БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАТИКИИ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Кафедра метрологии и стандартизации

**РЕФЕРАТ**

**На тему:**

**«Методы и способы поверки СИ. Поверочные схемы»**

Минск, 2008

**Классификация методов поверки**

Под методами поверки понимают методы передачи размера единиц физической величины. В основу классификации применяемых методов поверки положены следующие признаки, в соответствии с которыми СИ могут быть поверены:

1) без использования компаратора или прибора сравнения, то есть непосредственным сличением поверяемого СИ с эталонным СИ того же вида;

2) сличением поверяемого СИ с эталонным СИ того же вида с помощью компаратора или других средств сравнения;

3) прямым измерением поверяемым СИ значения физической величины, воспроизводимой эталонной мерой;

4) прямым измерением эталонным СИ значения физической величины, воспроизводимой подвергаемой поверке мерой;

5) косвенным измерением величины, воспроизводимой мерой или поверяемым прибором, подвергаемыми поверке;

6) путем независимой (автономной) поверки.

Рассматриваемые методы поверки могут иметь свои разновидности, однако по своей сути они могут быть сведены к одному из перечисленных выше методов.

**Метод непосредственного сличения**

При поверке данным методом устанавливают требуемые значения измеряемой величины X и сравнивают показания поверяемого прибора Хп и эталонного прибора Хэ. Разность между их показаниями будет определять абсолютную погрешность поверяемого прибора

# Δ=Хп − Хэ (1)

которую приводят к нормированному значению XN для получения приведенной погрешности:

γ= . (2)

Этот метод на практике может быть реализован двумя способами:

1) регистрацией совмещений. При этом способе указатель поверяемого прибора совмещают с поверяемой отметкой шкалы. Погрешность измерений определяют расчетным путем по формуле (1), как разность между показанием поверяемого прибора (рисунок 1, а) и действительным значением, определяемым по показаниям эталонного прибора (рисунок 1, б).

 а) б)

Рисунок 1

2) отсчитыванием погрешности по шкале поверяемого прибора. Суть способа поясняется на рисунке 2.

Погрешность определяют как расстояние между поверяемой отметкой и указателем поверяемого прибора.

а) б)

Рисунок 2

Первый способ удобен тем, что погрешность можно более точно отсчитать по эталонному прибору.

Достоинством второго способа является то, что мы можем одновременно поверять несколько приборов с помощью одного эталонного.

Основным достоинством метода непосредственного сличения является простота и отсутствие необходимости применения сложного оборудования.

**Метод сличения при помощи компаратора (прибора сравнения)**

Этот метод применяют тогда, когда невозможно или сложно сравнить показания двух приборов или двух мер.

Измерения в этом случае выполняют путем введения в схему поверки компаратора, позволяющего косвенно сравнивать две однородные или разнородные физические величины.

Компаратором может быть СИ, одинаково реагирующее на сигнал эталонного и поверяемого СИ.

Например, при сличении мер сопротивления, емкости и индуктивности в качестве компаратора используют мосты постоянного или переменного тока. При сравнении мер сопротивления и ЭДС – потенциометры.

Сличение мер с помощью компаратора осуществляется с использованием той или иной разновидности метода сравнения. Наиболее распространенными являются методы противопоставления и замещения.

Суть этих методов заключается в следующем. При использовании метода противопоставления две сравниваемые величины подаются на разные входы компаратора, а при использовании метода замещения − в одну и ту же часть схемы подается одна величина, а потом другая. Общим для этих методов поверки является выработка разностного (дифференциального) сигнала

## ΔХ = Х − Хм. (3)

Если ΔХ сводится к нулю путем изменения значения Xм меры, тогда этот метод называется нулевым. Если же значение ΔХ не равно нулю – дифференциальным.

При использовании метода противопоставления две сравниваемые величины подаются на входы компаратора одновременно, что позволяет уменьшить влияние на результаты поверки влияющих величин, так как эти влияющие величины практически одинаково искажают сигнал.

Достоинством метода замещения является то, что две сравниваемые величины включаются в одну и ту же часть схемы. Это позволяет исключить погрешности, возникающие вследствие несимметрии схемы компараторов.

Недостаток нулевого метода замещения заключается в том, что мы должны иметь меру, позволяющую воспроизводить любое значение измеряемой величины без существенного понижения точности.

Особенностью дифференциального метода сравнения является возможность получения достоверных результатов сличения даже при использовании сравнительно грубых средств для измерения разности.

**Метод прямых измерений**

Суть его заключается в прямом измерении поверяемым прибором значения физической величины воспроизводимой мерой. Практическая реализация метода прямых измерений предъявляет к мерам следующие требования:

1) возможность воспроизведения мерой той же физической величины, в единицах которой проградуировано поверяемое СИ;

2) достаточный для перекрытия всего диапазона измерения поверяемого СИ диапазон физических величин воспроизводимых мерой;

3) соответствие точности меры, а в ряде случаев и ее типа и плавности изменения размера требованиям, которые предъявляются в НД по поверке данного СИ.

Определение основной погрешности поверяемого СИ проводят двумя способами:

1) изменением размера меры до совмещения указателя поверяемого СИ с поверяемой отметкой, то есть способом непосредственной оценки. Погрешность определяют в этом случае по формуле (1).

2) предварительной установкой размера меры, равного номинальному для данного показания поверяемого СИ, с последующим отсчетом значения Хп и расчетом погрешности по формуле (1).

Реализация этих двух способов возможна при наличии магазина мер, позволяющих достаточно плавно изменять значение физической величины.

**Метод косвенных измерений**

Суть метода косвенных измерений заключается в следующем: проводят прямые измерения нескольких физических величин с помощью эталонных СИ и получают значения X 01 , X 02 ,… , X 0m. Затем, используя известную функциональную зависимость f между этими величинами и величиной, которая измеряется поверяемым прибором, определяют действительное значения величины, то есть находят результат косвенного измерения по формуле:

Q0 = f ( X 01 , X 02 ,… , X 0m). (4)

Метод используется тогда, когда действительные значения величин, измеряемые поверяемым средством измерений невозможно или трудно определить прямым измерением или когда косвенные измерения более простые или точные.

Например, поверка электрического счетчика активной энергии с помощью образцового ваттметра и секундомера. По показаниям ваттметра определяют значение мощности P0 и поддерживают ее неизменной в течении времени t0, которое в свою очередь определяется по эталонному секундомеру. Тогда действительное значение энергии W0 можно рассчитывать по формуле:

W0 = P0∙t0,

а погрешность поверяемого счётчика определить из выражения

δ = (( WП – W0 ) / W0 ) 100%.

При выполнении поверки методом косвенных измерений следует учитывать тот факт, что конечный результат и погрешность косвенного измерения зависит от составляющих погрешностей прямых измерений:

ΔW0 = .

**Метод независимой (автономной) поверки**

Автономная поверка это поверка без применения эталонных СИ. Она применяется при разработке особо точных СИ, которые невозможно или очень сложно поверить одним из рассмотренных выше методов поверки ввиду отсутствия еще более точных СИ с соответствующими пределами измерении. Суть этой поверки, которая наиболее часто используется для поверки приборов сравнения, заключается в сравнении величин, воспроизводимых отдельными элементами поверяемого СИ с величиной, выбранной в качестве опорной и конструктивно воспроизводимой в самом поверяемом СИ. Например, при поверке m-ной декады потенциометра необходимо убедиться в равенстве падений напряжений на каждой n-ной ступени этой декады. Для этого, выбрав в качестве опорной величины сопротивление первой ступени декады, можно поочередно сравнивать с помощью компаратора падение напряжения на каждой n-ной ступени с падением напряжения на этом сопротивлении. Метод трудоемок, но обладает высокой точностью.

Реализация рассмотренных выше методов поверки осуществляется с помощью способов комплектной и поэлементной поверки.

**Комплектная и поэлементная поверки**

При комплектной поверке средство измерений поверяют в полном комплекте его составных частей, без нарушения взаимосвязей между ними. Погрешности, которые при этом определяют, рассматривают как погрешности, свойственные поверяемому средству измерений как единому целому. При этом средство измерений находится в условиях, максимально приближенных к реальным условиям эксплуатации, что позволяет в ходе поверки выявить многие, присущие поверяемому средству измерений недостатки: дефекты внутреннего монтажа, неисправности переключающих устройств и т.п. С учетом простоты и хорошей достоверности результатов, комплектной поверке всегда, когда это возможно отдают предпочтение.

В случае невозможности реализации комплектной поверки, ввиду отсутствия эталонных средств измерений, несоответствия их требованиям точности или пределам измерений, применяют поэлементную поверку. Поэлементная поверка средств измерений это поверка, при которой его погрешности определяют по погрешностям отдельных частей. Затем по полученным данным расчетным путем определяют погрешности, свойственные поверяемому средству измерений как единому целому. При этом предполагают, что закономерности взаимодействия отдельных частей средства измерений точно известны, а возможности посторонних влияний на его показания исключены и поддаются точному учету.

О комплектной поверке мы говорим тогда, когда средство измерений поверяют как единое целое. При поэлементной поверке СИ разбивают на узлы, блоки и поверят каждый блок отдельно, а потом расчетным путем определяют погрешность всего СИ.

Иногда применение поэлементной поверки оказывается единственно возможным. Часто ее используют при поверке сложных СИ, состоящих из компаратора со встроенными в него образцовыми мерами. Следует особо отметить, что по результатам поэлементной поверки, если действительная погрешность превышает допускаемую, то можно непосредственно установить причину неисправности СИ.

Существенным недостатком поэлементной поверки является ее трудоемкость и сложность реализации по сравнению с комплектной поверкой.

**Система передачи размеров единиц физических величин от эталонов рабочим СИ. Поверочные схемы**

Для обеспечения единства измерений необходима тождественность единиц, в которых проградуированы все СИ одной и той же физической величины. Это достигается путем точного воспроизведения и хранения установленных единиц физической величины и передачи их размеров применяемым СИ.

Воспроизведение, хранение и передача размеров единиц осуществляется с помощью эталонов.

**Эталоны. Их классификация и виды**

Эталоны – это особый вид СИ наивысшей точности, с помощью которых воспроизводится и хранится единица физической величины с целью передачи ее размера рабочим СИ.

СТБ 8002–93 «Эталоны единиц физических величин. Порядок разработки, утверждения, хранения и применения» дает следующее определение эталона.

Эталон единицы физической величины – СИ, предназначенное для определения, воспроизведения и (или) хранения единицы величины с целью передачи ее размера другим СИ.

Эталоны подразделяются на:

– первичные;

– вторичные;

– рабочие;

– разрядные.

Первичный эталон – это эталон, воспроизводящий единицу физической величины с наивысшей точностью, возможной в данной области измерений на современном уровне научно-технических достижений.

Разновидностью первичного эталона является специальный эталон. Специальные эталоны создаются и утверждаются для воспроизведения единиц в особых условиях, в которых передача размеров единицы от существующих эталонов технически не осуществима с требуемой точностью. Специальные эталоны воспроизводят единицу в особых условиях и заменяют в этих условиях первичный эталон.

Первичные эталоны бывают:

– национальные (государственные);

– международные.

Национальный эталон утверждается в качестве исходного СИ для страны национальным органом по метрологии (в Республике Беларусь – Госстандарт).

Национальный эталон единицы физической величины − эталон, признанный решением уполномоченного на то государственного органа служить основой для установления значений всех других эталонов единицы данной величины.

Национальные эталоны хранят и поддерживают национальные органы по метрологии.

Международный эталон – эталон, принятый по международному соглашению в качестве первичного международного эталона и служащий для согласования с ним размеров единиц, воспроизводимых и хранимых национальными эталонами.

Международные эталоны хранит и поддерживает Международное бюро мер и весов (МБМВ). Важнейшая задача его действий состоит в международных систематических сличениях национальных эталонов крупнейших метрологических лабораторий разных стран с международными эталонами, а также между собой, что необходимо для обеспечения достоверности, точности и единства измерений как одного из важнейших условий международных экономических связей. Сличению подлежат как эталоны основных величин систем СИ, так и производных. Для каждого эталона установлены определенные периоды сличения.

Таким образом, основное назначение эталонов – служить материально-технической базой воспроизведения и хранения единиц.

Принят принцип систематизации эталонов по воспроизводимым единицам. Основные единицы системы СИ должны воспроизводиться с помощью национальных эталонов, то есть централизованно. Дополнительные внесистемные и производные единицы, исходя из соображений технико-экономической целесообразности, воспроизводятся одним из трех способов:

1) централизованно − с помощью единого для всей страны национального эталона;

2) частично централизованно − (в пределах региона, министерства или ведомства) с помощью нескольких рабочих или исходных эталонов;

3) полностью децентрализовано − посредством косвенных измерений, выполняемых в органах метрологической службы с помощью рабочих эталонов других величин, функционально связанных с измеряемой величиной.

Вторичный эталон – это эталон, получающий размер единицы путем сличения с первичным эталоном рассматриваемой единицы.

Они создаются с целью обеспечения сохранности и наименьшего износа первичного эталона.

По своему метрологическому назначению вторичные эталоны делятся на:

– эталоны-копии;

– эталоны сравнения;

– эталоны-свидетели;

– рабочие эталоны.

Эталон-копия предназначен для хранения единицы и передачи ее размера рабочим эталонам.

Эталон сравнения применяется для сличения эталонов, которые по тем или иным причинам не могут быть непосредственно сличаемые друг с другом.

Эталон-свидетель применяется для проверки сохранности государственного эталона и для замены его в случае порчи или утраты. Эталон-свидетель применяется лишь тогда, когда государственный эталон является не воспроизводимым.

Рабочий эталон применяется для хранения единицы и передачи ее размера разрядным эталонам высшей точности, а при необходимости и наиболее точным рабочим СИ.

Национальный эталон можно применять в качестве рабочего, если это предусмотрено правилами хранения и применения эталонов. Национальные эталоны всегда реализуются в виде комплекса СИ и вспомогательных устройств.

Вторичные эталоны реализуются в виде:

– комплекса СИ;

– одиночных эталонов;

– групповых эталонов;

– эталонных наборов.

Одиночный эталон состоит из одной меры, одного измерительного прибора или одной измерительной установки, обеспечивающих воспроизведение или хранение единицы самостоятельно без участия других СИ того же типа.

Групповой эталон состоит из совокупности однотипных мер, измерительных приборов или других СИ, применяемых как одно целое для повышения надежности хранения единицы.

Размер единицы, хранимой групповыми эталонами, определяется как среднее арифметическое из значений, воспроизводимых отдельными мерами или приборами, входящими в состав группового эталона. Отдельные меры или приборы из его состава могут применяться в качестве одиночных рабочих эталонов, если это допустимо по условиям хранения единиц.

Групповые эталоны могут быть:

– переменного состава;

– постоянного состава.

Эталонный набор представляет собой набор мер или измерительных приборов, позволяющих хранить единицу или измерять величину в определенных пределах. Эти меры или приборы предназначены для различных значений или различных областей значений измеряемой величины. Они также могут быть:

– переменного состава;

– постоянного состава.

**Эталонная база Республики Беларусь**

Эталонная база Республики Беларусь состоит из национальных, исходных и разрядных эталонов.

Национальный эталон Республики Беларусь предназначен для воспроизведения единицы и передачи ее размера исходным эталонам, а при необходимости и возможности и рабочим разрядным эталонам.

В состав национального эталона включают СИ, при помощи которых:

1) воспроизводят и хранят единицы;

2) контролируют условия измерений и неизменность размера хранимой единицы;

3) осуществляют передачу размера единицы.

Созданием национальных эталонов занимаются органы государственной метрологической службы с привлечением при необходимости других организаций. Национальные эталоны хранятся в органах национальной метрологической службы.

Исходный эталон Республики Беларусь – это эталон, обладающий наивысшими метрологическими свойствами из имеющихся эталонов в Республики Беларусь. Эти эталоны предназначены для передачи размера единицы разрядным эталонам и рабочим СИ наивысшей точности. Исходные эталоны получают размер единицы путем сличений с национальными или международными эталонами. Исходные эталоны создаются в целях предохранения национальных эталонов от повреждений и обеспечения единства измерений, в тех областях измерений, в которых в качестве первичных используются международные эталоны. Создают исходные эталоны органы государственной метрологической службы и метрологические службы предприятий. Утверждает их Госстандарт, а хранят органы метрологической службы предприятий и государства.

В области электрорадиоизмерений имеются пять национальных эталонов:

1 Эталон времени и частоты.

Суммарная погрешность эталона по частоте, выраженная в виде случайного квадратичного отклонения (СКО), при ежедневных сличениях с государственным эталоном России не превышает ±5·10-14. На базе этого эталона создана служба времени и частоты, которая осуществляет:

а) взаимное сличение шкал времени и частоты стран СНГ;

б) метрологическую аттестацию исходных СИ времени и частоты для предприятий и организаций республики;

в) метрологический контроль правильности передач сигналов времени и частоты через национальные системы, включая спутниковые;

г) передачу эталонных частот предприятиям и сигналов точного времени «6 точек повышенной информативности» через Белорусское радио.

2 Эталон напряжения переменного тока.

Диапазон напряжений: 0,001÷1000 В.

Диапазон частот: 10 Гц÷2 ГГц (до 1 В на ВЧ).

Погрешность: 0,002 %÷1,2 %.

3 Эталон магнитной индукции.

Воспроизводит единицу в диапазоне 0,05÷2 Тл с погрешностью 0,0035 %.

4 Эталон единицы электрической мощности.

f = 50 Гц, U = 500 В, I = 100 А, С.к.о 1·10-4.

5 Эталон единицы постоянного напряжения.

Воспроизводит единицу В с погрешностью 2·10-7.

**ЛИТЕРАТУРА**

1 Димов Ю.В. метрология, стандартизация и сертификация. Учебник для вузов. 2-е изд. – СПб.: Питер, 2006.

2 Метрология, стандартизация и сертификация: Учебник/Ю.И. Борисов, А.С. Сигов и др.; Под ред. А.С. Сигова. – М. Форум:Инфра-М, 2005.

3 Руководство по выражению неопределенности измерения. – ВНИИМ, С-Пб.: 2005.