Задание 3

В задании необходимо привести I) конструкцию указанного в задании (таблица A.I приложения) датчика физической величины - пирометра излуче­ния, 2) схему его включения, 3) пример применения этого датчика в автоматике и 4) указанные ниже характеристики (нелинейность, диапазон измеряемых (входных) значений, диапазон выходных значений, точность, разрешающая способность, быстродействие).

ПИРОМЕТРЫ (от греч. руг-огонь и metreo - измеряю), оптические прибо­ры для измерения температуры гл. обр. непрозрачных тел по их излучению в оптическом диапазоне спектра (длины волн в видимой части 0,4-0,76, в неви­димой > 0,76 мкм). Совокупность методов определения с помощью пирометров высоких температур наз. пирометрией.

При всем разнообразии существующих термометров и датчиков темпера­туры в производстве возникают задачи, которые не под силу современным кон­тактным цифровым термометрам. Оборудование и устройства многих техноло­гических циклов и процессов не позволяют установку контактных датчиков или показывающих приборов для контроля температуры по ряду технических при­чин, либо установка и монтаж подобных датчиков и приборов затруднена. Вви­ду актуальности такой проблемы были разработаны специальные инфракрас­ные термометры (пирометры), позволяющие измерять температуру в труднодо­ступных, горячих, вращающихся или опасных местах.

Первый образец инфракрасного термометра был создан в конце 1988 года.

По области применения инфракрасные термометры классифицируют на 2 типа: стационарные и переносные (портативные). Инфракрасные термометры относятся к группе приборов неразрушающего контроля, что позволяет прово­дин, измерение температур без непосредственного контакта е измеряемой по­верхностью, как в случае с контактными электронными термометрами. Их ис­пользование гарантирует безопасность при диагностике дефектов и мониторин­ге различных процессов, а также помехоустойчивость в процессе измерения для получения объективных и точных результатов.

Основные параметры пирометров:

1. выбор диапазона температур - зависит непосредственно от объекта, контроль температуры которого осуществляется.
2. тип прицельного устройства -полностью определяется размерами объектов, температуру которых необходимо определить, а также расстоянием до этих объектов. Контроль температуры малых и значительно удаленных объ­ектов требует дорогих прицельных устройств.
3. тип индикатора определяется условиями эксплуатации, в основном значением температуры, при которой планируется использовать прибор.
4. показатель визирования - по аналогии е типом прицельного устрой­ства выбирается в зависимости от размеров объектов и расстояния до них. По­казатель визирования пирометра зависит прямопропорционально от удаленно- сти и объекта и обратно-пропорционально от его размеров. Важно также, чтобы при измерении температуры удаленного объекта в поле зрения инфракрасного термометра не попадали посторонние предметы.
5. расстояние до минимального поля зрения - согласно основным оп­тическим законам, поле зрения прибора будет увеличиваться пропорционально увеличению расстояния от прибора до объекта, при выборе прибора необходи­мо учесть расстояние, на котором наиболее часто будут проводиться измерения температуры.

Принцип работы пирометра

По большому счету любой инфракрасный термометр является идеальным профессиональным диагностическим инструментом для проведения техниче­ского обслуживания, обеспечивающим максимальную точность измерения температуры на любом расстоянии.

Принцип действия бесконтактного термометра заключается в измерении силы теплового излучения, исходящего от объекта преимущественно в диапа­зонах видимого света и инфракрасного излучения.

Изначально термин "пирометр" использовался для обозначения прибора, предназначенного для измерения температуры по яркости предельно нагретого предмета. На сегодняшний день понятие несколько расширилось, поскольку, с развитием технологий появились абсолютно новые приборы - инфракрасные.

Сфера применения пирометров

Инфракрасные термометры применяют в различных отраслях. Сфера их применения достаточно широка:

1. Измерения температур опасных для человеческого организма поверхно­стей и сред, в том числе, горячих.
2. Измерение температурных показателей недоступных и труднодоступных объектов.
3. Сканирование для поиска холодных или горячих точек.
4. Диагностические работы с электро- и теплооборудованием.
5. Быстрое (мгновенное) определение температуры объектов, которые пре­бывают в движении.
6. Профилактика и диагностика ж/д и автотранспорта.
7. Поддержание противопожарной безопасности.
8. Контроль и проверка систем кондиционирования, вентиляции и отопле­ния.
9. Электроаудит и электродиагностика.
10. Работы по профилактике оборудования в любой отрасли промыш­ленности.

Очевидно, что измерение температуры современными приборами имеет ряд преимуществ перед обычными термометрами. Измерения возможно проводить без остановки производства или технического процесса. Все измерения темпе­ратуры производятся е безопасного расстояния. При этом присутствует значи­тельное увеличение производительности груда работников благодаря момен­тальности измерений.

Сравнительная характеристика основных моделей

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Модель | AR300 | AR872D | AR892 |
|  Измеряемая темпера­тура, °С | от - 32 до +300 | от - 50 до +1050 | от +200 до - 1 800 |
| Показатель визирова­ния | 1: 12 | 1: 20 | 1: 80 |
| Точность, °С | ±2 | от - 50 до 0: ±3; от 0 до + 100: ±1.5; от 100 до 1050: ±1.5 | ±2 |
| Температура эксплуа­тации, °С | от - 25 до +55 | от - 15 до +50 | от - 10 до +50 |
| Коэффициент теплово­го излучения | 0.95 | от 0.10 до 1.00, шаг 0.01 | от 0.10 до 1.00, шаг 0.01 |
| Спектр, мкм | 8-14 | 8-14 | 8-14 |
| Прицеливание | точечный лазер | точечный лазер | точечный лазер |
| Питание | 9В "Крона" | 9В "Крона" | 9В "Крона", DC9V |
| Связь с компьютером | нет | нет | есть, RS-232 |
| Доп. функции | пет | часы, min, max, откло­нение, контроллер, среднее, разъем для штатива, кейс | часы, min, max, откло­нение, контроллер, среднее, разъем для штатива, шнур RS232, ПО для ПК. кейс |
| Размеры, мм | 140x80x38 | 220х134x60 | 220x134x60 |
| Вес, г | 130 | 480 | 480 |

Среди методов измерения температуры можно выделить два основных: измерение температуры контактным и бесконтактным способом. В промыш­ленности в этом случае распространены методы именно бесконтактного изме­рения ввиду их простоты и эффективности, а также точности и объективности результатов измерения. Особенности реализации приборов позволяют приме­нять их для измерения температуры практически для любых целей и в любых условиях, где это необходимо.

На данном этапе уровень развития теоретической и практической физики позволяет получать результаты измерения какой-либо величины не прямым, а косвенным способом через обоснованные связи измеряемой физической вели­чины с другими величинами, чье измерение не составляет труда. Так, напри­мер, чтобы получить численное значение ускорения движущегося тела, необхо­димо лишь зафиксировать начальную и конечную скорость, а также пройден­ный участок пути, не прибегая к помощи акселерометров (приборов для изме­рения ускорения). По аналогичному принципу достаточно удобно измерять температуру. Измерение температуры совеем незатруднительно проводить оп­тическим способом: нагретые до какой-либо температуры тела излучают волны соответствующей данной температуре длины волны (лямбда) в диапазоне длин волн, соответствующих инфракрасному диапазону частот (обратная зависи­мость длины волны).

В основе принципа действия бесконтактных термометров (инфракрасных термометров или же пирометров) как раз положен оптический метод измерения температуры. О широком спектре применения приборов бесконтактного изме­рения говорить излишне - это вполне очевидно. Остановимся лишь на конкрет­ном описании пирометров и на тех моментах, которые являются определяющи­ми в выборе пирометра для тех или иных задач.

В связи с тем, что ассортимент предлагаемых как зарубежных, так и отече­ственных измерительных приборов весьма велик и, как правило, адаптирован под конкретные цели, - то следует четко определиться, какой тип пирометра необходим для планируемых измерений. Стационарные пирометры дают весь­ма точные результаты и очень богаты функционально, однако они не предна­значены для проведения измерений "налету" и "в ноле". Такие пирометры гре- букл калибровки и настройки, проверки на моделях АЧТ (абсолютно черное тело), и, не смотря на высокую надежность, точность и безошибочность изме­рений, а также удобство представления результатов такой пирометр затрудни­тельно всегда иметь под рукой. В условиях производства здорово выручают компактные переносные термометры, которые позволяют мгновенно получать значения температуры нагретого тела, причем на приемлемом уровне точности. Главная особенность таких пирометров - возможность всегда быть под рукой и контролировать температуру оперативно, мгновенно получать результаты из­мерении для коррекции данного технологического процесса, например, для не-

стационарных объектов или в условиях монтажа объектов в нолевых условиях. Также предпочтительно использование там, где очень точные данные не важны или же отсутствует автоматическая система опроса датчиков температуры (как контактных, так и безконтактных). К слову, в выборе между портативным и стационарным промышленным пирометром не последнюю роль играет цена, которая адекватно высока у промышленных пирометров по сравнению с порта­тивными моделями.

Далее имеет смысл рассмотреть основные технические характеристики пи­рометров, на которые следует в первую очередь обращать внимание в выборе оных.

Первый момент - вероятный диапазон температур, величину которых пла­нируется контролировать. Здесь в основном играет роль область применения и задачи по измерению температуры. Если необходимость использования пиро­метра ограничена проведением энергетического аудита помещений (например, выявления зон геплопотерь для определения экономического эффекта от энер­госбережения п прочее) и других измерений в условиях окружающей среды то вполне удовлетворительным будет диапазон температур от - 30 градусов Цель­сия до 50 градусов Цельсия. Если пирометр предполагается использовать в це­лях контроля температуры на промышленных объектах, здесь уже нужны спе­циализированные пирометры, способные работать температурами в диапазоне, значения в котором в десять раз превышают указанные выше. Стоимости пиро­метров формируются отчасти адекватно их возможностям по данному парамет­ру.

Второй момент, на который стоит обратить внимание - разрешающая спо­собность по температуре. Фактически, это точность показаний Вашего пиро­метра, поскольку эта величина характеризует наименьшую разность темпера­тур, воспринимаемых пирометром. Как в контактном, так и в бесконтактном методах, обычно существует ряд второстепенных условий, влияющих на точ­ность получаемых результатов и степень их влияния может выражаться от со­тых градуса до нескольких градусов.

При выборе пирометра имеет смысл изучить такой параметр как показа­тель визирования. Данный параметр определяет рабочую область измерения и максимальное расстояние, для которого возможно снятие объективных резуль­татов измерения. Обычно параметр сопоставлен с фокусным расстоянием пи­рометра (для пирометров с фиксированным фокусным расстоянием) либо опре­деляется по диаграмме, на которой представлена зависимость размеров объек­та, температуру которого требуется измерить, от расстояния до этого объекта. Обычно подобная диаграмма является составляющей комплектации пирометра или приводится в инструкции по эксплуатации. Для получения точной инфор­мации измерений при каком-либо фиксированном расстоянии для замера тем­пературы области объекта (в зависимости от данного расстояния, что и приве­дено в диаграмме) желательно, чтобы объект был приблизительно в 2 раза больше измеряемой области. Для определения температуры малых областей объекта на большом расстоянии используют пирометры с большими показаге- лями визирования (начиная от 100:1). Однако вопрос об использовании пиро­метров с высоким показателем визирования на практике оказался противоречи­вым. Как правило, определение температуры небольших областей для дефекто­скопии не является принципиальным - вполне достаточно определить ненор­мальные перепады температуры с помощью приборов с более низким показате­лем визирования.

Также обязательная характеристика для всех полупроводниковых прибо­ров - диапазон рабочих температур. Этот параметр характеризует температур­ные условия, в которых прибор сможет функционировать нормально и измене­ния температуры не повлияют на метрологические качества прибора. В выборе пирометра с учетом этой характеристики следует учесть возможность калиб­ровки прибора, предусматривающей возможность компенсации теплового уда­ра, а также сохранение точности измерений во всем диапазоне рабочих темпе­ратур при резкой смене температуры окружающей среды с субъективно теплой на холодную и наоборот.

Кроме всех выше перечисленных характеристик и моментов удоб­ства/портативности пирометров имеет смысл обратить внимание на условия отображения информации. Как правило, любой современный пирометр снаб­жен ЖК-дисплеем, на котором отображаются данные измерения. Для неперио­дических замеров этого, как правило, бывает достаточно. Однако в системах автоматического управления, где пирометр может выступать датчиком темпе­ратуры, имеет смысл выбирать пирометры с токовым, вольтовым пли цифро­вым выходами в зависимости от реализации данной САУ.

Разновидности приборов

Квазимонохроматические (оптические) пирометры. Действие этих пе­реносных приборов основано на сравнении яркости моно-хроматического излу­чения двух тел - тела, температуру которого измеряют, и эталонного. В каче­стве последнего обычно используют нить лампы накаливания с регулируемой яркостью излучения. Наиб, распространенный прибор данной группы- пирометры с "исчезающей" нитью (рисунок 3.1). Внутри телескопической трубки в фокусе линзы объектива находится питаемая от аккумулятора через реостат пирометрическая лампа с подковообразной нитью. Для получения мо­нохроматического света окуляр снабжен красным светофильтром, пропускаю­щим лучи только определенной длины волны (65-66 мкм). В объектив помещен серый поглощающий светофильтр, служащий для расширения пределов изме­рений.

Рисунок 3.1 - Кназимонохроматичсский пирометр:

I -трубка; 2,3 - линзы; 4 - лампа накаливания; 5,6 - серый и красный светофильтры; 7 — рео­стат; 8 - аккумулятор; 9 - милливольтметр

При подготовке оптической системы к измерению трубку наводят на рас­каленное тело и передвигают объектив до получения четкого изображения тела и нити лампы. Включив источник тока, реостатом регулируют яркость нити до тех пор, пока ее средняя часть не сольется с освещенным телом. В момен т вы­равнивания яркостей тела и нити, когда последняя становится неразличимой, прибор показывает так называемую яркостную температуру тела (равна темпе­ратуре абсолютно черного тела того же углового размера, что и излучающее тело, и дающего такой же поток излучения на данной длине волны). Эту темпе­ратуру (Тя) отсчитывают по одной из шкал отградуированного в градусах мил­ливольтметра: верхней - без серого светофильтра (для температур 800-1400°С) и нижней со светофильтром (для температур св. 1300°С). Погрешность до 1% от диапазона измерений. По известной Тя истинную температуру тела определяют на основе законов теплового излучения.

Фотоэлектрические пирометры. В приборах различных типов чувстви­тельными элементами служат фотоэлементы с внешним фотоэффектом, в кото­рых фототок пропорционален энергии излучения воли определенного участка спектра. В пирометрах этого типа (рисунок 3.2) изображение раскаленного тела (температуру которого измеряют) е помощью объектива и диафрагмы 2 созда­ется в плоскости одного из отверстий диафрагмы 3, расположенной, наряду с красным светофильтром, перед фотоэлементом. Последний через другое отвер­стие этой диафрагмы освещается регулируемым источником света - электриче­ской лампой. Благодаря колебаниям заслонки вибрационного модулятора фото­элемент поочередно с частотой 50 Гц освещается раскаленным телом и лампой. При неравенстве освещенностей от них в цепи фотоэлемента возникает фото­ток, усиливаемый электронным усилителем. Его выходной сигнал изменяет ток накала лампы до выравнивания указанных освещенностей. Сила тока, одно­значно связанная с яркостной температурой тела, на сопротивлении Rm.iv преоб­разуется в напряжение, измеряемое автоматическим потенциометром, шкалы которого градуированы в градусах Тя. Фотоэлектрические пирометры выпус­кают одношкальными для измерения температур от 600 до 2000°С пли двуш­кальными (введен ослабляющий светофильтр) для определения более высоких

температур; в первом случае погрешность не превышает 1%, во втором - 2,5% от диапазона измерений.

Рисунок 3.2 - Фотоэлектрический пирометр:

I -объектив; 2,3 диафрагмы; 4 - светофильтр: 5 - фотоэлемент; 6 - лампа; 7 - модуля гор

света; 8 - заслонка; 9 - усилитель

Пирометры спектрального отношения (цветовые пирометры). В про­мышленных приборах находится отношение так называемой спектральной энергетической яркости (излучение определенной длины волны, или яркости) реального тела с двумя заранее выбранными значениями длины волны. Для каждой температуры Т это отношение неодинаково, по вполне однозначно. Действие большей части конструкций основано на определении цвета нагрето­го тела по отношению яркостей для не очень близких одна к другой двух длин волн в видимой части спектра.

Рисунок 3.3 - Пирометр спектрального отношении:

I -защитное стекло; 2 - объектив; 3 обтюратор с красным и синим светофильтрами; 4 фо­тоэлемент; 5 - усилитель; 6 - логарифмическое устройство; 7 - милливольтметр

Измеряемое излучение через защитное стекло и объектив попадает на фо­тоэлемент (рисунок 3.3). Между ним и объективом установлен вращаемый син­хронным двигателем обтюратор. Последний выполнен в виде диска с двумя от­верстиями, закрытыми красным и синим светофильтрами. То есть образует, при вращении обтюратора на фотоэлемент попеременно попадают излучения раз­ной интенсивности. Предварительно усиленный переменный ток, напряжение которого пропорционально соответствующим интенсивностям излучения, пре­образуется электронным логарифмич. устройством в постоянный ток силой, за­висящей от 1/Т. Сила выходного тока устройства определяется показывающим или регистрирующим милливольтметром. Пределы измерений 1400-2500°С; по­грешность не превышает — 1% от верхнего предела.

Пирометры полного излучения (радиационные пирометры) Служат для измерения температуры по мощности излучения нагретого тела (рису­нок 3.4). Испускаемые им лучи с помощью оптической системы (рефракторной - преломляющей с линзой и диафрагмой или рефлекторной - отражающей с зеркалом) фокусируются на преобразователе - обычно миниатюрной термо­электрической батарее. Для наводки на нагретое тело используют окуляр с красным либо дымчатым светофильтром. Возбуждаемая в батарее термоэде фиксируется потенциометром, шкала которого градуирована в градусах но температуре излучения абсолютно черного тела. По измеренной радиационной температуре (900-2000 °С) истинную температуру раскаленного тела находят из специальным таблицам. Точное определение количества поступающей в пиро­метр лучистой энергии крайне затруднительно, т.к. между приемником излуче­ния и окружающей средой происходит теплообмен. Несмотря на эго, пиромет­ры полного излучения широко распространены в производственной практике; они могут быть установлены стационарно, позволяют применять дистанцион­ную передачу показаний, автоматически записывать и регулировать температу­ру.

Рисунок 3.4 - Пирометр полного излучения:

1 - линза; 2 - диафрагма; 3 - приемник излучения (преобразователь);

4 - окуляр; 5 - светофильтр

По сравнению с другими устройствами для измерения температуры пиро­метры позволяют определять ее бесконтактно при теоретически неограничен­ном верх, пределе измерения; определять высокие температуры в газовых токах при высоких скоростях и т.д. В промышленности пирометры широко применяют в системах контроля и управления температурными режимами раз­нообразных технологических процессов.

Список литературы

1. Кулаков М.В., Технологические измерения и приборы для химических производств, М., 1983, с.91-96; Шкатов Е.Ф.
2. Технологические измерения и КИП на предприятиях химической про­мышленности <<http://www.xumuk.ru/bse/2993.html>>, М., 1986, с. 208-16.
3. Промышленные приборы и средства автоматизации. Справочник, под ред. В.В. Черенкова, Л., 1987, с.70-77. Е.Ф. Шкотов.
4. Практикум по автоматике. Математическое моделирование систем ав­томатического регулирования / Под ред. Б.А. Карташова. - М.: КолосС, 2004. - 184 с.
5. Бородин, И.Ф. Автоматизация технологических процессов и системы ав­томатического управления / И.Ф.Бородин, С.А. Андреев - М.: КолосС, 2005. - 352 с.
6. Электропривод и электрооборудование : учебник для вузов / А.П. Коло­миец, Н.П. Кондратьева, И.Р. Владыкин, С.И. Юрам. - М.: КолосС, 2006. - 328 с.
7. Юран, С.И. Автоматизация тепловых процессов: метод, указ, к лаб. ра­ботам. - Ижевск : ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2013. - 1 12 с.
8. Иванова, Г.М. Теплотехнические измерения и приборы: учебник для ву­зов / Г.М. Иванова, Н.Д. Кузнецов, В.С. Чистяков. - М.: Издательство МЭИ, 2005.-460 с.
9. Монтаж электрооборудования и средств автоматизации: учебник для ву­зов / А.П. Коломиец, Н.П. Кондратьева, С.И. Юран, И.Р. Владыкин. - М.: Ко­лосС, 2007.- 351 с.
10. Фрайден, Дж. Современные датчики. Справочник. - М.: Техно­сфера, 2005. - 592с.
11. Келим, Ю.М. Типовые элементы систем автоматического управ­

ления. - М.: ФОРУМ: ИИФРА-М, 2002. - 384 с.

1. ’’МВТУ" - программный комплекс для моделирования и исследо­вания систем и объектов (сайт <http://energy.power.bmstu.ru/mvtu/>).
2. Федосов Б.Т. Программный комплекс для моделирования и исследова­ния объектов и систем / методическое руководство. Рудненский индустриаль­ный институт, Казахстан, <http://web.host.kz/atpp/fed.htm>.
3. Бородин, И.Ф. Технические средства автоматики. - М.: Колос, 1982. 303 с.