

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

КАФЕДРА № 6 МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ЭЛЕКТРО - МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ**

Методические указания к выполнению лабораторных работ

Санкт-Петербург

2024

Составители: Т.П. Мишура, К.В. Епифанцев

Рецензент: кандидат технических наук А.В. Чабаненко

В методических указаниях приведено описание лабораторной работы по дисциплинам «Метрология», «Метрология, стандартизация и сертификация», краткие методические указания к ее выполнению, требования к содержанию и оформлению отчета.

Предназначены для студентов основных технических направлений и специальностей университета очной и очно-заочной форм обучения. подготовки по направлениям подготовки 11.03.01 «Радиотехника», 12.03.01 «Приборостроение», 25.05.03 «Техническая эксплуатация радиоэлектронного оборудования аэропортов и воздушных трасс», 23.03.01 «Технология транспортных средств» 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы», 11.03.02. «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» в соответствии с рабочей программой дисциплины «Метрология», 24.05.06 «Системы управления летательными аппаратами» в соответствии с рабочей программой дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация».

Подготовлены к публикации кафедрой «Метрологическое обеспечение инновационных технологий и промышленной безопасности» и рекомендованы к изданию редакционно-издательским советом Санкт-Петербургским государственным университетом аэрокосмического приборостроения.

ВВЕДЕНИЕ

Целью лабораторного практикума является формирование у студентов опыта работы с измерительной аппаратурой.

К выполнению лабораторной работы допускаются студенты после проведения инструктажа по технике безопасности, успешной сдаче зачета по предыдущей работе и при соответствующей предварительной подготовке. Для подготовки к работе необходимо ознакомиться с основными теоретическими сведениями по методике предстоящих измерений и подготовить форму протокола по предстоящей работе. По окончании работы схемы должны быть разобраны, провода собраны в специальные папки, а используемые средства должны быть аккуратно расставлены на столе.

Требования к отчету. Отчет по лабораторной работе должен выполняться в соответствии с установленными требованиями на листе бумаги формата А4. Требования к оформлению студенческих работ доступны на сайте сектора нормативной документации ГУАП: http://guap.ru/guap/standart/prav_main.shtml. Отчет должен иметь титульный лист, протокол исследований и включать следующие разделы:

1. Цель работы и задание.
2. Используемое оборудование.
3. Схемы измерений.
4. Таблицы результатов измерений и расчетов.
5. Расчетные формулы и примеры расчетов.
6. Графики зависимости.
7. Выводы по работе.

Все расчеты и графики необходимо выполнить в удобной вычислительной программе и распечатать. В процессе подготовки к зачету следует обратить внимание на контрольные вопросы, приводимые в конце описания лабораторной работы, и пользоваться библиографическим списком.

1. Общие сведения

Поверкой средств измерений называют определение погрешностей средства и установление его пригодности к применению. В основе поверки методом сличения лежит одновременное измерение одной и той же величины поверяемым прибором и образцовым средством измерений. Соотношение пределов допускаемых основных погрешностей образцовых средств измерений и поверяемых приборов для каждой поверяемой отметки шкалы должно быть не более 1:5 при поверке приборов всех классов точности.

Метрологическая характеристика [1, стр.25-35] – характеристика одного из свойств СИ, влияющая на результат измерений и его погрешность. МХ позволяют судить об их пригодности для измерений в известном диапазоне с известной точностью. МХ, устанавливаемые нормативными документами на СИ, называют *нормируемыми* метрологическими характеристиками, а определяемые экспериментально – *действительными*.

Метрологические характеристики позволяют:

- произвести расчет погрешностей измерений, то есть установить точность измерений до проведения самих измерений;
- обеспечить выбор нужного средства измерений по точности и другим метрологическим характеристикам;
- обеспечить взаимозаменяемость средств измерений;
- определить погрешность системы измерения по метрологическим характеристикам средств измерений, входящих в нее;
- оценить техническое состояние средств измерений при поверке.

Для каждого типа СИ устанавливаются свои МХ [1].

Класс точности [1, стр. 35-38, 2] – это обобщенная характеристика средства измерений, выражаемая пределами допускаемых значений его основной и дополнительной погрешностей, а также другими характеристиками, влияющими на точность. Класс точности не является

непосредственной оценкой точности измерений, выполняемых этим средством измерений, поскольку погрешность зависит еще от ряда факторов: метода измерений, условий измерений и т.д. Класс точности лишь позволяет судить о том, в каких пределах находится погрешность средства измерений данного типа, но не является непосредственным показателем точности измерений, выполняемых с помощью каждого из этих средств. Необходимо отметить, что согласно ГОСТР и стандартам МЭК был составлен сводный перечень классов точности средств измерений в Таблице 1. Примеры по расчету классов точностей приведены в Приложении А.

Таблица 1 - Обозначение классов точности средств измерений

Обозначение класса точности		Форма выражения погрешности	Пределы допускаемой основной погрешности	Примечание
на средстве измерений	в документации			
0,5	Класс точности 0,5%	Приведенная	$\gamma = \pm 0,5\%$	Значение измеряемой величины не отличается от того, что показывает указатель отсчетного устройства, более чем на соответствующее число процентов от верхнего предела измерений
\sphericalangle 0,5	Класс точности 0,5%		$\gamma = \pm 0,5\%$	нормирующее значение принято равным длине шкалы или её части
\odot 0,5	Класс точности 0,5%	Относительная	$\delta = \pm 0,5\%$	$\delta = \Delta / x$, нормирующее значение принято брать в процентах от значения, на которое показывает стрелка прибора
0,02/0,01	Класс точности 0,02/0,01		$\delta = \pm [0,02 + 0,01 \cdot (x_k / x - 1)] \%$	$\delta = \pm [c + d \cdot (x_k / x - 1)]$, где x_k – максимальное значение которое показывает прибор, x – значение на которое указывает стрелка, $c=0,02$, $d=0,01$ (числитель и знаменатель класса точности)
M,N	Класс точности указан в документации		$\delta = \pm a$	Класс точности может быть представлен графической нелинейной зависимостью
4	Класс точности указан в %		$\delta = \pm a$	Значение измеряемой величины соответствует интервалу измерения

Состояние СИ, при котором все нормируемые метрологические характеристики соответствуют установленным требованиям, называется **метрологической исправностью**.

Стабильность средств измерений определяется свойством средств измерений сохранять неизменными во времени значения метрологические характеристики. Она определяет **метрологическую надежность**, которая, в свою очередь, обуславливает надежность средства измерения в целом.

2. Методические указания

Цель работы – ознакомление с аналоговыми электромеханическими приборами и методикой определения некоторых метрологических характеристик средств измерений.

2.1. Задание

1. Ознакомиться с имеющейся на рабочем месте аппаратурой.
2. Определить основную погрешность и вариацию показаний поверяемого вольтметра. Погрешность и вариация определяются для 6 – 8 точек шкалы с обязательным включением в число поверяемых точек всех числовых отметок.
3. Построить графики зависимости абсолютной погрешности прибора от его показаний при его работе на постоянном токе. Определить максимальное значение приведенной основной погрешности прибора для постоянного тока.
4. На основе анализа полученных данных сделать вывод о соответствии основной погрешности и вариации показаниям, определяемым классом точности испытуемого прибора.
5. Выполнить градуировку потенциометра и определить его вариацию.

2.2. Используемое оборудование

1. Измерительный стенд «Исследование основных метрологических характеристик электромеханических измерительных приборов» ИИТ (рис.1).

2. Поверяемый вольтметр ВЗ-10А.

Измерительный стенд ИИТ

Стенд ИИТ состоит из двух частей. Для проведения измерений на вертикальном расположенном стенде (рис.1.) используется только блок питания, который включает источник питания постоянного напряжения с тумблером «сеть», ручки регулировки напряжения «грубо» и «плавно», две пары эталонного вольтметра и амперметра «Вольтметр», гнезда выхода генерируемого напряжения «Выход1», «Выход 2» для подключения горизонтально расположенного стенда (рис.2).

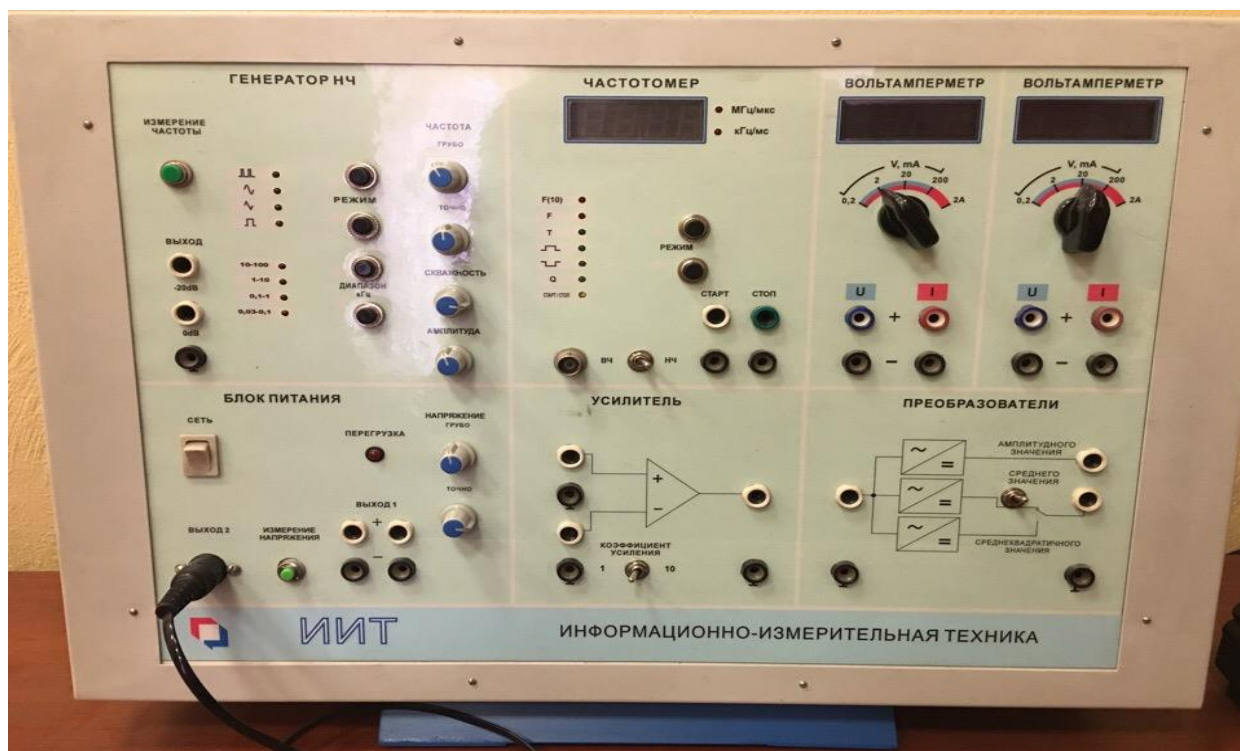


Рис.1- ИИТ (вертикально расположенная часть)



Рис.2- ИИТ (горизонтально расположенная часть)

Горизонтально расположенная часть ИИТ включает измерительную схему для проведения поверки (рис.3).

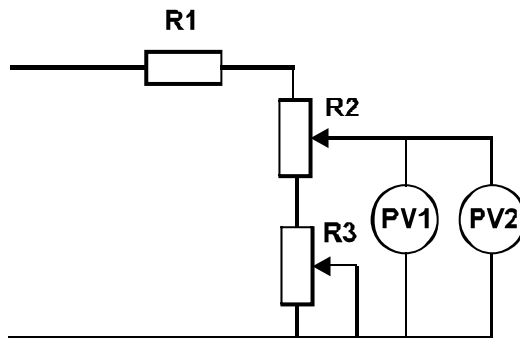


Рис. 3 – Измерительная схема

Здесь $R1$ – резистор с номинальным значением сопротивления 1 кОм; $R2$ – потенциометр с пределами изменения сопротивления от 0...10 кОм; $R3$ – потенциометр с пределами изменения сопротивления от 0...1 кОм; $PV1$ – эталонный вольтметр; $PV2$ – проверяемый вольтметр.

Поверяемый вольтметр ВЗ-10А

В качестве поверяемого вольтметра используется вольтметр переменного тока ВЗ-10А (рис. 4) [3].



Рис. 4 – Вольтметр ВЗ-10А

- Имеет 6 поддиапазонов измерения:

- от 0,05 В до 0,3 В;

- от 0,2 В до 1,5 В;

- от 0,4 В до 3 В;

- от 2 В до 15 В;

- от 8 В до 60 В;

- от 40 В до 300 В.

- Диапазоны частот:

- номинальный: 50 Гц - 10 кГц;

- расширенный: 10 кГц - 20 кГц.

- Входное

сопротивление: 20 кОм.

- Потребляемая

мощность: 5 мВт.

- Габаритные

размеры: 160×120×115 мм.

- Масса прибора: 2 кг.

3. Порядок выполнения лабораторной работы

3.1. Поверка вольтметра

1. Собрать схему (рис. 5): подключить

- выход источника питания «Выход 1» ко входным клеммам измеряемой цепи.

- V_1 (эталон) и V_2 (поверяемый вольтметр типа ВЗ-10А) к выходу измеряемой цепи.

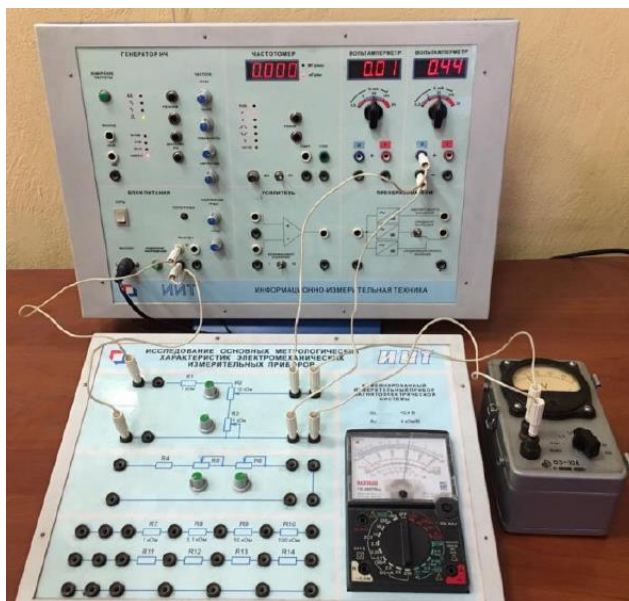


Рис. 5 – Схема установки

2. С помощью регулировки выходного напряжения источника питания «грубо» и «плавно» установить на эталонном вольтметре максимально возможное значение напряжения.

3. На стенде поставить потенциометр R_3 в крайнее левое положение, что соответствует его минимальному значению.

4. Для всех поверяемых (оцифрованных) отметок ВЗ-10А по образцовому вольтметру необходимо определить действительные значения измеряемой величины V_1 . Для этого, меняя положение потенциометра R_2 от крайнего левого (минимального значения сопротивления) до крайнего правого (максимального), т.е. в сторону увеличения значений сопротивления, выставить на шкале поверяемого вольтметра $V_2\uparrow$ (ВЗ-10А) все возможные оцифрованные значения напряжения (n – число поверяемых точек на каждом диапазоне) на каждом из трех диапазонов (0...1,5) В, (0...3) В и (0...15) В. Одновременно для каждого оцифрованного значения $V_2\uparrow$ измерить значения напряжения образцовым вольтметром $V_1\uparrow$ и, отключив V_2 и подключив

амперметр на стенде, снять показания силы тока I . Занести результаты наблюдений в табл.1.

5. Меняя положение потенциометра $R_2 \downarrow$ от крайнего правого (максимального) до крайнего левого (минимального) измерения, т.е. в сторону уменьшения значений сопротивления, устанавливать последовательно те же значения на поверяемом вольтметре, что и в п.4 $V_1 \uparrow = V_1 \downarrow$ в соответствии с табл. 2, фиксируя при этом показания на $V_2 \downarrow$ и силу тока на амперметре $I \downarrow$. Внести данные наблюдений в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты измерения

№ п/п	Диапазон измерения поверяемого вольтметра $V_2, В$	Все возможные оцифрованные значения при увеличении $V_2 \uparrow$, дел, а затем те же значения при уменьшении $V_2 \downarrow = V_2 \uparrow$	Все возможные оцифрованные значения при увеличении $V_2 \uparrow$, В, а затем те же значения при уменьшении $V_2 \downarrow = V_2 \uparrow$	Значения эталонного вольтметра $V_1 \uparrow$, В при увеличении $V_2 \uparrow$	Значения эталонного вольтметра $V_1 \downarrow$, В при уменьшении $V_2 \downarrow$	Значения эталонного амперметра $I \uparrow$, мА при увеличении $V_2 \uparrow$	Значения эталонного амперметра $I \downarrow$, мА при уменьшении $V_2 \downarrow$
1	0...1,5						
2	0...1,5						
...	0...1,5						
n	0...1,5						
1	0...3						
2	0...3						
...	0...3						
n	0...3						
1	0...15						
2	0...15						
..	0...15						
n	0...15						

3.2. Градуировка потенциометра

Снять зависимость напряжения эталонного вольтметра и тока амперметра (V_1 и I) от положения потенциометра R_2 , устанавливая указатель R_2 на заданные отметки шкалы от 1 до 9 (рис. 6). Заполнить таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты измерения

R_3	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$V_1, В$									
$I, мА$									

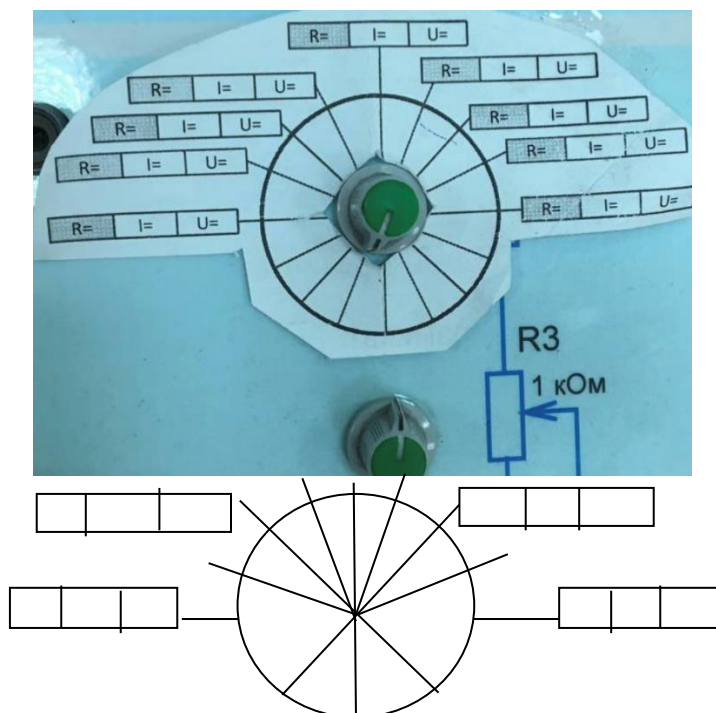


Рис.6 – Шкала потенциометра (бумажный шаблон необходимо наклеить на стенд ИИТ-3 и провести градуировку, т.е. разработать шкалу для прибора; шаблон должен быть разбит на равные секторы на круге)

4. Расчетная часть

4.1. Расчет абсолютной погрешности поверяемого вольтметра.

Рассчитать абсолютную погрешность вольтметра ВЗ-10А для всех поверяемых точек в сторону увеличения напряжения, а затем в сторону уменьшения как разность между действительным напряжением V_1 и показанием поверяемого вольтметра V_2 .

$$\Delta V_2 \uparrow = V_1 \uparrow - V_2 \uparrow,$$

$$\Delta V_2 \downarrow = V_1 \downarrow - V_2 \downarrow,$$

где $V_2 \uparrow = V_2 \downarrow$ – показание поверяемого прибора; $V_1 \uparrow$ – показание образцового средства измерений (эталонного вольтметра) при увеличении показаний; $V_1 \downarrow$ – показание образцового средства измерений при уменьшении показаний. Полученные значения занести в табл.3. При расчете приведенной погрешности брать максимальное значение абсолютной погрешности поверяемого вольтметра ΔV_{2max} . Рассчитать вариацию поверяемого вольтметра и вариацию потенциометра (п.4.3 и п.4.4.)

Таблица 3. Результаты расчетов погрешности и вариации.

№ п/п	Диапазон измерения поверяемого вольтметра $V_2, В$	$\Delta V_2 \uparrow = V_1 \uparrow - V_2 \uparrow$	$\Delta V_2 \downarrow = V_1 \downarrow - V_2 \downarrow$	$\gamma = \frac{\Delta V_{2max}}{V_N} 100, \%$	$\epsilon = \frac{ V_1 \uparrow - V_1 \downarrow }{V_N} 100, \%$	$R_2 \uparrow = \frac{V_1 \uparrow}{I \uparrow}$	$R_2 \downarrow = \frac{V_1 \downarrow}{I \downarrow}$	$\epsilon R_2 = R_2 \uparrow - R_2 \downarrow$
1	0...1,5							
2	0...1,5							
...	0...1,5							
n	0...1,5							
1	0...3							
2	0...3							
...	0...3							
n	0...3							
1	0...15							

2	0...15							
..	0...15							
n	0...15							

Построить графики зависимости абсолютной погрешности для поверяемого вольтметра ВЗ-10А при изменении напряжения в сторону возрастания напряжения $\Delta V_2 \uparrow$ и убывания $\Delta V_2 \downarrow$ от напряжения для каждой поверяемой точки.

Проанализировать графики и определить максимальную абсолютную погрешность ΔV_{2max} для каждого поверяемого диапазона.

4.2. Расчет приведенной погрешности вольтметра ВЗ-10А

Приведенная погрешность рассчитывается исходя из максимальной абсолютной погрешности для каждого поверяемого диапазона

$$\gamma = \frac{\Delta V_{2max}}{V_N} 100, \%,$$

где ΔV_{2max} - максимальная абсолютная погрешность для каждого поверяемого диапазона, V_N – предел шкалы каждого диапазона поверяемого вольтметра. Поскольку стрелочный вольтметр ВЗ-10А относится к средствам измерения с преобладающими аддитивными погрешностями, класс точности задается в виде числа К [1, стр.35-37]. При этом нормируется основная приведенная погрешность, выраженная в процентах, которая во всех точках шкалы каждого диапазона не должна превышать по модулю числа К, т.е. $|\gamma| \leq K, \%$. Из трех рассчитанных значений приведенной погрешности необходимо выбрать максимальное значение, которое и будет определять класс точности, рассчитанный по данным эксперимента.

Заданный класс точности поверяемого вольтметра указан на шкале прибора. Необходимо для каждого диапазона измерений сравнить погрешность, полученную экспериментально, с предельно допускаемой погрешностью, заданной классом точности прибора (Прил. А). Оценить метрологическую исправность средства измерений.

4.3. Расчет вариации вольтметра

На каждой поверяемой отметке шкалы вариацию определяют, как абсолютное значение разности действительных значений измеряемой величины при одном и том же показании поверяемого вольтметра, полученном при плавном подводе указателя сначала со стороны меньших, а затем со стороны больших значений.

$$\epsilon = \frac{|V_1 \uparrow - V_1 \downarrow|}{V_N} 100, \%$$

Оценить максимальное значение вариации на каждом диапазоне.

Расчетные данные занести в табл.3.

4.4. Расчет сопротивления потенциометра и его вариации

По данным табл.1 рассчитать значения сопротивления потенциометра R_2 при увеличении его значений $R_2 \uparrow$ и при уменьшении $R_2 \downarrow$ по формулам

$$R_2 \uparrow = \frac{V_1 \uparrow}{I \uparrow},$$

$$R_2 \downarrow = \frac{V_1 \downarrow}{I \downarrow}.$$

Полученные данные занести в табл.3.

Рассчитать вариацию для потенциометра R_2 как разность между расчетными значениями сопротивления при увеличении сопротивления и уменьшения

$$\delta R_2 = R_2 \uparrow - R_2 \downarrow.$$

Расчетные данные занести в табл.3.

4.5. Выполнить градуировку потенциометра

По экспериментальным данным табл.2 рассчитать значение сопротивления потенциометра R_2 для каждого из девяти положений указателя потенциометра.

Результаты расчетов занести в табл.4 и нанести на шкалу потенциометра (рис.6).

Таблица 4 – Результаты расчета для градуировки потенциометра

Положение указателя R_2									
R_2 , кОм									

5. Выводы по работе

Сделать выводы по каждому пункту задания в лабораторной работе.

Вопросы для самопроверки

1. Как установить соответствие прибора требованиям того или иного класса точности?
2. Какие метрологические характеристики Вы знаете? Какие метрологические характеристики исследуются в работе?
3. Дайте определение понятию «Поверка», «градуировка».
4. Что такое вариация показаний прибора и как ее можно определить?

5. Какие обозначения наносят на шкалы прибора?
6. Что такое чувствительность прибора?
7. Какие требования по точности предъявляют к образцовому прибору?
8. Что такое абсолютная, относительная и приведенная погрешности?
9. Что такое дополнительная погрешность прибора? Как определяют дополнительную погрешность?
10. Что такое класс точности прибора?
11. В каких случаях средство измерений нельзя признать метрологически исправным?
12. Что понимается под выражением «Метрологический отказ»?
13. Какие действия предпринимаются для продления ресурса средства измерения, если оно признано метрологически неисправным?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мишура Т. П., Епифанцев К. В. Метрология и радиоизмерения: учеб.-метод. пособие / СПб.: ГУАП, 2020. – 78 с. – Библиогр.: с. 77 (7 назв.). – Б. ц. – Текст: непосредственный. http://lib.aanet.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=418.
2. ГОСТ 8.401-80 Государственная система обеспечения единства измерений. Классы точности средств измерений. Общие требования. Электронный ресурс <http://www.vashdom.ru/gost/8.401-80/> (дата обращения 20.02.24).
3. В3-10А Вольтметр. Электронный ресурс <https://izmeritelnyepribory.ru/view/voltmetryi/v3-10a.html> (дата обращения 25.02.24)

Примеры по расчету классов точностей

Пример 1. Провести расчет погрешности согласно рис. А1

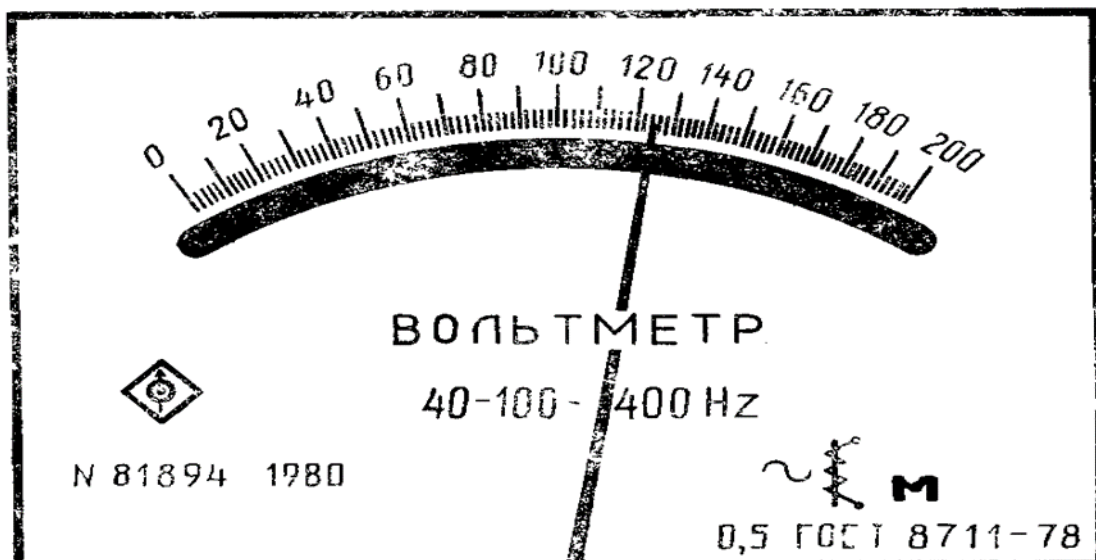


Рисунок А1 – Пример показания вольтметра

Решение

Верхняя граница: 200 В.

Погрешность прибора: $1\text{В}=200\cdot 0,5\%$, диапазон значения от 123 до 125 Вольт.

Пример 2. Провести расчет погрешности согласно рис.А2

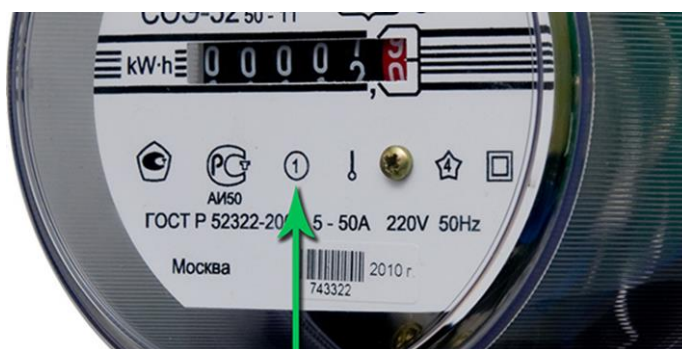


Рисунок А2 – Пример показания счетчика расхода электрической энергии

Решение.

Класс точности 1% от 2 кВт·ч= 0,02 кВт·ч

Пример 3. Провести расчет погрешности согласно рис. А3.

Указатель отсчетного устройства ампервольтметра класса точности 0,02/0,01 показывает значение - 25 А. Чему равна измеряемая сила тока?

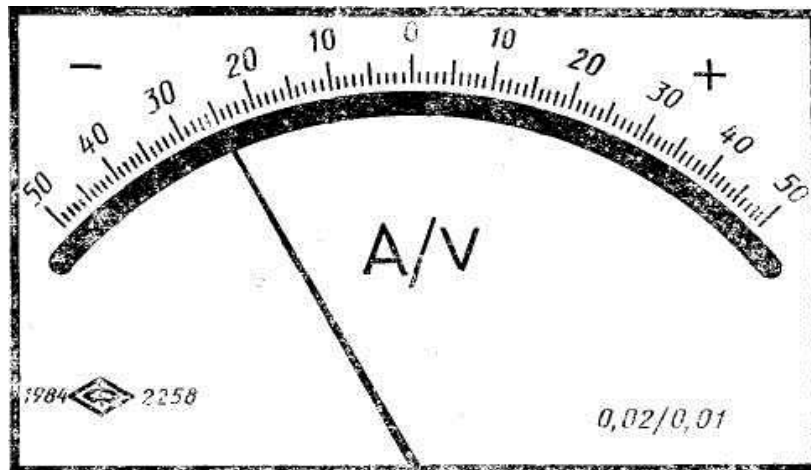


Рисунок А3 – Пример показания ампервольтметра

Решение.

$\delta = \pm[0,02 + 0,01 \cdot (|50 / -25| - 1)] \% = 0,03\%$. Итак, интервал действительного измерения будет взят от показанного значения $24,992 \leq I \leq 25,008$ (А).

Пример 4.

Провести расчет согласно рис.4



Рисунок 4 - Пример вольтметра ВЗ-10А

Решение.

Класс точности прибора представлен в виде «4 с галочкой», следовательно, нужно посмотреть на переключатель диапазонов. На фото он показывает 0,3, это значит, что вся шкала прибора не 30 Вольт, а 0,3В. При показании стрелки 4% нужно взять от значения 0,3 – оно будет применимо как $\pm 0,012$ на любом показании. Если переключатель будет повернут на другой диапазон, то и погрешность изменится – предельное показание шкалы увеличится или уменьшится

Обозначения условные графические (УГО) на электроизмерительных приборах

Каждый электроизмерительный прибор имеет установленные ГОСТом обозначения, которые наносят на корпус, шкалу и у клемм.

Обозначение измеряемой величины. Его указывают обычно на шкале в виде единиц измерения, в которых градуирован прибор. Например, mA (мА), μV (мкВ) и т.д. По наименованию единицы измеряемой величины дается наименование прибора. Высокочувствительные приборы, не имеющие стандартной градуировки, называются гальванометрами.

Класс точности. Класс точности указывают в виде числа, которое наносят на шкалу прибора (например, 0,5).

Род и частота тока. Приборы для измерения тока в цепях имеют на шкале следующие обозначения: при постоянном токе —, переменном \sim , постоянном и переменном \approx . Приборы переменного тока, работающие на частотах, отличающихся от 50 Гц, имеют обозначение, например 500 Hz; приборы, пригодные к работе в некотором диапазоне частот, имеют обозначение, например, 45- 550 Hz

Рабочее положение прибора и испытательное напряжение изоляции. Если отклонение рабочего положения прибора достигает допустимого угла, то дополнительная погрешность не превышает величины класса точности данного прибора. Допустимый угол наклона составляет для приборов: обыкновенных и с повышенной механической прочностью - 10° ; для переносных класса точности 0,5-1,0 - 20° , а класса точности 1,5-4,0 - 30° .

Рабочее положение прибора указывается на шкале: — горизонтальное положение; \perp - вертикальное; $\angle 40^\circ$ - наклонное положение (угол наклона 40° к горизонту).

Испытательное напряжение изоляции - это напряжение, которое может быть приложено между токоведущими частями и любой металлической деталью, касающейся корпуса прибора. На старых типах приборов испытательное напряжение изоляции обозначается $\sphericalangle 2$ кВ,

на новых 



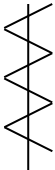
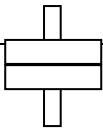
Температуро- и влагуостойчивость. Приборы градуируют при температуре 20° к относительной влажности до 80 %, однако они могут эксплуатироваться и при других


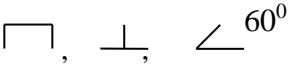

температурах. По диапазону рабочих температур электроизмерительные приборы делят на пять групп: 1) группа А (на шкале значок А не ставится) - +10...+35 °С, относительная влажность до 80 %; 2) группа Б (значок Б указывается на шкале) - -30 ...+40 °С, относительная влажность до 90 %; 3) группа В₁ - -40. ..+50 °С, относительная влажность до 95 %; 4) группа В₂ - -50...+60 °С, относительная влажность до 95%; 5) группа В₃ - -50...+80 °С, относительная влажность до 98 %. Отклонение температуры окружающего прибор воздуха от нормального (или от обозначенной на приборе) вызывает температурную погрешность, которая может достигать значительной величины.

Устойчивость к механическим воздействиям и степень герметичности корпуса: обыкновенный (без обозначения), обыкновенный с повышенной прочностью (обозначение - ОП), тряско прочный (ТП), вибропрочный (ВП), к тряске нечувствительный (ТН), к вибрация нечувствительный (ВН), ударно-прочный (УП), брызгозащищенный (Бз), водозащищенный (Вз), герметический (Гм), газозащищенный (Гэ), пылезащищенный (Пз), взрывобезопасный (Вб).

Перечень всех условных обозначений, наносимых на электроизмерительные приборы, приведен в ГОСТе 23217-78 "Приборы электроизмерительные аналоговые с непосредственным отсчетом. Наносимые условные обозначения".

Таблица Б1- Расшифровка условных обозначений

Обозначение	Расшифровка
1,5	Класс точности 1,5
—	Постоянный ток
~	Переменный (однофазный) ток
~	Постоянный и переменный токи
	Трехфазный ток
	Прибор магнитоэлектрической системы
	Прибор электромагнитной системы
	Прибор электродинамической системы

	Прибор индукционной системы
	Прибор устанавливается горизонтально, вертикально, под углом 60°
	Изоляция прибора испытана при напряжении 3 кВ

На схемах и лицевой панели прибора род измеряемой величины указывается с помощью условных обозначений (табл. Б2)

Таблица Б2 – Условные обозначения

Наименование прибора	Условное обозначение
Амперметр	A
Вольтметр	B
Ваттметр	W
Варметр	var
Омметр	Ω
Гальванометр	Г
Счетчик ватт-часов	Wh

Основная информация, которую можно получить о приборе по его шкале

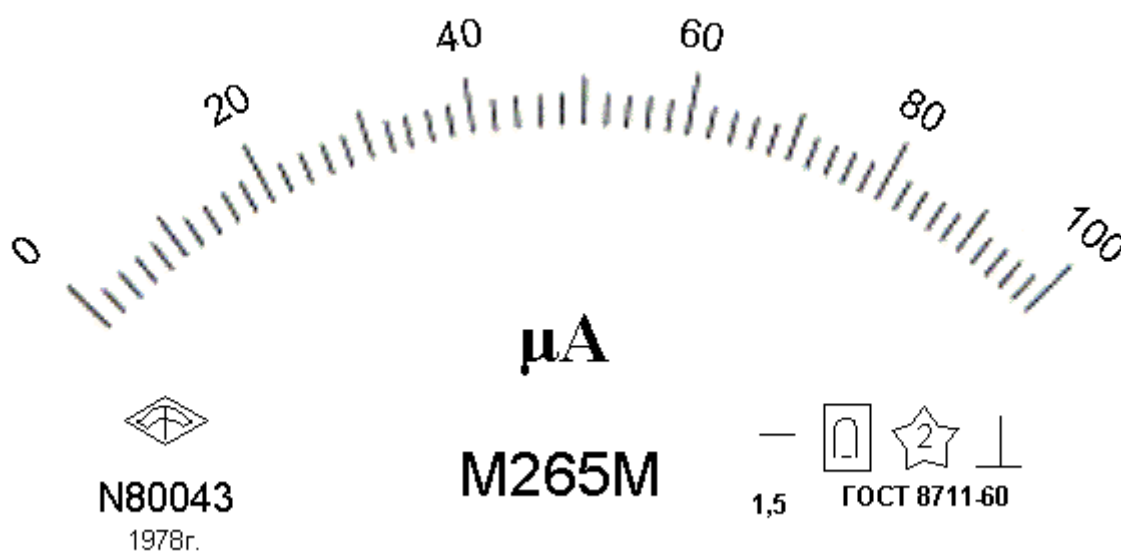




Рис. Б1 - Шкала измерительного прибора

1. Знак μA означает, что данный прибор является микроамперметром.
2. Максимальное значение шкалы равно 100. Это означает, что предел измерения данного прибора 100 мкА.
3. Определить цену деления можно, разделив номинальное (максимальное) значение шкалы (100 мкА) на количество делений шкалы (50): $C = 100 \text{ мкА} / 50 = 2 \text{ мкА/дел}$.
4. Знак « \leftarrow » означает, что прибор предназначен для работы на постоянном токе.
5. Знак  означает, что измерительный механизм прибора имеет магнитоэлектрическую систему.
6. Знак  означает, что изоляция прибора испытана напряжением 2000 В.
7. Число «1,5» определяет класс прибора. То есть относительная погрешность прибора составляет 1,5 %. Прибор относится к классу технических приборов.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3

1. Общие сведения 4
2. Методические указания 6
3. Порядок выполнения лабораторной работы 8
4. Расчетная часть 13
5. Выводы по работе 16

Вопросы для самопроверки 16

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 17

Приложение А Примеры по расчету классов точностей 19

Приложение Б. Обозначения условные графические (УГО) на электроизмерительных приборах 22

