

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 ВЛИЯНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ЗНАЧЕНИЯ
ПЕРЕМЕННОГО ТОКА НА ВЫДЕЛЯЕМУЮ НА НАГРУЗКЕ
МОЩНОСТЬ**

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 влияния эффективного значения переменного тока на выделяемую на нагрузке мощность.

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. – 10 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 характеристик изменяющихся во времени сигналов переменного тока и напряжения, методов измерения переменного тока и напряжения, в определении источников погрешности при измерениях переменного тока и напряжения электромагнитными измерительными приборами.

Задачами лабораторной работы являются:

- изучение параметров переменного тока и напряжения;
- изучение основных форм сигналов переменного тока и напряжения;
- экспериментальное исследование зависимости величины мощности, выделяемой в активной нагрузке, от величины питающего напряжения.

ХАРАКТЕРИСТИКИ СИГНАЛОВ ПЕРМЕННОГО ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ

Сигналом переменного тока (напряжения) называется сигнал, который изменяется с течением времени. Тип сигнала в цепи в общем случае определяется путем визуализации зависимости $U(t)$ или $I(t)$ в течение интервала времени, заведомо превышающего период колебаний. Полученное изображение позволяет определить тип сигнала. В большинстве практических случаев решение о типе регистрируемого сигнала принимается на основе визуального анализа графического изображения сигнала.

На рис. 1 приведены осциллограммы различных видов сигналов.

Для описания гармонических сигналов (рис. 1, а) напряжения используют величину периода колебаний T ($T=1/f$, где f – частота колебаний, Гц, $f=2\pi/\omega$), величину амплитуды U_A и начальную фазу φ_0 . Удвоенная величина U_A называется размахом колебаний U_m .

К импульсным относят сигналы с выраженным во времени изменением величины и/или направления тока. Такие сигналы могут быть как периодическими, так и непериодическими. Для периодических сигналов определены период их повторения T и скважность Q (скважность Q находится как отношение периода повторения импульсов к их длительности τ). Величину τ определяют как интервал времени, в течение которого напряжение превышает уровень $0,5U_{\max}$, где U_{\max} – напряжение, соответствующее вершине импульса (рис. 1, в, г).

Сигналы, которые не могут быть классифицированы как гармонические или импульсные, называют сигналами сложной формы. Единая система параметров для таких сигналов не определена.

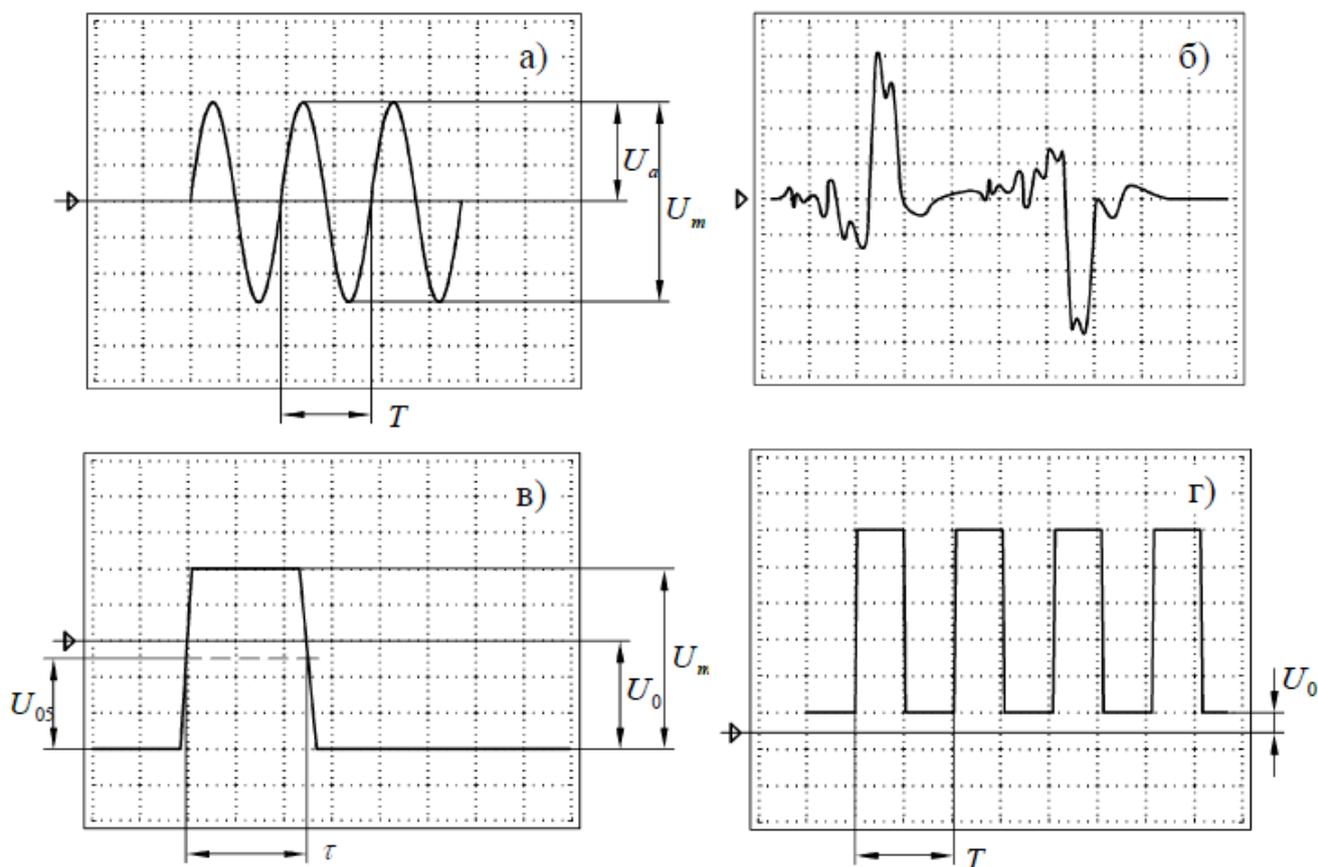


Рис. 1. Осциллограммы различных сигналов:
а – гармонический сигнал; *б* – шумоподобный сигнал сложной формы;
в, г – импульсные сигналы

Основными характеристиками переменного напряжения формы являются амплитудное значение и среднеквадратическое значение.

Амплитудное (пиковое) значение U_m – наибольшее мгновенное значение напряжения $U(t)$ за время измерения T .

Среднеквадратическое (эффективное) значение напряжения – значение напряжения, определяемое формулой:

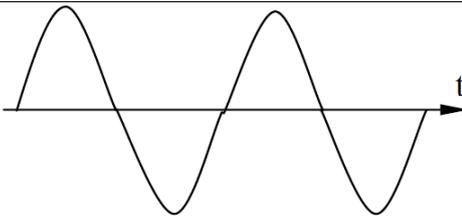
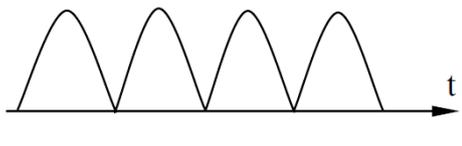
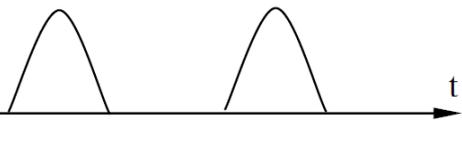
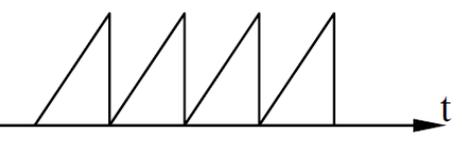
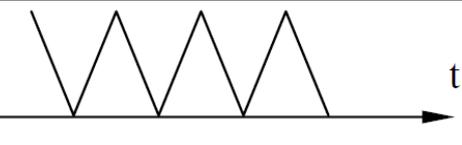
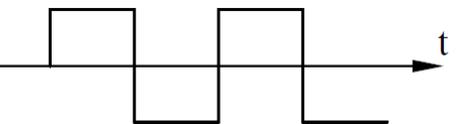
$$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T U^2(t) dt} . \quad (1)$$

Связь между амплитудным и среднеквадратическим значением устанавливают через коэффициент амплитуды k_a . Значение коэффициент k_a зависит от формы сигнала и определяется отношением амплитудного значения напряжения к среднеквадратическому значению:

$$k_a = \frac{U_m}{U} . \quad (2)$$

Значения коэффициента k_a для различных наиболее употребляемых сигналов представлены в табл. 1.

Таблица 1 – коэффициенты амплитуды

Форма сигнала	График	Коэффициент k_a
Синусоидальная		1,41
Пульсирующая (двухполупериодный выпрямитель)		1,41
Пульсирующая (однополупериодный выпрямитель)		2
Пилообразная		1,73
Треугольная (симметричная)		1,73
Прямоугольная		1

Характеристики и параметры сигналов переменного тока определяются аналогичным образом.

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ

Приборы, предназначенные для измерения эффективного значения сигналов переменного тока или напряжения) могут быть основаны на одном из трех принципов: электронного умножения, дискретизации сигнала или теплового преобразования.

Приборы, построенные на основе принципа электронного умножения, осуществляют возведение в квадрат и усреднение по времени входного сигнала в некотором приближении при помощи электронных схем с усилителями и нелинейными элементами.

В приборах, построенных на основе принципа дискретизации сигнала, сигнал переменного тока (напряжения) преобразуется в цифровую форму с помощью быстродействующего аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Дискретизированные значения возводятся в квадрат, суммируются и делятся на число дискретных сигналов в одном периоде сигнала.

Наивысшую точность измерения эффективных значений напряжения и тока обеспечивают тепловые электроизмерительные приборы. В них используется тепловой преобразователь тока, в составе которого имеется термопара. При повышении температуры, прямо связанном с эффективным значением тока, на выходе термопары возникает термо-ЭДС. Такие преобразователи пригодны для измерения переменного тока с частотой от 20 Гц до 10 МГц.

ОСНОВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ПОГРЕШНОСТИ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ

1. Методическая погрешность

Такая погрешность обусловлена несовершенством метода измерений или упрощениями, допущенными при измерениях. Ее причиной может быть не учитываемое взаимное влияние объекта измерений – электрической цепи – и измерительных приборов.

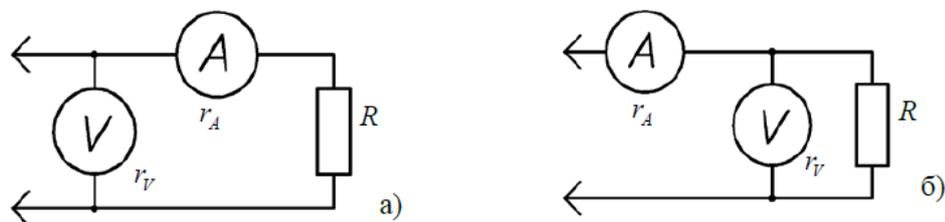


Рисунок 2 – схемы включения амперметра и вольтметра

В качестве примера рассмотрим две схемы (рис. 2) включения амперметра и вольтметра в цепь постоянного тока. Включение приборов по первой схеме (рис. 2, а) обеспечивает наиболее точное измерение величины тока I_R , протекающего через резистор R , а включение по второй схеме (рис. 2, б) – наиболее точное падение напряжения V_R на этом резисторе. Вместе с тем, в первом случае вольтметр измерит сумму падений напряжения на резисторе R и внутреннем сопротивлении амперметра r_A , а во втором случае амперметр измерит величину суммы токов, протекающих через резистор R и внутреннее сопротивление вольтметра r_V . Вычисленные на основании совместных показаний приборов оценки сопротивления R (для первой схемы

по формуле 3, для второй схемы по формуле 4) будут различны и будут отличаться от истинного значения.

$$R' = \frac{U_V}{I_A} = \frac{(U_R + U_A)}{I_A} = R + r_A, \quad (3)$$

$$R' = \frac{U_V}{I_A} = \frac{U_R}{I_R + I_v} = \frac{R}{1 + R/r_v}. \quad (4)$$

Тогда относительная методическая погрешность измерения сопротивления с помощью первой схемы:

$$\delta R = \frac{\Delta R'}{R} = \frac{r_A}{R}. \quad (5)$$

Относительная методическая погрешность измерения сопротивления с помощью второй схемы:

$$\delta R = \frac{\Delta R'}{R} = \frac{R}{R + r_v}. \quad (6)$$

Т.к. $r_v \gg r_A$, для уменьшения методической погрешности измерения больших сопротивлений следует использовать схему, приведенную на рис. 2, а, а схему, приведенную на рис. 2, б, следует использовать при измерениях малых сопротивлений.

2. Погрешность квантования

Этот вид погрешности имеет место в средствах измерения или методах, использующих эту процедуру, например, в цифровых измерительных приборах.

3. Погрешность средства измерения

Инструментальная погрешность – составляющая погрешности, обусловленная несовершенством средства измерений (прибора).

4. Погрешность наблюдения

Такая погрешность возникает при наблюдении положения стрелки стрелочного прибора, визуального определения параметров осциллограммы и т.п.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Внимание! Все коммутации осуществляются при выключенном питании лабораторной установки!

Для проведения эксперимента собрать схему, приведенную на рис. 3.

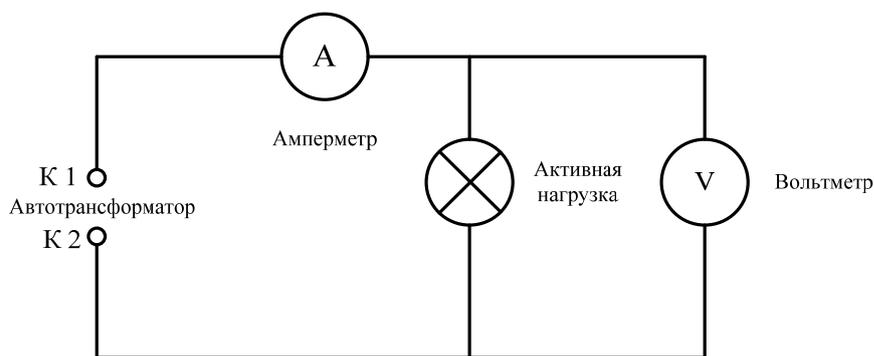


Рисунок 3 – Схема экспериментальной цепи

Для сборки схемы необходимо:

1. Соединить выход Автотрансформатора К1 со входом Амперметра К1.1 панели Приборы магнитоэлектрические.
2. Соединить выход Амперметра 2.1 панели Приборы магнитоэлектрические с контактом К1.1 Активной нагрузки Блока нагрузок.
3. Соединить контакт К2.1 Активной нагрузки Блока нагрузок с общим контактом К2 Автотрансформатора.
4. С помощью галетного переключателя, перевести цифровой Мультиметр в режим измерения **переменного напряжения**, предел измерения 200 В.
5. Соединить общий измерительный контакт Мультиметра с контактом К2.2 Активной нагрузки Блока нагрузок.
6. Соединить измерительный контакт Мультиметра с контактом К2.2 Активной нагрузки Блока нагрузок (рис. 1.3).
7. Соединить контакт измерения V Ω Hz Мультиметра с контактом К1.2 Активной нагрузки Блока нагрузок.
8. Повернуть регулятор напряжения Автотрансформатора (1 рис. 1.12) против часовой стрелки до упора.
9. Включить электропитание лабораторной установки, (перевести автоматические сетевые выключатели АВ1 и АВ2 в верхнее положение), мультиметр.
10. Плавно поворачивая регулятор напряжения Автотрансформатора по часовой стрелке, измерить с помощью мультиметра напряжение, соответствующее заданным значениям тока в цепи (см. табл. 3). Полученные данные занести в таблицу 2.

Внимание! В процессе измерений не превышать верхнего предела измерений амперметра!

Таблица 2 – результаты эксперимента

Значения тока, мА	Значения напряжения, В	Сопротивление Нагрузки, Ом	Мощность, выделяемая на нагрузке, Вт
I_1			
I_2			
...			
I_7			

Варианты исходные данные для индивидуальной работы представлены в табл. 3.

Таблица 3 – варианты исходных данных

№ варианта	Значения переменного тока, мА						
	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	I_7
1	20	30	40	50	60	70	80
2	26	36	46	56	66	76	86
3	22	32	42	52	62	72	82
4	24	34	44	54	64	74	84
5	28	38	48	58	68	78	88
6	35	45	55	65	75	85	95
7	21	31	41	51	61	71	81
8	23	33	43	53	63	73	83
9	39	49	59	69	79	89	99
10	27	37	47	57	67	77	87

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА

По полученным значениям определить:

- Сопротивление нагрузки по формуле:

$$R = \frac{U}{I}, \quad (7)$$

где U – измеренное эффективное значение переменного напряжения, В,
 I – измеренное эффективное значение переменного тока, А.

- Мощность, выделяемую на нагрузке, по формуле:

$$P = U \cdot I. \quad (8)$$

Полученные значения занести в таблицу 2.

Построить графики зависимости сопротивления нагрузки от величины питающего напряжения и зависимости мощности, выделяемой на нагрузке, от эффективного значения тока.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- 1) основные характеристики сигналов переменного тока и напряжения;
- 2) ход выполнения работы;
- 3) порядок расчета значений сопротивления нагрузки, мощности, выделяемой на нагрузке;
- 4) таблицу, содержащую результаты эксперимента и расчетов;
- 5) графики искомых зависимостей;
- 6) ответы на контрольные вопросы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1) Можно ли измерять значения переменного тока (напряжения) приборами, предназначенными для измерения постоянного тока (напряжения)? Ответ обосновать.
- 2) Приведите пример инструментальной погрешности электроизмерительного прибора.
- 3) Можно ли измерить непосредственно переменный ток (напряжение) с помощью магнитоэлектрического прибора. Обоснуйте ответ.
- 4) На каком принципе основано измерение переменного напряжения цифровым мультиметром?
- 5) Пригодна ли измерительная схема, используемая в лабораторной работе, для определения больших сопротивлений нагрузки? Почему?