

Супертермометры Fluke 1594A/1595A

Измерение отношения сопротивлений или абсолютного сопротивления: выбор за вами

Если ваша цель – достичь максимально возможной точности измерений, вы скорее всего выберете измерение отношения сопротивлений (R_x/R_s). Точность измерений для модели 1595A в типовом диапазоне термометрических отношений (от 0,25 до 4,0) составляет 0,2 миллионной доли или лучше. А для отношений близких к единице (от 0,95 до 1,05) точность измерения отношения сопротивлений для модели 1595A составляет 0,06 миллионной доли. Линейность традиционного моста для измерения сопротивлений обеспечивается с помощью инструмента, который легче в использовании и гораздо эффективнее.

Пример 1: используя 25-Омный ЭПТС с 25-Омным внешним эталонным резистором, получаем, что погрешность отношения сопротивлений при измерении прибором 1595A при температуре тройной точки воды составляет всего 0,06 миллионной доли ($R_x/R_s \approx 1$). Это становится особенно существенно, если учесть, что погрешность измерения RTPW распространяется на все температурные измерения МТШ-90.

Пример 2: в методе прямого сравнения сопротивление проверяемого пробника сравнивается непосредственно с сопротивлением эталона ЭПТС, рассматривая ЭПТС в качестве эталонного резистора (R_s). Поскольку отношение $R_x/R_s \approx 1$ во всем диапазоне калибровки температуры, вклад погрешности 1595A в общую погрешность измерения не превышает 0,06 миллионной доли. Если учесть влияние всех прочих эффектов, может быть достигнута суммарная погрешность измерения в диапазоне субмилликельвин.

Несмотря на то, что при измерении отношения могут быть получены самые точные результаты, этот метод не всегда является наиболее удобным. Используя эталонные резисторы с температурным контролем, супертермометр может преобразовать результаты измерений абсолютного сопротивления в температурные единицы и отобразить результаты в градусах Цельсия, Фаренгейта или Кельвина, а также в Омах. В каждом супертермометре имеется встроенный набор эталонных резисторов на 1, 10, 25, 100 Ом и 10 кОм, которые поддерживают разнообразные ПТС, термометры сопротивления и термисторы.

Качество измерения абсолютного сопротивления термометрическим мостом зависит от точности отношения моста, а также от долговременной стабильности и калибровочной точности его встроенных эталонных резисторов. Для обеспечения стабильности и исключения ошибок встроенные эталонные резисторы супертермометра заключены в термостат, в котором поддерживается температура 30 °C с погрешностью около 1 милликельвина. Действительно, эти прецизионные резисторы контролируются столь тщательно, что в течение 24-часового периода их сопротивление не может измениться более, чем на 0,25 миллионной доли (что эквивалентно 0,00006 °C). Абсолютная точность супертермометра в течение одного года составляет 4 миллионные доли (эквивалент 0,001 °C).

Текущая точность измерений имеет особенно важное значение для оценки погрешности измерения, обусловленной самонагревом термометра. Точность текущего источника в супертермометре составляет 0,2 % при измерении 25-Омным или 100-Омным ПТС с обычным уровнем тока считывания.

Низкий уровень помех при измерении

Помехи при измерении связаны с электрическими шумами и другими случайными ошибками, которые могут отрицательно повлиять на точность измерения. Новые технические решения, реализованные в супертермометре и находящиеся в стадии патентования, уменьшают помехи при измерении до уровней, беспрецедентных для цифровых термометрических мостов. Два идентичных блока усилитель/АЦП измеряют R_x и R_s одновременно. Меняя направление

считывающего тока на обратное и усредняя два измерения, удается уменьшить ошибки, вызванные термоэлектрическими ЭДС, нестабильностью источника тока и электрическими шумами. Для дальнейшего уменьшения помех при измерении используются два параллельных АЦП в каждом блоке усилитель/АЦП. Уменьшению электрических шумов и помех способствует также применение пассивных и активных фильтров. В типовой задаче калибровки температуры погрешность супертермометра из-за помех измерению составляет всего 0,00002 °С. При аналогичных параметрах измерения уровень помех при измерении супертермометра может быть таким же низким, как у традиционного, гораздо более дорогого моста для измерения сопротивлений.

Беспрецедентная скорость измерения

Супертермометры затрачивают на одно измерение всего одну секунду (полная точность достигается при интервале между отсчетами две секунды). Тестирование производится быстрее, температурные изменения отслеживаются более точно, и даже есть возможность оценить скорость термического реагирования датчиков. При измерении температур фиксированных точек, когда требуется высочайшая точность и минимальный уровень шумов, можно установить любую нужную скорость снятия отсчетов.

Проверка точности отношения на месте с помощью функции Ratio Self-Calibration (самокалибровка отношения)

В моделях 1594А и 1595А реализована находящаяся в процессе патентования функция Ratio Self-Calibration (самокалибровка отношения), которая позволяет проверять точность или калибровать линейность отношения сопротивлений измерительной цепи супертермометра – регулярно, легко, без применения каких-либо внешних устройств и без специального обучения. Супертермометр выполняет самокалибровку отношения, автоматически комбинируя и переключая встроенные эталонные резисторы с встроенным температурным контролем для создания резисторной сети делителя напряжения. Заменяя R_x и R_s резисторным делителем напряжения, супертермометр проводит серию из восьми измерений отношения сопротивлений, на основании результатов которой вычисляются погрешности линейности, и фактическая точность сравнивается с указанной в спецификациях.

Теперь достаточно одного нажатия кнопки для автоматической проверки точности и производительности примерно за тридцать минут. Дефекты измерительной цепи, хотя они достаточно редки, выявляются и отображаются в отчете автоматически. С помощью защищенной паролем процедуры пользователь может выбрать, будет ли производиться регулировка супертермометра на основании результатов процедуры калибровки. Ни один из прочих имеющихся на рынке инструментов для измерения температуры не предлагает метрологу более полного арсенала средств для определения и улучшения характеристик измерительного прибора.

Обзор особенностей самокалибровки отношения:

- Автоматически проверяйте или калибруйте линейность отношения сопротивлений супертермометра без дорогостоящего внешнего оборудования
- Выявляйте потенциальные отказы оборудования до того, как они повлияют на ваши измерения
- Не требуется никакого специального обучения оператора
- Тестирование занимает приблизительно 30 минут
- Увеличивайте интервал времени между циклами калибровки

Быстро и легко калибруйте встроенные эталонные резисторы

Можно также калибровать встроенные эталонные резисторы супертермометра с помощью функции калибровки сопротивления. Это требует наличия внешнего эталонного резистора, сопротивление которого приблизительно равно сопротивлению встроенного эталонного резистора, подлежащего калибровке.

Супертермометр помогает пользователю выполнять калибровку посредством простой в использовании утилиты установки. Достаточно указать, какой встроенный резистор должен быть

откалиброван, значение калибровочного сопротивления эталонного резистора и канал, к которому эталонный резистор подсоединен. Супертермометр настраивает ток считывания, отключает фильтрацию и устанавливает временные параметры режима «высокой точности» для получения непротиворечивых результатов.

После завершения калибровки супертермометр выводит результаты на дисплей и предлагает вам сохранить результаты в устройстве памяти USB. Вы можете также выбрать опцию подстройки параметров калибровки встроенного эталонного резистора, нажав защищенную паролем функциональную клавишу Adjust Resistor (Корректировка резистора).

Быстро и легко подсчитайте эффекты, связанные с самонагревом

Когда ток проходит через датчик ПТС, энергия рассеивается чувствительным элементом, вызывая самонагрев датчика. Это вносит небольшую ошибку в результат измерения температуры. Эта ошибка может быть оценена путем измерения сопротивления датчика при данной температуре при двух различных значениях тока считывания: номинальном токе и «удвоенной мощности» (по отношению к номинальному току). Путем линейной экстраполяции к «нулевой мощности» можно оценить значение сопротивления датчика так, как будто через чувствительный элемент никакой ток не протекает. Таким образом, температурная ошибка из-за самонагрева может быть эффективно устранена из измерения.

Если вычислять результат измерения в пересчете к нулевой мощности вручную, это может повлечь за собой ошибки вычисления и потребовать много времени. Встроенная в супертермометр функция Zero-Power Measurement (измерение при нулевой мощности) автоматически устанавливает уровни тока и собирает результаты измерений, вычисляя для вас измерение, отнесенное к нулевой мощности. С помощью корректируемых пользователем параметров обеспечивается полный контроль за процессом, позволяя вам устанавливать такие параметры как время установления, время измерения и запись результата.

Просматривайте основные результаты измерений в графическом или табличном форматах для нескольких каналов одновременно

Предположим, вы хотите увидеть результаты для более чем одного канала одновременно. В супертермометре предусмотрено два режима просмотра результатов измерений – графический и табличный. Выберите графический режим для отображения одного или нескольких каналов одновременно; задайте длительность графического окна; выберите автоматическое центрирование или введите фиксированное значение для центра по вертикали; выберите автоматическое масштабирование; или введите фиксированное значение размаха по вертикали. Настройте график наиболее подходящим для вашей цели образом. В табличном режиме измеренное значение, среднее значение и стандартное отклонение для всех каналов отображаются одновременно в числовом табличном формате. Просто нажмите функциональную клавишу, чтобы выбрать графическое или табличное представление.

Технические характеристики Fluke 1594A/1595A	
Возможности измерения	4-проводный ПТС, термистор, сопротивление, отношение сопротивлений
Диапазон входных сопротивлений	от 0 до 500 кОм
Диапазон отношений	от 0 до 10
Допустимый диапазон внешних RS	от 1 Ом до 10 кОм
Встроенное RS	1, 10, 25, 100 Ом и 10 кОм
Типы конверсии ПТС	МТШ-90, РТ-100, CVD-ABC, CVD-ALPHA, полиномиальная

Типы конверсии термистора	R(T) полиномиальная, T(R) полиномиальная
Единицы, отображаемые на дисплее	отношение (RX/RS), К, °С, °F, Ом
Разрешение отображаемых значений	от 0,1 до 0,000001
Период выборки	(секунды) 1, 2, 5 и 10
Статистика	Среднее, стандартное отклонение, стандартная ошибка среднего, максимальное и минимальное значения, разность, размах, дельта, N
Разъемы на передней панели	Четыре входа ПТС/термистора (каналы 2 и 4 могут быть настроены как входы RX или RS)
Разъемы на задней панели	Два выделенных входа для эталонного резистора (RS)
Входные разъемы	Разъем DWF, теллурированная медь
Регистрация данных во внутренней памяти	80 000 отдельных отсчетов с привязкой по дате и времени (~6 МБ)
Встроенные часы реального времени	Да
Связи с компьютером	RS-232, USB, IEEE-488, Ethernet
Тип дисплея	Полный VGA, ЖК
Языки пользовательского интерфейса	английский, испанский, китайский, немецкий, русский, французский, японский

Точность отношения сопротивлений, 95 % доверительный уровень, 1 год		
	1594A	1595A
Отношение: от 0,95 до 1,05	0,24 миллионной доли	0,06 миллионной доли
Отношение: от 0,5 до 0,95, от 1,05 до 2,0	0,64 миллионной доли	0,16 миллионной доли
Отношение: от 0,25 до 0,5, от 2,0 до 4,0	0,8 миллионной доли	0,2 миллионной доли
Отношение: от 0,0 до 0,25	от 0,2 миллионной доли от 1,0	0,05 миллионной доли от 1,0
Отношение: от 4,0 до 10,0	2,0 миллионные доли	0,5 миллионной доли

1594A/1595A: точность измерения абсолютного сопротивления, 95 % доверительный уровень, 1 год (RS, ток)	
от 0 до 1,2 Ом (1 Ом, 10 мА)	Более 40 миллионов долей или 0,000012 Ом
от 0 до 12 Ом (10 Ом, 3 мА)	Более 10 миллионов долей или 0,000024 Ом
от 0 до 120 Ом (25 Ом, 1 мА)	Более 5 миллионов долей или 0,000024 Ом
от 0 до 400 Ом (100 Ом, 1 мА)	Более 4 миллионов долей или 0,00008 Ом
от 0 до 10 кОм (10 кОм, 10 ОmA)	Более 5 миллионов долей или 0,000012 Ом
от 10 до 40 кОм (10 кОм, 10 ОmA)	8 миллионов долей
от 40 до 100 кОм (10 кОм, 2 ОmA)	20 миллионов долей
от 100 до 500 кОм (10 кОм, 1 ОmA)	80 миллионов долей

1594A/1595A: стабильность встроенного резистора		
	24 часа	30 дней
1 Ом	5 миллионов долей	10 миллионов долей
10 Ом	0,5 миллионной доли	2 миллионные доли
25 Ом	0,25 миллионной доли	1 миллионная доля
100 Ом	0,2 миллионной доли	1 миллионная доля
10 кОм	0,25 миллионной доли	1 миллионная доля

1594A/1595A: помехи при температурных измерениях – типовые характеристики (среднеквадратическая ошибка среднего, °C)²	
25 Ом ЭПТС при 0 °C	0,00002
25 Ом ЭПТС при 420 °C	0,00006
100 Ом ПТС при 0 °C	0,00001
100 Ом ПТС при 420 °C	0,00003
Термистор при 25 °C	0,000003

1594A/1595A: точность измерения тока (самонагрев)	
от 0,001 мА до 0,005 мА	0,00005 мА
от 0,005 мА до 0,02 мА	1 %
от 0,02 мА до 0,2 мА	0,5 %
от 0,2 мА до 2 мА	0,2 %
от 2 мА до 20 мА	0,5 %

1594A/1595A: механические спецификации	
Масса	7,5 кг
Габариты: ширина x высота x длина	432 x 153 x 432 мм

1594A/1595A: эксплуатационные спецификации	
Требования к электропитанию переменного тока	от 100 до 230 В \pm 10 %, 50/60 Гц
Номинальная температура при эксплуатации	от 15 до 30 °С
Максимальная температура при эксплуатации	от 5 до 40 °С
Диапазон температур при хранении	от 0 до 40 °С
Относительная влажность при эксплуатации, от 5 до 30 °С	от 10 до 70 %
Относительная влажность при эксплуатации, от 30 до 40 °С	от 10 до 50 %
Относительная влажность при хранении	от 0 до 95 %, без конденсации
Рабочие высоты	3 000 м
Гарантийный срок	1 год
Отчет о калибровке³	аккредитация NVLAP

¹ Для обеспечения максимальной точности период измерений должен составлять две секунды.

² Вследствие субъективного характера помех при измерении этот параметр не гарантируется.

³ Стандартный отчет о калибровке включает номиналы сопротивления от 1 Ом до 100 кОм. Отчет о калибровке может быть заказан дополнительно, если желательные значения сопротивлений составляют величины от 100 до 500 кОм (см. номера моделей 1994 и 1995 в таблице информации о заказе).