

Применение ИК измерителей температуры для контроля малоразмерных объектов

Контроль температуры электронных схем, плат и приборов в целом — неотъемлемая часть их технического сопровождения и обслуживания. Еще на стадии разработки устройства закладываются определенные температурные режимы, на этапе тестирования и отладки опытного образца отслеживается нагрев отдельных элементов и условия работы всей системы. Для каждого производства существуют определенные температурные нормативы и режимы, а выходной контроль качества во многих случаях предусматривает температурное тестирование.

Светлана Котова

kotova@tek-know.ru

На данный момент существует множество разных измерителей температуры, у каждого из них есть свои достоинства и недостатки. Принципиально они делятся на два основных типа: это контактные измерители (например, термопары и термосопротивления) и неконтактные, к этому классу относятся пирометры и тепловизоры.

Принцип работы неконтактных измерителей основан на измерении тепловой энергии — инфракрасного (ИК) излучения, испускаемого любым объектом. Основные достоинства таких измерителей — быстрота измерений и собственно то, что для измерения температуры им не нужно прикасаться к объекту. Это актуально, когда прикосновение контактного датчика может нарушить работоспособность схемы, а также для хрупких, боящихся загрязнений элементов.

За последнее время ИК измерители температуры получили широкое распространение. Если раньше это были громоздкие, дорогостоящие приборы, включающие в себя систему принудительного охлаждения чувствительного элемента, то сейчас, благодаря совершенствованию приемников излучения, были созданы легкие, компактные инструменты контроля температуры, не уступающие по своим характеристикам предшественникам, а по функциональным возможностям значительно превосходящие их.

Возможности современных бесконтактных средств измерений температуры рассмотрим на примерах применения пирометра LS и тепловизора PI производства компании Optris (Германия).

Пирометр Optris LS

Допустим, перед разработчиком некоего устройства стоит задача определения и отладки оптимального режима работы системы охлаждения элемента платы, микросхемы или процессора (к примеру, вентилятора или радиатора). Для решения такого рода задач удобнее всего использовать пирометр, так как точка измерения известна.

Так как контроль температуры — процесс, требующий затрат времени, пирометр LS удобнее всего установить на штатив над исследуемой схемой (рис. 1). Прицеливание осуществляется с помощью двух лазерных лучей (рис. 2), которые позволяют не только точно указать место измерения, но и покажут диаметр пятна измерения. Диаметр контролируемого пятна определяется относительным отверстием пирометра: чем дальше установлен пирометр от объекта измерения, тем шире область, с поверхности которой снимается температура, и, соответственно, значение усредняется по площади. На корпусе прибора нанесена диаграмма с указанием диаметров пятна на различных расстояниях.

При установке пирометра необходимо следить, чтобы в его поле зрения попал только контро-



Рис. 1. Крепление пирометра Optris LS на штативе на расстоянии 62 мм для обеспечения минимального контролируемого пятна измерения



Рис. 2. Наведение пирометра Opttris LS на объект измерения с помощью двулучевого лазерного прицела

лируемый объект, то есть диаметр пятна измерения должен быть меньше объекта. Минимальный размер зоны измерения у пирометра Opttris LS — 1 мм. Эта зона реализуется при переключении прибора в ближнефокусный режим с расстояния 62 мм (в этом положении происходит полное слияние двух лазерных лучей в одной точке).

Итак, пирометр установлен, с помощью системы лазерного прицеливания настроен на измерение температуры контролируемого объекта, теперь возникает вопрос получения результатов измерений и обработки информации. Любой пирометр имеет возможность ручного режима работы, то есть при нажатии курка происходит замер. Значение температуры высвечивается на дисплее прибора. Одна из особенностей Opttris LS — это поворотный дисплей. Пирометр оснащен датчиком положения и автоматически подстраивается, чтобы оператору было удобно работать.

Для продолжительного, непрерывного отслеживания изменения температуры элемента платы и упрощения последующего анализа результатов Opttris LS можно подключить к компьютеру (USB-кабель и ПО входят в ба-

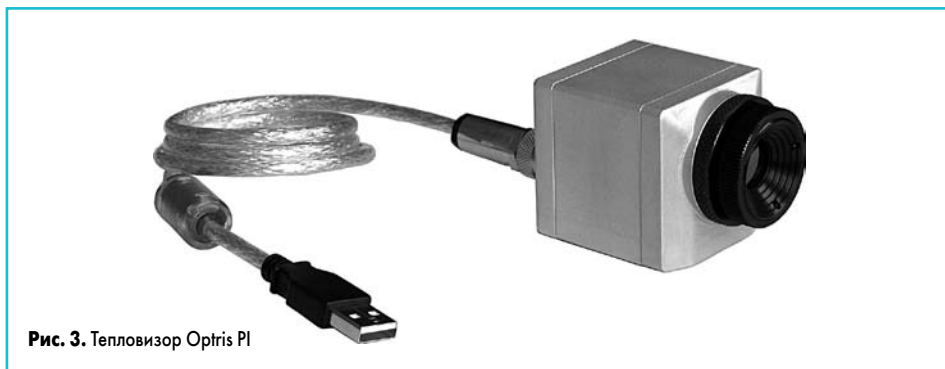


Рис. 3. Тепловизор Opttris PI

зовый комплект поставки). Передача и обработка данных осуществляется со скоростью до 20 значений в секунду. Для удобства восприятия измерения можно представить в виде динамического графика. Для дальнейшей обработки и выполнения расчетов по оптимизации исследуемой охлаждающей системы элемента платы снятые значения можно «выгрузить» в другие приложения, например в Microsoft Excel.

Что касается характеристик пирометра Opttris LS как измерительного прибора, то об этом лучше всего говорят цифры:

- Диапазон измерений — $-35 \dots +90$ °С.
- Точность — $\pm 0,75\%$ от ИВ, но не менее $\pm 0,75$ °С.
- При температуре окружающей среды ниже 20 °С и выше 30 °С необходимо учитывать температурный коэффициент — $\pm 0,05\%/K$, но не менее 0,05%/K.
- Время измерения LS (или время отклика) — 150 мс, то есть это очень быстрый пирометр, если рассматривать серию переносных, «ручных» пирометров, практически — безынерционный.

Тепловизор Opttris PI

Рассмотрим работу и возможности другого неконтактного измерителя — тепловизора, который позволяет строить температурные изображения объекта исследования.

Так же как у человека, о сбоях оборудования может рассказать повышенная температура. Обнаружение источника или места перегрева в большинстве случаев укажет на причину «недомогания» объекта. С помощью термограмм, созданных тепловизором, эта задача решается просто и быстро.

Современные тепловизоры позволяют строить изображения высокого разрешения

и качества, которое необходимо при контроле малоразмерных объектов. В частности, Opttris PI (рис. 3) имеет неохлаждаемую микроболометрическую матрицу 160×120 элементов, и это далеко не предел, существуют системы с разрешением 320×240 и более. Количество элементов — это вопрос целесообразного использования, так как от этого параметра сильно зависит цена оборудования. Для большинства прикладных задач матрицы размером 160×120 более чем достаточно (рис. 4). Высокое температурное разрешение (NETD 0,08 °С) Opttris PI позволяет оценить по изображению перепад температур соседних областей до десятой доли градуса, однако следует отметить, что при этом точность измерения температуры тепловизором только 2 °С или $\pm 2\%$, в зависимости от того, какое значение больше.

Как уже говорилось, для контроля малоразмерных объектов очень важен минимальный диаметр точки измерения, или пространственное разрешение. Тепловизор Opttris PI при фокусировке оптики на минимальном расстоянии от плоскости микросхемы (20 мм) дает возможность получить разрешение порядка 30 мкм. Такие данные обеспечивает стандартный объектив камеры $31^\circ \times 23^\circ$, при многослойной компоновке элементов измеряемой схемы это позволит контролировать мельчайшие электронные компоненты, разводку платы: места крепления (ножки) элементов и соединительные дорожки. Кроме того, можно оценить дефекты подложки, такие как трещины в керамике, которые проявляются при динамическом нагреве схемы.

Тепловизор Opttris PI не имеет собственного дисплея и изначально предназначен для подключения к компьютеру как устройство сбора и передачи информации для дальнейшей обработки. Opttris PI имеет небольшие размеры, его легко перемещать вдоль платы, детально



Рис. 4. Термограммы различных объектов, отображающие качество получаемого изображения с тепловизора с матрицей 160×120 элементов

исследуя каждый участок. Программное обеспечение PI Connect позволяет произвести анализ полученного распределения температуры и делать ИК-видео.

Возможность Optris PI снимать ИК-видео с частотой кадров до 100 Гц полезна при исследовании динамических процессов, например, когда перегрев был вызван редко используемой командой (то есть когда сигнал через элементы, ножки или проводящие дорожки не сразу разогревает их до критической темпе-

ратуры). В такой ситуации работа всей схемы оказывается нестабильной, и определить, в чем проблема, довольно сложно.

Установив тепловизор PI на штатив над платой и запустив тестирование схемы, последовательно «прогоняя» сигналы через элементы, можно исследовать время и последовательность нагрева, наблюдать распределение тепловых полей, определять критическое время и температуру. Можно изучить, какие именно команды приводят к перегреву. Благодаря

функции записи видео восстановить последовательность событий очень просто, и может оказаться, что проблема не столь серьезна, а элемент просто нуждается в дополнительном охлаждении.

Тепловизор Optris PI длительное время тестировали в ЗАО «Микроволновые системы» для отработки методик измерения микрообластей на платах, модулях и т. п. Как отметили специалисты компании, многие задачи были успешно и легко решены. ■