

Лабораторная работа №2

«Проверка вольтметров»

Цель работы: проведение поверки вольтметра на постоянном и переменном токе.

Используемое оборудование: поверяемые вольтметры (по вариантам): В7-36, В7-16А, NI ELVIS-DMM, универсальный цифровой вольтметр В7-38; образцовый вольтметр NI PXI-4065, генератор сигналов специальной формы NI PXI-5402, рабочая станция NI ELVIS.

Теоретические сведения

Проверка (средств измерений) – установление официально уполномоченным органом пригодности средства измерений к применению на основании экспериментально определяемых метрологических характеристик и подтверждения их соответствия установленным обязательным требованиям.

Средства измерений, находящиеся в пользовании, должны периодически подвергаться поверке. Проверка средств измерений производится для установления пригодности их к применению. Проверка измерительных приборов предполагает оценку их метрологических характеристик и выполняется по поверочной схеме.

Поверочная схема – иерархическая структура, устанавливающая соподчинение эталонов, участвующих в передаче единицы или шкалы измерений от исходного эталона средствам измерений (с указанием методов и погрешностей при передаче), утверждаемая в установленном порядке в виде нормативного документа.

Существует несколько методов проведения поверки (входят в поверочную схему), такие как: метод непосредственного сличения СИ, метод сличения СИ с эталоном, используя компаратор, метод прямого измерения, метод замещения и т.д. Но для конкретного средства измерения разрабатываются свои методики поверки, основанные на одном из методов поверки, и включающие в себя также требования к вспомогательному оборудованию, используемым средствам измерениям, эталонам, диапазонам измеряемой величины и пр.

В данной лабораторной работе для проведения поверки аналоговых и цифровых вольтметров будет использован метод непосредственного сличения. В основе данного метода лежит одновременное измерение одной и той же величины поверяемым и образцовым прибором, при этом сравниваются показания поверяемого средства с образцовым (т.е. значение с источника измеряемой величины исключается из анализа).

При выборе образцового средства измерения можно¹ руководствоваться следующим условием: основная погрешность образцового прибора не должна превышать 1/5 предела допускаемой погрешности поверяемого прибора. Проверка будет осуществляться на одном диапазоне измерений, а оцениваться будут лишь основная, дополнительная частотная погрешности и вариация показаний (для аналоговых вольтметров). Основная погрешность и вариация (для аналоговых вольтметров) определяются для нескольких (не менее 6-8) точек шкалы с обязательным включением в число поверяемых точек всех числовых отметок шкалы или целых значений на выбранном пределе измерений. Дополнительную погрешность от изменения частоты измеряемого напряжения определяют для двух точек шкалы при изменении частоты измеряемого напряжения на +10 и -10% от границ нормального диапазона частот f_{\min} и f_{\max} .

Для успешного прохождения проверки значения погрешностей, полученных в ходе нее, не должны превышать допустимых погрешностей средства измерения, представленных в их техническом описании. Вариация показаний прибора, а также дополнительная приведенная погрешность, вызванная отклонением частоты измеряемого напряжения на $\pm 10\%$ от нормального диапазона частот, не должны превышать допускаемых значений основной погрешности прибора.

Перед проведение проверки необходимо подготовить образцовое и поверяемое средство измерения согласно технической документации на эти СИ, по возможности, провести их калибровку.

Калибровка (средств измерения) – совокупность операций, устанавливающих соотношение между значением величины, полученным с помощью данного средства измерений и соответствующим значением величины, определенным с помощью эталона с целью определения метрологических характеристик этого средства измерений

Вольтметр - измерительный прибор, предназначенный для прямых измерений напряжения постоянного и (или) переменного тока по методу непосредственной оценки.

Измерительный прибор - средство измерений, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия.

Прямое измерение - измерение, при котором искомое значение физической величины находится непосредственно по показаниям средства измерения.

Метод непосредственной оценки - метод измерений, при котором значение

¹ Как указывалось выше – требования к образцовому средству измерения, а также сам метод измерения описывается в методике поверки на конкретное средство измерения.

величины определяют непосредственно по показывающему средству измерений.

Шкала средства измерений - часть средства измерений, представляющая собой упорядоченный набор меток вместе со значениями соответствующей величины.

Цена деления – разность значений величины, соответствующих двум соседним отметкам шкалы средства измерений.

Числовая отметка шкалы – отметка шкалы, у которой проставлено число.

Вариация показаний (измерительного прибора) - разность показаний измерительного прибора в одной и той же точке диапазона измерений при плавном подходе к этой точке со стороны меньших и больших значений измеряемой величины.

Вариация показаний по определению характерна только для аналоговых средств измерения, для цифровых же приборов вариация может быть раскрыта как колебания его показаний около среднего значения. В данной работе будет оцениваться вариация только аналоговых средств измерения.

Вольтметр электронный аналоговый В7-36

Диапазон измеряемого прибором постоянного напряжения от 10 мВ до 1000 В.

Диапазон измеряемого прибором переменного напряжения частоты 20 Гц- 20 кГц через входные гнезда от 30 мВ до 1000 В.

Частота градуировки - 1 кГц.

Основная погрешность прибора при измерении постоянного напряжения, выраженная в процентах от верхнего предела установленного поддиапазона - $\pm 2,5\%$.

Основная погрешность прибора при измерении переменного напряжения, выраженная в процентах от верхнего предела установленного поддиапазона - $\pm 2,5\%$.

Вариация показаний прибора, выраженная в процентах от предела установленного поддиапазона, не превышает 1,5%.

Изменение показаний прибора в пределах рабочих областей частот относительно показания на частоте градуировки в процентах от верхнего предела установленного поддиапазона - $\pm 1,2\%$ для частот от 20 Гц до 10 кГц и $\pm 4\%$ для частот св. 10 Гц до 20 кГц.

Изменение показаний прибора, вызванное изменением температуры окружающего воздуха от нормальной до любой температуры в пределах рабочей области температур, не превышает половины предела допускаемой основной погрешности на каждые 10°C изменения температур.

Время установления показаний прибора не превышает 4 с.

Активное входное сопротивление прибора при измерении постоянного напряжения $(11\pm 1)\text{ МОм}$.

Активное входное сопротивление прибора при измерении переменного напряжения (10 ± 1) МОм.

Подготовка к работе

Установить тумблер «**ПИТАНИЕ**» в выключенное положение, а переключатель рода питания в положение «**ВНЕШНЕЕ ПИТАНИЕ**». К розетке «**ВНЕШНЕЕ ПИТАНИЕ**» подключить кабель от блока питания, а блок питания включить в сеть 220 В.

Установить переключатель рода работ в положение «», а переключатель поддиапазона в положение «**0,1 V**». Включить прибор тумблером «**ПИТАНИЕ**». Установить указатель прибора на нулевую отметку шкалы с помощью ручки «**УСТ.0**». Перед установкой нуля гнезда «**0,1-30V**» и «» замкнуть накоротко. Прибор готов к измерениям.

Вольтметр цифровой В7-16А

В7-16А - цифровой вольтметр времязимпульсного преобразования.

Диапазон измерений электрических величин соответствует значениям, указанным в приложении (таблица 1).

Предел допускаемой относительной основной погрешности вольтметра в процентах при измерении напряжения постоянного/переменного тока соответствует таблице 1 (Приложение А), где U_k - конечное значение установленного поддиапазона измерений напряжений постоянного тока, В, U_x - показания вольтметра, В.

Подготовка к работе

Установить переключатель «**РОД РАБОТЫ**» в положение «**U-1 S**», а переключатель «**ПРЕДЕЛ ИЗМЕРЕНИЯ**» - в положение «**10**». Закоротить вход « $\approx 100\text{ VR}$ » с входом «», ручкой « » установить на индикаторном табло показания «**0000**» с равновесным изменением знака полярности.

Установить переключатель «**РОД РАБОТЫ**» в положение «**▼**», ручкой «**▼** » (установка калибровки) установить на индикаторном табло показание, равное значению, указанному на шильдике вольтметра. Прибор готов к измерениям. Для измерений устанавливайте нужный «**РОД РАБОТЫ**» и корректный «**ПРЕДЕЛ ИЗМЕРЕНИЯ**».

Диапазон частот от 20 Гц до 20 кГц.

Вольтметр универсальный цифровой В7-38

Вольтметру универсальный цифровой В7-38 предназначен для измерения основных электрических величин: напряжения постоянного и переменного тока, сопротивления и

силы тока. Метрологические характеристики вольтметра приведены в приложении.

Нормальные условия эксплуатации:

- напряжение сети 220 ± 22 В частотой $50 \pm 0,5$ Гц;
- относительная влажность воздуха $65 \pm 15\%$;
- температура окружающей среды $+20 \pm 5^\circ\text{C}$;
- атмосферное давление 100 ± 4 кПа (750 ± 30 мм рт. ст.).

Предел допускаемой дополнительной погрешности измерения при изменении температуры окружающего воздуха от нормальных значений не превышает предела допускаемой основной погрешности на каждые 10°C .

Входное активное сопротивление прибора составляет $10 \pm 0,5$ МОм при измерении напряжения постоянного тока и $1 \pm 0,5$ МОм при измерении напряжения переменного тока.

Мультиметр цифровой NI ELVIS

Цифровой мультиметр (рис. 1) позволяет измерять постоянное и переменное напряжение, силу тока, активное сопротивление, емкость, индуктивность, определять проводимость диода и целостность участка цепи. Выбор режима работы мультиметра осуществляется кнопками, расположенными под информационной панелью.

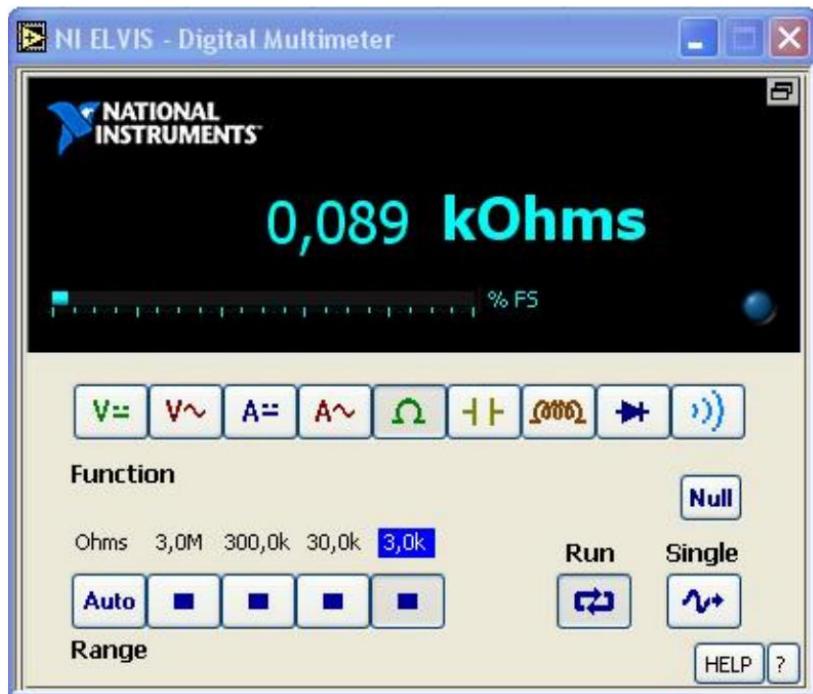


Рисунок 1 – Графическая панель мультиметра NI ELVIS

Измерение постоянного и переменного напряжения: постоянное напряжение должно быть в пределах ± 20 В. Действующее значение переменного напряжения не должно превышать 14 В. Погрешность измерения напряжений:

$$\Delta U_{\pm} = \pm(0,003 \cdot U_{\pm} + 0,00001 \cdot D_U)$$

Диапазон частот от 100 Гц до 10 кГц. Входное сопротивление 1МОм.

Подготовка к работе

Переведите тумблер питания на задней панели аппаратной платформы NI Elvis в положение «Вкл.» и убедитесь, что на передней панели засветился светодиод «**SYSTEM POWER**». Запустите программу «NI ELVIS» на ПК, в открывшемся окне нажмите «Configure» и проверьте соединение с аппаратной платформой NI Elvis, нажав на кнопку «Check». Далее запустите программу «Digital Multimeter» и выберите нужный режим измерения. Мультиметр готов к использованию. Для подключения его к объекту исследования используйте разъемы «**Banana**» на передней панели аппаратной платформы NI ELVIS.

Лабораторное задание

1. Ознакомиться с имеющейся на рабочем месте аппаратурой.
2. Определить основную абсолютную погрешность для всех поверяемых точек, максимальное значение основной приведенной или значения относительной погрешности (для цифровых вольтметров) и вариацию показаний (для аналоговых вольтметров) поверяемого вольтметра на постоянном токе.
3. Определить основную погрешность и вариацию показаний поверяемого вольтметра на переменном токе.
4. Определить дополнительную погрешность поверяемого вольтметра от изменения частоты измеряемого напряжения относительно номинального значения. Номинальное значение частоты измеряемого напряжения приведено в документации на поверяемый вольтметр.
5. На основе анализа полученных данных сделать вывод о соответствии основной погрешности, вариации показаний и дополнительной погрешностей поверяемого вольтметра требованиям, определяемым классом точности прибора и о результате поверки.

Методика выполнения работы

1. Проверка вольтметра на постоянном токе.
 - 1.1. Установить приборы в нормальное для них положение (вертикальное или горизонтальное) и включить их.
 - 1.2. Произвести корректировку нуля, калибровку приборов в соответствии с документацией на эти приборы или техническим описанием, приведенным выше.

1.3. Собрать схему поверки вольтметра на постоянном токе (рис. 2), в качестве источника напряжения постоянного тока использовать Variable Power Supply, входящих в состав NI Elvis. Значения постоянного напряжения регулируются на передней панели «*Supply +*» NI Elvis при включенном режиме «*Bypass*».

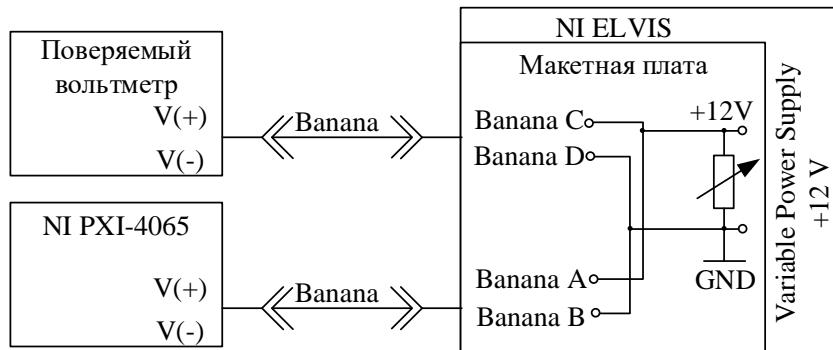


Рисунок 2 – Схема поверки вольтметра на постоянном токе

1.4. Заполнить таблицу параметров проведения поверки (приложение Б, таблица Б.1).

1.5. Для аналоговых вольтметров последовательно установить стрелку испытуемого прибора на всех поверяемых *отметках шкалы* (от 0 до 10 В) сначала при плавном увеличении измеряемой величины, а затем на тех же отметках при плавном уменьшении измеряемой величины. Для цифровых вольтметров последовательно выставить максимально приближенные целые значения на выбранном пределе измерения. Для каждой поверяемой отметки определить действительное значение измеряемой величины по образцовому прибору. Снятые показания занести в протокол измерений Б.2 для аналоговых вольтметров и Б.3 – для цифровых.

1.6. По результатам измерений для каждой отметки шкалы определить *основную абсолютную погрешность* вольтметра:

$$\Delta U = U_x - U_{\text{обр}},$$

где U_x - показания поверяемого вольтметра, В; $U_{\text{обр}}$ - показания образцового вольтметра, В.

1.7. *Вариацию показаний аналогового прибора* (в процентах) определить по формуле для аналоговых вольтметров (Б7-36)

$$b = \frac{|U_{\text{yb}} - U_{\text{ym}}|}{U_k} \cdot 100 \%,$$

где U_{yb} и U_{ym} - показания образцового вольтметра при увеличении и уменьшении величины, соответствующие одному и тому же показанию поверяемого вольтметра, В; U_k - нормирующее значение, равное максимальному значению выбранного диапазона измерений. Расчеты занести в протокол Б.2.

1.8. По результатам поверки построить график зависимости абсолютной

погрешности от показаний поверяемого прибора. График погрешности имеет смысл только для поверяемого прибора, поэтому он должен иметь надпись с указанием номера прибора.

1.9. Определить максимальное значение *основной приведенной погрешности* для аналоговых вольтметров (В7-36) по формуле:

$$\gamma = \frac{\Delta U_{\max}}{U_k} \cdot 100\% ,$$

где ΔU_{\max} - максимальное (по модулю) значение абсолютной погрешности для поверенных отметок шкалы, В. Для цифровых вольтметров необходимо рассчитать относительные погрешности для каждого измерения, а также допустимые значения погрешности для данных измерений и параметров поверки в соответствии с заявленными метрологическими характеристиками из Приложения А.

2. Проверка вольтметра на переменном токе.

2.1. Изменить режимы измерения поверяемого и образцового вольтметров, соответствующие измерению напряжения переменного тока.

2.2. Произвести корректировку нуля и калибровку приборов. Заполнить таблицу Б.1, если были внесены изменения в параметры проведения поверки.

2.3. Собрать схему поверки вольтметра на переменном токе (рис. 3), где в качестве источника напряжения переменного тока использовать генератор сигналов специальной формы NI PXI-5402. Действительное значение гармонического сигнала регулируется с помощью графической панели NI-FGEN Soft Front Panel.

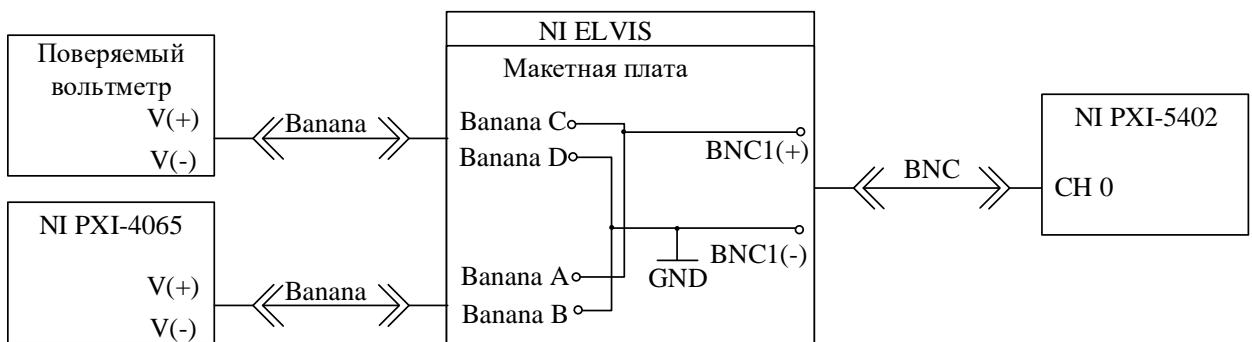


Рисунок 3 – Схема поверки вольтметра на переменном токе

2.4. Установить частоту сигнала на выходе генератора, соответствующую номинальной частоте $f_{\text{ном}}$ (градуировки) измерений для поверяемого вольтметра из их технических описаний.

Проверку вольтметра на переменном токе осуществить по методике, описанной в п.1.5, с учетом ограничений, накладываемых на максимальное действительное значение, выдаваемое генератором NI PXI-5402. После пункта 2.4. выполнить пункты 1.5 - 1.9. Заполнить протокол измерений Б.2 для переменного тока – для аналогового вольтметра и Б.3 – для цифрового.

3. Определение дополнительной погрешности от изменения частоты измеряемого напряжения с использованием схемы на рис. 3.

3.1. Испытания следует начинать на любой частоте в диапазоне частот измерения переменного напряжения вольтметром $[f_{\min}; f_{\max}]$. Стрелку испытуемого аналогового прибора установить на поверяемых отметках $(0,3U_k; 0,6U_k)$ шкалы вначале при увеличении измеряемой величины от нуля, а затем при уменьшении ее от максимального значения. При этом отсчитать показания образцового прибора U_{yb} и U_{ym} , соответствующие одному и тому же показанию поверяемого прибора. Для поверяемых цифровых вольтметров необходимо установить максимально близкие значения к точкам $(0,3U_k; 0,6U_k)$.

Аналогичным образом провести испытания на частотах $0,9 f_{\min}$ и $1,1 f_{\max}$ и занесите результаты в таблицу Б.4 – для аналоговых вольтметров и Б.5 – для цифровых.

3.2. Среднее значение показаний образцового аналогового вольтметра производят по формуле:

$$U_{cp} = \frac{U_{yb} + U_{ym}}{2}.$$

3.3. Дополнительную приведенную погрешность от изменения частоты для поверяемых точек шкалы - $0,9 f_{\min}$ и $1,1 f_{\max}$ аналогового вольтметра рассчитать по формуле:

$$\gamma_f = \frac{U_{cp,f} - U_{cp,n}}{U_k} \cdot 100\%,$$

где $U_{cp,n}$ - среднее значение показаний образцового вольтметра при номинальном значении частоты $f_{\text{ном}}$, В; $U_{cp,f}$ - среднее значение показаний образцового вольтметра при отклонении частоты от номинального значения, В. Результаты расчетов занести в протокол измерений Б.2.

Для цифровых вольтметров необходимо рассчитать относительные погрешности для каждого измерения, а также допустимые значения погрешности для данных измерений и параметров поверки в соответствии с заявленными метрологическими характеристиками из Приложения А.

Требования к отчету

Отчет должен соответствовать требованиям к оформлению отчетов и содержать:

1. схемы поверки для каждого пункта методики;
2. таблицы результатов измерений и расчеты согласно протоколам в приложении;
3. графики зависимостей абсолютных погрешностей вольтметра от его показаний на постоянном и переменном токах;

4. рассчитанные значения метрологических характеристик поверяемого вольтметра;
5. выводы о прохождении поверки.

Контрольные вопросы

1. Как можно установить соответствие прибора требованиям того или иного класса точности?
2. По каким точкам производят поверку прибора?
3. Что такое вариация показаний прибора и как ее можно определить?
4. Что такое чувствительность прибора?
5. Какие требования по точности предъявляют к образцовому прибору при поверке приборов методом непосредственного сличения?
6. Что такое дополнительная погрешность?
7. Что такое абсолютная, относительная и приведенная погрешность?
8. Что такое класс точности прибора?

Приложение А. Метрологические характеристики вольтметров

Таблица 1. Цифровой вольтметр В7-16А

Измеряемая величина	Пределы измерений	Дискретность измерения	Предел допускаемой относительной основной погрешности, %	Изменение измеряемой величины на входе вольтметра в пределах поддиапазона
Напряжение постоянного тока при времени преобразования 20 мс и 100 мс	1 В 10 В 100 В 1000 В	$1 \cdot 10^{-4}$ В $1 \cdot 10^{-3}$ В $1 \cdot 10^{-2}$ В $1 \cdot 10^{-1}$ В	$\pm [0,1 + 0,05 \left(\frac{U_k}{U_x} - 1 \right)]$	$1 \cdot 10^{-4}$ В – 1 В $1 \cdot 10^{-3}$ В – 10 В $1 \cdot 10^{-2}$ В – 100 В $1 \cdot 10^{-1}$ В – 1000 В
Напряжение постоянного тока при времени преобразования 1 мс	1 В 10 В 100 В 1000 В	$1 \cdot 10^{-3}$ В $1 \cdot 10^{-2}$ В $1 \cdot 10^{-1}$ В 1 В	$\pm [0,2 + 0,1 \left(\frac{U_k}{U_x} - 1 \right)]$	$1 \cdot 10^{-3}$ В – 1 В $1 \cdot 10^{-2}$ В – 10 В $1 \cdot 10^{-1}$ В – 100 В 1 В – 1000 В
Напряжение переменного тока при времени преобразования 100м: в диапазоне частот 20 Гц - 20 кГц	1 В	$1 \cdot 10^{-4}$ В	$\pm [0,2 + 0,05 \left(\frac{U_k}{U_x} - 1 \right)]$	$1 \cdot 10^{-4}$ В – 1 В
в диапазоне частот 20 Гц - 20 кГц	10 В 100 В 1000 В	$1 \cdot 10^{-3}$ В $1 \cdot 10^{-2}$ В $1 \cdot 10^{-1}$ В	$\pm [0,5 + 0,05 \left(\frac{U_k}{U_x} - 1 \right)]$	$1 \cdot 10^{-3}$ В – 10 В $1 \cdot 10^{-2}$ В – 100 В $1 \cdot 10^{-1}$ В – 1000 В
в диапазоне частот 20 кГц - 50 кГц	1 В	$1 \cdot 10^{-4}$ В	$\pm [1 + 0,1 \left(\frac{U_k}{U_x} - 1 \right)]$	$1 \cdot 10^{-4}$ В – 1 В
в диапазоне частот 50 кГц - 100 кГц	1 В	$1 \cdot 10^{-4}$ В	$\pm [1,5 + 0,1 \left(\frac{U_k}{U_x} - 1 \right)]$	$1 \cdot 10^{-4}$ В – 1 В

Таблица 2. Цифровой мультиметр NI PXI-4065

ИЗМЕРЕНИЕ ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ					
Пределы измерений D_U	100 мВ	1 В	10 В	100 В	300 В
Разрешение	100 нВ	1 мкВ	10 мкВ	100 мкВ	1 мВ
Входное сопротивление	>10 ГОм; 10 МОм	>10 ГОм; 10 МОм	>10 ГОм; 10 МОм	10 МОм	10 МОм
Пределы допускаемой основной погрешности измерения напряжения U при температуре $23 \pm 5^\circ\text{C}$					
	$\pm(9 \cdot 10^{-5} \cdot U + 3,5 \cdot 10^{-5} \cdot D_U)^{(1)}$	$\pm(9 \cdot 10^{-5} \cdot U + 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot D_U)$	$\pm(1,1 \cdot 10^{-4} \cdot U + 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot D_U)$	$\pm(1,1 \cdot 10^{-4} \cdot U + 4 \cdot 10^{-5} \cdot D_U)$	
Пределы допускаемой дополнительной погрешности на 1°C в рабочем интервале температур					
	$\pm(5 \cdot 10^{-6} \cdot U + 2 \cdot 10^{-6} \cdot D_U)$	$\pm(5 \cdot 10^{-6} \cdot U + 1 \cdot 10^{-6} \cdot D_U)$	$\pm(9 \cdot 10^{-6} \cdot U + 1 \cdot 10^{-6} \cdot D_U)$		

Таблица 3. Цифровой вольтметр В7-38

Измеряемая величина	Диапазон измеряемых величин, В	Пределы измерения (U_k), В	Пределы допускаемой основной погрешности, %
Напряжение постоянного тока	$10^{-5} - 10^3$	0,2;2	$\pm(0,04 + 0,02 \frac{U_k}{U_x})$
		20;200;1000	$\pm(0,07 + 0,02 \frac{U_n}{U_x})$
Напряжение переменного тока частотой 30 Гц-40 Гц	$10^{-5} - 300$	0,2;2; 20;200; 300	$\pm(1,5 + 0,1 \frac{U_k}{U_x})$
Напряжение переменного тока частотой 40 Гц-60 Гц	$10^{-5} - 300$	0,2;2;20;200	$\pm(0,4 + 0,05 \frac{U_k}{U_x})$
		300	$\pm(0,5 + 0,4 \frac{U_n}{U_x})$
Напряжение переменного тока частотой 60 Гц-10 кГц	$10^{-5} - 300$	0,2;2;20;200	$\pm(0,2 + 0,05 \frac{U_k}{U_x})$
		300	$\pm(0,2 + 0,4 \frac{U_k}{U_x})$
Напряжение переменного тока частотой 10 кГц-100 кГц	$10^{-5} - 300$	0,2;2	$\pm(0,2 + 0,1 \frac{U_k}{U_x})$
		20;200	$\pm(0,5 + 0,1 \frac{U_k}{U_x})$
		300	$\pm(0,5 + 0,6 \frac{U_k}{U_x})$

Приложение Б. Протоколы измерений

Таблица Б.1. Параметры поверки вольтметров

Наименование образцового СИ			
Предел измерений образцового СИ D_U , В			
Входное сопротивление образцового СИ, МОм			
Наименование поверяемого СИ			
Предел измерения поверяемого СИ, В			
Входное сопротивление поверяемого СИ, МОм			

Таблица Б.2. Протокол измерения на постоянном и переменном токе для аналоговых вольтметров

Показания поверяемого вольтметра U_x , В	Показания образцового вольтметра		Абсолютная погрешность		Вариация показаний b , %
	при увеличении U_{yb} , В	при уменьшении U_{ym} , В	при увеличении ΔU_{yb} , В	при уменьшении ΔU_{ym} , В	

Таблица Б.3. Протокол измерения на постоянном и переменном токе для цифровых вольтметров

Показания поверяемого вольтметра U_x , В	Показания образцового вольтметра $U_{обр}$, В	Абсолютная погрешность, В	Относительная погрешность, %	Допускаемая относительная погрешность, %

Таблица Б.4. Протокол измерения для оценки дополнительной частотной погрешности аналогового вольтметра

Частота f , Гц	Показания поверяемого вольтметра U_x , В	Показания образцового вольтметра		Среднее значение показаний образцового вольтметра U_{cp} , В	Дополнительная частотная погрешность γ_f , %
		при увеличении U_{yb} , В	при уменьшении U_{ym} , В		
$f_{\text{ном}}$	$0,3U_k$				-
	$0,6U_k$				-
$0,9f_{\text{ном min}}$	$0,3U_k$				
	$0,6U_k$				
$1,1f_{\text{ном max}}$	$0,3U_k$				
	$0,6U_k$				

Таблица Б.5. Протокол измерения для оценки дополнительной частотной погрешности цифрового вольтметра

Частота f , Гц	Отметки шкалы	Показания поверяемого вольтметра U_x , В	Показания образцового вольтметра $U_{обр}$, В	Дополнительная частотная погрешность Δ_f , В	Относительная частотная погрешность, %	Допускаемая относительная погрешность, %
$f_{\text{ном}}$	$0,3U_k$			-		
	$0,6U_k$			-		
$0,9f_{\text{min}}$	$0,3U_k$					
	$0,6U_k$					
$1,1f_{\text{max}}$	$0,3U_k$					
	$0,6U_k$					