

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 МОЩНОСТИ ПРЯМЫМ И КОСВЕННЫМ
МЕТОДАМИ**

Издательство
Томского политехнического университета
2014

УДК 006 (076.6)
ББК30.10я73
А927

Атрошенко Ю.К.

Измерение мощности прямым и косвенным методами. 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 об измерении электрической мощности. 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 различных видов мощности в электрической цепи, освоении методов измерения мощности в электрической цепи.

Задачами лабораторной работы являются:

- изучение методов измерения активной, реактивной и полной мощности в электрических цепях;
- проведение серии экспериментов для различных видов нагрузки;
- определение значений мощности по полученным экспериментальным данным.

Мощность цепи переменного тока

Под активной мощностью электрической цепи P понимают среднее значение мгновенной мощности p за период T :

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p dt = \frac{1}{T} \int_0^T u i dt. \quad (1)$$

Если ток изменяется по синусоидальному закону, т.е. $i = I_m \sin \omega t$, напряжение на участке цепи $u = U_m \sin(\omega t + \varphi)$, то

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T I_m U_m \sin \omega t \sin(\omega t + \varphi) dt = \frac{U_m I_m}{2} \cos \varphi = UI \cos \varphi. \quad (2)$$

Физически активная мощность представляет собой энергию, выделяемую в единицу времени в виде теплоты на участке цепи в сопротивлении R . Т.к. $U \cos \varphi = IR$, то

$$P = U \cos \varphi I = I^2 R. \quad (3)$$

Значение мощности зависит от действующих тока и напряжения цепи и угла сдвига фаз между напряжением и током. Множитель $\cos \varphi$ называют коэффициентом мощности.

Для цепи с резистивным элементом $\cos \varphi = 1$ и $\varphi = 0$. В цепи с идеальной катушкой индуктивности ток отстает от напряжения на угол $\varphi = \pi/2$, а в цепи с электрическим конденсатором, наоборот, ток опережает напряжение на угол $\varphi = \pi/2$.

Переменная мощность, идущая на увеличение магнитного или электрического полей или поступающая обратно в сеть, называется реактивной мощностью. Ее амплитуда определяется выражением:

$$Q = UI \sin \varphi. \quad (4)$$

Мощность, изменяющаяся с двойной частотой и имеющая амплитуду:

$$S = UI = \sqrt{P^2 + Q^2}, \quad (5)$$

называется полной мощностью и, так же как и реактивная, выражается вольт-амперах ($V \cdot A$), единица измерения активной мощности – Ватт ($Вт$).

Измерение мощности цепи переменного тока

Измерение мощности обычно производится с помощью ваттметра с электродинамической системой, которая включает в себя две катушки – неподвижную и подвижную.

Подвижная катушка выполняется из очень тонкого провода, и обладает практически только активным сопротивлением, она называется параллельной обмоткой. Она может вращаться в магнитном поле, создаваемом неподвижной катушкой, и включается параллельно участку цепи.

Неподвижная катушка выполняется из толстого провода и имеет очень малое активное сопротивление, называется последовательной обмоткой и включается в цепь последовательно.

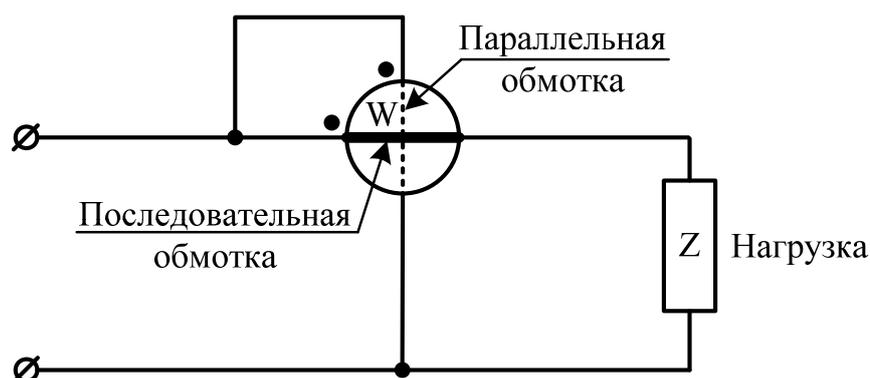


Рис. 1. Ваттметр в составе электрической схемы

На схемах ваттметр обозначается так, как показано на рисунке 1. Одна пара концов (расположена горизонтально) принадлежит последовательной обмотке, другая пара концов (расположена вертикально) принадлежит параллельной обмотке. На концах одноименных зажимов обмоток (у начала или конца обмотки) принято ставить точки.

Порядок выполнения работы

1. Измерение мощности в цепи с активной нагрузкой
Собрать электрическую схему, представленную на рис. 2.
Все коммутации проводить при выключенном питании лабораторной установки и выключенных мультиметрах!

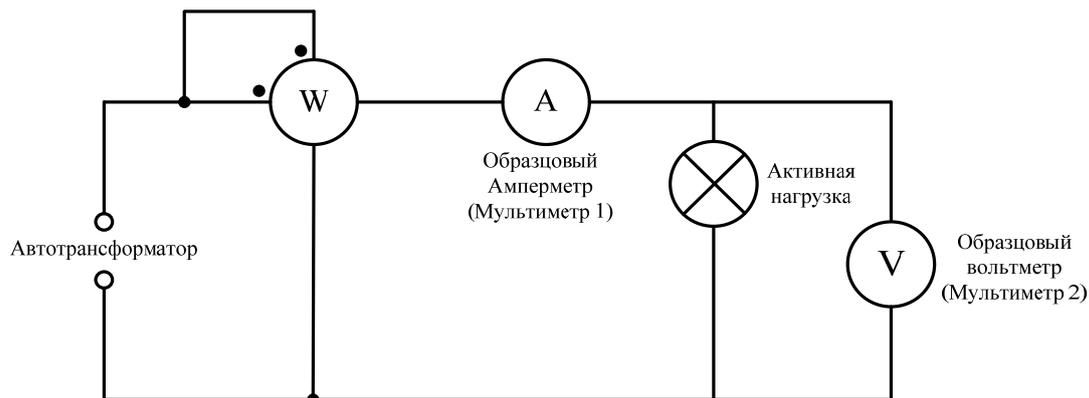


Рис. 2. Схема экспериментальной цепи

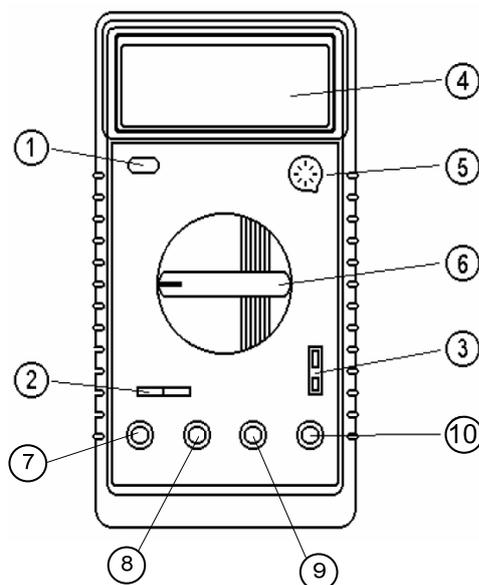


Рис. 3. Схема лицевой панели цифрового мультиметра Mastech MY64:
 1 – кнопка включения питания; 2 – гнездо для измерения подключения электрических конденсаторов; 3 – гнездо для измерения температуры; 4 – ЖК дисплей; 5 – гнездо подключения транзисторов; 6 – переключатель функций; 7 – гнездо для подключения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

1. Установить регулятор напряжения Автотрансформатора на отметку U_B (см. табл. 4).
2. Подключить контакт К1 выхода Автотрансформатора к контакту К1 панели «Измеритель мощности».
3. Подключить контакт К2 выхода Автотрансформатора к контакту К2 панели «Измеритель мощности».
4. Подключить контакт К3 панели «Измеритель мощности» к гнезду 7 мультиметра 1 (рис. 3).

5. Перевести Мультиметр 1 в режим измерения переменного тока, предел измерения 10 А.
6. Подключить гнездо 9 мультиметра 1 (рис. 3) к контакту К1.1 Активной нагрузки панели «Блок нагрузок».
7. Подключить контакт К1.2 Активной нагрузки панели «Блок нагрузок» к гнезду 10 мультиметра 2 (рис. 3).
8. Подключить гнездо 9 мультиметра 2 (рис. 3) к контакту К2.1 активной нагрузки панели «Блок нагрузок».
9. Подключить контакт К2.2 активной нагрузки панели «Блок нагрузок» к контакту К4 панели «Измеритель мощности».
10. Включить питание лабораторной установки, Мультиметр 1, перевести Мультиметр 2 в режим измерения переменного напряжения, предел измерения установится автоматически.
11. Показания мультиметров и измерителя мощности занести в таблицу 1.
12. Повторить измерения еще 9 раз с интервалом времени 10 с, результаты занести в таблицу 1.
13. Не поворачивая регулятор напряжения автотрансформатора, отключить питание лабораторной установки, мультиметры.

Таблица 1

*Результаты экспериментальных и расчетных данных
эксперимента № 1*

№ эксп.	Показания измерителя мощности			Показания образцовых приборов		
	$U, В$	$I, А$	$P, Вт$	$U, В$	$I, А$	$Q, ВА$
1						
2						
...						
10						
$M(x)$						
$D(x)$						
$\sigma(x)$						

2. Измерение мощности в цепи с активной и реактивной нагрузкой

Собрать электрическую схему, представленную на рис. 4.

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

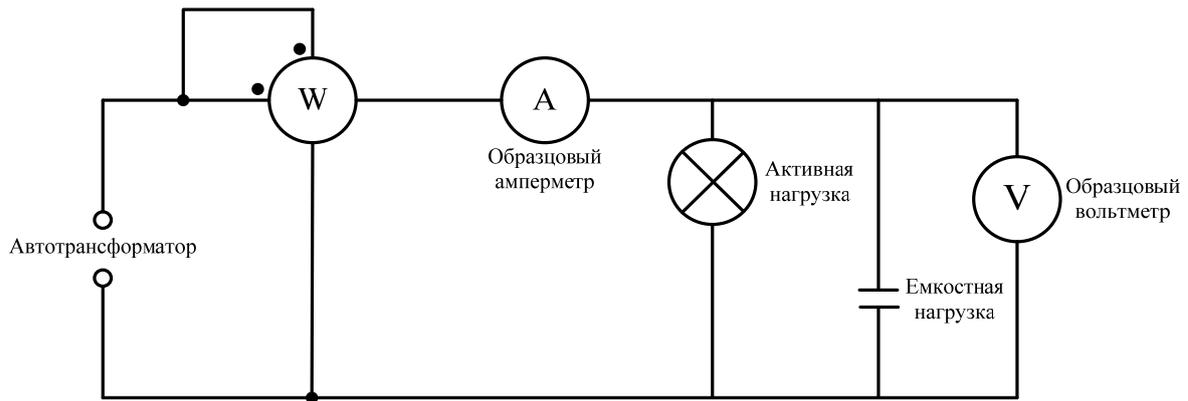


Рис. 4. Схема экспериментальной цепи

1. Установить регулятор напряжения Автотрансформатора на отметку $U В$ (см. табл. 4).
2. Подключить контакт К1 выхода Автотрансформатора к контакту К1 панели «Измеритель мощности».
3. Подключить контакт К2 выхода Автотрансформатора к контакту К2 панели «Измеритель мощности».
4. Подключить контакт К3 панели «Измеритель мощности» к гнезду 7 мультиметра 1 (рис. 3).
5. Перевести Мультиметр 1 в режим измерения переменного тока, предел измерения 10 А.
6. Подключить гнездо 9 мультиметра 1 (рис. 3) к контакту К1.1 Активной нагрузки панели «Блок нагрузок».
7. Подключить контакт К1.2 активной нагрузки панели «Блок нагрузок» к контакту К3.2 емкостной нагрузки панели «Блок нагрузок».
8. Подключить контакт К2.1 активной нагрузки панели «Блок нагрузок» к контакту К4.1 емкостной нагрузки панели «Блок нагрузок».
9. Подключить контакт К2.2 активной нагрузки панели «Блок нагрузок» к контакту К4 панели «Измеритель мощности».
10. Подключить контакт К3.1 емкостной нагрузки панели «Блок нагрузок» к гнезду 10 мультиметра 2 (рис. 3).
11. Подключить гнездо 9 мультиметра 2 (рис. 3) к контакту К4.2 емкостной нагрузки панели «Блок нагрузок».
12. Включить питание лабораторной установки, Мультиметра 1, перевести Мультиметр 2 в режим измерения переменного напряжения, предел измерения установится автоматически.
13. Показания мультиметров и измерителя мощности занести в таблицы 2 и 3.
14. Повторить измерения еще 9 раз с интервалом времени 10 с, результаты занести в таблицы 2 и 3.

15. Плавно повернуть регулятор напряжения автотрансформатора против часовой стрелки до упора, установить указатель регулятора на отметку «0 В», отключить питание лабораторной установки, мультиметры.

Таблица 2

Результаты эксперимента № 2

№ эксп.	Показания измерителя мощности		Показания образцовых приборов	
	$U, В$	$I, А$	$U, В$	$I, А$
1				
2				
...				
10				
$M(x)$				
$D(x)$				
$\sigma(x)$				

Таблица 3

*Результаты экспериментальных и расчетных данных
эксперимента № 2*

№ эксп.	Полная мощность, ВА	Активная мощ- ность, Вт	Реактивная мощность, ВА	Угол сдвига, рад.
	$S = U \cdot I$	P	$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$	φ
1				
...				
10				

Порядок обработки экспериментальных данных

1. Для полученных значений физических величин определить математическое ожидание по формуле:

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

2. Для полученных значений физических величин определить дисперсию по формуле:

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

3. Для полученных значений физических величин определить среднеквадратичное отклонение по формуле:

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

4. По средним значениям тока и напряжения, полученным с помощью образцовых приборов в ходе эксперимента № 1, определить значение полной мощности в цепи по формуле (5), результаты занести в таблицу 1.
5. По средним значениям тока и напряжения, полученным с помощью образцовых приборов в ходе эксперимента № 2, определить значение полной мощности в цепи по формуле (5), результаты занести в таблицу 3.
6. Используя формулу (5) рассчитать значение реактивной мощности, результаты занести в таблицу 3.
7. Рассчитать угол сдвига фаз между током и напряжением по формуле:

$$\varphi = \arcsin\left(\frac{Q}{U \cdot I}\right), \text{ рад} \quad (6)$$

8. результаты занести в таблицу 3.

Варианты исходных данных приведены в таблице 4.

Таблица 4

Варианты индивидуальных заданий

№ вар.	U, В	№ вар.	U, В	№ вар.	U, В
1	180	5	184	9	188
2	181	6	185	10	189
3	182	7	186	11	190
4	183	8	187	12	191

Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- 1) определение полной, активной и реактивной мощностей, методику их измерения;
- 2) порядок выполнения работы;
- 3) порядок обработки экспериментальных данных;
- 4) таблицы, содержащие результаты экспериментов и расчетов;
- 5) ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается отличие активной нагрузки от реактивной, приведите примеры таких нагрузок?
2. Что называется коэффициентом мощности, что характеризует эта величина, в каких единицах измеряется?

3. Каким типом мощности характеризуют генераторы и электродвигатели, трансформаторы, почему?
4. Почему последовательная цепь ваттметров должна обладать малым, а параллельная – большим сопротивлением?

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