

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Ю.К. Атрошенко, Е.В. Кравченко

## **ИЗМЕРЕНИЕ ЭДС МЕТОДОМ СРАВНЕНИЯ С МЕРОЙ**

Издательство  
Томского политехнического университета  
2014

УДК 006 (076.6)  
ББК30.10я73  
А927

**Атрошенко Ю.К.**

Измерение ЭДС методом сравнения с мерой. Методические указания к выполнению лабораторных работ / Ю.К. Атрошенко, Е.В. Кравченко; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 12 с.

В пособии приведены сведения о компенсационном методе измерения. Лабораторная работа содержит индивидуальные варианты заданий. Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по направлениям 140400 (13.03.02) «Электроэнергетика и электротехника».

**УДК 006 (076.6)**  
**ББК30.10я73**

*Рецензенты*

Доктор технических наук, профессор ТГАСУ

*Мамонтов Г.Я.*

Доцент ФГОУ ДПО «Академия стандартизации, метрологии и сертификации (учебная)»

*Волошенко А.В.*

© ФГБОУ ВПО НИ ТПУ, 2014

© Атрошенко Ю.К., Кравченко Е.В.

© Обложка. Издательство Томского политехнического университета, 2014

## Введение

Цель работы заключается в изучении метода измерения напряжения с помощью компенсационного метода измерения, исследования точности компенсационного метода при различных схемах включения источника питания.

Задачами лабораторной работы являются:

- изучение принципа действия компенсационной схемы измерения напряжения;
- проведение серии экспериментов для различных значений напряжения.

## Компенсационный метод измерения

Компенсационный метод относится к нулевому методу сравнения с мерой, т.е. к методу измерения, при котором разница между мерой и измеряемой физической величиной доводится до нуля. Принципиальная схема измерения ЭДС компенсационным методом показана на рис. 1.

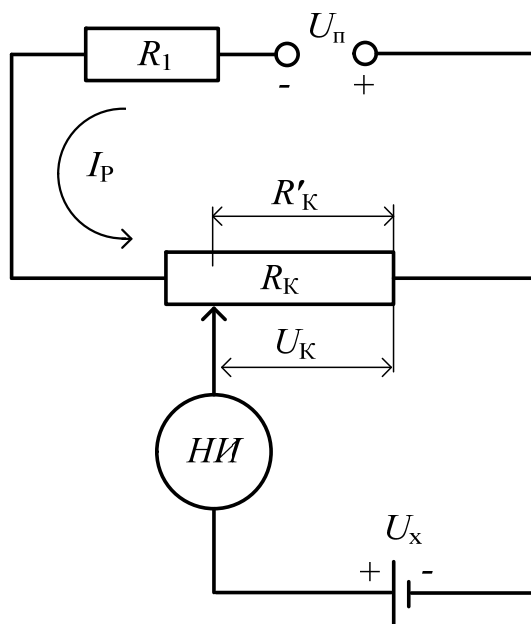


Рис. 1. Принципиальная схема измерения ЭДС компенсационным методом

В верхнем контуре под действием ЭДС вспомогательного источника питания  $U_{\Pi}$  создается рабочий ток  $I_{\Pi}$ . Измеряемое напряжение  $U_x$  сравнивается с компенсирующим напряжением  $U_K$ , создаваемым током  $I_{\Pi}$  на участке компенсирующего сопротивления  $R'_K$ . При отсутствии тока в нуль-индикаторе напряжение  $U_x$  уравновешено напряжением  $U_K$ :

$$U_x = U_K = I_P \cdot R'_K. \quad (1)$$

Из выражения (1) видно, что точность измерения  $U_x$  компенсационным методом определяется неизменностью рабочего тока  $I_P$ , т.е. стабильностью вспомогательного источника питания  $U_{II}$ , а также чувствительностью нуль-индикатора.

### Порядок выполнения работы

1. Соединить гнездо 10 мультиметра (рис. 3) с контактом К4 источника стабилизированного напряжения панели «Блок питания».
2. Соединить гнездо 9 мультиметра (рис. 3) с контактом К3 источника стабилизированного напряжения панели Блок питания.
3. Измеренное значение напряжения занести в таблицу 1.
4. Отключить питание лабораторной установки.
5. Отключить Мультиметр от источника напряжения.
6. Собрать электрическую схему, представленную на рис. 2.

**Все коммутации проводить при выключенном питании лабораторной установки и выключенных мультиметрах!**

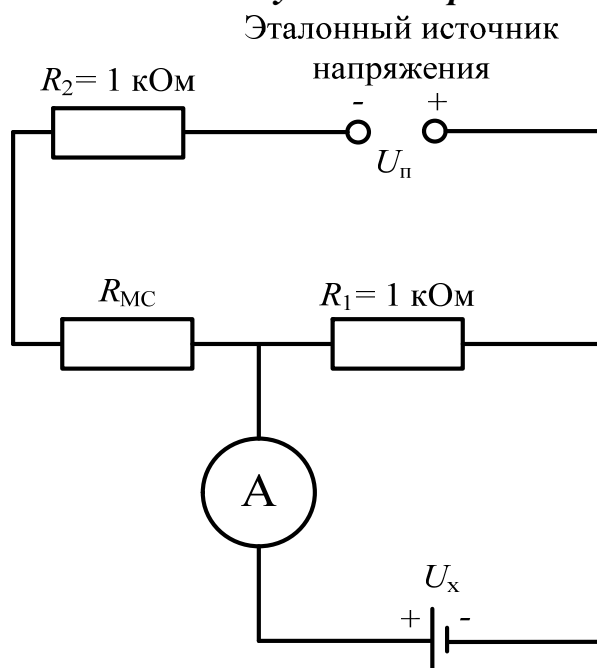
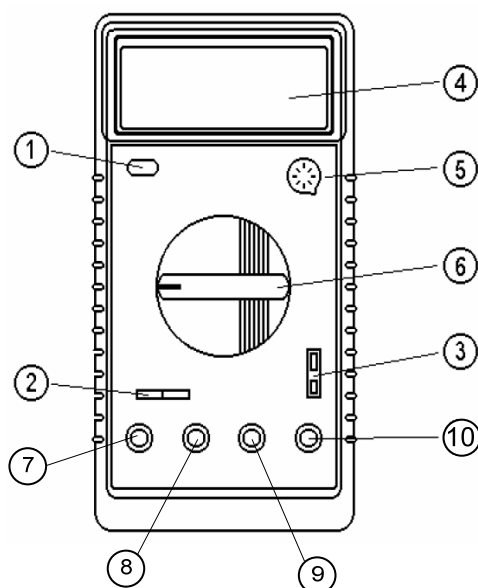


Рис. 2. Схема экспериментальной цепи



*Рис. 3. Схема лицевой панели цифрового мультиметра Mastech MY64: 1 – кнопка включения питания; 2 – гнездо для измерения подключения электрических конденсаторов; 3 – гнездо для измерения температуры; 4 – ЖК дисплей; 5 – гнездо подключения транзисторов; 6 – переключатель функций; 7 – гнездо для подключения щупа при измерении силы тока до 10 А; 8 – гнездо для подключения щупа при измерении силы тока до 200 мА; 9 – гнездо СОМ; 10 – гнездо для подключения щупа при измерении напряжения, частоты, сопротивления*

Для сборки схемы необходимо:

1. Подключить контакт К4 источника стабилизированного напряжения панели «Блок питания» к контакту К7.1 сопротивления R2 панели «Наборное поле».
2. Подключить контакт К8.1 сопротивления R2 панели «Наборное поле» к контакту «99999,9Ω» Магазина сопротивлений.
3. Подключить контакт «0» Магазина сопротивлений к контакту К5.1 сопротивления R1 панели «Наборное поле».
4. Подключить контакт К5.2 сопротивления R1 панели «Наборное поле» к гнезду 8 мультиметра 1 (рис. 3).
5. Подключить контакт К6.1 панели «Наборное поле» сопротивления R1 к контакту К3 источника стабилизированного напряжения панели «Блок питания».

Порядок проведения эксперимента

1. Соединить гнездо 9 мультиметра 2 (рис. 3) с контактом К7 источника регулируемого напряжения панели «Блок питания».
2. Соединить гнездо 10 мультиметра 2 (рис. 3) с контактом К8 источника регулируемого напряжения панели «Блок питания».

3. Перевести Мультиметр 2 в режим измерения постоянного напряжения.
4. Включить питание лабораторной установки.
5. Установить с помощью регулятора напряжения значение напряжения  $U_1$  (см. табл. 3).
6. Отключить питание лабораторной установки.
7. Отключить Мультиметр 2 от источника напряжения.
8. Подключить гнездо 10 мультиметра 1 (рис. 3) к контакту К8 источника регулируемого напряжения панели «Блок питания».
9. Подключить контакт К7 источника регулируемого напряжения панели Блок питания к контакту К6.2 сопротивления R1 панели «Наборное поле».
10. Перевести Мультиметр 1 в режим измерения **постоянного тока**, предел измерения 20 мА.
11. Включить питание лабораторной установки, Мультиметр 1.
12. Установить переключатель «x10 000» Магазина сопротивлений в положение, соответствующее минимальному по модулю значению тока, измеряемого Мультиметром 1.
13. Последовательно установить переключатели «x1000», «x100», «x10», «x1», «x0,1» Магазина сопротивлений в такое положение, при котором ток, измеряемый Мультиметром 1, будет равен 0.
14. Значение сопротивления Магазина сопротивлений занести в таблицу 1.
15. Отключить питание лабораторной установки, мультиметр 1.
16. Отключить проводники от контактов К7 и К8 источника регулируемого напряжения панели Блок питания.
17. Соединить гнездо 10 мультиметра 2 (рис. 3) с контактом К8 источника стабилизированного напряжения панели Блок питания.
18. Соединить гнездо 9 мультиметра 2 (рис. 3) с контактом К7 источника стабилизированного напряжения панели Блок питания.
19. Перевести Мультиметр 2 в режим измерения постоянного напряжения.
20. Включить питание лабораторной установки.
21. Установить с помощью регулятора напряжения значение напряжения  $U_2$  (см. табл. 3).
22. Повторить п.п. 6-21 порядка проведения эксперимента для остальных значений измеряемого напряжения.
23. Отключить питание лабораторной установки, мультиметры.

Результаты экспериментальных и расчетных данных  
эксперимента № 1

Измеряемое напряжение, В		Значение сопротивления Магазина сопротивлений $R_{MC}$ , Ом
Показания мультиметра, В	Значение напряжения, изме- ренное компенсационным ме- тодом $U_{i\text{ км}}$ , В	
$U_1$		
...		
$U_i$		
...		
$U_6$		
Напряжение вспомогательного источника питания $U_{II} =$		В

### Порядок обработки экспериментальных данных

1. По данным таблицы 1 определить значение напряжения, измеряемого компенсационным методом по схеме, представленной на рис. 2 по формуле:

$$U_{i\text{ км}} = U_{II} \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_{MCi}}, \quad (2)$$

где  $R_1 = R_2 = 1$  кОм – постоянные сопротивления,  $R_{MCi}$  – значение сопротивления Магазина сопротивлений, соответствующее состоянию равновесия при  $i$ -м значении напряжения. Полученные значения занести в таблицу 2.

2. По данным таблицы 1 определить абсолютную погрешность измерения напряжения компенсационным методом измерения по формуле:

$$\text{а. } \Delta = U_{i\text{ км}} - U_i, \quad (3)$$

где  $U_i$  – значение напряжения, определенное по мультиметру 2. Полученные значения занести в таблицу 2.

3. По данным таблицы 1 определить относительную погрешность измерения напряжения компенсационным методом измерения по формуле:

$$\delta = \frac{\Delta}{U_{i\text{ км}}} \cdot 100 \%. \quad (4)$$

Полученные значения занести в таблицу 2.

Таблица 2

*Результаты расчета погрешностей*

Значение напряжения $U_{1-i}, \text{ В}$	Абсолютная погрешность измерения, В	Относительная погрешность измерения, %
$U_1$		
$U_2$		
...		
$U_6$		

Таблица 3

*Варианты индивидуальных заданий*

№ вар.	Значение измеряемой величины, В					
	$U_1$	$U_2$	$U_3$	$U_4$	$U_5$	$U_6$
1	2	3	4	5	6	7
2	3,1	5,1	6,1	7,1	8,1	9,1
3	4,2	6,2	8,2	10,2	12,2	14,2
4	4,1	6,1	8,1	10,1	12,1	14,1
5	4,3	6,3	8,3	10,3	12,3	14,3
6	4,4	6,4	8,4	10,4	12,4	14,4
7	4,5	6,5	8,5	10,5	12,5	14,5
8	4,6	6,6	8,6	10,6	12,6	14,6
9	4,7	6,7	8,7	10,7	12,7	14,7
10	4,8	6,8	8,8	10,8	12,8	14,8

**Содержание отчета**

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- 1) описание компенсационного метода измерения напряжения;
- 2) порядок выполнения работы;
- 3) порядок обработки экспериментальных данных;
- 4) таблицы, содержащие результаты эксперимента и расчетов;
- 5) ответы на контрольные вопросы.

**Контрольные вопросы**

1. К какому методу измерения относится компенсационный метод?
2. Назовите источники погрешностей при измерении напряжения компенсационным методом?
3. Определить верхний предел измерения напряжения с помощью схемы, приведенной на рис. 1.20, при напряжении источника питания  $U_{\text{пит}}=15 \text{ В}$ .



Учебное издание

АТРОШЕНКО Юлиана Константиновна  
КРАВЧЕНКО Евгений Владимирович

Подписано к печати 12.11.2013. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».

Печать XEROX. Усл.печ.л. 9,01. Уч.-изд.л. 8,16.

Заказ . Тираж 5 экз.


Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Система менеджмента качества

Издательства Томского политехнического университета сертифицирована

NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту BS EN ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ . 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30  
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, [www.tpu.ru](http://www.tpu.ru)