

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра автоматизации технологических процессов и производств

Учебно-методическое пособие для выполнения лабораторных работ
«Проверка средств измерения в программе LabVIEW» по курсу «Метрология,
стандартизация и сертификация»

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов дневной и заочной форм обучения по направлению подготовки 220700 «Автоматизация технологических процессов и производств» (БАГ и БАТ), изучающих курс «Метрология, стандартизация и сертификация», и по направлению подготовки 220400 «Управление в технических системах (БУС), изучающих курс «Метрология и измерительная техника» и представляет собой методические указания по выполнению лабораторных работ по поверке средств измерений на лабораторных стендах LabVIEW (компьютерная модель). Данные компьютерные модели разработаны кафедрой информационных систем МИРЭА по заказу National Instrument.

Учебно-методическое пособие включает две лабораторные работы: «Определение погрешности цифрового вольтметра методом прямых измерений» и «Определение погрешности электронного вольтметра методом сличения». Методические указания по выполнению этих работ содержат описания лабораторных стендов, рабочие задания, правила оформления отчетов и контрольные вопросы. Также приводятся сведения об организации и проведении поверки средств измерений и необходимые формулы для расчётов.

Составитель Шаловников Э.А., доц.

Рецензент: Ишемгужин А.И., доц.

Краснов А.Н., доц.

© Шаловников Э.А., 2014

© Уфимский государственный нефтяной
технический университет, 2014

Лабораторная работа 2.1 Определение погрешности цифрового вольтметра методом прямых измерений

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Получение навыков организации и проведения метрологических работ на примере определения погрешности цифрового вольтметра методом прямых измерений.

2 ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

Лабораторный стенд представляет собой LabVIEW компьютерную модель, располагающуюся на рабочем столе персонального компьютера. На стенде (рис.2.1.1) находятся модели прибора для поверки вольтметров, электронного цифрового мультиметра и устройства управления. Описание этих устройств приведены в разделе «Сведения о LabVIEW моделях» средств измерений.



Рисунок 2.1.1 - Вид модели лабораторного стенда на рабочем столе компьютера (1-прибор для поверки вольтметров, 2-электронный цифровой мультиметр, 3-устройство управления, 4-кнопка запуска режима автоматической поверки, 5-кнопка запуска режима сохранения экспериментальных данных).

При выполнении работы модели средств измерений и вспомогательные устройства служат для решения описанных ниже задач.

Модель прибора для поверки вольтметров (ППВ) используется при моделировании работы регулируемой многозначной меры постоянного напряжения с цифровым управлением. При выполнении работы ППВ является образцовым средством измерений, и обеспечивает воспроизведение с высокой точностью значения постоянного напряжения.

Модель электронного цифрового мультиметра используется при моделировании процесса прямых измерений постоянного напряжения методом непосредственной оценки. В данной работе модель мультиметра играет роль рабочего цифрового вольтметра, погрешность которого подлежит определению.

Модель устройства управления служит для управления работой ППВ и информационных систем поверяемого вольтметра, сбора измерительной информации, получаемой в процессе поверки, а также для передачи измерительной информации в компьютер с целью ее сохранения.

Схема соединения ППВ, поверяемого цифрового мультиметра, устройства управления и компьютера показана на рис. 2.1.2. Отметим, что в качестве компьютера, изображенного на рисунке, используется персональный компьютер, на котором выполняется работа.

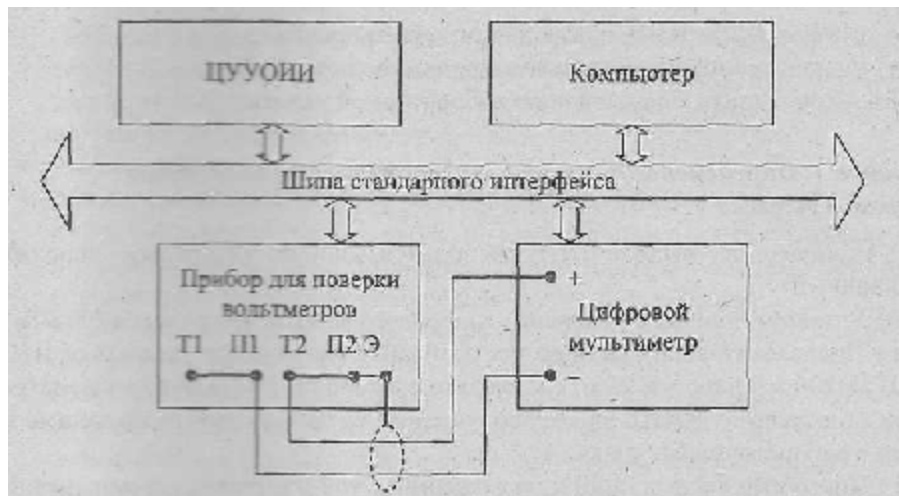


Рисунок 2.1.2.-Схема соединения приборов при выполнении работы 2.1

3 РАБОЧЕЕ ЗАДАНИЕ

3.1 Изучите описание лабораторного стенда. Продумайте свои действия за компьютером.

3.2 Запустите программу лабораторного практикума и выберите лабораторную работу №2.1 «Определение погрешности цифрового вольтметра методом прямых измерений» в группе работ «Поверка средств измерений». На рабочем столе компьютера автоматически появится модель лабораторного стенда с моделями средств измерений и вспомогательных уст-

ройств (рис. 2.1.1) и окно, созданного в среде MS Excel, лабораторного журнала, который служит для формирования отчета по результатам выполнения лабораторной работы.

3.3 Ознакомьтесь с расположением моделей отдельных средств измерений на рабочем столе и активизируйте их. Опробуйте органы управления моделями. Изменяя в ручном режиме напряжение на выходе ППВ проследите за изменениями показаний цифрового мультиметра. Поменяйте пределы измерений и вновь проследите за изменениями показаний мультиметра по мере изменения напряжения на выходе ППВ. После того, как Вы убедитесь в работоспособности моделей, выключите их.

3.4 Подготовьте к работе прибор для поверки вольтметров (ППВ) и цифровой мультиметр:

- Включите ППВ, нажав кнопку «Вкл»
- Откалибруйте ППВ, нажав кнопку «Калибровка».
- Включите цифровой мультиметр, нажав кнопку «Вкл».

3.5 Приступите к выполнению лабораторной работы.

Задание 1 Определение погрешности цифрового мультиметра в ручном режиме.

- a. Установите на выходе ППВ, используя кнопки «Разряды», напряжение 0,000000 мВ.
- b. Установите предел измерения цифрового вольтметра равным -200мВ.
- c. Последовательно вручную увеличивайте напряжение на выходе ППВ от 0 мВ до 200 мВ с шагом 25 мВ. Измерьте с помощью цифрового вольтметра напряжение на выходе ППВ во всех полученных точках. Полученные данные запишите в лабораторный журнал.
- d. Повторите предыдущий пункт задания с той разницей, что напряжение на выходе ППВ последовательно уменьшайте с шагом 25 мВ от 200 мВ до 0 мВ.
- e. Покажите преподавателю или оцените самостоятельно полученные данные, если они удовлетворительны, сохраните результаты в лабораторном журнале.

Задание 2 Определение погрешности цифрового мультиметра в автоматическом режиме.

- a. Установите с помощью устройства управления минимальное напряжение на выходе ППВ, равным 0,000000 В, а максимальное -1,990000 В.
- b. Выберите и установите шаг изменения напряжения на выходе ППВ (рекомендуемые значения шага составляют 10 мВ)
- c. Установите предел измерения вольтметра, равным 2 В.
- d. Включите, с помощью расположенной на передней панели устройства управления кнопки «Автоматическая поверка», режим автоматической поверки и наблюдайте за ходом ее выполнения.
- e. Сохраните результаты автоматической поверки, для чего введите имя файла в соответствующий индикатор устройства управления и нажмите кнопку «Со-

хранить».

f. Считайте сохраненный файл на отдельный лист MS Excel и изучите полученные данные.

3.6. Сохраните результаты.

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

4. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать:

- Сведения о цели и порядке выполнения работы.
- Сведения об использованных методах измерений.
- Сведения о характеристиках использованных средств измерений, включая сведения о возможности применения прибора для поверки вольтметров в качестве рабочего эталона, для определения погрешности цифрового мультиметра.
- Экспериментальные данные, включая рекомендации по числу значащих цифр, фиксируемых в протоколе и рекомендации о пределах измерений и показаниях отсчетного устройства, при которых необходимо установить (проконтролировать) погрешность цифрового вольтметра.
- Полностью заполненные таблицы отчета (табл. 2.1.1), а также примеры расчетов, выполнявшихся при заполнении таблицы.

Таблица 2.1.1

Определение погрешности цифрового вольтметра методом прямых измерений постоянного напряжения на выходе прибора для поверки вольтметров (ППВ) на пределе <u> </u> В										
Напряжение на выходе ППВ, В	Показания цифрового вольтметра, В		Абсолютная погрешность вольтметра, мВ			Относительная погрешность вольтметра, %			Вариация показаний вольтметра	
	возрастание	убывание	расчет	возрастание	убывание	расчет	возрастание	убывание	абсолютная, мВ	относительная, %

- Графики зависимости абсолютной и относительной погрешностей рабочего средства измерений от его показаний, с выделенными на них режимами возрастания и убывания показаний, а также полосами допустимых погрешностей.

- Графики зависимостей абсолютной и относительной вариации показаний рабочего средства измерений от его показаний с выделенными на них полосами допустимых погрешностей.

- Анализ полученных данных и вывод об особенностях и качестве проведенных измерений и результатах проделанной работы.

5 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

5.1 Что такое поверочная схема?

5.2 Можно ли на практике для поверки цифрового вольтметра, обладающего метрологическими характеристиками, подобными характеристикам модели, выбрать прибор для поверки вольтметров, с метрологическими характеристиками, аналогичными характеристикам использованной модели?

5.3 Как называется метод поверки, если в качестве рабочего эталона выступает прибор для поверки вольтметров, а в качестве рабочего средства измерения - цифровой вольтметр?

5.4 Назовите основные признаки методики поверки, использованной в работе.

5.5 Что является результатом поверки?

5.6 Какие средства измерения не подлежат поверке?

Лабораторная работа №2.2 Определение погрешности электронного вольтметра методом сличения

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Получение навыков организации и проведения метрологических работ на примере определения погрешности электронного вольтметра методом сличения

2 ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

Лабораторный стенд представляет собой LabVIEW компьютерную модель, располагающуюся на рабочем столе персонального компьютера. На стенде находятся модели электромагнитного вольтметра, электронного вольтметра и генератора сигналов (рис.2.2.1).

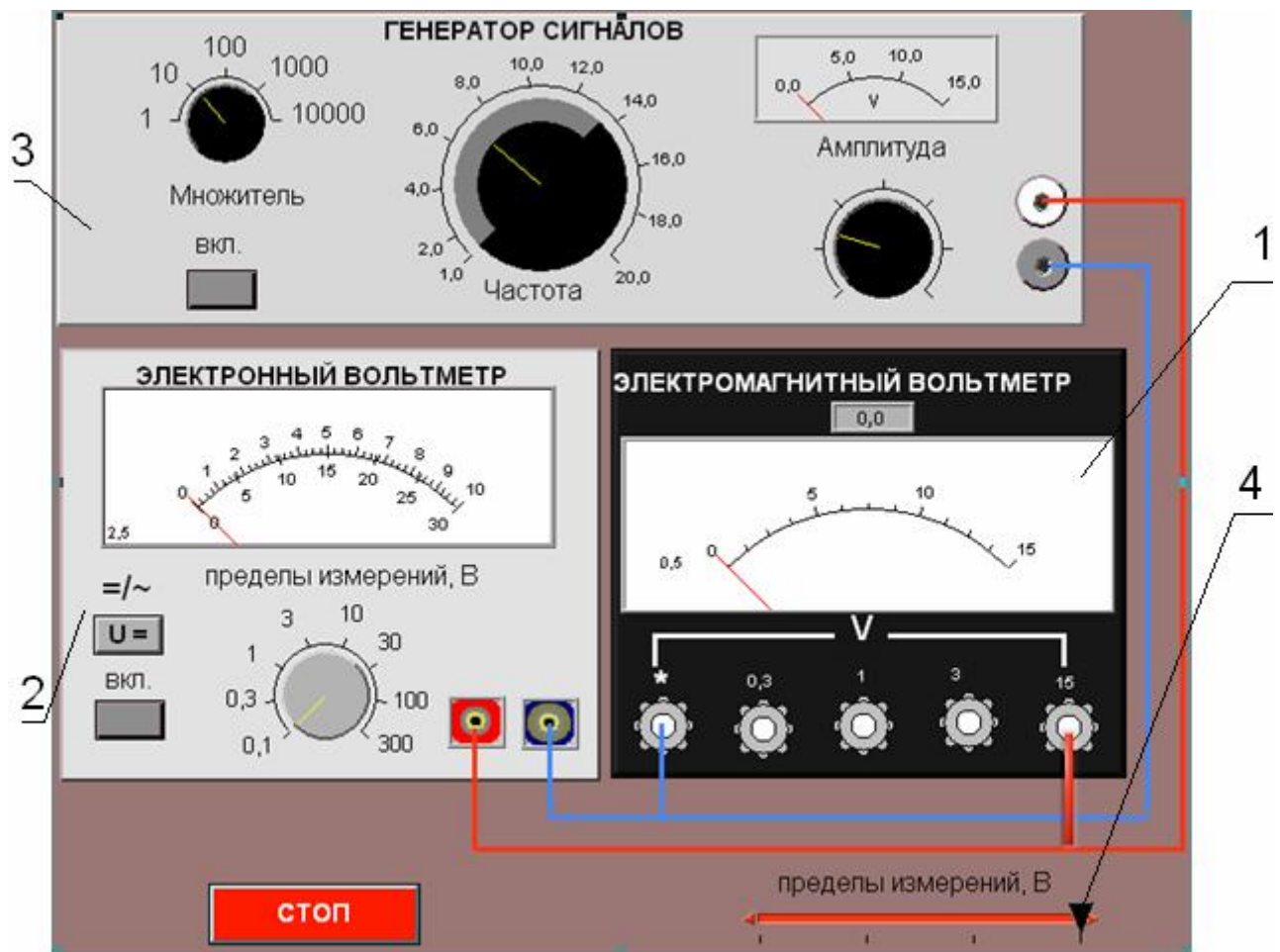


Рисунок 2.2.1- Вид модели лабораторного стенда на рабочем столе компьютера (1-электромагнитный вольтметр,2-электронный аналоговый вольтметр, 3-генератор сигналов, 4 - ползунковый переключатель).

При выполнении работы модели средства измерений и вспомогательные уст-

ройства служат для решения описанных ниже задач.

Модель электромагнитного вольтметра используется при моделировании работы прямых измерений среднеквадратического значения переменного напряжения синусоидальной формы методом непосредственной оценки. При выполнении работы модель электромагнитного вольтметра служит образцовым средством измерений, с помощью которого методом сличения определяется погрешность рабочего средства измерения.

Модель электронного вольтметра с амплитудным детектором используется при моделировании процесса среднеквадратического значения переменного напряжения синусоидальной формы. При выполнении работы модель играет роль рабочего средства измерений, погрешность которого подлежит определению.

Модель генератора сигналов используется при моделировании работы источника переменного электрического напряжения синусоидальной формы с плавной регулировкой амплитуды и частоты генерируемого сигнала.

3 РАБОЧЕЕ ЗАДАНИЕ

3.1 Запустите программу лабораторного практикума и выберите лабораторную работу №2.2 «Определение погрешности электронного вольтметра методом сличения» в группе работ «Определение погрешности электронного вольтметра методом сличения». На рабочем столе компьютера автоматически появится модель лабораторного стенда с моделями средств измерений и вспомогательных устройств (рис. 2.2.1) и окно, созданного в среде MS Excel, лабораторного журнала, который служит для формирования отчета по результатам выполнения лабораторной работы.

3.2 Ознакомьтесь с расположением моделей отдельных средств измерений на рабочем столе.

3.3 Подготовьте к работе модель электродинамического вольтметра, установив с помощью ползункового переключателя предел измерений, равным 15 В.

3.4 Подготовьте к работе модель электродинамического вольтметра:

- включите вольтметр с помощью кнопки «Вкл»;
- с помощью переключателя «~/=» выберите род работы модели, соответствующий измерению переменного напряжения;
- установите предел измерений вольтметра, равным 10 В.

3.5 Подготовьте к работе модель генератора сигналов:

- включите модель генератора с помощью кнопки «Вкл»;
- установите, ориентируясь на стрелочный индикатор, амплитуду выходного сигнала, равной нулю;
- установите частоту выходного сигнала, равной примерно 50 Гц.

3.6 Опробуйте модели средств измерений. В процессе опробования плавно изменяйте напряжение на выходе генератора сигналов и следите за показаниями вольтметров. Изменяя диапазон измерений вольтметров, амплитуду и частоту выходного сигнала, проследите за изменениями показаний приборов и убедитесь

тес в их работоспособности.

3.7 Приступите к выполнению лабораторной работы.

Задание 1 Измерение переменного электрического напряжения образцовым и рабочим вольтметрами.

- a. Установите амплитуду выходного сигнала генератора сигналов, равной нулю, а частоту выходного сигнала, равной примерно 50 Гц.
- b. Плавно увеличивая выходное напряжение генератора сигналов от нуля до верхнего предела, а затем, плавно уменьшая от верхнего предела до нуля, последовательно останавливайте стрелку электронного вольтметра на каждом оцифрованном делении шкалы и фиксируйте при этом показания электромагнитного вольтметра. Если с первой попытки не удалось зафиксировать стрелку электронного вольтметра напротив оцифрованного деления, повторите попытку, сохраняя выбранное направление подхода (снизу-вверх или сверху-вниз).
- c. Занесите полученные результаты в отчёт.
- d. Повторите п.п. а - с задания, выбрав другую частоту переменного напряжения (до 400 Гц) и другой предел измерения вольтметров.

Задание 2 Определение погрешности рабочего вольтметра методом сличения.

- a. Используя полученные экспериментальные данные и сведения о классах точности используемых вольтметров, рассчитайте:
 - абсолютную и относительную погрешность электронного вольтметра в оцифрованных точках шкалы;
 - поправки к показаниям электронного вольтметра;
 - соотношение между фактической и допустимой погрешностями электронного вольтметра.
- b. Результаты расчётов запишите в ответ.

3.8 Сохраните результаты.

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

4 ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЁТА

Отчет должен содержать:

- Сведения о цели и порядке выполнения работы.
- Сведения об использованных методах измерений.
- Сведения о характеристиках использованных средств измерений, включая данные, подтверждающие возможность применения электромагнитного вольтметра в качестве рабочего эталона, для определения погрешности электронного вольтметра (рабочее средство измерения).
- Экспериментальные данные, включая рекомендации по числу значащих цифр, фиксируемых в протоколе и рекомендации о пределах измерений и по-

казаниях отсчетного устройства, при которых необходимо установить погрешность электронного вольтметра.

- Полностью заполненные таблицы отчета (табл. 2.2.1), а также примеры расчетов, выполнявшихся при заполнении таблиц.

Таблица 2.2.1

Определение погрешности электронного вольтметра методом сличения с показаниями электродинамического вольтметра (рабочий эталон) при измерении переменного напряжения частотой ____ Гц на пределе шкалы _____ В.										
Показания электронного(рабочего) вольтметра, В (мВ)	Показания электромагнитного (рабочий эталон) вольтметра, В (мВ)		Абсолютная погрешность электронного вольтметра, мВ			Относительная погрешность электронного вольтметра, %			Вариация показаний электронного вольтметра	
	возрастание	убывание	расчет	возрастание	убывание	расчет	возрастание	убывание	абсолютная, В	относительная, %

- Графики зависимости абсолютной и относительной погрешностей рабочего средства измерений (электронный вольтметр) от его показаний, с выделенными на них режимами возрастания и убывания показаний, а также полосами допустимых погрешностей.

- Графики зависимостей абсолютной и относительной вариации показаний рабочего средства измерений (электронный вольтметр) от его показаний с выделенными на них полосами допустимых погрешностей.

- Анализ полученных данных и вывод об особенностях и качестве проведенных измерений и результатах проделанной работы.

5 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

5.1 Что такое поверка и зачем она выполняется?

5.2 Дайте определения следующих понятий: погрешность средства измерений, класс точности средства измерений, погрешность поверки.

5.3 Каким образом осуществляется передача размеров единиц от государственных эталонов и рабочих эталонов к рабочим средствам измерений?

5.4 Что такое эталон, рабочий эталон, рабочее средство измерений?

5.5 Какими нормативными документами регулируются вопросы организации и проведения поверки, построения и содержания документов по поверке?

5.6 Каковы основные требования к построению и содержанию поверочной схемы?

5.7 Какие способы поверки существуют? Чем определяется выбор того или иного способа поверки?

5.8 Какими критериями необходимо руководствоваться при выборе рабочих эталонов, с помощью которых поверяются рабочие средства измерений?

5.9 Что такое нормальные условия при поверке?

5.10 Какими нормами и правилами необходимо руководствоваться при разработке методики поверки?

5.11 Можно ли операции, выполнявшиеся в работе, считать поверкой электронного вольтметра? Почему?

5.12 Как вычислить погрешность средства измерений?

5.13 В каких случаях при поверке приходится вносить поправки в показания рабочих эталонов?

5.14 Как называется метод, использованный в работе, для определения погрешностей электронного вольтметра? Почему именно этим методом мы воспользовались?

5.15 Каковы принцип работы и устройство электромагнитного и электронного вольтметра?

3 К лабораторным работам по поверке средств измерений

3.1 Общие сведения об организации и проведении поверки средств измерений

Использование в измерительной практике только пригодных к применению средств измерений является одним из важнейших условий обеспечения единства измерений. Основным инструментом, с помощью которого проверяется пригодность средств измерений к практическому применению, является поверка.

Поверка - способ признания средства измерений пригодным к применению на основании результатов контроля соответствия установленным требованиям его метрологических характеристик, определяемых экспериментально.

Из определения видно, что понятие поверки следует рассматривать с двух точек зрения, а именно: с метрологической и с правовой. С метрологической точки зрения поверка заключается в определении метрологическим органом погрешностей средств измерений и установлении на этом основании их пригодности к применению. С правовой точки зрения поверка - это вид метрологического надзора (контроля) за средством измерений, которое ранее было признано пригодным к применению на законных основаниях.

Средства измерений подвергаются **первичной, периодической, внеочередной, инспекционной и экспертной поверкам**. Порядок организации и проведения поверки средств измерений регламентируется целым рядом нормативных документов, в которых подробно рассматривается содержание операций, выполняемых для определения (контроля) погрешности поверяемого средства измерений.

Поверку средств измерений производят органы государственной метрологической службы, аттестованные в установленном порядке на право ее проведения.

Лица, которые непосредственно производят поверку, также подлежат аттестации в установленном порядке. Таким образом, в учебной лаборатории (за исключением случаев, когда она и ее работники соответствующим образом аттестованы) можно только посредством определенного метода (аналогичного тому, который используется при поверке) определить метрологические характеристики некоторого средства измерений, а саму поверку провести нельзя.

Поверка средств измерений производится в соответствии с методиками, которые утверждаются в установленном порядке. В целом, соотношение между документами, используемыми при разработке методик поверки, показано на рис. 3.1.

При выборе методов и средств поверки всегда исходят из того, что они должны соответствовать методам и средствам, предусмотренным в соответствующих государственных поверочных схемах. Поверочная схема представляет собой исходный документ, устанавливающий метрологическое соподчинение эталонов, рабочих эталонов и порядок передачи размера

единицы рабочим эталонам и рабочим средствам измерений. Вопрос о конкретном содержании и построении поверочных схем решается в соответствии с ГОСТ 8.061-80 «Государственная система обеспечения единства измерений. Поверочные схемы. Содержание и построение».

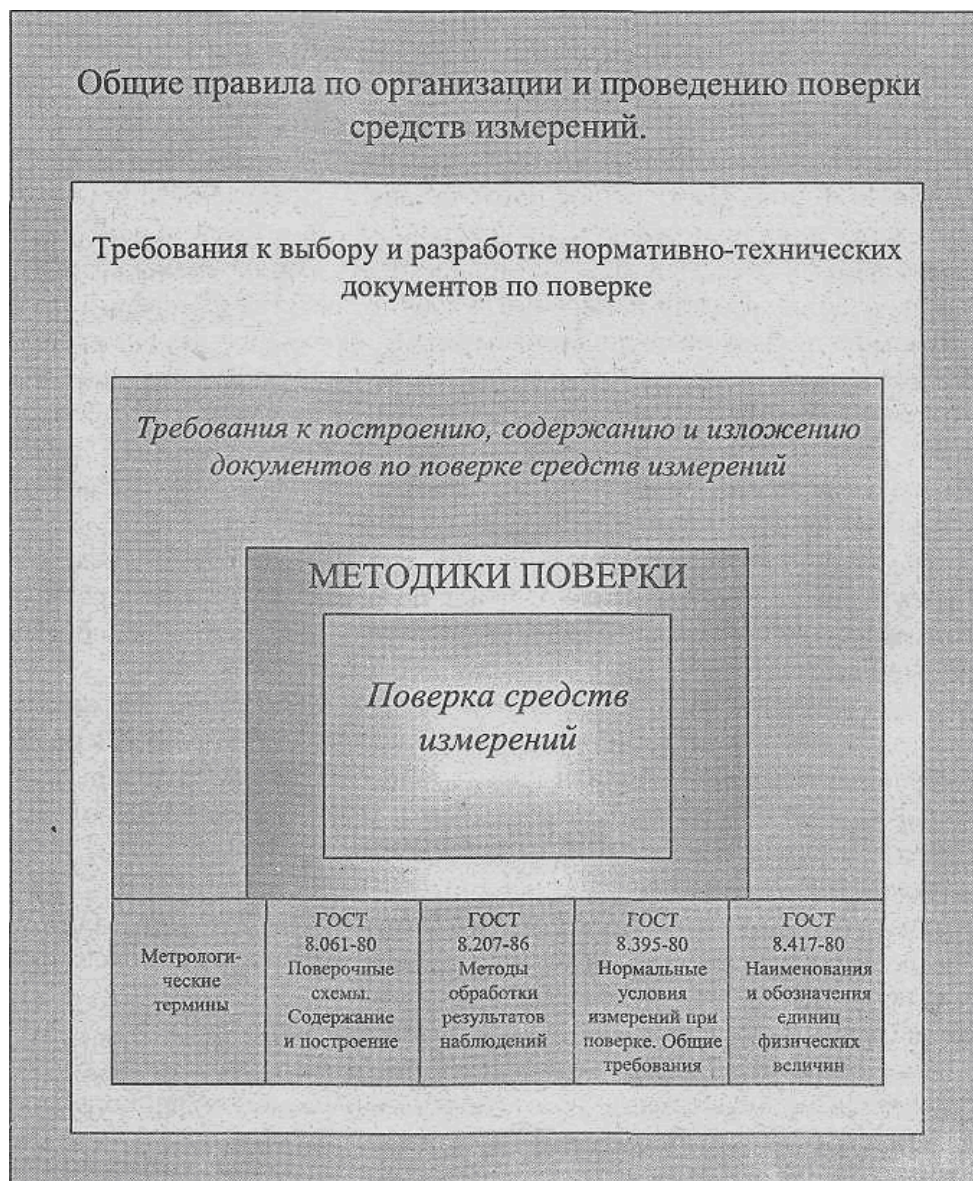


Рисунок 3.1 - Поверка СИ и система нормативной документации

Поверочные схемы состоят из текстовой части и чертежа. На чертежах поверочной схемы указываются: наименования средств измерений, диапазон значений физических величин, обозначение и оценка погрешностей, наименование методов поверки. Текстовая часть состоит из вводной части и пояснений к элементам поверочной схемы.

На рисунке 3.2 приведен пример компоновки элементов поверочной схемы.

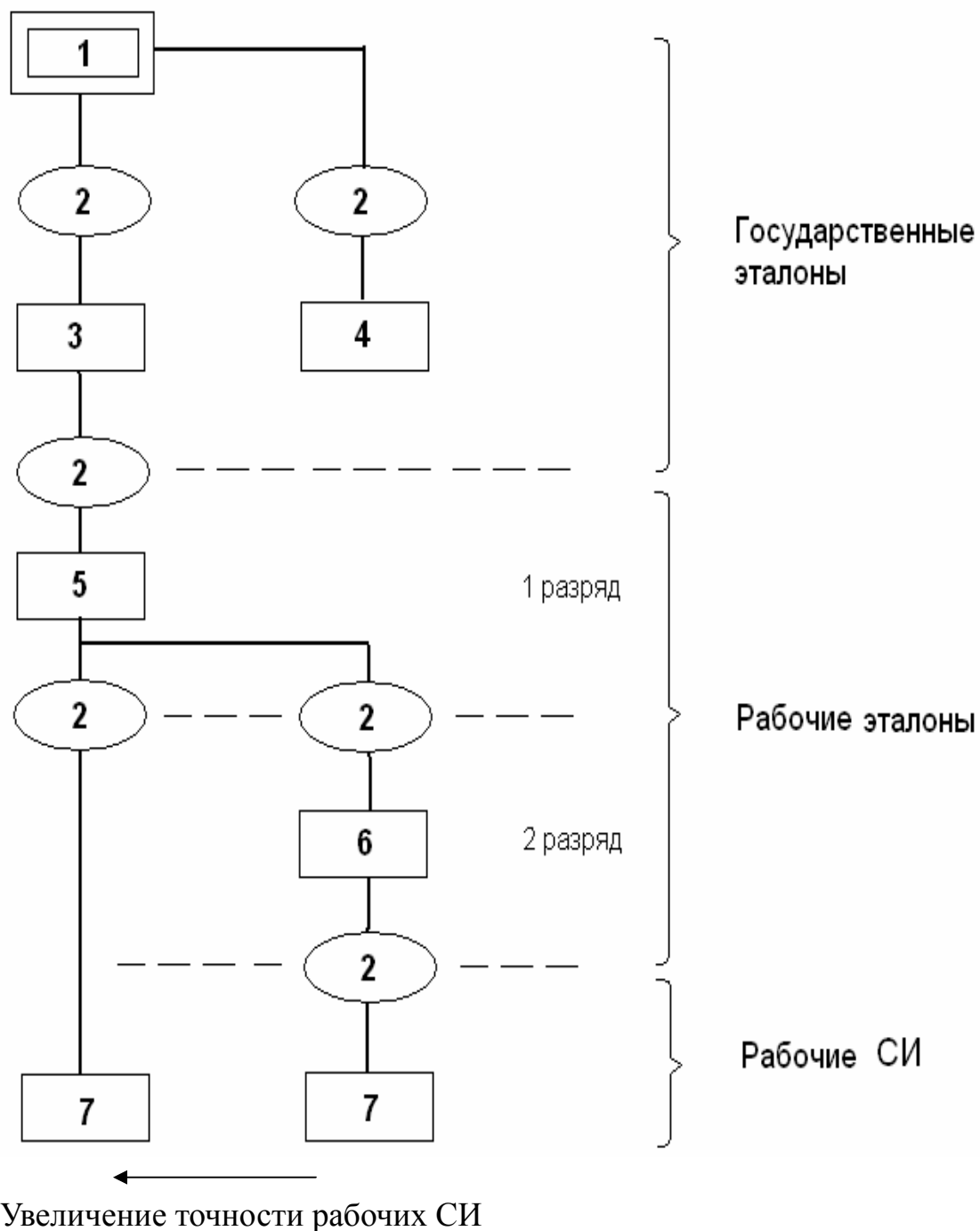


Рисунок 3.2 – Пример компоновки элементов поверочной схемы.

1-государственный или первичный эталон; 2- метод передачи размера; 3- вторичный эталон; 4-эталон - сравнения; 5,6 - рабочие эталоны соответствующих разрядов 7-рабочие средства измерений (СИ).

Государственный эталон заключается в прямоугольник с двойной линией.

Вторичные эталоны, рабочие эталоны и рабочие СИ заключаются в прямоугольник с одинарной линией.

Метод передачи размера заключается в окружность или в горизонтальный овал. Окружности располагают между наименованиями объектов повер-

ки и рабочими эталонами, применяемыми для их поверки, причем, если эти окружности находятся не в поле эталонов, их располагают в разрывах пунктирной линии, разделяющей соответствующие поля схемы.

Передачу размеров единиц от эталонов рабочим эталонам и рабочим средствам измерений изображают соединительными линиями, проходящими через окружность, в которой указан метод поверки. Соединительные линии, как правило, не должны пересекаться.

Вместо цифр в прямоугольниках указываются наименования государственных эталонов, рабочих эталонов или рабочих СИ; диапазоны измерений; метрологические характеристики – погрешности их поверки (погрешность передачи размера единицы от предыдущего звена к последующему).

В горизонтальном овале заключается конкретный метод передачи размера:

- а) непосредственное сличение (без средств сравнения);
- б) сличение при помощи компаратора (при помощи средств сравнения);
- в) метод прямых измерений;
- г) метод косвенных измерений.

Метрологические характеристики СИ, указываемые в поверочной схеме, должны удовлетворять следующим требованиям:

1. Погрешности государственных эталонов должны быть выражены в соответствии с ГОСТ 8.381 – 80. ГСИ. Эталоны. Способы выражения погрешностей.

2. Погрешности рабочих эталонов следует характеризовать пределом допускаемой погрешности СИ, либо доверительной погрешностью при соответствующей доверительной вероятности $p_D = 0.9; 0.95; 0.99;$

$[p(-e < \overset{0}{\Delta} < +e)]$.

3. Метрологические характеристики рабочих СИ должны соответствовать требованиям ГОСТ 8.009-84. Погрешность рабочих СИ следует характеризовать пределом допускаемой погрешности СИ.

4. Форма выражения погрешности (размерности) рабочих эталонов и рабочих СИ в одной поверочной схеме должна быть одинаковой (абсолютной или относительной).

Важным при поверке является вопрос о выборе соотношения между допускаемыми погрешностями рабочего эталона и поверяемого прибора. Как правило, рекомендуется принимать это соотношение равное 1:5. В общем случае оно может лежать в интервале от 1:2 до 1:10. Необходимая точность рабочих эталонов, а иногда и их типы регламентируются нормативными документами на методы поверки. Минимально допустимым отношением погрешностей считают 1:3.

По месту, занимаемому в поверочной схеме, рабочие эталоны бывают I-го, II-го, III-го, IV-го и т.д. разрядов.

Поверка измерительных приборов осуществляется одним из двух методов:

- методом измерения величин, воспроизводимых рабочими эталонами (или мерами) соответствующего разряда или класса точности, значения которых выбирают равными оцифрованным отметкам шкалы прибора. Наибольшая разность между результатами измерения и соответствующими им размерами мер является в этом случае основной погрешностью прибора;
- методом сличения поверяемого и некоторого рабочего эталона при измерении одной и той же величины, при этом разность их показаний определяет погрешность поверяемого прибора.

Метод сличения можно реализовать двумя способами:

- измеряемая величина изменяется в определенных, заранее оговоренных пределах, устанавливаемых по показаниям рабочего эталона, а погрешность находится по показаниям поверяемого прибора. Этот метод особенно удобен при автоматизации поверочных работ, так как позволяет поверять одновременно несколько приборов с помощью одного рабочего эталона;
- измеряемая величина изменяется в определенных, заранее оговоренных пределах, устанавливаемых по показаниям поверяемого прибора, а погрешность находится по показаниям рабочего эталона как отклонение от соответствующего деления шкалы или отсчета. Преимущество этого метода заключается в том, что с его помощью определить погрешность можно более точно, так как шкала рабочего эталона имеет обычно большее число делений, а отсчетное устройство - меньшую цену деления единицы младшего разряда

Собственно поверка состоит из нескольких этапов, среди которых:

- выбор операций и средств поверки;
- организация работ по поверке в соответствии с требованиями безопасности и охраны труда;
- проверка условий поверки и подготовка к ней;
- проведение поверки;
- обработка результатов поверки;
- оформление результатов поверки

При проведении поверки следует:

- выполнить внешний осмотр, в процессе которого устанавливается соответствие требованиям по комплектности и внешнему виду поверяемого средства измерений;
- произвести опробование для проверки действия поверяемого средства измерения и/или действия и взаимодействия его отдельных частей и элементов;
- установить наиболее рациональные методы определения (контроля) метрологических характеристик;
- определить (проконтролировать) метрологические характеристики, подлежащие определению (контролю) при поверке

В процессе поверки необходимо вести протокол записи результатов измерений. В протоколе должны содержаться:

- описание метода поверки;
- схемы подключения;
- чертежи, графики, таблицы с пояснением входящих в них обозначений, указания о предельно допускаемой погрешности отсчета;

- рекомендации по числу значащих цифр, фиксируемых в протоколе;
- рекомендации о пределах измерений и точках шкалы (показаниях отсчетного устройства) поверяемого прибора, в которых необходимо установить (проконтролировать) погрешность средства измерений.

Обработка результатов измерений проводится в соответствии с рекомендациями, зафиксированными в нормативно-технической документации на поверку. Отчет о результатах поверки обязательно должен содержать заключение о пригодности средства измерений к применению, которое должно оформляться в виде свидетельства по установленной форме или содержать указания о запрещении применения средства измерений, если оно прошло поверку с отрицательными результатами.

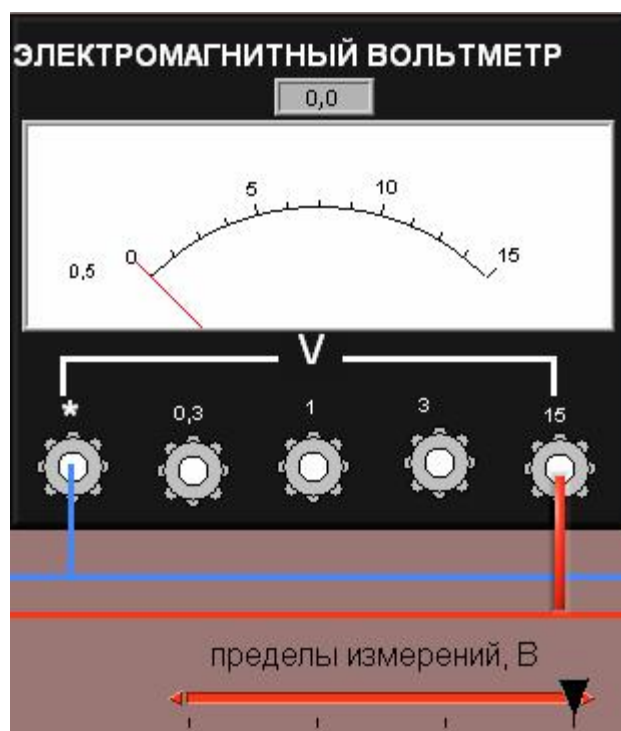
3.2 Сведения о LabVIEW моделях средств измерений

3.2.1 Электромагнитный вольтметр

Модель электромагнитного вольтметра используется при выполнении работы № 2.2 и служит для измерения переменного электрического напряжения синусоидальной формы.

Характеристики модели:

- шкала отсчетного устройства проградуирована в действующих значениях;
- пределы измерения могут быть выбраны равными 0,3; 1,3 или 15 В;
- класс точности нормирован для приведенной погрешности и равен 0,5;
- диапазон рабочих частот от 20 Гц до 1 кГц.



На лицевой панели модели расположены:

- шкала отсчетного устройства со стрелочным указателем;
- клеммы для выбора пределов измерения и подключения к электрической

цепи (для удобства пользователя в работе 2.2 пределы измерения могут выбираться с помощью ползункового переключателя, находящегося под электромагнитным вольтметром).

3.2.2 Электронный аналоговый вольтметр

Модель электронного аналогового вольтметра проградуирована в среднеквадратических значениях. Она используется при выполнении работ № 2.2 и служит для измерения постоянного напряжения и среднеквадратического значения напряжения в цепях переменного тока синусоидальной формы (в последнем случае для преобразования используется амплитудный детектор).

Характеристики модели:

- в режиме измерения постоянного и переменного напряжения пределы измерения могут выбираться в диапазоне от 100 мВ до 300 В;
- диапазон рабочих частот от 10 Гц до 100 МГц;
- класс точности вольтметра нормирован для приведенной погрешности и равен 2,5 на всех пределах измерения постоянного напряжения и переменного напряжения в области рабочих частот.

На лицевой панели модели расположены:

- кнопка «ВКЛ.» для включения питания;
- шкала отсчетного устройства со стрелочным указателем;
- переключатель пределов измеряемой величины;
- кнопка «-/+» выбора рода работы (измерение постоянного или переменного напряжения);
- электрические разъемы для подключения к источнику измеряемого напряжения.



3.2.3 Генератор сигналов синусоидальной формы

Модель генератора сигналов синусоидальной формы используется при выполнении работы № 2.2 и служит для формирования гармонического

электрического сигнала с регулируемыми параметрами.

Характеристики модели:

- диапазон рабочих частот от 1 Гц до 100 кГц;
- выходное напряжение плавно регулируется в диапазоне от 0 В до 15 В;
- погрешность установки частоты выходного сигнала не более 1%.



На лицевой панели модели генератора сигналов расположены:

- кнопка «Вкл.» для включения питания;
- декадный переключатель частоты выходного сигнала «Множитель»;
- ручка плавной регулировки частоты выходного сигнала «Частота»;
- ручка плавной регулировки уровня выходного сигнала «Амплитуда»;
- стрелочный индикатор амплитуды выходного сигнала;
- электрические разъемы «Выход» - выход гармонического сигнала генератора.

3.2.4 Электронный цифровой мультиметр

Модель электронного цифрового мультиметра используется при выполнении работ № 2.1 и служит для измерения постоянного тока и напряжения, измерения среднеквадратических значений тока и напряжения в цепях переменного тока синусоидальной формы, измерения сопротивления постоянному току.

Характеристики модели:

- в режиме измерения постоянного и переменного напряжения пределы измерения могут выбираться в диапазоне от 1,0 мВ до 300 В;
 - при измерении напряжения могут быть установлены следующие поддиапазоны: от 0,0 мВ до 199,9 мВ; от 0,000 В до 1,999 В; от 0,00 В до 19,99 В; от 0,0 В до 199,9 В; от 0 В до 1999 В.
 - диапазон рабочих частот от 20 Гц до 100 кГц;
 - пределы допускаемых значений основной относительной погрешности при измерении напряжения равны:
 - $d = \pm(0,1 + 0,02 \cdot (U_K / U - 1))\%$ - при измерении постоянного напряжения.
 - $d = \pm(0,6 + 0,1 \cdot (U_K / U - 1))\%$ - при измерении переменного напряжения во всем диапазоне частот,
- где U_K - конечное значение установленного предела измерений,

- U - значение измеряемого напряжения на входе мультиметра;
- пределы допускаемых значений основной погрешности мультиметра при $dR = \pm(0,15 + 0,05 \cdot (R_k / R - 1))\%$,
 - где R_k - конечное значение установленного предела измерений;
 - R - значение измеряемого сопротивления.

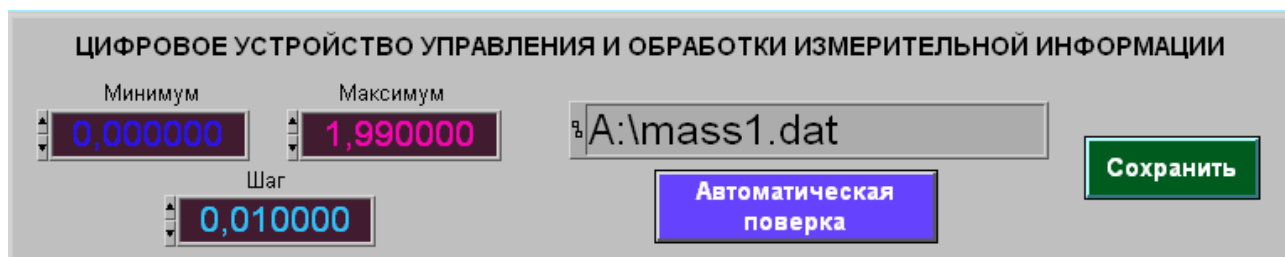


На лицевой панели модели расположены:

- тумблер «ВКЛ.» включения питания со световым индикатором;
- четырехзарядный индикатор цифрового отсчетного устройства;
- кнопка «<->» со световым индикатором для выбора меньшего рабочего предела;
- кнопка «<->» со световым индикатором для выбора большего рабочего предела;
- кнопка автоматического выбора предела работы «АВП» со световым индикатором;
- группа кнопок выбора рода работы (при измерении постоянного напряжения должна быть нажата кнопка «U=») со световыми индикаторами;
- электрические разъемы для подключения к электрической цепи;
- световые индикаторы значения измеряемого напряжения «В», «милли В».

3.2.5 Цифровое устройство управления и обработки измерительной информации

Цифровое устройство управления и обработки измерительной информации (ЦУУОИИ) используется при выполнении работы № 2.1



На лицевой панели модели расположены:

- индикатор минимального напряжения, устанавливаемого с помощью

цифрового устройства обработки измерительной информации;

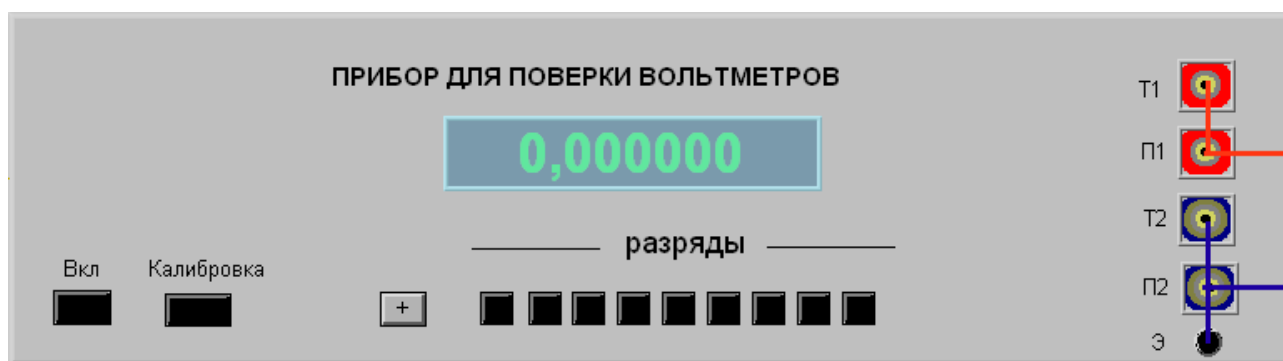
- индикатор максимального напряжения, устанавливаемого с помощью цифрового устройства обработки измерительной информации;
- индикатор шага, которым изменяется устанавливаемое напряжение;
- кнопка запуска режима «Автоматическая поверка»;
- управляющий элемент, предназначенный для ввода имени файла измерительной информации;
- кнопка «Сохранить», предназначенная для сохранения файла измерительной информации.

3.2.6 Прибор для поверки вольтметров

Прибор для поверки вольтметров (ППВ) используется при выполнении работы № 2.1. Режим (ручной или автоматический), род работы (калибровка ППВ или режим поверки), пределы измерения образцового напряжения на выходе ППВ и шаг изменения этого напряжения устанавливаются с помощью переключателей, расположенных на лицевой панели модели

Характеристики модели ППВ:

- диапазон изменения выходного напряжения может изменяться в пределах от 0,000000 В до 199,999999 В;
- шаг изменения выходного напряжения регулируется ступенчато в пределах от 1 мкВ до 1,000000 В;
- относительная погрешность воспроизведения выходного напряжения $\delta \% = \pm(0,0025 U + 0,00015 U_{\text{пр.шк.}})$;
- электрическое подключение поверяемого вольтметра к выходу ППВ осуществляется по четырехзажимной схеме с экранировкой сигнального кабеля;
- в ручном режиме желаемое напряжение устанавливается с клавиатуры;
- допускается автоматический режим работы под управлением компьютера, с которым ППВ соединяется посредством стандартного интерфейса. Этот режим используется в целях уменьшения трудоемкости и повышения качества работ при поверке.



На лицевой панели прибора для поверки вольтметров расположены:

- кнопка «Вкл.», предназначенная для включения прибора;
- кнопка «Калибровка», предназначенная для калибровки прибора перед его использованием;

- кнопка «+», предназначенная для установки полярности выходного напряжения;
- девять кнопок «Разряды», предназначенных для установки значения выходного напряжения в ручном режиме работы;
- цифровой индикатор выходного напряжения;
- клеммы для подключения поверяемых вольтметров, из них: две токовые (силовые) клеммы (Т1 и Т2) и две потенциальные (измерительные) (П1 и П2) для реализации при необходимости четырехзажимной схемы подключения нагрузки, а также клемма Э для подключения защитного экрана.

3.3 Основные расчётные формулы

Абсолютная погрешность Δ – это разность между результатом и истинным значением измеряемой величины. Результатом измерения является показания x поверяемого СИ (рабочий вольтметр), а за истинное значение измеряемой величины x' принимается показание рабочего эталона (в работе 2.1 напряжение на выходе ППВ, а в работе 2.2 – показания электронного вольтметра)

$$\Delta = x - x'.$$

Относительная погрешность d – это отношение абсолютной погрешности к истинному значению измеряемой величины (характеризует качество измеряемой величины)

$$d = \pm \frac{\Delta}{x}.$$

Приведённая погрешность g – это отношение абсолютной погрешности к базовому значению (характеризует качество измерительного прибора)

$$g = \pm \frac{\Delta}{N},$$

где $N = const$ - базовое значение, за которое в измерительных приборах принимается предел его измерения $N = (x_e - x_n)$;

x_e - верхнее предельное значение измеряемой величины;

x_n - нижнее предельное значение измеряемой величины.

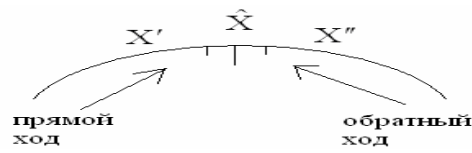
Относительная и приведённая погрешности могут выражаться не только в относительных единицах, но и в процентах

$$d = \pm \frac{\Delta}{x} \times 100\% ;$$

$$g = \pm \frac{\Delta}{N} \times 100\% .$$

Абсолютная вариация H - разность между результатами измерений, полученными со стороны меньших значений до данного значения x' (прямой ход) и со стороны больших значений до данного значения x'' (обратный

ход).



$$H = |x' - x''|,$$

где x' - результат, полученный при прямом ходе;

x'' - результат, полученный при обратном ходе.

Относительная вариация dH – это отношение абсолютной вариации к нормирующему значению $N = const$

$$dH = \pm \frac{H}{N} \times 100\% .$$