; заявитель и патентообладатель NASA. – Заявл. 03.05.01 ; опубл. 01.07.03.

10. *Bertranda, Ph.* Pyrometry applications in thermal plasma processing / Ph. Bertranda, M. Ignatieva, G. Flamanta, I. Smurov // Vacuum. – 2000. – Vol. 56, № 1. – P. 71–76.

11. *Doubenskaia, M.* Optical monitoring of Nd:YAG laser cladding / M. Doubenskaia, Ph. Bertrand, I. Smurov // Thin Solid Films. – 2004. – Vol. 453–454. – P. 477–485.

УДК 681.51.011

МАГНИТООПТИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА И МАГНИТНОГО ПОЛЯ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

М.А. Ураксеев, Н.А. Авдонина

Проведено исследование применения магнитооптических преобразователей в оптических информационно-измерительных системах (ИИС) контроля электрического тока и магнитного поля с применением магнитооптического элемента Фарадея. Представлены преимущества магнитооптических преобразователей.

Ключевые слова: *магнитооптический преобразователь, информационно-измерительная система (ИИС), технические характеристики, метод измерения, оптическая измерительная техника, одномодовое оптическое волокно, световод, линейно поляризованный световой луч, сила тока, магнитное поле, магнитооптическая постоянная Верде.*

Key words: *magneto-optic converter, information-measuring system (IMS), technical features, metod of the measurement, optical measuring technology, single mode optical fiber, light conductor, linear polarized light ray, electric current, magnetic field, magneto-optic constant Verde.*

Человечеству на всем протяжении своего развития свойственна неутолимая жажда познания себя и окружающей Вселенной. Научные наблюдения и эксперименты проводились с незапамятных времен, и инструменты, использовавшиеся для этого, существуют уже тысячелетия. Тем не менее во второй половине XX в. развитие измерительных технологий и в связи с этим теории управления было очень стремительным.

В настоящее время прогресс в автоматизации технологических процессов лимитируется качеством измерительных систем, в частности, интерфейсом промышленного оборудования [1, с. 27]. Для любого нового устройства важно, чтобы эксплуатационные характеристики были правильно определены и, самое главное, были стабильны. Часто именно эта задача становится наиболее сложной для решения при осуществлении промышленного выпуска преобразователей новейших конструкций, осуществляющих измерение текущего значения координаты, скорости потока, влажности, ускорения, уровня жидкости, температуры, давления, электрического тока и магнитного поля. К тому же некоторые области применения современных преобразователей требуют значительно лучших технических характеристик в связи с жесткой ценовой политикой рынка, для которого они предназначены. В таблице представлены допустимые цены и другие желательные параметры преобразователей для основных областей применения [1, с. 28].