

Долговременная стабильность плёночных термометров сопротивления

к.т.н. Милютин В.А.
Рахманенко Ю.В.
Иванчура Е.С.

Особенностью термометров сопротивления, выпускаемых ЗАО «ВЗЛЕТ» является то, что их чувствительные элементы выполнены методом напыления, что, несомненно, имеет ряд преимуществ – малые размеры чувствительного элемента, низкая тепловая инерция, а также сравнительно невысокая цена. Вместе с тем, большинство специалистов, занимающихся контактной термометрией, признают, что наибольшей проблемой при использовании плёночных чувствительных элементов является низкая, по сравнению с проволочными, долговременная стабильность [1], [2].

Однако для теплоучёта потребитель выбирает те термопреобразователи сопротивления, которые имеют максимальный срок службы и межповерочный интервал не менее, чем у теплосчетчика, который комплектом термометров сопротивления укомплектован. Следовательно, обеспечение долговременной стабильности термометров сопротивления является не последней задачей контактной термометрии.

В ЗАО «ВЗЛЕТ» исследовали стабильность чувствительных элементов термометров сопротивления класса АА по ГОСТ Р 8.625-2006. Исследованию подверглось 100 чувствительных элементов НСХ Pt 100 и 100 чувствительных элементов НСХ Pt 500, прошедших, согласно предоставленной производителем документации, стабилизирующий отжиг в течение 750 часов.

Чувствительные элементы подвергали термоциклированию. Суммарное время отжига при температуре верхней границы рабочего диапазона составило 400 часов. На рисунке 1 представлена типичная кривая, характеризующая характер значения отклонения сопротивления испытанных термометров сопротивления при 0 °С от номинального значения. Для всех испытанных термопреобразователей характер кривой соответствует приведенному.

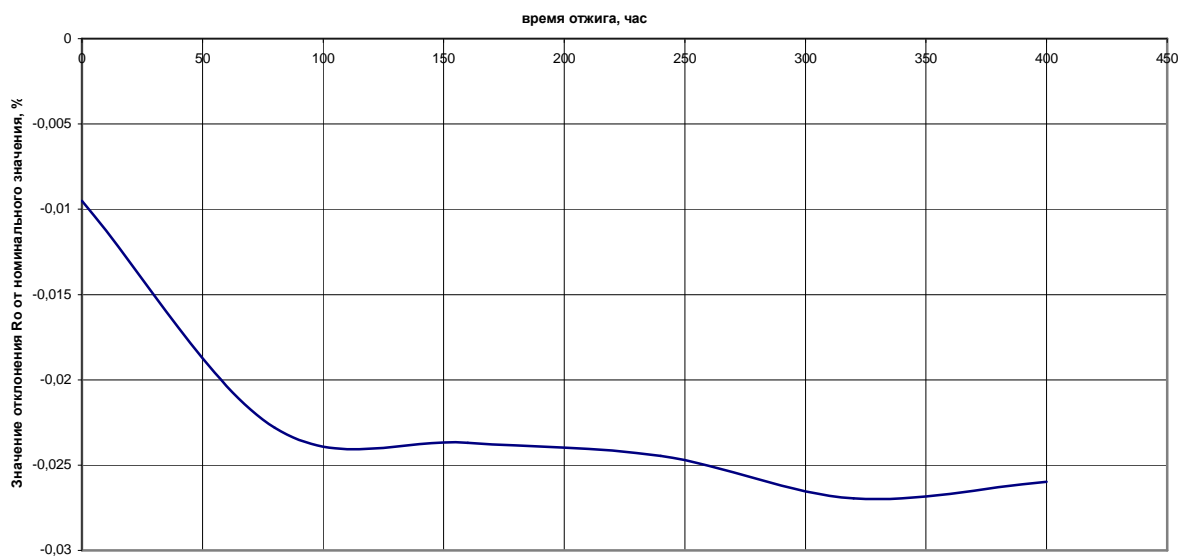


Рисунок 1.

Можно предположить, что зависимость сопротивления пленочного термометра от температуры со временем изменяется под действием, в основном, двух факторов:

- дефектов кристаллической решетки, вызванные различными факторами (например, деформацией, закалкой, облучением частицами высоких энергий);

- создания паразитных связей между элементами спиралей.

Высказанную выше гипотезу подтвердил факт, что значение сопротивления чувствительных элементов в ходе испытаний монотонно уменьшалось. Также для всех 200 исследованных термометров сопротивления справедливо следующее: отжиг при температуре верхнего предела рабочего диапазона влечёт изменение сопротивления при 0 °С только в первые 80 часов. Далее изменение сопротивления при 0 °С чувствительных элементов оставалось в пределах погрешности измерений. Поэтому в технологический процесс изготовления термометров сопротивления «ВЗЛЕТ ТПС» был введён предварительный отжиг чувствительных элементов при температуре 180 °С в течение 100 часов. Исследование стабильности термометров сопротивления «ВЗЛЕТ ТПС» продолжаются. Это достаточно длительный процесс. Предварительные данные позволяют сделать вывод о том, что характеристики термопреобразователей сопротивления, и, следовательно, согласованных пар термометров сопротивления «ВЗЛЕТ ТПС» соответствуют заявленным в документации на данные изделия.

Следует заметить, что полученные результаты справедливы для конкретной модификации плёночных чувствительных элементов. Однако, конъюнктура рынка комплектующих такова, что производителю приходится выбирать наиболее подходящие по соотношению цена-качество компоненты изделий. Поэтому возникает необходимость в методике ускоренных испытаний стабильности термопреобразователей сопротивления, выполненных на основе плёночных чувствительных элементов. Эта методика должна быть инвариантной ко всем выпускаемым плёночным чувствительным элементам. Экстраполяция в данном случае недопустима. Имея такую методику, производитель может отслеживать влияние любого изменения технологии на основные характеристики термометров сопротивления, модернизация, совершенствование выпускаемых изделий будет проходить в более сжатые сроки. И выиграют от этого как потребитель, получающий изделие более высокого качества за меньшую цену, так и производитель, получающий не только большее моральное удовлетворение, но и уменьшающий затраты на испытания.

ГОСТ 27.410-87 для введения методики ускоренных испытаний требует установить:

- принцип и метод ускорения испытаний;
- режимы ускоренных испытаний;
- расчетные формулы и (или) коэффициенты, позволяющие привести данные и результаты - ускоренных испытаний к нормальным условиям испытаний.

Для разработки такой методики был поставлен дополнительный эксперимент. В ходе эксперимента использовали шесть партий термометров сопротивления по 16 штук в каждой – 8 термопреобразователей сопротивления, имеющих НСХ Pt 100 и 8 термопреобразователей сопротивления, имеющих НСХ Pt 500. Для каждой группы установили температуру отжига от 180 °С (верхняя граница температурного диапазона) до 280 °С (максимально возможное значение температуры отжига с учётом технологических особенностей). При данной температуре термометры выдерживали в течение 6 часов, затем определяли значения сопротивления при 0 °С и температуре кипения воды, то есть подвергали стандартной процедуре поверки. Предварительные результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. Несмотря на то, что наиболее востребованы, в связи с большей помехоустойчивостью, термопреобразователи с НСХ Pt 500, их стабильность уступает термопреобразователям сопротивления с НСХ Pt 100. Можно предположить, что это объясняется следующими конструктивными особенностями чувствительных элементов – размер основания, на которой напыляется платиновая спираль, одинаков для чувствительных элементов с НСХ Pt 500 и Pt 100. Поэтому, вероятно, создание паразитных связей внутри спирали более вероятно для чувствительных элементов с НСХ Pt 500.

2. Из первого вывода следует, что для повышения стабильности термометров сопротивления, при прочих равных условиях, более предпочтительны чувствительные элементы большего размера.

3. Экспериментальные данные доказали высокую долговременную стабильность термометров сопротивления, выполненных на основе плёночных чувствительных элементов с НСХ Pt 100. Долговременная стабильность данных изделий превышает заявленную в описании типа термопреобразователей сопротивления «ВЗЛЕТ ТПС» и сравнима со стабильностью проволочных термометров сопротивления.

В настоящее время эксперимент продолжается. Мы не теряем надежды получить экспериментальную зависимость, связывающее время отжига, изменение основных характеристик термопреобразователей сопротивления и температуру отжига, а также определить критерии выбора чувствительных элементов для наших изделий.

Библиография.

1. Moiseeva, N. P., Petrov, D. V., and Karzhavin, A. V. A Simplified Method for Calibration of PRTs Used in Heat Meters in Temperature: Its Measurement and Control in Science and Industry, Vol. 7, edited by D. C. Ripple et al., AIP Conference Proceedings, Melville, New York, 2003, p. 417-422

2. Методика оценки результатов испытаний различных партий термометров сопротивления. Ю.С. Сысоев, В.Ш. Магдеев, И.Ю Гильт. «Измерительная техника» 2007, № 9, с37-41.

3. ГОСТ Р 8.625-2006 Термометры сопротивления из платины, меди и никеля. Общие технические требования и методы испытаний.

4.. ГОСТ 27.410-87 Методы контроля показателей надёжности и планы контрольных испытаний на надёжность.