

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич  
Должность: ректор  
Дата подписания: 25.09.2022 16:30:50  
Уникальный программный ключ:  
9ba7d3e34c012eba476ffd2d064cf2781953be730af2374d16f5c0ce556f04c6

## МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра управления качеством, метрологии и сертификации



### ИЗМЕРЕНИЕ ЭДС И НАПРЯЖЕНИЯ КОМПЕНСАЦИОННЫМ МЕТОДОМ

Методические указания по выполнению лабораторной работы для студентов всех направлений и специальностей, изучающих дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация», «Основы метрологии, стандартизации, сертификации и контроля качества», «Метрология»

Курск 2017

УДК 621.3.083.5

Составители: О.Г. Меньшикова, С.В. Чепель

Рецензент:

Кандидат технических наук, доцент *М.Л. Сторублёв*

**Измерение ЭДС и напряжения компенсационным методом:** методические указания по выполнению лабораторной работы для студентов всех направлений и специальностей, изучающих дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация», «Основы метрологии, стандартизации, сертификации и контроля качества», «Метрология» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост. О.Г. Меньшикова, С.В. Чепель. Курск, 2017. 10 с. Библиогр.: с.10.

Содержат сведения по выполнению лабораторной работы. Указывается порядок выполнения, правила оформления и контрольные вопросы для защиты работы.

Методические указания предназначены для студентов всех направлений и специальностей, изучающих раздел метрология.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 15.12.2017 Формат 60x84 1/16.  
Усл. печ. л. 1,7. Уч.-изд.л. 1,6. Тираж 50 экз. Заказ . Бесплатно.  
Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

**Цель работы:** изучить устройство и принцип действия прибора универсального измерительного Р 4833, получить практические навыки измерения электрических величин компенсационным методом.

**Используемые приборы:** прибор универсальный измерительный Р 4833, гальванометр.

### **Основные теоретические положения**

**Средство измерения (СИ)** - это техническое средство, предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящие и/или хранящие единицу физической величины, размер которой **принимается неизменным (в пределах установленной погрешности)** в течение известного интервала времени.

**Диапазон измерений** - область значений измеряемой величины, для которой нормированы допускаемые пределы погрешности средства измерения.

**Погрешность средства измерения** - разность между показаниями средства измерения и истинными (действительными) значениями физической величины.

**Основная погрешность средства измерения** - погрешность средства измерения, нормируемая при нормальных условиях эксплуатации.

Измерения ЭДС и напряжения выполняют методами непосредственной оценки и сравнения.

**Метод непосредственной оценки** – метод измерений, в котором значение величины определяют непосредственно по отсчетному устройству измерительного прибора прямого действия.

Если необходимая точность измерения, допустимая мощность потребления и другие требования могут быть обеспечены вольтметрами электромеханической группы, то следует предпочесть этот метод. В маломощных цепях постоянного и переменного токов для измерения напряжения обычно пользуются цифровыми и аналоговыми вольтметрами.

Если необходимо измерить напряжения с более высокой точностью, следует использовать приборы, действие которых основано на методах сравнения (в данной работе на одной из модификаций метода – методе противопоставления или компенсационном).

**Метод противопоставления** – метод сравнения с мерой, в котором измеряемая величина и величина, воспроизводимая мерой, одновременно воздействуют на прибор сравнения, с помощью которого устанавливается соотношение между этими величинами.

**Компенсационный** (нулевой метод или метод полного уравновешивания) – метод сравнения с мерой, в котором результирующий эффект воздействия измеряемой величины и встречного воздействия меры на сравнивающее устройство сводят к нулю.

### ***Устройство и принцип работы прибора Р 4833***

#### *1. Назначение*

Прибор универсальный измерительный Р 4833 предназначен для измерения сопротивлений, постоянных ЭДС и напряжений и поверки теплотехнических приборов.

Рабочие условия применения прибора:

температура окружающего воздуха от 10 до 35<sup>0</sup>С;

относительная влажность 80 % при температуре 25<sup>0</sup>С;

атмосферное давление 630-800 мм.рт.ст.

#### *2. Техническая характеристика*

Класс точности прибора при использовании в качестве:

моста постоянного тока – 0,1;

потенциометра постоянного тока – 0,05;

магазина сопротивлений – 0,02/1,5·10<sup>-4</sup>.

#### *3. Устройство и работа*

Прибор состоит из магазина сопротивления, моста и потенциометра постоянного тока, источников регулируемого напряжения ИРН “mV” и ИРН “V”.

Магазин сопротивления состоит из пяти декад: x100 Ом, x10 Ом, (mV), x1 Ом(mV), x0,1 Ом(mV), x0,01 Ом(mV) с сопротивлением одной ступени 100 Ом, 10 Ом, 1 Ом, 0,1 Ом, 0,01 Ом соответственно, которые используются в качестве плеч сравнения моста. В качестве измерительных декад потенциометра используются декады магазина сопротивления x10 Ом, (mV), x1 Ом(mV), x0,1 Ом(mV), x0,01 Ом(mV).

Плечи отношения моста выполнены в виде делителя, резисто-

ры которого расположены на декадном переключателе.

На панель прибора выведены:

нулевой индикатор (гальванометр);

ручки пятидекадного магазина сопротивлений;

ручки переключателя плеч отношения моста;

кнопки включения чувствительности прибора (Гр) и (Точ);

ручки регулятора рабочего тока потенциометра первого «1» и второго «2» контуров;

ручки регуляторов напряжений ИРН «mV», ИРН «V»;

кнопки переключателя СОПРОТИВЛЕНИЕ ЛИНИИ: 0,6 Ом; 1,6 Ом; 5 Ом; 15 Ом; 16,2 Ом; 25 Ом;

кнопки рода работ “Изм” (измерение), К1, К2, МО-2, МО-4, П, П mV, Л, КРл, ИзмРл;

кнопки выбора встроенных или наружных: нормального элемента НЭ, гальванометра Г, батарей потенциометра БП, батареи моста БМ;

кнопка СЕТЬ включения питания прибора от сети;

зажимы «-Х», «mV» и «V» для подключения измеряемой ЭДС или напряжения и снятия напряжения от источников регулируемого напряжения;

зажимы 2,5 Ом и 7,5 Ом для имитации соединительных линий при проверке логометров и мостов;

зажимы Т1, П1, П2, Т2 для подключения измеряемого сопротивления по двухзажимной и четырехзажимной схемам измерения;

зажим R для использования прибора как магазина сопротивления;

зажимы –БМ+ для подключения наружной батареи моста и источников регулируемого напряжения;

световая индикация включения сети.

*4. Для измерения ЭДС и напряжений постоянного тока компенсационным способом служит потенциометр постоянного тока.*

Электрическая принципиальная схема потенциометра приведена на рис.1.

Компенсационное напряжение потенциометра образуется на части измерительного сопротивления первого и второго контуров

за счет прохождения по нему строго определенного рабочего тока (1 мА).

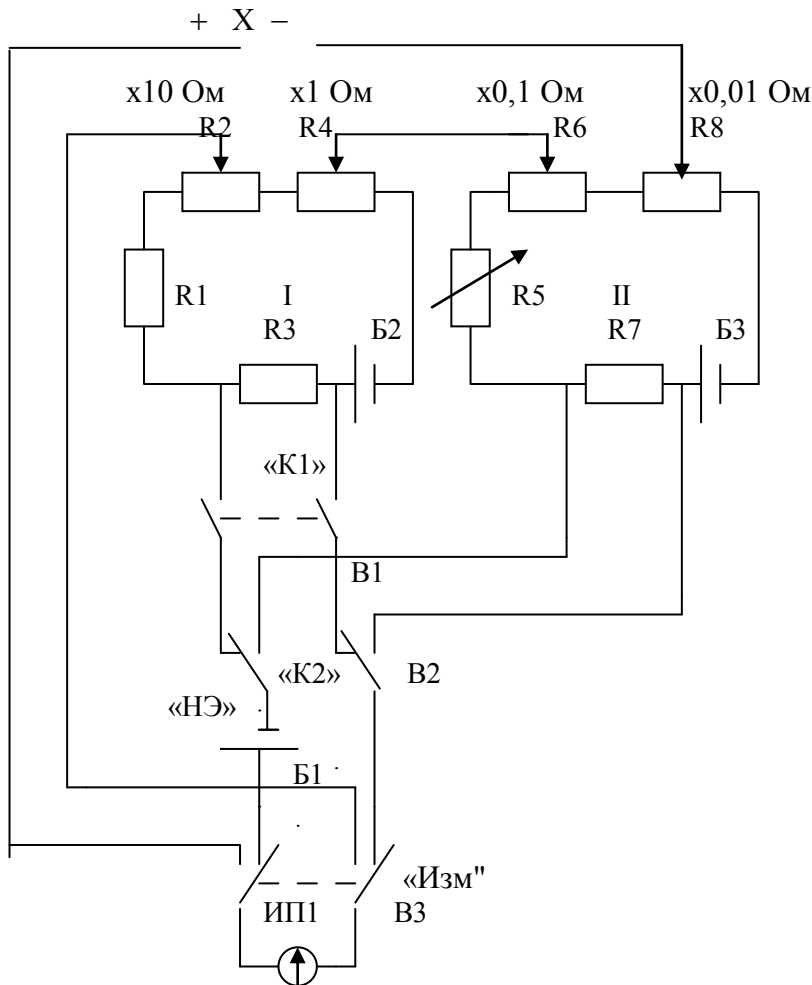


Рисунок 1 - Схема электрическая принципиальная потенциометра

X – зажимы для подключения объекта измерения;

R2, R4, R6, R8 – декадные переключатели «x10 Ом (mV)», «x1 Ом (mV)», «x0,1 Ом (mV)», «x0,01 Ом (mV)»;

R1, R5 – регулировочные резисторы первого и второго контуров соответственно;

R3, R7 – установочные резисторы первого и второго контуров соответственно;

B1 – нормальный элемент «НЭ»;

B2, B3 – источники питания первого и второго контуров соответственно;

ИП1 – нулевой индикатор (гальванометр  $R_g < 20 \text{ Ом}$ ,  $C_i < 4,5 \cdot 10^{-7} \text{ А/дел}$ );

B1 – кнопка «К1» (контроль тока первого контура);

B2 – кнопка «К2» (контроль тока второго контура);

B3 – кнопка «Изм»;

I - первый контур;

II – второй контур.

Установка рабочего тока производится по ЭДС нормального элемента, которая сравнивается с падением напряжения на установочном сопротивлении R3 в первом контуре и на установочном со-

противлении  $R_7$  во втором контуре.

Регулировка рабочего тока производится при помощи резистора  $R_1$  в первом контуре и резистора  $R_5$  во втором контуре. Индикатором компенсации служит гальванометр ИП1, который включается в цепь нормального элемента при установке рабочего тока (при нажатой кнопке «К1» – контроль тока первого контура) в первом контуре и (при нажатой кнопке «К2» – контроль тока второго контура) во втором контуре, а также в цепь измерения ЭДС или напряжения при нажатой кнопке «Изм» (В3).

Для уменьшения влияния погрешности подгонки декад и установочного сопротивления контура на погрешность потенциометра установочное сопротивление имеет подстройку.

Питание потенциометра подается от батареи Б2 для первого контура и батареи Б3 для второго контура.

### **Порядок выполнения работы**

#### *Подготовка к работе*

1. Перед началом работы должны быть отжаты кнопки «МО-2», «МО-4», «П», «ПмV», «Л», «KRл», «ИзмРл», «Гр», «Точ», остальные кнопки и другие органы управления – в любом положении.

2. Перед началом работы корректором установить стрелку гальванометра на нуль.

3. Схему, соответствующую определенному роду работы, и ее питание включить нажатием одной из кнопок «МО-2», «МО-4», «П», «ПмV», «Л», «KRл», «ИзмРл».

4. Все измерения производить при нажатой кнопке «Изм», а контроль рабочего тока потенциометра – при нажатой кнопке «К1» или «К2» (первого или второго контура соответственно).

#### *Порядок проведения работы*

1. Нажать кнопку «П». При этом включается питание потенциометра (Б2-Б4), на зажимы «Х» подается компенсационное напряжение через гальванометр и кнопку «Гр» или «Точ».

2. Нажать кнопки «Г», «БП», «НЭ» при использовании встроенных гальванометра, батарей потенциометра, нормального элемента соответственно. При использовании внешнего гальванометра, батарей потенциометра, нормального элемента подключить их к

зажимам «Г», «БП1», «БП2», «НЭ» соответственно, а кнопки «Г», «БП», «НЭ» отжать.

3. Нажать кнопку «К1».

4. Произвести установку (контроль) рабочего тока первого контура потенциометра, для чего установить стрелку гальванометра на нуль вращением ручек РАБОЧИЙ ТОК «Гр1» и «Точ1», вначале при нажатой кнопке «Гр», а затем при нажатой кнопке «Точ».

5. Нажать кнопку «К2».

6. Произвести установку (контроль) рабочего тока второго контура потенциометра, для чего установить стрелку гальванометра на нуль вращением ручек РАБОЧИЙ ТОК «Гр2» и «Точ2» вначале при нажатой кнопке «Гр», а затем при нажатой кнопке «Точ».

7. Подключить объект измерения к зажимам «-Х», «mV», соблюдая полярность.

8. Произвести измерение, для чего:

- нажать кнопку «Изм»;
- установить стрелку гальванометра на нуль вращением ручек декадных переключателей «x10 Ом (mV)», «x1 Ом (mV)», «x0,1 Ом (mV)», «x0,01 Ом (mV)» вначале при нажатой кнопке «Гр», затем при нажатой кнопке «Точ».

Значение измеренного напряжения в милливольтках будет равно сумме показаний декад.

9. Установить кнопки на приборе в соответствии с п.3.1.

10. Определить предел допускаемой основной погрешности  $\Delta U$ , V по формуле (1):

$$\Delta U = \pm 5 \cdot 10^{-4} \cdot \left( \frac{U_n}{10} + U \right), \quad (1)$$

где  $U_n$  – нормирующее значение, V ( $U_n = 0,1$  V);

$U$  – показание потенциометра, V, при нормальных условиях применения.



11. Определить постоянную по току  $C_i$  внешнего гальванометра, обеспечивающую необходимую чувствительность потенциометра, по формуле:

$$C_i < \frac{\Delta U}{R_{cx} + R_n + R_r}, \quad (2)$$

где  $\Delta U$  – погрешность показаний потенциометра;

$R_{cx}$  – выходное сопротивление потенциометра, значение которого в Ом равно значению выходного напряжения в милливольтметрах;

$R_n$  – сопротивление подключенного объекта измерения, Ом;

$R_r$  – внутреннее сопротивление гальванометра, Ом.

### **Отчёт по работе должен содержать:**

- 1) Название работы.
- 2) Цель работы.
- 3) Краткую теоретическую часть.
- 4) Порядок выполнения работы.
- 5) Расчёт допустимой основной погрешности  $\Delta U$ ,  $V$  по формуле (1).
- 6) Расчёт постоянной по току  $C_i$  внешнего гальванометра по формуле (2).
- 7) Вывод.

### **Контрольные вопросы**

1. Дайте определение методики измерений и приведите основные методы.
2. Какие методы используются для измерения ЭДС и напряжения?
3. Каким методом предпочтительнее пользоваться в данной работе и почему?

4. Объясните назначение и принцип работы прибора универсального Р4833.

5. В чем заключается принцип действия потенциометров постоянного тока и магнитоэлектрических гальванометров?

6. Приведите определения: средство измерения, диапазон измерений, погрешность измерения, основная погрешность, систематическая погрешность.

### **Библиографический список**

1. Федеральный закон от 26 июня 2008 года № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений».

2. Схиртладзе А.Г., Радкевич Я.М., Сергеев С.А. Метрология, стандартизация и сертификация [Текст]: учебник/ А.Г. Схиртладзе, Я.М. Радкевич, С.А. Сергеев. – Старый Оскол: «ТНТ», 2010. – 539с.

3. Метрология, стандартизация и сертификация [Текст]: учебник / под ред. В. В. Алексеева. - 2-е изд. стер. - М.: Академия, 2008. - 384 с.

4. Куприянова И.Ю. Техническое регулирование [Электронный ресурс]: учебное пособие/ И.Ю. Куприянова. – Юго- Зап. гос. ун-т. Курск, 2011. – 175 с.

5. Основы метрологии и электрические измерения [Текст]: учебник для вузов /Б.Я. Авдеев, Е.М. Антонюк, Е.М. Душин и др.; Под ред. Е.М. Душина – 6-е изд., переработ. и доп. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр.отд-ние, 1987. – 480 с.

6. Тартаковский Д.Ф., Ястребов А.С. Метрология, стандартизация и технические средства измерений [Текст]: учебник для вузов. – М.: Высш. шк., 2001. – 205 с.