

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор-директор ЭНИН

к.т.н., доцент

_____ Ю.С. Боровиков

« ___ » _____ 2012 г.

Ю.К. Кривогузова

**ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЕНСАЦИОННОГО МЕТОДА
ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ**

Методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине
«Метрология, стандартизация и сертификация» для студентов направления
140400 «Электроэнергетика и электротехника»

Издательство

Томского политехнического университета

2012

УДК 621.317.3

Исследование компенсационного метода измерения напряжения.

Методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация» для студентов направления 140400 – Электроэнергетика и электротехника / Ю.К. Кривогузова, Томский политехнический университет. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2012. – 12 с.

Методические указания рассмотрены и рекомендованы методическим семинаром кафедры автоматизации теплоэнергетических процессов «___» _____ 2012 г.

Заведующий кафедрой АТП,
канд. техн. наук, доцент _____ И.П. Озерова

Председатель учебно-методической
комиссии _____ В.С. Андык

© ГОУ ВПО НИ ТПУ, 2012
© Кривогузова Ю.К., 2012
© Оформление. Издательство Томского
политехнического университета, 2012.

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;
- определение погрешности измерения напряжения компенсационным методом при различных схемах включения источника питания.

КОМПЕНСАЦИОННЫЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ

Для измерения малых значений (от долей до нескольких вольт) ЭДС и напряжений с высокой точностью используется компенсационный метод измерений, основанный на сравнении неизвестной ЭДС E_x или напряжения с известными. Приборы, использующие этот метод измерения, называются компенсаторами. Компенсационный метод измерения является одним из вариантов метода сравнения с мерой, в котором результирующий эффект воздействия величин на прибор сравнения доводят до нуля (добиваются нулевого показания измерительного прибора). Компенсационный метод измерения отличается высокой точностью. Она зависит от чувствительности нулевого прибора (нуль-индикатора), контролирующего осуществление компенсации, и от точности определения величины, компенсирующей измеряемую величину.

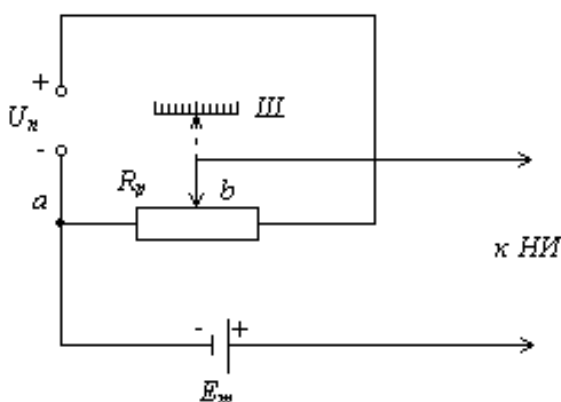


Рисунок 1 – измерительная схема потенциометра

Простейшая измерительная схема потенциометра изображена на рис. 1. Источник ЭДС неизвестной величины подключен к делителю напряжения

(реохорду) R_p таким образом, что падение напряжения U_{ab} между точками а и в на части делителя напряжения R_p подключено навстречу ЭДС E_T . Перемещая движок реохорда R_p , можно найти такое положение движка, при котором $U_{ab}=E_T$. В этом случае ЭДС E_T уравновешена падением напряжения U_{ab} на участке реохорда между точками а и в, ток в цепи источник E отсутствует и стрелка – указатель нуль-индикатора НИ устанавливается на нулевой отметке. Значение ЭДС определяют по шкале Ш.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Эксперимент № 1

1. Соединить измерительный контакт $VHz\Omega$ Мультиметра 2 с контактом К4 источника стабилизированного напряжения панели Блок питания.
2. Соединить общий контакт СОМ Мультиметра 2 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 2 от источника напряжения.
6. Собрать электрическую схему, представленную на рис. 2.

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

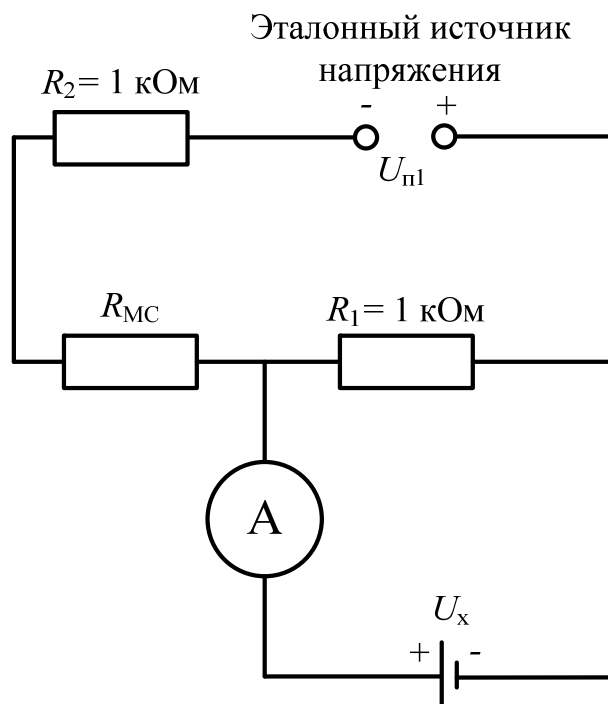


Рисунок 2 – схема экспериментальной цепи

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 К 8.1 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 к контакту mA Мультиметра 1.
5. Подключить контакт К6.1 сопротивления R1 к контакту К3 источника стабилизированного напряжения панели Блок питания.

Порядок проведения эксперимента № 1

1. Соединить общий контакт СОМ Мультиметра 2 с контактом К7 источника регулируемого напряжения панели Блок питания.
2. Соединить контакт VHz Мультиметра 2 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_{1-1} (см. табл. 4).
6. Отключить питание лабораторной установки.
7. Отключить Мультиметр 2 от источника напряжения.
8. Подключить общий контакт СОМ Мультиметра 1 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 в режим измерения **постоянного тока**, предел измерения 20 mA.
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 «x1 000», «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 измерительный контакт VHzΩ Мультиметра 2 с контактом К8 источника стабилизированного напряжения панели Блок питания.
18. Соединить общий контакт СОМ Мультиметра 2 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_{1-i} (см. табл. 4).
22. Повторить п.п. 6-21 порядка проведения эксперимента №1 для остальных значений измеряемого напряжения.
23. Отключить питание лабораторной установки, мультиметры.

Таблица 1 – результаты экспериментальных и расчетных данных эксперимента № 1

Измеряемое напряжение, В		Значение сопротивления Магазина сопротивлений R_{MC} , Ом
Показания мультиметра, В	Значение напряжения, измеренное компенсационным методом $U_{1-i_{км}}$, В	
U_{1-1}		
...		
U_{1-i}		
...		
U_{1-7}		

Эксперимент № 2

1. Соединить измерительный контакт VHzΩ Мультиметра 2 с контактом К20 нормального элемента панели Наборное поле.
2. Соединить общий контакт СОМ Мультиметра 2 с контактом К21 нормального элемента панели Наборное поле.
3. Измеренное значение напряжения занести в таблицу 2.
4. Отключить питание лабораторной установки.
5. Отключить Мультиметр 2 от источника напряжения.
6. Собрать электрическую схему, представленную на рис. 3.

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

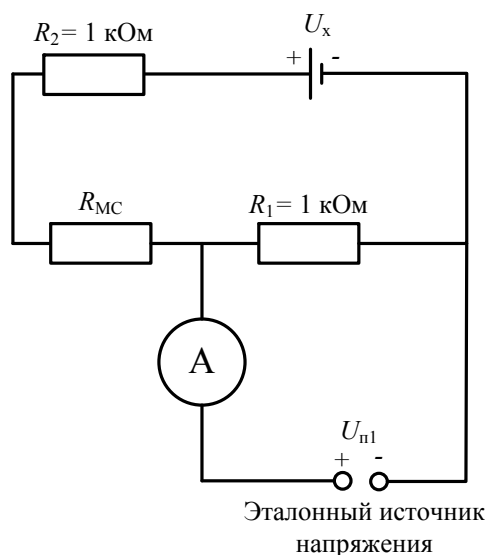


Рисунок 3 – схема экспериментальной цепи

Для сборки схемы необходимо:

1. Подключить контакт К20 нормального элемента панели Наборное поле к общему контакту СОМ Мультиметра 1.
2. Подключить контакт К21 нормального элемента панели Наборное поле к контакту К6.2 сопротивления R1 панели Наборное поле.
3. Подключить контакт mA Мультиметра 1 к контакту К5.2 сопротивления R1 панели Наборное поле.
4. Подключить контакт 0 Магазины сопротивлений к контакту К5.1 сопротивления R1 панели Наборное поле.
5. Подключить контакт К 8.1 сопротивления R2 панели Наборное поле к контакту 99999,9Ω Магазины сопротивлений.

Порядок проведения эксперимента № 2

1. Соединить общий контакт СОМ Мультиметра 2 с контактом К7 источника регулируемого напряжения панели Блок питания.
2. Соединить контакт VHz Мультиметра 2 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_{2-1} (см. табл. 4).
6. Отключить питание лабораторной установки.
7. Отключить Мультиметр 2 от источника напряжения.
8. Подключить контакт К7.1 сопротивления R2 панели Наборное поле 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 «x1 000», «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 2.
15. Отключить питание лабораторной установки, Мультиметр 1.
16. Отключить проводники от контактов К7 и К8 источника регулируемого напряжения панели Блок питания.
17. Соединить измерительный контакт VHzΩ Мультиметра 2 с контактом К8 источника стабилизированного напряжения панели Блок питания.
18. Соединить общий контакт СОМ Мультиметра 2 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-i} (см. табл. 4).
22. Повторить п.п. 6-21 порядка проведения эксперимента №2 для остальных значений измеряемого напряжения.
23. Отключить питание лабораторной установки, мультиметры.

Таблица 2 – результаты экспериментальных и расчетных данных эксперимента № 2

Измеряемое напряжение, В		Значение сопротивления Магазина сопротивлений R_{MC} , Ом
Показания мультиметра, В	Значение напряжения, измеренное компенсационным методом $U_{2-i \text{ км}}$, В	
U_{2-1}		
...		
U_{2-i}		
...		
U_{2-7}		

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА

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

$$U_{1-i \text{ км}} = U_{\text{п1}} \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_{\text{МС}i}}, \quad (1)$$

где $R_1 = R_2 = 1 \text{ кОм}$ – постоянные сопротивления, $R_{\text{МС}i}$ – значение сопротивления Магазина сопротивлений, соответствующее состоянию равновесия при i -м значении напряжения.

Полученные значения занести в таблицу 3.

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

$$\Delta = U_{1-i \text{ км}} - U_{1-i}, \quad (2)$$

где U_{1-i} – значение напряжения, определенное по мультиметру 2.

Полученные значения занести в таблицу 3.

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

$$\delta = \frac{\Delta}{U_{1-i \text{ км}}} \cdot 100 \%. \quad (3)$$

Полученные значения занести в таблицу 3.

4. По данным таблицы 2 определить значение напряжения, измеряемого компенсационным методом по схеме, представленной на рис. 3 по формуле:

$$U_{2-i \text{ км}} = U_{\text{п2}} \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_{\text{МС}i}}, \quad (4)$$

где $R_1 = R_2 = 1 \text{ кОм}$ – постоянные сопротивления, $R_{\text{МС}i}$ – значение сопротивления Магазина сопротивлений, соответствующее состоянию равновесия при i -м значении напряжения.

Полученные значения занести в таблицу 3.

5. По данным таблицы 2 определить абсолютную погрешность измерения напряжения компенсационным методом измерения по схеме, представленной на рис. 3 по формуле:

$$\Delta = U_{2-i \text{ км}} - U_{2-i}, \quad (5)$$

где U_{2-i} – значение напряжения, определенное по мультиметру 2.

Полученные значения занести в таблицу 3.

6. По данным таблицы 2 определить относительную погрешность измерения напряжения компенсационным методом измерения по схеме, представленной на рис. 3 по формуле:

$$\delta = \frac{\Delta}{U_{2-i \text{ км}}} \cdot 100 \%. \quad (6)$$

Полученные значения занести в таблицу 3.

Таблица 3 – результаты расчета погрешностей

Эксперимент № 1			Эксперимент № 2		
Значение напряжения U_{1-i} , В	Абсолютная погрешность измерения, В	Относительная погрешность измерения, %	Значение напряжения U_{2-i} , В	Абсолютная погрешность измерения, В	Относительная погрешность измерения, %
U_{1-1}			U_{2-1}		
U_{1-2}			U_{2-2}		
...			...		
U_{1-7}			U_{2-7}		

Сделать вывод по данным таблицы 3.

Таблица 4 – варианты исходных данных

№ варианта	Значения измеряемого напряжения						
1	Эксперимент № 1						
	$U_{1-1}=0,5$ В	$U_{1-2}=1$ В	$U_{1-3}=1,5$ В	$U_{1-4}=2$ В	$U_{1-5}=2,5$ В	$U_{1-6}=2,5$ В	$U_{1-7}=3$ В
	Эксперимент № 2						
	$U_{2-1}=5,5$ В	$U_{2-2}=6$ В	$U_{2-3}=6,5$ В	$U_{2-4}=7$ В	$U_{2-5}=8$ В	$U_{2-6}=8,5$ В	$U_{2-7}=9$ В
2	Эксперимент № 1						
	$U_{1-1}=0,3$ В	$U_{1-2}=0,6$ В	$U_{1-3}=0,9$ В	$U_{1-4}=1,2$ В	$U_{1-5}=1,5$ В	$U_{1-6}=1,8$ В	$U_{1-7}=2,1$ В
	Эксперимент № 2						
	$U_{2-1}=6$ В	$U_{2-2}=6,3$ В	$U_{2-3}=6,6$ В	$U_{2-4}=6,9$ В	$U_{2-5}=7,2$ В	$U_{2-6}=7,5$ В	$U_{2-7}=7,8$ В
3	Эксперимент № 1						
	$U_{1-1}=0,6$ В	$U_{1-2}=1,2$ В	$U_{1-3}=1,8$ В	$U_{1-4}=2,4$ В	$U_{1-5}=3$ В	$U_{1-6}=3,6$ В	$U_{1-7}=4,2$ В
	Эксперимент № 2						
	$U_{2-1}=5,8$ В	$U_{2-2}=6,3$ В	$U_{2-3}=6,8$ В	$U_{2-4}=7,3$ В	$U_{2-5}=7,8$ В	$U_{2-6}=8,3$ В	$U_{2-7}=8,8$ В
4	Эксперимент № 1						
	$U_{1-1}=0,3$ В	$U_{1-2}=1$ В	$U_{1-3}=2$ В	$U_{1-4}=3$ В	$U_{1-5}=4$ В	$U_{1-6}=5$ В	$U_{1-7}=6$ В
	Эксперимент № 2						
	$U_{2-1}=6,4$ В	$U_{2-2}=6,8$ В	$U_{2-3}=7,2$ В	$U_{2-4}=7,6$ В	$U_{2-5}=8$ В	$U_{2-6}=8,4$ В	$U_{2-7}=8,8$ В
5	Эксперимент № 1						
	$U_{1-1}=0,4$ В	$U_{1-2}=0,8$ В	$U_{1-3}=1,2$ В	$U_{1-4}=1,6$ В	$U_{1-5}=2$ В	$U_{1-6}=2,4$ В	$U_{1-7}=2,8$ В
	Эксперимент № 2						
	$U_{2-1}=8$ В	$U_{2-2}=9$ В	$U_{2-3}=10$ В	$U_{2-4}=11$ В	$U_{2-5}=12$ В	$U_{2-6}=13$ В	$U_{2-7}=14$ В
6	Эксперимент № 1						
	$U_{1-1}=3$ В	$U_{1-2}=3,5$ В	$U_{1-3}=4$ В	$U_{1-4}=4,5$ В	$U_{1-5}=5$ В	$U_{1-6}=5,5$ В	$U_{1-7}=6$ В
	Эксперимент № 2						
	$U_{2-1}=6,1$ В	$U_{2-2}=7,1$ В	$U_{2-3}=8,1$ В	$U_{2-4}=9,1$ В	$U_{2-5}=10,1$ В	$U_{2-6}=11,1$ В	$U_{2-7}=12,1$ В
7	Эксперимент № 1						
	$U_{1-1}=0,5$ В	$U_{1-2}=1,4$ В	$U_{1-3}=2,3$ В	$U_{1-4}=3,2$ В	$U_{1-5}=4,1$ В	$U_{1-6}=5,0$ В	$U_{1-7}=5,9$ В
	Эксперимент № 2						
	$U_{2-1}=12$ В	$U_{2-2}=12,5$ В	$U_{2-3}=13$ В	$U_{2-4}=13,5$ В	$U_{2-5}=14$ В	$U_{2-6}=14,5$ В	$U_{2-7}=15$ В
8	Эксперимент № 1						
	$U_{1-1}=2,4$ В	$U_{1-2}=3,0$ В	$U_{1-3}=3,6$ В	$U_{1-4}=4,2$ В	$U_{1-5}=4,8$ В	$U_{1-6}=5,4$ В	$U_{1-7}=6$ В
	Эксперимент № 2						
	$U_{2-1}=6,7$ В	$U_{2-2}=7,4$ В	$U_{2-3}=8,1$ В	$U_{2-4}=8,8$ В	$U_{2-5}=9,5$ В	$U_{2-6}=10,2$ В	$U_{2-7}=10,9$ В
9	Эксперимент № 1						
	$U_{1-1}=1,8$ В	$U_{1-2}=2,5$ В	$U_{1-3}=3,2$ В	$U_{1-4}=3,9$ В	$U_{1-5}=4,6$ В	$U_{1-6}=5,3$ В	$U_{1-7}=6$ В
	Эксперимент № 2						
	$U_{2-1}=7,4$ В	$U_{2-2}=8,5$ В	$U_{2-3}=9,6$ В	$U_{2-4}=10,7$ В	$U_{2-5}=11,8$ В	$U_{2-6}=12,9$ В	$U_{2-7}=14$ В
10	Эксперимент № 1						
	$U_{1-1}=0,7$ В	$U_{1-2}=1,4$ В	$U_{1-3}=2,1$ В	$U_{1-4}=2,8$ В	$U_{1-5}=3,5$ В	$U_{1-6}=4,2$ В	$U_{1-7}=4,9$ В
	Эксперимент № 2						
	$U_{2-1}=7,8$ В	$U_{2-2}=8,0$ В	$U_{2-3}=8,2$ В	$U_{2-4}=8,4$ В	$U_{2-5}=8,6$ В	$U_{2-6}=8,8$ В	$U_{2-7}=9$ В

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 экспериментов и расчетов;
- 5) ответы на контрольные вопросы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1) Объясните, какая из приведенных схем (на рис. 2 или на рис.3) наиболее точна при измерении напряжения и почему?
- 2) К какому методу измерения относится компенсационный метод?
- 3) Назовите источники погрешностей при измерении напряжения компенсационным методом?
- 4) Определить верхний предел измерения напряжения с помощью схемы, приведенной на рис. 2, при напряжении источника питания $U_{\text{пит}}=15$ В.
- 5) Определить верхний предел измерения напряжения с помощью схемы, приведенной на рис. 3, при напряжении источника питания $U_{\text{пит}}=2,5$ В.