

## ЭЛЕКТРОТЕХНИКА и ЭЛЕКТРОНИКА

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. ПОВЕРКА ВОЛЬТМЕТРА

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ. Ознакомиться с методикой поверки вольтметров методом сличения.

#### 2. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Поверка средств измерений – совокупность операций, выполняемых органами Государственной метрологической службы или другими уполномоченными на то органами и организациями с целью определения и подтверждения соответствия средств измерения установленным техническим требованиям.

В соответствии с законом «Об обеспечении единства измерений» средства измерения, которые подлежат государственному контролю и надзору, поверяются, если они только что произведены, отремонтированы, если они ввезены по импорту и эксплуатируются. Продажа и выдача на прокат измерительных приборов разрешается только после поверки. Госстандарт РФ утвердил ряд документов по поверке: «Поверка средств измерений. Организация и порядок проведения», «Порядок аттестации поверителей средств измерений», «Поверительные клейма». Поверку средств измерений осуществляют органы государственной метрологической службы (ГСМ), государственные научные метрологические центры (ГНМЦ), а также аккредитованные метрологические службы юридических лиц.

Поверку может проводить оператор, который аттестован в качестве поверителя. Поверка проводится на соответствие прибора нормативным документам, и проведение самой поверки также описано в нормативных документах. Если средство измерения по результатам поверки признано пригодным к применению, то на него и (или) техническую документацию наносится оттиск поверительного клейма и (или) выдаётся «Свидетельство о поверке». Если по результатам поверки средство измерения признано непригодным к применению, оттиск поверительного клейма и (или) «Свидетельство о поверке» аннулируется и выписывается «Извещение о непригодности» или делается соответствующая запись в технической документации.

В соответствии с ПР 50.2.006-94 средства измерений подвергают следующим видам поверок: первичной, периодической, внеочередной, инспекционной, экспертной.

Первичной поверке подвергаются все средства измерений выпускаемые из производства или ремонта, а также поступающие из-за рубежа (за исключением средств измерений, поступающих из стран, с которыми имеются соглашения о взаимном признании результатов испытаний и поверок).

Периодическая поверка – поверка, производимая при эксплуатации или хранении средства измерений через определённые промежутки времени. Эти промежутки времени – межповерочные интервалы – должны устанавливаться с расчётом обеспечения метрологической исправности средств измерений в период между поверками.

Внеочередная поверка – поверка средств измерений, производимая до наступления срока очередной периодической поверки. Внеочередная поверка производится обязательно в следующих случаях:

когда необходимо удостовериться в исправности средства измерений;

когда средство измерений устанавливается в качестве комплектующего изделия после истечения половины межповерочного интервала;

при повреждении поверительного клейма, пломбы и утрате документов, подтверждающих прохождение средством измерений периодической поверки;

при вводе в эксплуатацию после хранения, в течение которого не могла быть проведена периодическая поверка в связи с требованиями к консервации средств измерений;

при передаче средства измерений на длительное хранение и переконсервации его в процессе хранения;

при отправке потребителю средства измерений, не реализованного предприятием-изготовителем по истечении половины межповерочного интервала;

перед вводом в эксплуатацию средства измерений, взятого со склада после хранения.

Инспекционной называется поверка средств измерений, производимая при осуществлении Государственного надзора или ведомственного контроля. Она выполняется с целью проверки исправности средств измерений, выпускаемых из производства или ремонта и находящихся в обращении.

Экспертную поверку проводят при возникновении спорных вопросов по поводу исправности средств измерений, их пригодности к применению, соответствия требованиям метрологических характеристик.

В зависимости от того, кем выполняется поверка, различают государственную и ведомственную поверку средств измерений.

Государственную поверку осуществляют территориальные органы Госстандарта: метрологические институты, центры стандартизации и метрологии, лаборатории Госнадзора за стандартами и измерительной техникой. Обязательной государственной поверке подлежат средства измерений, играющие особенно важную роль в обеспечении единства измерений в стране, служащие для целей материального учёта, охраны и некоторые другие. К ним относятся следующие средства измерений:

применяемые в органах государственной метрологической службы;

применяемые в органах ведомственных метрологических служб в качестве исходных образцовых средств измерений (к исходным образцовым средствам измерений относятся образцовые меры или образцовые приборы, соответствующие высшей ступени локальной поверочной схемы метрологической службы предприятия, т.е. средства измерений поверочной схемы метрологической службы предприятия, т.е. средства измерений высшей точности для данного предприятия);

выпускаемые из производства в качестве образцовых средств измерений согласно их прямому назначению или по условиям заказа, полученного предприятием-изготовителем;

предназначенные для применения и применяемые в качестве рабочих средств для измерений, связанных с учетом материальных ценностей, топлива и энергии, взаимными расчётами и торговлей, для защиты природной среды, обеспечения безопасности труда;

применяемые для измерений, связанных с регистрацией официальных спортивных национальных и международных рекордов.

Все остальные средства измерений подлежат ведомственной поверке, т.е. должны поверяться метрологической службой предприятия, на котором они используются. Если на предприятии отсутствует метрологическая служба или ей не предоставлено право поверки, то средства измерений, принадлежащие предприятию, поверяются в органах государственной метрологической службы или ведомственными метрологическими службами других предприятий, которым предоставлено право поверки данных средств измерений.

Поверка средств измерений производится в соответствии с требованиями нормативно-технических документов. Для средств измерений, предназначенных для общего применения, такими документами являются государственные стандарты или методические указания Госстандарта по поверке.

Государственный стандарт методики поверки разрабатывается для групп однотипных средств измерений при условии, что имеется Государственный стандарт технических требований (технических условий) на эти средства измерений и обеспечен серийный выпуск средств поверки. Методические указания Госстандарта по поверке разрабатывают для средств измерений, выпускаемых серийно или импортируемых партиями и обеспеченных средствами поверки. На новые средства измерений, представляемые на государственные приёмочные испытания, разрабатывают методические указания метрологических институтов по поверке, которые после апробирования в органах государственной и ведомственной метрологических служб могут

служить основой для разработки государственных стандартов или метрологических указаний Госстандарта по поверке.

Для обеспечения ведомственной поверки средств измерений разового выпуска, нестандартизованных, имеющих узкоотраслевое назначение, при отсутствии соответствующих государственных стандартов и методических указаний Госстандарта разработчики этих средств измерений должны составлять методические указания по поверке. Эти указания утверждаются главным метрологом предприятия.

Периодическая поверка комбинированных и многодиапазонных средств измерений, постоянно используемых только для измерения одной физической величины или не на всех диапазонах, по решению главного метролога предприятия, может проводиться лишь на используемых диапазонах. В этих случаях на средство измерений должна наноситься надпись, определяющая область применения. Такая же запись должна быть сделана в паспорте и свидетельстве о поверке. Не подлежат поверке средства измерений, служащие лишь для качественной оценки изменений физических величин без оценки их с нормированной точностью, т.е. индикаторы, а также средства измерений, применяемые в учебных целях. Контроль за их исправностью осуществляется ведомственными службами. На такие средства измерений наносится отчетливо видимое обозначение «И» (индикатор) или «У» (учебный).

К метрологическим характеристикам средств измерений относят те, которые оказывают влияние на результаты и погрешности измерений:

градуировочные характеристики, определяющие зависимость выходного сигнала от входного; номинальное значение меры; пределы измерения; цена деления шкалы; вид и параметры цифрового кода;

динамические характеристики, отражающие инерционные свойства средств измерений и позволяющие оценить динамические погрешности;

инструментальные составляющие погрешности измерения;

функции влияния, отражающие зависимость метрологических характеристик средств измерений от воздействия влияющих величин или неинформативных параметров (напряжение, частота сети и т.д.).

Для обеспечения единства измерений и взаимозаменяемости средств измерений их метрологические характеристики нормируют. Для этого используют нормированное значение погрешности, под которой понимается погрешность, являющаяся предельной для данного типа средств измерения.

Метрологические характеристики нормируют для нормальных условий эксплуатации средств измерений. Нормальными считают условия, при которых изменением метрологических характеристик под воздействием влияющих величин пренебречь. Для многих средств измерений нормальными условиями являются:

температура окружающего воздуха:

(20+2) °C – для классов точности 0,05-0,5;

(20+5) °C – для классов точности 1,0-5,0;

относительная влажность воздуха (30-80) %;

атмосферное давление (100+6) кПа;

напряжение питающей сети 220±4,4 В;

частота сети 50±0,5 Гц;

Поверяемые приборы должны быть подготовлены в соответствии с нормативно-технической документацией (НТД), без взаимозаменяемых вспомогательных частей.

Показания приборов отсчитываются в направлении, перпендикулярном к шкале.

Приборы постоянного и переменного тока поверяют на том роде тока, для которого они отградуированы.

Многодиапазонные приборы допускается поверять на всех числовых отметках шкалы лишь на одном диапазоне измерений, на остальных диапазонах достаточно проводить поверку на двух

отметках шкалы: на числовой отметке, соответствующей нормирующему значению шкалы, и числовой отметке, на которой получена максимальная погрешность на полностью проверяемом диапазоне измерений.

Приборы с несколькими шкалами или приборы, измеряющие несколько величин, должны быть проверены на каждой шкале и по каждой измеряемой величине отдельно.

Приборы с двусторонней шкалой поверяют на всех числовых отметках левой и правой шкалы.

Перед поверкой приборы должны быть выдержаны при нормальной температуре в течение 8 часов.

Важной метрологической характеристикой является погрешность средств измерения - инструментальная погрешность измерения.

Инструментальную погрешность в нормальной области значений влияющих величин называют основной. Превышение значения влияющей величины за пределы нормальной области значений может привести к возникновению составляющей инструментальной погрешности, называемой дополнительной.

Для средств измерений основная и дополнительная погрешности нормируются отдельно. Пределы допускаемых дополнительных погрешностей устанавливают в виде долевого значения предела допускаемой основной погрешности. Для оценки дополнительных погрешностей в документации на средство измерения указывают нормы изменения показаний при выходе условий за пределы нормальных.

Информация о возможной инструментальной составляющей погрешности измерения содержится в указании класса точности средства измерения.

Класс точности – обобщённая характеристика средства измерения, определяемая пределами допускаемых основных и дополнительных погрешностей, а также другими свойствами средств измерений, влияющими на точность, значения которых устанавливают в соответствующих стандартах.

Классы точности присваивают средствам измерений при разработке на основании исследований и испытаний представительной партии таких устройств. Обычно их устанавливают в технических условиях на средство измерения. Пределы допускаемых погрешностей нормируют и выражают в форме абсолютной ( $\Delta$ ), относительной ( $\delta$ ) или приведённой ( $\gamma$ ) погрешностей. Форма выражения зависит от характера изменения погрешностей в пределах диапазона измерений, а также от условий применения и назначения средства измерения.

Пределы допускаемой основной погрешности средства измерений

Максимальная основная погрешность измерительного прибора, при которой он разрешён к применению, называют пределом допускаемой основной погрешности.

Пределы допускаемой абсолютной основной погрешности устанавливают по одной из формул:

$$\Delta = \pm a; \quad (1)$$

$$\Delta = \pm(a + bx), \quad (2)$$

где  $x$  – значение измеряемой величины;

$a, b$  – положительные числа.

Формула (1) описывает аддитивную составляющую погрешности. Нормирование в соответствии с (2) означает, что в составе погрешности средства измерения присутствует сумма аддитивной и мультипликативной составляющих. В соотношениях (1) и (2) значения  $\Delta$  и  $x$  выражают либо в единицах измеряемой величины, либо в делениях шкалы прибора. Тогда класс точности обозначают заглавными латинскими буквами (L, M, C), или римскими цифрами (I, II, III), к буквам можно присоединить индексы в виде арабской цифры.

Пределы допускаемой приведённой основной погрешности определяют как:

$$\gamma = \frac{\Delta}{X_N} 100\% = \pm p. \quad (3)$$

Здесь  $X_N$  – нормирующее значение, выраженное в единицах абсолютной погрешности  $\Delta$ ;  
 $p$  – отвлечённое положительное число, выбираемое из ряда предпочтительных чисел:

$$1 \cdot 10^n; 1.5 \cdot 10^n; 2 \cdot 10^n; 2.5 \cdot 10^n; 4 \cdot 10^n; 5 \cdot 10^n; 6 \cdot 10^n, \quad (4)$$

где  $n=1,0,-1,-2$  и т.д.

Для приборов с равномерной шкалой  $X_N$  принимают равным большему из пределов измерений или большему из модулей, если нулевая метка находится на краю диапазона измерений; сумме модулей пределов измерений, если нулевое значение находится внутри диапазона измерения.

Пределы допускаемой относительной основной погрешности:

$$\delta = \frac{\Delta}{x} 100\% = \pm q, \quad (5)$$

Если погрешность задана формулой (1), т.е.  $\Delta = \pm a$ . Здесь  $q$  – отвлечённое положительное число, выбираемое из ряда предпочтительных чисел в (4).

Когда допускаемая абсолютная основная погрешность задана формулой (2), пределы допускаемой относительной основной погрешности равны

$$\Delta = \frac{\Delta}{x} 100\% = \pm c + d \left| \frac{X_K}{x} \right| - 1, \quad (6)$$

где  $c$  – суммарная относительная погрешность прибора;

$d$  – аддитивная относительная погрешность прибора;

$X_K$  – конечное значение диапазона измерений;

$c, d$  – отвлечённые положительные числа, выбираемые из ряда предпочтительных чисел в (4).

Числа  $a, b, c, d$  в (2) и (6) связаны между собой как

$$c = b + d; d = \frac{a}{|X_K|}, \quad (7)$$

причём всегда  $c > d$ .

Классы точности приборов, пределы допускаемой относительной основной погрешности которых выражают в виде дольного значения предела допускаемой основной погрешности, т.е. по формуле (6), обозначают числами  $c$  и  $d$ , разделяя их косой чертой.

Пределы допускаемой дополнительной погрешности

Предел допускаемой абсолютной дополнительной погрешности средства измерения может указываться в виде:

постоянного значения для всей рабочей области влияющей величины;

отношения предела допускаемой дополнительной погрешности, соответствующего предписанному интервалу влияющей величины, к этому интервалу;

зависимости предела допускаемой абсолютной дополнительной погрешности от влияющей величины.

Правила и примеры обозначения классов точности средств измерений даны в табл. 1.

Таблица 1

| Формула выражения основной погрешности                     | Пределы допускаемой основной погрешности | Обозначение класса точности |            |
|------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------|------------|
|                                                            |                                          | в документации              | на приборе |
| Абсолютная<br>$\Delta = \pm a$ ;<br>$\Delta = \pm(a + bx)$ | $\pm a$ ;<br>$\pm(a + bx)$               | L<br>M                      | L<br>M     |

|                                                                                                        |                            |                   |                                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| Приведённая<br>$\gamma = \frac{\Delta}{X_N} 100\% = \pm p$                                             | $\gamma = \pm 1,5$         | 1,5               | 1,5                                                                                     |
| Относительная<br>$\delta = \frac{\Delta}{x} 100\% = \pm q$                                             | $\delta = \pm 0,5$         | 0,5               | 0,5  |
| Относительная<br>$\Delta = \frac{\Delta}{x} 100\% =$<br>$= \pm c + d \left  \frac{X_K}{x} \right  - 1$ | $\delta = \pm 0,02 / 0,01$ | $c/d = 0,02/0,01$ | 0,02 / 0,01                                                                             |

### 3. ЗАДАНИЕ

- 3.1. Проверить условия, при которых будет проводиться поверка.
- 3.2. Ознакомиться с принципами выбора метода поверки.
- 3.3. Изучить схему метода по которому будет проводиться поверка.
- 3.4. Поверить вольтметр.

### 4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЯ И ОБРАБОТКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА

#### 4.1. Операции проводимые при поверке

##### 4.1.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре должно быть установлено: отсутствие внешних повреждений и повреждения покрытия шкалы; четкость всех надписей по ГОСТ 8711-78 и ГОСТ 8476-78; дефекты не допустимы.

На всех приборах, находящихся в эксплуатации, должны быть обязательно указаны: класс точности прибора; заводской номер; наименование прибора или сокращенное обозначение измеряемой величины; предел измерения; условное обозначение рода тока; номинальная частота, если она отличается от 50 Гц, или номинальная область частот (для приборов переменного тока). Кроме того, при выпуске из ремонта обозначение класса точности прибора, условный знак системы прибора, год ремонта, наименование ремонтируемой организации.

##### 4.1.2. Опробование

При опробовании должно быть установлено надежное закрепление зажимов прибора, плавный ход и четкая фиксация переключателей.

##### 4.1.3. Проверка электрической прочности и сопротивления изоляции

Электрическую прочность и сопротивление изоляции определяют только при выпуске приборов из производства и после ремонта.

##### 4.1.4. Определение основной погрешности, вариации показаний и остаточного отклонения указателя приборов от нулевой отметки

Соотношение пределов допускаемой основной погрешности образцовых средств измерений и поверяемых приборов для каждой проверяемой отметки шкалы должно быть не более 1:5 при поверке приборов всех классов точности. Допускается соотношение не более 1:3 при поверке приборов классов точности 0.05-0.5 и не более 1:4 – классов точности 1.0-5.0, при этом вариация показаний прибора, аттестованного в качестве образцового, не должна превышать половины абсолютного значения предела его допускаемой основной погрешности.

Диапазоны частот и измерений образцовых средств измерений должны включать соответствующие диапазоны поверяемого прибора.

Приборы всех классов точности, используемые в качестве рабочих, поверяются при одном направлении тока в приборе. Определяют погрешности два раза:

при подводе стрелки к каждой поверяемой точке со стороны меньших значений (поверка «вверх по шкале»);

при подводе стрелки к каждой поверяемой точке со стороны больших значений (поверка «вниз по шкале»)

Основную погрешность и вариацию показаний приборов класса точности 0.05, 0.1 и 0.2 определяют на каждой числовой отметке шкалы.

Для приборов класса точности 0,5 и менее точных, а также для приборов с равномерной шкалой, у которых числовых отметок более 10, допускается определять основную погрешность и вариацию показаний лишь на пяти отметках шкалы, равномерно распределенных по диапазону измерений.

Основную погрешность прибора в процентах от нормирующего значения вычисляют по формуле

$$\delta_{\text{Б}} = 100 \frac{(U - U_{\text{д}})}{U_{\text{н}}},$$

где  $U$  – значение измеряемой величины, определяемое по показаниям поверяемого прибора;

$U_{\text{д}}$  – действительное значение измеряемой величины, определяемое по показаниям образцового средства измерений;

$U_{\text{н}}$  – нормирующее значение.

Основная погрешность поверяемого прибора не должна превышать предела допускаемой основной погрешности.

Вариация определяется в процессе определения основной погрешности. Вариацию показаний прибора на поверяемой отметке шкалы определяют как абсолютное значение разности действительных значений измеряемой величины при одном и том же показании прибора, полученном при плавном подводе указателя сначала со стороны меньших, а затем со стороны больших значений при неизменной полярности тока.

У всех приборов, не снабженных уровнем, проверяется влияние наклона на нулевой отметке шкалы. При отклонении не включенного прибора от указанного на нем рабочего положения в любом направлении на нормируемый угол, смещение указателя с нулевой отметки не должно превосходить величины, допускаемой для приборов его класса точности.

Например, переносные приборы, устойчивые к механическим воздействиям классов точности:

1,5...4,0 – угол наклона от рабочего положения 30°;

0,5...0,1 – 20°;

с повышенной точностью – 10°.

#### 4.2 Выбор метода поверки

Определение погрешности приборов класса точности 0,05...0,5 для постоянного тока производится компенсационным методом на постоянном токе. Приборы класса точности 0,1...0,5 (для постоянного и переменного тока) – на постоянном токе компенсационным методом, если известно, что изменения показаний прибора, вызванное переключением его с постоянного на переменный ток номинальной частоты не превосходит  $k/3$ , где  $k$  – число, обозначающее класс точности прибора. Приборы переменного тока классов точности 0,1;0,2;0,5 поверяют на переменном токе термоэлектрическим методом.

Погрешности приборов класса точности 1,0...5,0 определяются методом сличения с образцовыми приборами непосредственной оценки или более точным методом.

Допускается поверка приборов класса точности 0,5 методом сличения с образцовым прибором класса точности 0,1.

#### 4.3 Поверка приборов на постоянном токе методом сличения

При поверке методом сличения в качестве образцовых следует применять приборы с допускаемой погрешностью, по крайней мере, в 5 раз меньше допускаемой погрешности

поверяемого прибора, когда поправки к его показаниям не учитываются; с введением поправок в 2,5 раза.

Проверка вольтметров методом сличения проводится, как правило, на переменном токе. На постоянном токе проверяют приборы, предназначенные только для постоянного тока или, если нет образцового прибора переменного тока. Чаще всего, в качестве образцовых приборов применяют магнитоэлектрические и электромагнитные приборы, вариация показаний которых не превышает половины допустимой основной погрешности. Конечные значения шкал образцового и проверяемого приборов должны отличаться не более чем на 25%. Если образцовый прибор с более высоким значением шкалы, то соответственно и его класс точности должен быть более точным:

$$K_o < K_p \frac{U_p}{5U_o},$$

где  $U_p, U_o$  - конечные значения шкал проверяемого и образцового приборов;

$K_p, K_o$  - численное обозначение классов точности проверяемого и образцового приборов.

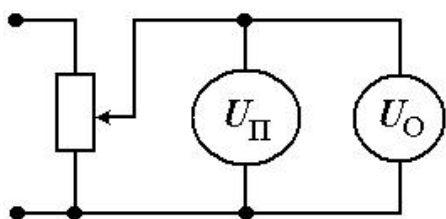


Рис. 1 Схема проверки вольтметров методом сличения

Результаты проверки внести в табл. 2.

Таблица 2

| Показания приборов |             |          | Погрешности   |               | Вариация |
|--------------------|-------------|----------|---------------|---------------|----------|
| поверяемого        | образцового |          | абсолютная    | относительная |          |
| $U, В$             | ход вверх   | ход вниз | $\Delta U, В$ | %             | Н, В     |
|                    | $U_m, В$    | $U_b, В$ |               |               |          |
|                    |             | $U_d, В$ |               |               |          |

Показания приборов, соответствующие положениям стрелки проверяемого вольтметра  $U$  со стороны меньших значений записывают как показания образцового прибора «ход вверх»  $U_m$ . Измерения повторяют в обратной последовательности, изменяя напряжение от номинального до нуля. Показания образцового вольтметра заносят в графу «ход вверх»  $U_b$  против тех же показаний проверяемого прибора  $U$  при подходе со стороны больших значений.

Закончив измерения, выключают питание.

Вычисляют действительное значение измеряемой величины, определяемое по показаниям образцового прибора:

$$U_{\text{д}} = \frac{U_{\text{м}} + U_{\text{б}}}{2}.$$

Абсолютную погрешность вычисляют по формуле:

$$\Delta U = U - U_{\text{д}}.$$

По наибольшему значению абсолютной погрешности находят основную приведенную погрешность. Она определяет класс точности прибора.

Найденный класс точности прибора сравнивают с классом точности поверяемого прибора, с основной допустимой приведенной погрешностью.

Вариация поверяемого прибора, равная

$$H = |U_{\text{м}} - U_{\text{б}}|,$$

не должна быть больше основной допустимой абсолютной погрешности. По данным табл. 2

построить зависимости:  $U_{\text{д}} = f(U)$ ;  $\Delta U = f(U)$ .

## 5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 5.1. Что такое «поверка средств измерений»?
- 5.2. Какие виды поверок существуют?
- 5.3. Какие средства измерений не подлежат поверке?
- 5.4. Какие нормативные документы используются при проведении поверки?
- 5.5. Дайте определение метрологической характеристики. Перечислите их?
- 5.6. Перечислите основные метрологические характеристики поверяемого вольтметра.
- 5.7. Что такое «класс точности средства измерения». Как определить класс точности вольтметра?
- 5.8. Погрешности средств измерений?
- 5.9. Отличается ли действительная основная приведенная погрешность прибора, выпускаемого с производства от основной приведенной погрешности, указанной в документации на прибор, как класс точности?
- 5.10. Какие операции проводятся при поверке средства измерения? В чем они заключаются?
- 5.11. Какие условия должны быть соблюдены при поверке?
- 5.12. Как выбирается метод поверки? Какой метод используется при поверке вольтметра?
- 5.13. Пределы допускаемой основной погрешности средства измерений.
- 5.14. Что такое вариация поверяемого прибора?