

УДК 621.39

Составители: В.Г. Довбня, Д.С. Коптев

Рецензент:

Доктор технических наук, старший научный сотрудник,
заведующий кафедрой космического приборостроения и систем связи
В. Г. Андронов

Оценка метрологических характеристик вольтметра при измерении постоянного и переменного напряжения: методические указания по выполнению лабораторной работы / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: В.Г. Довбня, Д.С. Коптев. – Курск, 2023. – 11 с.

Методические указания по выполнению лабораторной работы содержат все необходимые теоретические сведения для изучения методов и приборов непосредственной оценки для расчета метрологических характеристик электронного вольтметра в режиме измерения постоянного напряжения и овладение методикой исследований основных и дополнительных погрешностей измерений, лабораторное задание и список контрольных вопросов для самопроверки изучаемого материала.

Методические указания соответствуют учебному плану по направлению подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», а также рабочей программе дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация в инфокоммуникациях».

Предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», очной и заочной форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 08.08.2023. Формат 60x84/16.
Усл. печ. л. 0,64. Уч.-изд. л. 0,579. Тираж 100 экз. Заказ 688. Бесплатно
Юго-Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

1 Цель работы

Изучение методов и приборов непосредственной оценки для расчета метрологических характеристик электронного вольтметра в режиме измерения постоянного напряжения и овладение методикой исследований основных и дополнительных погрешностей измерений.

2 Описание лабораторных стендов

Описание лабораторных стендов приведено в методических указаниях по выполнению лабораторной работы № 1 «Изучение лабораторных стендов и вспомогательного оборудования для выполнения лабораторных работ» по курсу «Метрология, стандартизация и сертификация в инфокоммуникациях».

3 Домашнее задание

3.1 Изучить по рекомендуемой литературе и лекционному материалу устройство, принцип действия и режимы работы электронного вольтметра, а также метрологические характеристики средств измерений и способы нормирования метрологических характеристик средств измерений:

- Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для студентов высших учебных заведений/ [Б.Я. Авдеев, В.В. Алексеев, Е.М. Антонюк и др.]; под ред. В.В. Алексеева. – 2-е изд., стер. – М.6 Издательский центр «Академия», 2008. С. 61 – 77.

3.2 Приведите в рабочих тетрадях общий алгоритм обработки результатов измерений при нормировании погрешностей через предел допускаемой погрешности.

4 Лабораторное задание

4.1 Начертите схему электрическую проведения экспериментальных исследований по оценке метрологических характеристик встроенного электронного вольтметра PV-2 лабораторного стенда электропитание устройств и систем связи.

4.2 Приведите общий алгоритм обработки результатов измерений постоянного напряжения для решения задачи определения предела допускаемой погрешности в заданном диапазоне измерений с использова-

нием регулируемого источника постоянного напряжения лабораторного стенда теория электрической связи.

4.3 Исследуйте наличие аддитивной и мультипликативной составляющей погрешности измерения напряжения вольтметром PV-2.

4.4 Обоснуйте выбор выражения для расчета предела допускаемой погрешности.

4.5 Рассчитайте предел допускаемой погрешности встроенного электронного вольтметра PV-2 лабораторного стенда электропитание устройств и систем связи.

4.6 По результатам проведенных исследований оцените класс точности вольтметра PV-2 лабораторного стенда электропитание устройств и систем связи.

4.7 Сформулируйте выводы и подготовьте отчет о выполнении лабораторной работы.

5 Основы теории

Имеется два принципиально разных подхода к решению этой задачи нормирования погрешности средств измерения.

Первый подход заключается в установлении для конкретного средства измерений класса точности. Единые правила установления пределов допускаемых погрешностей показаний по классам точности регламентирует ГОСТ 8.401-80. Под классом точности СИ понимают их обобщенные характеристики, определяемые пределами допускаемой основной и дополнительной погрешности. Класс точности не определяет однозначно точность измерений. Фактически класс точности определяет предельное, гарантированное значение погрешности для данного типа измерений. При этом нет деления на погрешность систематическую и случайную. Оба вида погрешностей нормируются в виде предела основной и дополнительной погрешности. Нормирование погрешностей СИ с помощью класса точности имеет существенные недостатки, сводящиеся к тому, что погрешности имеющие разное происхождение оцениваются суммарно в виде одного числа. Другим недостатком является то, что погрешность в большинстве случаев оказывается завышенной. Не случайно говорится не о допускаемой погрешности СИ, а о «пределе» допускаемой погрешности. Наконец, следует отметить еще один недостаток нормирования погрешности СИ с помощью класса точности.

В настоящее время требования к допустимым отклонениям характеристик каналов связи является настолько высокими, что рабочие СИ (особенно ранних выпусков, но находящиеся на эксплуатации) не удовлетворяют потребностей практики. В этом случае приходится прибегать к специальным мерам, позволяющим уменьшать величины отдельных составляющих погрешности.

Новый подход к определению погрешностей СИ нашел свое отражение в ГОСТ 8.009-84 «Нормирование и использование метрологических характеристик средств измерений». Данный стандарт устанавливает комплекс метрологических характеристик, которые должны быть известны при выпуске СИ. Комплекс нормируемых характеристик должен быть полным и позволять производить расчет погрешностей СИ не только в нормальных условиях, но и в реальных условиях эксплуатации. Несмотря на преимущества этого способа, оценка погрешностей СИ на основе класса точности, является достаточно распространенной применительно к электроизмерительным СИ и ее целесообразно рассмотреть подробно.

Классы точности устанавливаются стандартом исходя из величин абсолютной или относительной погрешности. Предел допускаемой основной абсолютной погрешности может быть представлен одним из трех способов: постоянным для любых значений измеряемой величины “х” числом, характеризующим аддитивную погрешность:

$$\Delta_{\text{п}} = \pm a; \quad (1)$$

В виде двухчленной формулы, учитывающей как аддитивную, так и мультипликативную погрешности:

$$\Delta_{\text{п}} = \pm (a + vx); \quad (2)$$

в виде уравнения:

$$\Delta_{\text{п}} = f(x) \quad (3)$$

При сложной зависимости (3) допускается представлять погрешность в виде графика или таблицы.

В формуле (1) предполагается, что границы абсолютных погрешностей неизменны. Графически это показано на рисунке 1, а. Такой вид погрешности носит название аддитивной. Он имеет место в стрелочном приборе в том случае, когда перед началом измерений не был установлен ноль показаний.

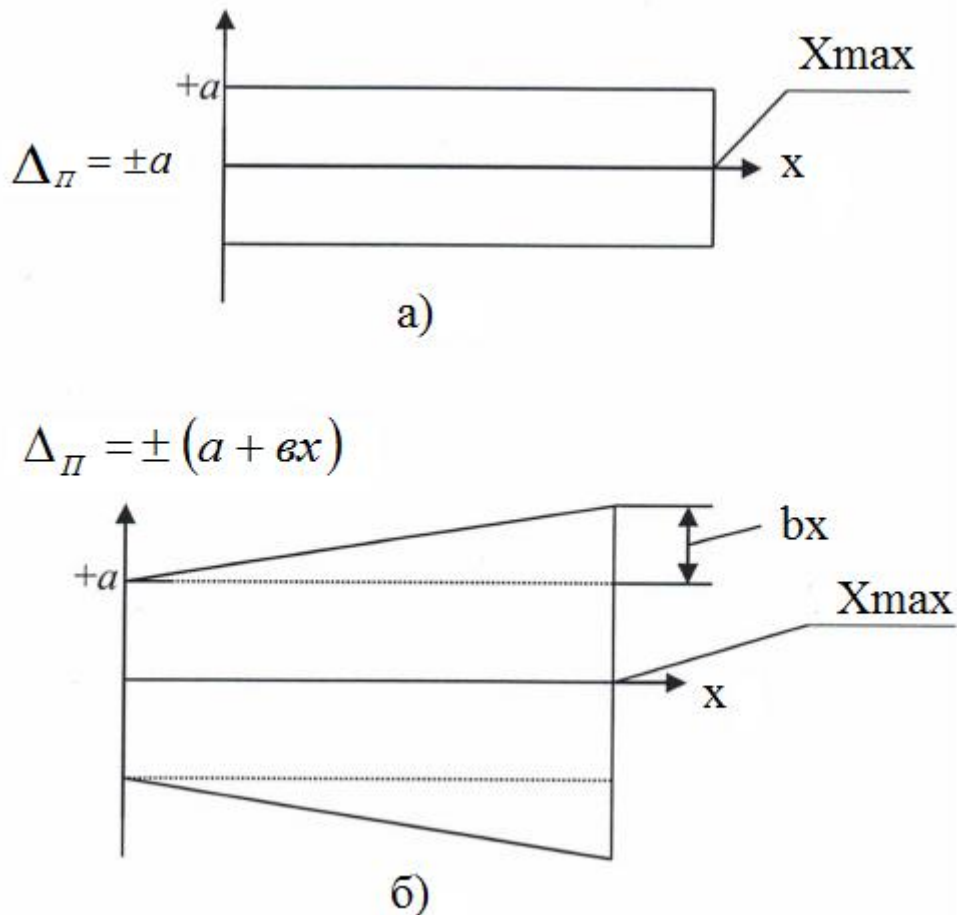


Рисунок 1 – Границы различных погрешностей

В формуле (2) предел допускаемой погрешности зависит от измеряемой величины. Графически это изображено на рисунке 1, б. Как видно из рисунка 1, б поле допуска расширяется по мере увеличения показания СИ. При нормировании погрешности в соответствии с формулой учитывается, что СИ имеет не только аддитивную погрешность. Вторая составляющая погрешности, зависящая от измеряемой величины носит название мультипликативной. В формуле (2) коэффициент « a » отражает аддитивную составляющую погрешности, а « b » - мультипликативную. Если коэффициент « b », отражающий мультипликативную составляющую равен нулю, то формула (2) превращается в формулу (1).

Возможен случай, когда присутствует только мультипликативная составляющая, т.е. когда $a = 0$ и $\Delta_{\pi} = bx$.

В этом случае поле допуска принимает вид, представленный на рисунке 2.

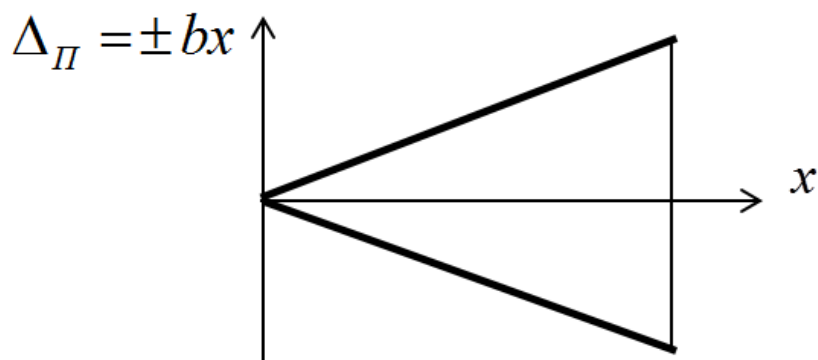


Рисунок 2 – Поле допуска для мультипликативной составляющей погрешности

При установлении класса точности пользуются и пределами допускаемых относительных погрешностей. Пределы допускаемой относительной погрешности для случая (2) выражаются формулой (4):

$$\delta = \pm \frac{\Delta}{x} = \pm q, \quad (4)$$

В случае когда абсолютная погрешность монотонно увеличивается от начала к концу диапазона (рисунок 1, б и формула 2), предел допускаемой относительной погрешности определяется выражением (5).

$$\delta = \pm \left[c + d \left(\left| \frac{X_k}{x} \right| - 1 \right) \right] \quad (5)$$

где: «с» и «d» – постоянные числа, X_k - предел измерения, x – измеряемая величина.

Как видно из графиков (рисунки 1 – 2) за исключением графика на рисунке 1, а, величины абсолютных и относительных погрешностей зависят от измеряемой величины. Иными словами погрешности средств измерений различны в различных точках шкалы. Это обстоятельство учитывается при нормировании погрешностей средств измерений по классу точности. Правила нормирования устанавливают таким образом, что бы по классу точности можно было бы, во-первых, сравнивать средства измерений друг с другом, во-вторых при необходимости можно было бы рассчитать погрешность при измерении конкретной величины.

Для уяснения смысла коэффициента «с» представим, что прибор, предел допускаемой погрешности которого нормирован формулой 5, показал значение, равное верхнему значению предела диапазона измерения; $x = X_k$. В этом случае выражение в круглых скобках обращается в нуль и мы получаем, что предел допускаемой относительной погрешности $\delta_{П} = c$.

Таким образом, c – предел допускаемой относительной погрешности при максимальном показании прибора.

d – предел допускаемой погрешности при нулевом показании прибора, выраженный в процентах от верхнего предела измерений. Разность коэффициентов c и d характеризует возрастание относительной погрешности при уменьшении показания прибора, так же как выражение $\left(\frac{X_{k-1}}{x}\right)$

в формуле (5) характеризует возрастание относительной погрешности при уменьшении показаний прибора. Формулу (5) широко применяют при нормировании погрешности средств измерений сравнительно высокой точности, например цифровых приборов, многозначных мер сопротивления. Для удобства сравнения средств измерений по точности введено понятие приведенной погрешности. Приведенная погрешность может быть определена на основе следующего выражения:

$$\gamma = \frac{\Delta_{\Pi}}{X_K} 100.$$

В этой формуле X_K – нормирующая величина, равная конечному значению шкалы прибора. Таким образом, независимо от диапазона измерений при нормировании погрешности, она «приводится» к конечному значению шкалы конкретного прибора. По этой причине погрешность называется приведенной. Так же как и при нормировании по абсолютной погрешности, так и по относительной указывается то предельное значение погрешности, которое допускается для конкретного типа прибора.

Обозначения классов точности различных средств измерений и формулы для расчета погрешностей приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Обозначения классов точности различных средств измерений

Обозначение класса точности		Формула выражения погрешности	Пределы допускаемой основной погрешности.		
В документации	На средстве измерений		Абсолютная погрешность- Δ_{Π}	Относительная погрешность- δ_{Π} , %	Приведенная погрешность γ , %
1. Класс точности p (например 0,5)	P – если X_N выражена в единицах измеряемой величины, p –	Приведенная: $\gamma = \frac{\Delta}{X_N} 100 = \pm p$ X_N – нормирующая величина	$\pm p \frac{X_N}{100}$	$\pm p \frac{X_N}{x}$	$\pm p$

	Если X_N определяется длиной шкалы.				
2. Класс точности q (Например 0,1)	\textcircled{q}	Относительная $\delta = \frac{\Delta}{x} 100 = \pm q$	$\pm q \frac{x}{100}$	$\pm q$	$\pm q \frac{x}{X_N}$
3. Класс точности c/d	c/d	Относительная $\delta = \frac{\Delta}{x} =$ $= \pm \left[c + d \left(\left \frac{X_K}{x} \right - 1 \right) \right],$	$\pm \left(\frac{a + bx}{100} \right),$ где $a = \frac{d}{X_K},$ $b = c - d$	$\pm c + d \left(\frac{X_K}{x} - 1 \right)$	
4. Класс точности M	M	$\Delta_{II} = \pm a$	Указывается в стандартах		
5. Класс точности C	C	$\Delta_{II} = \pm (a + \epsilon X_N)$	Указывается в стандартах		

6 Методические указания

6.1 Подготовить лабораторные стенды к работе.

С помощью соединительных проводов собрать схему проведения эксперимента, используя структурную поверочную схему, приведенную на рисунке 3.

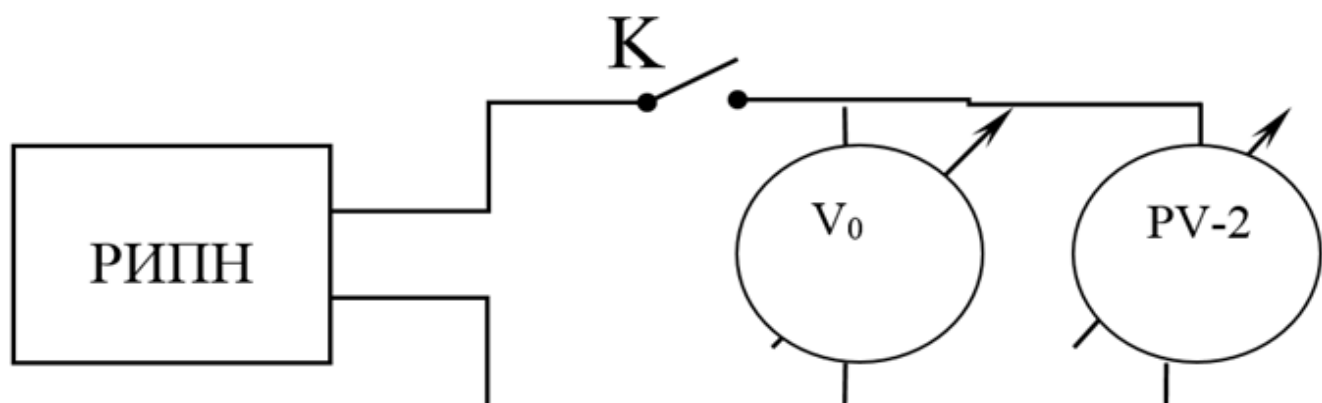


Рисунок 3 – Структурная поверочная схема: РИПН – регулируемый источник постоянного напряжения; К – ключ; V_0 , PV-2 – образцовый и поверяемый вольтметры

В качестве ИПН использовать источник стенда «Теория электрической связи», поверяемого вольтметра – PV-2 стенда «Электропитание устройств и систем связи», образцового вольтметра – мультиметр из комплекта лаборатории.

6.2 С помощью соответствующего регулятора установите различные значения напряжения и, по заранее подготовленному алгоритму определите предел допускаемой погрешности в заданном диапазоне измерений.

6.3 Оцените наличие аддитивной и мультипликативной составляющих погрешностей в заданном диапазоне измерений.

6.4 Приведите обоснование выражения для расчета предела допускаемой погрешности.

6.5 Рассчитайте предел допускаемой погрешности встроенного электронного вольтметра PV-2 лабораторного стенда электропитание устройств и систем связи.

6.6 По результатам проведенных исследований оцените класс точности вольтметра PV-2 лабораторного стенда электропитание устройств и систем связи в режиме измерения постоянного напряжения.

6.7 Проведите обобщение результатов исследований и сформируйте отчет о проведении лабораторной работы.

6.8 С помощью соединительных проводов собрать схему проведения эксперимента, используя структурную поверочную схему, приведенную на рисунке 4.

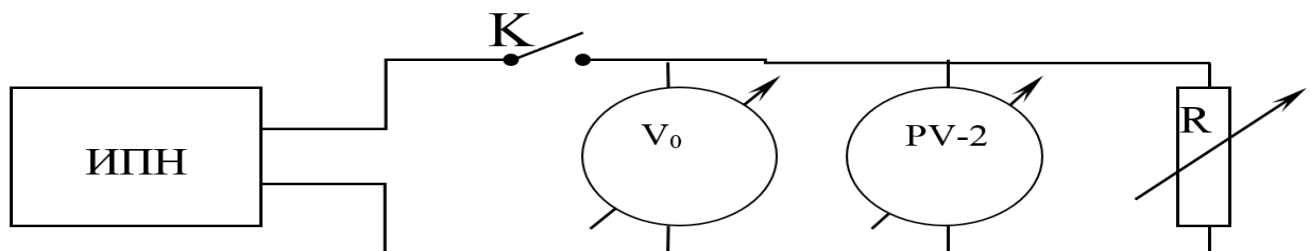


Рисунок 4 – Структурная поверочная схема: ИПН – источник переменного напряжения; К – ключ; V_0 , PV-2 – образцовый и поверяемый вольтметры, R – регулируемая нагрузка

В качестве ИПН и поверяемого вольтметра – PV-2 использовать соответствующие элементы стенда «Электропитание устройств и систем связи», образцового вольтметра – мультиметр из комплекта лаборатории.

6.9 С помощью соответствующего регулятора установите различные значения напряжения и, по заранее подготовленному алгоритму

определите предел допускаемой погрешности в заданном диапазоне измерений.

6.10 Оцените наличие аддитивной и мультипликативной составляющей погрешностей в заданном диапазоне измерений.

6.11 Приведите обоснование выражения для расчета предела допускаемой погрешности.

6.12 Рассчитайте предел допускаемой погрешности встроенного электронного вольтметра PV-2 в режиме измерения переменного напряжения лабораторного стенда электропитание устройств и систем связи.

6.13 По результатам проведенных исследований оцените класс точности вольтметра PV-2 лабораторного стенда электропитание устройств и систем связи в режиме измерения переменного напряжения.

6.14 Сравните полученные значения оценки класса точности вольтметра PV- 2 в режиме измерения постоянного и переменного напряжения. Сформулируйте причины полученных расхождений.

7 Контрольные вопросы

- 1) Дайте определение основной погрешности средства измерения.
- 2) Дайте определение дополнительной погрешности средства измерения.
- 3) Дайте определение поправки абсолютной погрешности и направлений её использования в процессе проведения измерений.
- 4) Приведите порядок определения приведенной погрешности шкалы средства измерения.
- 5) Приведите содержание процедуры нормирования метрологических характеристик средств измерений.
- 6) В чем суть понятия «границы допускаемых отклонений номинальной характеристики средства измерений»?
- 7) Дайте определение предела допускаемой погрешности средства измерения.
- 8) Дайте определение класса точности средства измерения
- 9) Приведите структурную схему стрелочного электронного вольтметра в режиме измерения постоянного напряжения.