

АНАЛИЗ БЕСКОНТАКТНЫХ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

Реент А.В., студент; Стародубцева О.Н., асс.

(ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк)

Выбор метода измерения температуры зависит от диапазона измеряемых температур, требуемой точности, степени автоматизации процесса, быстродействия и допустимой величины входного теплового сопротивления измерительного устройства, т.е. его входной теплоемкости.

В диапазоне низких и средних температур используются в основном контактные методы измерения, в качестве первичных измерительных преобразователей в данном случае используются термометры сопротивления и термоэлектрические преобразователи. Для измерения высоких температур используют бесконтактные методы измерения, для чего применяют пирометры и тепловизоры.

Применение бесконтактных средств измерений позволяет производить измерения температуры движущихся объектов; объектов, расположенных в труднодоступных местах; избегать повреждений средств измерений при контроле высоких температур. Высокое быстродействие, возможность измерения температуры без отключения объекта от техпроцесса, обеспечение безопасности персонала, измерение температуры до 3000°C — основные преимущества пирометров и тепловизоров.

Пирометр — средство измерения температуры по тепловому излучению объекта, предназначенное для отображения значения температуры на индикаторе прибора или преобразования в аналоговый или цифровой сигнал. Они способны измерять температуру круговой зоны, ограниченной полем зрения прибора и усредняют температуру в пределах данной зоны. Зона видимости пирометра зависит от расстояния до объекта и от оптического разрешения пирометра. Следовательно, варьируя эти два параметра, с помощью пирометра можно измерять как температуру тонкой проволоки, так и среднюю температуру поверхности кузова автомобиля перед покраской.

Тепловизор — средство измерения температуры по тепловому излучению объекта, предназначенное для определения значения температуры и преобразования её в визуальную картину распределения тепловых полей по поверхности объекта. Тепловизор позволяет получить обобщенную информацию — тепловую картину некоторой области и конкретное значение температуры интересующего объекта, размер которого равен или больше размера элементарной ячейки поля зрения тепловизора.

В случае, когда необходимо измерить температуру микроскопических объектов, теплоемкость которых мала, бесконтактный способ измерения позволяет избежать искажений температуры объекта, вносимых контактным средством. Неоспоримыми преимуществами бесконтактных средств измерения температуры в сравнении с контактными являются:

- высокое быстродействие (до 1 мс) — необходимо в случае измерения температуры быстропотекающих процессов;
- возможность измерения температуры объекта без его отключения от технологического процесса — обнаружение точек перегрева, которые возникают только во время работы объекта;
- обеспечение безопасности персонала, проводящего измерение температуры объектов, находящихся под напряжением, так как работы производятся на расстоянии и не требуют отключения электроэнергии.

Пирометры и тепловизоры имеют в сравнении с контактными датчиками температуры, как ряд преимуществ, так и некоторые недостатки — зависимость показаний от расстояния до измеряемого объекта, от отражательных свойств измеряемой поверхности,

от излучения прямо не попадающих в поле зрения пирометра областей измеряемого объекта. Для того чтобы выбрать способ измерения, нужно оценить все за и против.

Пирометрические методы измерения температуры обладают следующими преимуществами:

1. Высоким быстродействием, определяемым типом приемника излучения и схемой обработки электрических сигналов. При использовании квантовых приемников излучения и быстродействующих аналого-цифровых преобразователей постоянная времени может составлять 10^{-2} — 10^{-6} с.

2. Возможностью измерения температуры движущихся объектов и элементов оборудования, находящихся под высоковольтным потенциалом.

3. Отсутствием искажения температурного поля объекта контроля, что особенно актуально при измерении материалов с низкой теплопроводностью, а также риска повреждения поверхности и формы в случае мягких объектов.

4. Возможностью измерения высоких температур, при которых применение контактных средств измерения либо невозможно, либо время их работы очень невелико.

5. Возможностью работы в условиях повышенной радиации и температуры окружающей среды при разнесении приемной головки и электроники пирометра с помощью оптоволоконного кабеля.

Основными недостатками пирометрических измерений температуры являются трудности полного учета связей между термодинамической температурой объекта и регистрируемой пирометром тепловой радиацией.

К основным факторы, влияющим на точность результатов измерений пирометром относятся следующие:

1. Между пирометром и объектом не должно быть препятствий, непрозрачных в рабочей области спектра пирометра, в противном случае, в результате уменьшения потока излучения, показания пирометра будут занижены.

2. Пирометром может быть измерена только температура поверхности объекта, измерение температуры внутри объекта возможно лишь путем нарушения его целостности.

Существует ряд технологических процессов, когда применение контактных датчиков невозможно, в таких случаях применение пирометров — единственно возможный способ контроля температуры. В случае, когда необходимо замерить температуру от 1800 °С до 3000 °С, контактные средства измерения применить невозможно, а бесконтактные приборы легко решают поставленную задачу.

Функциональные возможности пирометров позволяют, кроме текущего значения температуры, фиксировать максимальную, минимальную температуру объекта, их разницу, а также среднюю температуру за промежуток времени. Наличие цифрового интерфейса у пирометров (RS-232, RS-485, Hart-протокол) позволяет перенастраивать прибор и контролировать значение измеряемой температуры непосредственно с персонального компьютера. Специальное программное обеспечение пирометров позволяет создавать отчеты в виде графиков и формировать базы данных.

Существуют следующие разновидности пирометров: радиационные, яркостные и цветовые.

На рис.1 показан преобразователь пирометра ИАТ, представляющий собой трубку 1, в заднем торце которой установлено сферическое зеркало 3. Измеряемый радиационный поток, отраженный зеркалом 3, фокусируется на терморезистор 2 и нагревает его. Чтобы нагрев происходил прямыми лучами и исключался нагрев лучами, отраженными от стенок трубы, внутренняя ее поверхность покрыта зачерненными ребрами 5, а терморезистор прикрыт со стороны, противоположной фокусирующему зеркалу, тепловым экраном 4.

Для сохранения в чистоте внутренней полости преобразователя и особенно отражающей полости поверхности фокусирующего зеркала входной конец трубы герметично закрыт тонкой полиэтиленовой пленкой 6, хорошо прозрачной для цветового и

инфракрасного излучения. Пирометр предназначен для измерения температур от 20 до 100 °С.

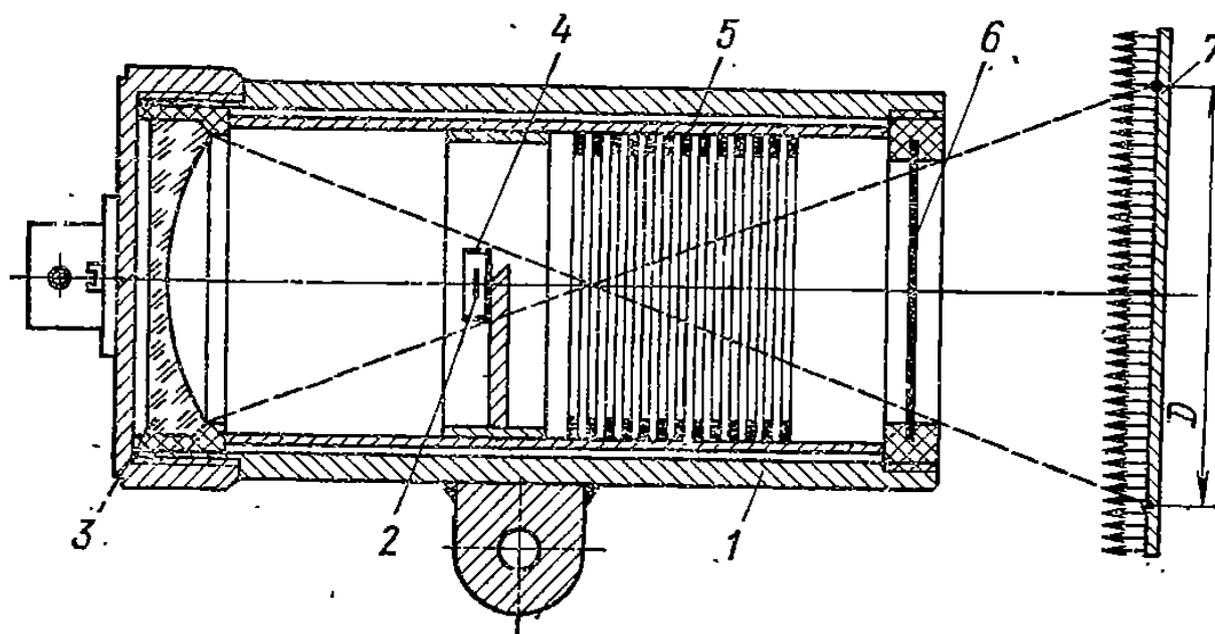


Рисунок 1 - Преобразователь пирометра ИАТ

При измерении более высоких температур (от 100 и до 2500 °С), когда излучение становится более высокочастотным, для фокусировки радиационного потока применяются стеклянные или кварцевые собирающие линзы, а в качестве чувствительного элемента, воспринимающего тепловой поток, батареи термопар. Подобные пирометры не могут измерять относительно низкие температуры (ниже 100 °С), так как стеклянная или даже кварцевая оптика непрозрачна для низкотемпературного инфракрасного излучения.

Основной частью прибора является рефракционный телескоп, в котором изображение объекта измерения проецируется на черные платиновые лепестки термостолбика, дающего сигнал, пропорциональный падающей энергии. Приборы градуируются по излучению абсолютно черного тела.

Недостатком всех радиационных пирометров является то, что их показания определяются не только температурой исследуемого тела, но и отражающей способностью его поверхности.

Яркостные пирометры являются приборами сравнения в узком участке спектра яркости исследуемого объекта с яркостью образцового излучателя в виде температурной лампы накаливания. В качестве образцового источника яркости применяют лампы с плоской вольфрамовой нитью или лентой. После старения в течении 100 ч при температуре 2000 °С излучение лампы становится стабильным, если ее при эксплуатации не перегревать выше 1400÷1500 °С. Яркость можно регулировать или изменением тока лампы, или введением нейтрального светофильтра переменной плотности «оптического клина». В первом случае шкала прибора получается резко нелинейной, так как яркость нити лампы накаливания пропорциональна примерно пятой степени тока накала. При изменении яркости с помощью оптического кругового клина угол поворота последнего будет линейно зависеть от регулируемой яркости.

Цветовые пирометры основаны на измерении отношения интенсивностей излучения при двух длинах волн, выбираемых обычно в красной и синей областях спектра. Температура, измеряемая цветовыми пирометрами, называется цветовой температурой тела, и если коэффициенты неполноты излучения для обеих выбранных волн совпадают между собой, то цветовая температура равна истинной температуре тела. Это одно из решающих преимуществ цветовых пирометров. Кроме того, показание цветовых пирометров

принципиально не зависит от расстояния до объекта измерения от поглощения радиации в среде, заполняющей это расстояние, если коэффициенты поглощения одинаковы для обеих волн. Недостатком цветковых пирометров является их относительная сложность.

Все эти приборы специально разработаны и откалиброваны для решения проблем измерения температуры в промышленности.

В настоящее время бесконтактный метод измерения температуры широко востребован в энергетике. Он применяется для диагностики электрооборудования под напряжением, для технического обслуживания энергетического оборудования. С помощью пирометров и тепловизоров можно быстро и безопасно контролировать температуру электрических двигателей, корпусов трансформаторов, кожухов шинопроводов, оборудования электрических подстанций, обнаруживать осушенные участки высоковольтных кабельных линий, контролировать температуру электроизоляторов. В жилищно-коммунальном хозяйстве с помощью пирометров и тепловизоров производят контроль температуры труб подачи и забора воздуха, измеряют температуру теплотрасс, определяют места утечек тепла, проводят инспекцию кровли. Бесконтактный метод измерения температуры позволяет сократить время проведения измерений и обезопасить персонал, продлить срок службы средства измерения и расширить диапазон измеряемых температур. Дешевизна бесконтактного метода контроля температуры, его оперативность и доступность позволяют использовать пирометры и тепловизоры практически на любом предприятии.

Благодаря своей простоте в работе, широкому диапазону измеряемых температур, малому времени отклика, отсутствию необходимости контактировать с объектом, своим функциональным возможностям бесконтактные средства измерения температуры находят широкое применение не только там, где это единственно возможное средство измерения, но и постепенно начинают вытеснять контактные датчики температуры.

В статье выполнен анализ бесконтактных методов измерения высоких температур по литературным источникам [1-4]. Работа выполнена с целью выбора и обоснования средства контроля температуры объектов прокатного производства.

Перечень ссылок

1. Геращенко О.А, Тепловые и температурные измерения. / Справочное руководство / О.А.Геращенко, В.Г. Федоров. — К: «Наукова думка», 1965. — 304 с.
2. Бесконтактные средства измерения температуры — <http://www.eprussia.ru/epr/45/2973.htm> (на 05.05.2014 г.)
3. Преимущества и недостатки бесконтактного измерения температуры — <http://www.omsketalon.ru/downloads/articles/Help%20piro.pdf>.
4. Бесконтактные методы измерения температур - <http://studopedia.org/3-157387.html>. (на 04.11.2014 г.)