

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования

«Юго-Западный государственный университет»

(ЮЗГУ)

Кафедра космического приборостроения и систем связи



Проректор по учебной работе  
О.Г. Локтионова

16 сентября 2016 г.

**ОБРАБОТКА И ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ  
ОДНОКРАТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ НАЛИЧИИ  
СИСТЕМАТИЧЕСКОЙ ПОГРЕШНОСТИ**

Методические указания к выполнению лабораторной работы  
по дисциплине "Проектирование электронных измерительных  
приборов и систем" для бакалавров направления подготовки  
11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств»

Курск 2016

УДК. 681.2

Составитель О.Г. Бондарь

Рецензент

Кандидат технических наук, профессор кафедры  
информационные системы и технологии В.А. Шлыков.

**Обработка и представление результатов однократных измерений при наличии систематической погрешности** : методические указания по выполнению лабораторной работы по дисциплине «Проектирование электронных измерительных приборов и систем» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: О.Г. Бондарь. Курск, 2016. 21 с.: ил. 4. табл. 1. Библиогр.: с.20.

Излагаются сведения о методике обнаружения систематических погрешностей и их коррекции. Описан порядок выполнения лабораторной работы.

Методические указания соответствуют требованиям программы, утвержденной учебно-методическим объединением по специальностям автоматике и электроники (УМО АЭ).

Предназначены для бакалавров направления подготовки 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60×84 1/16.

Усл. печ. л. 1,22. Уч.- изд. л. 1,11. Тираж экз. Заказ . Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

**Оглавление**

1. Цель работы .....	4
2. Краткие сведения .....	4
3. Лабораторный стенд .....	9
4. Подготовка к лабораторной работе.....	14
5. Порядок выполнения лабораторной работы .....	15
Измерение электрического напряжения на выходе источника с регулируемым внутренним сопротивлением.....	16
Исследование влияния входного сопротивлением вольтметра ...	17
6. Содержание отчёта.....	18
7. Контрольные вопросы .....	19
Литература .....	20
Приложение .....	21

## **1. Цель работы**

Получение навыков обнаружения и устранения влияния систематических погрешностей на результаты прямых однократных измерений.

## **2. Краткие сведения**

Подавляющее большинство измерений, выполняемых на практике, являются однократными. Систематические погрешности могут существенно исказить результаты таких измерений. Поэтому обнаружению и устранению источников систематических погрешностей придается большое значение.

На практике очень часто приходится сталкиваться с необходимостью учета систематической погрешности, возникающей из-за несовершенства принятого метода измерений, эта погрешность известна как методическая. Для учета влияния методических погрешностей на результаты измерений обычно применяются математические зависимости, используемые для описания явления, положенного в основу измерения. В такой ситуации оценки погрешностей формул и физических констант, как правило, известны.

Систематические погрешности являются величинами детерминированными, поэтому в принципе всегда могут быть вычислены и учтены. Для исправления результатов измерений, содержащих систематическую погрешность, эти результаты складывают с поправками, равными систематическим погрешностям по величине и противоположными им по знаку. Поправки могут быть определены как экспериментально, так и теоретически. Поправки, определяемые экспериментально, задаются в виде таблиц или графиков, теоретически - в виде формул. Результат измерений, полученный после внесения поправки, называется исправленным результатом измерений.

В процессе выполнения настоящей работы измеряется ЭДС источника постоянного напряжения, обладающего переменным внутренним сопротивлением. Значение измеряемой ЭДС лежит в диапазоне от 10 до 30 В. Для таких измерений можно использовать электромеханические и электронные аналоговые вольтметры, цифровые вольтметры и компенсаторы (потенциометры) постоянного тока.

Электромеханические вольтметры и простые цифровые вольтметры выбираются для работы, если требования к точности измерений сравнительно невысоки, а значение измеряемого напряжения лежит в диапазоне от десятков милливольт до сотен вольт. Измерения в этом случае выполняются методом непосредственной оценки. На практике очень удобно использовать простые и дешевые аналоговые вольтметры, например, магнитоэлектрической системы. В отличие от электронных вольтметров, они не требуют дополнительного источника питания и более просты в эксплуатации, а по сравнению с электромеханическими вольтметрами других систем имеют лучшие характеристики.

Магнитоэлектрические вольтметры имеют линейную шкалу, характеризуются весьма высокой точностью и чувствительностью, малым собственным потреблением энергии. На показания магнитоэлектрических вольтметров мало влияют колебания температуры окружающей среды и изменения напряженности внешнего электромагнитного поля. Входное сопротивление магнитоэлектрических вольтметров постоянного тока относительно невелико и колеблется в диапазоне от 10 до 100 кОм, по этому показателю они уступают как электронным аналоговым, так и цифровым вольтметрам.

Методы учёта систематических погрешностей остаются одними и теми же, но для точных приборов определение систематической погрешности и её учёт требуют дорогостоящего оборудования и тщательности при проведении работы. Поэтому

демонстрация методики будет осуществляться на приборе магнитоэлектрической системы. В то же время, полученные результаты могут быть легко перенесены на более сложные приборы, в том числе с встроенными средствами автокомпенсации.

Упрощенная электрическая схема магнитоэлектрического вольтметра приведена на рисунке 1.

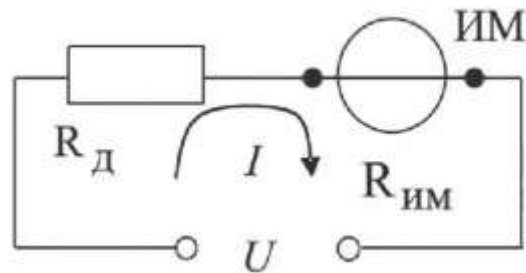


Рисунок 1 – Упрощённая схема магнитоэлектрического вольтметра

В состав схемы входят измерительный механизм (ИМ), обладающий собственным омическим сопротивлением  $R_{ИМ}$ , и добавочное сопротивление  $R_{д}$ . Показания вольтметра отсчитываются по отклонению стрелки ИМ относительно неподвижной шкалы. Угол этого отклонения  $\alpha$  определяется в соответствии с уравнением шкалы механизма и равен:  $\alpha = S \cdot I$ , где  $S$  - чувствительность ИМ, а  $I$  - значение тока, протекающего через него. Соответственно, для вольтметра получаем:

$$\alpha = \frac{SU}{R_{ВХ}} = \frac{SU}{R_{ИЗМ} + R_{д}}$$

Отметим, что ток, протекающий через ИМ, не должен превышать некоторой номинальной величины, которая называется током полного отклонения. Значение этого тока для магнитоэлектрических ИМ лежит обычно в диапазоне от 50 мкА до 1 мА.

При использовании магнитоэлектрического вольтметра погрешность измерений в нормальных условиях определяется

главным образом инструментальной погрешностью вольтметра и методической погрешностью измерений. Инструментальная погрешность определяется классом точности средства измерений, лежащим для магнитоэлектрических вольтметров, как правило, в пределах от 0,2 до 2,5, а методическая погрешность - соотношением между входным сопротивлением вольтметра и внутренним сопротивлением источника измеряемой ЭДС. Как указывалось, входное сопротивление магнитоэлектрического вольтметра сравнительно невелико, поэтому методическая составляющая погрешности может вносить определяющий вклад в результирующую погрешность измерений.

Для определения методической составляющей погрешности представим источник измеряемого напряжения в виде активного двухполюсника (рисунок 2), к которому подключен вольтметр, имеющий входное сопротивление  $R_{ВХ} = R_{ММ} + R_{Д}$ .

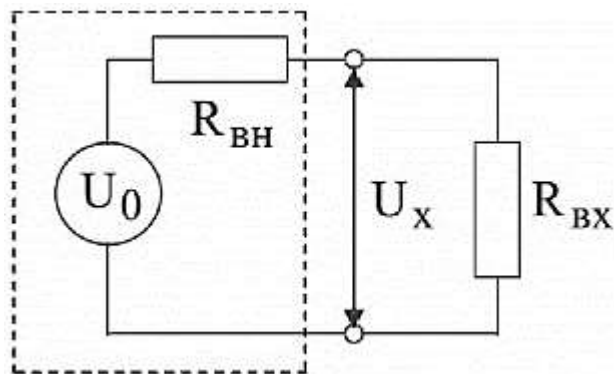


Рисунок 2 – Схема для определения методической погрешности измерения постоянного напряжения

Пусть активный двухполюсник имеет ЭДС -  $U_0$  и внутреннее сопротивление -  $R_{ВН}$ , тогда напряжение  $U_X$  на зажимах вольтметра можно вычислить по формуле:

$$U_X = \frac{U_0 R_{ВХ}}{R_{ВН} + R_{ВХ}}.$$

Отсюда находим, что значение абсолютной методической погрешности  $\Delta U$  равно:

$$\Delta U = U_X - U_0 = -U_0 \frac{R_{BH}}{R_{BH} + R_{BX}}.$$

Кроме того, для модуля значения относительной методической погрешности  $\delta U$  имеем:

$$\delta U = \left| \frac{\Delta U}{U_0} \right| = \frac{R_{BH}}{R_{BH} + R_{BX}}.$$

Как правило,  $R_{BH} \ll R_{BX}$ , поэтому можно принять, что модуль относительной методической погрешности приблизительно равен:

$$\delta U \approx \frac{R_{BH}}{R_{BX}}.$$

В рассматриваемом случае методическая погрешность проявляется как систематическая, поэтому она может быть исключена внесением поправки  $\Pi = -\Delta U$ , прибавленной к показанию вольтметра.

Даже после внесения поправки всегда остается неисключенный остаток методической погрешности, в нашем случае такой остаток может возникнуть из-за отличия истинных значений сопротивлений от тех, которые использованы при расчетах. Кроме того, в качестве составляющих неисключенной систематической погрешности могут выступать систематические погрешности средства измерений и систематические погрешности, вызванные другими источниками. При определении границ неисключенной систематической погрешности результата измерений все такие составляющие рассматриваются как случайные величины и строится их композиция. Мы не будем здесь рассматривать правила построения такой композиции и остановимся только на важном частном случае.

Пусть значение допускаемого предела основной абсолютной инструментальной погрешности, определяемой классом точности



средства измерений, равно  $\Delta_{\text{ПР}}$ , а значение неисключенного остатка абсолютной методической составляющей погрешности равно  $\Delta_{\text{М}}$ , тогда границы абсолютной погрешности результата измерений  $\Delta_{\text{ИЗМ}}$  можно с приемлемой точностью вычислить по формуле:

$$\Delta U_{\text{ИЗМ}} = \sqrt{\Delta_{\text{М}}^2 + \Delta_{\text{ПР}}^2}.$$

### 3. Лабораторный стенд

Лабораторный стенд представляет собой LabVIEW компьютерную модель, располагающуюся на рабочем столе персонального компьютера. На стенде находятся модели магнитоэлектрического вольтамперметра, электронного цифрового мультиметра, магазина сопротивлений, универсального источника питания (УИП) и коммутационного устройства (КУ) (рисунок 3).

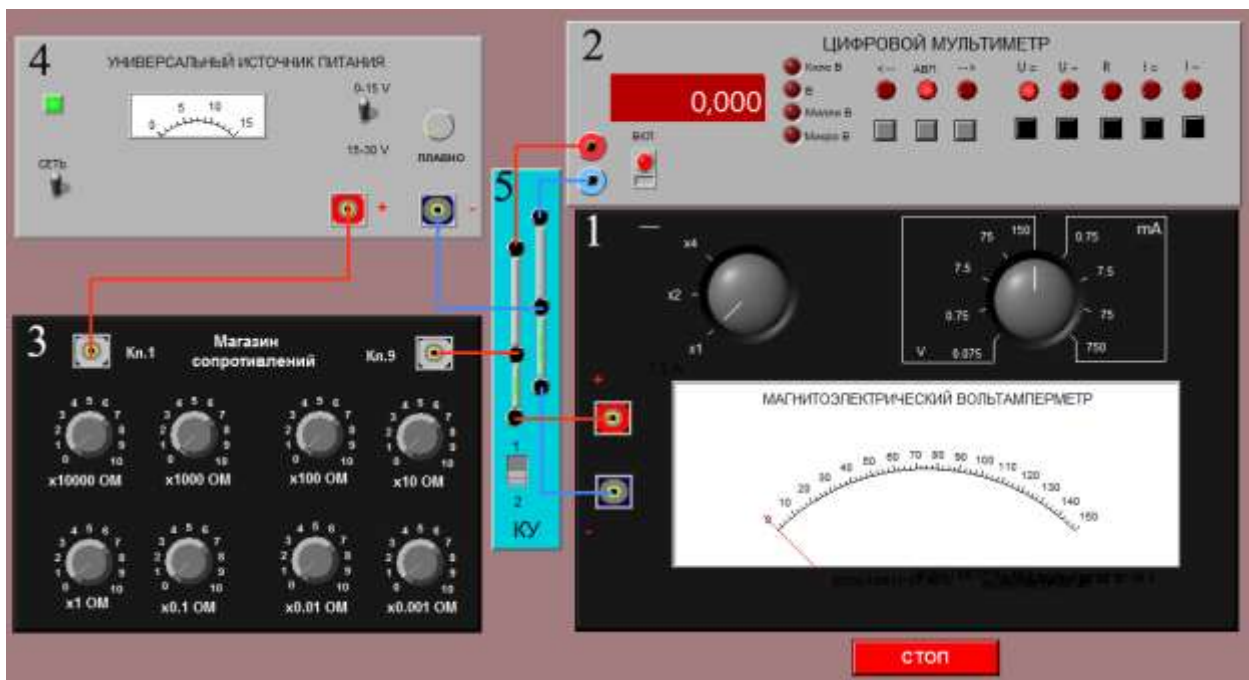


Рисунок 3 - Лабораторный стенд на рабочем столе компьютера (1 - магнитоэлектрический вольтамперметр, 2 - электронный цифровой мультиметр, 3 - магазин сопротивлений, 4 - универсальный источник питания, 5 - коммутационное устройство)

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

Модель магнитоэлектрического вольтамперметра включена в процессе работы как магнитоэлектрический вольтметр и используется при моделировании процесса прямых измерений постоянного напряжения методом непосредственной оценки. Её характеристики приведены ниже.

- в режиме измерения постоянного напряжения пределы измерения могут выбираться в диапазоне от 0,075 В до 600 В;
  - в режиме измерения постоянного тока пределы измерения могут выбираться в диапазоне от 0,075 мА до 3 А;
  - класс точности нормирован для приведенной погрешности и равен 0,5;
  - входное сопротивление в режиме измерения напряжения равно 30 кОм;
  - внутреннее сопротивление в режиме измерения тока составляет 0,1 Ом.
  - На лицевой панели модели (рисунок 3) расположены:
    - шкала отсчетного устройства со стрелочным указателем;
    - ручка переключателя пределов измерения и выбора рода работ (ток или напряжение);
    - ручка переключателя множителя пределов измерения;
- клеммы для подключения к электрической цепи.

Модель электронного цифрового мультиметра используется в процессе как цифровой вольтметр при моделировании процесса прямых измерений постоянного напряжения методом непосредственной оценки. Характеристики модели:

Ниже приведены некоторые характеристики модели:

- в режиме измерения постоянного и переменного напряжения пределы измерения могут выбираться в диапазоне от 1,0 мВ до 300 В;
- при измерении напряжения могут быть установлены следующие поддиапазоны: от 0,0 мВ до 199,9 мВ; от 0,000 В до 1,999 В; от 0,00 В до 19,99 В; от 0,0 В до 199,9 В; от 0 В до 1999 В;
- диапазон рабочих частот от 20 Гц до 100 кГц;
- пределы допускаемых значений основной относительной погрешности при измерении напряжения равны:
- $\delta = \pm \left[ 0,1 + 0,02 \left( \frac{U_K}{U} - 1 \right) \right] \%$  – при измерении постоянного напряжения;
- $\delta = \pm \left[ 0,6 + 0,1 \left( \frac{U_K}{U} - 1 \right) \right] \%$  – при измерении переменного напряжения во всём диапазоне частот,

где  $U_K$  - конечное значение установленного предела измерений,  $U$  - значение измеряемого напряжения на входе мультиметра;

- пределы допускаемых значений основной погрешности мультиметра при измерении активного электрического сопротивления равны (в процентах)
- $\delta R = \pm \left[ 0,15 + 0,05 \left( \frac{R_K}{R} - 1 \right) \right] \%$  – где  $R_K$  - конечное значение установленного предела измерений;  $R$  - значение измеряемого сопротивления.
- На лицевой панели модели расположены (рисунок 3):
- тумблер «ВКЛ» включения питания со световым индикатором;
- четырехразрядный индикатор цифрового отсчетного устройства;
- кнопка «←» со световым индикатором для выбора меньшего рабочего предела;
- кнопка «→» со световым индикатором для выбора большего рабочего предела;

- кнопка автоматического выбора предела работы «АВП» со световым индикатором;
- группа кнопок выбора рода работы (при измерении постоянного напряжения должна быть нажата кнопка «U=») со световыми индикаторами;
- электрические разъемы для подключения к электрической цепи;

световые индикаторы значения измеряемого напряжения «кило В», «В», «милли В», «микро В».

Модель магазина сопротивлений используется при моделировании работы многозначной меры электрического сопротивления.

- сопротивление магазина устанавливается с помощью расположенного на его передней панели восьмидекадного переключателя;
- предел допускаемого отклонения действительного значения установленного сопротивления магазина от номинального значения в процентах определяется по формуле

$$\frac{\Delta R}{R} = \pm \left[ 0,02 + 0,000002 \left( \frac{R_K}{R} - 1 \right) \right],$$

где  $R$  - номинальное значение включенного сопротивления в омах,  $R_K = 11\,111,110$  Ом.

На лицевой панели модели магазина сопротивлений расположен восьмидекадный переключатель, с помощью которого устанавливается выбранное сопротивление, кроме того, на передней панели имеются клеммы «Кл.1», «Кл.2» и «Кл.9», позволяющие использовать магазин в различных электрических схемах, в частности в качестве делителя напряжения. Электрическая схема модели магазина сопротивлений приведена на рисунке 4.

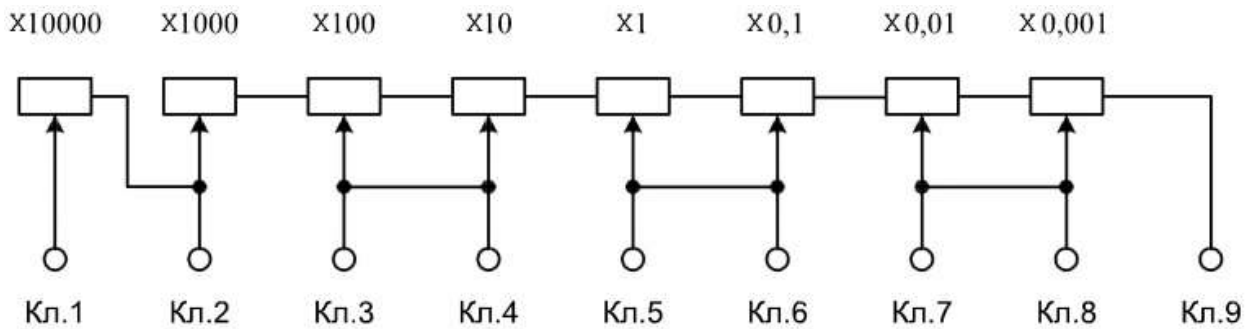


Рисунок 4 – Электрическая схема магазина сопротивлений

Модель УИП используется при моделировании работы регулируемого источника стабилизированного постоянного напряжения:

- диапазон регулировки выходного напряжения от 0 В до 30 В с двумя поддиапазонами: первый - от 0 В до 15 В и второй - от 15 В до 30 В;
- максимальная величина выходного тока до 2 А;
- внутреннее сопротивление не более 0,3 Ом.

На лицевой панели модели расположены:

- тумблер «СЕТЬ» включения питания;
- световой индикатор включения;
- стрелочный индикатор выходного напряжения;
- тумблер переключения поддиапазонов выходного напряжения;
- ручка плавной регулировки амплитуды выходного напряжения;
- клеммы для подключения к электрической цепи.

При выполнении работы модель магазина сопротивлений и модель УИП используются совместно, в результате моделируется источник постоянного напряжения, обладающий переменным внутренним сопротивлением. Для этого модель магазина сопротивлений подключается последовательно с выходом модели УИП (рисунок 5).

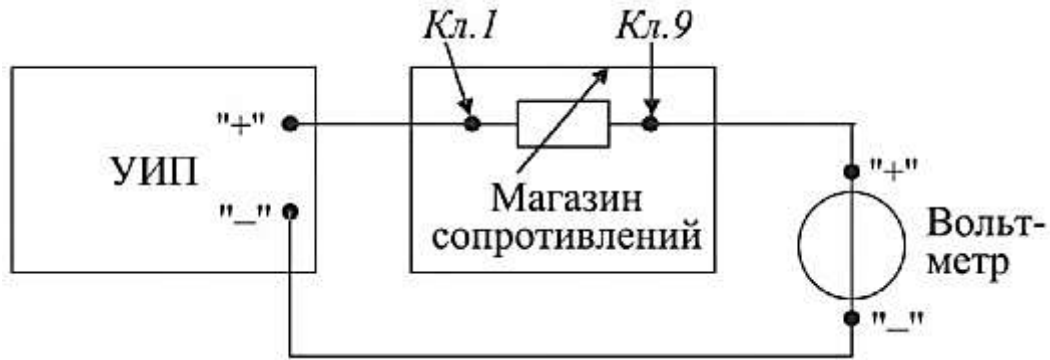


Рисунок 5 – Схема соединения универсального источника питания и магазина сопротивлений для получения источника с регулируемым внутренним сопротивлением

Модель коммутационного устройства используется при моделировании подключения входа вольтметров к выходу источника измеряемого напряжения. Подключение моделей вольтметров к модели источника производится путем установки переключателя коммутационного устройства. При этом источник напряжения подключается к магнитоэлектрическому вольтамперметру, или к электронному цифровому мультиметру.

#### 4. Подготовка к лабораторной работе

Перед выполнением работы необходимо ознакомиться по данным МУ и [1, 2] со следующими вопросами:

- Классификация и характеристики систематических погрешностей измерений.
- Результат измерений, погрешность результата измерений.
- Поправки и их практическое использование.
- Способы получения и представления результатов измерений при наличии систематической погрешности.
- Принцип действия, устройство и характеристики средств измерений, используемых при выполнении настоящей работы.

## 5. Порядок выполнения лабораторной работы

1. Запустите программу 1.2 лабораторного практикума. На рабочем столе компьютера появится модель лабораторного стенда с моделями средств измерений и вспомогательных устройств (рисунок 3). Дополнительно запустите форму MS Excel лабораторного журнала (Приложение), который служит для формирования отчета по результатам выполнения лабораторной работы (находится в папке лабораторной работы).
2. Ознакомьтесь с расположением моделей отдельных средств измерений и вспомогательных устройств на лабораторном стенде. Включите модели и опробуйте их органы управления. Плавно изменяя напряжение на выходе УИП и подключая к нему поочередно с помощью КУ вольтметры, проследите за изменениями их показаний. Поменяйте пределы измерений вольтметров и снова проследите за изменениями их показаний по мере изменения напряжения на выходе УИП. После того, как вы убедитесь в работоспособности приборов, выключите модели.
3. Подготовьте к работе модель магнитоэлектрического вольтметра:
  - установите переключатель пределов и рода работ магнитоэлектрического вольтметра в положение 7,5 В;
  - установите переключатель множителя пределов измерения магнитоэлектрического вольтметра в положение  $\times 2$ .
4. Подготовьте к работе модель электронного цифрового мультиметра:
  - включите кнопку «ВКЛ»;
  - с помощью переключателя  $U=$ , расположенного на передней панели мультиметра, выберите род работы модели, соответствующий измерению постоянного напряжения, при этом на передней панели загорится соответствующий красный индикатор;

- с помощью переключателя АВП, расположенного на передней панели мультиметра, установите автоматический выбор пределов измерения, при этом на передней панели загорится соответствующий красный индикатор.
5. Подготовьте к работе модель УИП:
    - тумблер переключения поддиапазонов УИП установите в положение «0-15 В»;
    - включите тумблер «СЕТЬ».
  6. Приступите к выполнению заданий лабораторной работы.

### **Измерение электрического напряжения на выходе источника с регулируемым внутренним сопротивлением**

7. Подключите магнитоэлектрический вольтметр к выходу источника постоянного напряжения. Переключатель коммутационного устройства должен быть установлен в положение 2 согласно схеме соединений (рисунок 3).
8. Установите предел измерения магнитоэлектрического вольтметра равным 15 В и, ориентируясь на индикатор, установите на выходе УИП напряжение, значение которого несколько меньше выбранного предела измерений.
9. Найдите в описании магнитоэлектрического вольтамперметра, приведенном в методических указаниях, значение его входного сопротивления и запишите в отчет.
10. Установите последовательно значение сопротивления магазина равным 0 Ом, 3 Ом, 30 Ом, 300 Ом, 3000 Ом и 30 кОм. При каждом значении установленного сопротивления снимите показания магнитоэлектрического вольтамперметра, результаты запишите в отчет.
11. Подключите цифровой мультиметр (режим вольтметра) к выходу источника постоянного напряжения. Переключатель коммутационного устройства должен быть установлен в положение 1. Напряжение на выходе УИП при этом должно остаться прежним.



12. Устанавливая последовательно те же значения сопротивления магазина, что и в п. 10, снимите показания цифрового вольтметра. Результаты запишите в отчет.
13. Установите предел измерения магнитоэлектрического вольтметра равным 30 В и, ориентируясь на индикатор, установите на выходе УИП напряжение, значение которого несколько меньше выбранного предела измерений.
14. Для вновь установленного значения выходного напряжения УИП выполните задание, сформулированное в пп. 9-12.

### **Исследование влияния входного сопротивлением вольтметра**

Используя сведения о классе точности магнитоэлектрического вольтметра и цифрового мультиметра, полученные экспериментальные данные и приведенные выше расчётные выражения, определите:

- абсолютную и относительную инструментальную погрешность измерения напряжения на выходе источника с переменным внутренним сопротивлением;
- абсолютную и относительную методическую погрешность измерения напряжения на выходе источника с переменным внутренним сопротивлением;
- поправки к показаниям магнитоэлектрического вольтметра;
- неисправленные и исправленные результаты измерений, полученные с помощью магнитоэлектрического вольтметра;
- предельное значение неисключенной методической погрешности, если ошибка в оценке внутреннего сопротивления источника составляет 1%;
- абсолютную и относительную результирующую погрешность измерения напряжения на выходе источника с переменным внутренним сопротивлением.

Полученные данные запишите в отчет. Сравните результаты измерений, полученные с помощью разных вольтметров, и объясните их. Результаты запишите в отчет.

Постройте, пользуясь средствами MS Excel, график зависимости методической погрешности измерений от отношения выходного сопротивления источника напряжения к входному сопротивлению вольтметра. По экспериментальным данным и расчетным путем определите, при каком значении величины внутреннего сопротивления источника напряжения методическая составляющая погрешности измерений не превышает ее инструментальной составляющей и когда методической погрешностью измерений можно пренебречь.

Сохраните результаты.

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

## **6. Содержание отчёта**

Отчёт должен содержать:

1. Титульный лист.
2. Оглавление.
3. Цель работы.
4. Минимальные теоретические сведения с необходимыми расчётными выражениями (краткое описание методики оценки методической погрешности и поправки).
5. Вид панели виртуальной экспериментальной установки.
6. Результаты экспериментов, расчёты и график зависимости методической погрешности измерений от отношения выходного сопротивления источника напряжения к входному сопротивлению вольтметра (копия рабочего журнала в формате MS Excel).
7. Ответы на контрольные вопросы.
8. Список использованных источников.

## 7. Контрольные вопросы

1. Что такое систематическая погрешность измерений? Дайте классификацию систематических погрешностей.
2. Что такое методическая погрешность измерений? Всегда ли она оказывает влияние на результаты измерений? Когда ее влиянием можно пренебречь?
3. Что такое инструментальная погрешность измерений? Всегда ли она оказывает влияние на результаты измерений? Когда ее влиянием можно пренебречь?
4. Как оценить методическую составляющую погрешности?
5. Что такое поправка к показаниям прибора? Как ее вычислить, как и когда она вносится?
6. Как оценить инструментальную составляющую погрешности?
7. Можно ли устранить инструментальную погрешность, вычисленную по классу точности прибора, введением поправки?
8. В каком случае инструментальная погрешность может быть исключена введением поправки?
9. Как вычислить погрешность измерений, если на результаты одновременно влияют инструментальная и методическая составляющие погрешности?
10. Что следует сделать для того, чтобы влияние методической погрешности на результат измерения было минимальным?

## Литература

1. Метрология и электрические измерения [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.Д. Шабалдин, Г.К. Смолин, В.И. Уткин, А.П. Зарубин; под ред. Е.Д. Шабалдина. - Екатеринбург: Изд-во ГОУ ВПО "Рос. гос. проф.-пед. ун-т", 2006. - 282 с. // Режим доступа - <http://window.edu.ru/resource/511/79511>
2. Аналоговые измерительные устройства [Электронный ресурс] : методические указания / Сост.: В.С. Грубник, Е.А. Ломтев, Д.И. Нефедьев, П.П. Першенков. - Пенза: Пензенский гос. ун-т, 2005. - 50 с. // Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/729/59729>.

## Приложение

## ЛАБОРАТОРНЫЙ ЖУРНАЛ

Лабораторная работа № 1.

## Обработка и представление результатов однократных измерений при наличии систематической погрешности

Таблица 1.						
Измерение постоянного напряжения магнитоэлектрическим вольтметром в диапазоне до 15 (30) В						
Вольтметр: кл. точности __, используемый диапазон измерения; Магазин сопротивлений: кл. точности _____						
Установленное сопротивление магазина, Ом	Показания вольтметра, В	Абсолютная погрешность, мВ		Поправка, мВ	Исправленные показания, В	Результат измерения, В
		инстр.	неискл. метод.			
0						
3						
30						
300						
3000						
30000						

Таблица 2.				
Измерение постоянного напряжения цифровым вольтметром в диапазоне до 15 (30) В				
Вольтметр: кл. точности ____, используемый диапазон измерения ____, Магазин сопротивлений: кл. точности _____				
Сопротивление магазина, Ом	Показания вольтметра, В	Абсолютная погрешность, В	Относительная погрешность, %	Результат измерения, В
0				
3				
30				
300				
3000				
30000				