

**Министерство образования Республики Беларусь
Белорусско-Российский университет
Электротехнический факультет
Кафедра "Физические методы контроля"**

Лабораторная работа №1
"Методы поверки аналоговых электроизмерительных приборов"
Методические указания

Могилев 2012

УДК 621.317 (075.8)

Составитель: доцент В.Ф.Поздняков, ст. преп. Кушнер А.В.

Физические основы получения информации. Лабораторная работа №2. Методы поверки аналоговых электроизмерительных приборов. Методические указания.- Могилев: Белорусско-Российский университет, 2012.-10 с.

Методические указания разработаны в соответствии с рабочей программой по дисциплине "Физические основы получения информации" для студентов специальности 20.01.02 "Приборы и методы контроля качества и диагностики".

Одобрены на заседании кафедры "Физические методы контроля"
Белорусско-Российского университета

" ____ " _____ 2012 года, протокол № ____.

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОЛУЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

Лабораторная работа № 2

Методы поверки аналоговых электроизмерительных приборов

Методические указания

Белорусско-Российский университет
Кафедра "Физические методы контроля"

2 Методы поверки аналоговых электроизмерительных приборов

2.1 Цель работы

2.1.1 Изучить основные метрологические характеристики средств измерений.

2.1.2 Получить практические навыки поверки аналоговых электроизмерительных приборов.

2.2 Общие положения

Получение достоверной измерительной информации имеет важнейшее значение во всех отраслях народного хозяйства. Качество готового изделия определяется качеством использованных в нем материалов, степенью соблюдения технологических режимов изготовления деталей и узлов, качеством сборки. На всех этих этапах неотъемлемой частью производства выступает процесс получения измерительной информации.

Для достижения высокого качества измерений необходимо обеспечить их единство и достоверность. Под единством измерений понимают такое состояние измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах и погрешности измерений известны с заданной вероятностью. Единство измерений позволяет обеспечить сопоставимость результатов измерений, выполненных в разных местах, в разное время, при помощи различных средств измерения. Это особенно важно в настоящее время, когда специализация и кооперация производства осуществляется не только в рамках одной страны, но и международном масштабе. Единство измерений обеспечивается единообразием средств измерений (СИ) и правильной методикой выполнения измерений. Единообразие СИ - это такое их состояние, когда все они градуированы в узаконенных единицах, а их метрологические свойства соответствуют нормам. Решением этих задач занимается государственная метрологическая служба. Деятельность органов государственной метрологической службы, направленная на обеспечение единообразия СИ, называется надзором за СИ. Одним из важнейших мероприятий надзора является поверка СИ, применяемых во всех отраслях народного хозяйства.

Поверкой СИ называется определение метрологической службой погрешностей СИ и установление его пригодности к применению. Поверка включает в себя ряд операций, позволяющих всесторонне оценить состояние прибора и допустить его к применению или забраковать. Она является одним из звеньев в многоступенчатой цепи передачи размера единицы от эталона к рабочему СИ. Именно эта связь с эталоном позволяет обеспечить единообразие СИ и единство измерений.

Поверка СИ осуществляется путем сличения его показаний с показаниями более точного образцового СИ. Основным документом, регламентирующим организацию и проведение поверки, служит ГОСТ 8.513-84

"Государственная система обеспечения единства измерений. Поверка средств измерений. Организация и порядок проведения".

Поверку осуществляют территориальные органы Госстандарта: метрологические институты, центры стандартизации и метрологии, лаборатории Госнадзора за стандартами и измерительной техникой, а также метрологические службы предприятий, если им предоставлено право поверки.

Поверка СИ производится в соответствии с требованиями нормативно-технических документов, в которых отражены технические характеристики СИ. От того, насколько они будут стабильны в процессе эксплуатации, зависит точность получаемых результатов. Чтобы СИ можно было пользоваться, нормируют его пределы допускаемых погрешностей, т.е. устанавливают такие границы, за пределы которых погрешность не должна выходить ни при изготовлении СИ на заводе, ни в процессе эксплуатации СИ присваиваются классы точности. В связи с большим разнообразием, как самих СИ, так и их метрологических характеристик установления класса точности.

2.2.1 Классы точности СИ. В случаях, когда СИ имеет только аддитивную погрешность, предел допускаемой абсолютной погрешности Δ_{don} будет постоянен во всем диапазоне. Поэтому его выбирают в качестве нормирующего значения:

$$\Delta_{don} = \pm a \quad (2.1)$$

Такая запись означает, что абсолютная погрешность СИ в любой точке диапазона измерений не превышает a единиц измеряемой величины.

Однако указание только абсолютной погрешности не позволяет сравнивать между собой по точности приборы с разными диапазонами измерений, поэтому для электроизмерительных приборов большое распространение получило нормирование приведенной погрешности, определяемой формулой:

$$\gamma_{don}(\%) = \pm \frac{\Delta_{don}}{X_N} \cdot 100\% = \pm p, \quad (2.2)$$

где X_N -нормирующее значение.

Значение γ_{don} , так же как и Δ_{don} , постоянно во всем диапазоне и может быть представлено одним числом p .

Для средств измерений с равномерной, практически равномерной или степенной шкалой, а также для измерительных преобразователей, если нулевое значение измеряемого параметра находится на краю или вне диапазона измерений нормирующее значение устанавливается равным большему из пределов измерений. Для средств измерений, нулевое значение измеряемого параметра которых находится внутри диапазона измерений, нормирующее значение устанавливается равным большему из модулей пределов измерений. Для электроизмерительных приборов с равномерной, практически равномерной или степенной шкалой и нулевой отметкой внутри диапазона измерений нормирующее значение допускается устанавливать равным сумме модулей пределов измерений. Для средств измерений с установленным номинальным значением нормирующее значение устанавливают равным этому номинальному

значению. Для измерительных приборов с существенно неравномерной шкалой нормирующее значение устанавливают равным всей длине шкалы или ее части, соответствующей диапазону измерений. В этом случае пределы абсолютной погрешности выражают, как и длину шкалы, в единицах длины.

Условное обозначение класса точности зависит от нормирующего значения. Если x_N выражено в единицах измеряемой величины, то класс точности обозначается числом, совпадающим с пределом допускаемой приведенной погрешности. Например, если $\gamma_{don} = \pm 1,5\%$ то класс точности обозначается 1,5. Если нормирующее значение выражается длиной шкалы, то обозначение класса точности имеет вид 1,5, что означает: предел допускаемой погрешности равен 1,5% длины шкалы.

В СИ преобладающей мультипликативной погрешностью удобнее нормировать предел допускаемой относительной погрешности, поскольку его значение будет постоянным во всем диапазоне:

$$\delta_{don} = \pm \frac{\Delta_{don}}{x} \cdot 100\% = \pm q. \quad (2.3)$$

Эта запись означает, что относительная погрешность СИ в любой точке диапазоне измерения не превышает q процентов от показания СИ. Условное обозначение класса точности, наносимое на СИ, в этом случае имеет вид 0,5; это означает, что предел допускаемой относительной погрешности $\delta_{don} = \pm 0,5\%$.

Для нормирования погрешностей СИ с аддитивной и мультипликативной погрешностями наибольшее распространение получила формула нормирования предела допускаемой относительной погрешности вида:

$$\delta_{don} = \pm \left[C + d \left(\left| \frac{X_k}{X} - 1 \right| \right) \right] \quad (2.4)$$

где X_k - конечное значение, выбранного предела измерения;
 C и d - постоянные числа.

Класс точности в этом случае обозначают числами C и d , разделенными косой чертой (C / d), например, 0,05/0,01.

Пределы допускаемых приведенных и относительных погрешностей (P и q), а также коэффициенты C и d в соответствии с ГОСТ 8.401-40 выбираются из следующего ряда чисел: 1×10^n , $1,5 \times 10^n$, 2×10^n , 3×10^n , 4×10^n , 5×10^n , 6×10^n , где $n=1; 0; -1; -2$ и т.д.

Наряду с основной погрешностью нормированию подлежит и дополнительная погрешность, вызванная различными влияющими факторами (температурой окружающей среды; отклонением СИ от нормального положения; частотой, напряжением и формой кривой питающего тока; внешними электрическими и магнитными полями и пр.). Для каждой влияющей величины должны быть установлены пределы допускаемых отклонений от нормальных, т.е. должны быть нормированы рабочие условия эксплуатации.

Дополнительная погрешность должна выражаться в таком же виде (абсолютная, относительная, приведенная), как и основная. Дополнительные погрешности, вызванные различными влияющими факторами, должны нормироваться по отдельности. За пределами нормального диапазона, но в пределах рабочей области, погрешность СИ складывается из основной и дополнительной погрешностей. Если одновременно изменяется несколько влияющих величин, то каждая из них дает дополнительную погрешность, т.е. полная погрешность будет:

$$\Delta = \Delta_0 + \sum_{i=1}^n \Delta_i, \quad (2.5)$$

где Δ_0 - основная погрешность СИ;

Δ_i - дополнительная погрешность, вызванная изменением i -ой влияющей величины.

2.2.2 Методы поверки. Поверка аналоговых электроизмерительных приборов может производиться одним из следующих методов:

- сопоставления (сличения) показаний поверяемого и образцового приборов;
- сравнения показаний поверяемого прибора с мерой данной величины.

В первом случае (рисунок 2.1) сигнал x от источника И измеряемой величины подают на поверяемый и образцовый приборы (ПП и ОП) и сравнивают показание X_n поверяемого прибора с показанием X_o образцового. Абсолютная погрешность ПП:

$$\Delta = X_n - X_o$$

Во втором случае показания поверяемого прибора сравнивают с показанием $X_{ом}$ образцовой меры M , воспроизводящей измеряемую величину.

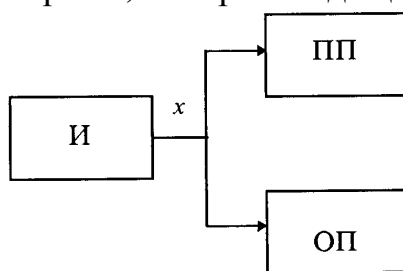


Рисунок 2.1 – Схема поверки СИ при помощи ОП

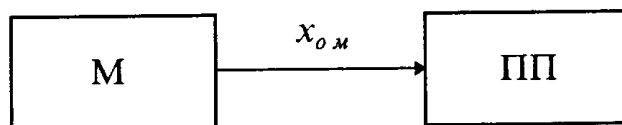


Рисунок 2.2 – Схема поверки СИ при помощи образцовой меры

Абсолютная погрешность:

$$\Delta = X_n - X_{ом}$$

2.2.3 Выбор образцового СИ. Независимо от выбранного метода поверки соотношение пределов допускаемой абсолютной погрешности образцового и поверяемого СИ должно быть не более 1:3 при поверке приборов классов точности от 0,05 до 0,5 и не более 1:4 при проверке приборов классов точности от 1,0 до 5,0. В качестве образцовых можно использовать как аналоговые, так и цифровые СИ. Класс точности аналогового СИ при выборе в качестве образцового должен удовлетворять неравенству:

$$K_O \leq a \cdot K_{\Pi} \frac{X_{НП}}{X_{НО}}, \quad (2.6)$$

где K_O и K_{Π} – классы точности образцового и поверяемого приборов;

a - требуемое соотношение (1:3, 1:4) ;

$X_{НП}$ и $X_{НО}$ - нормирующее значение образцового и поверяемого приборов.

2.2.4 Операции, выполняемые при поверке.

Внешний осмотр. Задачей внешнего осмотра является обнаружение дефектов, которые могут привести к ошибкам при измерениях, быстрой порче прибора. К ним относятся: трещины или щели в корпусе прибора, через которые внутрь может проникнуть пыль или влага; искривление стрелки; нахождение внутри прибора посторонних или отсоединившихся предметов; отсутствие или неисправность зажимов, переключателей.

При внешнем осмотре проверяется работа корректора, который должен смещать указатель прибора от отметки механического нуля на 5% длины шкалы и устанавливать его точно на нуль.

При обнаружении любого из перечисленных дефектов поверяемый прибор признается непригодным к применению и дальнейшей поверке не подлежит.

Опробование прибора ставит целью убедиться, что измерительный механизм прибора реагирует на изменения измеряемой величины, органы регулировки прибора способны выполнять свои функции.

В процессе опробования следует убедиться в отсутствии задевания подвижной части прибора за неподвижную. Для этого прибор подключают к источнику образцового сигнала или к образцовой регулируемой мере и плавно изменяют значение измеряемой величины от минимального до максимального и обратно. Указатель прибора при этом должен перемещаться вдоль шкалы без рывков и заеданий.

Определение влияния наклона. Центр тяжести подвижной части прибора должен совпадать с осью ее вращения. Для уравнивания на подвижной части имеются специальные противовесы, перемещением которых добиваются требуемого положения центра тяжести. Под влиянием различных причин центр тяжести может сместиться, что приводит к зависимости показаний от угла

наклона прибора. Влияние наклона допускается определять как на включенном, так и не включенном приборе. Определение влияния наклона производят следующим образом. Установка стрелку прибора на отметку шкалы X_n вблизи ее геометрической середины, поочередно наклоняют прибор в каждую из четырех сторон и отмечают каждый раз его показания X_o .

Для каждого случая находят приведенную погрешность γ (в%) по формуле:

$$\gamma = \frac{X_n - X_o}{X_N} \cdot 100\% \quad (2.7)$$

где X_N - нормирующее значение шкалы прибора.

Ни одно из полученных значений γ не должно превышать предела допускаемой основной погрешности.

Определение времени успокоения подвижной части прибора. Под временем успокоения подвижной части прибора понимается время с момента изменения измеряемой величины до момента, когда отличие показания прибора от установившегося его показания не превышает 1% длины шкалы. Для определения времени успокоения прибор присоединяют к источнику питания измерительной цепи и устанавливают указатель прибора на геометрическую середину шкалы. Не меняя значения сигнала, прибор отключают и после успокоения колебаний указателя вновь включают.

Время успокоения измеряют при помощи секундомера. Измерение производится не менее трех раз. Среднее арифметическое получаемых результатов измерения и будет временем успокоения колебаний подвижной части данного прибора. Оно не должно превышать 4 сек. Если стрелка у прибора более 150 мм, то время успокоения не должно превышать 6 сек.

Определение основной погрешности и вариации. Для их определения, плавно увеличивая измеряемую величину, устанавливают указатель поверяемого прибора поочередно на каждую числовую отметку шкалы и записывают соответствующие этим положениям

показания образцового прибора. Необходимо следить за тем, чтобы указатель каждый раз подходил к отметке шкалы со стороны меньших значений. Дойдя до максимальной отметки шкалы, следует дать небольшую перегрузку, чтобы указатель дошел до опоры, а затем, плавно уменьшая измеряемую величину, вновь устанавливают указатель поверяемого прибора на каждую числовую отметку со стороны больших значений и записывают соответствующие показания образцового прибора.

Разность между показанием поверяемого X_{II} и образцового X_O приборов дает значение абсолютной погрешности: $\Delta = X_O - X_{II}$.

Для каждой числовой отметки рассчитывают два значения погрешности: Δ_+ - при увеличении показаний и Δ_- - при уменьшении. Ни одно из полученных значений абсолютной основной погрешности не должно превышать предела допускаемой абсолютной основной погрешности.

Вариации показаний можно рассчитывать как абсолютное значение разности между показаниями образцового прибора, соответствующими одной и той же отметке шкалы поверяемого прибора, полученными при возрастании и убывании измеряемой величины - $\epsilon = |X_{\epsilon} - X_{\eta}|$ или как абсолютное значение разности погрешностей, полученных при тех же условиях - $\epsilon = |\Delta_{\epsilon} - \Delta|$.

Вариацию рассчитывают для каждой числовой отметки шкалы. Ни одно из полученных значений не должно превышать предела допускаемого значения основной погрешности.

При поверке аналоговых омметров, фарадометров, измерителей относительного уровня напряжения переменного тока, имеющих неравномерную шкалу и погрешность которых нормирована в долях длины рабочей части шкалы, следует пользоваться специальными таблицами, в которых приведены вычисленные по соответствующим формулам пределы допускаемых основных абсолютных погрешностей.

Определение основных погрешностей и вариации омметров и фарадометров производится путем измерения поверяемых прибором известного сопротивления или емкости, воспроизводимых образцовыми мерами (магазинами, сопротивлений, емкостей).

Перед определением основных погрешностей и вариации следует установить указатель корректором на отметку механического нуля.

Затем, подключив, например, к омметру образцовый магазин сопротивлений, постепенно изменяют его сопротивление, добиваясь установки указателя омметра на требуемую числовую отметку шкалы R . Действительное значение сопротивления R_A отчитывают по образцовому магазину сопротивлений. Оно не должно выходить за границы интервала допускаемых значений сопротивлений, вычисленного для поверяемой числовой отметки шкалы и приведенного ϵ .

Результаты периодической поверки измерительного прибора записываются в паспорт или аттестат - документы, подтверждающие пригодность измерительного средства для эксплуатации на определенный срок.

2.2.5 Магнитоэлектрический амперметр. Для оценки параметров отдельных физических величин используются контрольно-измерительные средства, качество которых характеризуется совокупностью показателей, определяющих их работоспособность, точность, надежность и эффективность применения.

Для обеспечения гарантированной точности измерений проводится периодическая поверка измерительной аппаратуры.

Поверка измерительного средства – это определение соответствия его действительных характеристик техническим условиям или государственным стандартам. При осуществлении поверки применяются измерительные средства – специально предусмотренные средства повышенной точности по сравнению с поверяемыми измерительными средствами. Методы поверки – совокупность поверочных измерительных средств, приспособлений и способ их применения

для установления действительных метрологических показателей поверяемых измерительных средств.

В практике поверки измерительных приборов нашли применение два способа:

- 1) сопоставление показаний поверяемого и образцового приборов;
- 2) сравнение показаний поверяемого прибора с мерой данной величины.

При поверке первым способом в качестве образцовых приборов выбираются приборы с лучшими метрологическими качествами.

Для поверки приборов постоянного тока в качестве образцовых принимаются магнитоэлектрические приборы, а для поверки приборов переменного тока – электродинамические. В последнее время используются цифровые приборы.

Верхний предел измерений образцового прибора должен быть таким же, как и поверяемого, или не превышать предел измеряемого прибора более чем на 25 %. Допустимая погрешность образцового прибора должна быть в 3 – 5 раз ниже погрешности поверяемого прибора.

Погрешность выражают в виде абсолютных величин и в виде относительных. Различают:

- абсолютную погрешность измерительного прибора:

$$\Delta X = X_n - X_d,$$

где X_n – показания прибора ИП;

X_d – показания прибора А2 (соответственно показание прибора и действительное значение измеряемой величины);

- относительную погрешность средства измерения, часто выражаемую в процентах:

$$\gamma_o = \frac{\Delta X}{X_d},$$

где ΔX – абсолютная погрешность.

Для оценки многих средств измерений широко применяется приведенная погрешность, выражаемая в процентах:

$$\gamma_{o.n.} = \frac{\Delta X}{X_N} 100 \%,$$

где X_N – нормирующее значение, т. е. некоторое значение, по отношению к которому рассчитывается погрешность.

Часто в качестве нормирующего значения для приведенной погрешности принимают верхний предел измерения прибора. Для многих средств измерений по приведенной погрешности устанавливают класс точности прибора.

Например, прибор класса 0,5 может иметь основную приведенную погрешность, не превышающую 0,5 %.

Измерительные приборы могут быть следующих классов точности: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0.

Многопредельные приборы поверяют на одном, двух основных пределах, а на других – в некоторых точках.

В результате поверки устанавливают приведенную погрешность и по ней – класс точности прибора.

Амперметры магнитоэлектрической системы применяются для измерений токов в цепях постоянного напряжения. Магнитная цепь прибора состоит из постоянного магнита, полюсных наконечников, неподвижного цилиндра. В воздушном зазоре между поверхностями полюсных наконечников и цилиндра создается радиальное поле, которое в силу малости воздушного зазора можно считать равномерным. Рамка с обмоткой крепится на полуосях и может поворачиваться в зазоре.

В результате взаимодействия магнитного поля и тока обмотки создается вращающий момент, пропорциональный току:

$$M_{вр.} = \Psi_o \cdot I ,$$

где Ψ_o – постоянная прибора, зависящая от числа витков и площади обмотки и от индукции в зазоре.

Противодействующий момент

$$M_{пр.} = W \cdot \alpha ,$$

где W – удельный противодействующий момент пружины.

Уравнение шкалы прибора

$$\alpha = \frac{\Psi_o}{W} I = S_I \cdot I ,$$

где S_I – чувствительность прибора.

Магнитоэлектрические приборы работают только на постоянном токе. Они отличаются высокой чувствительностью, высокой точностью, равномерностью шкалы, выполняются в виде амперметров и вольтметров постоянного тока.

2.2.6 Магнитоэлектрический вольтметр. Для поверки вольтметра магнитоэлектрической системы образцовый и поверяемый вольтметры включают параллельно.

Измерительный механизм магнитоэлектрической системы можно включить в какую-либо электрическую цепь двумя различными способами. При схеме (рисунок 2.3,а) через обмотку механизма, обозначенного буквой А, проходит весь ток нагрузки.

а)

б)

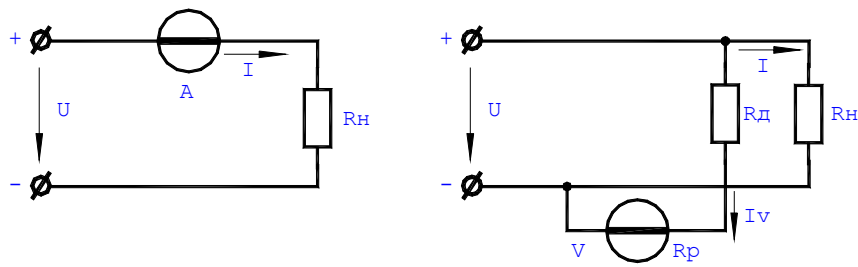


Рисунок 2.3 – Схемы подключения вольтметра

Отклонение подвижной части ее от нулевого положения будет зависеть от значения тока I . В этом случае показание прибора является функцией тока нагрузки, что позволяет проградуировать его шкалу в амперах, и он будет служить амперметром.

Если такой прибор дополнить достаточно большим сопротивлением R_{∂} , соединенным последовательно с обмоткой рамки, и включить прибор, обозначенный буквой V (рисунок 2.3,б), то через него будет проходить ток I_v , определяемый напряжением и суммой сопротивлений:

$$R_{\partial} + R_p,$$

где R_p - сопротивление обмотки рамки прибора.
В этом случае

$$\alpha = \frac{I}{W} \cdot f(I_v),$$

а так как

$$I_v = \frac{U}{R_{\partial} + R_p},$$

где $R_{\partial} + R_p$ – постоянная величина,
то можно записать, что

$$\alpha = \frac{I}{W} f(U).$$

Отсюда видно, что при схеме (рисунок 2.3,б) показания прибора становятся функцией напряжения U , т. е. он служит уже не амперметром, а вольтметром.

2.2.7 Электродинамический вольтметр. Измерительный механизм ваттметра электродинамической системы. Внутри неподвижной катушки

вращается укрепленная на оси бескаркасная рамка из изолированной проволоки; ток в нее поступает по спиральным пружинкам, так же как в приборах магнитоэлектрической системы. Взаимодействие токов подвижной обмотки и неподвижной создает необходимый вращающий момент. Механизм такого рода снабжается воздушным или магнитоиндукционным успокоителем.

Уравнение шкалы механизма электродинамической системы имеет вид:

$$\alpha = \frac{I}{W} I_1 \cdot I_2 \frac{dM}{d\alpha}.$$

Взаимная индуктивность M зависит от расположения подвижной катушки относительно неподвижной обмотки, и величина $dM/d\alpha$ является некоторой функцией угла α между плоскостями, в которых расположены катушки. Учитывая это, полученное выше уравнение шкалы можно написать в таком виде:

$$\alpha = \frac{I}{W} I_1 \cdot I_2 \cdot f(\alpha).$$

Электродинамические приборы используют в качестве амперметров, вольтметров и ваттметров.

Если катушки измерительного механизма электродинамической системы включить в цепь, как показано на рисунке 1.2 то, пользуясь обозначениями на рисунке, имеем

$$I_2 = \frac{U}{R_{\Sigma}};$$

$$R_{\Sigma} = R + R_0.$$

Тогда

$$\alpha = \frac{dM}{W \cdot R_{\Sigma}} U \cdot I_1 \frac{dM}{d\alpha} = K \cdot P \frac{dM}{d\alpha},$$

Верхний предел измерений образцового прибора должен быть таким же, как и поверяемого, или не превышать предел измеряемого прибора более чем на 25 %. Допустимая погрешность образцового прибора должна быть в 3 – 5 раз ниже погрешности поверяемого прибора.

Погрешность выражают в виде абсолютных величин и в виде относительных. Различают:

– абсолютную погрешность измерительного прибора:

$$\Delta X = X_n - X_d,$$

где X_n – показания прибора ИП;

X_d – показания прибора А2 (соответственно показание прибора и действительное значение измеряемой величины);

– относительную погрешность средства измерения, часто выражаемую в процентах:

$$\gamma_o = \frac{\Delta X}{X_d},$$

где ΔX – абсолютная погрешность.

Для оценки многих средств измерений широко применяется приведенная погрешность, выражаемая в процентах:

$$\gamma_{o,n.} = \frac{\Delta X}{X_N} 100 \%,$$

где X_N – нормирующее значение, т. е. некоторое значение, по отношению к которому рассчитывается погрешность.

Часто в качестве нормирующего значения для приведенной погрешности принимают верхний предел измерения прибора. Для многих средств измерений по приведенной погрешности устанавливают класс точности прибора. Например, прибор класса 0,5 может иметь основную приведенную погрешность, не превышающую 0,5 %.

Измерительные приборы могут быть следующих классов точности: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0.

Многопредельные приборы поверяют на одном, двух основных пределах, а на других – в некоторых точках.

В результате поверки устанавливают приведенную погрешность и по ней – класс точности прибора.

Амперметры магнитоэлектрической системы применяются для измерений токов в цепях постоянного напряжения. Магнитная цепь прибора состоит из постоянного магнита, полюсных наконечников, неподвижного цилиндра. В воздушном зазоре между поверхностями полюсных наконечников и цилиндра создается радиальное поле, которое в силу малости воздушного зазора можно считать равномерным. Рамка с обмоткой крепится на полуосях и может поворачиваться в зазоре.

В результате взаимодействия магнитного поля и тока обмотки создается вращающий момент, пропорциональный току:

$$M_{ep.} = \Psi_o \cdot I,$$

где Ψ_o – постоянная прибора, зависящая от числа витков и площади обмотки и от индукции в зазоре.

Противодействующий момент

$$M_{np.} = W \cdot \alpha,$$

где W – удельный противодействующий момент пружины.

Уравнение шкалы прибора

$$\alpha = \frac{\Psi_o}{W} I = S_I \cdot I,$$

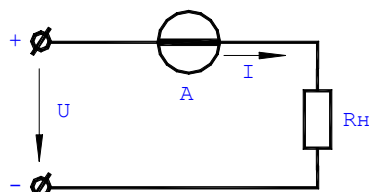
где S_I – чувствительность прибора.

Магнитоэлектрические приборы работают только на постоянном токе. Они отличаются высокой чувствительностью, высокой точностью, равномерностью шкалы, выполняются в виде амперметров и вольтметров постоянного тока.

2.2.8 Магнитоэлектрический вольтметр. Для проверки вольтметра магнитоэлектрической системы образцовый и поверяемый вольтметры включают параллельно.

Измерительный механизм магнитоэлектрической системы можно включить в какую-либо электрическую цепь двумя различными способами. При схеме (рисунок 2.4,а) через обмотку механизма, обозначенного буквой А, проходит весь ток нагрузки.

а)



б)

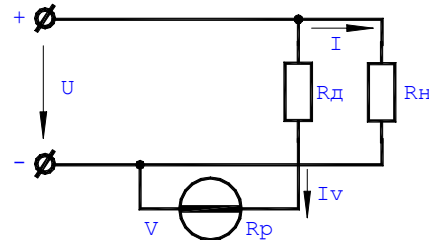


Рисунок 2.4 – Схемы подключения вольтметра

Отклонение подвижной части ее от нулевого положения будет зависеть от значения тока I . В этом случае показание прибора является функцией тока нагрузки, что позволяет проградуировать его шкалу в амперах, и он будет служить амперметром.

Если такой прибор дополнить достаточно большим сопротивлением R_o , соединенным последовательно с обмоткой рамки, и включить прибор, обозначенный буквой V (рисунок 2.4,б), то через него будет проходить ток I_v , определяемый напряжением и суммой сопротивлений:

$$R_o + R_p,$$

где R_p - сопротивление обмотки рамки прибора.

В этом случае

$$\alpha = \frac{I}{W} \cdot f(I_v),$$

а так как

$$I_v = \frac{U}{R_o + R_p},$$

где $R_o + R_p$ – постоянная величина,

то можно записать, что

$$\alpha = \frac{I}{W} f(U).$$

Отсюда видно, что при схеме (рисунок 2.4,б) показания прибора становятся функцией напряжения U , т. е. он служит уже не амперметром, а вольтметром.

2.2.9 Электродинамический вольтметр. Измерительный механизм ваттметра электродинамической системы. Внутри неподвижной катушки вращается укрепленная на оси бескаркасная рамка из изолированной проволоки; ток в нее поступает по спиральным пружинкам, так же как в приборах магнитоэлектрической системы. Взаимодействие токов подвижной обмотки и неподвижной создает необходимый вращающий момент. Механизм такого рода снабжается воздушным или магнитоиндукционным успокоителем.

Уравнение шкалы механизма электродинамической системы имеет вид:

$$\alpha = \frac{I}{W} I_1 \cdot I_2 \frac{dM}{d\alpha}.$$

Взаимная индуктивность M зависит от расположения подвижной катушки относительно неподвижной обмотки, и величина $dM/d\alpha$ является некоторой функцией угла α между плоскостями, в которых расположены катушки. Учитывая это, полученное выше уравнение шкалы можно написать в таком виде:

$$\alpha = \frac{I}{W} I_1 \cdot I_2 \cdot f(\alpha).$$

Электродинамические приборы используют в качестве амперметров, вольтметров и ваттметров.

Если катушки измерительного механизма электродинамической системы включить в цепь, как показано на рисунке 2.5 то, пользуясь обозначениями на рисунке, имеем

$$I_2 = \frac{U}{R_в};$$

$$R_в = R + R_0.$$

Тогда

$$\alpha = \frac{dM}{W \cdot R_в} U \cdot I_1 \frac{dM}{d\alpha} = K \cdot P \frac{dM}{d\alpha},$$

где $K = const$;

P – мощность.

Чтобы шкала прибора была равномерной, необходимо иметь

$$\frac{dM}{d\alpha} = const.$$

Это достигается путем выбора размеров и формы катушек и их начального взаимного положения.

При включении ваттметра в цепь переменного тока уравнение шкалы прибора

$$\alpha = \frac{1}{WZ_в} U \cdot I \cdot \cos(\varphi - \delta) \frac{dM}{d\alpha},$$

где $Z_в$ – модуль полного сопротивления параллельной цепи ваттметра;

δ – угол сдвига между I_2 и U , возникающий вследствие реактивности параллельной цепи и являющийся угловой погрешностью ваттметра.

Для того чтобы α было пропорционально мощности переменного тока, стремятся сделать угол δ возможно малым. Хотя электродинамические ваттметры применимы как на постоянном токе, так и на переменном, градуируются же и поверяются они, как правило, на постоянном токе.

Цена деления ваттметра определяется по формуле

$$C_p = \frac{U_n \cdot I_n}{A_n},$$

где U_n, I_n - установленные пределы измерения соответственно по напряжению и току;

A_n - полное число делений шкалы.

Для правильного включения ваттметра один из зажимов параллельной и последовательной цепей отмечается значком (*). Эти зажимы включаются согласованно, как показано на рисунке 1.2, со стороны источника питания и называют генераторными.

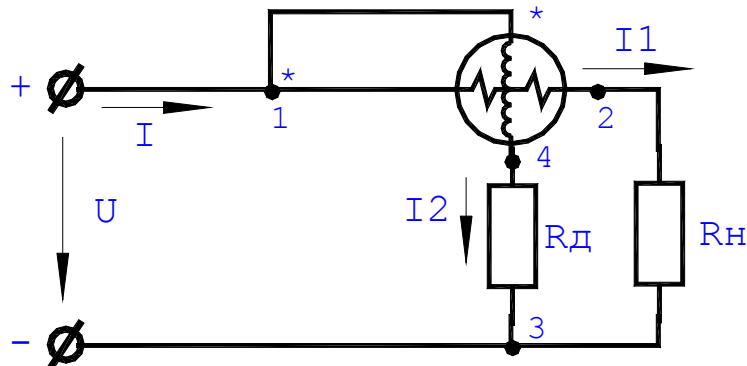


Рисунок 2.5 – Схема для поверки ваттметра косвенным методом

Электродинамические ваттметры выпускаются классов 0,2 и 0,5 и применяются в качестве переносных лабораторных приборов, при этом их показания остаются одинаковыми как на постоянном, так и на переменном токе.

2.3 Приборы и оборудование

Стенд «Электрические измерения», мультиметр MS8269, комбинированный прибор типа Ц4353 (или аналогичный), магазин сопротивлений, секундомер, источник питания Б5-78/6.

2.4 Порядок выполнения работы

2.4.1 Изучить основные метрологические характеристики средств измерений по ГОСТ 8.009-84

2.4.2 Изучить способы нормирования средств измерений по точности по ГОСТ 8.401-80.

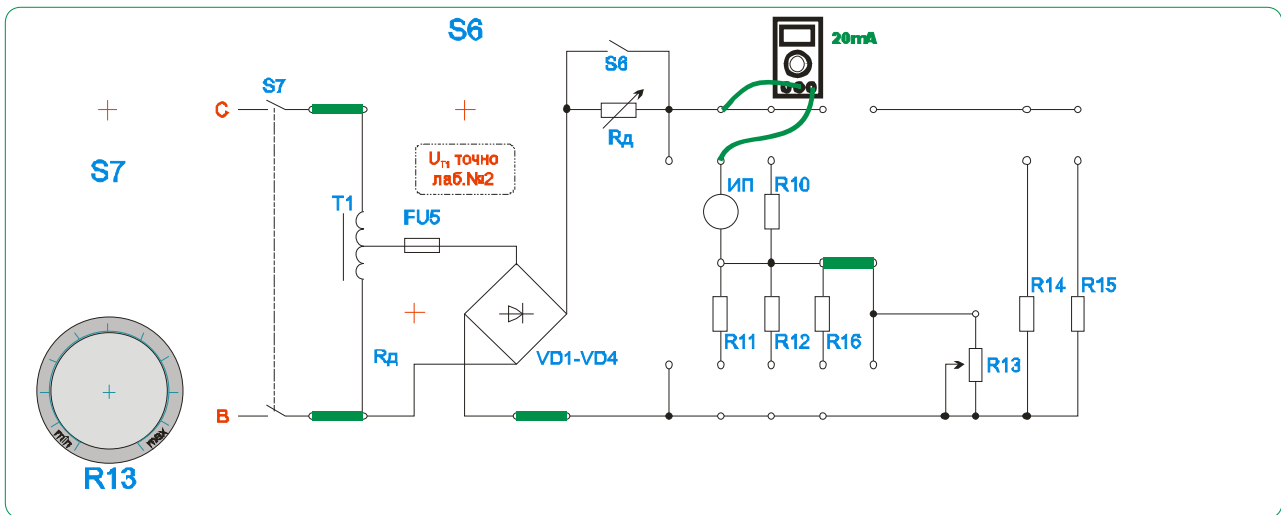
2.4.3 Изучить порядок выполнения поверки аналоговых электроизмерительных приборов.

2.4.4 Для определения класса точности амперметра соберите схему, показанную на рисунке 1.3.

2.4.5 Перед включением стенда установите переключатель ЛАТРа в начальное положение (10 В).

2.4.6 Переменный резистор R13 установите на максимальное сопротивление.

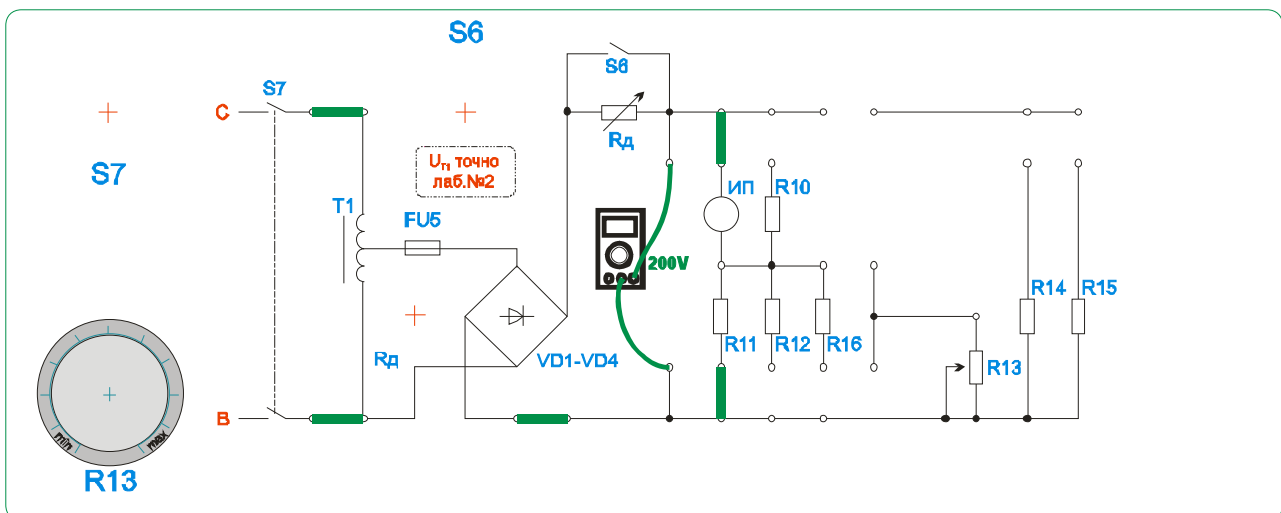
2.4.7 Включите стенд тумблером «СЕТЬ», затем – тумблер включения ЛАТРа (S7) и наконец – тумблер питания цепей постоянного тока (S6).



мультиметр; ИП – исследуемый прибор

Рисунок 2.3 – Схема для определения класса точности амперметра

2.4.8 Изменяйте величину тока плавно с помощью переменного резистора R13.



ИП – поверяемый вольтметр; мультиметр

Рисунок 2.4 – Схема для определения класса точности вольтметра

2.4.9 Сделайте необходимое для расчетов количество замеров.

2.4.10 По окончании работы верните все аппараты в исходное состояние.

2.4.11 Вычислите по результатам измерения абсолютную погрешность в нескольких точках шкалы поверяемого амперметра.

2.4.12 Вычислите приведенную погрешность поверяемого амперметра.

2.4.13 Определите класс точности поверяемого амперметра и сравните его с классом точности нанесенного на шкале поверяемого амперметра.

2.4.14 Для определения класса точности вольтметра соберите схему, показанную на рисунке 1.4.

2.4.15 Включите стенд, затем – тумблер включения питания ЛАТРа Т1 – S7.

В данной работе в качестве поверяемого вольтметра используется миллиамперметр ИП с добавочным сопротивлением R11 (при этом его максимальное отклонение равно 50 В), контрольным является мультиметр, установленный на предел измерения «200V».

2.4.16 Изменяйте переключателем ЛАТРа величину напряжения (величина контролируется по мультиметру) до получения измеряемого напряжения на приборе ИП. Точная установка величины измеряемого напряжения производится переменным резистором Rд.

2.4.17 Сделайте необходимое для расчетов количество замеров.

2.4.18 По окончании работы верните все аппараты в исходное положение и отключите стенд.

2.4.19 Вычислите по результатам измерения абсолютную погрешность в нескольких точках шкалы поверяемого вольтметра.

2.4.20 Вычислите приведенную погрешность поверяемого вольтметра.

2.4.21 Определите класс точности поверяемого вольтметра и сравните его с классом точности, нанесенного на шкале поверяемого вольтметра.

2.4.22 Для поверки ваттметра косвенным методом по результатам измерения тока и напряжения на активной нагрузке соберите электрическую схему, приведенную на рисунке 1.5.

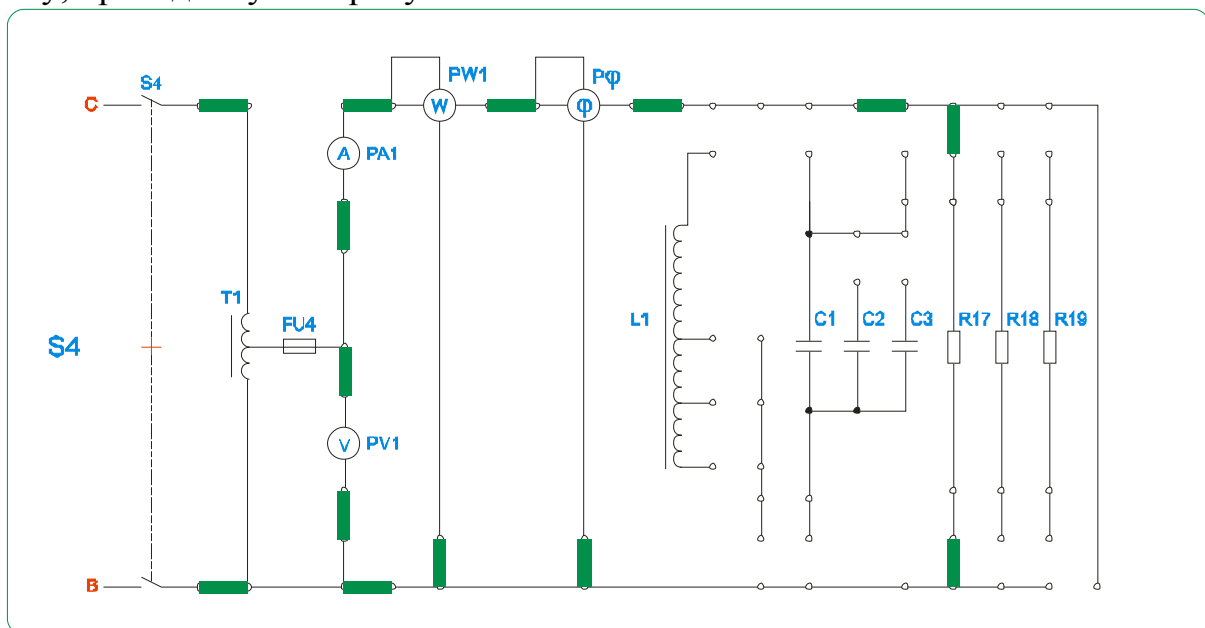


Рисунок 2.5 – Схема для поверки ваттметра косвенным методом

2.4.23 Для расчета величины активной мощности используйте формулу

$$P = U \cdot I,$$

сравнив с расчетом по формуле

$$P = I^2 \cdot R.$$

2.4.24 Выполнить поверку вольтметра в соответствии с п.2.2.4, включив его с образцовым вольтметром и источником питания по схеме, приведенной на рисунке 2.3.



Рисунок 2.6 – Схема включения приборов для поверки вольтметра

2.4.6 Выполнить поверку омметра, включив его с магазином сопротивлений по схеме, приведенной на рисунке 2.4.

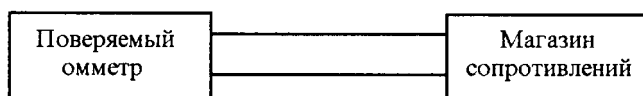


Рисунок 2.7 – Схема включения приборов для поверки омметра

2.4.7 Оформить отчет о выполненных исследованиях, в котором следует отразить: обоснование выбора образцового прибора, схемы включения приборов при поверке с указанием их типов и используемых диапазонов; полученные при поверке результаты и выводы.

2.5 Контрольные вопросы.

2.5.1 Что понимают под классом точности средства измерения?

2.5.2 Как выбирается при поверке образцовое средство измерения?

2.5.3 Возможно ли проведение поверки вольтметра класса 0,5 с помощью вольтметра класса 0,2?

2.5.4 Что такое основная погрешность средства измерения?

2.5.5 Что такое дополнительная погрешность средства измерения?

2.5.6 Какие операции выполняются при поверке электроизмерительных приборов?

2.5.7 Какова цель поверки средств измерений?

2.5.8 Как определяется вариация показаний аналоговых приборов?

2.5.9 Что такое нормирующее значение шкалы прибора и как оно определяется?

2.5.10 Как определяется время успокоения подвижной части механизма прибора?

2.6 Список литературы

2.6.1 Электрические измерения./ Под ред. А.В.Френке.-М.: Энергия, 1980.

2.6.2 Основы метрологии и электрические измерения/ Под ред. Е.М.Душина -6-е изд., перереб. И доп. - Л.: Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1987.

2.6.3 Сборник задач и упражнений по электрическим и электронным измерениям. Под ред. Э.Г. Атамалян - М.: Высшая школа, 1980.

2.6.4 Атамалян Э.Г. Приборы и методы измерения электрических величин: Учебн. Пособие.- М.: Высшая школа, 1989.