МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
ТУЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Институт высокоточных систем им. В.П. Грязева

Кафедра электротехники

В.В. Замятин Е.И.Феофилов

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И ЗАДАНИЯ**

**К КОНТРОЛЬНО-КУРСОВОЙ РАБОТЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ**

Уровень профессионального образования: высшее образование – бакалавриат

Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профили подготовки:

Электрооборудование и электрохозяйство предприятий,   
организаций и учреждений

Электроснабжение

Квалификация выпускника: 63, академический бакалавр

Форма обучения: очная, заочная

Тула 2017 г.

ОБЩИЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ

ПРИБОРАМИ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ

При использовании стационарных режимов в цепях переменного тока используют приборы, которые в зависимости от принципа действия измерительной системы определяют одно из следующих значений измеряемой величины:

а) действующее значение



б) среднее значение за половину периода (постоянная составляющая)



в) амплитудное (максимальное) значение за период



г) средневыпрямленное значение



Если кривые тока и напряжения симметричны относительно оси абсцисс, то действующее, среднее и амплитудное значения связаны между собой известными соотношениями:

1. Коэффициентом формы кривой  (или );
2. Коэффициентом амплитуды (или).

Очевидно, что значения этих коэффициентов зависят от формы кривой напряжения (тока). Так, для синусоиды



При несинусоидальных кривых значения коэффициентов  и  отличаются от этих значений. Чем ближе кривая измеряемой величины к прямоугольной форме, тем ближе к единице значения  и , и наоборот, чем острее кривая, тем больше значения  и  по сравнению с соответствующими значениями коэффициентов для синусоиды.

Если измеряемая величина представляет собой несинусоидальную периодически изменяющуюся функцию, то ее можно представить в виде тригонометрического ряда. Отношение действующего значения основной гармоники  ряда разложения к действующему значению  всей кривой получило название коэффициента искажения 



Для синусоиды



При несинусоидальной кривой тока или напряжения приборы различных систем будут вести себя по-разному и могут давать неодинаковые результаты измерения при одном и том же значении измеряемой величины.

Приборы электродинамической, электромагнитной, электростатической и термоэлектрической систем реагируют на действующее значение измеряемой величины, а приборы магнитоэлектрической системы – на постоянную составляющую измеряемой величины.



Рис.1 – формы кривой напряжения.

Приборы выпрямительной системы измеряют среднее по модулю значение измеряемой величины, а амплитудные электронные вольтметры – максимальное (амплитудное) значение. Но обычно всеми приборами (кроме магнитоэлектрических) пользуются для измерения действующих значений синусоидальных величин, и поэтому шкалы этих приборов градуируются в действующих значениях. Так, в выпрямительных приборах шкалы градуируется на напряжение , в амплитудных электронных вольтметрах на .Так как отношения и  при несинусоидальной форме кривой отличаются от значений коэффициентов 1.11 и (для синусоиды), то выпрямительные и электронные приборы дают большую погрешность при измерении действующих значений несинусоидальной величины.

Посмотрим, что будут показывать приборы разных систем при различных формах кривой измеряемого напряжения (рис.1). Допустим, что .

В случае, приведенном на рис.1-а, магнитоэлектрический вольтметр покажет нуль, так как отсутствует постоянная составляющая; электродинамический вольтметр покажет 100 В; выпрямительный вольтметр покажет; амплитудный электронный вольтметр покажет .

В случае, приведенном на рис.1-б магнитоэлектрический вольтметр покажет нуль, так как отсутствует постоянная составляющая; электродинамический вольтметр покажет ; выпрямительный вольтметр покажет ; амплитудный электронный вольтметр покажет .

В случае, приведенном на рис.1-в, при магнитоэлектрический вольтметр покажет постоянную составляющую ; электродинамический вольтметр покажет ; выпрямительный вольтметр покажет ; амплитудный вольтметр покажет .

В приведенной ниже таблице приведены некоторые виды простейших форм кривой напряжения (тока) и соответствующие им действующие и средние значения напряжения (тока), а также значения коэффициентов  и .

В ряде практических случаев представляет интерес среднее значение измеряемой величины. В этом случае следует применять только приборы выпрямительной системы, так как даже отградуированные в средних значениях приборы других систем при отличии формы кривой измеряемой величины от синусоиды будут давать погрешность. Почти все типы приборов изменяют показания в зависимости от формы кривой измеряемой величины. Исключение составляют лишь приборы термоэлектрической и электростатической систем.



**ЗАВИСИМОСТЬ ПОКАЗАНИЙ АНАЛОГОВЫХ**

**ВОЛЬТМЕТРОВ ОТ ФОРМЫ КРИВОЙ**

**ИЗМЕРЯЕМОГО НАПРЯЖЕНИЯ**

Шкалы подавляющего большинства аналоговых (стрелочных) вольтметров, предназначенных для измерения переменных напряжений, градуируют в среднеквадратичных значениях синусоидального напряжения. Шкалы импульсных вольтметров градуируют в пиковых значениях напряжения.

Соотношения между максимальным , среднеквадратичным  и средневыпрямленным значениями синусоидального напряжения таковы:

,

При измерении напряжений, отличных по форме от синусоидальных, лишь показания квадратичных электронных вольтметров с открытым входом, а также вольтметров электромагнитной, электродинамической (ферродинамической) и электростатической систем соответствуют среднеквадратичному значению измеряемого напряжения. Показания всех других типов вольтметров (детекторы которых неквадратичны) не будут соответствовать этому значению измеряемого напряжения.



Для уяснения выше сказанного кратко познакомимся с процессом градуировки вольтметров. Пусть имеются четыре электронных вольтметра, шкалы которых нужно проградуировать. Вольтметр №1, имеющий пиковый детектор с закрытым входом, предназначается для измерения высоты импульсов. Вольтметр №2, имеющий пиковый детектор с закрытым входом, предназначается для измерения синусоидальных напряжений в среднеквадратичных значениях. Вольтметр №3 имеет квадратичный детектор; вольтметр №4 – детектор средневыпрямленного значения и предназначается для измерения синусоидальных напряжений в среднеквадратичных значениях.

Подключим эти вольтметры к стабилизированному источнику синусоидального напряжения и проведем градуировку их шкал.

Пусть максимальное значение напряжения источника . В этом случае стрелка измерителя вольтметра №1 повернется на угол, пропорциональный. Так как прибор предназначается для измерения высоты импульсов, то против конца стрелки измерителя ставят риску и число 141 (). Стрелка измерителя вольтметра №2 также повернется на угол, пропорциональный максимуму калибрующего напряжения, однако против конца стрелки нужно поставить число 100, так как прибор градуируется в среднеквадратичных значениях синусоидального напряжения. Угол поворота стрелки вольтметра №3 пропорционален среднеквадратичному значению калибрующего напряжения и против конца стрелки следует поставить число 100. Угол поворота стрелки измерителя вольтметра №4 пропорционален средневыпрямленному значению калибрующего напряжения (=90 В), однако против конца стрелки нужно поставить число 100, так как прибор предназначен для измерения синусоидальных напряжений в среднеквадратичных значениях.

При измерении напряжений, форма которых отлична от синусоидальной, всегда нужно учитывать характер градуировки шкалы вольтметра. Так, например, если при измерении неизвестного напряжения вольтметр №4 показал 30 В, то это означает при открытом входе вольтметра, что средневыпрямленное значение измеряемого напряжения равно.

Если же какое-то неизвестное напряжение измерялось прибором №2 с закрытым входом и его показания равны 10 В, то можно лишь сказать, что это напряжение имело пиковое отклонение вверх над постоянной составляющей .

Если форма измеряемого напряжения известна, то интересующее экспериментатора значение напряжения может быть определено по отчетам прибора практически любого типа.

ЗАДАНИЕ К ККР ПО ТЕМЕ: ИЗМЕРЕНИЕ НЕСИНУСОИДАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИБОРАМИ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ.

1. Для электромеханическими и выпрямительным вольтметром:

Определить результат измерения одного из несинусоидальных напряжений в зависимости от варианта, формы и параметры которых приведены в таблице №1, следующими приборами:

1. Магнитоэлектрическим вольтметром
2. Выпрямительным вольтметром
3. Электромагнитными вольтметром
4. Электродинамическим вольтметром
5. Электростатическим вольтметром

Для электромеханических приборов изобразить эскизы конструкций приборов и указать их основные принципы действия и достоинства и недостатки. Для выпрямительных вольтметров указать схемы.

1. Для электронными вольтметрами в соответствии с таблицей Табл. 2

необходимо по отсчету со шкалы вольтметра определить все характеристики измеряемого напряжения :

-амплитудное напряжение - Uа

-действующее напряжение - U

- средневыпрямленное напряжение \_ Uсв

Предполагается, что спектр измеряемого напряжения не выходит за пределы полосы пропускания вольтметра. Вид номера измеряемого напряжения указывается в Табл. 2, а форма этого номера соответствует в Табл.1.

Содержание пояснительной записки

1. Пояснения для вопросов заданных для свойств электромеханических приборов
2. Для электронного прибора изобразить блок-схему измерений при закрытом и открытом входов прибора, поясняющие измеряемого напряжения через измерительный тракт вольтметра.

Изобразите различие закрытого входа на детектируемое исходное напряжение.,Как меняется постоянная составляющая .

Изобразите форму измеряющего напряжения.

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  Индивиид.вариант ы примеров напряжений | График |  |  |  |  |  |
| 1 |  |  |  |  |  | 1 |
| 2 |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  | 1 | 1 |  |
| 5 |  |  |  |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |  |  |
| 7 |  |  |  |  |  |  |
| 8 |  |  |  |  | 2 | - |
| 9 |  |  |  |  |  | - |
| 10 |  |  |  |  |  | - |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 11 |  |  |  |  |  |  |
| 12 |  |  |  |  |  | - |
| 13 |  |  |  |  |  | - |
| 14 |  |  |  | 1 | 1 | - |
| 15 |  |  |  |  |  | - |
| 16 |  |  |  |  |  | - |
| 17 |  |  |  |  |  | - |
| 18 |  |  |  |  |  | - |
| 19 |  |  |  |  |  | - |
| 20 |  |  |  |  |  | - |

Величины Um индивидуальные варианты на Таблице № 1 принять количественно равными отсчетом со шкалы αv в соответствии с групповым вариантом Таблицы № 2

№ столбцов : группа 1 для № 6 группа 2 для № 12 группа 3 для № 18 )