

ПРАКТИКУМ ПО ОСНОВАМ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Работа №3.4. Измерение переменного электрического напряжения

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Получение навыков измерения переменного электрического напряжения. Ознакомление с особенностями влияния формы и частоты измеряемого напряжения на показания средств измерений. Приобретение представления о порядке работы с электроизмерительными приборами при измерении переменного напряжения.

2. ЗАДАНИЕ ДЛЯ ДОМАШНЕЙ ПОДГОТОВКИ

Повторите вопросы обработки и представления результатов прямых и косвенных измерений, и, используя рекомендованную литературу, настоящее описание и Приложение 1 к Практикуму, ознакомьтесь со следующими вопросами:

- Переменное электрическое напряжение и параметры, которые его характеризуют.
- Понятия коэффициент формы и коэффициент амплитуды и методика учета влияния этих коэффициентов на результаты измерения переменного напряжения.
- Методы измерения переменного электрического напряжения.
- Причины возникновения и способы учета погрешностей при измерении переменного электрического напряжения.
- Устройство, принцип действия и основные характеристики электромеханических вольтметров переменного тока.
- Устройство, принцип действия и основные характеристики электронных (аналоговых и цифровых) вольтметров переменного тока.
- Содержание и способы реализации методов измерения, используемых при выполнении работы.
- Устройство и характеристики средств измерений, используемых при выполнении работы.

3. СВЕДЕНИЯ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

При измерении переменного напряжения синусоидальной формы, как правило, интересуются его среднеквадратическим (действующим) значением.

Действующее значение переменного напряжения U_d находят, используя известную зависимость между U_d и мгновенным значением измеряемого напряжения $u(t)$:

$$U_d = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt}, \quad (3.4.1)$$

где T – период переменного напряжения.

Действующее значение переменного напряжения может быть измерено электромагнитными (диапазон частот от 20 Гц до 1-2 кГц), электродинамическими (диапазон частот от 20 Гц до 2-5 кГц), ферродинамическими (диапазон частот от 20 Гц до 1-2 кГц), электростатическими (диапазон частот от 20 Гц до 10-20 МГц), термоэлектрическими (диапазон частот от 10 Гц до 10-100 мГц) и электронными (диапазон частот от 20 Гц до 0,1-1 ГГц) вольтметрами.

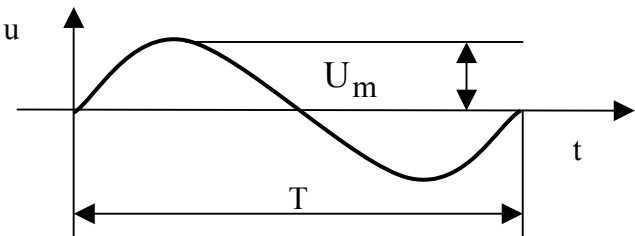
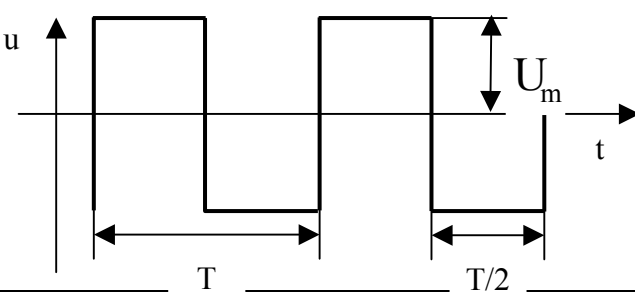
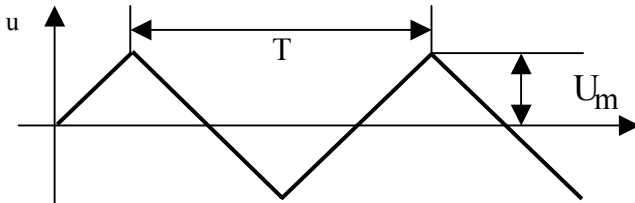
Иногда, особенно в тех случаях, когда форма электрического сигнала отличается от синусоидальной, измеряют средневыпрямленное и амплитудное значения переменного напряжения.

Средневыпрямленное значение переменного напряжения $U_{св}$ определяют, как среднее арифметическое абсолютных мгновенных значений за период:

$$U_{св} = \frac{1}{T} \int_0^T |u(t)| dt. \quad (3.4.2)$$

Средневыпрямленное значение может быть измерено выпрямительным электромеханическим вольтметром (диапазон частот от 20 Гц до 10 – 20 кГц) или электронным вольтметром (диапазон частот от 10 Гц до 10-100 МГц).

Таблица 3.4.1.
Значения коэффициентов K_Φ и K_a для некоторых сигналов

Форма сигнала	K_Φ	K_a
	1,11	1,41
	1	1
	1,16	1,73

Для периодических колебаний произвольной формы связь между средневывпрямленным и среднеквадратическим значениями определяется соотношением:

$$U_d = K_\Phi \times U_{св}, \quad (3.4.3)$$

где K_Φ – коэффициент формы, значения которого для некоторых случаев

приведены в таблице 3.4.1.

Амплитудное значение U_m гармонического напряжения связано с его текущим $u(t)$ значением известной зависимостью: $u(t) = U_m \sin(\omega t + \varphi)$. Для периодических колебаний другой формы эта зависимость может быть сравнительно легко определена. Что касается непериодических сигналов, то они характеризуются пиковыми значениями (максимальными значениями из всех мгновенных значений за время наблюдения).

Амплитудное и пиковое значения могут быть измерены электронными вольтметрами пикового (амплитудного) значения (диапазон частот от 20 Гц до 10-100 МГц), а также с помощью осциллографов различного типа (диапазон частот от 0,1 Гц до 10-100 ГГц).

Для периодических колебаний произвольной формы связь между амплитудой сигнала и его среднеквадратическим значением определяется по формуле:

$$U_m = K_a \times U_d, \quad (3.4.4)$$

где K_a – коэффициент амплитуды, значения которого для некоторых часто встречающихся случаев приведены в таблице 3.4.1

4. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

Лабораторный стенд представляет собой LabVIEW компьютерную модель, располагающуюся на рабочем столе персонального компьютера.

На стенде находятся модели электромагнитного и электродинамического вольтметров, электронного вольтметра с амплитудным детектором, проградуированного в действующих значениях гармонического напряжения, электронных милливольтметров средневыпрямленного и среднеквадратического значения, электронного осциллографа и генератора сигналов специальной формы (рис.3.4.1).

При выполнении работы модели средств измерений и вспомогательных устройств служат для решения описанных ниже задач.

Модели электромагнитного и электродинамического вольтметров, а также

вольтметра с амплитудным детектором (см. Приложение 1) используются при моделировании процесса прямых измерений действующего значения переменного электрического напряжения синусоидальной формы методом непосредственной оценки.

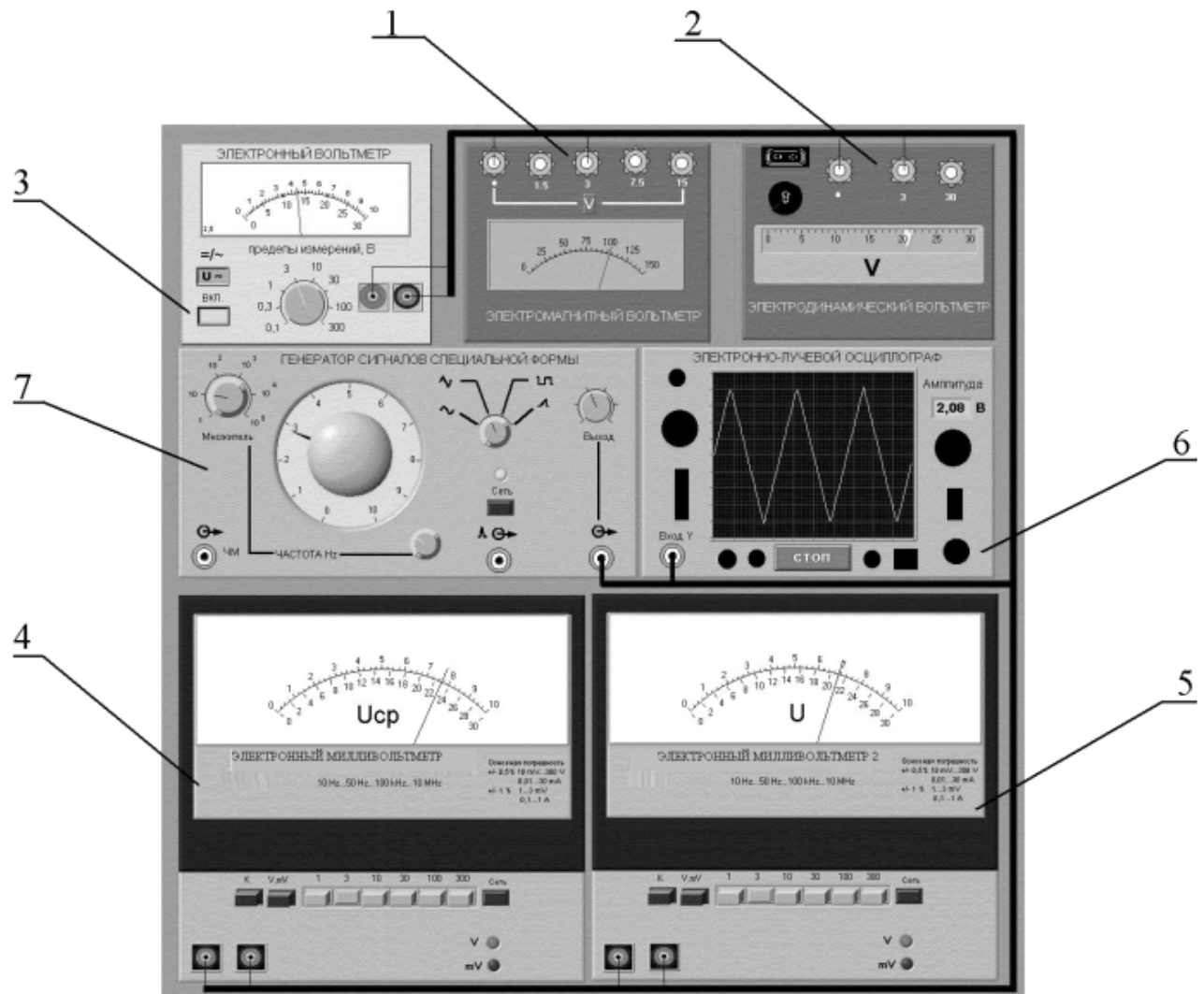


Рис. 3.4.1 Модель лабораторного стенда на рабочем столе компьютера при выполнении работы № 3.4 (1-электромагнитный вольтметр, 2-электродинамический вольтметр, 3-электронный вольтметр с амплитудным детектором, 4-электронный вольтметр средневывпрямленного значения, 5-электронный вольтметр среднеквадратического значения, 6-электронный осциллограф, 7-генератор сигналов специальной формы)

Модели электронных аналоговых милливольтметров средневывпрямленного и среднеквадратического значения (см. Приложение 1) используются при моделировании процесса прямых измерений соответственно средневывпрямленного и среднеквадратического значения напряжения в цепях

переменного тока синусоидальной и искаженной формы методом непосредственной оценки.

Модель электронного осциллографа используется при моделировании процесса измерения параметров переменного напряжения произвольной формы.

Модель генератора сигналов специальной формы используется при моделировании работы источника переменного напряжения синусоидальной, прямоугольной (меандр), треугольной (двухполярной) и пилообразной формы, с плавной регулировкой амплитуды и частоты выходного сигнала

Схема электрического соединения приборов при выполнении измерений приведена на рис. 3.4.2

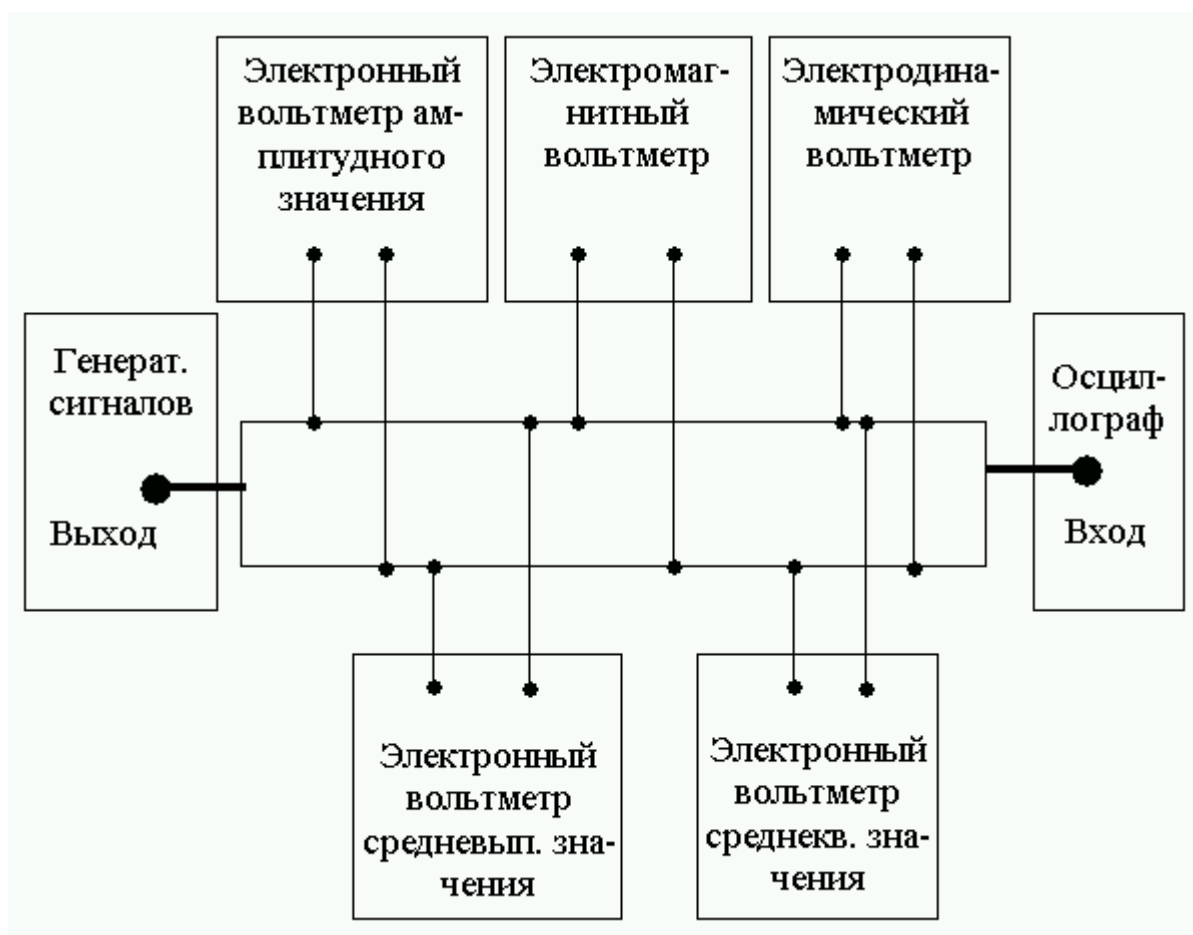


Рис. 3.4.2. Схема соединения приборов при выполнении работы №3.4.

5. РАБОЧЕЕ ЗАДАНИЕ

5.1. Изучите описание работы и рекомендованную литературу. Продумайте

свои действия за компьютером.

5.2. Запустите программу лабораторного практикума и выберите лабораторную работу № 3.4 «Измерение переменного электрического напряжения» в группе работ «Измерение электрических величин». На рабочем столе компьютера автоматически появится модель лабораторного стенда с моделями средств измерений и вспомогательных устройств (Рис. 3.4.1) и окно, созданного в среде MS Excel, лабораторного журнала, который служит для формирования отчета по результатам выполнения лабораторной работы.

5.3. Ознакомьтесь с расположением моделей отдельных средств измерений и других устройств на рабочем столе.

5.4. Подготовьте модели к работе:

- Включите электронные вольтметры с помощью тумблеров «СЕТЬ».
- Включите генератор сигналов и установите ручку регулятора выходного напряжения в крайнее левое положение (амплитуда выходного сигнала равна нулю).
- Установите переключатель рода работы генератора сигналов в положение, соответствующее гармоническому напряжению.
- Установите частоту сигнала на выходе генератора, равной 20Гц.
- Включите осциллограф

5.5. Опробуйте органы управления моделями и убедитесь в их работоспособности. В процессе опробования установите регулятор напряжения на выходе генератора в среднее положение и наблюдайте форму сигнала на экране осциллографа. Изменяя напряжение, частоту и форму сигнала на выходе генератора, а также диапазон измерений вольтметров, проследите за изменением изображения на экране осциллографа и изменениями показаний вольтметров.

5.6. Приготовьте к работе проверенную на отсутствие вирусов, отформатированную 3,5-дюймовую дискету и вставьте её в дисковод.

5.7. Приступите к выполнению лабораторной работы.

Задание 1 Исследование частотных характеристик вольтметров переменного тока

Используя осциллограф в качестве индикатора, определите в диапазоне

частот от 20 Гц до 100 кГц зависимость показаний электромагнитного, электродинамического и электронного вольтметров (тип электронного вольтметра выбирается по своему усмотрению) от частоты измеряемого переменного напряжения:

- a. Установите на выходе генератора сигналов гармоническое напряжение частотой 20 Гц
- b. Отрегулируйте амплитуду сигнала на выходе генератора так, чтобы показания вольтметров оказались в последней трети шкалы диапазона 3В, а стрелка электродинамического вольтметра остановилась напротив оцифрованного деления шкалы.
- c. Снимите показания вольтметров.
- d. Запишите в отчет показания вольтметров и частоту исследуемого сигнала, а также сведения о классе точности вольтметров.
- e. Выполните измерения в соответствии с п.п. b-d, оставляя неизменной амплитуду и форму выходного напряжения генератора, и, последовательно устанавливая частоту сигнала, равной 50 Гц, 400 Гц, 3 кГц, 1 кГц, 2 кГц, 3 кГц, 5 кГц, 5 кГц, 7 кГц, 10 кГц, 12 кГц, 15 кГц, 20 кГц и далее с шагом 10 кГц до 100 кГц. При выполнении задания тщательно следите за показаниями осциллографа (амплитуда измеряемого напряжения должна оставаться неизменной). В случае изменения амплитуды возвратите ее, ориентируясь на показания осциллографа, к исходному значению, используя регулятор выходного напряжения генератора сигналов.
- f.

Задание 2 Исследование зависимости показаний электромагнитного, электродинамического и электронных вольтметров от формы измеряемого напряжения.

- a. Установите на выходе генератора сигналов гармоническое напряжение частотой от 50 Гц до 100 Гц.
- b. Установите амплитуду выходного напряжения генератора такой, чтобы показания вольтметров оказались в последней трети шкалы диапазона 3В, а стрелка электродинамического вольтметра остановилась напротив оцифрованного деления шкалы.
- c. Зарисуйте осциллограмму исследуемого напряжения.
- d. Снимите показания вольтметров.

е. Запишите в отчет показания вольтметров, сведения о частоте и форме исследуемого сигнала, а также сведения о классе точности вольтметров.

5.6. Оставляя неизменной амплитуду (контроль производится с помощью осциллографа) и частоту выходного напряжения генератора, выполните измерения согласно п.п. (а-е), последовательно устанавливая на выходе генератора прямоугольную (меандр) и треугольную форму напряжения.

5.7. Сохраните результаты.

5.8. После сохранения результатов закройте приложение LabVIEW и, при необходимости, выключите компьютер.

6. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать:

- Сведения о цели и порядке выполнения работы.
- Сведения об использованных методах измерений.
- Сведения о характеристиках использованных средств измерений.
- Необходимые электрические схемы.
- Данные расчетов, проводившихся при выполнении соответствующих пунктов задания.
- Экспериментальные данные и осциллограммы.
- Полностью заполненные таблицы отчета (см. табл. 3.4.2 и 3.4.3), а также примеры расчетов, выполнявшихся при заполнении таблиц.
- Графики зависимости показаний вольтметров различных систем от частоты измеряемого напряжения.
- Таблицу с теоретическими и экспериментальными данными о зависимости показаний вольтметров различных систем от формы измеряемого переменного напряжения.
- Оценки, где это возможно, частоты измеряемого напряжения и значения его коэффициента формы и/или амплитуды, при которых соответствующая дополнительная погрешность вольтметров будет равна основной погрешности, определяемой классом точности прибора.
- Анализ полученных данных и вывод об особенностях и качестве проведенных измерений и по результатам проделанной работы.

Таблица 3.4.2

Результаты определения частотных характеристик электромагнитного вольтметра класса _____ точности (предел шкалы _____), электродинамического вольтметра класса точности _____ (предел шкалы _____), электронного вольтметра _____ значения класса точности (предел шкалы _____)			
Частота сигнала, Гц (кГц)	Показания вольтметров, В		
	электромагнитный	электродинамический	электронный _____ значения

Таблица 3.4.3

Исследование зависимости показаний вольтметров различных систем от формы измеряемого переменного напряжения на частоте _____ Гц

Форма измеряемого напряжения	Показания вольтметров, В			
	электромагнитный	электронный среднеквадратич. значения с ампл. детектором	электронный среднеквадратич. значения	электронный средневыпрямл. значения
синусоидальная				
меандр				
треугольная				

7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

7.1 Требуется измерить действующее (среднее, среднеквадратическое, амплитудное) значение переменного напряжения синусоидальной (искаженной) формы. Ориентировочно значение напряжения равно 100 мкВ (10 мВ, 1 В, 100 В), а частота 5 Гц (50 Гц, 5 кГц, 500 кГц, 50 МГц). Как это лучше сделать, если погрешность должна быть минимальной (не превышать 1%)?

7.2 Какими параметрами, подлежащими измерению, характеризуется переменное напряжение?

7.3 Что такое среднеквадратическое, среднее и средневыпрямленное значения переменного напряжения?

7.4 Какими вольтметрами измеряется среднеквадратическое значение переменного напряжения? Какие из них наиболее точны и почему?

7.5 Какими вольтметрами измеряется средневыпрямленное значение переменного напряжения?

7.6 Нужно измерить среднее значение переменного напряжения. Какое средство измерений Вы выберете?

7.7 В каком диапазоне частот можно измерять гармоническое напряжение? Какие вольтметры могут служить образцовыми на низких, средних и высоких частотах?

7.8 Имеется выпрямительный вольтметр класса 1,0 со шкалой 100 делений, проградуированный в действующих значениях гармонического напряжения. В

каком диапазоне может изменяться коэффициент формы и/или амплитуды измеряемого напряжения, чтобы этим величиной этого изменения можно было пренебречь?

7.9 Чем определяется зависимость показаний вольтметров различного типа от частоты измеряемого напряжения?

7.10 Опишите принцип работы и устройство электромеханических вольтметров переменного тока? Чем определяется погрешность этих приборов?

7.11 Опишите принцип работы и устройство электронных вольтметров переменного тока? Чем определяется погрешность этих приборов?