

# Обработка и представление результатов измерений



## Работа №1.1. Прямые и косвенные однократные измерения

### 1. Цель работы

Приобретение навыков планирования и выполнения прямых и косвенных однократных измерений. Получение опыта по выбору средств измерений, обеспечивающих решение поставленной измерительной задачи. Изучение способов обработки и правильного представления результатов прямых и косвенных однократных измерений.

### 2. Сведения, необходимые для выполнения работы

Перед выполнением работы необходимо ознакомиться [4, 10, 13, 14] со следующими вопросами:

- основные понятия метрологии;
- классификация и характеристики измерений;
- классификация и характеристики средств измерений;
- способы получения и представления результатов однократных измерений;
- принцип действия, устройство и характеристики средств измерений, используемых при выполнении настоящей работы.

подавляющее большинство измерений, выполняемых на практике, являются однократными. Прежде чем выполнить однократное измерение, необходимо выбрать средство измерения. При выборе средства измерения, исходя из представления об условиях проведения измерения, о свойствах измеряемой величины и ее примерном значении, а также о необходимой точности измерения, определяют с помощью какого измерительного прибора, какого типа, какого класса точности, на каком пределе шкалы будет лучше проводить измерение. Если об ожидаемом значении измеряемой величины можно судить только с большой неопределенностью, средство измерения выбирают предварительно, устанавливают для него максимальный предел шкалы и проводят пробные измерения, после чего средство измерения и предел шкалы выбирают окончательно и выполняют измерение для получения результата.

За результат однократного измерения принимают показания средства измерения. Результирующая погрешность однократного измерения в общем случае зависит от целого ряда факторов, в частности, от инструментальной и методической составляющих погрешности, влияния внешних воздействий и т. д. На практике однократные измерения всегда стремятся организовать так, чтобы результирующая погрешность определялась главным образом инструментальной составляющей погрешности. В таком случае погрешность измерений оценивают (см. Приложение 4) исходя из класса точности выбранного средства измерений.

При проведении однократных измерений всегда стремятся поддерживать нормальные условия и выбрать такой способ измерений, чтобы методическая погрешность и субъективные погрешности оказывали минимальное воздействие на результат. Если, тем не менее, условия измерений отличаются от нормальных, в результате измерения вносят поправки, учитывающие погрешности, обусловленные воздействием влияющих величин. При выполнении данной работы следует предполагать, что условия измерений нормальные, а методические и субъективные погрешности пренебрежимо малы.

При проведении косвенных измерений погрешность определяется по результатам прямых

измерений. В общем случае решение этой задачи оказывается весьма сложным. Однако есть несколько случаев, когда оценить пределы погрешности результата косвенного измерения просто:

1. Величины  $X$  и  $Y$  измерены с абсолютными погрешностями  $\Delta X$  и  $\Delta Y$ , соответственно измеряется величина  $Z$ , связанная зависимостью  $Z = X \pm Y$ . В этом случае для оценки предела абсолютной погрешности составляющие погрешности суммируются без учета знака, а именно:  $\Delta Z = \Delta X + \Delta Y$ .
2. Величины  $X$  и  $Y$  измерены с абсолютными погрешностями  $\Delta X$  и  $\Delta Y$ , соответственно измеряется величина  $Z$ , связанная зависимостями  $Z = X \cdot Y$  или  $Z = X / Y$ . В этом случае для оценки предела относительной погрешности составляющие относительные погрешности суммируются без учета знака,

$$\frac{\Delta Z}{Z} = \frac{\Delta X}{X} + \frac{\Delta Y}{Y}$$

3. Величины  $X$  и  $Y$  измерены с абсолютными погрешностями  $\Delta X$  и  $\Delta Y$ , соответственно. Измеряется величина  $Z$ , связанная с  $X$  и  $Y$  зависимостью  $Z = F(X, Y)$ . В этом случае для оценки предела абсолютной погрешности

$$\Delta Z = \left| \frac{\partial F}{\partial X} \right| \Delta X + \left| \frac{\partial F}{\partial Y} \right| \Delta Y.$$

Легко видеть, что предыдущие формулы для погрешностей следуют из последнего, более общего, соотношения.

Использование этих правил позволяет получить удовлетворительную оценку предельной погрешности результата косвенного измерения, в случае когда число аргументов в функциональной зависимости не превышает четырех-пяти.

При определении погрешности результата измерений по классу точности средства измерений всегда учитываются как систематическая, так и случайная составляющая погрешности. В случае косвенных измерений при вычислении результирующей систематической составляющей погрешности необходимо, казалось бы, учитывать знак отдельных составляющих, что противоречит приведенным в пп. 1-3 рекомендациям. Однако на практике никакого противоречия не возникает, поскольку измерения всегда стремятся организовать так, чтобы влияние систематических погрешностей на результат было исключено. Конечно, полностью исключить систематические погрешности никогда не удастся, но в теории измерений показывается, что для учета неисключенных остатков систематических погрешностей их можно рассматривать как случайные величины, для описания которых подходят методы математической статистики. Отметим, что приведенные в пп. 1-3 способы оценки предельной погрешности косвенных измерений могут давать завышенную оценку значения результирующей погрешности. Однако с точки зрения достоверности результата измерения и с учетом простоты описанного способа такой подход оказывается, как правило, вполне приемлемым.

### **3. Описание лабораторного стенда**

Лабораторный стенд представляет собой Lab VIEW компьютерную модель, располагающуюся на рабочем столе персонального компьютера. На стенде (рис. 1.1.1) находятся модели (см. Приложение 1) магнитоэлектрического милливольтамперметра, электронного аналогового милливольтметра среднеквадратического значения, электронного цифрового мультиметра, источников постоянного и переменного напряжения, делителя напряжения и коммутационного устройства.

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

Модель магнитоэлектрического вольтамперметра используется при моделировании процесса прямых измерений постоянного напряжения и силы постоянного тока методом непосредственной оценки.

Модель электронного аналогового милливольтметра используется при моделировании процесса прямых измерений среднеквадратического значения напряжения в цепях переменного тока синусоидальной и искаженной формы методом непосредственной оценки.

Модель цифрового мультиметра при выполнении работы служит в качестве цифрового вольтметра, и используется при моделировании процесса прямых измерений постоянного напряжения и среднеквадратического значения переменного напряжения синусоидальной формы методом непосредственной оценки.

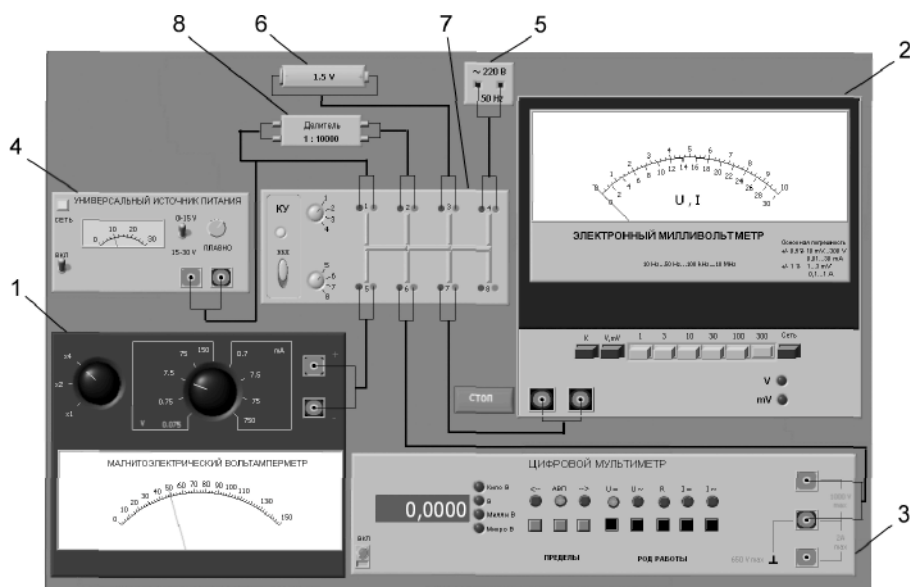


Рис. 1.1.1. Модель лабораторного стенда на рабочем столе компьютера при выполнении лабораторной работы № 1.1 (1 - магнитоэлектрический вольтамперметр, 2 - электронный аналоговый милливольтметр, 3 - электронный цифровой мультиметр, 4 - универсальный источник питания, 5 - источник переменного напряжения, 6 - гальванический элемент, 7 - коммутационное устройство, 8 - делитель напряжения)

Модель универсального источника питания (УИП) используется при моделировании работы регулируемого источника стабилизированного постоянного напряжения.

Модель источника питания переменного тока моделирует работу источника переменного гармонического напряжения частотой 50 Гц, с действующим значением, равным примерно 220 В, и пренебрежимо малым внутренним сопротивлением.

Модель гальванического элемента моделирует работу имеющего источника постоянной электродвижущей силы с ЭДС, равной примерно 1,5 В, и пренебрежимо малым внутренним сопротивлением.

Модель делителя напряжения используется при моделировании работы делителя с коэффициентом деления  $K = 1 : 10000$  при классе точности, равном 0,05, входном сопротивлении не менее 1 МОм, выходном - не более 1 кОм. Делитель можно использовать на постоянном и переменном токе с напряжением не более 500 В и частотой до 20 кГц.

Модель коммутационного устройства (КУ) используется при моделировании подключения входа вольтметров к выходу источников измеряемого напряжения. Подключение моделей вольтметров к моделям источников измеряемого напряжения производится путем установки верхнего переключателя на номер входа,

к которому подключается измеряемый источник, а нижнего переключателя КУ - на номер выхода, к которому подключен измерительный прибор. Установленное соединение индицируется на передней панели КУ желтым цветом. На лицевой панели модели КУ расположены:

- тумблер «ВКЛ» включения КУ;
- тумблеры для выбора способа коммутации входов и выходов КУ между собой.

## 4. Рабочее задание

4.1. Запустите программу лабораторного практикума и выберите лабораторную работу № 1.1 «Прямые и косвенные однократные измерения» в группе работ «Обработка и представление результатов измерений». На рабочем столе компьютера появится модель лабораторного стенда с моделями средств измерений и вспомогательных устройств (рис. 1.1.1) и окна, созданного в среде MS Excel, лабораторного журнала, который служит для формирования отчета по результатам выполнения лабораторной работы.

4.2. Ознакомьтесь с расположением моделей отдельных средств измерений и других устройств на рабочем столе. Включите модели средств измерений и вспомогательных устройств и опробуйте их органы управления (см. Приложение 1). Плавно изменяя напряжение на выходе УИП и поочередно с помощью КУ, подключая к выходу вольтметры, проследите за изменениями их показаний. Поменяйте пределы измерений и снова проследите за изменениями показаний вольтметров при изменении напряжения на выходе УИП. После того как вы убедитесь в работоспособности приборов, выключите все модели и вспомогательные устройства.

4.3. Приступите к выполнению заданий лабораторной работы.

**Задание 1. Выполнение прямых однократных измерений**

а) Выберите среди имеющихся на лабораторном стенде средств измерений вольтметр для измерения постоянного напряжения на выходе УИП с относительной погрешностью, не превышающей 1%. При выборе исходите из того, что напряжение на выходе УИП может быть установлено произвольно в диапазоне от 15 В до 30В.

- Выбрав вольтметр, включите его, установите подходящий диапазон измерений и с помощью КУ подключите вольтметр к выходу УИП.
- Включите УИП и установите на его выходе напряжение в указанном диапазоне.
- Снимите показания вольтметра.
- Запишите в отчет: показания вольтметра, тип и класс точности вольтметра, выбранный диапазон измерений.

б) Выберите среди имеющихся на лабораторном стенде средств измерений вольтметр для измерения ЭДС гальванического элемента с абсолютной погрешностью, не превышающей 2 мВ (значение ЭДС постоянно и лежит в диапазоне от 1,3 В до 1,7 В).

- Выбрав вольтметр, включите его, установите подходящий диапазон измерений и с помощью КУ подключите вольтметр к выходу источника ЭДС.
- Снимите показания вольтметра.
- Запишите в отчет: показания вольтметра, тип и класс точности вольтметра, выбранный диапазон измерений.

в) Выберите среди имеющихся на лабораторном стенде средств измерений вольтметр для измерения значения напряжения на выходе источника переменного напряжения с относительной погрешностью, не превышающей 0,5%.

- Выбрав вольтметр, включите его, установите подходящий диапазон измерений и с помощью КУ подключите вольтметр к выходу источника переменного напряжения.
- Снимите показания вольтметра.
- Запишите в отчет: показания вольтметра, тип и класс точности вольтметра, выбранный диапазон измерений.

**Задание 2. Выполнение косвенных измерений**

а) Выберите среди имеющихся на рабочем столе средств измерений вольтметр для косвенного измерения коэффициента деления делителя напряжения.

- Выбрав вольтметр, включите его и установите подходящий диапазон измерений.
- Подключите с помощью КУ делитель к выходу источника напряжения.
- Подключите с помощью КУ вольтметр поочередно к входу и выходу делителя и снимите в обоих случаях показания вольтметра.
- Запишите в отчет: показания вольтметра, тип и класс точности вольтметра, выбранные диапазоны измерений, сведения о делителе напряжения.

4.4. Сохраните результаты.

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

## 5. Оформление отчета

Отчет должен быть оформлен в соответствии с требованиями, приведенными во Введении.

Рекомендованные формы таблиц для записи результатов приведены ниже.

Таблица 1.1.1. Прямые измерения напряжения на выходе УИП

Вольтметр: тип \_\_\_\_\_, класс точности \_\_\_\_\_.

Показания Диапазон Абсолютная Относительная Результат вольтметра, В измерений, В погрешность, В погрешность, % измерений, В

Таблица 1.1.2. Прямые измерения ЭДС гальванического элемента

Вольтметр: тип \_\_\_\_\_, класс точности \_\_\_\_\_.

Показания Диапазон Абсолютная Относительная Результат вольтметра, В измерений, В погрешность, В погрешность, % измерений, В

Таблица 1.1.3. Прямые измерения напряжения на выходе источника переменного напряжения

Вольтметр: тип \_\_\_\_\_, класс точности \_\_\_\_\_.

Показания Диапазон Абсолютная Относительная Результат вольтметра, В измерений, В погрешность, В погрешность, % измерений, В

Таблица 1.1.4. Косвенные измерения коэффициента деления делителя

Вольтметр: тип \_\_\_\_\_, класс точности \_\_\_\_\_.

Делитель напряжения: тип \_\_\_\_\_, класс точности \_\_\_\_\_.

Показания вольтметра на входе делителя, В	Показания вольтметра на выходе делителя, В	Установленный диапазон изме- рений на входе делителя, В	Установленный диапазон изме- рений на выходе делителя, В
Относительная погрешность измерения напряжения на входе делителя, %	Относительная погрешность измерения напряжения на выходе делителя, %	Относительная погрешность измерения коэффициента деления, %	Результат измерения коэффициента деления делителя

## **6. Контрольные вопросы**

- Дайте определение следующих понятий: измерение, результат измерения, абсолютная погрешность измерения, относительная погрешность измерения.
- Как классифицируют измерения?
- В каких случаях проводят однократные измерения?
- Какие измерения называются прямыми? В каких случаях выполняются прямые измерения?
- Какие измерения называются косвенными? В каких случаях выполняются косвенные измерения?
- Что такое средство измерения?
- Что такое метрологические характеристики средств измерений? Какие метрологические характеристики средств измерений вы знаете?
- Как связаны метрологические характеристики средств измерений с качеством измерений, которые выполняются с помощью этих средств?
- Предполагается проводить однократные измерения. Какие критерии используются при выборе средств измерений, какие из этих критериев наиболее важны?