

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 приборов. Приобретение представления о порядке работы с электроизмерительными приборами при измерении переменного напряжения.

2. ЗАДАНИЕ ДЛЯ ДОМАШНЕЙ ПОДГОТОВКИ

1. Ознакомьтесь с параметрами переменного напряжения, подлежащими измерению.

2. Ознакомьтесь с понятиями коэффициент формы и коэффициент амплитуды и тем, как эти коэффициенты могут повлиять на результаты измерения переменного напряжения.

3. Ознакомьтесь с принципом работы, устройством и характеристиками электромеханических вольтметров различных систем.

4. Ознакомьтесь с принципом работы, устройством и характеристиками электронных вольтметров различных типов.

3. СВЕДЕНИЯ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

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

Действующее значение переменного напряжения U находят, как корень квадратный из среднего за период квадрата мгновенных значений:

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

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

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

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

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

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

Для периодических колебаний любой формы связь между средневыпрямленным и среднеквадратическим значениями определяется формулой:

$$U = K_{\phi} \times U_{св}, \quad (3.4.3)$$

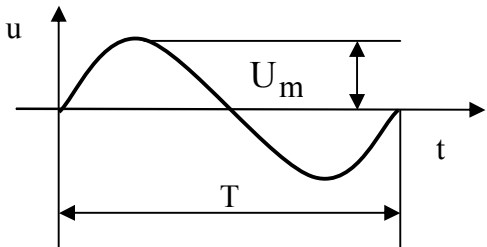
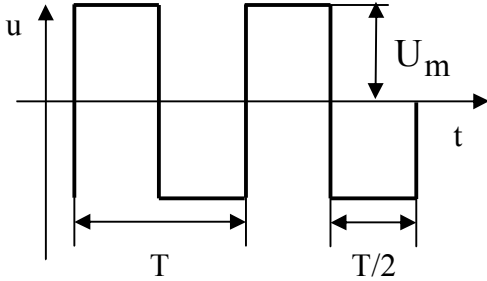
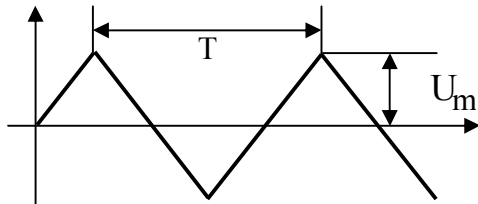
где K_{ϕ} – коэффициент формы.

Амплитудное значение U_m гармонического напряжения связано с его текущим $u(t)$ значением известной зависимостью: $u(t) = U_m \sin(\omega t + \phi)$. 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 вольтметра-

ми пикового (амплитудного) значения (диапазон частот от 20Гц до 10-100мГц), а также с помощью осциллографов различного типа (диапазон частот от 0,1Гц до 10-100 ГГц).

Таблица 3.4.1

Значения коэффициента формы и амплитуды для некоторых сигналов

Форма сигнала	Значение коэффициента формы	Значение коэффициента амплитуды
	1,11	1,41
	1	1
	1,16	1,73

Для периодических колебаний любой формы связь между амплитудой сигнала и его среднеквадратическим значением определяется формулой:

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

где K_a – коэффициент амплитуды.

Коэффициенты формы и амплитуды для некоторых часто встречающихся сигналов приведены в таблице 3.4.1.

4. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

Лабораторный стенд представляет собой персональный компьютер, на рабочем столе которого расположены модели электромагнитного и электродинамического вольтметров, электронных вольтметров средневыпрямленного и среднеквадратического значения, электронного осциллографа и генератора сигналов специальной формы (рис.3.4.1).

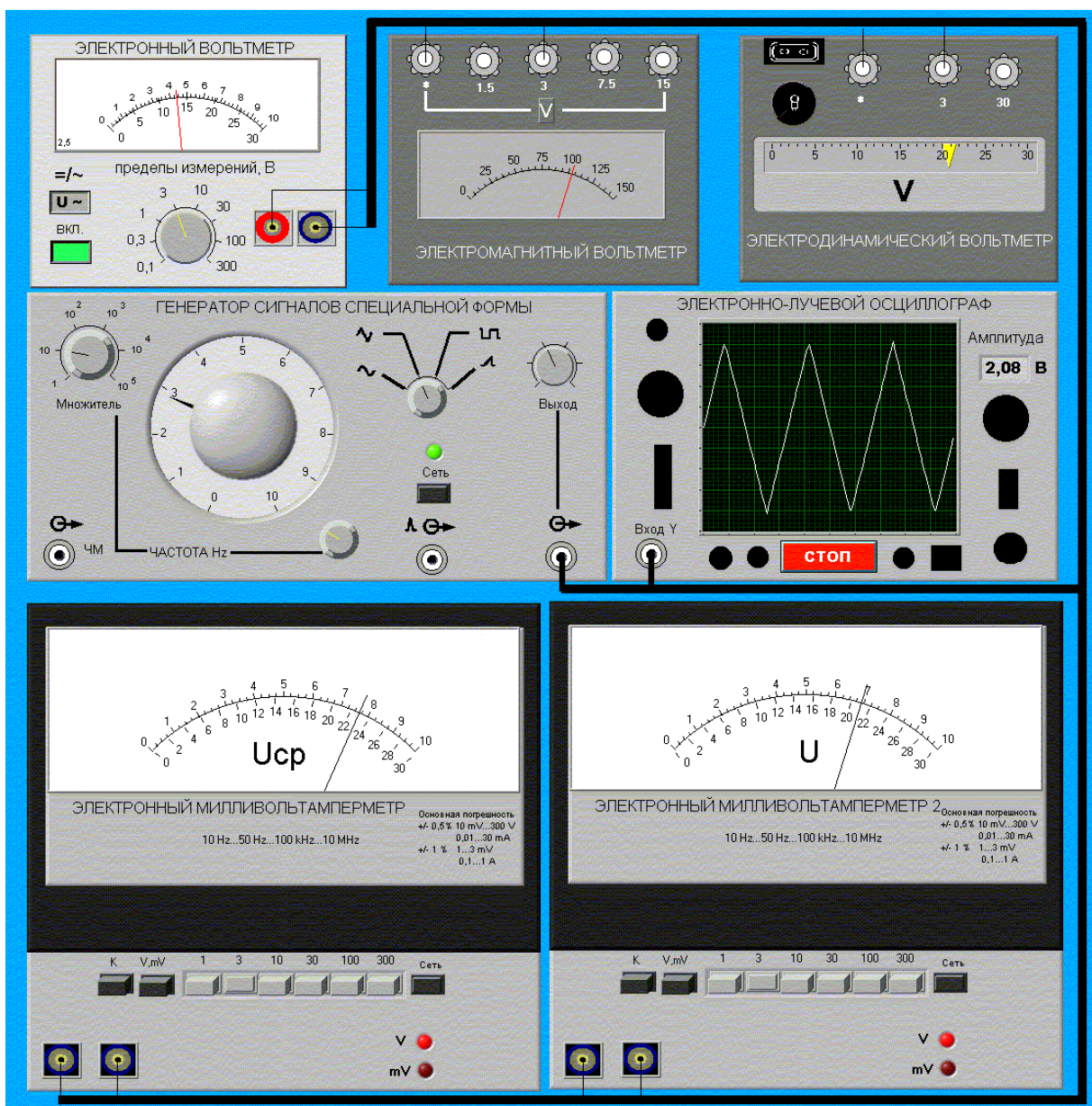


Рис. 3.4.1 Вид экрана лабораторного стенда при проведении работы №3.4.

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

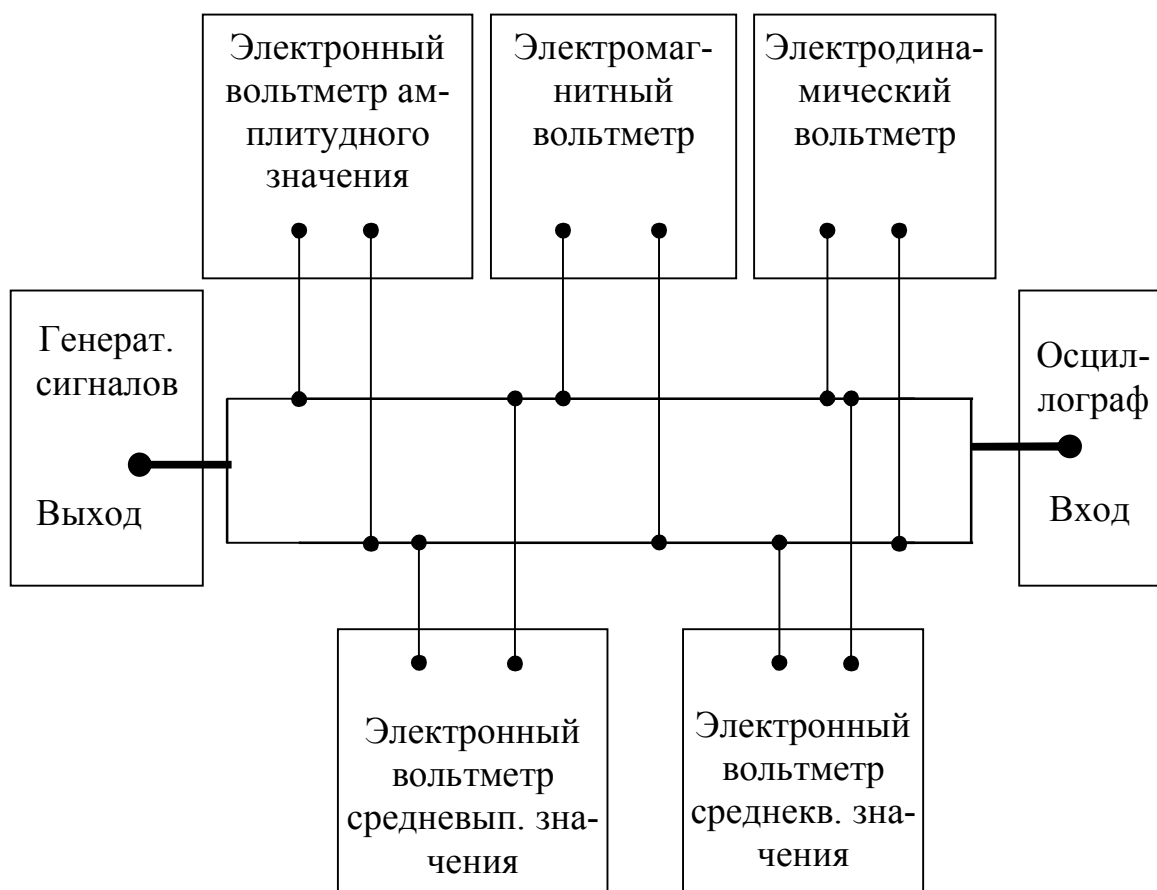


Рис. 3.4.2 Схема электрического соединения приборов при измерении переменного напряжения

При выполнении работы манипуляция органами управления средствами измерений и других устройств производится с помощью мыши в таком же порядке, как это предусмотрено при работе с реальными приборами и устройствами.

Классы точности вольтметров следующие:

- электронного вольтметра амплитудного значения – 2,5;
- электромагнитного вольтметра – 0,5;
- электродинамического вольтметра – 0,2;
- электронного вольтметра средневывпрямленного значения – 0,5;

- электронного вольтметра среднеквадратического значения – 0,5.

Диапазоны рабочих частот вольтметров следующие:

- электронного вольтметра амплитудного значения – 0 - 5 МГц;

- электромагнитного вольтметра – 0 – 1 кГц;

- электродинамического вольтметра – 0 – 10 кГц;

- электронного вольтметра средневывпрямленного значения – 10 Гц – 10 МГц;

- электронного вольтметра среднеквадратического значения – 10 Гц – 10 МГц.

5. РАБОЧЕЕ ЗАДАНИЕ

1. Изучите описание работы и рекомендованную литературу. Запустите программу-оболочку лабораторного практикума, нажав кнопку RUN (“стрелка направо” в левом верхнем углу окна программы), и выберите лабораторную работу №4 «Измерение переменного электрического напряжения» в группе работ «Измерение электрических величин».

2. При необходимости еще раз почитайте описание работы, ответьте на вопросы коллоквиума и получите допуск к выполнению работы. После сдачи коллоквиума на рабочем столе автоматически появится окно лицевой панели ВП и окно лабораторного журнала, созданного в программе MS Excel. В лабораторный журнал в процессе выполнения работы будут вноситься данные, необходимые для последующего составления отчета.

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

4. Изучите органы управления, находящиеся на передней панели приборов.

На лицевой панели электронного вольтметра амплитудного значения расположены:

- кнопка «СЕТЬ» включения питания прибора от сети;
- ручка переключателя диапазонов измерения;

- переключатель режима работы на измерение постоянного или переменного напряжения;
- электрический разъем для подключения прибора к электрическим схемам.

На лицевой панели электромагнитного и электродинамического вольтметров расположены:

- шкала отсчетного устройства;
- клеммные зажимы входов прибора.

На лицевых панелях электронных вольтметров средневыпрямленного и среднеквадратического значений расположены:

- кнопка «СЕТЬ» включения питания прибора от сети;
- ручки переключателя диапазонов,
- электрический разъем для подключения прибора к электрическим схемам.

На лицевой панели осциллографа расположены:

- экран;
- индикатор амплитудного значения сигнала «Амплитуда»;
- электрический разъем для подключения входного сигнала.

На лицевой панели генератора сигналов расположены:

- кнопка «СЕТЬ» включения питания прибора от сети;
- декадный переключатель частоты выходного сигнала;
- ручка плавной регулировки уровня выходного сигнала со шкалой;
- ручка плавной регулировки частоты выходного сигнала;
- ручка переключателя формы выходного сигнала.

6. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Подготовьте модели приборов к работе, для чего:

1.1. С помощью переключателей диапазонов установите на всех вольтметрах предел шкалы, равным 3В.

1.2. Установите переключатель рода работы генератора в положение, соответствующее гармоническому напряжению.

1.3. Установите ручку регулятора выходного напряжения генератора сигналов в крайнее левое положение.

1.4. Установите частоту сигнала на выходе генератора, равной примерно 50Гц.

2. Включите и опробуйте расположенные на рабочем столе модели средств измерений. 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 показаний вольтметров. Убедитесь в работоспособности используемых приборов.

В случае если хотя бы одна из моделей окажется неработоспособной, обратитесь к преподавателю.

3. Снимите, используя осциллограф в качестве индикатора амплитуды измеряемого напряжения, частотные характеристики электромагнитного, электродинамического и электронного вольтметров (тип электронного вольтметра выбирается по своему усмотрению) в диапазоне частот от 20 Гц до 100 кГц, для чего:

3.1. Установите на выходе генератора сигналов специальной формы гармоническое напряжение частотой 20 Гц и такой амплитуды, чтобы показания вольтметров оказались в последней трети шкалы диапазона 3 вольта, а стрелка электродинамического вольтметра остановилась напротив оцифрованного деления шкалы.

3.2. При неизменном напряжении на выходе генератора, настройте изображение на экране осциллографа так, чтобы оно заняло 6 – 8 делений по вертикали, и на экране наблюдалось 2 или 3 полных периода исследуемого напряжения.

Таблица 3.4.1

Определение частотных характеристик вольтметров

Частота сигнала, Гц (кГц)	Показания электромагнит. вольтметра, В (мВ)	Показания электродинамич. вольтметра, В (мВ)	Показания электронного вольтметра _____ значения, В

3.3. Снимите показания исследуемых вольтметров и занесите их в лабораторный журнал по форме, приведенной в таблице 3.4.1.

3.4. Повторите задания предыдущего пункта при частоте сигнала равной 50 Гц, 100 Гц, 200 Гц, 300 Гц, 400 Гц, 500 Гц, 1 кГц, 2 кГц, 3 кГц, 5 кГц, 10 кГц, 50кГц, 100кГц.

При выполнении задания тщательно следите за тем, чтобы показания осциллографа (амплитуда измеряемого гармонического напряжения) оставались неизменными. В случае изменения показаний возвратите их к исходному значению, используя регулятор выходного напряжения генератора сигналов специальной формы.

4. Исследуйте зависимость показаний электромагнитного, электродинамического и электронных вольтметров трех типов от формы измеряемого напряжения.

4.1. Установите на выходе генератора сигналов специальной формы гармоническое напряжение частотой 100Гц и такой амплитуды, чтобы показания вольтметров оказались в последней трети шкалы диапазона 3 вольта, а стрелка электродинамического вольтметра остановилась напротив оцифрованного деления шкалы.

4.2. При неизменном напряжении на выходе генератора, настройте изображение на экране осциллографа так, чтобы оно заняло 6 – 8 делений по вертикали, и на экране наблюдалось 2 или 3 полных периода исследуемого напряжения.

4.3. Зарисуйте осциллограмму исследуемого напряжения.

4.4. Снимите показания вольтметров и занесите их в лабораторный журнал по форме, приведенной в таблице 3.4.2.

4.5. Установите на выходе генератора другую (меандр и треугольная) форму исследуемого напряжения, оставляя при этом его амплитуду такой же, как и у гармонического напряжения в предыдущем пункте (контроль производится с помощью осциллографа). Зарисуйте в этих случаях, как описано ранее, осциллограммы измеряемых напряжений и запишите показания исследуемых вольтметров. Занесите результаты в таблицу согласно описанной ранее процедуре.

Таблица 3.4.2

Исследование зависимости показаний вольтметров различных систем от формы измеряемого переменного напряжения на частоте 100 герц

Форма измеряемого напряжения	Показания электромагнит. вольтметра, В (мВ)	Показания электронного вольтметра амплитудного значения, В (мВ)	Показания электронного вольтметра среднего квадрат. значения, В (мВ)	Показания электронного вольтметра среднего выпрямл. значения, В (мВ)
гармоническое				
меандр				
треугольная				

5. Нажмите кнопку СТОП.

6. Сохраните файл лабораторного журнала на дискете под оригинальным именем.

7. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

При оформлении лабораторного отчета необходимо полностью заполнить имеющуюся в распоряжении студента таблицу, находящиеся в лабораторном журнале.

Помимо заполненной таблицы в отчете должны содержаться:

- сведения о цели и порядке выполнения работы,
- данные о характеристиках использованных приборов, с указанием источника информации,
- электрические схемы,
- примеры расчетов, выполнявшихся при заполнении таблиц,

- график зависимости показаний вольтметров различных систем от частоты гармонического напряжения, при неизменной амплитуде,
- осциллограммы,
- графики теоретической и экспериментальной зависимостей показаний вольтметров различных систем от формы измеряемого переменного напряжения (при построении графиков примите, что амплитуда напряжения совпадает с показаниями осциллографа, коэффициент формы изменяется в пределах от 1 до 1,5, а коэффициент амплитуды – от 1 до 2),
- оценки 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,
- выводы по результатам проделанной работы.

8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какими параметрами, подлежащими измерению, характеризуется переменное напряжение?
2. Что такое среднеквадратическое, среднее и средневывпрямленное значения переменного напряжения?
3. Какими вольтметрами измеряется среднеквадратическое значение переменного напряжения? Какие из них наиболее точны и почему?
4. Какими вольтметрами измеряется средневывпрямленное значение переменного напряжения?
5. Нужно измерить среднее значение переменного напряжения. Какое средство измерений Вы выберите?
6. В каком диапазоне частот можно измерять гармоническое напряжение? Какие вольтметры могут служить образцовыми на низких, средних и высоких частотах?
7. Имеется выпрямительный вольтметр класса 1,0 и шкалой в 100 делений, проградуированный в действующих значениях гармонического напряжения. В каком диапазоне может изменяться коэффициент формы и/или амплитуды измеряемого напряжения, чтобы этим изменением можно было пренебречь?

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

9. Опишите принцип работы и устройство электромеханических вольтметров переменного тока? Чем определяется их погрешность?

10. Опишите принцип работы и устройство электронных вольтметров переменного тока? Чем определяется их погрешность?