

Передача единицы электрического сопротивления в область тераом в соответствии с ГПС электрического сопротивления

И. А. Самодуров
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»
I.A. Samodurov@vniim.ru

Аннотация. This report discusses a comparative analysis of several methods of transferring a unit of electrical resistance to a high-resistance measurement region by constructing resistance measures based on "T-chains" and a fleet of measuring instruments with a resistance ratio of 1:1000.

Ключевые слова: electrical resistance; unit transfer; resistance measures; measurement methods

I. ВВЕДЕНИЕ

Современные исследования биоматериалов, керамики, тонких пленок, устройств и компонентов (конденсаторов, резисторов, оптоэлектронных приборов) требуют измерения значения сопротивления до 10^{16} Ом. В соответствии с Государственной поверочной схемой (ГПС), во ВНИИМ исследован и проанализирован новый метод передачи единицы электрического сопротивления от квантового сопротивления Холла (КСХ) вторичным эталонам до 10^{12} Ом с суммарной стандартной неопределенностью ($u_{\Sigma 0}$) 100 мкОм/Ом и дальнейшей передачи вплоть до 10^{16} Ом с неопределенностью (0,01 – 10) %.

Методы передачи от КСХ до 1 МОм

Государственный первичный эталон единицы электрического сопротивления ГЭТ 14-2014 представляет собой информационно-измерительную систему и состоит из комплекса средств измерений, предназначенных для воспроизведения ома и передачи единицы группам мер сопротивления номинальных значений 1 Ом – 10 кОм.

В метрологической практике дальнейшая передача единицы значениям 1, 10, 100 МОм, 1 и 10 ГОм осуществляется от групповых мер путем их сличения с равнономинальными значениями переходных мер сопротивления методом перестановки с помощью мостовых компараторов (при отношении 1:1 и 1:10) и переходных мер электрического сопротивления (ПМЭС).

Однако возможна передача единицы электрического сопротивления непосредственно от КСХ мерам с высокоомными номинальными значениями, которая осуществляется следующими двумя способами. Первый – при помощи компаратора тока, работающего при комнатной температуре (MI 6010Q), позволяющий

передать единицу электрического сопротивления резистивным переходным мерам (11x100 кОм) с $u_{\Sigma 0}=0,5$ мкОм/Ом, а второй – с использованием криогенного компаратора тока, передающий единицу от КСХ резистивным мерам с номинальным значением 1 МОм ($u_{\Sigma 0}=0,3$ мкОм/Ом). Оба метода равноценны, однако неопределенность при передаче зависит от качества используемых резистивных мер и не превышает 1 мкОм/Ом.

Сравнительный анализ методов дальнейшей передачи единицы от 1 МОм до 100 ГОм

Дальнейшая передача единицы от 1 МОм до 100 ГОм осуществляется с использованием эталонов на основе Т-цепей, плечи, которых составлены из микропроволочных резисторов. Например, мера на основе Т-цепи с номинальным значением 10 ГОм составляется из двух резисторов МПЭС (11x1 ГОм) и резистора 100 кОм. Неопределенность по типу В ($u_{В0}$) данного метода, оценивается следующими факторами: а) влиянием внешних условий б) токами утечек, вызванными сопротивлением изоляции, в) ограничением чувствительности нуль-детектора вследствие его шунтирования сопротивлением Т-цепи и по результатам экспериментальных исследований составляет 0,2 %. При помощи этого метода возможно составление Т-мер вплоть до 100 ГОм с неопределенностью 0,5 %.

В связи с появлением измерительных приборов (например тераомметр 6530 ф. Guildline), позволяющих осуществлять прецизионное компарирование высокоомных резисторов, оказалось возможным осуществлять передачу единицы в этой области номинальных значений принципиально другим методом.

В этом случае для передачи единицы применяется не ПМЭС, а непосредственное компарирование однозначных мер при отношении значений от 1:1 до 1:1000. Аттестация тераомметра, выполненная во ВНИИМ, в диапазоне 1 МОм показала, что точность компарирования сопротивлений сохраняется до 1 ГОм ($u_{\Sigma 0}=5$ мкОм/Ом). Таким образом, аттестация 1 ГОм может быть осуществлена по известному значению меры 1 ГОм с минимальной неопределенностью до 50 мкОм/Ом.

II. Выводы

В связи с появлением нового поколения измерительных компараторов высокоомных сопротивлений, во ВНИИМ проведен сравнительный анализ двух методов передачи единицы электрического сопротивления от 1 МОм до 10 ПОм.

Традиционный метод передачи, использующий МПЭС и меры на основе Т-цепей, позволяет оценить неопределенность, лежащей в пределах (0,008 – 3) % для значений сопротивлений от 1 до 1000 ТОм в соответствии с ГПС.

Исследование и аттестация компаратора 6530 показала, что новый метод передачи единицы электрического сопротивления при той же неопределенности обладает следующими преимуществами:

1. Возможность использование одним прибором, в отличие от применения ПМЭС, нескольких отношений – 1:1, 1:10, 1:100, 1:1000.
2. Упрощенная схема измерений не требующая сложных Т-цепей.
3. Автоматизация процесса измерений при передачи единицы.

Возможность комбинирования обоих методов при передачи единицы позволит достичь неопределенность

измерений порядка (0,005 – 2) % для диапазона величин от 1 до 1000 ТОм с дальнейшим внедрением в метрологическую практику.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Илюкович А.М. Техника электрометрии. Москва. «ЭНЕРГИЯ», 1976. 272-312 с.
- [2] Самодуров И.А. Передача размера единицы электрического сопротивления от государственного эталона в область тераом // Труды конференции: Тез. Докл. 65-я научно-техническая конференция, посвященная дню радио. СПбНТОРЭС, Санкт-Петербург, 2010. С. 350-351.
- [3] Самодуров И.А. Разработка высокоомной меры-имитатора до 1 ПОм // Труды конференции: Тез. Докл. 69-я научно-техническая конференция, посвященная дню радио, СПбНТОРЭС, Санкт-Петербург, 2014. С. 394-395.
- [4] Плошинский А.В., Самодуров И.А. Новая Государственная поверочная схем для средств измерений электрического сопротивления // Труды конференции: Тез. Докл. 71-я научно-техническая конференция, посвященная дню радио СПбНТОРЭС, Санкт-Петербург, 2016. С. 439-440.
- [5] Semenov Y. and Samodurov I. Microwire-wound resistors in high value resistance measurements in VNIIM. Conference on Precision Electromagnetic Measurements (CPEM). 2010. P. 643–644.
- [6] Dean G. Jarrett, Marlin E. Kraft. 10 TOhm and 100 TOhm High Resistance Measurements at NIST. 10th International Seminar on Electrical Metrology. X Semetro. Buenos Aires. September 25-27, 2013.