

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное

учреждение высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Ю.К. Атрошенко, Е.В. Кравченко

**РАСШИРЕНИЕ ПРЕДЕЛОВ ИЗМЕРЕНИЯ
ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ ПРИ ПОМОЩИ
ШУНТОВ И ДОБАВОЧНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ**

Издательство

Томского политехнического университета

2014

УДК 006 (076.6)
ББК30.10я73
А927

Атрошенко Ю.К.

Расширение пределов измерения электроизмерительных приборов при помощи шунтов и добавочных сопротивлений. 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 методах увеличения верхнего предела измерения электроизмерительных приборов при помощи шунтов и добавочных сопротивлений, показан ход выполнения лабораторной работы. 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 методов измерения больших значений силы тока и напряжения, определении зависимости верхнего предела измерения электроизмерительных приборов от значения шунтирующего сопротивления.

Задачами лабораторной работы являются:

- изучение схем подключения шунтирующего сопротивления к амперметру и вольтметру;
- проведение серии экспериментов для различных значений шунтирующего и добавочного сопротивления;
- установление зависимости полученного шунтированием предела измерения прибора от значения сопротивления шунта.

Подключение шунтов и добавочных сопротивлений к электроизмерительным приборам

Увеличение предела измерения электроизмерительного прибора связано с необходимостью выдерживания высоких значений силы тока. Большие токи вызывали бы увеличение сечения проводов обмотки катушки (обычно диаметр проводов не превышает 0,2 мм), а, следовательно, массы и момента инерции подвижной части прибора. Кроме того, приборы обладают внутренним сопротивлением, наличие которого приводит к тому, что подключение измерительных приборов к цепи влияет на её параметры. При этом наличие внутреннего сопротивления у амперметра приводит к тому, что общее сопротивление участка цепи возрастает, и поэтому сила тока в цепи с амперметром меньше чем сила тока без него. Чем меньше внутреннее сопротивление амперметра, тем меньшее изменение силы тока происходит на том участке цепи, куда включается амперметр. Поэтому пределы измерения по току расширяют с помощью шунтов, а по напряжению – с помощью добавочных резисторов.

Шунтирование – подключение параллельно амперметру с внутренним сопротивлением R_A сопротивления $R_{ш}$, называемого шунтом. Схема подключения приведена на рисунке 1. При этом часть тока $I_{ш}$ проходит через шунт, а общий измеряемый ток I_m становится больше, чем предел измерения амперметра I_m . Такое соединение можно рассматривать как амперметр с новым пределом измерения, равным I_m .

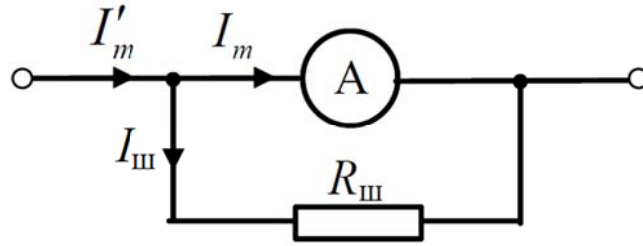


Рис. 1. Схема подключения шунта к амперметру

По законам Кирхгофа:

$$\begin{cases} I'_m = I_m + I_{ш}, \\ I_m \cdot R_A - I_{ш} R_{ш} = 0. \end{cases} \quad (1)$$

Решение системы уравнений (1.22) относительно I'_m будет иметь вид:

$$I'_m = I_m \left(1 + \frac{R_A}{R_{ш}} \right). \quad (2)$$

Из выражения (2) следует, что чем меньше будет сопротивление шунта $R_{ш}$, тем больше будет новый предел измерения I'_m . Сопротивление $R_{ш}$ определяется выражением:

$$R_{ш} = \frac{R_A}{\frac{I'_m}{I_m} - 1} = \frac{R_A}{n - 1}, \quad (3)$$

где $n = \frac{I'_m}{I_m}$ – коэффициент шунтирования.

Вольтметры предназначены для измерения разности потенциалов на участке цепи. Для однородного участка цепи разность потенциалов равна напряжению на участке. Для того чтобы при подключении вольтметра токи в схеме изменялись мало, необходимо, чтобы его внутреннее сопротивление R_V было как можно большим. Поэтому к вольтметру последовательно включается добавочное сопротивление, схема включения показана на рис. 2.

Пределу измерения вольтметра соответствует максимальный ток вольтметра:

$$I_m = \frac{U_m}{R_V}. \quad (4)$$

Для изменения предела измерения вольтметра последовательно с ним включают добавочное сопротивление R_d . При этом измеряемое напряжение U'_m равно:

$$U'_m = U_m + U_d, \quad (5)$$

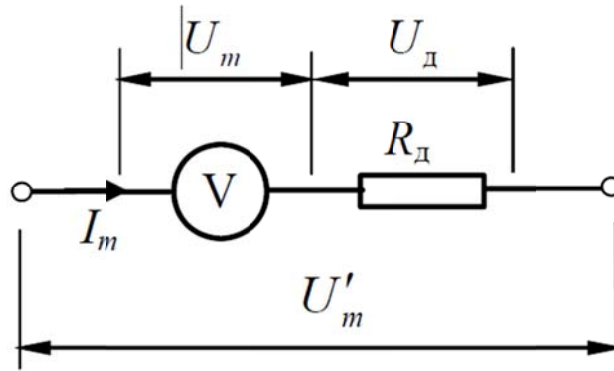


Рис. 2. Схема подключения шунта к вольтметру

Пределу измерения вольтметра соответствует максимальный ток вольтметра:

$$I_m = \frac{U_m}{R_V}. \quad (6)$$

Для изменения предела измерения вольтметра последовательно с ним включают добавочное сопротивление R_d . При этом измеряемое напряжение U'_m равно:

$$U'_m = U_m + U_d, \quad (7)$$

где U_d – напряжение на добавочном сопротивлении. Так как ток через вольтметр равен току через добавочное сопротивление, напряжение на добавочном сопротивлении будет равно:

$$U_d = I_m \cdot R_d. \quad (8)$$

Путем подстановки выражения (8) в выражение (7) получается:

$$U'_m = U_m + I_m \cdot R_d, \quad (9)$$

откуда

$$R_d = \frac{U'_m - U_m}{I_m} = \frac{U'_m - U_m}{U_m} \cdot R_V = \left(\frac{U'_m}{U_m} - 1 \right) \cdot R_V = (m - 1) \cdot R_V, \quad (10)$$

где $m = \frac{U'_m}{U_m}$ – коэффициент изменения предела измерения напряжения.

Шунты встраивают в прибор или выполняют отдельными от прибора. Их изготавливают из манганина, обладающего малым температурным коэффициентом электрического сопротивления.

Порядок выполнения работы

1. Расширение предела измерения амперметра
Собрать электрическую схему, представленную на рис. 3.

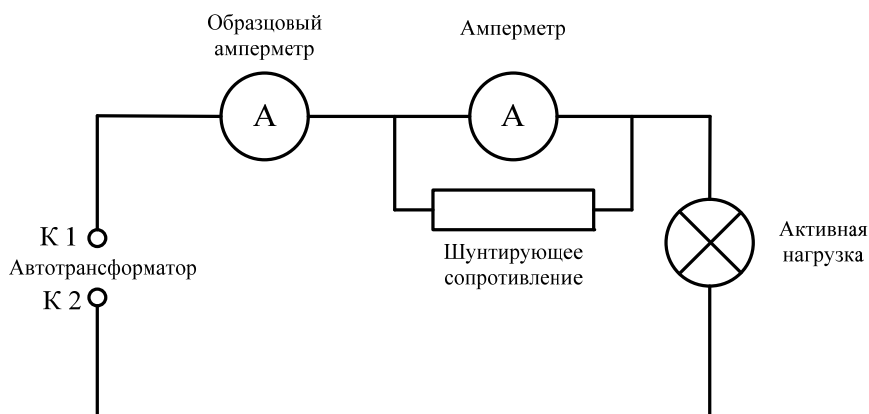


Рис. 3. Схема экспериментальной цепи

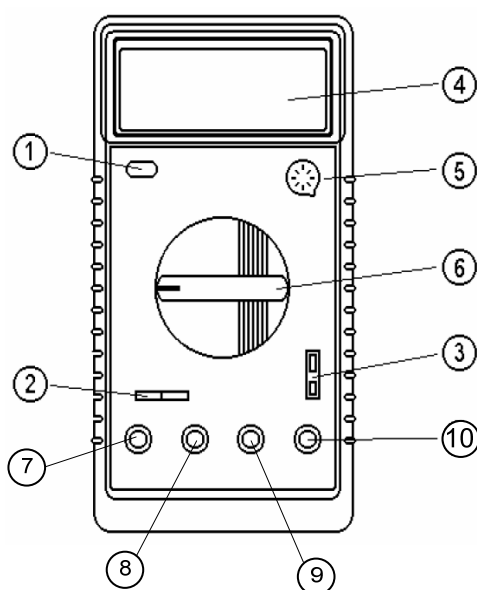


Рис. 4. Схема лицевой панели цифрового мультиметра Mastech MY64:
 1 – кнопка включения питания; 2 – гнездо для измерения подключения электрических конденсаторов; 3 – гнездо для измерения температуры; 4 – ЖК дисплей; 5 – гнездо подключения транзисторов; 6 – переключатель функций; 7 – гнездо для подключения 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

1. Соединить контакт К1 выхода Автотрансформатора с гнездом 8 мультиметра (рис. 4).
2. Перевести мультиметр в режим измерения переменного тока, предел измерений 200 мА.
3. Соединить гнездо 9 мультиметра (рис. 4) с контактом К1.1 электромагнитного Амперметра панели «Приборы магнитоэлектрические».

4. Соединить контакт К2.1 электромагнитного Амперметра панели «Приборы магнитоэлектрические» с контактом К1.1 Активной нагрузки панели «Блок нагрузок».
5. Соединить контакт К2.1 Активной нагрузки панели «Блок нагрузок» с общим контактом К2 Автотрансформатора.
6. Соединить контакт К1.2 электромагнитного Амперметра панели «Приборы магнитоэлектрические» с контактом «99999,9 Ω » Магазина сопротивлений.
7. Соединить контакт К2.2 электромагнитного Амперметра панели «Приборы магнитоэлектрические» с контактом «0» Магазина сопротивлений.
8. Повернуть регулятор напряжения Автотрансформатора против часовой стрелки до упора (установить указатель на отметку 0 В).
9. Включить электропитание лабораторной установки, установив переключатели автоматических сетевых выключателей АВ1 и АВ2, мультиметр.
10. С помощью галетных переключателей « $\times 10$ » и « $\times 1$ » Магазина сопротивлений установить сопротивление шунта равным R_1 (см. табл. 2).
11. Плавно поворачивая регулятор напряжения Автотрансформатора по часовой стрелке, увеличивать силу тока в цепи. Показания образцового амперметра, соответствующие показаниями « I_1 » (см. табл. 2) электромагнитного амперметра, занести в таблицу 1.
12. Отключить питание лабораторной установки, выключить мультиметр.
13. С помощью галетных переключателей « $\times 10$ » и « $\times 1$ » Магазина сопротивлений установить сопротивление шунта равным R_2 (см. табл. 2).
14. Включить питание установки, мультиметр.
15. Плавно поворачивая регулятор напряжения Автотрансформатора по часовой стрелке, увеличивать силу тока в цепи. Показания образцового амперметра, соответствующие показаниями « I_1 » (см. табл. 2) электромагнитного амперметра, занести в таблицу 1.

Таблица 1

Результаты эксперимента № 1

Показания электромагнитного амперметра, мА	Показания образцового амперметра при сопротивлении шунта R_1 , мА	Коэффициент шунтирования при сопротивлении шунта R_1	Показания образцового амперметра при сопротивлении шунта R_2 , мА	Коэффициент шунтирования при сопротивлении шунта R_2
I_1				
...				
I_6				

Таблица 2

Варианты индивидуальных заданий

№ вар.	Сопротивление шунта, Ом		Значение измеряемой величины, А					
	R_1	R_2	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6
1	50	150	20	25	30	35	40	45
2	55	151	22	32	42	52	62	65
3	60	152	24	30	36	42	48	54
4	65	153	26	32	38	44	50	56
5	70	154	38	44	50	56	62	68
6	75	155	20	28	36	44	52	60
7	80	156	22	30	38	46	54	62
8	85	157	30	40	50	60	70	80
9	90	158	28	38	48	58	68	78
10	100	160	36	46	56	66	76	89

2. Расширение предела измерения вольтметра

Собрать электрическую схему, представленную на рис. 5.

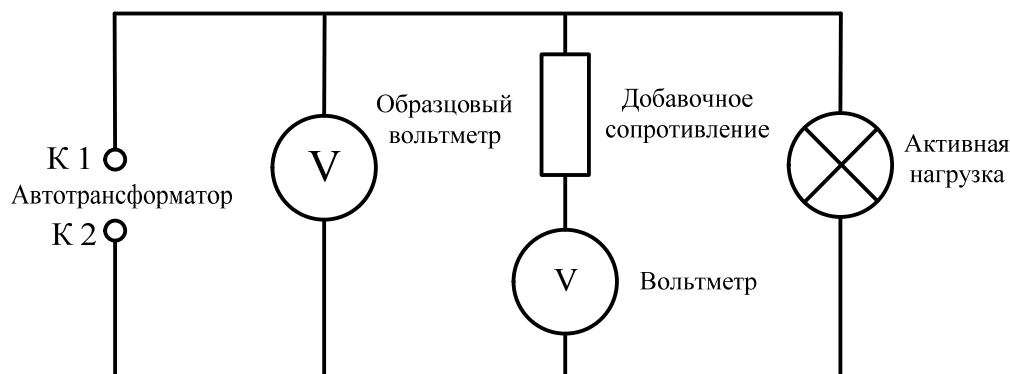


Рис. 5. Схема экспериментальной цепи

1. Соединить контакт выхода Автотрансформатора К1 с контактом К1.1 панели «Наборное поле».

2. Соединить контакт К1.2 панели «Наборное поле» с гнездом 10 мультиметра (рис. 4).
3. Перевести Мультиметр в режим измерения переменного напряжения, предел измерения 700 В.
4. Соединить гнездо 9 мультиметра (рис. 4) с контактом К3.1 панели «Наборное поле».
5. Соединить контакт К3.2 панели «Наборное поле» с контактом выхода Автотрансформатора К2.
6. Соединить контакт К1.3 панели «Наборное поле» с контактом К4.1 панели «Наборное поле».
7. Соединить контакт К4.2 панели «Наборное поле» с контактом «99999,9 Ω » Магазина сопротивлений.
8. Соединить контакт К3.1 панели «Приборы магнитоэлектрические» Вольтметра с контактом «0» Магазина сопротивлений.
9. Соединить контакт К4.1 панели «Приборы магнитоэлектрические» с контактом К2.1 панели «Наборное поле».
10. Соединить контакт К4.3 панели «Наборное поле» с контактом К1.1 Активной нагрузки панели «Блок нагрузок».
11. Соединить контакт К2.1 Активной нагрузки панели «Блок нагрузок» с контактом К2.2 панели «Наборное поле».
12. Соединить контакт К2.3 Наборного поля с контактом К3.3 Наборного поля.
13. С помощью галетных переключателей « $\times 10000$ » и « $\times 1000$ » Магазина сопротивлений установить сопротивление шунта равным « R_1 » (см. табл. 4).
14. Включить питание установки, мультиметр.
15. Плавно поворачивая регулятор напряжения Автотрансформатора по часовой стрелке, увеличивать напряжение в цепи. Показания образцового вольтметра, соответствующие показаниями « U_i » (см. табл. 4) электромагнитного вольтметра, занести в таблицу 3.
16. Отключить питание лабораторной установки, выключить мультиметр.
17. С помощью галетных переключателей « $\times 10000$ » и « $\times 1000$ » Магазина сопротивлений установить сопротивление шунта равным « R_2 » (см. табл. 4), повторить эксперимент.

Таблица 3

Результаты эксперимента № 2

Показания электромагнитного вольтметра, мА	Показания образцового вольтметра при сопротивлении шунта R_1 , мА	Коэффициент изменения предела изменения напряжения при сопротивлении шунта R_1	Показания образцового вольтметра при сопротивлении шунта R_2 , мА	Коэффициент изменения предела изменения напряжения при сопротивлении шунта R_2
U_1				
...				
U_6				

Таблица 4

Варианты индивидуальных заданий

№ вар.	Величина добавочного сопротивления, Ом		Значение измеряемой величины, В					
	R_1	R_2	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6
1	1000	15000	50	60	70	80	90	100
2	2000	30000	50	60	70	80	90	100
3	1000	2000	100	110	120	130	140	150
4	2000	5000	100	110	120	130	140	150
5	3000	6000	100	110	120	130	140	150
6	4000	7000	100	110	120	130	140	150
7	5000	9000	100	110	120	130	140	150
8	6000	11000	100	110	120	130	140	150
9	7000	13000	100	110	120	130	140	150
10	8000	15000	100	110	120	130	140	150

Порядок обработки экспериментальных данных

1. По данным таблицы 1 рассчитать коэффициенты шунтирования амперметра n_1 и n_2 по формуле:

$$n = \frac{I'_m}{I_m}, \quad (11)$$

где I'_m – показания электромагнитного амперметра, I_m – показания образцового амперметра.

2. По данным таблицы 4 рассчитать коэффициенты шунтирования вольтметра m_1 и m_2 по формуле:

$$m = \frac{U'_m}{U_m}, \quad (12)$$

где U'_m – показания электромагнитного вольтметра, U_m – показания образцового вольтметра.

3. Для полученных совокупностей значений коэффициентов шунтирования определить математическое ожидание по формуле:

$$M_x = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i . \quad (13)$$

4. Для полученных совокупностей значений коэффициентов шунтирования определить дисперсию по формуле:

$$D_x = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - M_x)^2 . \quad (14)$$

5. Для полученных совокупностей значений коэффициентов шунтирования определить среднеквадратичное отклонение по формуле:

$$\sigma_x = \pm \sqrt{D_x} . \quad (3)$$

6. В одной системе координат построить графики зависимостей показаний образцового прибора при различных значениях шунтирующего сопротивления от показаний электромагнитного прибора.

Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- 1) теоретические сведения о расширении пределов измерения электромагнитных приборов;
- 2) порядок выполнения работы;
- 3) порядок обработки экспериментальных данных;
- 4) таблицы, содержащие результаты экспериментов и расчетов;
- 5) графики искомых зависимостей;
- 6) ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Почему шунт позволяет изменить предел измерения электроизмерительных приборов?
2. Шунт с каким сопротивлением необходимо использовать при измерении силы тока до 1000 мА амперметром с верхним пределом измерения 200 мА?
3. Почему шунт для расширения предела измерения амперметра включается параллельно амперметру, а шунт для расширения предела измерения вольтметра – последовательно вольтметру?

4. Определите действительное значение напряжения в цепи, если вольтметр показывает 125 В, величина добавочного сопротивления – 150 кОм.

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