

УДК 621.317.3:621.316.8.001.6

РАЗРАБОТКА ПРИБОРА ДЛЯ ПОВЕРКИ ТЕРАОММЕТРА (DEVELOPMENT OF INSTRUMENT FOR CALIBRATION OF TERAOHMMETER)

А.А. Коба

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
г. Томск, E-mail: scorp_alex92@mail.ru

Проведен обзор методов измерения больших сопротивлений, на основании которого был выбран метод, который ляжет в основу конструирования тераомметра повышенной точности.

(A review of methods for high resistances measuring is presented, the method for designing of teraohmmeter with improved accuracy was chosen)

Ключевые слова:

Большие сопротивления, малые токи, измерение, высокая точность, методы измерения.

(Large resistance, small currents, measurement, high accuracy measurement methods).

Комплекс измерительных задач, решаемых с помощью измерителей больших сопротивлений, определил широкую номенклатуру этих приборов, области применения, разнообразие схмотехнических и конструктивных решений. Не смотря на все разнообразие этих приборов в настоящее время необходимы приборы с высокой точностью измерений высокоомных сопротивлений, которые бы могли использоваться для аттестации других тераомметров.

Основные проблемы:

- Большие погрешности приборов;
- Малое быстродействие;
- Наличие высоких напряжений питания;

Задачи :

- создание прибора для измерения сопротивления с высокой точностью;
- Аттестация тераомметров;

В зависимости от объекта измерений, требуемой точности результата, допустимого напряжения на измеряемом объекте или внешних условий применяют различные методы. В настоящее время наибольшее применение при измерении больших сопротивлений получили следующие методы:

Метод сравнения:

- Мостовые методы

Методы непосредственной оценки:

- Метод стабилизированного тока
- Преобразование в напряжение
- Преобразование во время

Обзор методов приведен в таблице 1[1, 2, 3]

| Метод преобразования | Уравнение преобразования | Достоинства | недостатки | Схема |
|-------------------------------|---|--|--|-------|
| Мостовые методы | $R_1 \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3$ | <ol style="list-style-type: none"> 1. Большая точность 2. Большая чувствительность 4. Широкий диапазон измерений | <ol style="list-style-type: none"> 1. Громоздкость 2. Гстановка нуля 3. Сложность автоматизации измерений 4. Использование высокоомных образцовых резисторов | |
| Метод стабилизированного тока | $R_x = (k \cdot \frac{U_0}{U_{ВЫХ}} - 1)$ | <ol style="list-style-type: none"> 1. Нет потребности в высокоомном образцовом сопротивлении; 2. простота. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Малая точность; 2. Обратная зависимость напряжения от измеряемого сопротивления; | |
| Преобразование в напряжение | $R_x = \frac{U_{вых} \cdot R_0}{U_0}$ | <ol style="list-style-type: none"> 1. Простота 2. Помехоустойчивость | <ol style="list-style-type: none"> 1. Необходимость в образцовом резисторе большой величины 2. Обратная зависимость выходной величины от входной | |
| Преобразование во время | $R_x = \Delta T \cdot U_0 / (C_0 \cdot \Delta U_{ВЫХ})$ | <ol style="list-style-type: none"> 1. Не требуются высокоомные резисторы 2. высокая точность 3. выходная величина | <ol style="list-style-type: none"> 1. большое время измерений | |

Таблица 1. «Обзор методов измерения больших сопротивлений»

В результате анализа методов измерения за основу был выбран метод преобразования сопротивления во временной интервал на основе интегратора.

Основными проблемами в реализации измерителя больших сопротивлений данного метода являются:

- В результате включения в входную цепь интегратора большого сопротивления, входной ток операционного усилителя будет очень мал (порядка наноампер и ниже). Не все операционные усилители могут работать на таких токах. Поэтому есть необходимость в операционном усилителе с малым входным током;

- Все операционные усилители имеют напряжение смещения, которое значительно влияет на точность прибора. Для того что бы сделать это влияние незначительным, необходимо что бы выходное напряжение во много раз превышало напряжением смещения операционного усилителя;

- Малое быстродействие;

Принципиальная схема интегратора представлена в таблице 1.

Приведем расчет данной схемы:

$$\tau = R_x * C_0 \quad (1)$$

Где, R_x – измеряемое сопротивление; C_0 – образцовая емкость; τ – постоянная времени;

$$I_B = \frac{E}{R_x} \quad (2)$$

Где I_B – входной ток; E – Образцовое напряжение;

$$\frac{E}{R_x} * t = C * U_{ввых} \quad (3)$$

$$I_B * t = C * U_{ввых} \quad (4)$$

Где t – время интегрирования ;

Из уравнения (2) видим, входной ток зависит от входного напряжения и измеряемого сопротивления (чем больше измеряемое сопротивление тем меньше ток). При увеличении опорного напряжения в 10 раз ток уменьшится всего на один порядок из этого следует, что увеличение опорного напряжения не целесообразно.

На вход подаем опорное напряжение 10В (исходя из технического задания), следовательно, для максимального значения измеряемого сопротивления на выходе (при заданном времени интегрирования 1 с.) напряжение будет равно $U_{ввых} = 2.5$ В. Входной ток при этих значениях будет равен $I_B = 0,01$ нА.

Некоторые операционные усилители с малыми входными токами и низкими напряжением смещения приведены в таблице 2.[5]

Таблица 2. «Операционные усилители с малым входным током»

| Исполнение | Входной ток, нА | Напряжение питания, В | Напряжение смещения, мкВ |
|------------|-----------------|-----------------------|--------------------------|
| MAX406 | 0,001 | ±10 | 500 |
| LMC6061 | 0,000010 | ±16 | 350 |
| LMC6081 | 0,000010 | ±16 | 350 |
| K140УД24 | 0,001 | ±5 | ±5 |

В дальнейшем предложенный метод станет основой для конструирования тераомметра повышенной точности в теоретических и экспериментальных исследованиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Измерения в электронике: Справочник/В. А. Кузнецов, В.А. Долгов, В.М. Коневских и др.; Под ред. В.А. Кузнецова. - М.: Энергоатомиздат, 1987. - 512 с.: ил.
2. Иллюкович А.М. Средства поверки электрометрической аппаратуры. - М.: Издательство стандартов, 1978. - 175 с.
3. Мардин В.В. Справочник по электронным измерительным приборам. - М.: Связь, 1978. - 416 с.

4. Шкурин Г.П. Справочник по электро- и электронно-измерительным приборам. - М.: Воениздат, 1972. - 448 с.
5. Операционные усилители. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.centers.ru, свободный. Загл. с экрана.

Сведения об авторе:

Коба А.А.: г. Томск, (должность)Томский политехнический университет, e-mail: scorp_alex92@mail.ru